

Bugyi XV bányatelek hidrogeológiai modellvizsgálata, a visszatöltés és bővítés megvalósítása esetén

Tartalomjegyzék

1. Bugyi XV bányatelek környezetének bemutatása	2
2. A kutatási terület rétegtani-kőzettani viszonyai	3
1. A térség vízrajza.....	3
a. Folyókák	3
b. Bányatavak	4
c. Talajvíz	4
4.Csapadék-párolgási viszonyok	7
5. Modellvizsgálat során felhasznált adatok.....	11
5.1 Szivárgási tényező	11
5.2 Nettó, maradó beszivárgás.....	12
5.3 Evapotranspiráció	14
6.A modell geometriája	15
1. Az eredmények bemutatása	24
2. Összegzés, eredmények értékelése	26
3. Felhasznált irodalom:	27

1. Bugyi XV bányatelek környezetének bemutatása



1. ábra A bányatelek

Délegyháza – Majosháza – Kiskunlacháza - Bugyi területe a Vác-Pesti Duna-völgyhöz tartozó kistáj (Csepeli-sík kistáj) része, mely a Duna-Tisza köz felső részén, a Ráckevei-(Soroksári)-Duna-ág (RSD) mellett helyezkedik el.

Az érintett terület a Duna-Tisza köz termésetföldrajzi tájegységhez, az Országos Vízügytőgazdálkodási Terv felosztása szerint az 1-10- Duna-völgyi-főcsatorna alegységhez sorolható.^[1]

A homokos kavicselőfordulás a Duna akkumulációs síksággá szélesedő völgyében az ún. Duna völgy síkján helyezkedik el. Ennek tartozéka a Pesti félmedence és a Csepel sziget. Geomorfológiailag közel sík, alföldi jellegű. A területen rögzíthető magassági értékek 96-120 mBf között változnak. A bányatelek közvetlen környezetét mutatja az 1. ábra.

2. A kutatási terület rétegtani-kőzettani viszonyai

A kutatott terület átlagosan 0,2-0,5m vastagságú holocén termőtalajjal borított. A termőtalaj alatt 0-1.8 m közötti, átlagosan 1.1 m vastagságú homok, kőzetlisztes, agyagos réteg található.

A felsorolt képződmények alatt települ a hasznosítás tárgyát képező felsőpleisztocén törmelékes összlet homok, kavicsos homok, homokos kavics, kőzetlisztes homok kifejlődésekkel. A kavicsösszleten belül a homok és kavics százalékos arányának változása szerint, valamint a kavics szemnagyságának a változása alapján több réteg különíthető el. A felső homokos összletet képviselő homok vastagsága 0-5m közötti értékű, a homokos kavics 6-27 m közötti mélységben található, az alsó összletet kissé kavicsos homok és homokos kavics alkotja, amelybe szórványosan homoklisztes agyag, helyenként meddő települ. ^[4]

A kavicsösszlet alatt a teljes területen kifejlődve, a vizsgált összlet abszolút fekvő kőzetét felsőpannon korban keletkezett agyagos kőzetliszt képviseli.

A törmelékes eredetű, keletkezésű összletben tektonikai nyomokra utaló elemek nem találhatók. A képződmények fiatal korára tekintettel /holocén, ó-holocén, pleisztocén/ főleg a folyóvízi üledékek felhalmozódásai során kialakuló szerkezeti viszonyokkal kell csupán számolni. Az egykori medencealjzat változásai, egyenletlenségei szerint változik a kavicsösszlet vastagsága. A vizsgált területen a fekvő pannon aljzat vertikálisan változó kiterjedésű. A magasságbeli különbségei a 70 - 80 mBf szintek közötti.

1. A térség vízrajza

a. Folyóvizek

A vizsgált terület a Duna bal partján, a Ráckevei-Soroksári Duna-ágtól keletre helyezkedik el a teraszokkal tagolt, Duna felé, illetve dél - felé enyhén lejtő Csepeli síkságon. A terület fő vízgyűjtője a Duna.

A Ráckevei (Soroksári)-Duna (RSD) a Duna Budapesttől délre, a Csepel-sziget keleti oldalán húzódó, 57,3 km hosszú, mindkét végén torkolati művekkel lezárt mellékága. Vízfelülete mintegy 14 km², víztérfogata hozzávetőleg 40 millió m³.

A Ráckevei (Soroksári)-Duna-ágat a fővároshoz közeli fekvése és szabályozott jellege számos különféle vízgazdálkodási és kommunális hasznosításra teszi alkalmassá. ^[11]

Ezekon kívül több kisebb csatorna is található a tervezett bányaterület környezetében, amelyeknek célja a belvíz, a területen felgyülemelő felesleges vizek elvezetése. Száraz időszakokban az öntözés lehetőségének megteremtése is a csatornák feladatai közé tartozik.

A kistáj a Duna melléke a Soroksári-(Ráckevei-) ág kiágazásától D-re a Rácalmásig terjedő 57 km-es szakaszon. Itt éri el a Dunát jobbról a Hosszúréti-patak (21 km, 75 km²), a Benta-patak (54 km, 458 km²). a Szent László-víz (68 km, 558 km²), és a Váli-víz (56 km, 657 km²) torkolati szakasza. Balról első helyen magát a Soroksári-Duna-ágat kell említenem (56 km, 1411 km²), ami felveszi a Gyáli-főcsatornát

(52 km, 380 km²), a Duna-Tisza-csatormát (39 km, 477 km²) és az É-i-övcsatornát (36 km, 235 km²). A kistáj K-i peremén a Duna-völgyi-főcsatorna gyűjti össze az időszakos vizeket. Teljes hossza és vízgyűjtője 132 km és 3039 km², de ebből a tájhoz csak 34 km es felső szakasza tartozik 934 km² vízgyűjtő területtel. Jelentősebb mellékcsatornák: XXIV. (11 km, 60 km²), XXX (25 km, 377 km²), XXXI. (28 km, 269 km²) A kistájat az erős vízhiány jellemzi.

Ahogy a Soroksári-ágé, a többi csatorna vízjárása is mesterségesen befolyásolt. A Duna főmedrében állandó, a Soroksári-ágban a Kvassay-és a tassi-zsilipek áteresztőképességétől függően meghatározott a hajóforgalom.

b. Bányatavak

A térség, jellemző területhasználata, a táj arculata az utóbbi két évtizedben a kavicsbányászat, a kialakuló kavicsbányatavak következtében megváltozott. Az Alföldi Duna-völgy északi részén jelentős kiterjedésű kavicsterasz található, ahol hosszabb ideje bányászati tevékenység folyik. A kitermelt haszonanyag helyén az elmúlt időszakban több, számottevő területű bányató alakult ki. A kistájnak 36 különböző tava van, amelyek részben természetes eredetűek, részben a szabályozáskor levágott holtágak, részben pedig halastavak, tározók és bányagödrök. A 27 természetes tó legnagyobbika a dömsödi (17 ha) együttes területük 72 ha. A mesterséges tavak közül a legnagyobb a délegyházi bányató és a Líviai-halastavak (205 ha). A 3 tározó együtt 357 ha területű, köztük az apaji (253 ha) a legterjedelmesebb. A 3 dunai holtág felszíne 36 ha; közülük a dömsödi 16 ha-os. ¹⁴

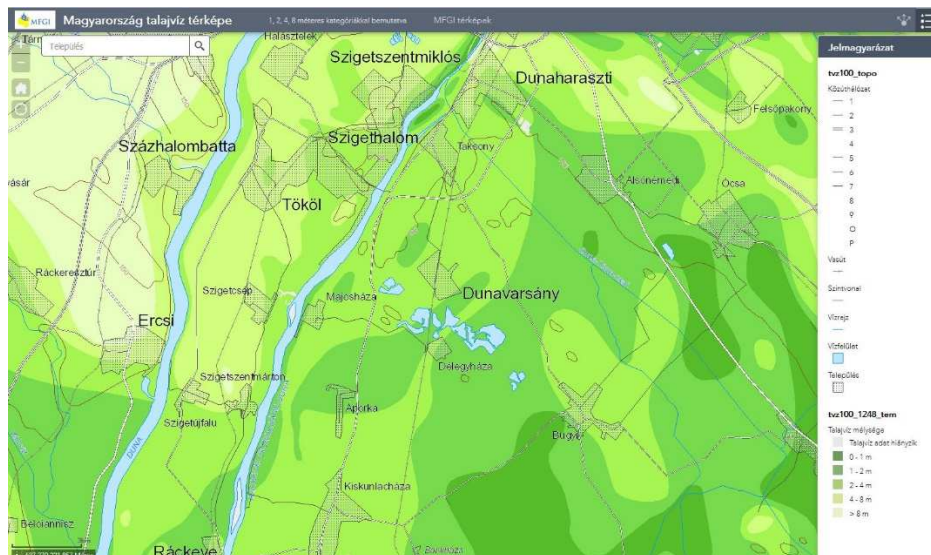
A kavicskitermelés módosítja a térség környezeti viszonyait, mely a már meglevő (felhagyott és üzemelő) bányák miatt már jelenleg sem tekinthető természetes állapotnak. A környezet egyes elemei közül számottevő hatás a felszín alatti környezetet, elsősorban az első vízáradó rétegben található talajvizet éri. Mind maga a bányászati tevékenység, mind a már felhagyott tavak - a természetes állapothoz képest - talajvízvesztiséget *okozhatnak*.

c. Talajvíz

A kavicsösszlet kitermelése szempontjából igen fontos a talajvíz elhelyezkedése. A terület környezetében megtalálható talajvízszint figyelő és regisztráló kutak több éves idősorát szereztük be és használtuk a vizsgálat során. A kutak adatait az 1. táblázat foglalja össze, míg elhelyezkedésüket az 5. ábra szemlélteti. A 1. diagram mutatja az idősoros adatokat. Két kút esetében bemutatjuk a teljes időszak felület ábráját. (3. és 4. ábrák) Az adatok felhasználásával készített regionális talajvízszint térképeket a modellvizsgálat fejezetben mutatjuk be.

A regionális talajvízmozgás hozzávetőleges iránya (ÉK-DNY) a szakirodalom szerint, mely időszakosan és lokálisan eltéréseket mutathat, és a talajvízszintekből szerkesztett térkép is az eltérést támasztja alá. A figyelembe vett kutak, az adott időszakban átlagos adatokat tekintve jellemzően É-D-i irányú mozgást mutat a kutak

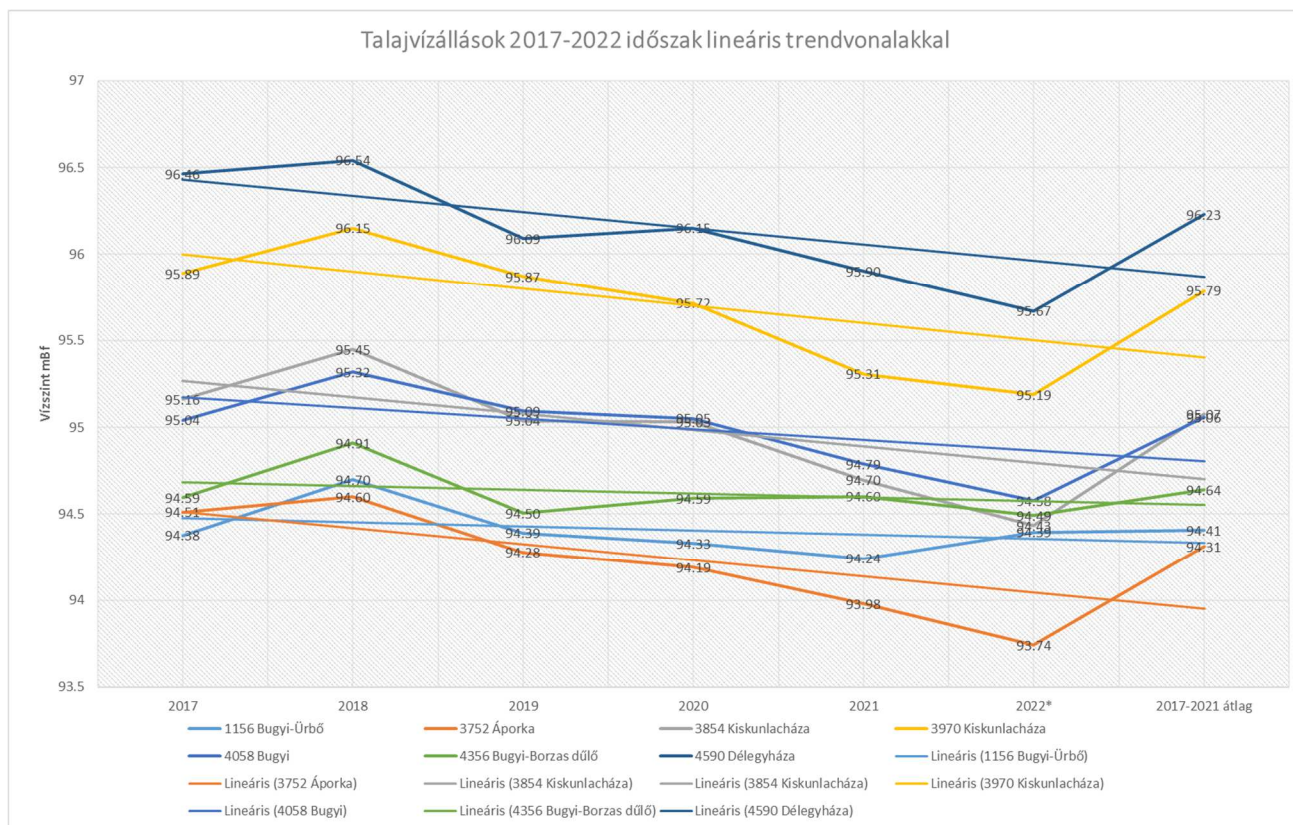
térségében, mely a modell területre lokálisan már ÉNY-DK-i irányú. A talajvíz terep alatti mélysége a területen a 2. ábrán látható a MÁFI térképszervertől található Magyarország talajvíz térképe kivágataként. A térképen is megfigyelhető, hogy lokálisan számos helyen tapasztalható eltérés a nagy régiós irányhoz képest.



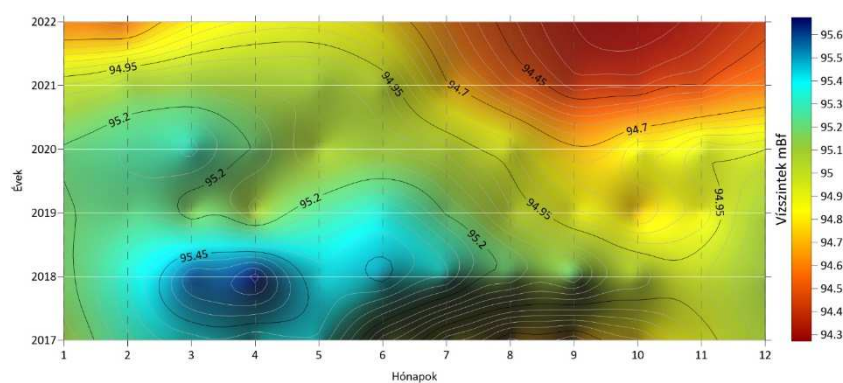
2. ábra Talajvíz terep alatti mélysége^[9]

Törzsszám	Állomás neve	EOV X	EOV Y	Perem mBf	2017 év	2018 év	2019 év	2020 év	2021 év	2017-2021 átlag
1156	Bugyi-Ürbő	200209	660827	96.08	94.38	94.70	94.39	94.33	94.24	94.41
3752	Áporka	208890	647058	98.08	94.51	94.60	94.28	94.19	93.98	94.31
3854	Kiskunlacháza	204320	649521	99.29	95.16	95.45	95.04	95.03	94.70	95.07
3970	Kiskunlacháza	203135	646543	100.5	95.89	96.15	95.87	95.72	95.31	95.79
4058	Bugyi	208731	657536	97.42	95.04	95.32	95.09	95.05	94.79	95.06
4356	Bugyi-Borzas dűlő	204219	659229	96.31	94.59	94.91	94.50	94.59	94.60	94.64
4590	Délegyháza	211750	651613	99.99	96.46	96.54	96.09	96.15	95.90	96.23

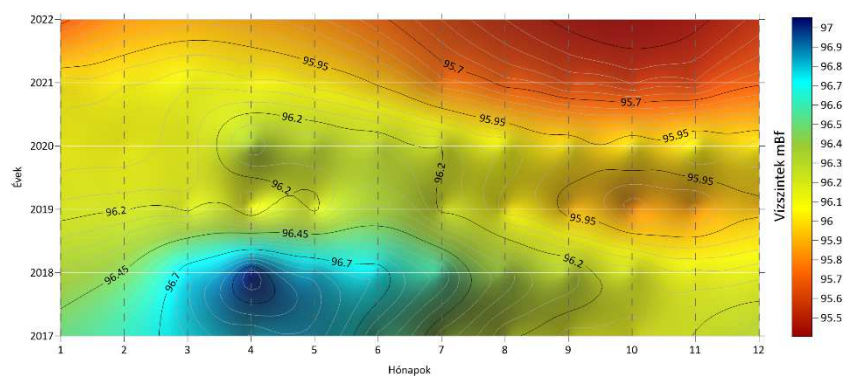
1. táblázat Figyelőkutak adatai és vízszintjei mBf értékekkel



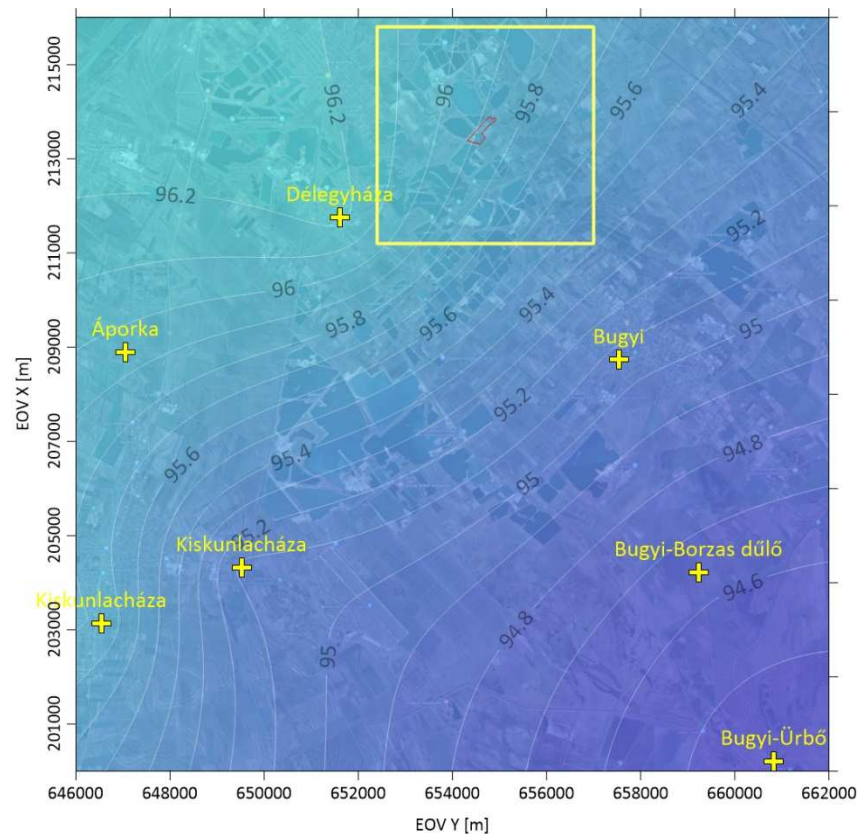
1. diagram Figyelőkutak idősorai trendvonalakkal



3. ábra 4058 Bugyi figyelőkút szintfelülete a teljes időszakra



4. ábra 4590 Délegyháza figyelőkút szintfelülete a teljes időszakra



5. ábra Figyelőkutak a térségben és az adatokból szerkesztett talajvízszint térkép a modell területtel

4.Csapadék-párolgási viszonyok

A csapadék idősorokat az Országos Meteorológiai Szolgálat ingyenesen hozzáférhető adatbázisából használtuk fel. Az OMSZ állomásai közül kiválasztottuk a vizsgált területhez legközelebbi négy állomást (Budapest-Pestszentlőrinc, Kakucs, Tass-Vízmű és Martonvásár) 6. ábra. Az állomások elmúlt időszakra vonatkozó adatsorait (2018-2022) a 2. táblázat és a 2. diagram tartalmazza.



6. ábra Országos Meteorológiai Szolgálat állomásai a térségben

A korábbi időszakra vonatkozó információ, hogy 1997. évben Délegyháza környékén 300-400 mm csapadék hullott, mely mintegy 150 - 200 mm csapadékhiánnyal, míg az 1998. év 700 mm csapadékösszege átlagosan 150 - 200 mm csapadéktöbblettel jellemezhető a 30 éves átlaghoz képest. A tényleges evapotranspiráció országos területi átlaga 1997-ben 495 mm, míg 1998-ban 582 mm volt, ami a 2022 nagyon aszályos évben már 1200-1300 mm-t is elérte.

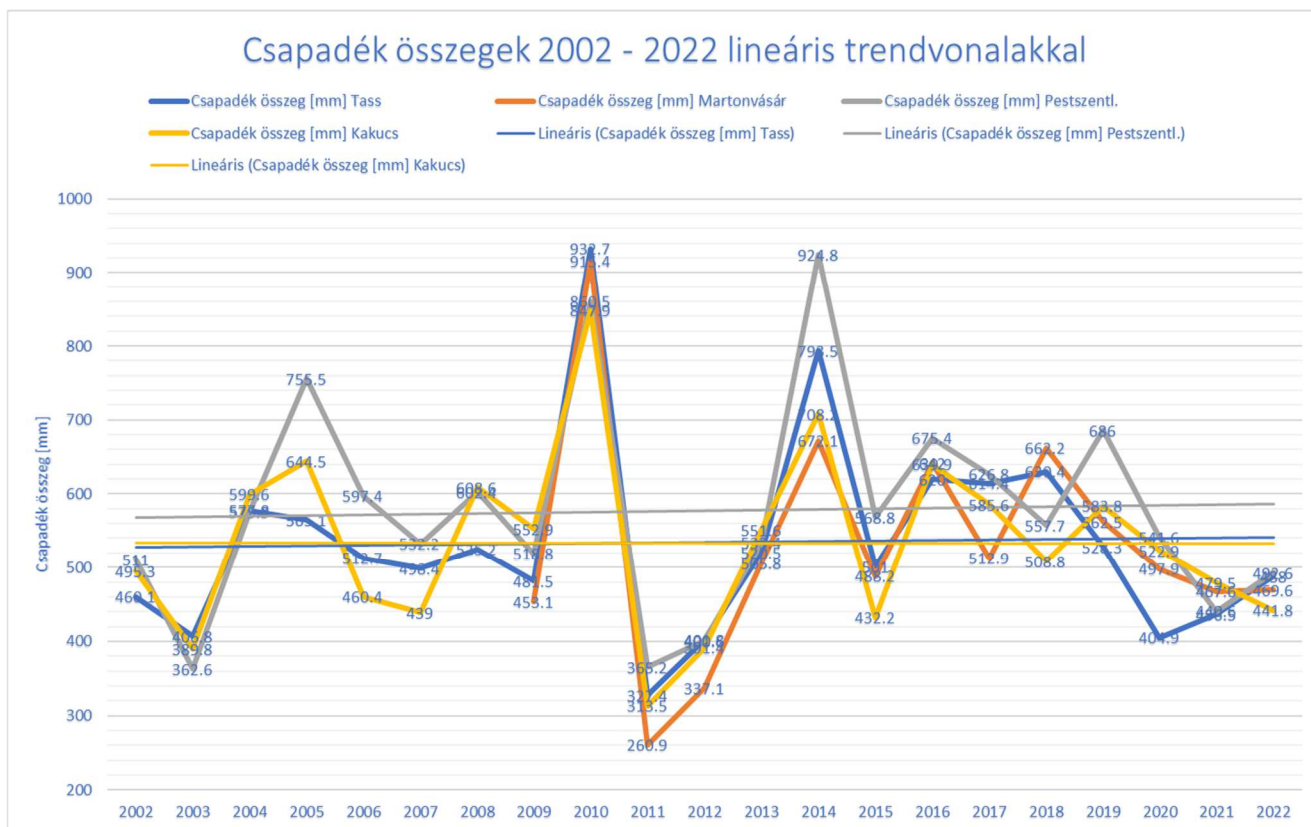
Tass-Vízmű		
Sorcímkék ▾	Csapadék összeg	Párolgás összeg
<2002.01.01		
2002	460.1	978.9
2003	406.8	1140.9
2004	577.8	910.6
2005	565.1	867.6
2006	512.7	931.9
2007	498.4	1160.3
2008	525.2	1105.3
2009	481.5	1140.3
2010	932.7	750.7
2011	327.4	1074.5
2012	401.8	1176.6
2013	520.5	1085.5
2014	793.5	859.1
2015	501	1050.9
2016	620	945.7
2017	614.4	1101.1
2018	630.4	1056.9
2019	528.3	1066.7
2020	404.9	1049
2021	436.5	1100.8
2022	488	1259.5

Pestszentlőrinc		
Sorcímkék ▾	Csapadék összeg	Párolgás összeg
<2002.01.01		
2002	511	1216.2
2003	362.6	1348.1
2004	575.9	1095.7
2005	755.5	1067.9
2006	597.4	1096.9
2007	532.2	1315.4
2008	602.4	1223.4
2009	518.8	1304.4
2010	860.5	938.6
2011	365.2	1236.4
2012	400.6	1373.2
2013	533.4	1194.4
2014	924.8	1089.8
2015	568.8	1223.3
2016	675.4	1084.6
2017	626.8	1240
2018	557.7	1268.1
2019	686	1235.2
2020	541.6	1142.3
2021	440.6	1207.9
2022	492.6	1344.8

Martonvásár		
Sorcímkék ▾	Csapadék összeg	Párolgás összeg
<2008.11.21		
2008	97.6	26.8
2009	453.1	1021
2010	915.4	760.8
2011	260.9	1042
2012	337.1	1191.3
2013	505.8	1036.3
2014	672.1	910.8
2015	488.2	1065.5
2016	642	932.5
2017	512.9	1094.8
2018	662.2	1049.9
2019	562.5	1053.2
2020	497.9	1001
2021	467.6	1035.4
2022	469.6	1181.8

Kakucs		
Sorcímkék ▾	Csapadék összeg	Párolgás összeg
<2002.01.01		
2002	495.3	976.8
2003	389.8	1202.2
2004	599.6	882.4
2005	644.5	904.7
2006	460.4	1022
2007	439	1217.5
2008	608.6	1127.9
2009	552.9	1115.4
2010	847.9	836
2011	313.5	1090.5
2012	391.4	1183.1
2013	551.6	1080.7
2014	708.2	941.9
2015	432.2	1087
2016	639.9	978.8
2017	585.6	1116
2018	508.8	1119.8
2019	583.8	1096.7
2020	522.9	1066.9
2021	479.5	1084
2022	441.8	1186.2

2.táblázat A négy állomás csapadék és párolgás adatsora



2. diagram Budapest Pestszentlőrinc állomás csapadék idősora

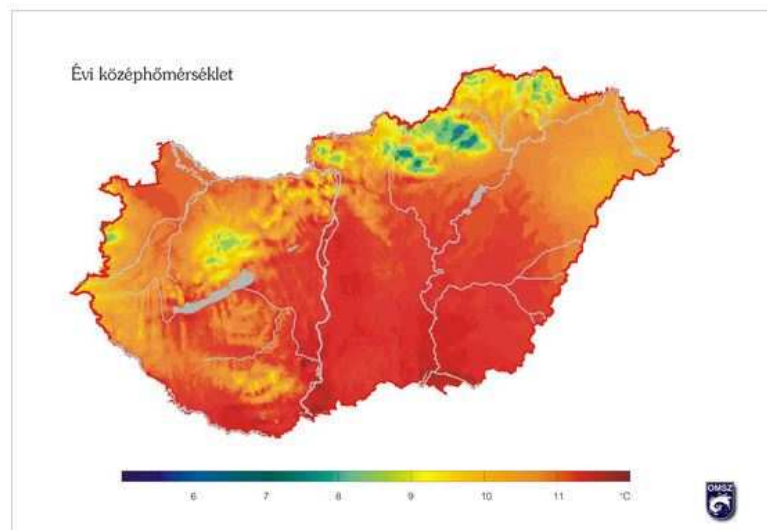
Az 1980-as évektől az Alföld csaknem egész területén a párolgási vízveszteségek meghaladták a csapadékkal a területre jutó víz mennyiségét. A vizsgált kistérség területe is jellemzően vízhiányos. Ez a csapadék-párolgás viszony változott meg 1998 évben. A csapadék több mint 100 mm-el haladta meg a számított tényleges párolgás mértékét. Ez a csapadék többlet a terület talajvízszintjében drámai mértékű változást idézett elő, a talajvízszint helyenként 1 m-es emelkedését is okozva. Ez az emelkedés a 2000.-év második felében nagyban csökkent, és a tendencia napjainkig is tart.

A szabad vízfelszín párolgásának évi összege melyet a szokásos módon, áprilistól októberig tartó időszakban az "A" típusú kádból elpárolgott víz mennyiségének mérésével, az év fennmaradó részében pedig a Meyer képlet alapján számítással határoznak meg- Budapest-Lőrinc meteorológiai állomáson 1997-ben 1091 mm, míg 1998-ban 940 mm volt. Az elmúlt évek párolgási adatainak (2002-napjainkig) idősorát a fent felsorolt 4db OMSZ állomás esetében a modellezés fejezetben mutatjuk be.

A vizsgált bányatelek területén és az egész kistérségben az evapotranspirációs értéket a mezőgazdasági termőterületen jellemzően folytatott öntözéses termesztési mód határozza meg. Az öntözés legelterjedtebb módszere jelenleg is az esőszerű öntözés. Ez az öntözési módszer nem alkalmas kis vízadagok kijuttatására, jelentős párolgási veszteséggel hasznosul. Az öntözött területeken a növénykultúrától, az adott év csapadék viszonyaitól, valamint az öntözés módjától függően egy vegetációs idő alatt 200-500 mm öntözővíz mennyiség felhasználásával kell számolni. A területi párolgás a mezőgazdasági termőterületek öntözött részén nagyságrendileg azonos a nyílt vízfelületi párolgással.

Az éghajlati tényezők tekintetében a tájegységre jellemző átlag értékekkel találkozunk. A napsugárzás évi átlaga 445 KJ/m², maximuma júliusban, minimuma decemberben van. A napsütéses órák száma meghaladja az évi 2000 órát, az égbolt 50-55%-ban borult.

A 7. ábrán Magyarország aktuális évi középhőmérséklet alakulását láthatjuk.



7.ábra Évi középhőmérséklet (Országos Meteorológiai Szolgálat) ^[13]

5. Modellvizsgálat során felhasznált adatok

5.1 Szivárgási tényező

A hidrogeológiai modellvizsgálat egyik legfontosabb paramétere a kőzetréteg horizontális és vertikális áramlási tulajdonságát jelentő szivárgási tényező. A szivárgási tényező megadásánál figyelembe vettük a VITUKI Kht. tapasztalati adatai alapján összeállított táblázat eredményeit .3. táblázat.

k_h [m/nap]	Kőzetnév	k_h [m/nap]	Kőzetnév
2,0000	Feltalaj	2,0000	Homokkő, aleuritos homokkő
2,0000	Feltöltés	0,5000	Aleuritos homokkő, agyagmárga
2,0000	Humusz	1,0000	Homokkő, aleurit váltakozása
20,0000	Homokos görgeteg	0,1000	Homokos márga
5,0000	Homok, közészemcsés (0.2 - 0.5 mm)	10,0000	Mészköves dolomit
5,0000	Homok, durvaszemcsés (0.5 - 2.0 mm)	2,0000	Dolomit
2,0000	Homok, finom-és aprószemcsés (/ 0.06 - 0.2 mm /)	5,0000	Repedezett dolomit
5,0000	Homok, apró-és közészemcsés (/ 0.1 - 0.5 mm /)	10,0000	Üreges dolomit
5,0000	Homok, közép-és durvaszemcsés (/ 0.2 - 2.0 mm /)	5,0000	Konglomerátum
5,0000	Homok, finom-apró-közészemcsés (/ 0.06 - 0.5 mm /)	2,0000	Breccsa
5,0000	Homok, apró-közép-durvaszemcsés (/ 0.1 - 2.0 mm /)	5,0000	Dolomitbreccsa
5,0000	Homok, osztályozatlan (f-a-k-d)	10,0000	Mészkőbreccsa
2,0000	Homok	1,0000	Tufa
0,5000	Kőzetlisztes homok=iszapos homok	1,0000	Tufit
0,2000	Homokos kőzetliszt=homokos iszap	0,0100	Tufás agyag
0,0500	Aleurit	5,0000	Tufás homok
0,0200	Agyagos kőzetliszt=agyagos iszap	2,0000	Tufás homokkő
0,0200	Kőzetlisztes agyag=iszapos agyag	0,0100	Tőzeg
0,0001	Agyag	0,0500	Lignit

0,0010	Kavicsos agyag	0,1000	Kőszén
5,0000	Agyagos kavics	0,0010	Szenes agyag
50,0000	Kavics	0,0100	Agyagos lignit
25,0000	Homokos kavics	0,0001	Bauxit
5,0000	Kavicsos homok	0,0001	Bauxitos agyag
5,0000	Kavicsos homok, homok	1,0000	Márgás dolomit
2,0000	Agyagos homok	2,0000	Törmelékes dolomit
0,0100	Homokos agyag	0,1000	Homokos aleurit
2,0000	Homok, agyagos homok	0,0100	Agyagos aleurit
0,0500	Agyagos homok, homokos agyag	0,0010	Homokos agyag, agyag
0,0100	Homokos a.-kőzetlisztes a.	0,1000	Vulkanit
0,0010	Kőzetlisztes agyag, agyag	0,1000	Plutonit
1,0000	Homok, homokos agyag	0,0100	Metamorfit
0,0500	Homok, agyag váltakozása	0,0010	Slir
0,0050	Agyagos homok, kőzetl. Agyag	0,0010	Palás agyag
0,1000	Agyag-hkos a.-agyagos hk	1,0000	Gránittörmelék
0,0001	Márgás agyag	0,1000	Repedezett gránit
0,0001	Agyagmárga	0,0100	Gránit
0,0010	Homokos agyagmárga	0,1000	Agyagmárga, aleurit, homokkő
0,0005	Aleuritos agyagmárga	0,0100	Agyag, aleurit

3 táblázat Kőzettípusok tapasztalati horizontális tényezője [VITUKI Kht.]^[5].

Szivárgási tényező meghatározása számítással
Darcy egyenlet:

$$Q = A \cdot k \cdot \frac{H_1 - H_2}{L} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

A – a homoktöltet felületi keresztmetszete [m²],
k – a homokra jellemző szivárgási tényező [m/s],
H – vízoszlop magasság különböző helyeken mérve [m],
L – a mért vízoszlopok közötti távolság [m].

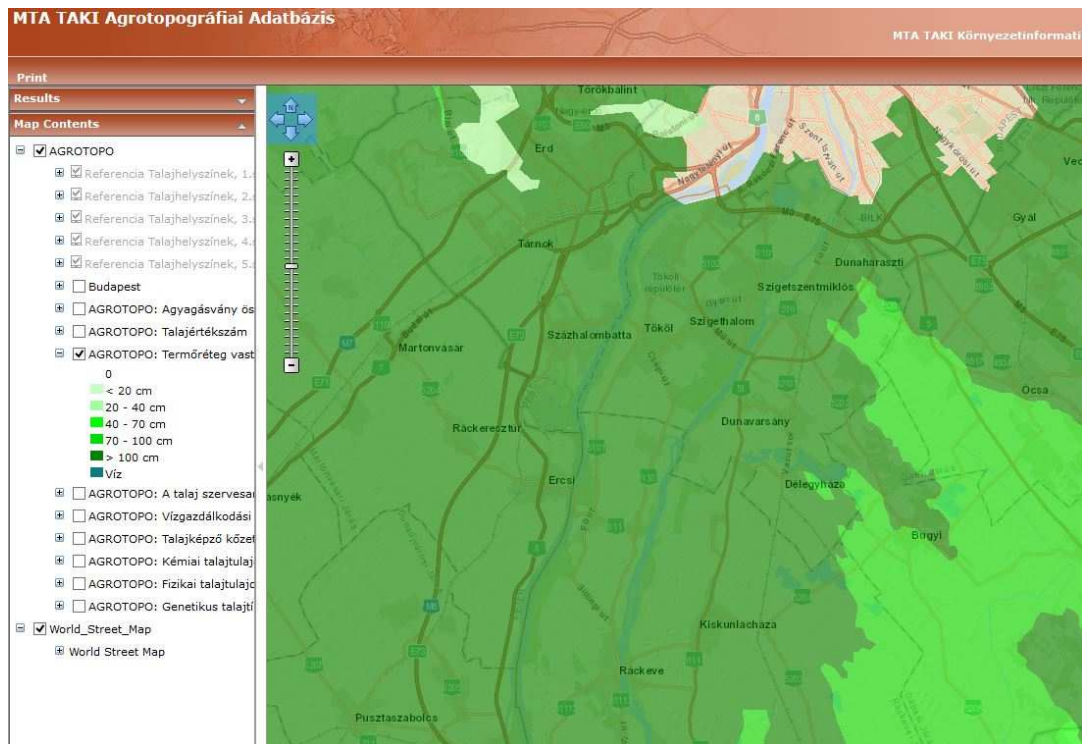
Ebből az egyenletből kifejezhetjük a fajlagos hozamot (q) is, amely azt mutatja meg, hogy 1 m² felületen időegység alatt mekkora térfogatú folyadék áramlik át a vizsgált kőzetben. A fajlagos hozam tehát sebesség dimenziójú, és ezért sokszor v-vel is jelölük

$$q = \frac{Q}{A} = v = -k \cdot I = -k \cdot \frac{dh}{dl} = -k \cdot \frac{\Delta h}{L} \quad [\text{m/s}]$$

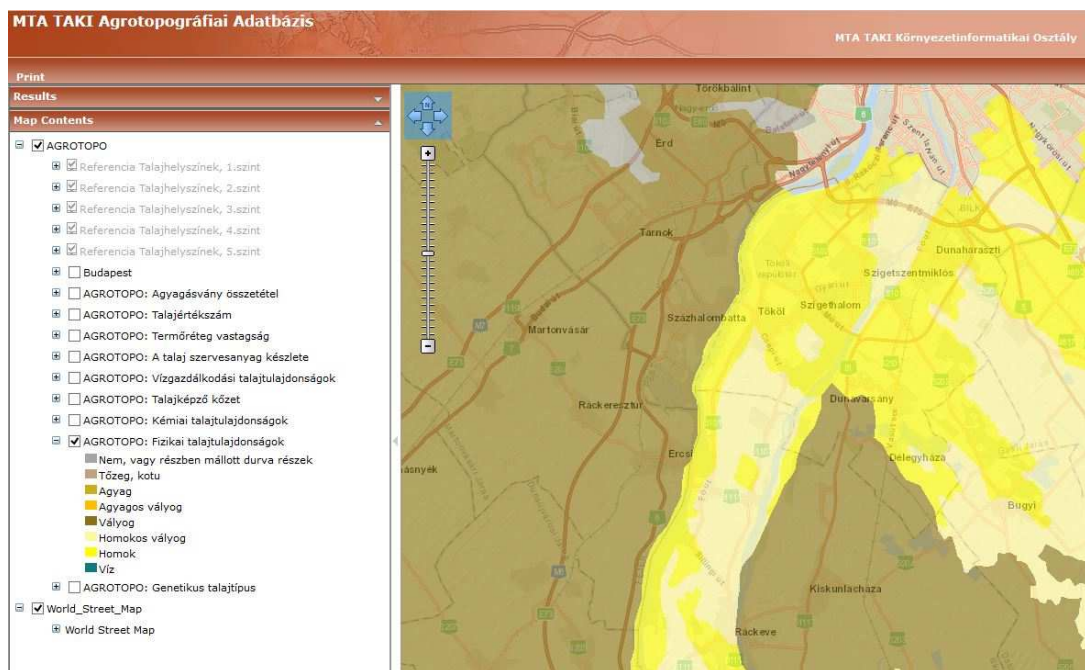
5.2 Nettó, maradó beszivárgás

A nettó beszivárgáson azt a vízmennyiséget értjük, ami eléri a talajvíz felszínét. A számítási módszer a VITUKI Kht. több kutatásában megtalálható.

A számítása a magyarországi digitális talajtérképén (AGROTOPO) alapult. A térképi adatbázisból a termőréteg vastagság (8. ábra) és a talaj fizikai félesége (9. ábra) mezőket használtuk fel. A talajféleségtől függő beszivárgási hányados megadásához a következő feltételezésekkel kellett élnünk.



8. ábra Agrotopo Termőréteg vastagság^[8]



9. ábra Agrotopo Fizikai tulajdonságok^[8]

A beszivárgó mennyiség a lehullott csapadék és a felszínen valamint a növények felületén elpárolgott vízmennyiség különbsége és nem vettük figyelembe a kismértékű felszíni lefolyást. A beszivárgó teljes vízmennyiséget a lehulló csapadék $\frac{1}{4}$ -ével becsültük meg, ami tehát 800 mm évi csapadékkal számolva 200 mm kerül beszivárgás.

A talajba beszivárgó víz egy része megkötődik. Ezt a vízmegkötő-képesség (könnyen hasznosítható vízkapacitás) és a talajréteg vastagság szorzatával adhatjuk meg. A

vízmegkötő-képesség (hasznosítható kapacitás), a mi értelmezésünkben azt a %-ban kifejezett vízmennyiséget jelenti, amit a talaj a pórusokban kötött vízként ill. növények által hasznosítani tud. [2]

$$R_n = R_{total} - R_u = \frac{P_m}{I_r} - V_d \times m_t, \text{ ahol}$$

R_n – Nettó beszivárgás [mm/év]

R_{total} – teljes beszivárgó mennyiség [mm/év]

P_m – átlagos évi csapadékmennyiség [mm/év]

I_r – beszivárgási hányados [-]

R_u – termőtalajban hasznosuló, megkötődő vízmennyiség [mm/év]

V_d – könnyen hasznosítható vízkapacitás [%] (5. táblázat)

m_t – termőréteg vastagsága [mm]

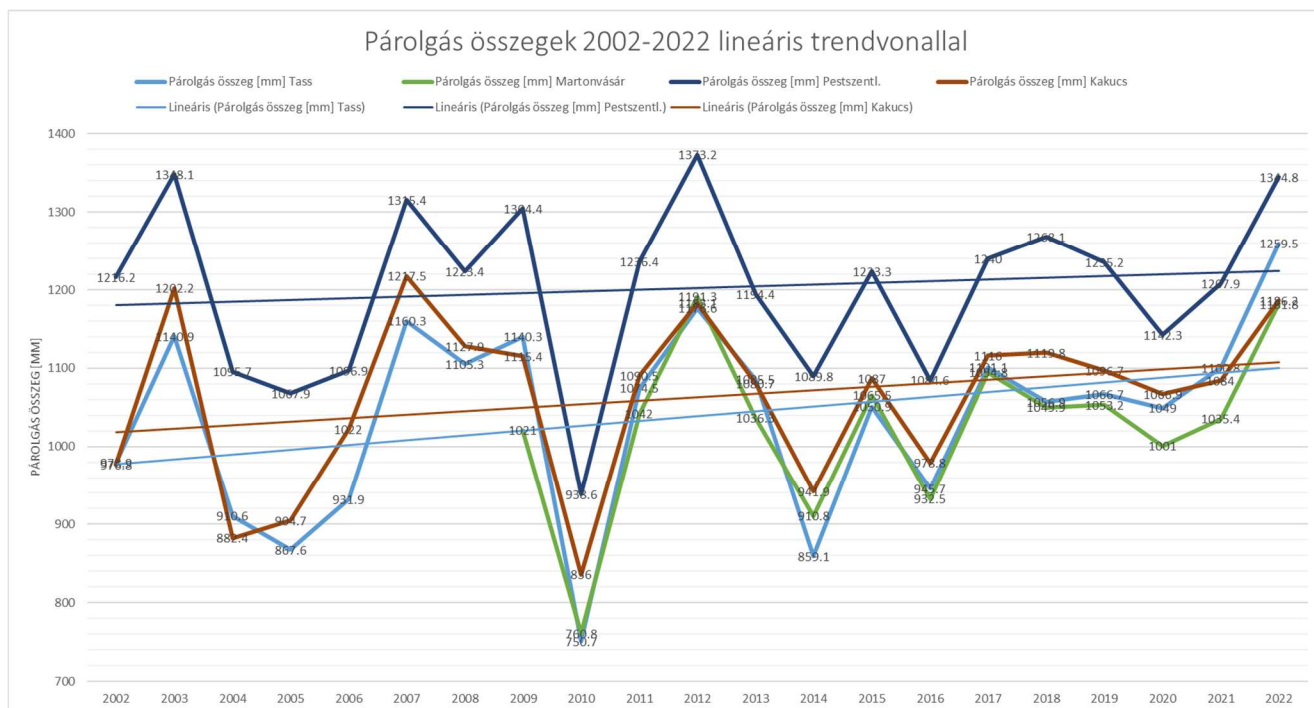
A az egyes talajtípusokra megadott vízkapacitást V_d a következő értékekben adtuk meg:

Talajtípus		Talaj víztároló képessége V_d [%]
1	Homok	0,02
2	Homokos vályog	0,04
3	Vályog	0,06
4	Agyagos vályog	0,09
5	Agyag	0,12
6	Tőzeg	0,02
7	Szabad vízfelszín	0

4. táblázat Különböző talajtípusokhoz tartozó víztároló képesség értékek^[2]

5.3 Evapotranspiráció

A párolgás mennyiségének minél pontosabb meghatározása elengedhetetlen a hidrológiai körfolyamat jobb megismeréséhez, továbbá az éghajlatváltozás kutatása területén is fontos szerepet tölt be: segítségével megbízhatóbb klimatikus előrejelzéseket lehet készíteni. A vízmérleg legpontosatlanabbul meghatározható része. A fent említett 4db OMSZ állomás adatait a 2. táblázatban mutattuk be és a 3. diagramon szemléltetjük.



3. diagram OMSZ állomások párolgásidősoros adatai

Az adatokból látható, hogy a növekvő tendencia egyre kisebb „kilengések” mellett valósul meg 1100 – 1200mm/év körüli értékekkel napjainkban.

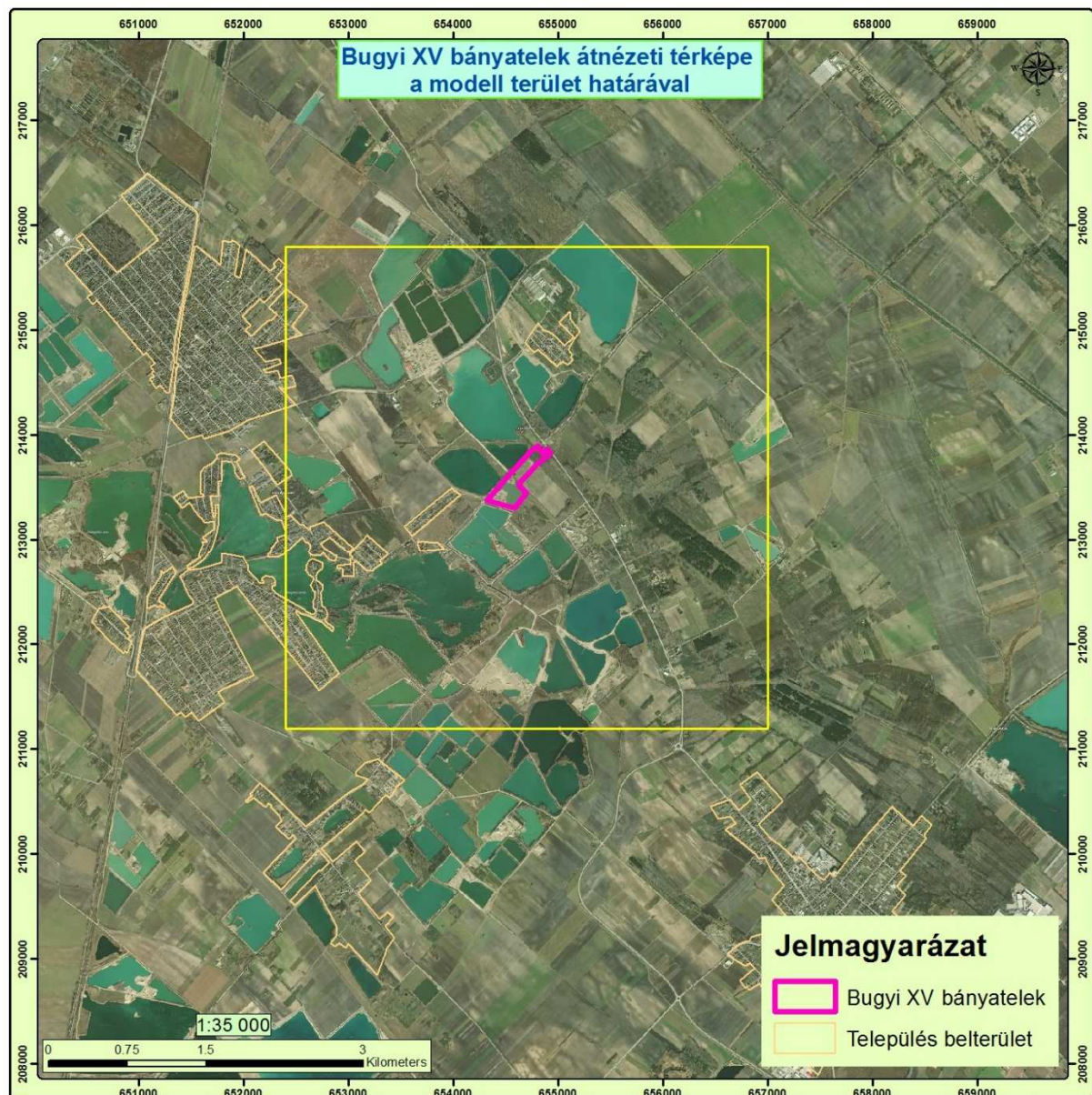
6.A modell geometriája

A vizsgált terület nagyságának kiválasztásánál figyelembe vettük kitermelés és befejezését követően visszamaradó szabad vízfelület nagyságát, a környező tavakat, mert a létesítendő tóval ezek együttesen fogják a térség hidrogeológiai áramterét kialakítani. A modellben figyelembe vett tavak vízmélysége néhány esetben a meglévő adat, máshol becsült, konkrét adatok hiányában.

Az ilyen módon lefedett terület K-NY-i irányban 4,6 km, É-D-i irányban 4,6 km kiterjedésű. Az illesztett rácsháló cellamérete 20 x 20 m, a rács 230 oszlopból és 230 sorból áll. A földtani felépítés miatt, egy réteget vizsgáltunk.

A terület átnézeti térképe a 10. ábrán látható.

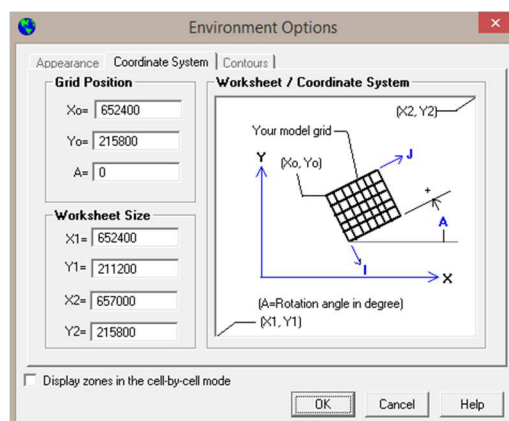
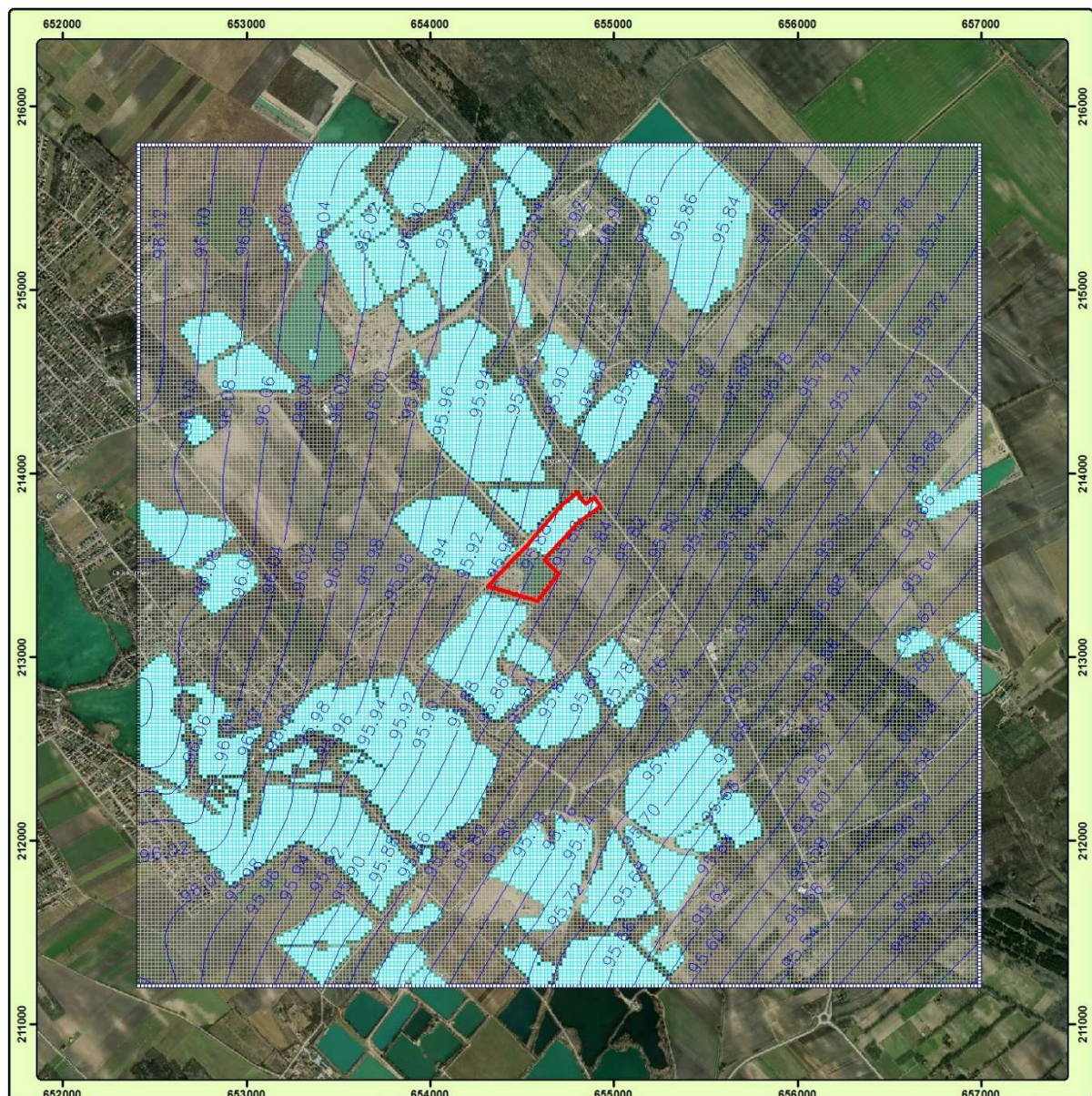
Az elkészített modellhálót a koordinátákkal a 11. ábra mutatja.



10. ábra A terület átnézeti térképe

A modellhatárok:

EOV Y [m]	652400	-	657000
EOV X [m]	211200	-	215800



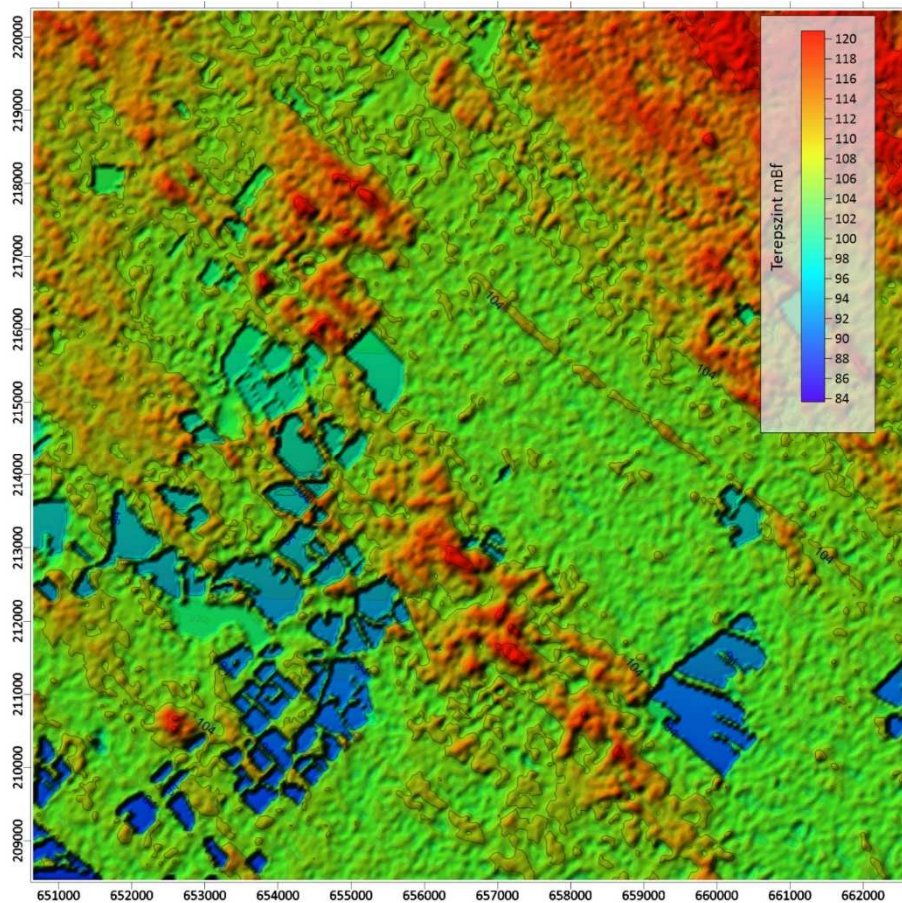
11. ábra Modellrács geometriája

A modell geometriájának kialakítása során első lépésben a terepszintet, majd az uralkodó áramlási teret készítettük el, a víztartó összlet fekszsíntjét 80 mBf határoztuk

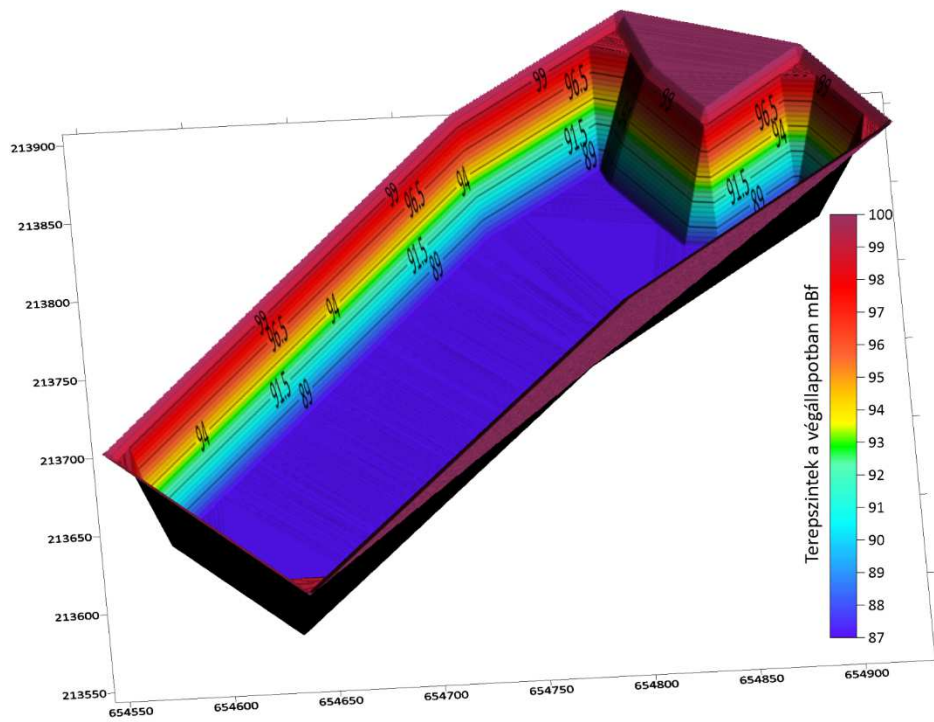
meg. Az terep adatokat az EOVS 1:10000 arányú topográfiai térképszelvények digitalizálása útján kaptuk. Felhasználtuk továbbá a Vízrajzi Évkönyv online elérhető adatait is, valamint a rendelkezésünkre álló bányatérképeket. A digitalizált adatokból, és online adatforrásokból elkészítettük a terület terepszintfelületét melyet a 12. ábra szemléltet. A 13. ábrán a tervezett bányató terepmodellje látható, abban az esetben, ha a teljes terület kitermelése megtörténik. A 14. ábra a terepszinteket, a végállapot tómeder integrálásával együtt mutatja.

A következő lépésben a talajvízállást szerkesztettük a fentiekben bemutatott figyelőkutak adataiból. (5. ábra a régióra vonatkozóan és 15. ábra a modell területre). Ez képezte a permanens modell kezdeti állapotát 16. ábra. A szimulációt előbb az aktuális állapotra vonatkoztatva végeztük, a bányatelek jelenlegi állapotában, a meglévő tóval, a bővítésre tervezett tómeder nélkül. Ezt követően integráltuk a modellbe, a jelenlegi tó terepszintig visszatöltött állapotát, majd a bővítésre tervezett tómedret és vizsgáltuk ezek hatását a környezetre. A szimuláció eredménye egy áramtér, amelyet a 17. ábra mutat. Az áramtereket egymáshoz viszonyítva tudjuk számszerűsíteni az egyes állapotok között megjelenő elemek hatását a modellben. A számszerűsítés eredménye egy depressziós tér, ami az új elemek talajvízre gyakorolt hatását mutatja olyan módon, hogy negatív érték esetén süllyeszti az aktuális állapothoz képest a vízszintet, míg pozitív érték esetén a változást követően vízszint emelkedés valósul meg. Ezeket az eredmény értékeket szemléltetjük a végeredmény térképeken szintvonalas ábrázolással, és a vízszint süllyesztés és emelés mértékét méterben kifejezve előjelekkel.

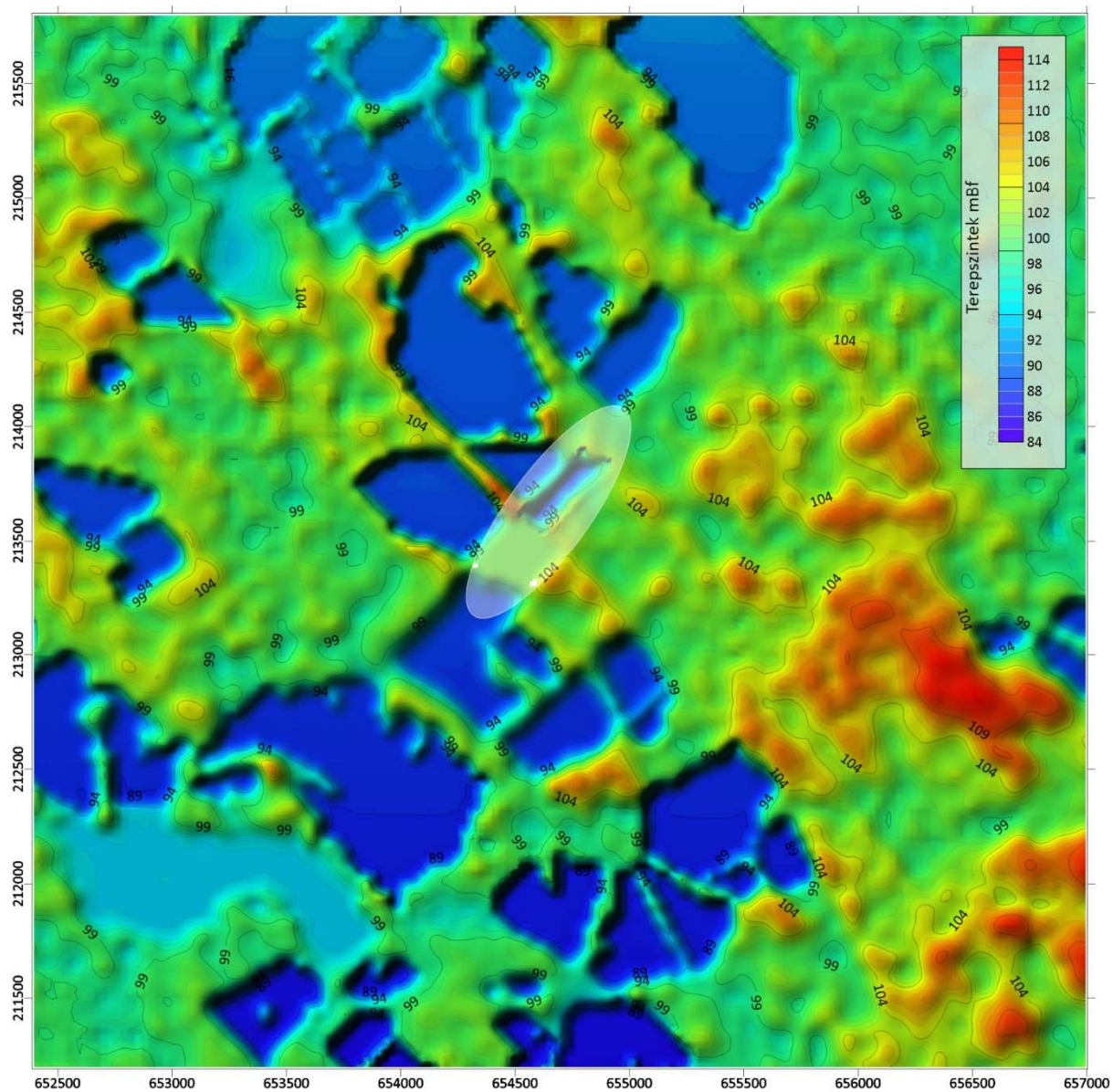
A szimulációk során arra kerestünk választ, hogy mekkora lesz a becsülhető legnagyobb mértékű hatás a környezetre hidrogeológiai szempontból. Mindehhez száraz időszak csapadék és párolgás adatokat használtunk s kedvezőtlen utánpótlódási körülményeket állítottunk be.



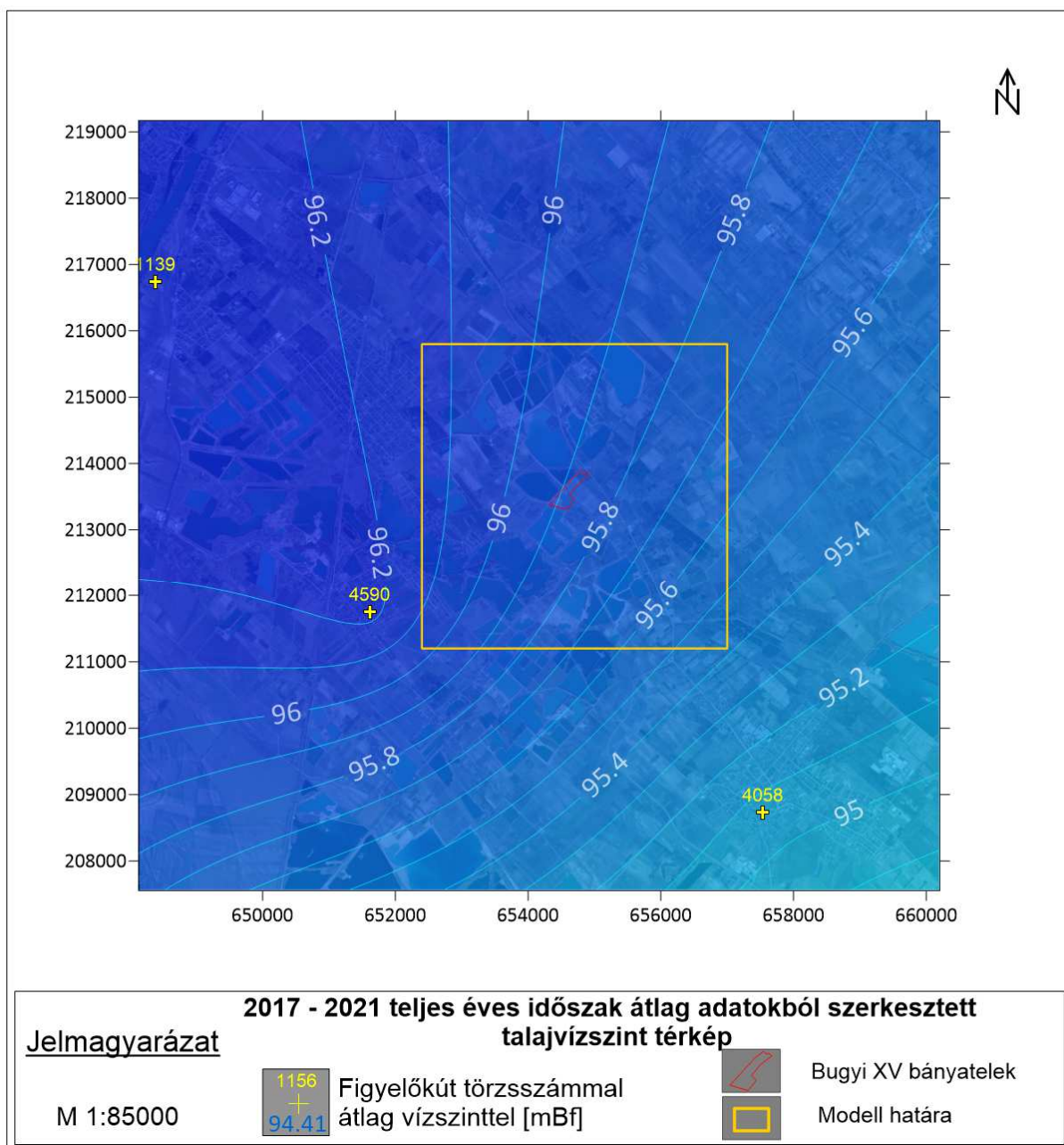
12. ábra Terepszintek a térségben domborzat árnyékolással és légifotóval



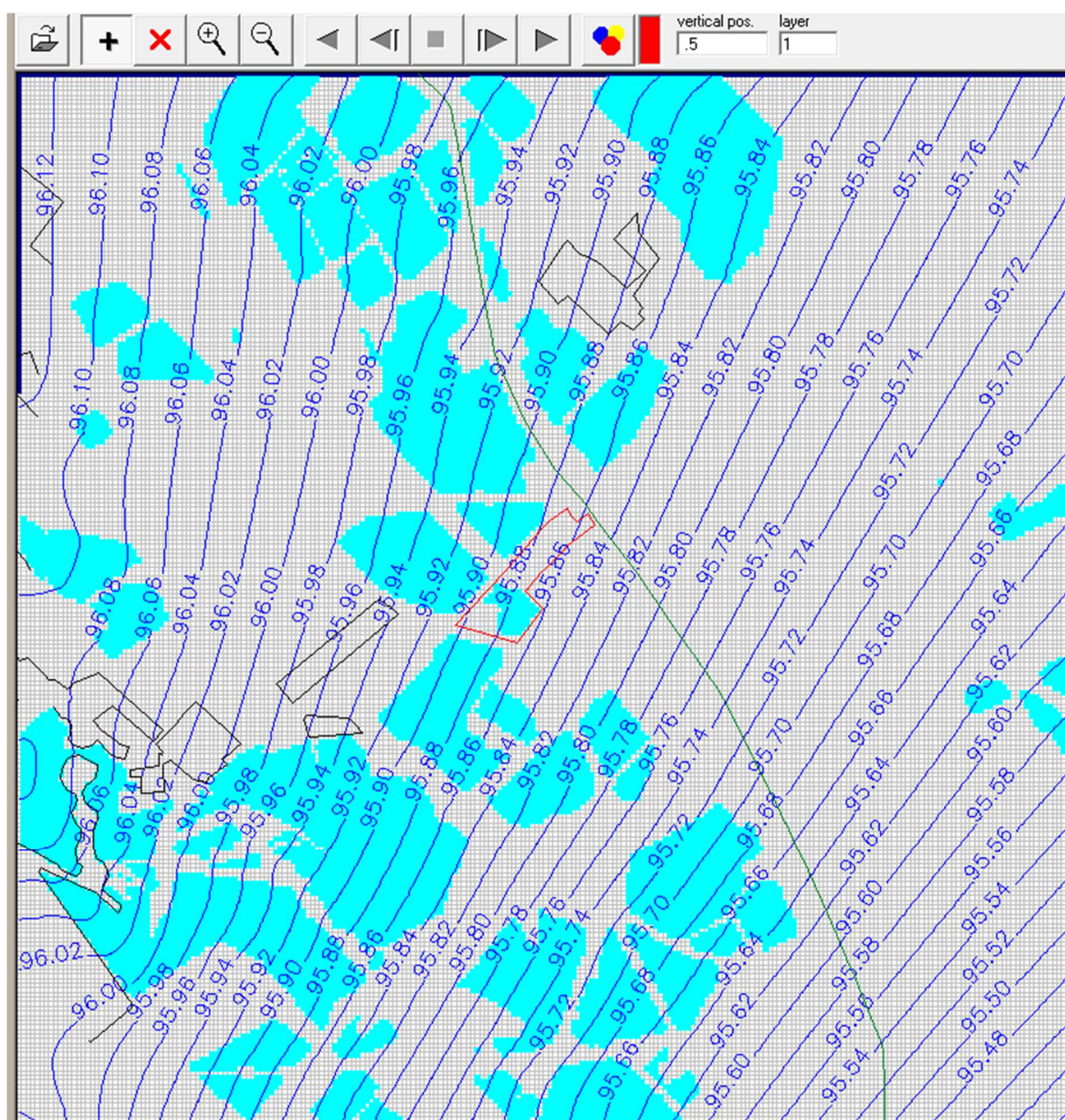
13. ábra A végállapot tómeder modellje



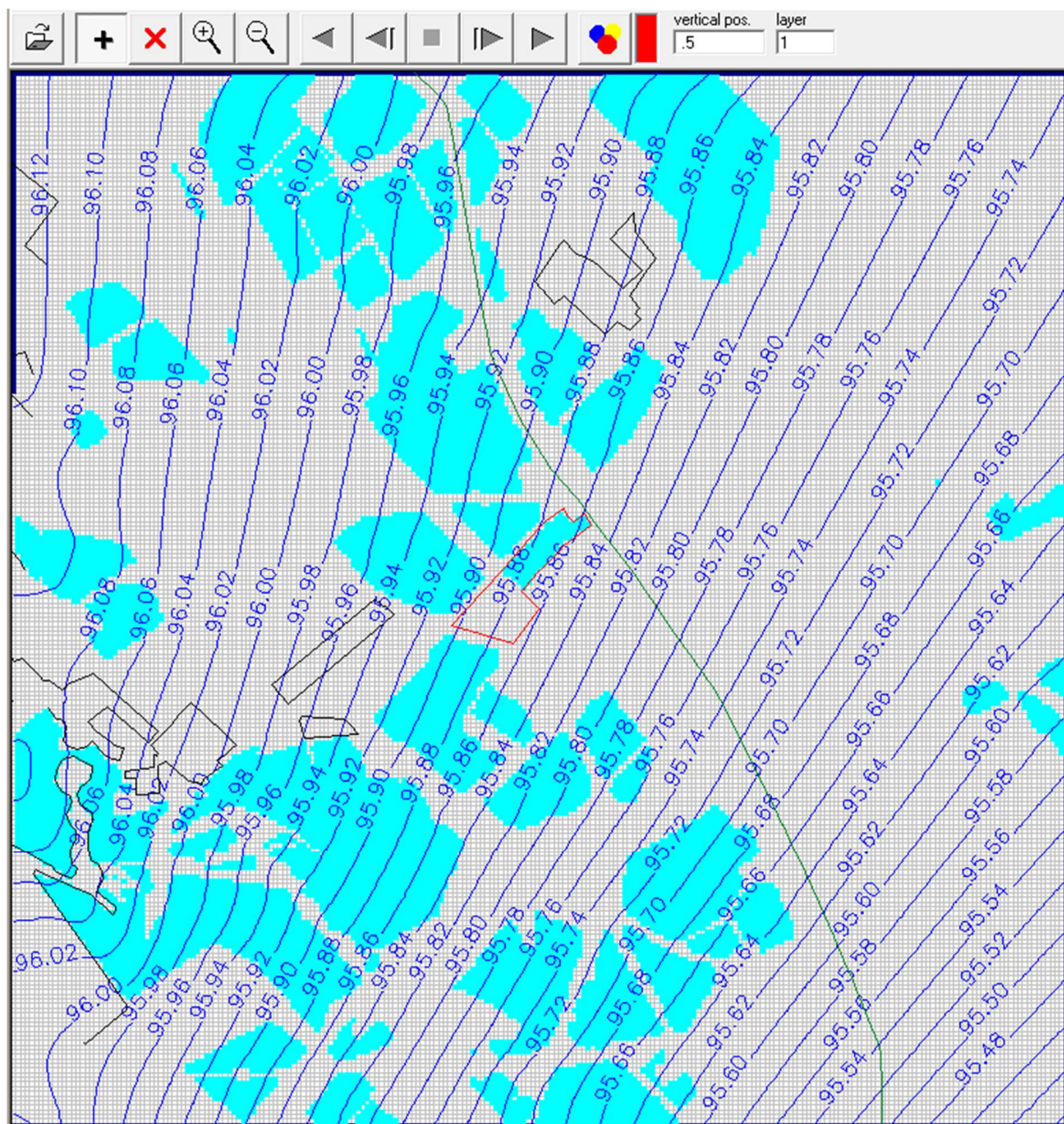
14. ábra A modell terület terepszintjei a végállapot tómederrel



15. ábra Kiindulási vízszintek a modell területen



16. ábra A szimulált permanens elméleti áramtér jelen állapotban



17. ábra A maximális tómeret mellett kialakuló áramtér kedvezőtlen utánpótlódási körülmények között a modellben

A földtani felépítésből kiindulva a vízmozgást a fő tömeget alkotó, felső vízzáró réteg feletti homokos-kavicsösszletben vizsgáltuk. A legfelső humuszos réteget az evapotranspiráció értékével vettük figyelembe. A vizsgált összlet közetfizikai paramétereit a fenti táblázatok alapján határoztuk meg. Az összletben kismértékben eltérő homok-kavics arányú rétegződéseket átlag szivárgási tényező és hézagterfogatnál vettük figyelembe. A fentebb említett cellaméreteket a létesítendő tó, mérete, valamint a nagy modell terület indokolta, ilyen cellaméretnél már nyomon követhető a kialakuló áramtér. A finomabb felbontás indokolatlanul nagy számú cellát igényel, ami az elvégzendő számításigényt aránytalanul magasra emeli. A fennálló földtani, hidrogeológiai viszonyok mellett finomabb cellabontás esetén sem várható

pontosabb eredmény. A permanens állapot kialakításához peremfeltételként állandó nyomású cellákat alkalmaztunk.

A modellbe inputként kerülő csapadékból származó maradó beszivárgás és a rendszerből kikerülő evapotranspiráció értékeit a bemutatott módon határoztuk meg. Az adatrendszer felépítéséhez a Processing MODFLOW for Windows környezet 5.3 verzióját (©W-H. Chiang és W. Kinzelbach, 1991-97) használtuk fel. A hidrodinamikai számításokat a MODFLOW-96 public domain USGS verziójával végeztük el, illetve szükség esetén a visszatértünk a MODFLOW PMWin fordítású változatához.

Az eredmények megtekintéséhez, értelmezéséhez, valamint az áramvonalak és meghatározásához a PMPATH 98/NT program II (2.0) és 6.0 verzióját (©W-H. Chiang, 1998-2001) használtuk fel. A térképek szerkesztésére, a lokális adatokból interpolációk végzésére a Surfer for Windows 15.0 változatát (© Golden Software Inc., 1999-2015) használtuk fel.

Az alkalmazott környezet a nemzetközi és hazai gyakorlatban elfogadott számítási rendszer, amely a szivárgás alapegyenletének véges differencia, illetve karakterisztika módszerén alapuló megoldásait használja fel.

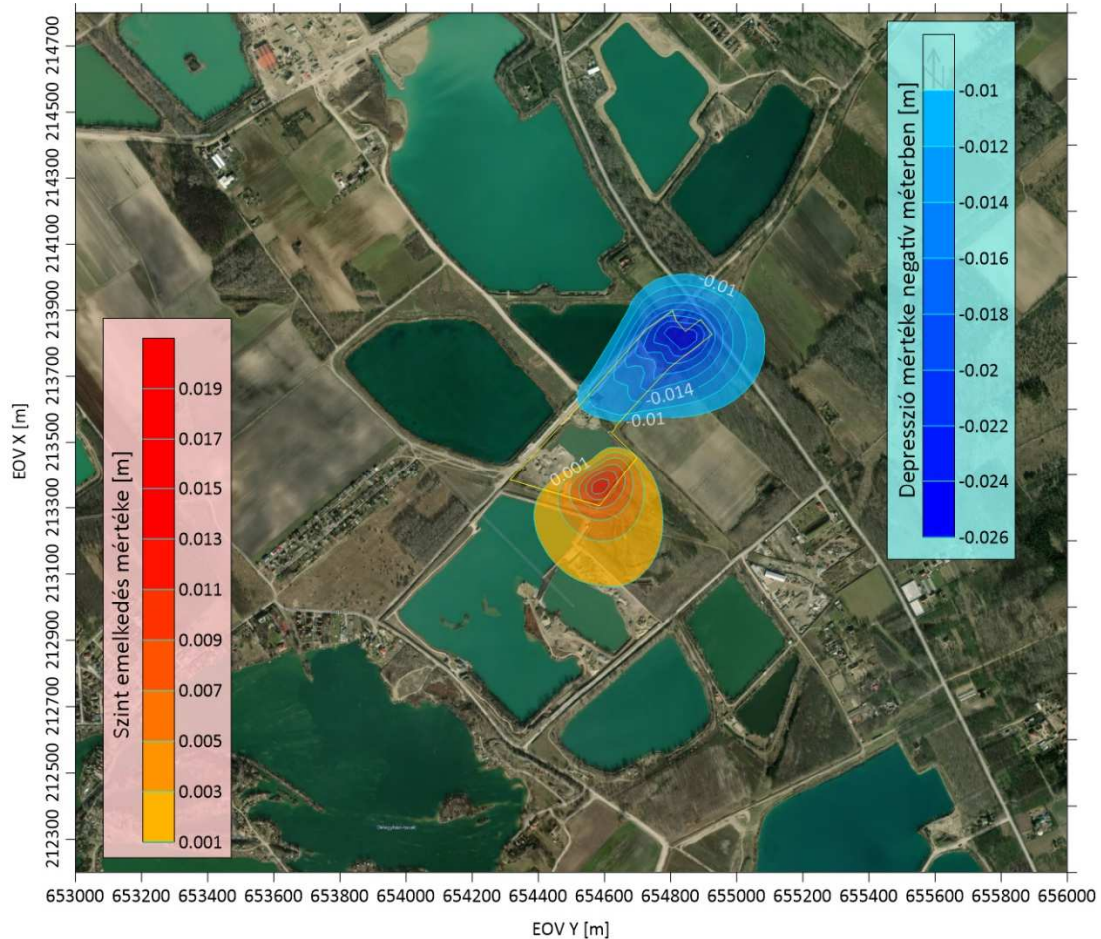
1. Az eredmények bemutatása

A szimuláció során kapott eredményeket mátrix formában mentettük. Ezeket a mátrixokat olvastuk be a Surfer programba és készítettük el a szintvonalas térképeket. A depressziós tér kialakítása két mátrix különbség képzésének eredménye, mégpedig olyan módon, hogy a jelenlegi áramkép értékeiből kivontuk a maximális töméret mellett kialakuló áramkép értékeit. Végeredményként egy depressziós teret határoztunk meg horizontális és vertikális értelemben. Ezt a vizsgálatot végeztük el a kialakítani tervezett bővítéssel megvalósuló bányató, és a visszatöltés megvalósítása esetén.

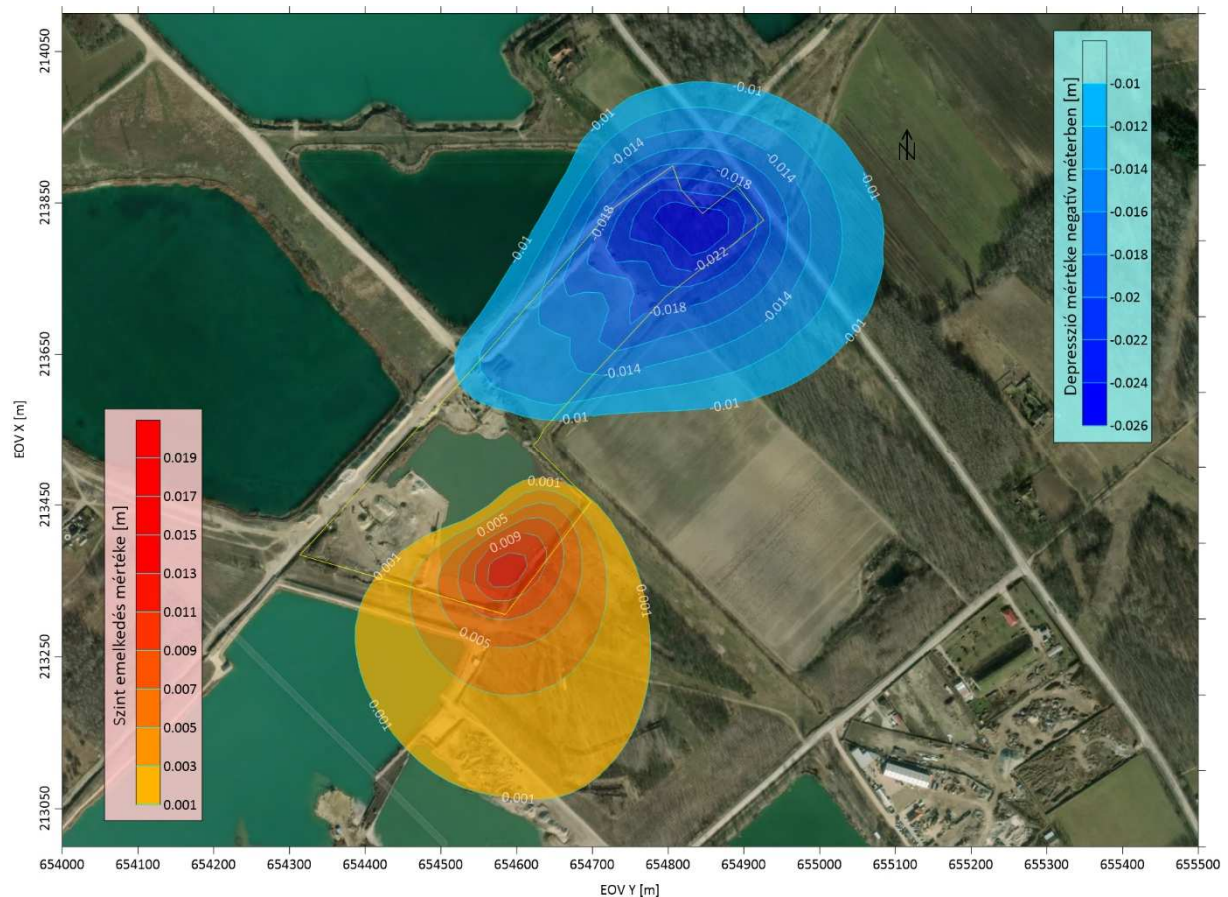
A visszatöltés, a párolgás érték jelentős csökkenésével, valamint az önálló víztest megszűnésével okoz elsősorban változást a modellben. Ennek hatása pozitív a talajvíz szintjének változását tekintve. A bővítés megvalósulásával kialakuló bányató depressziós tere részben átfed a feltöltött tó depressziós terével, így a két ellentétes hatás eredője az, amit az eredmények mutatnak. A szabad vízfelület párolgási veszteségének számításához figyelembe vettük a meteorológiai állomások adatait, valamint tó párolgás irodalmi adatokat Magyarország területéről, ahogyan a korábbi fejezetekben azt részleteztük. A modell elkészítése során felhasználtuk Kovács Ákos Domonkos PhD értekezését, mely a Tó- és területi párolgás becslésének pontosítása és magyarországi alkalmazásai címmel készült 2011-ben. Az értekezésben többek között a nemzetközi gyakorlatban elfogadott és alkalmazott különböző elméletek hazai viszonyok között való alkalmazását, a szabad vízfelszín, sekély tavak párolgását meghatározó tényezők hosszabb idősorát felhasználva találjuk részletesen bemutatva.

A modellgeometria és a peremfeltételek meghatározása során alkalmazott megoldások minden esetben a biztonság javára tartalmaznak elhanyagolásokat.

A 18.-19. ábra szemlélteti a visszatöltés és bővítés eredményeként kialakuló áramteret kedvezőtlen hidrológiai körülmények között, szintvonalasan. Az eredmény térképeken látható, hogy milyen hatással van a visszatöltés és a bővítés a rendszerre.



18. ábra Kedvezőtlen utánpótlódási körülmények esetén kialakuló depressziós tér a maximális méretű bányatóval M1:15 000



19. ábra Kedvezőtlen utánpótlódási körülmények esetén kialakuló depressziós tér a bányatóval M1:5 000

2. Összegzés, eredmények értékelése

A Bugyi XV bányatelek hidrogeológiai modellvizsgálata során megállapítottuk, hogy a visszatöltés, valamint a bővítés együttes hatására a visszatöltött terület közelében D-i irányban vízszint emelkedés várható, leginkább a megszüntetett szabad vízfelület hatására. Ennek a szintemelkedésnek a mértéke 2cm közelében jelentkezik, míg a bővített tó a többlet párolgás révén 2,5 cm depressziót okoz. A depressziós terek alakját az egymásra hatás, valamint a környező tavak, és a megszüntetett és újonnan létrehozott víztestek alakjai határozzák meg. A két depresszióval érintett terület nagysága a depresszió értékével áll arányban. Összeségében elmondható, hogy a visszatöltés és bővítés műveletek hatására kialakuló bonyolult depressziós tér nem jelent gyakorlatban értelmezhető vízszint süllyedést a teljes modell területet tekintve.

Természetesen a termelés időben elhúzódik, így a teljes kitermelés és a napelem telepítés környezeti hatása is késve tapasztalható. A változó paraméterek, mint a növény borítottság, terület használat, beépítettség, csapadék, átlaghőmérséklet, hozzá kapcsolódóan a párolgás, evapotranspiráció jövőbeni alakulása csak

becsülhető, ilyen időtávban mind kedvező, mind kedvezőtlen irányba módosíthatják a hatást.

3. Felhasznált irodalom:

- [1] *Marosi Sándor, Somogyi Sándor (1990):* Magyarország kistájainak katasztere I.-II., MTA Földrajztudományi Kutató Intézet Budapest, I. kötet
- [2] *Kiszela Gergő (2005):* Talajvizek sérülékenységének modellezése a DRASTIC módszer alapján egy kiválasztott hidrológiai egységen, Miskolci Egyetem, 2005
- [3] *Kovács Balázs (2004):* Hidrodinamikai és transzportmodellezés I-II. Miskolci Egyetem, Szegedi Tudományi Egyetem GÁMA-GEO Kft.
- [4] *Rónai András:* GEOLOGICA HUNGARICA Series Geologia Tomus 21, Institutum Geologicum Hungaricum, Budapestini 1985 p. 258-302.
- [5] *VITUKI Rt. (2000):* Vízkészleteink állapotértékelése, VITUKI Hidrológiai Intézet p. 23-26.
- [6] Délegyháza II. - homok, kavics bányatelek Előzetes Környezeti Tanulmány Naturaqua Környezetvédelmi Tervező és Szolgáltató Kft. 2004
- [7] *Hidro-meteorológiai állomások adatai:*
http://hidromet.vizugy.hu/csap/csap_idosor.aspx#fel
- [8] *MTA TAKI Agrotopográfiai Adatbázis*
<http://maps.rissac.hu/agrotopo/>
- [9] *Magyarország talajvíz térképe*
http://map.mfgi.hu/tvz_1248/
- [10] *Magyarország földtani térképe*
<http://map.mfgi.hu/fdt100/>
- [11] *A Ráckevei (Soroksári)-Duna vízgazdálkodása*
<http://rsdprojekt.hu/a-beruhazasrol/a-rackevei-soroksari-duna-vizgazdalkodasa>
- [12] *Vízügyi Honlap*
<https://www.vizugy.hu/>
- [13] *Országos Meteorológiai Szolgálat*
<http://www.met.hu/>
- [14] *Kovács Ákos Domonkos (2011)* Tó- és területi párolgás becslésének pontosítása és magyarországi alkalmazásai (Phd értekezés)