

MISKOLC

**Geotermikus kutak kapacitás növelésének hatásvizsgálata
numerikus modellezéssel**

AQUIFER Kft.

2019. január

TARTALOMJEGYZÉK

1	ELŐZMÉNY	3
2	MODELLEZÉS	4
2.1	A vizsgált terület földtani jellemzői	4
2.2	A modellezett terület	5
2.3	Modell paraméterei	7
2.4	Víztermelési adatok	10
2.5	Modell kalibrációja	11
3	A BŐVÍTETT TERMELÉS HATÁSVIZSGÁLATA	13
4	ÖSSZEFOGLALÁS	15

ÁBRÁK

1. ábra:	Modellezett terület számítási hálójával	6
2. ábra:	Modell vertikális felépítése	7
3. ábra:	Eltérő szivárgáshidraulikai paraméterekkel jellemezhető közzettetek lehatárolása	8
4. ábra:	Karsztvíz termelések a modellezett területen	10
5. ábra:	KIS-PE-01 kút kútfejnyomása és a visszasajtott vízmennyiség 2013-2015	12
6. ábra:	Tranziens kalibráció eredménye a KIS-PE-01 kútra	12
7. ábra:	Számított vízszintváltozás 7,5 M m ³ /év víztermelés esetén	13
8. ábra:	Hatásterület 8 M m ³ /év víztermelés esetén	14
9. ábra:	Hatásterületek összefoglaló ábrája	15

TÁBLÁZATOK

1. táblázat:	Triász képződmények felső 100 m-en jellemző szivárgási paraméterek	9
2. táblázat:	Geotermikus kutak átlagos hozama időlépcsőnként (m ³ /nap)	11

1 ELŐZMÉNY

A PannErgy Geotermikus Erőművek Zrt. leányvállalatai – A Miskolci Geotermia Zrt. és a KUALA Kft. - 2013-tól a triász korú bükkői mészkőre létesített mélyfúrású kutakkal geotermia alapú távfűtési rendszert üzemeltetnek Miskolc térségében. A rendszer megvalósítása során 5 db - 2 db termelő- és 3 db visszasajtoló - kút került lemélyítésre. A hőellátás biztosítása érdekében létesített rendszer termálvíz kitermelő, hasznosító és visszasajtoló létesítményei jelenleg érvényes környezetvédelmi – BO-08/KT/00072-4/2018. – és üzemeltetési engedély - 13397-20/2013 majd az azt módosító 35500/1648/2018. ált. ikt. sz. és 81-6/2014. majd az azt módosító 35500/1647/2018. ált. ikt. sz. - alapján működnek.

A megnövekedett fogyasztói hőigények kiszolgálása érdekében az engedélyesek a kitermelni kívánt vízmennyiség növelését tervezik, a jelenlegi 6,5 millió m³ kontingensről összesen évi 8 millió m³-re, amely a két hőtermelő, így a rendszer két termelőkútja között 50-50%-ban oszlana meg.

Az eddigi üzemelés és a hozzá kapcsolódó monitorig eredményeinek értékelésére alapozva, 2017-ben megtörtént a korábbi engedélyezéshez készített hatásvizsgálati modell felülvizsgálata, aktualizálása. A tervezett bővített kapacításra - a kitermelt és visszasajtoló termálvíz mennyiségének növelésére - az újra kalibrált modellel meghatároztuk a tervezett megnövelt termelés várható hatásterületét.

Jelen dokumentáció a teljesség kedvéért röviden áttekintést ad a korábban már több engedélyezési dokumentációban ismertetett és elfogadott hatásvizsgálati modell felépítéséről, kalibrációjáról, majd bemutatja a tervezett tevékenység számított hatásterületét.

2 MODELLEZÉS

A felszínalatti víztermelések okozta környezeti hatások vizsgálatának egyik leggyakrabban alkalmazott módszere az érintett földtani környezet, illetve a benne végbemenő hidraulikai folyamatok numerikus modellezése. A miskolci geotermikus rendszer létesítéséhez kapcsolódóan a 2014-ben készítette el az AQUIFER Kft. a magyarországi szakmai gyakorlatban is több éve alkalmazott és elfogadott FEFLOW szoftver felhasználásával a vizsgált térség geotermikus vízföldtani modelljét.

A modellt korábbi tanulmányaink részletesen ismertetik, így most csak egy rövid, összefoglaló áttekintést adunk róla.

A FEFLOW az első olyan teljes körű modellező szoftver, amely sikeresen egyesíti az erőteljes grafikus képességeket a bonyolult elemzési eszközökkel és a megbízható numerikus algoritmusokkal,

- permanens és nem permanens szivárgás,
- telített és telítetlen szivárgás,
- sűrűség függő szivárgás,
- többszörös szabad víztükör,
- tömeg- és hőtranszport

szimulációk futtatása érdekében.

2.1 A vizsgált terület földtani jellemzői

A Bükk a Borsodi nagyszerkezeti egységnek a fiatal medenceüledékek közül tektonikusan, szigethegységként kiemelt darabja a Darnó-zóna és a Középmagyarországi-zóna közötti térben. A Bükk-hegységet felépítő triász rétegeket mészkő, valamint márga, pala és vulkanikus kőzetek adják, különféle vastagságban. A mészkövek képviselik a legnagyobb tömeget, a triász rétegek több mint 50%-át teszik ki. A triász teljes vastagsága 2000-2500 m körüli. A bükk-hegységi kibúvások kivételével a tároló triász kőzet fiatalabb korú üledékekkel fedett, délkelet felé fokozatosan süllyed.

A jó vízvezető tömeges mészkő négy nagy, egymástól rossz vízvezető vagy vízzáró kőzettestek által elválasztott tömbben fordul elő. A triász mészkő felső 100 m-es jól karsztosodott részén a kőzet hidraulikus vezetőképessége 10^{-3} - 10^{-4} m/s, a vízzáró képződmények szivárgási tényezője 10^{-5} - 10^{-11} m/s. A triász mélyebb szintjén nagyságrendekkel csökken az értéke a szivárgási tényező értéke.

2.2 *A modellezett terület*

Horizontális kiterjedés

A modellezésben figyelembe vett terület horizontális kiterjedését általában célszerű akkorára megválasztani, hogy a vizsgálni kívánt hatások a peremeken elhanyagolhatók legyenek. Esetünkben a szimulációs modellel szemben támasztott elvárások értelmében nem csak a tervezett tevékenység lokális hatását szükséges vizsgálni, hanem figyelembe kell venni a teljes geotermikus rezervoárt. Modellhatárok így azonosak a 2012 évi modellel, vagyis a keleti-délkeleti határ a Vatta-Maklári árok, a nyugati határ a Darnó-zóna, míg az északi határ a Bükk és Szendrői egységek tektonikus határvonalai.

Számítási háló

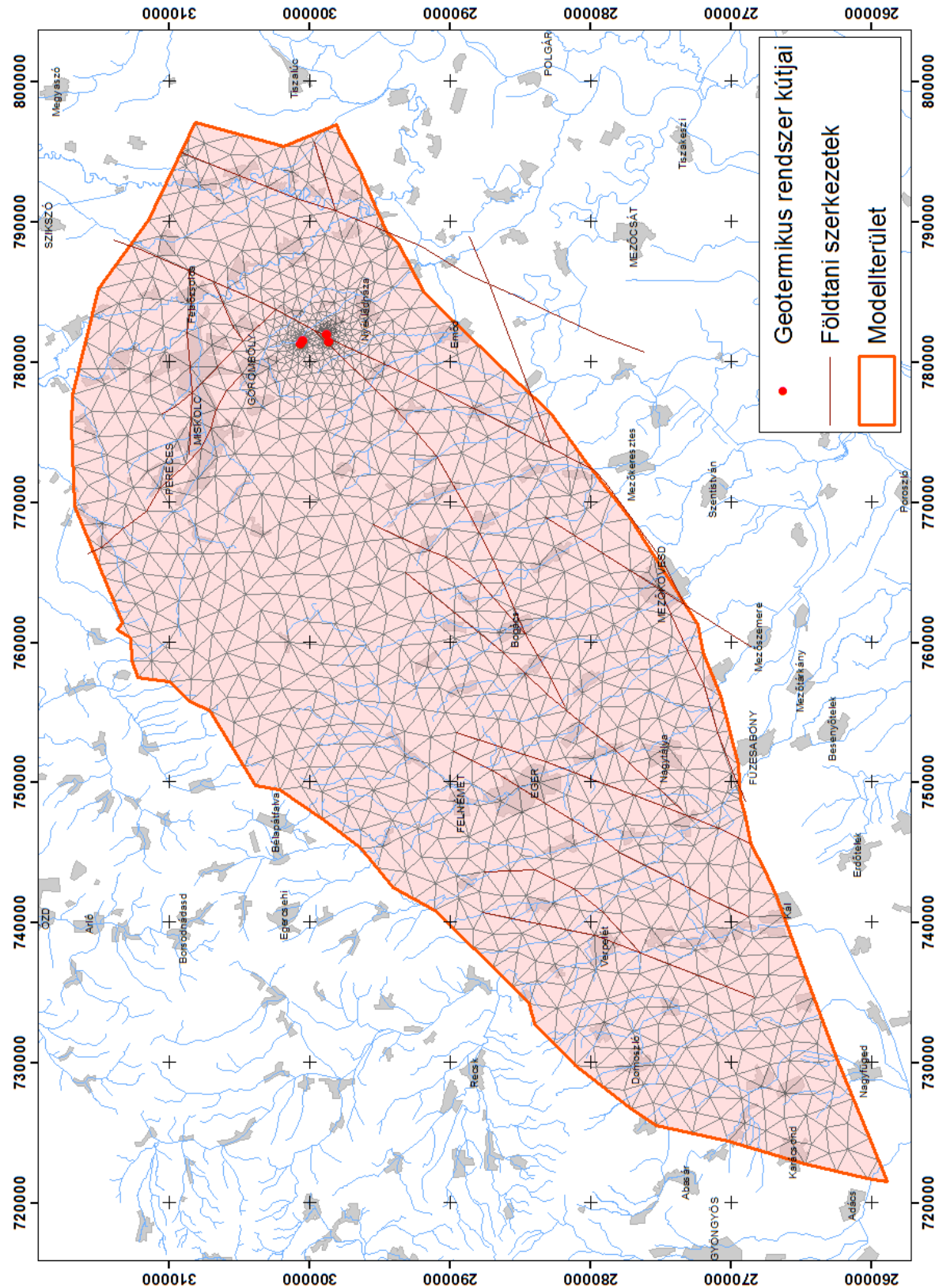
A modellezés első lépése a számítási háló felépítése. A modellezett terület lefedéséhez a végelem módszer háromszöghálóját használtuk fel. Mivel a kijelölt modellterület a korábbi hasonló jellegű számítások alapján becsülhető hatásterülethez képest igen nagy kiterjedésű - 90 x 40 km-, a geotermikus kutak által közvetlenül érintett 5 km x 5 km-es területen a pontosabb szimuláció érdekében sűrítettük a számítási csomópontokat. A hálógenerálás során alappont-, illetve vonalként megadásra kerültek a jellemző földtani szerkezeti vonalak és a geotermikus kutak. A modellezett területet a végleges számítási hálóval az 1. ábra mutatja.

Vertikális felosztás

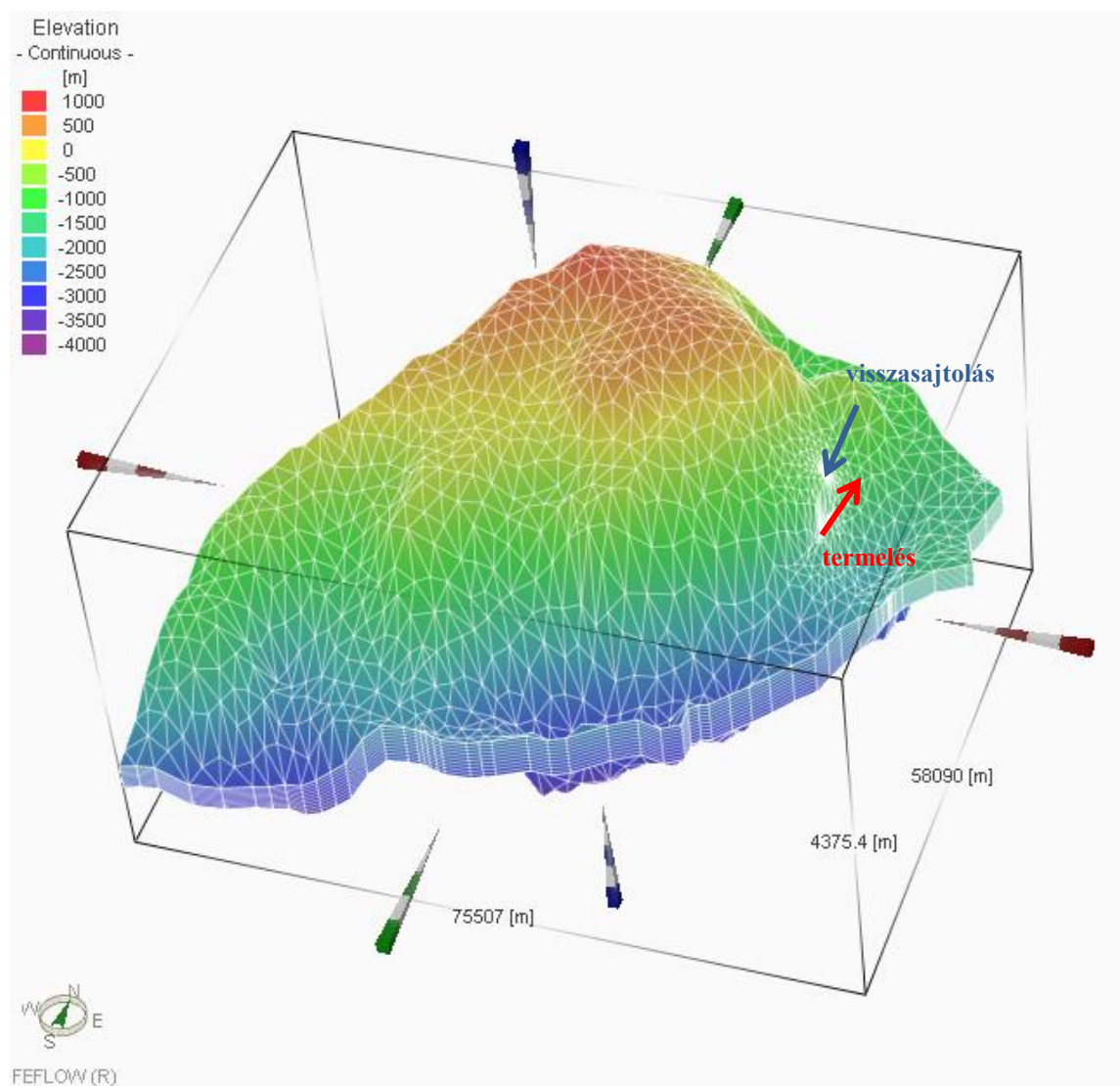
A modell vertikális felosztása is azonos a korábbival, vagyis a triász képződmények teljes vastagsága modellezésre került.

A modell tetejét a triász képződmények fedőszintje adja, az alja e felületből a vastagság adatok felhasználásával került megadásra. A vizsgált rétegösszetét a teljes modellezett területen 10 db függélyenként azonos vastagságú alrétegre osztottuk.

A számítási háló térbeli felépítését a hévíztermelés és visszasajtolás helyének feltüntetésével a 2. ábra mutatja.



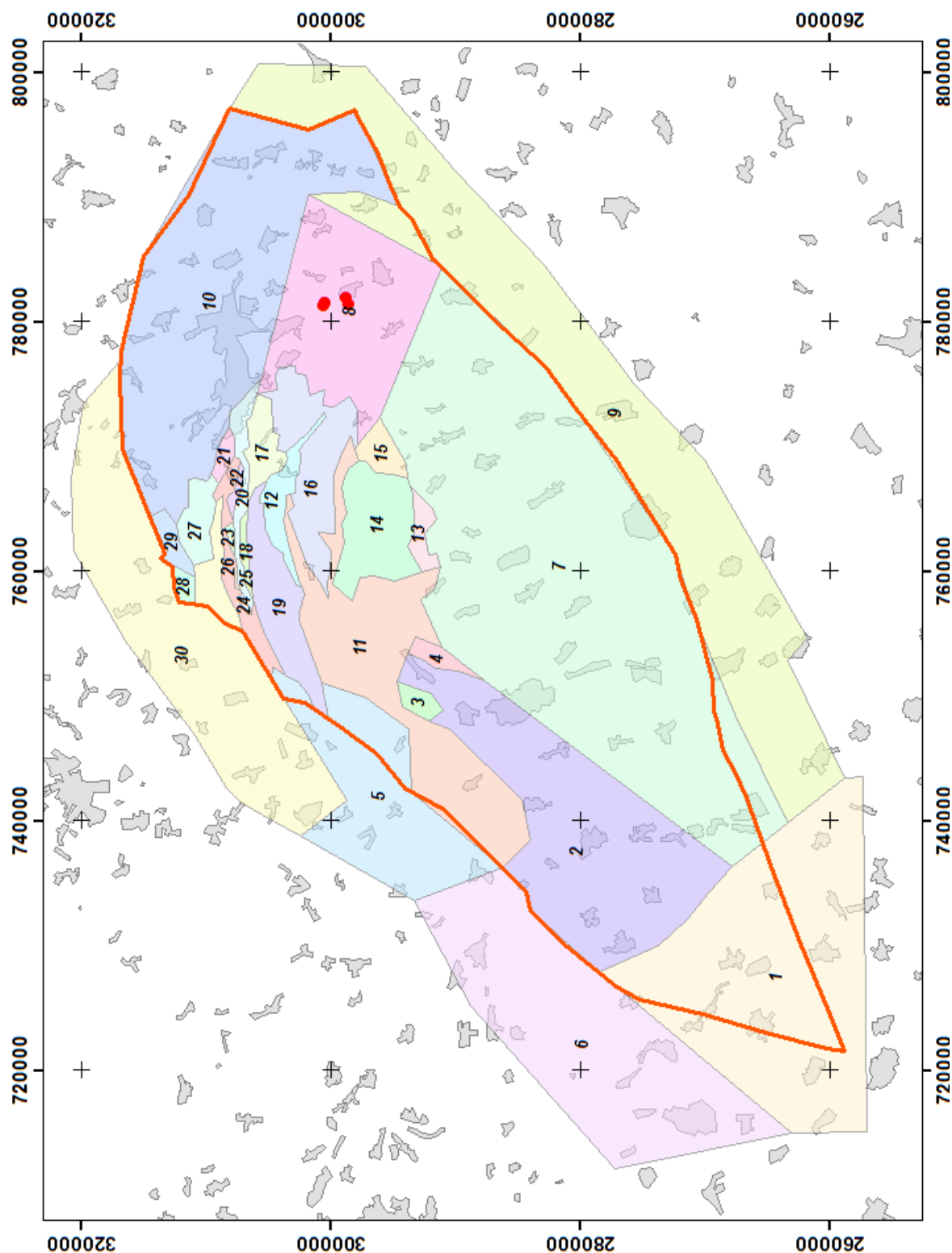
1. ábra: Modellezett terület számítási hálójával



2. ábra: Modell vertikális felépítése

2.3 Modell paramétere

A FEFLOW szoftver felhasználásával felépített modell összes szivárgási és geotermikus paraméterét a 2012-évi modell alapján határoztuk meg. A paraméterezés alapját a 3.1. fejezetben röviden hivatkozott vízvezető, illetve vízzáró kőzettestek lehatárolása adja. A különböző típusú kőzettestek elhelyezkedését a 3. ábra mutatja. Az egyes kőzettestek néhány fontosabb paraméterét a képződmények vízforgalom szempontjából fontosabb felső 100 méterére vonatkozóan az 1. táblázat foglalja össze.



3. ábra: Eltérő szivárgáshidraulikai paraméterekkel jellemezhető közettetek lehatárolása

Zóna azonosítója	Triász rétegek vastagsága (m)	Szivárgási tényező (m/s)	Porozitás (%)	Beszivárgás (mm/év)
1	3000	10^{-10}	0.2	0
2	500	10^{-4}	1.0	0
3	500	10^{-3}	3.0	300
4	500	10^{-4}	1.0	250
5	1500	10^{-9}	0.2	0
6	1500	10^{-9}	0.2	0
7	500	10^{-4}	1.0	0
8	1000	10^{-4}	1.0	0
9	300	10^{-6}	0.5	0
10	300	10^{-4}	1.0	0
11	400	10^{-11}	0.1	5
12	500	10^{-5}	1.0	200
13	500	10^{-3}	3.0	300
14	500	10^{-5}	1.0	200
15	500	10^{-6}	0.5	0
16	1000	10^{-3}	3.0	350
17	250	10^{-8}	0.5	20
18	150	10^{-11}	0.1	5
19	1000	10^{-3}	3.0	400
20	400	10^{-3}	0.1	20
21	500	10^{-5}	1.0	200
22	250	10^{-8}	1.0	20
23	250	10^{-8}	0.5	20
24	250	10^{-8}	0.5	20
25	250	10^{-8}	0.5	20
26	400	10^{-5}	1.0	200
27	300	10^{-3}	3.0	350
28	200	10^{-5}	1.0	200
29	100	10^{-9}	0.2	5
30	2000	10^{-11}	0.1	0

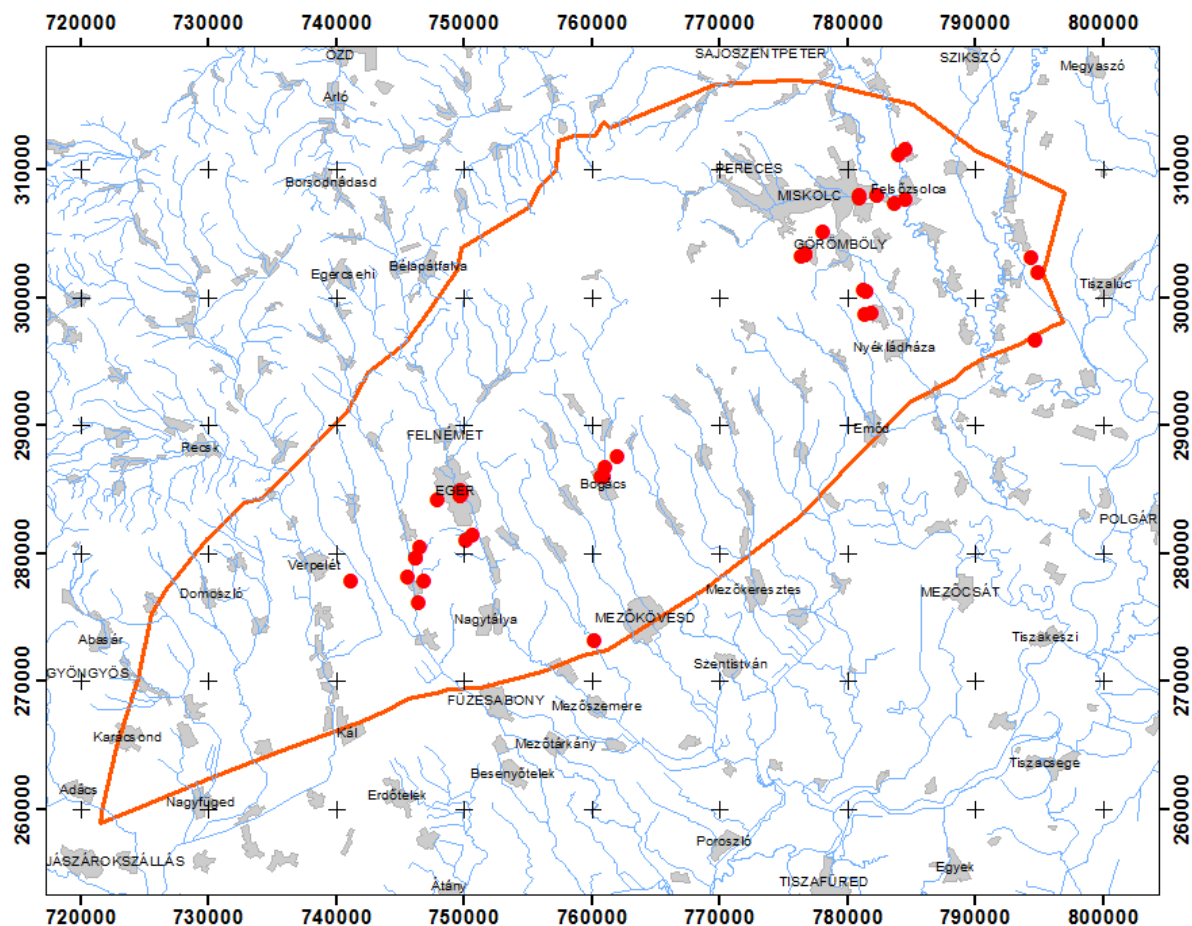
1. táblázat: Triász képződmények felső 100 m-en jellemző szivárgási paraméterek

2.4 Víztermelési adatok

A térség karsztvíz termelési adatait a korábbi modellezési munkához a területileg illetékes Hatóság megadta. Ezeken most nem változtattunk, feltételezve, hogy az elmúlt két évben érdemben nem változott a térség karsztvíz termelése.

A víztermelések terén alkalmazott közelítést azért is tehetjük meg, mert a geotermikus rendszer méréseinek feldolgozása (2. fejezet) csak lokális hatások megjelenését mutatja, így a modell paramétereit is csak lokálisan tudjuk pontosítani.

A vízkivételi helyeket a 4. ábra mutatja.



4. ábra: Karsztvíz termelések a modellezett területen

A geotermikus rendszer üzemelésének termelési/visszasajtolási adatait a tényleges üzemelési adatok alapján meghatározott közel féléves időszakokra, az átlagos hozamértékekkel vettük figyelembe a modellezés során. Az adatokat a 2 táblázatban adjuk meg.

idő- lépcső	időszak	hossz (nap)	MAL-01	MAL-02	PE-02	PE-01/B
1	2013.11.01-2014.04.01	172	9 271	4 628	4 949	8 950
2	2014.04.02-2014.10.14	196	257	3 764	1 677	2 341
3	2014.10.15-2015.04.21	190	9 502	8 559	7 996	10 065
4	2015.04.22-2015.09.29	161	0	5 544	1 896	3 647
5	2015.09.30-2016.01.29	122	10 671	9 039	10 164	9 546

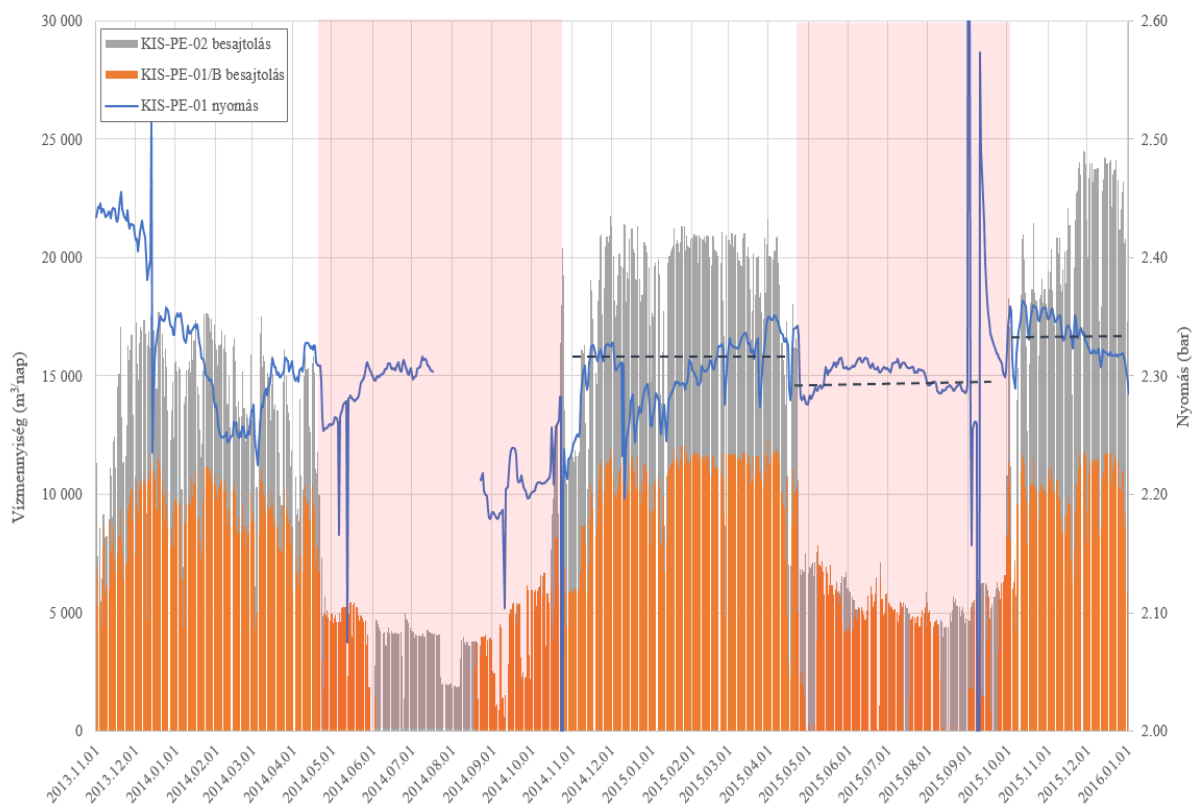
2. táblázat: Geotermikus kutak átlagos hozama időlépcsőnként (m³/nap)

2.5 Modell kalibrációja

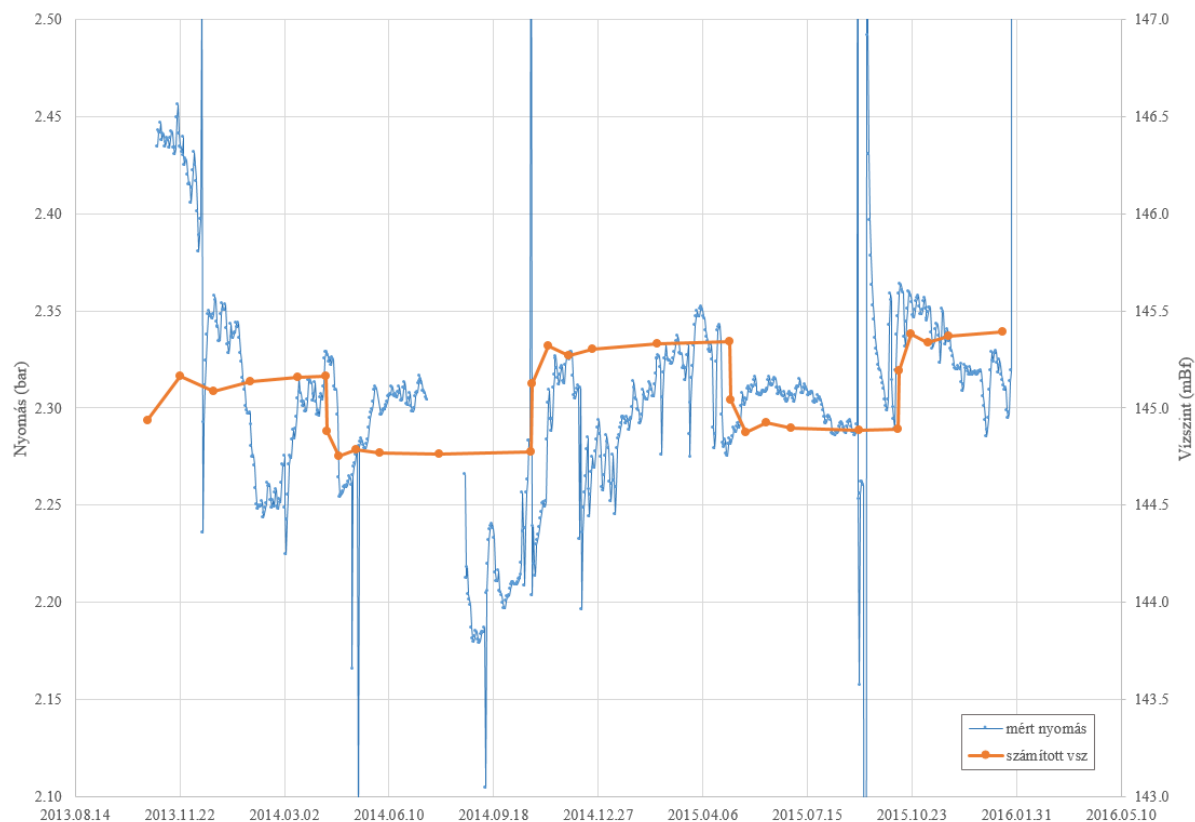
A regionális modell paraméterei a geotermikus rendszer létesítésével párhuzamosan fejlesztett, kalibrált és elfogadott modellből származnak, ezeket további kalibráció nélkül elfogadtuk. A 2017 évi kalibráció a geotermikus kutak környezetére történt meg, mivel ezen a területen keletkeztek az üzemelés során érdemi új ismeretek, mérési eredmények.

A KIS-PE-01 kút mérési eredményeiből (5. ábra) látható, hogy a téli-nyári üzem ciklusos termelés ingadozása az aktív besajtoló kutaktól 20 illetve 250 m távol található üzemen kívüli kútban 0,03-0,04 bar átlagos nyomásváltozásként jelenik meg. Ez a modell számítási eredményeire vonatkoztatva 30-40 cm-es ingadozást jelent. A lokális kalibráció eredményét a 6. ábra mutatja. Az ábrán a bal tengelyhez rendelt a KIS-PE-01 kútban mért nyomások, míg a jobb tengelyhez a számítási eredmények vannak feltüntetve. A grafikon két tengelye úgy van léptékezve, hogy a két görbe összevethető legyen (egy osztásköz bal oldalon 0,5 bar azaz 0,5m ill. a jobb tengelyen 0,5 mBf).

Az eredményről megállapítható, hogy a számított hatás jellege, nagyságrendje a jelenlegi ismeretek szintjén elfogadható pontosságú.



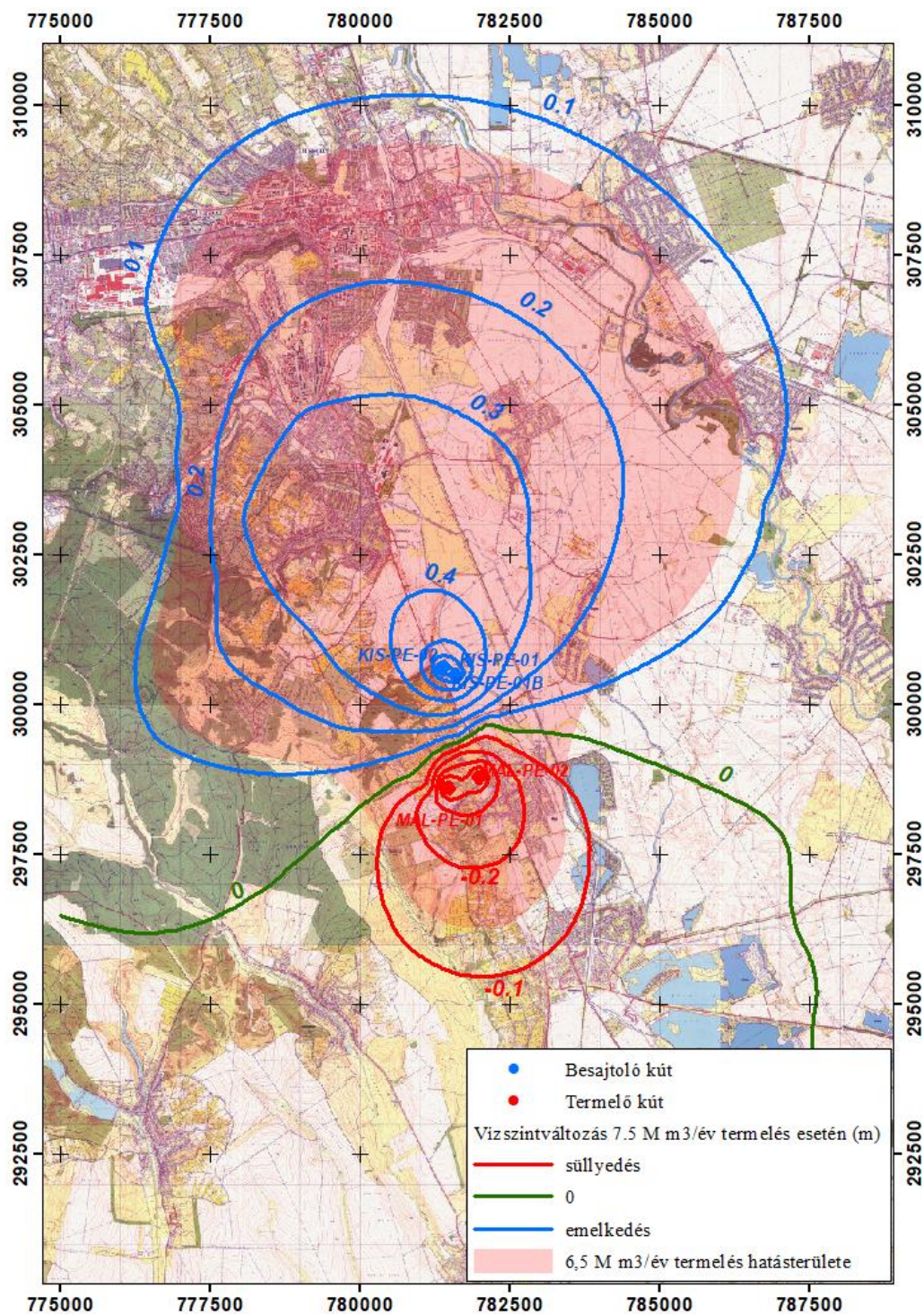
5. ábra: KIS-PE-01 kút kútfejnyomása és a visszasajtolt vízmennyiség 2013-2015



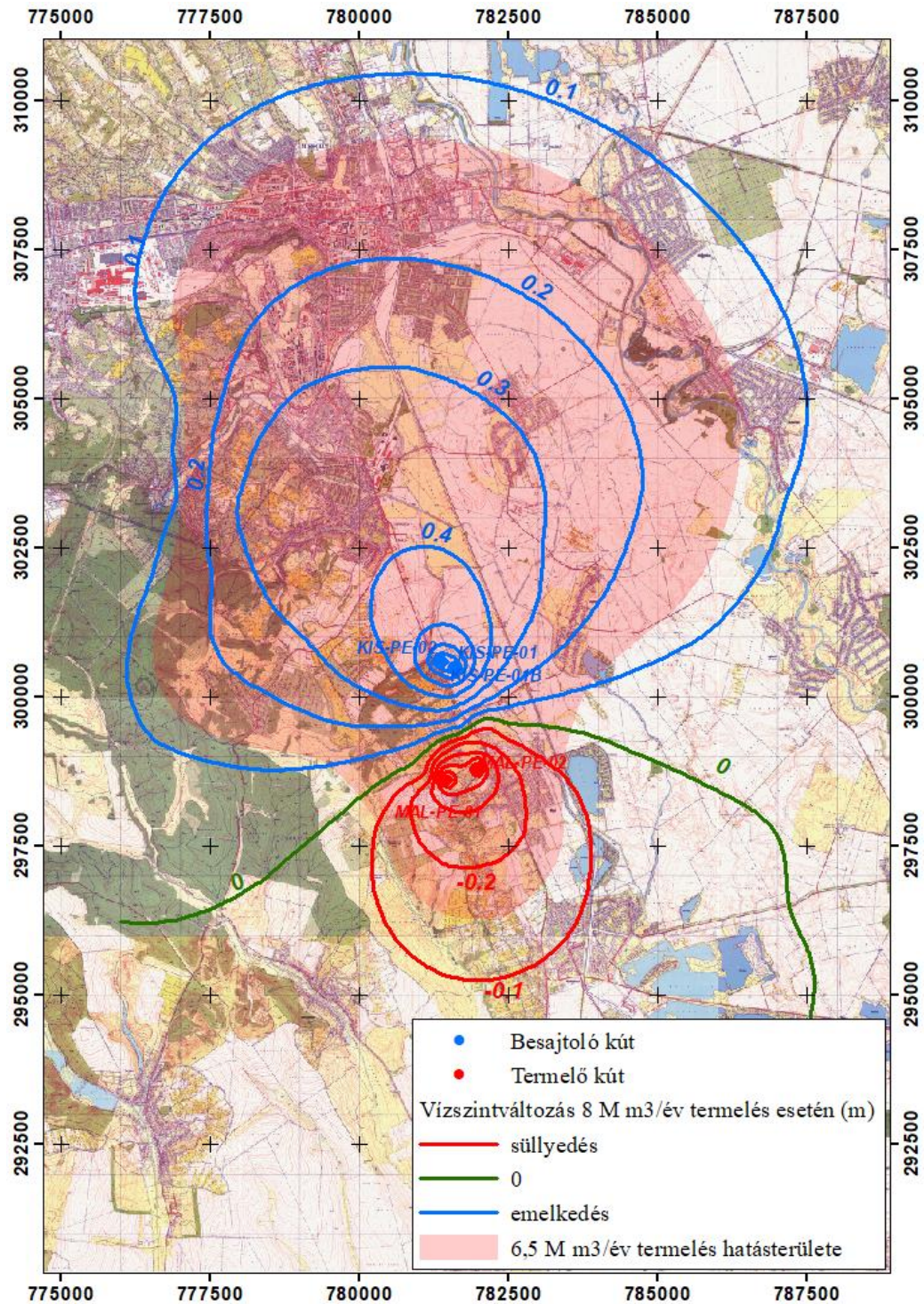
6. ábra: Tranziens kalibráció eredménye a KIS-PE-01 kútra

3 A BŐVÍTETT TERMELÉS HATÁSVIZSGÁLATA

Az üzemeltetők a kitermelt és visszasajtoló víz mennyiségének bővítését tervezik. A hatásvizsgálat során a meglévő modellel két tervezett termelési állapot – 7,5 illetve 8 millió m³ termelés és visszasajtolás - karsztvíztárolóra gyakorolt várható hatását számítottuk. Az eredményeket a 7., 8. ábrák mutatják.



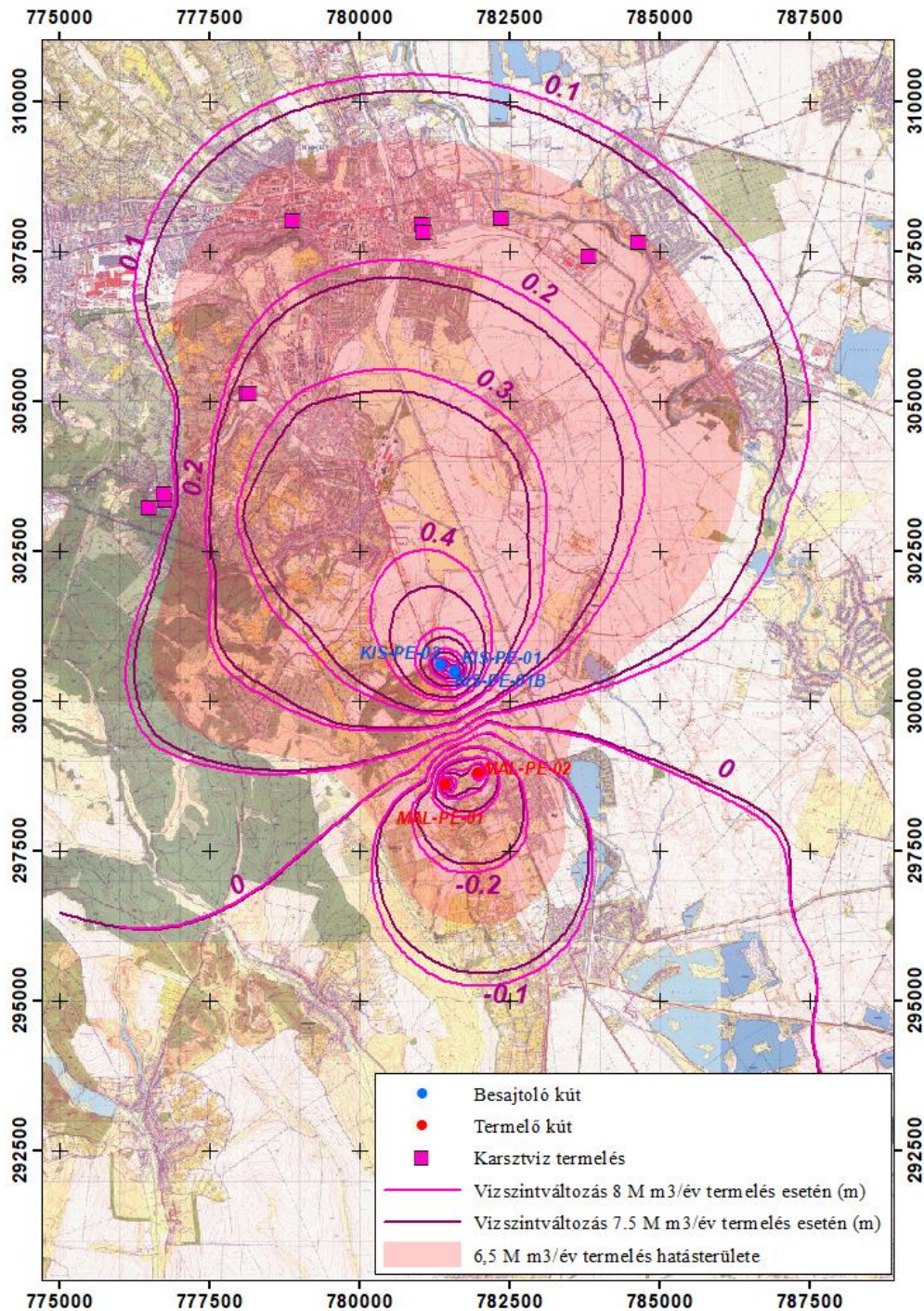
7. ábra: Számított vízszintváltozás 7,5 M m³/év víztermelés esetén



8. ábra: Hatásterület 8 M m³/év víztermelés esetén

4 ÖSSZEFOGLALÁS

A bővített kapacitású tevékenység hatásterülete a 0,1 m-nél nagyobb vízszintváltozással érintett terület. Kiterjedése É-D irányban a 7,5 M m³/év esetén 14,8 km, míg a 8 M m³/év kapacitású üzemelés esetén 15,4 km. K-NY-i irányban a hatásterület legnagyobb kiterjedése 10,2 illetve 10,6 km. A 9. ábra az összefoglaló áttekintést ad az engedélyezett termelés valamint a tervezett új termelés hatásterületeiről valamint a térség engedélyezett karsztvíz hasznosítási helyeiről.



9. ábra: Hatásterületek összefoglaló ábrája

Az ábra alapján megállapítható, hogy a rezervoárra telepített más termelőkutak továbbra is a hatásterület peremi részén helyezkednek el. A számított hatás a legtöbb kút esetében 15-20 cm közötti, egyedül az Egyetem termál kútja esetében várható összesen 22-23 cm körüli hatás. Figyelembe véve hogy a már engedélyezett termelés számított hatása a meglévő termelésekre 12-15 cm, az egyetemi kútra 20 cm, a tervezett bővítés ehhez mindössze 2-3 cm-es többlethatást ad. Az engedélyeztetni kívánt termelés növelés hatására kialakuló néhány cm-es számított vízszintváltozás a termelőkutak üzemeltetésében valószínűleg nem okoz kimutatható hatást.

A tanulmányt készítette:

Davideszné Dömötör Katalin

okl. hidrogeológus, vezető tervező

(MK azonosító: 13-6818)

Budapest, 2019. január


Davideszné Dömötör Katalin
tervező


Révi Géza
ügyvezető