
VERESEGYHÁZ

VERESI PARADICSOM KFT.

ELŐZETES HATÁSVIZSGÁLAT TERMELŐ ÉS VISSZASAJTOLÓ HÉVÍZ KUTAKHOZ

Budapest, 2024. szeptember.

TARTALOMJEGYZÉK.

1. Előzmények
2. A létesítés során jelentkező környezeti hatások
3. Az üzemeltetés során jelentkező környezeti hatások
4. A klíma viszonyokra gyakorolt hatás
5. A felhagyás során jelentkező környezeti hatások
6. Havária
7. Összefoglalás
8. Összefoglalás a 314/2005 Korm. rend. 4 sz. melléklete szerint.
9. Mellékletek:
 - Szivárgási és hőtranszport modellezés
 - Szakértői jogosultságok igazolása.
 - Meghatalmazás
 - Eljárási díj befizetésének igazolása

1. ELŐZMÉNYEK.

A VERESI PARADICSOM Kft (Veresegyház Kisréti u. 2) .egy 7,5 ha-növényházat üzemeltet Veresegyház D-i külterületén. Fűtését geotermikus energiával kívánják megoldani, ezért, egy 1700 m-es termelő és egy 1700 m-es visszasajtoló kút létesül, karsztvíz tárolóra. Visszasajtolás, illetve termál karsztvíz bázisból 500 m³/napot meghaladó víztermelés esetén, a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet értelmében vizsgálni kell a beruházás környezeti hatásait. Az előzetes vizsgálat adatai alapján dönt az illetékes környezetvédelmi hatóság arról, hogy szükséges – e részletes vizsgálatot elemezni a beruházás környezeti hatásait. Ezért a jelen dokumentációban összeállításra került, egységes szerkezetben, a tárgyi hévíz termelés és visszasajtolás előzetes környezeti hatásvizsgálata.

Az éves termálvíz igény. 250 000.m³/év. A fűtési időszak átlagában 1250 m³/nap, éves átlagban 685 m³/nap. A kitermelés termál karszt víztestből történik.

Hő-ellátás geotermikus energiával:

A visszasajtolás esetén egy 1700 m-es kutatófúrás illetve ennek alapján egy termelő termálkút létesül. Az 1450 – 1650 m közötti triász mészkő rétegek szűrőzésével

A meglévő és a tervezett hévíz kutak helyét az **1 sz. ábra** szemlélteti.



1 sz. ábra. A meglévő és a tervezett kutak elhelyezkedése.

A növényház a város DNy-i határában található. Elhelyezkedését és a tervezett kutak helyét a **2 -3 és 4 sz. ábra** mutatja be.

A termelő kút a **068/14 hrsz.** területen létesül, EOY koordinátái:

X =256 072

Y = 665 495

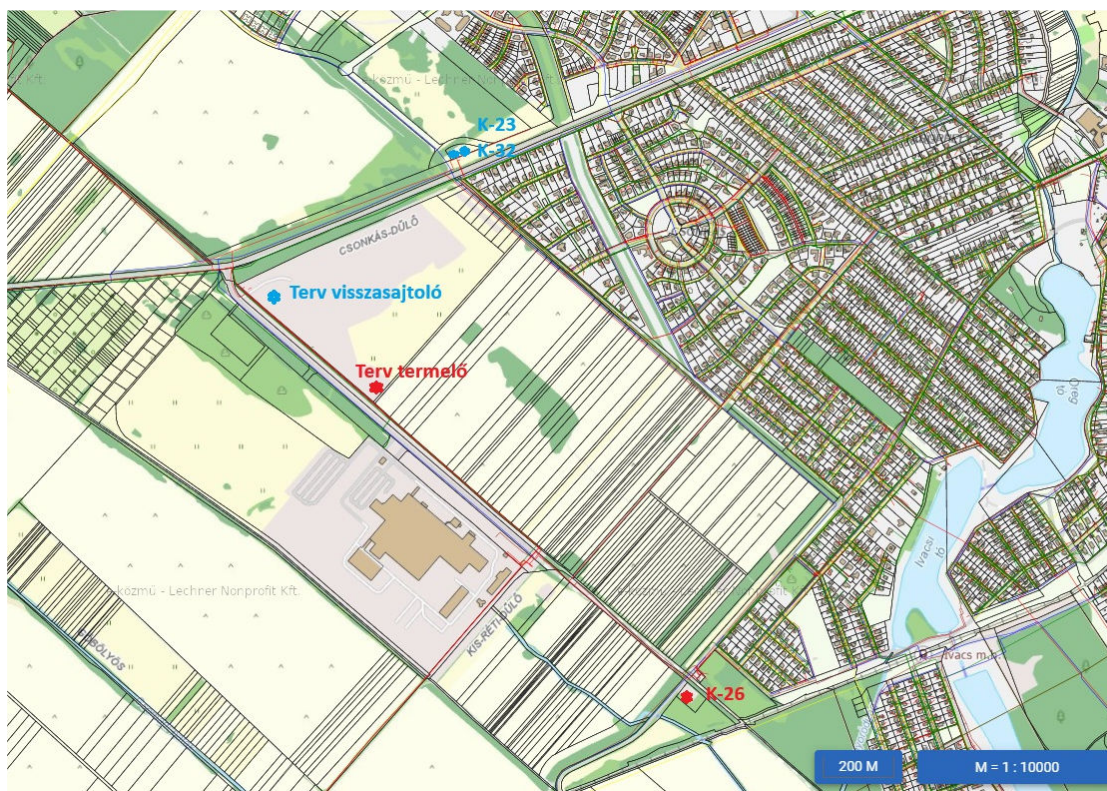
Z= 180 mBf

A visszasajtoló kút ugyancsak a hrsz.**068/14** ingatlanon került kijelölésre. EOY koordinátái:

X =256362

Y = 665166

Z = 181 mBf.



2 sz. ábra. Átnézetess helyszínrajz

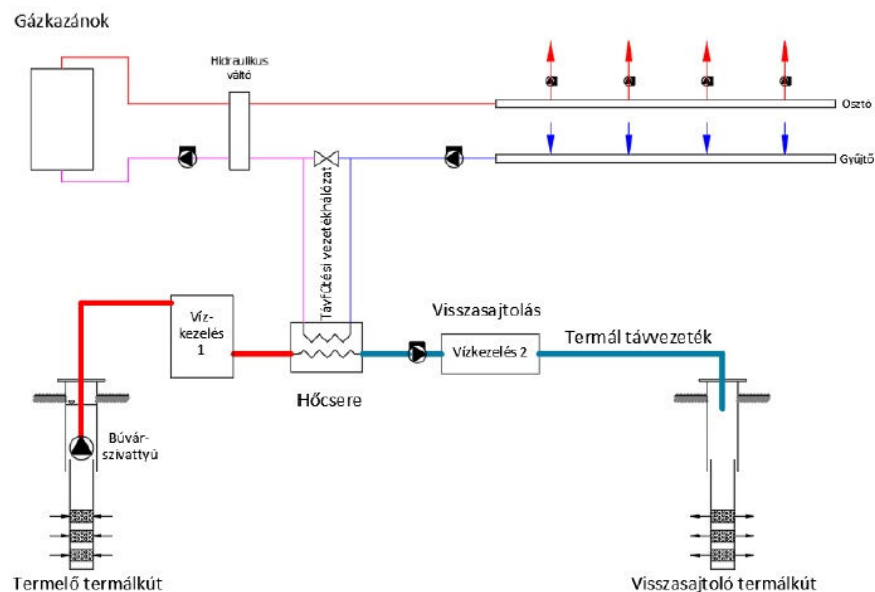


3 sz. ábra: Részletes helyszínrajz.



4 sz. ábra: Légi felvételi helyszínrajz

A geotermikus energiaellátáshoz egy termelő és egy visszasajtoló kút létesül 1700 – 1700 m mélység előirányzattal. A termelő kútba búvárszivattyút építenek, és a kitermelt 65 C° termálvizet 700 fm hőszigetelt csővezetéken a növényház meglévő hőközpontjába továbbítják. Itt, a hőcserélőkön leadja hőjét és 30 -35 C° hőmérséklettel 170 fm. csővezetéken a visszasajtoló gépházhoz érkezik. Itt a visszasajtoló szivattyúk durva majd finom szűrőkön keresztül visszajuttatják a visszasajtoló kútba. A hőellátó rendszer elvi kapcsolási rajzát az **5 sz. ábra** mutatja be.



A geotermikus energia hasznosításának elvi kapcsolása a fűtési rendszerekhez

5 sz. ábra

A környezeti hatások előzetes becslését, a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet szerint, a tervezett tevékenység kivitelezési, üzemeltetési és felhagyási szakaszaiban vizsgáljuk.

2. A LÉTESÍTÉS SORÁN JELENTKEZŐ KÖRNYEZETI HATÁSOK

2.1 A talajra gyakorolt környezeti hatás

A hévíz kutak kivett művelési ágú területen létesülnek. .

A kút kivitelezését végző fúróberendezés munkaterülete 40 x 50 m.

Ezen belül helyezkedik el a fúróberendezés, és a kiszolgáló létesítmények – iszaptartály, iszapszivattyú, csórámpa, konténerek. A berendezés alapja 3 m x 6 m, egy 2x2 x2 m toronypincével. Ezen a területen a humuszt el kell távolítani, külön depóniába helyezni. Az alap lebetonozásra kerül. A későbbiekben erre helyezhető a kútház. A kút körül 10 m sugarú körben, azaz egy 20 x 20 m-es területen a kút belső védőterülete kerül kialakításra, bekerítésre. A rendezett fellazított terepet füvesítik

A deponált humusz a munka befejezése után a talaj közép mély tárcsázását, lazítását követően a munkaterületen elterítendő. A beton alapon kívüli területen a humusz szerkezete nem sérül, lazítás után az eredeti állapotnak megfelelően helyre állítható.

A kitermelt 65 C° termál víz egy ideiglenes 50 x 80 m alapterületű, 1,5 m mélységű hűtő tóba vezetendő. Az ideiglenes hűtő területén a humusz kb. 50 cm vastagságban ugyancsak eltávolítandó, és külön depóniába helyezendő. A 50 x 80 m-es területen 20 -30 cm föld termelendő ki és körben egy 1 m széles 80 cm magas gát alakítandó ki. Az így kialakított gödör fóliával bélelendő.

A kút elkészülte és a víz elpárolgása után a fólia eltávolítandó, a kitermelt föld visszatöltendő, majd a depóniából a humusz visszahelyezendő, elterítendő. Fentiek alapján a talaj megfelelő védelme biztosítható, az maradandó kárt nem szenved, a terület eredeti állapota visszaáll.

A vezetékek építése során, a munkaárokából, hévíz-kutakból kitermelt meddő anyagot mezőgazdasági területen elhelyezni nem szabad, az kommunális hulladéklerakóba kerül.

A tervezett tevékenység a talaj szerkezetében maradandó változást nem okoz.

Talajra gyakorolt környezeti hatásterület lehatárolása:

Külön hatásterület lehatárolása nem szükséges.

2.2 A felszíni – felszín alatti vizekre gyakorolt hatás

A kutatófúrás 1700 m-ig mélyül. Vízkészlet gazdálkodási okokból nem engedélyezett az élő vízbe történő elvezetés, ezért egy visszasajtoló kút is szükséges.

A termelő hévíz kút vizét D 200 hőszigetelt PP csövön a hő központba vezetjük Nyomvonalát a **4 sz ábra** szemlélteti. Hossza: 700 m

A lehűlt termálvíz a hő-központból a visszasajtoló kútig kiépítendő D-200 –as KPE vezetékének nyomvonalát ugyancsak a **4 sz. rajz** mutatja be. A vezeték hossza 170 m. Az érintett ingatlan: Hrsz 068/14

Már a létesítés fázisában jelentős beavatkozás történik a felszín alatti vízrendszerbe. A mélyfúrású kút létesítése során 1700 m-ig harántolják a földtani képződményeket, majd a kútkiképzés során kb. 1500 - 2000 l/perc volumenű víztermelések történnek. Ez a beavatkozás időszakos, egyszeri. Tapasztalatunk szerint a becsült 5-5 napos próbatermeltetés mintegy 100-120 m-es hatástávolságokat eredményez. Mivel az üzemszerű működés teljesen hasonló, de hatásában lényegesen nagyobb változásokat idéz elő a felszín alatti vizek környezeti állapotában, ezért a létesítési szakasz további (vízszintekre és vízhőmérsékletekre gyakorolt) részletes vizsgálatától eltekintünk.

Vizekre gyakorolt környezeti hatásterület lehatárolása a kivitelezés fázisában::

Felszíni vizekre vonatkozó hatásterület kijelölése nem szükséges.

Felszín alatti vizekre vonatkozó, kivitelezés alatti hatásterület kijelölése nem szükséges.

2.3 A levegőre gyakorolt hatás

A geotermikus energia felhasználás elmaradása esetén a tervezett létesítményeket földgázzal fűtenék. Ennek következtében jelentős mennyiségű szennyező anyag CO, NO₂, SO₄, CO₂ kerülne a levegőbe. Geotermikus energia hasznosítás esetén ez elmarad.

A kút kivitelezése során alkalmazott fúróberendezés és szállító járművek belsőégésű motorjai diesel üzeműek. A kivitelezés alatt így égéstermék kerül a levegőbe.

Működési idő	Típus	Üzemanyag Norma (l/h)	Üzemanyag fogyasztás
Fúróberendezés: 2 x 30 nap	T-5/B VOLVO	25,5	36000 l
Kompresszor: 2 x 5 nap	PICD -12	17,5	4200 l
Szállító járművek: 4 x 20 óra	Tátra – 815	20,0	800 l
Összesen:			41 000 l

Mivel a lég- szennyezettségi határértékekről, a levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 4/2011. (I. 14.) VM rendelet 7. melléklete 2.8.1. „Helyhez kötött benzin- és dízelüzemű belső égésű motorok

c. pontjában megállapított **kibocsátási határértékek az 50 kg/h fölötti üzemanyag fogyasztású berendezésekre vonatkoznak**, ezért a munkagépek kibocsátási határértékeit a nem közúti mozgó gépekbe építendő belső égésű motorok gáznemű és részecskékből álló szennyezőanyag-kibocsátásának korlátozásáról szóló 75/2005. (IX. 29.) GKM–KvVM együttes rendelet előírásai szerint vettük figyelembe.

A felhasznált gázolaj energia tartalma 45-46 MJ/kg, sűrűsége 0.820-0.845 kg/liter.

A munkagépek hő teljesítménye így:

- **T-50/B VOLVO fűróberendezés**
 - üzemanyag fogyasztás: $25,5 \text{ l/h} * 0.845 \text{ kg/l} = 21,5 \text{ kg/h}$
 - teljesítmény: $21,5 \text{ kg/h} * 46 \text{ MJ/kg} = 989 \text{ MJ/h} = 275 \text{ kW}$
- **PICD -10 kompresszor**
 - üzemanyag fogyasztás: $17,5 \text{ l/h} * 0.845 \text{ kg/l} = 14,8 \text{ kg/h}$
 - teljesítmény: $14,8 \text{ kg/h} * 46 \text{ MJ/kg} = 680 \text{ MJ/h} = 189 \text{ kW}$
- **PICD -12 kompresszor**
 - üzemanyag fogyasztás: $20,0 \text{ l/h} * 0.845 \text{ kg/l} = 16,9 \text{ kg/h}$
 - teljesítmény: $16,9 \text{ kg/h} * 46 \text{ MJ/kg} = 777 \text{ MJ/h} = 216 \text{ kW}$

E szerint a II. szabályozási lépcsőben D, E, F, G kategóriájú motorok esetében a kibocsátások nem haladhatják meg az alábbi értékeket.

Leadott teljesítmény (P) (kW)	Szén-monoxid (CO) (g/kWh)	Nitrogén-oxidok (NOx) (g/kWh)	Részecskék (PM10) (g/kWh)	Szénhidrogének (HC) (g/kWh)
E: $130 > P < 560$	3,5	6,0	0,2	1,0

A kibocsátott szennyező anyagok a kivitelezés ideje alatt:

fajlagos kibocsátás (g/kWh) * teljesítmény (kW) / 1000 = kibocsátás (kg/h)

Gépek	Szén-monoxid (CO) (kg/h)	Nitrogén-oxidok (NOx) (kg/h)	Részecskék (PM10) (kg/h)	Szénhidrogének (HC) (kg/h)
T-5/B VOLVO	0.482	0.825	0.028	0.138
PICD -12	0.331	0.567	0.019	0.095
Tátra – 815	0.378	0.648	0.022	0.108

A kivitelezés során az alkalmazott berendezések működése következtében, a kút építésekor a levegőbe juttatott összes szennyező anyag:

Összes kibocsátás (kg) = kibocsátás (kg/h) * üzemóra (h)

Gépek	Szén-monoxid (CO) (kg)	Nitrogén-oxidok (NOx) (kg)	Részecskék (PM10) (kg)	Szénhidrogének (HC) (kg)
T-5/B VOLVO	693	1188	39.5	198
PICD -12	79.5	136	4.55	22.5
Tátra – 815	15	26	0.85	4.3
ÖSSZESEN	787,5	1350	45	225

Az MSZ 21459/1-1981 magyar szabvány 4.3.1. pontja szerint folytonos pontforrás környezetében a maximális felszín közeli koncentráció a légköri stabilitás mértékétől függően a szennyező forrástól azon x_{max} szél menti távolságban alakul ki, ahol a σ_z függőleges turbulens szóródási együttható értéke, $\sigma_z = 0,707 \cdot H$ (H az ún. effektív kibocsátási magasság). Ebben a távolságban az 1 óra átlagolási időtartamra vonatkozó maximális koncentrációt ($C_{max,1}$) az alábbi kifejezés adja.

gáz halmazállapotú szennyezőkre:

$$C_{max,1} = \frac{E \cdot 10^3}{\pi \cdot e \cdot u \cdot \sigma_y \sigma_z} [\mu g / m^3],$$

üledő szilárd szennyezőkre (porra):

$$C_{max,1} = \frac{E \cdot (1 + g) \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot e \cdot u \cdot \sigma_y \sigma_z} [\mu g / m^3], \text{ ahol}$$

E a forrás szennyező anyag kibocsátása, mg/s;

$e=2,718$, a természetes logaritmus alapja;

u a jellemző szélesebbesség rövid időtartam alatti középértéke (MSZ 21457-3:1980);

σ_y, σ_z a vízszintes és függőleges turbulens szóródási együttható (MSZ 21457/1-1980),

g az ún. tükrözési tényező, értéke a szilárd anyag részecskék ülepedési sebessége függvényében 0,1 – 1,0 közötti, gépjárművek esetén.

Az MSZ 21457-4:1980 alapján σ_y és σ_z az alábbi képletek segítségével számíthatók ki:

$$\sigma_y = 0,08 \left(6 \cdot p^{-0,3} + 1 - \ln \frac{H}{z_0} \right) \cdot x^{0,367(2,5-p)} \quad [\text{m}], \text{ és}$$

$$\sigma_z = 0,38 \cdot p^{1,3} \left(8,7 - \ln \frac{H}{z_0} \right) \cdot x^{1,55 \cdot \exp(-2,35 \cdot p)} \quad [\text{m}],$$

ahol σ_y a vízszintes irányú kezdeti szóródási együttható, m

σ_z a függőleges irányú kezdeti szóródási együttható, m

p a légköri stabilitástól függő szélprofil egyenlet kitevője, s a Szepesi-féle S stabilitási indikátor függvényében az alábbi táblázatból meghatározható (MSZ 21457-4:1980 2.3.1. pontja).

Stabilitási kategória	7 Labilis	6 Normális	5 Pozitív izoterm	4 Negatív izoterm	3 Gyenge inverzió	2 Inverzió	1 Erős inverzió
p	0,170	0,282	0,343	0,384	0,427	0,446	0,464

H a kibocsátás effektív magassága, értéke $H = 2 \text{ m}$;

z_0 az érdességi paraméter, a talajfelszín jellegétől függ, m . Értéke az MSZ 21457-4:1980 2.3.2. pontja alapján városi területre $z_0 = 2 \text{ m}$

E a gáz alakú szennyező anyag kibocsátás mg/s -ban.

A levegő védelméről szóló 306/2010. (XII. 23.) Kormányrendelet 2. §. 14. a)-b) pontjai az alábbiak szerint határozza meg a légszennyező tevékenység közvetlen hatásterületét:

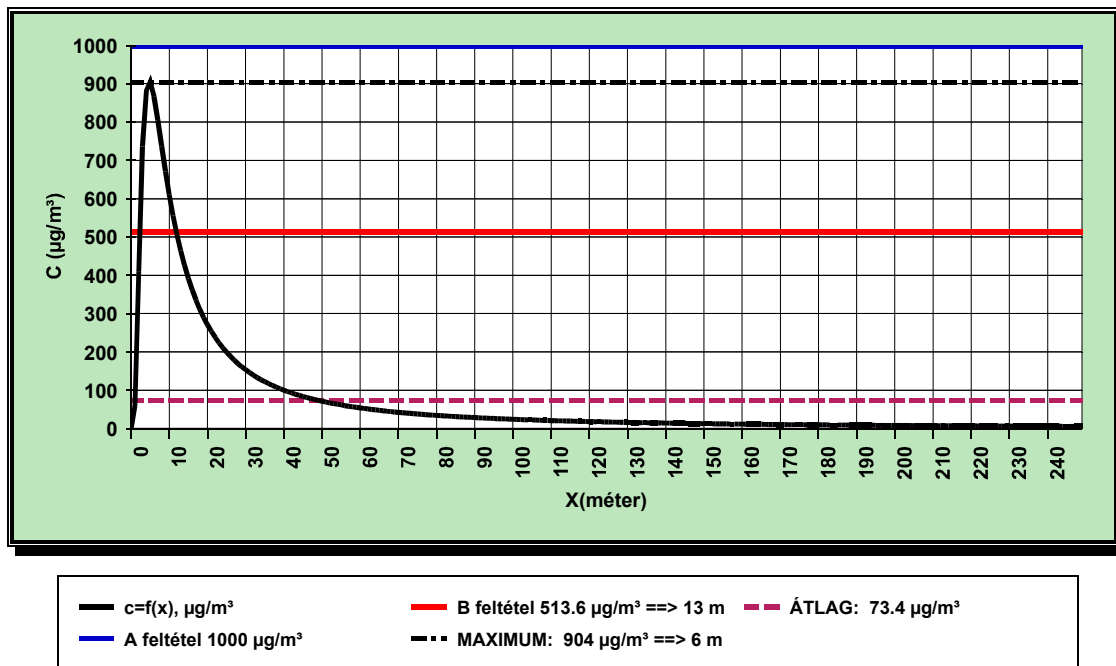
„a vizsgált pontforrás körül lehatárolható azon legnagyobb terület, ahol a pontforrás által maximális kapacitáskihasználás mellett kibocsátott légszennyező anyag terjedése következtében a vonatkoztatási időtartamra számított, a légszennyező pontforrás környezetében fellépő leggyakoribb meteorológiai viszonyok mellett, a füstfáklya tengelye alatt várható talaj közeli levegőterheltség-változás

a) az egyórás (PM_{10} esetben 24 órás) lég - szennyezettségi határérték 10%-ánál nagyobb, vagy b) a terhelhetőség 20%-ánál nagyobb.

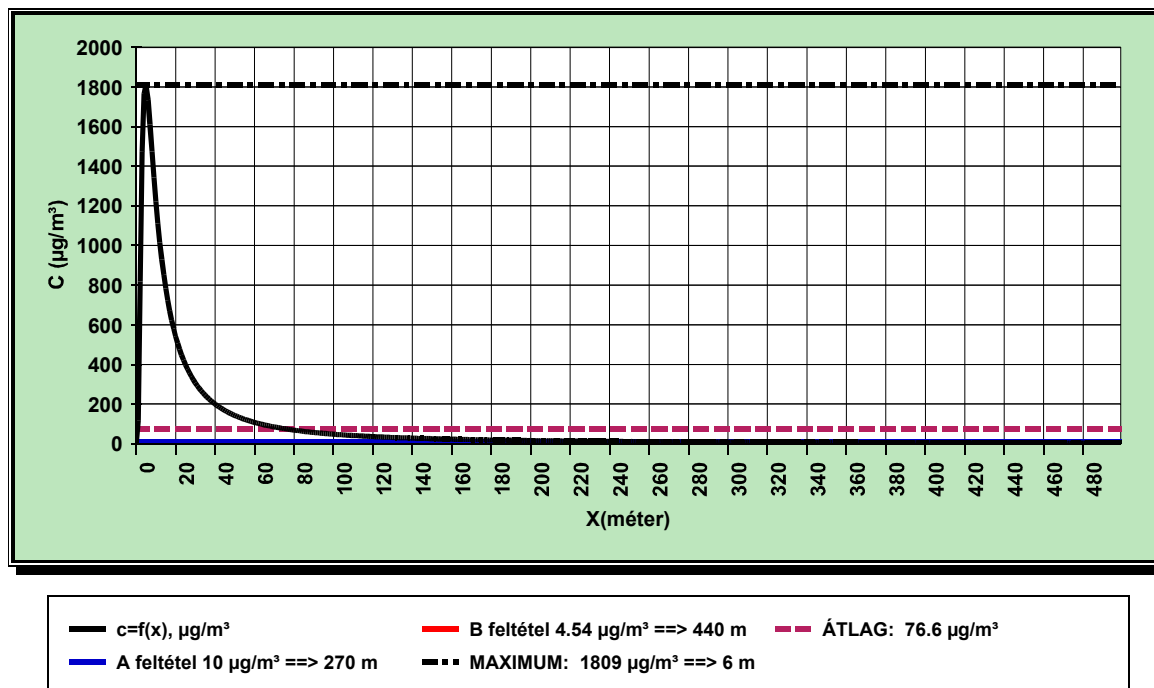
Az Országos Légszennyezés Mérő hálózat adatai szerint (<http://kvvm.hu/olm>), az alábbi átlagos évi légszennyezettséget vettük figyelembe:

ÁTLAG	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	481	24,9	39,3

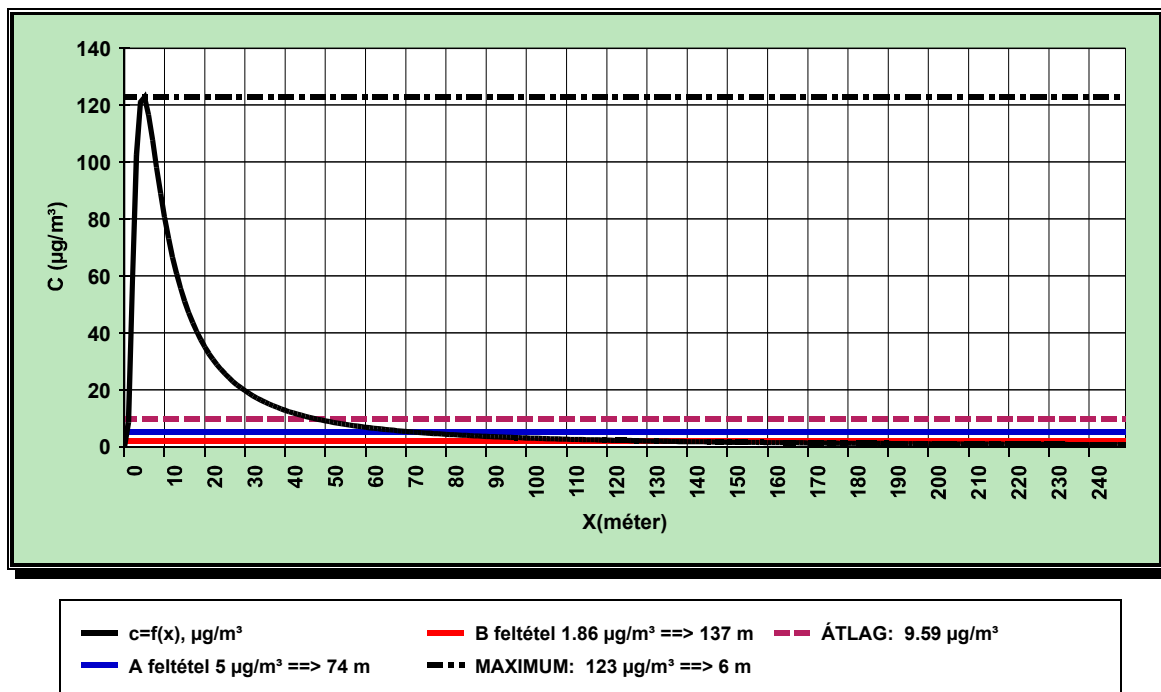
Pontforrás közvetlen hatástávolsága a 306/2011.(XII.23.) Korm rendelet alapján.
A vizsgált anyag: Szén-monoxid, CO



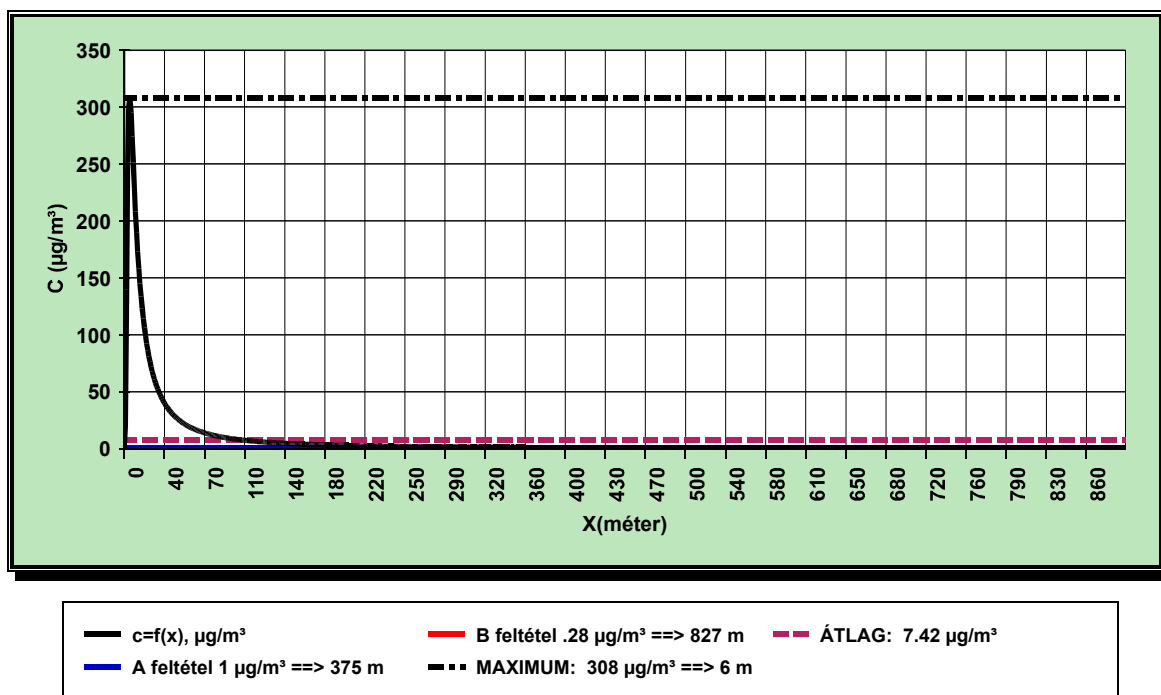
Pontforrás közvetlen hatástávolsága a 306/2011.(XII.23.) Korm rendelet alapján.
A vizsgált anyag: Nitrogén-dioxid, NO₂



Pontforrás közvetlen hatástávolsága a 306/2011.(XII.23.) Korm rendelet alapján.
A vizsgált anyag: PM10 szálló por



Pontforrás közvetlen hatástávolsága a 306/2011.(XII.23.) Korm rendelet alapján.
A vizsgált anyag: TNMHC



A fenti definíció szerint meghatározott értékek közül a legnagyobbat fogadhatjuk el a hatásterületként, így **a telepítés levegőkörnyezeti hatásterülete 827 méter (TNMHC).**

Ez azonban csak tájékoztató jellegű, mivel ez utóbbi esetben a benzol határértékeit vettük figyelembe.

A hozzáadott rövid idejű szennyezettség, mint látható, nem jelentős és 30 napon belül megszűnik.

A vizsgált 2x2 km területen a telepítés során várható átlagos immisszió növekedés:

CO	NO ₂	PM10	TNMHC
µg/m ³			
3,4	5,81	0,19	0,969

A várható eredő immisszió a telepítés idején:

Immisszió	NO ₂	CO	PM10
Előtte (µg/m ³)	24,9	481	39,3
Járulékos immisszió (µg/m ³)	5.81	3.4	0.19
Növekedés (%)	23,3%	0,70%	0.48%
Eredő immisszió a telepítés során (µg/m ³)	30,71	484,4	39,49

** a benzol szennyezettséghez viszonyítás csak tájékoztató jellegű.*

Tehát a munkagépek által okozott várható immisszió növekedés nem éri el a határértékeket. Ez a szennyezettség növekedés is, a telepítés befejezésével megszűnik, időtartama maximum 2x30 nap.

Levegővédelmi hatásterületét kijelölése nem szükséges.

2.4 A zajterhelés környezetre gyakorolt hatása

A zajvédelmi munkarészben a tervezési területet jelenlegi és a megvalósulás után várható zajviszonyait értékeljük, illetve hasonlítjuk össze. Ez kell, tartalmazza –indokolt esetben- a határértékek teljesítéséhez szükséges intézkedéseket is.

Várhatóan egy termelő, és egy visszasajtoló kút fűrására kerül sor. Az érintett helyszín Veresegyház külterülete. A város Településrendezési Terve szerint a tervezett kutaknál kivett üzemi terület található. A zajvédelmi vizsgálatok során a 284/2007.(X.29.) Korm. rendelet 2. sz. melléklete szerinti követelmények teljesítése szükséges. Ehhez zajvizsgálati mérés történt egy a jelenlegi kutatófűrés kivitelezésére is alkalmas fűróberendezésnél.

A zajkibocsátási vizsgálatok eredménye:

A mérési eredményeket a zajforrások egyenkénti üzemeltetése esetén részletesen az alábbi táblázat tartalmazza 20- 200 m közötti távolságra számítva a mérési adatokat az egyenértékű hangnyomásszintek (L_{Aeq}) birtokában:

Gép, berendezés megnevezése	Mérési pont száma	Mérési pont távolsága	Mért L_{Aeq} (dB)	L_{Aeq} 20 m- re	L_{Aeq} 40 m- re	L_{Aeq} 80 m- re	L_{Aeq} 100 m-re	L_{Aeq} 200 m-re
Fúrótorony	1	8	73,0	65,0	59,0	53,0	51,1	45,0
Fúrótorony	2	13	71,8	68,1	62,0	56,0	54,1	48,1
Fúrótorony	3	13,6	72,1	68,8	62,7	56,7	54,8	48,8
Fúrótorony	4	15,4	65,3	63,0	57,0	51,0	49,1	43,0
Iszapszivattyú	5	6	81,2	70,7	64,7	58,7	56,8	50,7
Iszapszivattyú	6	6	81,7	71,2	65,2	59,2	57,3	51,2
Iszapszivattyú	7	6	80,8	70,3	64,3	58,3	56,4	50,3
Iszapszivattyú	8	6	81,6	71,1	65,1	59,1	57,2	51,1
Kompresszor	9	5	75,0	63,0	56,9	50,9	49,0	43,0
Kompresszor	10	5	68,0	56,0	49,9	43,9	42,0	36,0
Kompresszor	11	5	74,8	62,8	56,7	50,7	48,8	42,8
Kompresszor	12	5	67,8	55,8	49,7	43,7	41,8	35,8

A jelen vizsgálat célja zaj- és rezgésvédelmi szempontból, a fúróberendezés üzemelésével együtt járó zajhatás elemzése, vizsgálata, a kialakuló állapot előrebecslése.

A számítások során alkalmazott előírások, szabványok, segédanyagok:

-284/2007. (X.29.) Korm. rendelete a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól.

-93/2007. (XII.18.) KvVM rendelet a zajkibocsátási határérték megállapításának, valamint a zaj és rezgés-kibocsátás ellenőrzésének módjáról.

-27/2008.(XII.3.) KvVM-EüM együttes rendelet a zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról.

- MSZ 18150-1: 1998 A környezeti zaj vizsgálata és értékelése.

- MSZ 18150-1: 1998 sz. szabvány „A környezeti zaj vizsgálata és értékelése”.

- MSZ 15036: 2002 sz. szabvány „Hangterjedés a szabadban”.

-MSZ ISO 9613-1:2005. Akusztika. A hang csillapítása szabadtéri terjedés esetén.

1 rész: A légköri hangelnyelés számítása.

Határértékek:

Az üzemi létesítményekre vonatkozóan a 27/2008.(XII.3) KvVM-EüM rendelet előírásai vonatkoznak, amennyiben a környezetben zajvédelmi szempontból védendő létesítmény

található. E rendelet 1. melléklete 2. pontja szerint a lakóterületi ingatlanok esetén az üzemi eredetű zajterhelési határérték:

nappal: 50dB

éjjel: 40 dB

Gazdasági területen: nappal: 60 dB

éjjel: 50 dB

Építési kivitelezési tevékenységekre vonatkozóan, ha az építés időtartama 1 hónap vagy kevesebb, a 2. sz. melléklet 2. illetve 4-es pontja szerinti lakóterületi környezetben:

nappal: 65 dB*

éjjel: 50 dB*

*(*A nappali időszak 6-22-óra közötti, a minősítés alapja a legkedvezőtlenebb összefüggő 8 óra. Az éjszakai a 22-6 óra közötti, a minősítés alapja a legkedvezőtlenebb 0,5 óra.)*

Tervezett létesítmény elhelyezkedése, építmények és zajforrások

A kutak üzembe helyezése utáni technológiai berendezéseinek részletes leírását az engedélyezési terv tartalmazza, ebben a munkarészben nem szükséges részletezni. Mindkét kútfej hangszigeteléssel –ami egyben hőszigetelést is biztosít-, ellátott kútházba kerül.

A termelő kutak zajforrása a bűvárszivattyú és a szivattyúházban 7,5 kW-os motorral szerelt nyomásfokozó szivattyú. Mérések szerint a kútházban és a szivattyúházban a hangnyomásszint nem éri el a 45 dB-t.

A létesítés (kútfúrás) zajkibocsátása

A technológiai eredetű zajkibocsátásra vonatkozóan a 12-KZ/2009. munkaszámú zajvizsgálati jegyzőkönyvben mért adatokat használjuk fel.

A hivatkozott jegyzőkönyv szerint a mérési és számítási adatokból megállapítható, a fúróberendezés zajkibocsátása a fúrás helyszínétől **nappal 29 m-re éjszaka 140 m-re** teljesíti a hivatkozott jogszabály szerint lakóterületre engedélyezett határértéket abban az esetben, ha az egyes kutak megfúrása egy hónap alatt elvégezhető.

A szakvélemény szerint a fúrás befejező műveleteként beüzemeltetésre kerülő kompresszor zajkibocsátása kisebb, de a zaj keskenysávú komponense miatt a védőtávolság éjszaka 140 m.

A 284/2007.(X.29.) korm. rendelet 6.§. b.) szerinti hatásterületének (nappal 55 dB, éjjel 40 dB) sugara – ha a fúróberendezést és az iszapszivattyút egyetlen pontforrásként kezeljük

nappal: 120 m* éjjel: 360 m*

*(*A hatásterület kiszámításánál figyelembe vettük a hivatkozott mérési jegyzőkönyvben is alkalmazott földhatás, növényzet és levegő csillapításaként*

alkalmazható korrekciós tényezőt, de nem vettük figyelembe az épületek, falak (gát) árnyékoló hatását és a lehetséges reflexiókat)

A védendő lakóingatlanokra számított zajterhelés.

A hatásterületeket ábrázoló helyszínrajzra a vonatkozó rendelet szerinti, a háttérzaj szintjének figyelembe vételével a **6.§. b.) szerinti hatásterületet, 360 m sugarú körben feltüntettük.**

Közlekedési eredetű zaj vizsgálata

Anyagmozgatás és szállítás

A fűrőberendezés és kiszolgáló létesítményei (anyagkonténerek, mobil iroda, kompresszor, iszapszivattyú stb.) letelepítéséhez, az iszaptároló kialakításához különböző gépek járművek szükségesek. Ezek két alkalommal mozognak, a letelepítéskor és elszállítás során. A feladat elvégzését követően a helyszínt elhagyják. A szükséges gépeket az alábbi táblázatba foglaltuk össze:

A kivitelezés során alkalmazandó munkagépek

Gép megnevezése	Típus	Teljesítmény(kW)	db	Napi üzemóra
Árokásó rakodó	Caterpillar	73	1	3-4
Autódaru	változó	változó	1	Időszakos
Nehézteher gépjármű	változó	70	2	Időszakos
Teleszkópos rakodó	Caterpillar	90	1	3-4

A fűrési helyszínek kiszolgálását az alábbi „mozgó zajforrások” biztosítják:

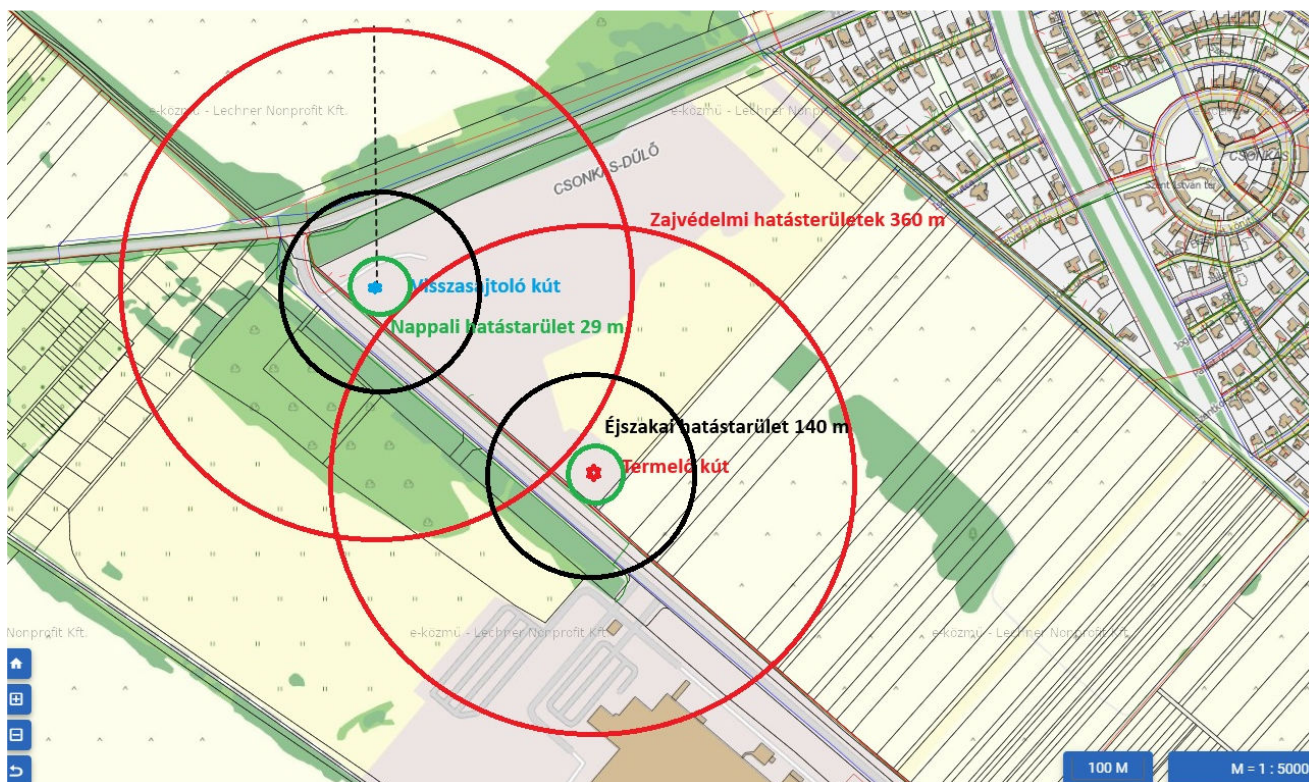
Dolgozók, felügyeletet ellátók személygépjárművei: napi 5-6 db. személygépjármű.

Anyag, alkatrész, üzemanyag szállítás napi 1 db. max. 3,5 t-ás kisteher-gépjármű.

A termelő és visszasajtoló kutakhoz csővezetékek fognak vezetni, a talajszint alatt kialakított árokban. Ezeknek a kiásását vagy egy árokásó célgép, vagy az árokásó rakodó fogja végezni. Az árokásás mozgó zajforrásként kezelendő, ami néhány óra alatt végez az egyes helyszíneken. Zajhatását a behatás rövid időtartama miatt nem szükséges meghatározni,

Fentiek alapján a kutak körül a 360 m-es zajvédelmi hatásterületen belül egy 140 m-es éjszakai és 29 m-es nappali hatásterület jelölendő ki.

A tervezett kutak 400 m-es körzetében lakóépület nincs, így éjszakai munkavégzés történhet. A hatásterületeket a **6 sz. ábra** mutatja be.



6 sz. ábra: Zajvédelmi hatásterületek.

2.5 Hulladékok káros hatása elleni védelem

A kivitelezés során kisebb mennyiségű, kommunális hulladék keletkezik, melyet a munkát végző 16 fő dolgozó zárt konténerben gyűjt és a legközelebbi hulladéklerakóba elszállít.

Veszélyes hulladék csak havária esetén keletkezik - olaj, vagy gázolaj - ezek védelmére kármentő szolgál. A fúróiszap veszélyes anyagot nem tartalmaz, veszélyes hulladék nem keletkezik. Az iszap a következő fúrási munkahelyen újra hasznosítható, így továbbszállításra kerül. A kisebb mennyiségű cementes iszap újrahasznosításra az ezzel foglalkozó cégek egyike által ugyancsak elszállításra kerül. Mennyisége max. $2 \times 50 \text{ m}^3$

A kivitelezés során keletkező hulladékok becsült mennyisége:

- fúróiszap 100 m^3	HAK kódja	010504
- cementes zsák 10 kg	HAK kódja	150101
- törlő rongy 5 kg	HAK kódja	150202
- kommunális hulladék 50 kg	HAK kódja	200301

2.6 A tájban és az ökológiai viszonyokban várható változás

A tervezett létesítmények mesterséges, épített környezetben helyezkednek el, kialakításuk (kutak, vezetékek) nagyrészt a terepszint alatti.

A kivitelezés a terület arculatát érdemben nem befolyásolja.

3. AZ ÜZEMELTETÉS SORÁN JELENTKEZŐ KÖRNYEZETI HATÁSOK

3.1 A talajra gyakorolt hatás

A hévízellátó rendszer üzemeltetése során a talajra gyakorolt hatásról nem beszélhetünk. Havária esetén előfordulhat, hogy csőtörés miatt termálvíz kerül a talajba.

A tervezett felügyeleti rendszer azonban ezt azonnal érzékeli, és az üzemet letiltja.

Külön hatásterület lehatárolása nem szükséges.

3.2 A felszíni, felszín alatti vizekre gyakorolt hatás

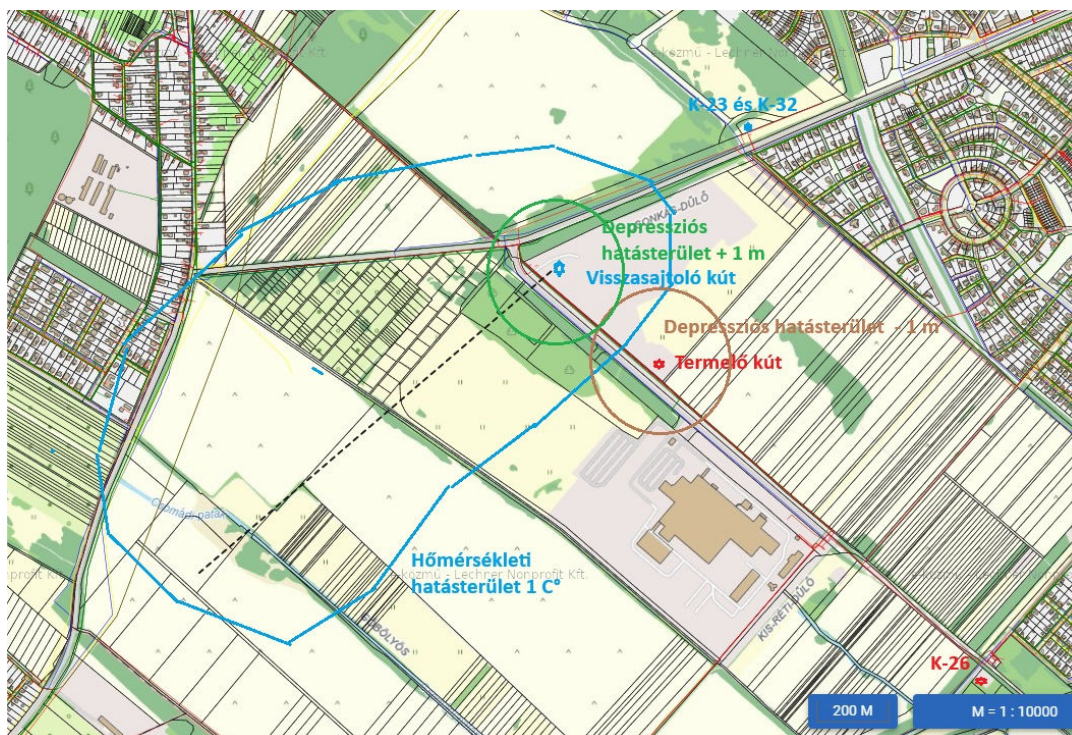
Az üzemeltetés során, visszasajtolás esetén, a felszíni vizekkel semmilyen kapcsolat nem létesül. A kitermelt termálvíz maradéktalanul visszasajtolásra kerül.

A felszín alatti víztartókra szennyező hatásról nem beszélhetünk, mivel a kitermelt víz teljesen zárt rendszerben, minőségi változás nélkül, ugyanabba a hévízadóba visszasajtolásra kerül. Két hatás részletes vizsgálata szükséges:

- Vízkivétel és visszasajtolás nyomásszintekre (környező kutakra) gyakorolt hatásának vizsgálata.
- Visszasajtoló, lehűlt termálvíz hűtő hatásának vizsgálata.

A mellékelt szivárgási és hőtranszport vizsgálati anyagból kitűnik, hogy a tervezett kutaknak sem depressziós sem termikus hatása a meglévő kutakra nincs.

A termelő kút 105 m-es körzetében csökken a vízszint 1 m-t a visszasajtoló kútnál pedig 120 m távolságban emelkedik 1 métert. Az 1 C°-os lehűlési front DNY-i irányban 1300 m hosszban elnyúlik. **A depressziós és termikus hatásterületeket a 7 sz ábra szemlélteti.**



3.3. A levegőre, a zajra, a hulladékokra és az ökológiai viszonyokra az üzemeltetés során semmilyen hatás nem keletkezik

4. A KLIMAVISZONYOKRA GYAKOROLT HATÁS.

A hatásvizsgálatnak foglalkoznia kell a vonatkozó rendelet 4 sz. melléklet „h” pontjában rögzítettekkel, azaz a tervezett létesítmény éghajlati tényezőkre gyakorolt hatásának vizsgálatával. Az egyetlen számszerűsíthető értékelést a tervezett termálkutak létesítésével kapcsolatosan a 7,5 MW hőigény földgázzal történő kielégítése esetén szükséges év 2600 000 m³ földgáz felhasználásából származó ÜHG kibocsátás megszűnése jelentheti. Ezzel az alábbi mennyiségű ÜHG kibocsátása szűnik meg:

$$\text{CO} = 0,80 \text{ t/év}$$

$$\text{NO}_2 = 14,3 \text{ t/év}$$

$$\text{SO}_4 = 0,59 \text{ t/év}$$

$$\text{CO}_2 = 2054 \text{ t/év}$$

A tervezett létesítmény éghajlati tényezőkre vonatkozó hatásai lényegében csak az üvegház hatású gázok kibocsátásának csökkentésében jelentkeznek.

Jelen esetben az üvegház hatású gázok közül a következők vizsgálatát kell elvégezni:

Üvegházhatású gáz megnevezése	Üvegházhatású gázok	GWP t CO ₂ egyenérték/t ÜHG
szén-dioxid	CO ₂	1
metán	CH ₄	23
dinitrogén-oxid	N ₂ O	314
kén-hexafluorid	SF ₆	22 200
nitrogén-trifluorid	NF ₃	17 200

A termálvíz felhasználás esetében szén-dioxid és dinitrogén-oxid csökkenés következik be. A kitermelt víz CO₂ tartalmának döntő része oldatban maradván kerül visszasajtolásra. A dokumentáció tárgyát képező üzem fűtése termálenergia hiányában, gáztüzelésű rendszerrel történne, amely gázfogyasztás kiváltása céljából hévízkút és visszasajtolás létesítése tervezett. A fűtéshez szükséges hőenergiát, a termálvízből kívánják biztosítani. A geotermális energia hasznosítása esetén a fenti anyagok légtérbe jutása elmarad és az energia igény nem okoz további légszennyezést.

A tervezett geotermikus energia hasznosítás esetében a következő vízádatokkal lehet kalkulálni:

kitermelt víz mennyisége	$Q = 250\,000 \text{ m}^3/\text{év}$
kitermelt víz hőfoka	$t_0 = 65^\circ\text{C}$
visszasajtott víz hőfoka	$t_1 = 30^\circ\text{C}$
a hasznosítás során elérhető	$\Delta t = 35^\circ\text{C}$

Ezeket az adatokat figyelembe véve a termálvíz felhasználásával $2\,600\,000 \text{ m}^3/\text{év}$ földgáz kerülhet kiváltásra.

A fentiek értelmében elmondható, hogy a jelenlegi gázfogyasztás geotermális energiával történő kiváltása az üvegházhatású gáz kibocsátás, így a levegőminőség-védelem szempontjából kedvező hatású.

Ezek a számítások a közvetlen kibocsátás hatására vonatkoznak. A közvetett hatások számszerűsítésére nem vállalkozhatunk, de jelezzük azokat.

Elmaradnak a következő gázkibocsátások:

- gáz kitermeléshez kapcsolódó kibocsátás,
- szállítással kapcsolatos kibocsátás,
- a gázvezeték építése során történő gáz kibocsátás

Egyéb éghajlati és klímátényezőkre gyakorolt hatásokat nem vizsgálunk, azok nem relevánsak, azonban a jogszabályi kööttségek (314/2005. korm rend. 4. mell. 1.h pont) miatt az alábbiakban törekszünk eleget tenni.

A klímaváltozásra gyakorolt hatás jelen termálkút üzemeltetése során igen korlátozottan értelmezhető

*h) * az éghajlatváltozással összefüggésben*

ha) a b) pontban számításba vett változatoknak az éghajlatváltozással szembeni érzékenységre vonatkozó elemzése (a továbbiakban: érzékenységelemzés),

A jelenleg üzemelő növényház évi $2\,600\,000 \text{ m}^3$ földgázt használ fel, amely felhasználás ÜHG kibocsátó, azaz hozzájárul az üvegházhatás fokozódásához.

A jelen tervezett geotermális energia hasznosítása esetén a fenti anyagok légtérbe jutása elmarad és a kapacitásbővítésből származó többlet energia igény sem okoz további légszennyezést.

Jelenleg nem ismert olyan megújuló energiahordozó, amely a jelenlegi földgáz felhasználást képes lenne kiváltani, kedvezőbb energiasűrűséggel, illetve ÜHG kibocsátással.

A fotovoltalikus energia képes lehetne rá, bár annak helyigénye is jelentős, azonban akkumulátor technológiai hiányában a fűtési időszakra lehetetlen az energiát betárolni, azaz a

(geo)termikus energiahordozó fűtési hőigényre való használatánál kedvezőbb ÜHG szempontú fűtési célú hő-előállítási alternatíva nincs.

hb) a telepítési hely és a feltételezhető hatásterület kitettségének értékelése,

A termálkút berendezései zárt kútgépházban kerülnek elhelyezésre, amely területe belvizektől, nagy vízi meder által nem érintett, így a szélsőséges csapadék nincs az üzemeltetésükre hatással. A hőhullámok az üzemet nem befolyásolják, mivel a fűtési időszak szeptember 15- április közepéig tart. A gépház, illetve a felszín fölötti, beépített anyagok UV állóak, így a sugárzás káros hatásai sem bizonytalanítják el a termálkút üzemét.

hc) az egyes éghajlati tényezőkre vonatkozóan a lehetséges hatások elemzése:

Az ÜHG kibocsátása csökken, amely hozzájárul a NÉS teljesüléséhez.

hd) a hc) pont szerint bemutatott lehetséges hatások vonatkozásában készített kockázatelemzés.

Mivel az ÜHG kibocsátás csökkenés álláspontunk alapján az egyetlen hatás, így annak numerikusan kedvező hatása lesz, hazánk kibocsátás mérséklésére. A 2054 t/év CO₂ kibocsátás csökkenés a KSH 2014-es kimutatása alapján 5,7 t/fő/év CO₂ kibocsátás alapján 360 fő kibocsátásának felel meg. Ez a csökkenés még Veregyháza település lakosságához mérten is nehezen értelmezhető, nemhogy a Glóbusz klímájára, Európa klímájára, Kárpát-medence klímájára, az Alföld klímájára vonatkozóan.

he) a tervezett tevékenységre vonatkozóan az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás bemutatása,

A beépítésre szánt anyagok UV állóak, így a sugárzás hatásai csökkenthetőek, valamint a termelést PLC felügyeleti rendszer kíséri figyelemmel, így csak annyi termelés és egyben energiafelhasználás- kibocsátás történik, amennyire ténylegesen szükség van, ezzel az enyhe téli napokon az esetleges túlfűtés/ energia veszteség minimalizálható.

hf) annak bemutatása, hogy a tervezett tevékenység hogyan hat a feltételezhető hatásterület éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási képességére;

Jelen beruházás, fosszilis tüzelőanyag megújulóra való cserélése maga az alkalmazkodás.

hg) az 1. számú mellékletbe tartozó tevékenységek esetén számszerűen be kell mutatni az egyes üvegházhatású gázok várható éves kibocsátását tonnában kifejezve;

A jelenleg üzemelő növényház évi 2 600 000 m³ gázt használ fel, amely felhasználás ÜHG kibocsátó, azaz hozzájárul az üvegházhatás fokozódásához.

Ez a mennyiség csökken, Számszerűsíthetősége igen nehézkes, hiszen a szivattyúk a közüzemi hálózatra kerülnek csatlakoztatásra, és a hálózatról vételezendő elektronok eredete (atom, nap, szén, hulladék, szél),- így megtermelésükhöz szükséges ÜHG kibocsátás számszerűsítése is nehézkes (barnaköszén: 0,35 kg CO₂/ kWh, földgáz: 0,24 kg CO₂/ kWh, fűtőolaj: 0,30 kg CO₂/ kWh)

A két beépítésre tervezett szivattyú névleges teljesítménye 5 kW/h, azaz 2800 óra üzemmel számolva 14.000 kW/ év. A Mátrai hőerőmű 1 kWh energiát 0,37 kg CO₂ kibocsátással termel meg, azaz a szivattyúk 5,1 t CO₂ kibocsátással képesek üzemelni.

Ezen számítások azonban, bár nagyságrendileg helyesek, jelentős bizonytalansággal terheltek, mivel az 1 kWh energia előállítása során a teljes életpályaciklust figyelembe kéne venni (pl. atomerőmű, naperőmű, szél erőmű „karbon semleges” az üzemelése során, azonban létesítése-felszámolása közel sem az)

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy a tervezett beruházás éghajlatváltozással összefüggésben, bár hatása csekély, de kifejezetten kedvező.

5. A FELHAGYÁS SORÁN JELENTKEZŐ KÖRNYEZETI HATÁSOK

A geotermikus fűtőrendszer felhagyásakor a felszíni berendezések tovább hasznosításra eladhatók. A hévíz-kutak figyelő kúttá kiképezhetők, vagy eltömedékelendők.

Káros környezeti hatással egyik sem jár.

6. HAVÁRIA

A létesítmény kivitelezése és üzemeltetése során környezeti szempontból haváriát a csőtörés, vagy a kivitelezés során valamelyik gépegység üzemanyagának kiömlése okozhat. Előbbi a vízelvezetés előzetes kialakításával, illetve a számítógépes felügyeleti rendszerrel azonnal megszüntetjük. Utóbbit a gépegységek alá telepített kármentő akadályozza. Komoly környezeti kárt okozó havária nem lehetséges.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

a. A TERVEZETT TEVÉKENYSÉG CÉLJA

Geotermikus energia hasznosítása termelő, és visszasajtoló hévízkúttal, a hévíz hő-hasznosítása, majd visszajuttatása ugyanabba a víztartó összletbe.

b. A TERVEZETT TEVÉKENYSÉG SZÁMÍTÁSBA VETT VÁLTOZATAINAK ALAPADATAI

b.a.) A tevékenység volumene

A térség földtani adatai alapján lehetőség van mintegy 100 m³/ó 65 °C-os termálvíz kitermelésére, és visszasajtolására.

b.b.) A telepítés és működés megkezdésének várható időpontja, és időtartama a kapacitás kihasználás tervezett időbeli megosztása:

A beruházás megkezdésének legkorábbi idő pontja 2025 január. A hévíz-kutak és hasznosító létesítmények kivitelezésének időszükséglete 0,5 év. A teljes beruházás tehát leghamarabb 2025. június 31-ig készülhet el.

Az üzemeltetés 2025 őszén indulhat, és legalább 50 évig folyhat. A beépített teljesítmény 7,5 MW, ami a csúcsidei hőigény. A termálvízből biztosítható csúcsban 7 MW, tehát a kapacitás 93 %-os kihasználtságú.

b.c.) A tevékenység helye és terület igénye, az igénybe veendő területek használatának jellege, és a település rendezési tervében rögzített módja:

A hatásvizsgálat tárgya - geotermikus hő-hasznosítás rendszer - helyigénye mintegy 2 x 400 m², ami a termelő és visszasajtoló hévíz-kutak belső védőterületét, valamint a visszasajtoló létesítményeket foglalja magába. Ezen túlmenően a távvezetékek 1 m széles sávja is korlátozott igénybevételt jelent. A létesítmény összhangban van a település rendezési tervével.

b.d.) A tevékenység megvalósításához szükséges létesítmények felsorolása, és helye

A tervezett hévízellátó rendszer sémája:

Kitermelő kút → Hő hasznosítás → Szűrés, → Visszasajtolás

b.e.) A kapcsolódó műveletek

A tervezett létesítményekhez anyagnyerő, vagy lerakóhely nem kapcsolódik.

A szállítás, a kivitelezés időtartamára, jelentéktelen mértékben növeli meg a térség közúti forgalmát.

A megvalósítás során szennyvíz nem keletkezik, a minimális kommunális hulladék elszállításra kerül.

Az energiaellátás a meglévő villamos hálózatról, biztosítható.

b.f.) A tervezett technológia, illetve a tevékenység megvalósításának leírása – anyagfelhasználás

A tevékenység fűrott kútból, búvárszivattyúval történő vízkitermeléssel történik, ami egy hőcserélőn átadja a geotermikus energiát egy hő központ fűtőrendszerének.

A hőcserélő után a termálvíz távvezetéken a visszasajtoló kútba kerül. A visszasajtoló szivattyúk frekvencia váltóval vezéreltek, a kút búvárszivattyúja szintén, így a vízkivétel és visszasajtolás a külső hőmérséklet alapján vezérelt. Csak a szükséges vízmennyiség kerül kitermelésre. Anyagfelhasználás nem történik.

b.g.) A Magyarországon új, külföldön már alkalmazott technológia bevezetése esetén a külföldi referencia

A technológia Magyarországon számos helyen működik.

Visszasajtolással az alábbi főbb területeken.

- Veresegyház – település közintézményeinek fűtése
- Bóly – település közintézményeinek fűtése
- Kistelek – település közintézményeinek fűtése
- Hódmezővásárhely – település közintézményeinek fűtése
- Szeged – növényháztelep és városi közintézmények
- Szigetvár – növényháztelep
- Orosháza, Gyopáros Fürdő hő ellátása.
- Budapest, BKV csarnokok fűtése STB.

b.h.) A tevékenységhez szükséges teher és személyszállítás nagyságrendje

A létesítmény kivitelezése kis mértékben növeli a személy- és teherszállítás forgalmát, átlagosan napi 2 fuvarral.

Az üzemeltetés nem igényel szállítást.

b.i.) A már tervbe vett környezetvédelmi létesítmények, intézkedések

A tervezett létesítmény nem igényel környezetvédelmi intézkedéseket, nem jelent környezeti terhelést, kifejezetten környezetvédelmi okokból létesül.

b.j.) A b.a.) – b.j.) pont szerinti adatok bizonytalansága

A fenti adatok nem tartalmaznak bizonytalanságot, a létesítmények környezeti hatása közismert.

b.k.) A telepítési hely lehatárolása térképen, megjelölve a szomszédságban meglévő, illetve a rendezési tervben szereplő tervezett terület hasznosítási módokat:

A telepítési helyeket a mellékelt helyszínrajzok több méretarányban rögzítik.

A környező létesítmények üzemek és mezőgazdasági területek.

A tervezett tevékenység nem ellentétes a város településrendezési tervével.

c. A SZÁMÍTÁSBA VETT VÁLTOZATOK ÖSSZEFÜGGÉSE OLYAN TOVÁBBI, KÜLÖNÖSEN TERÜLET – VAGY TELEPÜLÉSFEJLESZTÉS, ILLETVE RENDEZÉSI TERVEKKEL ÉS TERMÉSZETES ERŐFORRÁS FELHASZNÁLÁSI, VAGY VÉDELMI KONCEPCIÓKKAL, AMELYEK BEFOLYÁSOLJÁK A TELEPÍTÉSI HELY ÉS A MEGVALÓSÍTÁSI MÓD KIVÁLASZTÁSÁT:

A telepítési hely/helyek kiválasztásánál a hasznosítás helyén túlmenően, a visszasajtolásra alkalmas, megfelelő távolság meghatározása volt az egyedüli szempont - természetesen a hidrológiai adottságok figyelembe vételével.

d. NYOMVONALAS LÉTESÍTMÉNYEKNÉL A TERVEZETT NYOMVONAL TOVÁBBVEZETÉSÉNEK ÉS TÁVLATI KIÉPÍTÉSÉNEK ISMERTETÉSE, ÉS A TOVÁBBVEZETÉS TERVEZÉSRE SORÁN FIGYELEMBE VETT KÖRNYEZETI SZEMPONTOK, FELTÁRT KÖRNYEZETI HATÁSOK:

A nyomvonalas létesítmény esetünkben a kutak közötti összekötő, visszasajtoló vezeték, melynek tovább tervezését nem tervezzük. Védett természeti területet a vezeték nem érint.

e. A b.) PONTBAN SZÁMÍTÁSBAVETT VÁLTOZATOK KÖRNYEZETTERHELÉSE ÉS KÖRNYEZET IGÉNYBE VÉTELE (HATÓTÉNYEZŐK) VÁRHATÓ MÉRTÉKÉNEK ELŐZETES BECSLÉSE, A TEVÉKENYSÉG SZAKASZAIKÉNT ELKÜLÖNÍTVE, AZ ESETLEGES KÖRNYEZETTERHELÉST OKOZÓ BALESETEK, VAGY MEGHIBÁSODÁSOK ELŐFORDULÁSI LEHETŐSÉGEIRE FIGYELEMMEL.

Az egyes hatótényezőket a kivitelezés, az üzemeltetés és a felhagyás során is vizsgáltuk. A hatásterületeket lehatároltuk. A hidrológiai hatásterületen kívül egyedül a kivitelezés-kori zajvédelmi hatásterület meghatározása indokolt.

A baleset vagy meghibásodás esetén sem keletkezhet jelentős környezet-terhelés - az esetleges csőtörést a felügyeleti rendszer azonnal jelzi.

f. A KÖRNYEZETRE VÁRHATÓAN GYAKOROLT HATÁSOK ELŐZETES BECSLÉSE KÜLÖNÖSEN

f.a.) Hatótényezők milyen jellegű folyamatokat indíthatnak el, új telepítésnél annak becslése is, hogy a terület állapota és funkciói miként változnak meg a telepítéskövetkeztében

Hatótényezőként kizárólag a hévíz kitermelés depressziós hatását és a visszasajtolás hűtő hatását vehetjük figyelembe. Az elvégzett előzetes modellezés egyértelműen bizonyítja, hogy káros mértékű hatással nem kell számolni.

f.b.) A hatásfolyamatok milyen területre terjednek ki:

Felszín alatti vízvédelmi hatásterület sugara: kb. 100 illetve 120. m a kutak körül. A hőmérsékleti hatásterület 1300 x 500 m a visszasajtoló kút körül.

Levegő tisztaságvédelmi hatásterület nem szükséges.

Zajvédelmi hatásterület sugara

Nappal: 29 m

Éjjel: 140 m

f.c.) Az f.b.) pont szerinti területekről rendelkezésre álló környezeti állapot, területhasználat és demográfiai adatok, valamint a hatás folyamatok jellegének ismeretében milyen és mennyire jelentős környezeti állapotváltozások (hatások) lépnek fel.

A megtakarított földgáz káros anyag kibocsátásának elmaradása miatt jelentős pozitív változást eredményez. Káros környezeti hatás nem keletkezik

Összefoglalásul tehát megállapíthatjuk, hogy a jelen hatásvizsgálat során, a hévíztermelés és visszasajtolás hatásait részletesen vizsgáltuk, mind depresszió, mind hő transzport tekintetében. Fentiek alapján egyértelmű, hogy a felszín alatti vizekre káros környezeti hatás nem keletkezik.

Csurgalék vizek csak a rövid kivitelezési időszakban illetve a későbbi kútvizsgálatok során keletkeznek, összesen 1 – 3 000 m³ mennyiségben, melyek egy szigetelt tárolóba jutnak.

Technológiai vízigények: öblítővíz a fúrásnál: 5 m³/nap, összesen 500 m³, városi hálózatról. A fúróiszap átszállítás következő munkahelyre, illetve elszállítás újra hasznosításra. Furadék: elszállítás újra hasznosításra, kb. 100 m³ agyag, homok, iszap
Tisztító szivattyúzás: 1500 m³/nap x 2 nap = 3000 m³/kút.

A tényleges kútparaméterek alapján a visszasajtolási technológia pontosítandó.

A termelő és visszasajtoló kút is Veresegyház területén, kivett művelési ágú ingatlanon létesül. Védett állat vagy növényfajt a beruházás nem érint. Fa, vagy cserje kivágásra nem lesz szükség,

Természet és tájvédelmi szempontból a létesítményeknek nincs káros hatásuk.

Összefoglalásul tehát megállapíthatjuk, hogy a tervezett beruházásnak nincs káros környezeti hatása


Budapest, 2024. 09. 26.



Dr. Vona Márton
Kamarai szám: 01-11853,
K-Sz Klímavédelmi szakértő,
SZTVj Tájvédelmi szakértő
SZTV Élővilág védelmi szakértő
SZKV-1-3 Víz és földtani közeg védelmi szakértő
SZKV-1-1 Hulladékgazdálkodási szakértő



Pálfalvi Ferenc
Kamarai szám: 01-5927, 01-59528
Vízgazdálkodási építmények szakértő



Fehér Tamás e.v.
2890 Tata, Sport u. 15.
Adósz.: 68012362-1-31 KISADÓZÓ-
Nyilv. sz.: 51089346

SZKV -1-2 Levegővédelmi szakértő
SZKV-1-4 Zaj és rezgésvédelmi szakértő

8. ÖSSZEFOGLALÁS, A 314/2005 KORM. REND 4 SZ. MELLÉKLETE SZERINT.

Az előzetes vizsgálati dokumentáció tartalma a 314/2005 Korm. rend alapján. a 3. számú mellékletbe tartozó tevékenységek esetén *

- a) * a tervezett tevékenység célja, a vizekbe történő beavatkozással járó tevékenység esetében a közérdek bemutatásával együtt;

A tervezett beruházás célja egy növényház fűtése földgáz helyett geotermikus energiával. Ennek érdekében létesül egy termelő és egy visszasajtoló hévíz kút. A kitermelt 65 C° víz 30C°-ra lehűlve, zárt rendszerben visszasajtolásra kerül ugyanazon vízádó kőzetbe. A fosszilis energia használat csökkentése, az ebből adódó ÜHG kibocsájtás csökkentése közérdek.

- b) * a tervezett tevékenység, továbbá, ha vannak más ésszerű telepítési, technológiai vagy egyéb változatai (a továbbiakban együtt: számításba vett változatok), akkor azok alapadatai:

Az adott területen környezetvédelmi szempontból ésszerűbb energia hasznosítás nincs.

- ba) a tevékenység volumene,

Kitermelésre kerül éves átlagban 685 m³/nap, 250 000 m³/év termálvíz, ami maradéktalanul visszasajtolásra kerül.

- bb) a telepítés és a működés vagy használat megkezdésének várható időpontja és időtartama, a kapacitáskihasználás tervezett időbeli megoszlása,

A beruházás megkezdésének legkorábbi idő pontja 2025 január. A hévíz-kutak és hasznosító létesítmények kivitelezésének időszükséglete 0,5 év. A teljes beruházás tehát leghamarabb 2025. június 31-ig készülhet el. Az üzemeltetés 2025 őszén indulhat, és legalább 50 évig folyhat. A beépített teljesítmény 7,5 MW, ami a csúcsidei hőigény. A termálvízből biztosítható csúcsban 7 MW, tehát a kapacitás 93 %-os kihasználtságú.

- bc) * a tevékenység helye és területigénye, az igénybe veendő terület használatának jelenlegi és a településrendezési tervekben rögzített módja, villamos légvezeték előzetes konzultációja esetén EOV-koordináta helyes (helyrajzszám-megjelölés nélküli) nyomvonala,

A hatásvizsgálat tárgya - geotermikus hő-hasznosítás rendszer - helyigénye mintegy 2 x 400 m², ami a termelő és visszasajtoló hévíz-kutak belső védőterületét, valamint a visszasajtoló létesítményeket foglalja magába. Ezen túlmenően a távvezetékek 1 m széles sávja is korlátozott igénybevételt jelent. A létesítmény összhangban van a település rendezési tervével.

bd) a tevékenység megvalósításához szükséges létesítmények, valamint az azokhoz kapcsolódó létesítmények felsorolása és helye,

A tervezett hévízellátó rendszer sémája:

Kitermelő kút → Hő hasznosítás → Szűrés, → Visszasajtolás

A beruházás kivett művelési ágú területen létesül

be) a tervezett technológia, vagy ahol nem értelmezhető, a tevékenység megvalósításának leírása, ideértve az anyagfelhasználás főbb mutatóinak megadását,

A tevékenység fúrott kútból, búvárszivattyúval történő vízkitermeléssel történik, ami egy hőcserélőn átadja a geotermikus energiát egy hő központ fűtőrendszerének.

A hőcserélő után a termálvíz távvezetéken a visszasajtoló kútba kerül. A visszasajtoló szivattyúk frekvencia váltóval vezéreltek, a kút búvárszivattyúja szintén, így a vízkivétel és visszasajtolás a külső hőmérséklet alapján vezérelt. Csak a szükséges vízmennyiség kerül kitermelésre. Anyagfelhasználás nem történik.

bf) a tevékenységhez szükséges teher- és személyszállítás nagyságrendje, szállítási igényessége, szolgáltatást nyújtó tevékenységnél a szolgáltatást igénybe vevők által keltett jármű- és személyforgalomé is,

A szállítás, a kivitelezés időtartamára, jelentéktelen mértékben növeli meg a térség közúti forgalmát. Az üzemeltetés semmilyen jármű forgalmat nem igényel.

bg) a már tervbe vett környezetvédelmi létesítmények és intézkedések,

A tervezett létesítmény nem igényel környezetvédelmi intézkedéseket, nem jelent környezeti terhelést, kifejezetten környezetvédelmi okokból létesül

bh) a tevékenység telepítéséhez, megvalósításához és felhagyásához szükséges kapcsolódó műveletek:

1. a telepítés miatt megnyitott bányauzem, célkitermelőhely vagy lerakóhely létesítése és üzemeltetése, a telepítéshez szükséges tereprendezés vagy mederkotrás,

Nem releváns

2. a telepítéshez és a megvalósításhoz szükséges szállítás, raktározás, tárolás, vízrendezés,

Nem releváns

3. * a megvalósítás során keletkező hulladékokkal történő gazdálkodás, és szennyvízkezelés,

A megvalósítás során keletkező hulladékok mennyiségét, elhelyezését a 2.5. és a 3.3. fejezet tartalmazza. Mennyisége jelentéktelen. Szennyvíz nem keletkezik.

4. az energia- és vízellátás, ha az saját energiaellátó-rendszerrel vagy vízkivétellel történik,

Az energiaellátás a meglévő elektromos hálózatról történik, vízellátásra nincs szükség.

5. egyéb – a bd)–bg) pontokban nem szereplő – kapcsolódó művelet,

Nincsenek

6. * a telepítést megelőző bontási munkálatok ismertetése, az azok során keletkező hulladékok és a kezelésükre tervezett intézkedések, továbbá az előbbieknél az egyes környezeti elemekre gyakorolt hatásának bemutatása;

Bontási munka nem történik.

bi) Magyarországon új, külföldön már alkalmazott technológia bevezetése esetében külföldi referencia,

A technológia Magyarországon számos helyen működik.

Visszasajtolással az alábbi főbb területeken.

- Veresegyház – település közintézményeinek fűtése
- Bóly – település közintézményeinek fűtése
- Kistelek – település közintézményeinek fűtése
- Hódmezővásárhely – település közintézményeinek fűtése
- Szeged – növényháztelep és városi közintézmények
- Szigetvár – növényháztelep
- Orosháza, Gyopáros Fürdő hő ellátása.
- Budapest, BKV csarnokok fűtése STB.

bj) a ba)–bi) pont szerinti adatok bizonytalansága, rendelkezésre állása, megadva azt, hogy a tervezés mely későbbi szakaszában és milyen információk ismeretében lehet azokat pontosítani,

A beruházás bizonytalanságát a földtani viszonyok ismertségi foka határozza meg. A kitermelt termálvíz mennyisége eltérhet a tervezettől, a térség adatai alapján azonban jelentős eltérés nem várható. Pontosítás a kutak kivitelezése után, azok adatai alapján történhet.

bk) a telepítési hely lehatárolása térképen, megjelölve a telepítési hely szomszédságában meglévő vagy – a településrendezési tervekben szereplő – tervezett terület-felhasználási módokat,

A fenti helyszínrajzok több méretarányban rögzítik a telepítési helyeket A szomszédságban mezőgazdasági területek egy irányban ipari üzem helyezkedik el.

bl) * a tevékenység megvalósítása szükségessé teszi-e területrendezési tervek vagy a településrendezési tervek módosítását,

Nem.

bm) * nyilatkozat arról, hogy a tevékenység megkezdését követően sor kerül-e összetartozó tevékenységnek minősülő új tevékenység megvalósítására, és a tevékenység a telepítési helyen vagy a szomszédos ingatlanon folytatott vagy tervezett azonos jellegű más tevékenységgel összeadódva eléri-e a tevékenységre az 1. vagy a 3. számú melléklet szerinti meghatározott küszöbértéket,

Nyilatkozunk, hogy a beruházáshoz újabb tevékenység nem kapcsolódik!

bn) * a vizekbe történő beavatkozással járó tevékenység társadalmi-gazdasági előnyeinek bemutatása, költség-haszon elemzés alapján;

A hévíz hasznosítás során a beruházás amortizációja, és a felhasznált villamos energia, a kutak időszakos karbantartása mintegy 40 000 000 Ft-os éves üzemköltséggel jár. Ezzel szemben a megtakarított földgáz ára évente mintegy 900 000 000 Ft. lenne.

c) a számításba vett változatok összefüggése olyan korábbi, különösen terület- vagy településfejlesztési, illetve rendezési tervekkel, infrastruktúra-fejlesztési döntésekkel és természeti erőforrás felhasználási vagy védelmi koncepciókkal, amelyek befolyásolták a telepítési hely és a megvalósítási mód kiválasztását;

A telepítési hely kiválasztását elsősorban a rendelkezésre álló terület határozta meg. Ezen túlmenően figyelembe kellett venni a meglévő termelő és visszasajtoló kutak hatását is.

d) nyomvonalas létesítménynél a tervezett nyomvonal tovább vezetésének és távlati kiépítésének ismertetése, és a tovább vezetés tervezése során figyelembe vett környezeti szempontok, feltárt környezeti hatások összegzése;

Nyomvonalas létesítmény a termelő kút és a visszasajtoló kút közötti vezeték.

Nyomvonalát a vizsgálati anyag tartalmazza. Tovább tervezése nem várható.

e) a b) pontban számításba vett változatok környezetterhelése és környezet-igénybevétele (a továbbiakban együtt: hatótényezők) várható mértékének előzetes becslése a tevékenység szakaszaiként [6. § (2) bekezdés] elkülönítve, az esetlegesen környezetterhelést okozó balesetek vagy meghibásodások előfordulási lehetőségeire figyelemmel;

Az előzetes vizsgálati anyag vizsgálja az előforduló ható tényezőket a kivitelezés, az üzemeltetés és a felhagyás eseteiben, valamint a havária esetén is.

f) * a tevékenység telepítése, működése, felhagyása során az egyes környezeti elemekre várhatóan gyakorolt hatások előzetes becslése, figyelembe véve a c) pontban leírt befolyásoló tényezőket is, különösen

fa) a hatótényezők milyen jellegű hatásfolyamatokat indíthatnak el, új telepítésnél annak becslése is, hogy a terület állapota és funkciói miként változhatnak meg a telepítés következtében, beleértve az éghajlatváltozást,

Az egyes hatásokat a vizsgálati anyag részletezi

fb) a hatásfolyamatok milyen területekre terjedhetnek ki; e területeket térképen is körül kell határolni,

A hatásterületeket térképen ábrázoltuk.

fc) az fb) pont szerinti területről rendelkezésre álló környezeti állapot, területhasználati és demográfiai adatok, valamint a hatásfolyamatok jellegének ismeretében milyen és mennyire jelentős környezeti állapotváltozások (hatások) léphetnek fel,

A környezet állapotában jelentős változás nem keletkezik!

fd) a védett természeti területet, barlangot, Natura 2000 területet, és a terület természetvédelmi státuszától függetlenül a védett fajokat érintő hatások ismertetése, fe) a tájra (a táj szerkezetére, használatára, jellegére és a tájképre) gyakorolt hatások ismertetése,

Natura 200 területet vagy védett fajokat a beruházás nem érint.

ff) a felszíni és felszín alatti víztesteket, valamint a vízgyűjtő-gazdálkodás egyes szabályairól szóló kormányrendelet szerinti, az ivóvízkivételre kijelölt és megkülönböztetett védelem alatt álló területeket érintő hatások a vízgyűjtő-gazdálkodási tervben foglaltak figyelembevételével;

A felszín alatti víztestek közül kizárólag a termál karsztra történik hatás, melyet a Szivárgáshidraulikai és hőtranszport vizsgálati anyag részletez. Káros mértékű hatás nem keletkezik. Az ivóvíz bázisra nincs hatás

f) * az f) pont ff) alpontja alapján azonosított – a vizek állapotromlását okozó – kedvezőtlen környezeti hatások csökkentése érdekében javasolt intézkedések;

Nem keletkezik káros hatás, intézkedés nem szükséges.

h) * az éghajlatváltozással összefüggésben

ha) a b) pontban számításba vett változatoknak az éghajlatváltozással szembeni érzékenységre vonatkozó elemzése (a továbbiakban: érzékenységelemzés),

Az éghajlat változásra gyakorolt hatás minimális, de kedvező, a fentiekben részletezettek szerint.

hb) a telepítési hely és a feltételezhető hatásterület kitettségének értékelése.

Az éghajlatváltozásra gyakorolt hatás vizsgálati fejezetében rögzítettek szerint, nincs kitettség.

hc) az egyes éghajlati tényezőkre vonatkozóan a lehetséges hatások elemzése,

Lásd az adott fejezetet

hd) a hc) pont szerint bemutatott lehetséges hatások vonatkozásában készített kockázatértékelés, he) a tervezett tevékenységre vonatkozóan az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás bemutatása,

Lásd az adott fejezetet

hf) annak bemutatása, hogy a tervezett tevékenység hogyan hat a feltételezhető hatásterület éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási képességére;

Csökkenti az üvegház hatású gázok mennyiségét

hg) az 1. számú mellékletbe tartozó tevékenységek esetén számszerűen be kell mutatni az egyes üvegházhatású gázok várható éves kibocsátását tonnában kifejezve;

Nem történik kibocsájtás, a megtakarított mennyiségeket rögzítettük.

i.* a megalapozó információk bemutatása.

Lásd az adott fejezetet.

3. Az 1–3. számú mellékletbe tartozó tevékenységek dokumentációjának egyéb (közös) követelményei *

a) az engedélykérő azonosító adatai; **Veresi Paradicsom Kft. (2012 Veresegyház, Kistrét u. 2.)**

b) * minősített adatot, vagy a környezethasználó szerint üzleti titkot képező adatot, így megjelölve, elkülönítve kell ismertetni a dokumentációban és a nyilvánosságra hozandó részben ezeket az adatokat olyan információkkal kell helyettesíteni, amelyek a tevékenység megítélését lehetővé teszik;

A minősített adatokat külön mellékletben csatoltuk.

c) ha a tevékenység során alkalmazandó technológia, felhasználandó anyagok és előállítandó termék környezetvédelmi minősítése korábban már megtörtént, a vonatkozó minősítési okiratot (okiratokat) csatolni kell;

Nem történt


d) országhatáron áterjedő környezeti hatás bekövetkezésének lehetősége;

Nincs lehetősége

e) * Ha az előzetes vizsgálatra erdő igénybevételével járó beruházáshoz vagy tevékenységhez kapcsolódóan kerül sor, és korábban az erdészeti hatóság igénybevételi vagy elvi igénybevételi eljárása nem került lefolytatásra, az előzetes vizsgálatra vonatkozó kérelemhez csatolni kell

Nem történik erdő igénybevétel.

Budapest, 2024. 10. 08.



Pálfalvi Ferenc

Tervszám: 581/2408

Szivárgáshidraulikai és hőtranszport modell

Veresegyházon tervezett geotermikus kútpár létesítéséhez

Szabó Zoltán
tervező

VZ-TEL, VZ-TER, VZ-VG
SZÉM3.2.1, SZÉM3.3.1, SZÉM3.3.2, SZÉM3.3.3
SZVV-3.1, SZVV-3.9, SZKV-1.3.
kamarai szám: 19-01281, 19-06181

Veszprém, 2024. augusztus

Tartalomjegyzék

1. Előzmény, bevezetés	4
2. A modellterület földrajzi és térbeli elhelyezkedése.....	4
3. A terület földtani viszonyai.....	10
3.1. Általános szerkezeti helyzet.....	10
3.2. Alaphegység (prekainozoikum)	10
3.3. Medenceüledékek (kainozoikum).....	12
3.4. Talajtani jellemzők.....	16
4. Vízföldtani viszonyok.....	19
4.1. A terület hidrogeológiai leírása	19
4.2. A porózus medencekitöltés vízföldtani viszonyai.....	21
4.2.1. A fontosabb hidrosztratigráfiai egységek és térbeli helyzetük.....	21
4.2.2. Víztestek jellemzése.....	25
4.2.3. Vízbázisok.....	44
5. Szivárgáshidraulikai és hőtranszport modellezés.....	45
5.1. A FEFLOW 8.1 környezet bemutatása.....	45
5.2. Modell felépítése.....	47
5.3. Kalibráció.....	56
5.4. A termálkutak hatásának vizsgálata.....	61
5.4.1. Üzemelő termálkutak hatásának vizsgálata	61
5.4.2. 1. alternatíva hatásának vizsgálata.....	66
5.4.3. 2. alternatíva hatásának vizsgálata.....	70
5.4.4. 3. alternatíva hatásának vizsgálata.....	76
5.5. Összegzés.....	80
Felhasznált irodalom.....	82

Táblázatok

1. sz. táblázat: Főbb kútdatok	4
2. sz. táblázat: Rétegekiosztás	48
3. sz. táblázat: A modellben alkalmazott szivárgási tényező értékek	54
4. sz. táblázat: Hőtranszport bemeneti adatai.....	55
5. sz. táblázat: Mért és számított nyugalmi és üzemi vízszintek a veregyházi termálkutakban....	58
6. sz. táblázat: A kitermelt és visszasajtoló vízmennyiségek.....	61

Ábrák

1. sz. ábra: Átnézetes térkép	8
2. sz. ábra: A terület pre-kainozoos térképe [3].....	11
3. sz. ábra: Felső-pannóniai talp [3]	13
4. sz. ábra: Pannóniai talp [3].....	15
5. sz. ábra: Talajtípusok eloszlása [2]	18
6. sz. ábra: Talajvízszint térkép [3].....	20
7. sz. ábra: Sekély porózus és hegyvidéki felszín alatti víztestek [1].....	22
8. sz. ábra: Sekély porózus és hegyvidéki felszín alatti víztestek [1].....	27
9. sz. ábra: Porózus és hegyvidéki felszín alatti víztestek [1].....	31
10. sz. ábra: Porózus termál felszín alatti víztestek [1].....	34
11. sz. ábra: Karszt és termálkarszt felszín alatti víztestek [1].....	38
12. sz. ábra: Vízbázisok védőövezetei [1].....	43
13. sz. ábra: A Feflow szoftverben alkalmazható elemek.....	46
14. sz. ábra: Modellterület	48
15. sz. ábra: Modell 3D nézete ÉNy-i irányból.....	49
16. sz. ábra: Hálókiosztás	50
17. sz. ábra: Felszíni vízfolyások az 1. rétegben.....	51
18. sz. ábra: Talajvízforgalmi térkép [7].....	52
19. sz. ábra: Fedett földtani térkép [3].....	52
20. sz. ábra: A porózus hideg és porózus termál víztestek potenciál eloszlás szelvény menti megjelenítése a Pannon XL modell alapján, Ny-K-i szelvény (Kv: vertikális vízvezető képesség, Kh: horizontális vízvezető képesség) [8].....	53
21. sz. ábra: Horizontális szivárgási tényezők (ÉNy-DK).....	54
22. sz. ábra: Vertikális szivárgási tényezők (ÉNy-DK).....	55
23. sz. ábra: Megfigyelőpontok a modellben.....	56
24. sz. ábra: A számított és mért vízszintek egymáshoz mért viszonya a teljes modellre számítva.....	57
25. sz. ábra: A számított és mért vízszintek egymáshoz mért viszonya a hévízkutakra vonatkozóan	57
26. sz. ábra: Számított nyugalmi vízszint (mBf) a legfelső vízadóban	58
27. sz. ábra: Számított nyugalmi vízszint (mBf) a karsztvíztárolóban	59
28. sz. ábra: A számított és mért hőmérséklet egymáshoz mért viszonya	59
29. sz. ábra: Az alaphegység felszínére számított hőmérséklet eloszlás.....	60
30. sz. ábra: A verebgyházi termálkutak elhelyezkedése.....	61
31. sz. ábra: A termálkutak számított vízszintjének alakulása 50 év üzemelés során (1: K-23, 2: B-32, 3: K-25, 4: B-31, 5: B-15, 6: K-26)	62

32. sz. ábra: A termálkutak okozta vízszintváltozás a termelt rétegben (m)	63
33. sz. ábra: Termelés mellett kialakuló vízszinteloszlás Ny-K-i-irányú szelvényben	64
34. sz. ábra: Hévízkutak okozta hőmérsékletváltozás a téli időszakban (°C)	64
35. sz. ábra: A hévízkutak 50 év elérési idejű áramvonalképe.....	65
36. sz. ábra: Létesítendő geotermikus kútpárok potenciális helyszínei.....	66
37. sz. ábra: A termálkutak számított vízszintjének alakulása 50 év üzemelés során (1: K-23, 2: B-32, 3: K-25, 4: B-31, 5: B-15, 6: K-26, 7: T1, 8: V1).....	67
38. sz. ábra: A termálkutak okozta vízszintváltozás a termelt rétegben (m)	68
39. sz. ábra: Termelés mellett kialakuló vízszinteloszlás Ny-K-i-irányú szelvényben	69
40. sz. ábra: Hévízkutak okozta hőmérsékletváltozás a téli időszakban (°C)	69
41. sz. ábra: A hévízkutak 50 év elérési idejű áramvonalképe.....	70
42. sz. ábra: A termálkutak számított vízszintjének alakulása 50 év üzemelés során (1: K-23, 2: B-32, 3: K-25, 4: B-31, 5: B-15, 6: K-26, 7: T2, 8: V2).....	71
43. sz. ábra: A termálkutak okozta vízszintváltozás a termelt rétegben (m)	72
44. sz. ábra: Termelés mellett kialakuló vízszinteloszlás Ny-K-i-irányú szelvényben	73
45. sz. ábra: Hévízkutak okozta hőmérsékletváltozás a téli időszakban (°C)	74
46. sz. ábra: A hévízkutak 50 év elérési idejű áramvonalképe.....	75
47. sz. ábra: A termálkutak számított vízszintjének alakulása 50 év üzemelés során.....	76
48. sz. ábra: A termálkutak okozta vízszintváltozás a termelt rétegben (m)	77
49. sz. ábra: Termelés mellett kialakuló vízszinteloszlás Ny-K-i-irányú szelvényben	78
50. sz. ábra: Hévízkutak okozta hőmérsékletváltozás a téli időszakban (°C)	79
51. sz. ábra: A hévízkutak 50 év elérési idejű áramvonalképe.....	80

1. Előzmény, bevezetés

A Veresi Paradicsom Kft. (2012 Verezegyház, Kistrét u. 2.) egy 7,5. hektáros növényházat üzemeltet Verezegyház D-i határában. A hőigény csúcsban, 7,5 MW. A hő-ellátást jelenleg a Verezegyházi városi geotermikus rendszerről biztosítják. A rendszer 4 db termelő és 2 db visszasajtoló kútból áll. A vízjogi üzemeltetési engedély szerint az éves kitermelhető hévíz mennyiség 2 646 000 m³/év, ebből 103 000 m³ fürdési célú, 2 543 000 m³/év visszasajtolásra kerül. Az egyes kutak adatait az 1. sz. táblázat tartalmazza. A visszasajtoló kutakat dőlt betűvel jelezzük.

1. sz. táblázat: Főbb kútdatok

Kat. sz.	Épült	Mélység (m)	Szűrőzés (m)	Nyugalmi vízszint (m)	Üzemi vízszint (m)	Vízhozam	Hőfok	Napi átl. termelés m ³
K-15	1987	1462	1414-1457	-31	-40,7	1400	63	904
<i>K-23</i>	<i>2006</i>	<i>1411</i>	<i>1309-1402</i>	<i>-64,4</i>	<i>-71,8</i>	<i>1560</i>	<i>63</i>	<i>2016</i>
K-25	2011	1202	1126-1202	-30,3	-32,4	1200	63,7	2162
K-26	2015	1725	1609-1725	-59,6	-50,2	930	66	1288
K-31	2022	1080	1042-1066	-36,8	-43,3	2040	64,9	2896
<i>K-32</i>	<i>2022</i>	<i>1420</i>	<i>1310-1412</i>	<i>-68,7</i>	<i>-78,3</i>	<i>1300</i>	<i>57,5</i>	<i>4950</i>

2. A modellterület földrajzi és térbeli elhelyezkedése

Vác-Pesti-Duna-völgy

A kistáj Pest megyében és a főváros területén helyezkedik el.

A kistáj túlnyomóan 98 m tszf-i magasságú ártéri síkság, legmagasabb pontja 122 m-en van, K-en a magasabb (max. 235 m) Duna-teraszokkal jellemezhető Pesti-síksággal határos, Ny-on pedig az alacsony- és magasártér, továbbá a Duna idősebb teraszszigetei is ide tartoznak, a határt a hegylábfelszín-peremek jelzik.

Az átlagos relatív relief a bal parton és a Szentendrei-szigeten 3 m/km², a jobb parton nagy szórással 15 m/km². Az alacsony- és a magasártér átlagosan 3, ill. 6 m-rel magasabb a Duna 0 pontjánál. Orográfiai domborzattípusát tekintve enyhén hullámos síkság. Felszíni formáinak döntő többsége a folyóvizek eróziós és akkumulációs tevékenységéhez kapcsolódik. A Duna jobb partján árkos törésvonalakkal előrejelzett völgyek sűrű hálózata rajzolódik ki.

Az alaphegységet túlnyomórészt triász karbonátos képződmények alkotják. Az erre települő oligocén-miocén képződményeken a pleisztocén elején, esetleg a pliocén legvégén indult meg a nagy kiterjedésű dunai hordalékkúp kialakulása. Jelenleg a felszínt néhány m vastag holocén öntésiszap borítja, de az ezek alatt települt folyami kavicsos rétegsor is a folyó medrének negyedidőszaki eltolódása, kanyargása során halmozódott fel. Ezekhez a képződményekhez jelentősebb kavicskészlet kapcsolódik (Budakalász, Kisoroszi, Szentendre, Vác). A pleisztocén végétől magasártéri helyzetben levő Szentendrei-szigeten futóhomok-képződés ment végbe. A beépített területeken az ártéri szinteket 1-5 m vastagságban mesterségesen feltöltötték. [4]

Pesti hordalékkúp-síkság

Az Alföld nagytáj Dunamenti-síkság középtájához tartozik, a kistáj K-i zónájában helyezkedik el.

A kistáj 97 és 251 m közötti tszf-i magasságú. K felé lépcsőzetesen, a magasabb teraszok irányába emelkedik. Duna bal parti mellékvizeinek völgyei a teraszok nagyjából É–D-i irányú sávjait Ny–K-i irányban mozaik- és sakktáblaszerűen szabdalják. Az átlagos relatív relief 8 m/km^2 , mely K és D felé csökken. A magasabb teraszok eróziós völgyei keresztirányban völgyközi hátakká formálódtak és rendkívül gazdagon szabdaltak.

A kistáj félmedence-szerű, dél felé nyitott. Domborzatilag jellemzően közepes magasságú, tagolt síkság. Dél felé a domborzat elveszti teraszos jellegét, a felszínt a futóhomokformák uralják.

Felszíni és felszínközeli képződményei a pleisztocén legelejétől képződő dunai hordalékkúp anyagai: agyag, homok, kőzetliszt és kavics. Ezek a képződmények egymással párhuzamosan futó ÉNy–DK-i irányú törésvonal-rendszerrel tömbökre tagolódtak, melyek az Alföld felé haladva a pleisztocén folyamán egyre nagyobb mértékben süllyedtek. A kistáj Dunához közelebb eső részének felszíne gyakran parti buckákkal, futóhomokkal, löszszerű üledékekkel magasított, egyes helyeken édesvízi mészkővel takart. [5]

Kosdi-dombság

A kistáj Pest és Nógrád megyében helyezkedik el. Területe 226 km^2 .

A kistáj 200-250 m tszf-i átlagmagasságú hegységperemi dombság; mintegy átmenet a Cserhát és a Duna-völgy síksága között.

A felszín közel fele alacsony domblábi hátak és lejtők, kb. 30%-a közepes magasságú fennsíkok, dombsági hátak és lejtők orográfiai domborzat-típusába sorolható, míg kb. 25%-ában tagolt dombsági hátak különböző típusait azonosíthatjuk. A dombsági környezetben sasbércecs típusú karbonátos hegyek találhatók (Naszály). Ez utóbbi felszínek a dunántúli típusú (kevés felszíni mezoforma, hévizes hatások) karsztosodás jegyeit mutatják; a nagyobb részen eróziós-deráziós folyamatok hatnak ma is. A DK-i irányba erősen lejtő felszínen az átlagos relatív relief 103 m/km^2 , az abszolút magasság 140 és 652 m közt változik. Az átlagos vízfolyássűrűség $3,6 \text{ km/km}^2$. A kistáj közel 2/3-a felszínmozgásos, ill. mozgásveszélyes terület.

A kistáj kb. 2/3-án oligocén agyagmárga, homok, homokkő, kavics, kb. 25%-án felső-triász mészkő és dolomit, kb. 8%-án pedig miocén andezit és andezittufa van a felszínen, ill. a felszín közelében.

A jellemző ÉNy-DK-i irányú törésvonalak mentén kiemelkedett (400-450 m-en negyedidőszak eleji forrásbarlangok jelzik az intenzitást) és exhumálódott Naszályhoz - elfedve - improduktív széntelepes eocén rétegek is csatlakoznak (Kösd). A fenti törésirányt mutatja a helyenként a Dunával párhuzamosan futó völgyrendszer. A dachsteini mészkőből álló Naszály szolgáltatja az alapanyagot a váci cementgyárnak, így eredeti formáját jórészt már elveszítette. [4]

Ecskendi-dombság

Az Észak-Magyarországi Középhegység nagytáj Cserhátvidék középtájának Keleti-Cserhát kistájcsoportjába sorolható és a koncesziós terület legészakibb részén, a nyugati oldalon, kis területen található. 149 és 321 m közötti tszf-i magasságú, általában DNy-i lejtésirányú dombság. Felszínének kb. 60%-a 200–320 m közötti, közepes magasságú tetőfelszín, dombság, míg kb. 40%-a 200 m-nél alacsonyabb domblábi hát és lejtő. Az átlagos relatív relief 70 m/km^2 , mely a D-i területeken 90 m/km^2 , a kistáj középső részén 65 m/km^2 körüli. A kistáj nevét adó és területének nagy részét lefoglaló Ecskendi-hát tetőfelszíne és távolabbi környéke lapos, széles felboltozódású, centrális vízhálózatú. A térség peremi területei erózióval közepesen veszélyeztetettek.

A kistáj geológiai felépítése igen változatos. Az oligocén üledékek, az andezit és a mészkő felszínközeli, itt-ott kibukkanó anyagát É-on harmadidőszaki üledékek, D-en löszös takaró fedi. A kistáj É-i részének legjellemzőbb képződményei a középső miocén, finomhomokos, agyagos homokkőből kipreparált andezittelérek. A középső területeket alkotó Ecskendi-hát ÉNy-ról DK felé egyre fiatalabb képződményekből épül fel. Az É-i részen a völgyekben felső oligocén homokos rétegek bukkannak a felszínre, majd ezekre kárpáti mészkőrétegek következnek. Erre települ a nagy kiterjedésű, vastag andezit- és andezitbreccsa takaró, amelynek D-i és K-i részét szarmata mészkő, homok, agyag borítja. Tovább K és D felé alsó pannóniai tengeri–tavi rétegek következnek, majd végül pliocén édesvízi mészkőfoltok zárják a rétegsort. A felszín jelentős része – különösen délen – lösszel fedett. [5]

Galga-völgy

Az Észak-Magyarországi Középhegység nagytáj Cserhátvidék középtájának Keleti-Cserhát kistájcsoportjába tartozik. A koncesziós terület északi részén csupán egy kis sávban található. A kistáj 122 m és 255 m közötti tszf-i magasságú, megközelítően É–D-i irányú, aszimmetrikus folyóvölgy. Átlagos szélessége 1,5 km, mely Püspökháttól D-re fokozatosan kiszélesedik. Az átlagos relatív relief 56 m/km^2 . A völgy Galgagutától É-ra hátság típusú, alacsony középhegység, míg attól D-re közepes magasságú, dombsági domborzati típusok környezetében van.

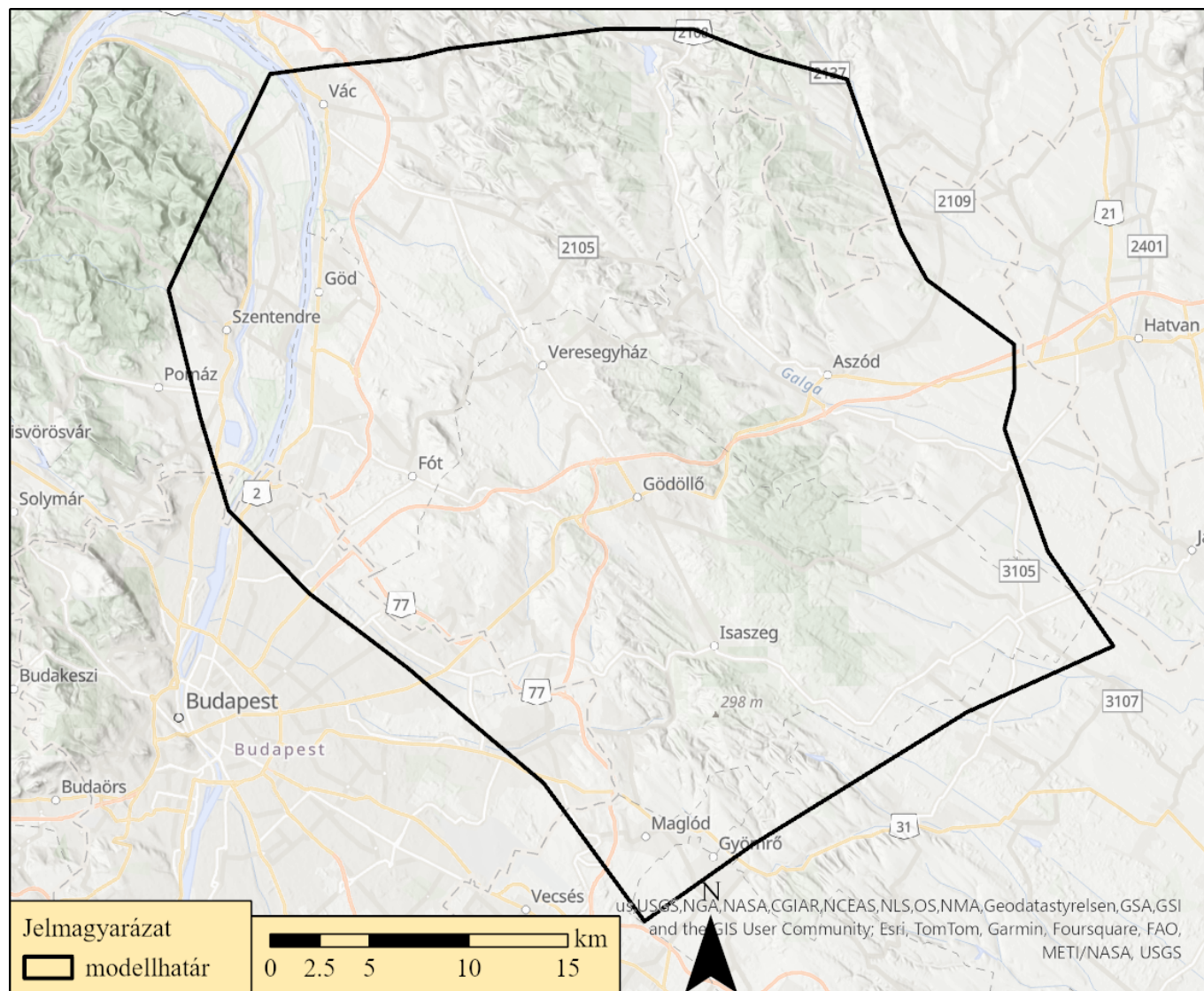
A Szandavár lábánál eredő Galga folyó egész hosszában tektonikus völgyben folyik. Völgyhálózata nagyon fiatal, csak az új-pleisztocénben alakult ki. A Galgaguta–Acsa közötti É–D-i irányú folyószakasz meredek bal partján gyakoriak a miocén korú andezitkúp-maradványok és az andezitből álló magaslatok, melyek miatt a völgy kanyargóssá válik. A völgy az Acsa és Püspökháttal közötti szakaszon megtörik, befordul az Acsai-völgy Ny–K-i törésébe, majd a Csibaj-hegy andezittömege előtt újra D felé kanyarodik. A Galga-völgyet alacsony, fiatal pleisztocén

teraszok kísérik, amelyek különösen Galgamácsa és Domony környékén jellemzőek. A magasabb teraszok közül a fiatalok nagy részét lösz fedi. [5]

Gödöllői-dombság

A kistáj az Észak-Magyarországi Középhegység nagytáj Cserhátvidék középtájának Gödöllő–Monori-dombság kistájcsoportjába tartozik.

138 és 344 m közti tszf.-i magasságú, É-on közepes (300 m-es), D-en alacsony (200 m átlagmagasságú), enyhén DK felé lejtő önálló dombvidék. Az átlagos relatív relief 60 m/km^2 , mely É–ÉNy-i részén ennek a duplája, a Ny-i, valamint D–DK-i részeken az átlagnál lényesen kisebb. A kistájat Pécel–Isaszeg vonaltól É-ra ÉNy-i csapású, sakktáblaszerűen összetöredezett és különböző mértékben kiemelkedett dombság, ÉNy-i peremén erodált, kipreparált felszínek jellemzik. NyÉNy-i peremét miocén homokkőből és kavicsból álló képződmények építik fel. Ettől DDK-re fokozatosan növekedő vastagságban felső pannóniai homokos–agyagos, illetve az Ős-Dunához és az É-ról érkező folyókhoz kapcsolódó folyóvízi üledékek települtek. Erre az üledékre rakódott az Ős-Duna és mellékfolyói által terített kavics (Kerepes), helyenként pedig a felső pannon édesvízi mészkő és márga is. A kistájat DK-felé fokozatosan vastagodó löszrétegek, a peremeken pedig félig kötött futóhomok borítja. A Pécel–Isaszeg vonaltól É-ra a felszínt borító lösz alól, a peremeken a futóhomok és lejtőanyag alól előbukkannak felső pannóniai édesvízi mészkő és márgás felszínek. Ennek az egységnek a központi része emelkedett a legintenzívebben a pleisztocénban. Jellemző szerkezeti iránya ÉNy–DK-i. [5]



1. sz. ábra: Átnézetes térkép

Hatvani-sík

Ez a kistáj az Észak-Alföldi-hordalékkúp-síkság középtáján, a Tápió–Galga–Zagyvavidék tájon található.

97 és 209 m közötti tszf-i magasságú teraszos hordalékkúp-síkság, mely Hatvan–Hort vonalában tereplépcsővel különül el a hegyvidéki területek hegyláb felszínétől. Az átlagos relatív relief 5 m/km², Ny-on és É-on ennél magasabb értékek jellemzik a kistájat.

Középső és DK-i része hullámos síkság, alacsonyabb fekvésű része enyhén tagolt síkság, Ny-i része alacsony domblábi hát és lejtő, É-i része közepes magasságú tagolt síkság domborzattípusba sorolható. A felszín D felé enyhén lejt. A Zagyva és a Galga hordalékkúpján holtmedrek jelentenek változatosságot, a keleti részen futóhomok-formák is találhatók.

Az aljzat képződményeire több száz méter vastag agyagos, homokos pannóniai rétegek, majd erre mintegy 20–25 km szélességben, a Zagyva–Galga hordalékkúpja települt. Az utolsó jégkorszak végén az Alsó-Zagyva-völgy süllyedése következtében megerősödő bevágódás során az eredeti legyező alakú hordalékkúp K-i és Ny-i szegélye szárazon maradt. A Ny-i rész homokbuckás térszínét 2–8 m-es löszlepel fedí, míg a K-i szárny homokját a késő-glaciálisban a szél formálta tovább; helyenként vékony löszös homoktakaró is fedí. A középső részt, amely a szabályozásokig mocsaras terület volt, fiatal öntésképződmények borítják. [5]

3. A terület földtani viszonyai

3.1. Általános szerkezeti helyzet

A terület a Balaton-Tóalmás nagyszerkezeti vonaltól északra fekszik. A terület az ALCAPA I-Főegység, a Dunántúli-középhegységi-egység területére esik, míg a legkeletibb része, Tura keleti részén, már a Közép-magyarországi-Főegység Bükk-egységébe sorolt. [6]

3.2. Alaphegység (prekainozoikum)

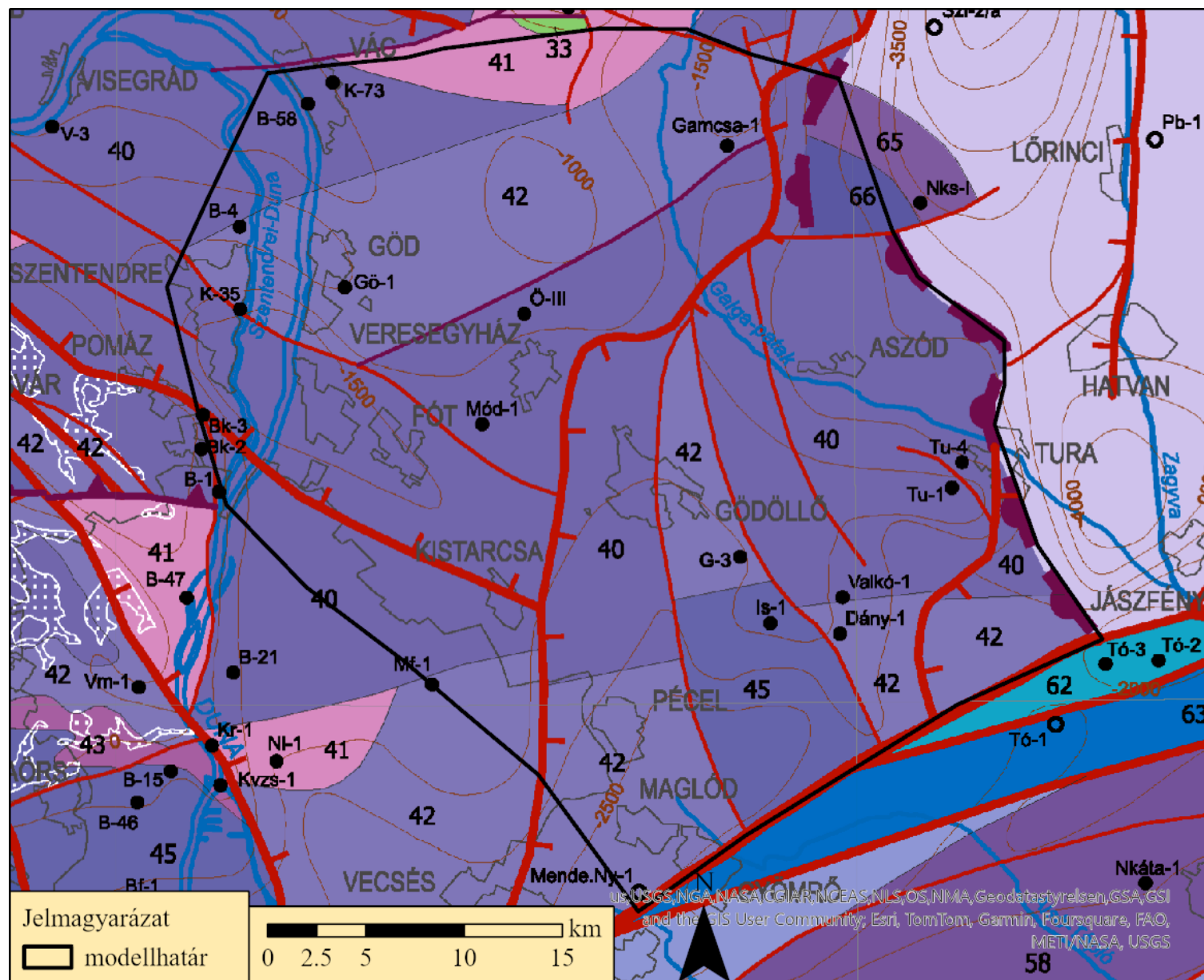
A Közép-magyarországi nyírási zóna északi határától, azaz a Balaton-Tóalmás-vonaltól ÉÉNy-ra, az ALCAPA egységben az aljzatot paleozoos-mezozoos sorozatok alkotják, melyek az alpi kőzetekkel mutatnak hasonlóságot.

Főképp felső triász képződmények alkotják az aljzatot (Dachsteini Mészke Formáció, Földolomit Formáció, kis részben Budaörsi Dolomit Formáció): [5]

40: felső-triász platform fáciesű mészke: Ebben a komplexumban elsősorban a Dachsteini Mészke Formáció kőzetrétegei találhatók meg a fúrásokban (Tura Tu-1, Órbottyán Ö-III, Mogyoród Mod-1, Valkó-1). A jellegzetesen lofer ciklusos, Megalodusokat tartalmazó kőzet az É-ÉNy felé fiatalodó középhegységi szinklinális déli szárnyának legfiatalabb tagja a területen. A Valkó-1 fúrásban előfordulnak a Fenyőfői Tagozat átmeneti rétegei is, amelyek mészke és dolomit váltakozásából állnak. [6]

42: karni-nori platform fáciesű dolomit: Ezt a kőzetsorozatot a Földolomit Formáció képviseli, a következő fúrásokban harántolták: Budapest Mf-1, Gödöllő G-3, Dány-1(?), Dány-2(?), Galgamácsa Gamcsa-1. [6]

45: ladini-karni platform fáciesű dolomit: Ez az idősebb, tehát legdélebbre, szerkezetileg elvetett helyzetben található sorozatot az Isaszeg Is-1 fúrás harántolta. A platform fáciesű, intertidális, Steinalmi Formáció mészke- és dolomitrétegei laminált, bioklasztos, szövetűek, Dasycladaceákat tartalmaznak. [6]



2. sz. ábra: A terület pre-kainozoos térképe [3]

3.3. Medenceüledékek (kainozoikum)

A felső triász aljzat fölött hiányoznak a jura, kréta és az idősebb eocén képződmények. A felső eocén a környéken jellemzően üledékhány után települ a triászra és polimikt alapbreccsával, alapkonglomerátummal indul, amire kőszéntartalmú transzgressziós rétegsor: tarka és szürke agyag, agyagmárga, homok (Kosdi Formáció), majd tengeri üledékek: agyagmárga, mészmárga, lithothamniumos, miliolinás mészkő kevés homokréteggel (Szépvölgyi Mészkő Formáció) települnek. A Kosdi Formáció vastagsága a nyugati részen, pl. a Cinkota Ci-6 fúrásban több száz méter is lehet, de jellemzően csak pár 10 m.

Az eocént alsó oligocén durva homokkő követi, erre sötétszürke kemény agyagkő, szenes csíkok települnek, majd csillámos finomhomok és márga váltakozása következik.

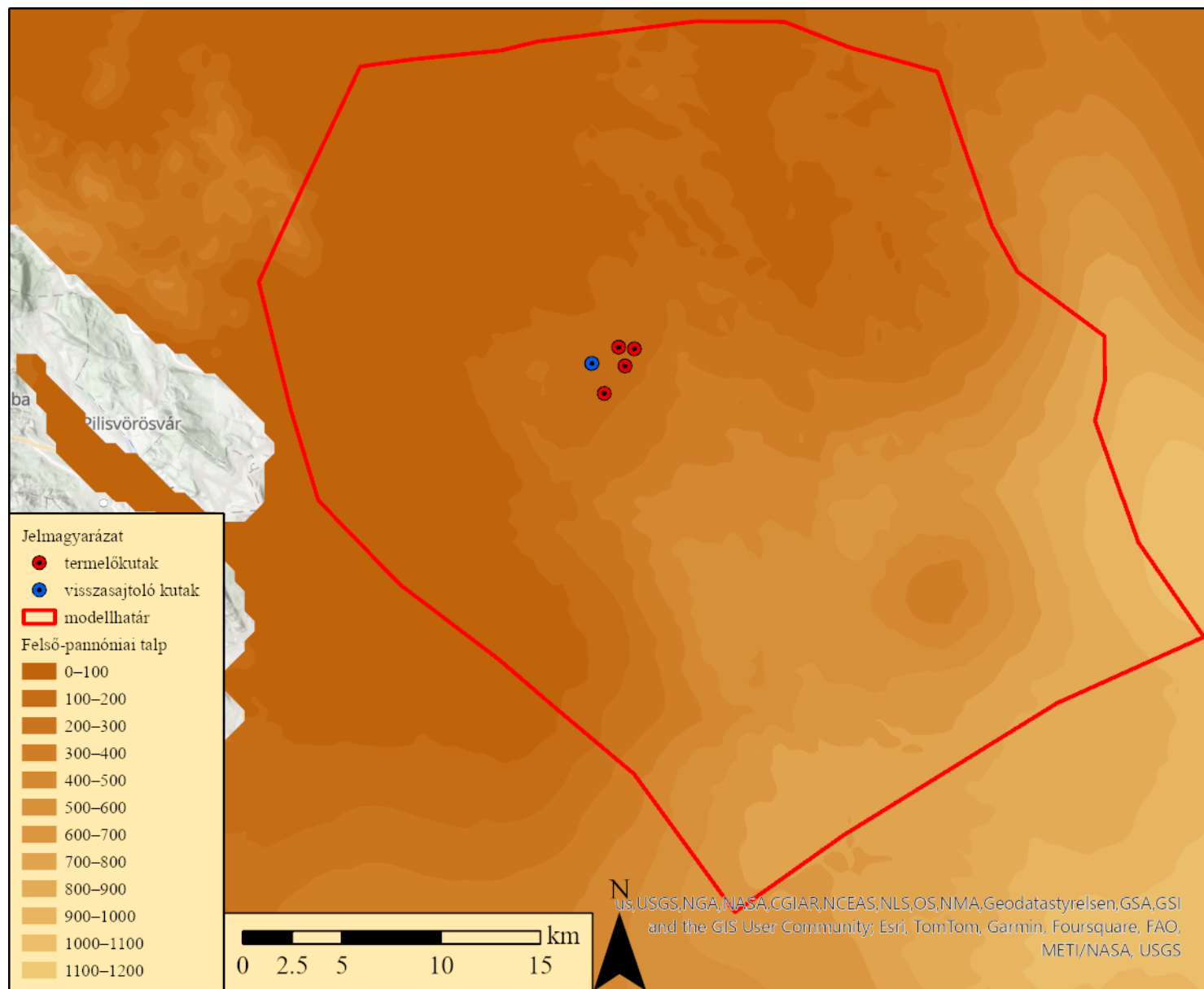
Az alsó oligocén fiatalabb részét Kiscelli Agyag építi fel, ami alul durvaszemcsés homokkővel kezdődik, majd kemény, szürke agyagmárga következik finomhomokos lencsékkel, felül pedig zöldesszürke agyagmárga és finomszemű meszes-márgás csillámos homokkő települ.

A felső oligocén és alsó miocén rétegeket szürke és zöldesszürke glaukonitos homok és agyagmárga (Pétervásárai Homokkő Formáció, Szécsényi Slír Formáció) képviseli gazdag foraminifera faunával és szenesedett növényi maradványokkal (a kiemelt gödöllői rögről szinte a teljes felső oligocén rétegsor lepusztult). A folyamatos vulkáni aktivitást számos tufaszint jelzi a paleogén során.

A miocén diszkordánsan települ az oligocénre. A kárpáti-badeni agyag-homok, kavicsrétegekkel kezdődik (Fóti Formáció; Egyházasgergei Formáció), ezekre sötétszürke agyagmárga, világosszürke meszes homokkő, tufás-bentonitos homokkő települ tengeri mikrofaunával (Garábi Slír Formáció és Szilágyi Agyagmárga Formáció). Tura környékén riolit-dácit tufa és agglomerátumos piroxénandezit tufa található. Az alsó-középső miocén kőzetek csak Fót és Csomád közelében bukkannak a felszínre. A nagy mennyiségű középső miocén vulkanit a Közép-magyarországi vonal közelségét jelzi.

A szarmatát világos zöldesszürke agyagmárga képviseli, vékony mészkő- és homokpadokkal, kevés riolittufa csíkkal, gipszes gumókkal és repedéskitöltésekkel (Kozárdi Formáció).

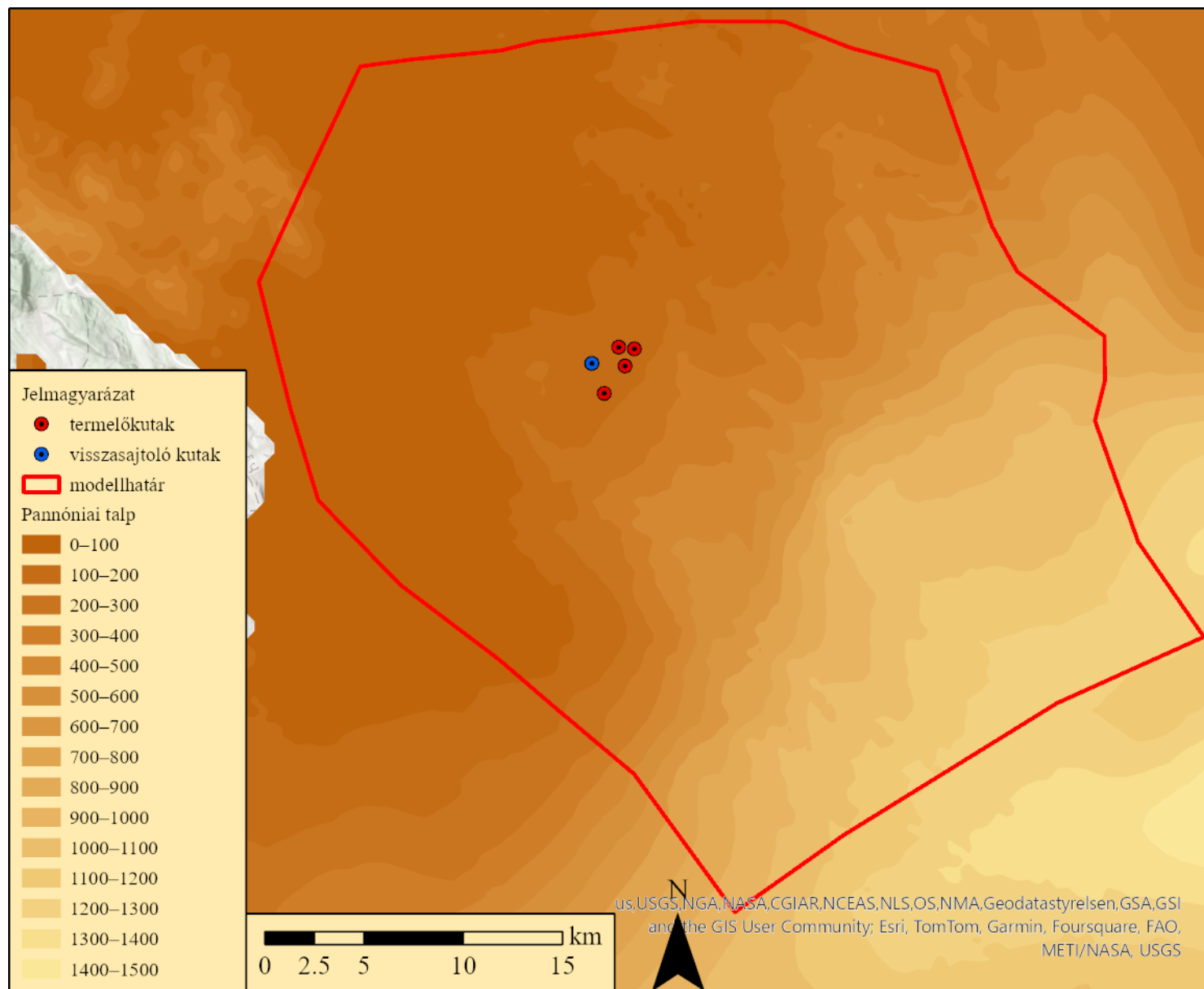
Az alsó pannon képződménye a világosszürke homokréteges és növénylenyomatos szürke agyagmárga (Algyői Formáció), míg a felső pannonban világosszürke agyag, finomszemcsés homokréteges agyagmárga és finomszemű csillámos homok rakódott le (Újfalui Formáció, Zagyvai Formáció).



3. sz. ábra: Felső-pannóniai talp [3]

A felső pliocénben kavics–homok, agyag, mészkonkréciós agyag képződött (Nagyalföldi Tarkaagyag Formáció), majd erre települ a negyedidőszaki folyóvízi kavics, homok, futóhomok, löszös agyag, lösz.

A mai felszínformákat tekintve a Gödöllői-dombságot két ÉNy–DK-i irányú vonulat, a Valkói- és az Uri-hát (maradékgerincek) alkotja, közöttük húzódik az Isaszegi-átjáró (deflációsan lepusztított szélbarázda. A háta felületén akár 40 m vastag lösz–paleotalaj sorozat, illetve finomhomokos lösz fejlődött ki a negyedidőszak során. Az Isaszegi-átjáróban a futóhomok jellemző (homokbuckák, homokleplek). [3]



4. sz. ábra: Pannóniai talp [3]

3.4. Talajtani jellemzők

A Vác-Pesti-Duna-völgy területének több mint felét települések és a Duna vízfelülete foglalja el. A tájban előforduló hét talajtípus közül öt a Duna üledékanyagain alakult ki. A futó- (9%) és a humuszos homoktalajok (10%) talajvízhatás mentesek, és igen gyenge természetes termékenységűek.

A vízhatás alatt álló talajképződmények közül a vályog mechanikai összetételű réti és réti öntéstalajok kiterjedése 3% és 14%. Mindkettő közepes termékenységű, és zömmel (>90%) szántóként hasznosítható. A nyers öntéstalajok (7%) homokos-vályog mechanikai összetételű változatainak termékenységi besorolása 50-65 (int.), a homokoké pedig a 25-40 (int.). E talajféleség mintegy 75%-ban szántóként, 25%-ban pedig erdőként hasznosítható.

A Visegrádi-hegységhez tartozó, de a tájba benyúló barnaföldek (5%) a magasabb térszínnek harmadidőszaki üledékein képződtek, vályog mechanikai összetételűek, és jelentős részük (30%) üdülőterületként hasznosított. [4]

A Pesti hordalékkúp-síkság talajainak nagy része a Duna homokhordalékán képződött. A talajtípusok megoszlása: futóhomok (8%), a táj É-i részén, azaz Dunakeszi környékén, Ecser és Monor vonalában, valamint Alsónémedi környékén humuszos homok (19%). Az ugyancsak Duna-üledékeken képződött réti talajok kiterjedése a tájban 11%.

A lápos réti talajok mintegy 25%-án láprétek találhatók. A táj K-i részén előforduló, főként futóhomok- és löszszerű üledék alapkőzetű barnaföldek jelentős területi részarányt képviselnek (26%). A homok alapkőzetten képződött barnaföldek gyenge termékenységűek, míg a Gödöllői-dombsághoz kapcsolódó és Péceltől D-re elhelyezkedő löszös anyagon képződött, homokos vályog mechanikai összetételű változatok kedvezőbb termékenységűek. [5]

A Kosdi-dombság hat talajtípusa közül meghatározó területi részaránya az agyagbemosódásos barna erdőtalaj oknak (48%) és a barnaföldeknek (46%) van.

A Kosdi- és a Nézsa-Csővári-dombság alapkőzetét is 66%-ban oligocén agyagmárga, homok, homokkő, triász dolomit és mészkő, ill. 34%-ban miocén andezit és andezittufa alkotja. A magasabb térszínekre jellemző agyagbemosódásos barna erdőtalajok agyagos vályog mechanikai összetételűek, gyenge vízvezető, nagy vízraktározó képességűek és erősen víztartók. Erdősültségük mintegy 60%-os. Területük negyede szántóként (ext. 25-50, int. 25-55) és szőlőként hasznosítható.

A kistáj É-i részén, ahol az alapkőzetet vékony lösztakaró fedi, barnaföldek képződtek. Mechanikai összetételük agyagos vályog, vízgazdálkodásuk kedvező. Erdősültségük mintegy 35%-os. Szántóként (ext. 20-50, int. 25-60) 35%-ban, a meredekebb lejtőkön szőlőként (20%) és gyümölcsösként hasznosíthatók.

A kistájban kis területi részaránnyal földes kopárok (1%), rendzina talajok (2%), savanyú nem podzolos barna erdőtalajok (1%) és humuszos homoktalajok (2%) is előfordulnak. A földes

kopárok főként szőlőterületként, a humuszos homoktalajok szántóként hasznosíthatók. A rendzina és a savanyú nem podzolos barna erdőtalajok erdőterületként jöhetnek szóba. [4]

Az Ecskendi-dombság talajait nagyrészt barnaföldek (87%) és erodált változataik alkotják. A löszön képződött barnaföldek mechanikai összetétele homokos vályog, míg a kistáj É-i részén a harmadidőszaki, vagy idősebb üledékeken képződötté agyagos vályog. A 8%-os területi részarányú csernozjom barna erdőtalajokkal együtt e talajok mezőgazdasági potenciálja a legjelentősebb. A barnaföldek és a csernozjom barna erdőtalajok túlnyomó részben szántóként és erdőként hasznosíthatók. A csernozjom barna erdőtalajok a klíma szárazabbá válása következtében, valamint az erdőirtás és a mezőgazdálkodás kiváltotta csernozjomosodás eredményeként a barnaföldekből alakultak ki. A folyamat előrehaladottságától függően részben már kifejtett csernozjom barna erdőtalajok, részben különböző mértékben humuszosodott barnaföldek fordulnak elő.

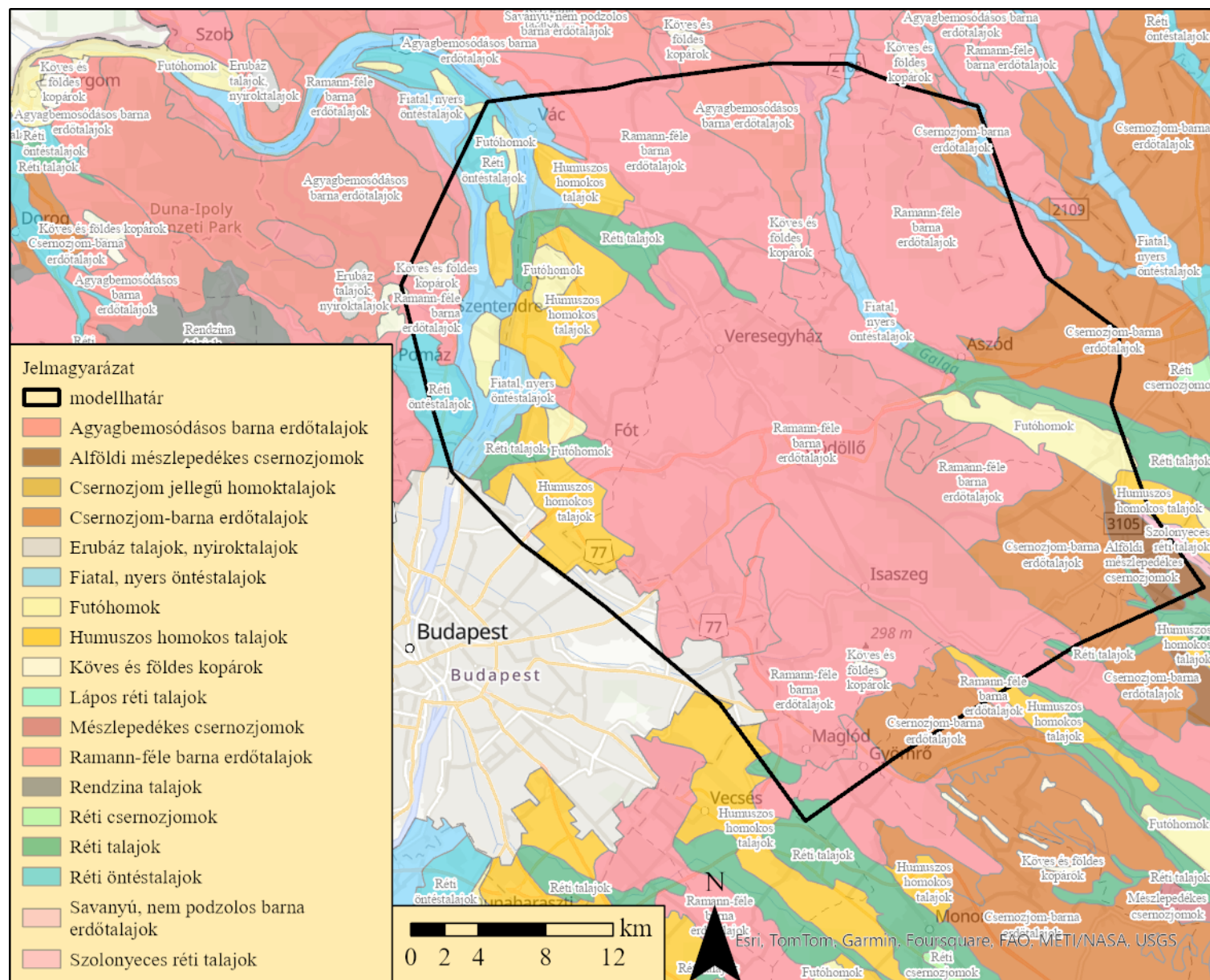
A Galga-völgy lösszel fedett teraszain a kistáj uralkodó talajtípusa, a barnaföld (50%) található. A barnaföldek mechanikai összetétele vályog, vagy homokos vályog, vízgazdálkodásuk kedvező. Az erdőszűlség kb. 5%-os, zömmel szántóként, kis hányadban legelőként hasznosíthatók. Erodáltságuk változó mértékű. Az erózió, vagy a mezőgazdasági művelés következtében visszameszeződött változataik főként a Galga K-i lejtőin található. A völgyben Ikladig karbonátos nyers öntéstalajok ékelődnek keskeny sávban a Nyugati-Cserhát dombjai közé. A felszíntől karbonátos, agyagos vályog mechanikai összetételű nyers öntés talajok akár 65%-a szántóként is hasznosítható.

Ikladtól D-re, ahol a Galga-völgy kiszélesedik, a homokokra jellemző vízgazdálkodású, karbonátos, szántóként, vagy rétként hasznosítható réti talajok fordulnak elő. Bag környékén karbonátos futóhomok talaj található.

A Gödöllői-dombság fő talajképző kőzete ÉNy-on miocén homokkő és kavics, amit az Alföld felé felső pannon homokos-agyagos üledék vált fel. A lejtőkön található barnaföldek és csernozjom barna erdőtalajok együttesen a terület 96%-át borítják.

A barnaföldek nagyobb hányada homokon képződött. Vízgazdálkodási tulajdonságaik és alacsony humusztartalmuk miatt a termékenységük kedvezőtlenebb, mint a löszön kialakult barnaföldeké. A barnaföldek sokoldalúan, míg a löszön képződött, vályog mechanikai összetételű, kedvező vízgazdálkodású csernozjom barna erdőtalajok legalább 80%-ban szántóként hasznosíthatóak. A tagoltabb és magasabb térszíneken a barnaföldek erodálódásával – kis területi részarányban (1%) – földes kopárok található, amelyek erdőterületek. A humuszos homoktalajok részaránya nem jelentős (1%), a patak völgyekben homokon, Gyömrő környékén pedig löszös üledéken, réti talajok alakultak ki.

A Hatvani-sík talajtakarójának talajtípusai homokon és löszös üledékeken képződtek. A legnagyobb területi részaránnyal a magasabb térszíni elhelyezkedésű löszterületeken, így – Zsámbok és Vácszentlászló környékén, valamint Hatvantól Ny-ra – csernozjom barna erdőtalajok fordulnak elő, mely erdőtalajok főként szántóterületként hasznosíthatók. A Galgahévíz környéki futóhomok talajok zömmel erdőkkel borítottak. Szikes talajok is megjelennek. [5]



5. sz. ábra: Talajtípusok eloszlása [2]

4. Vízföldtani viszonyok

4.1. A terület hidrogeológiai leírása

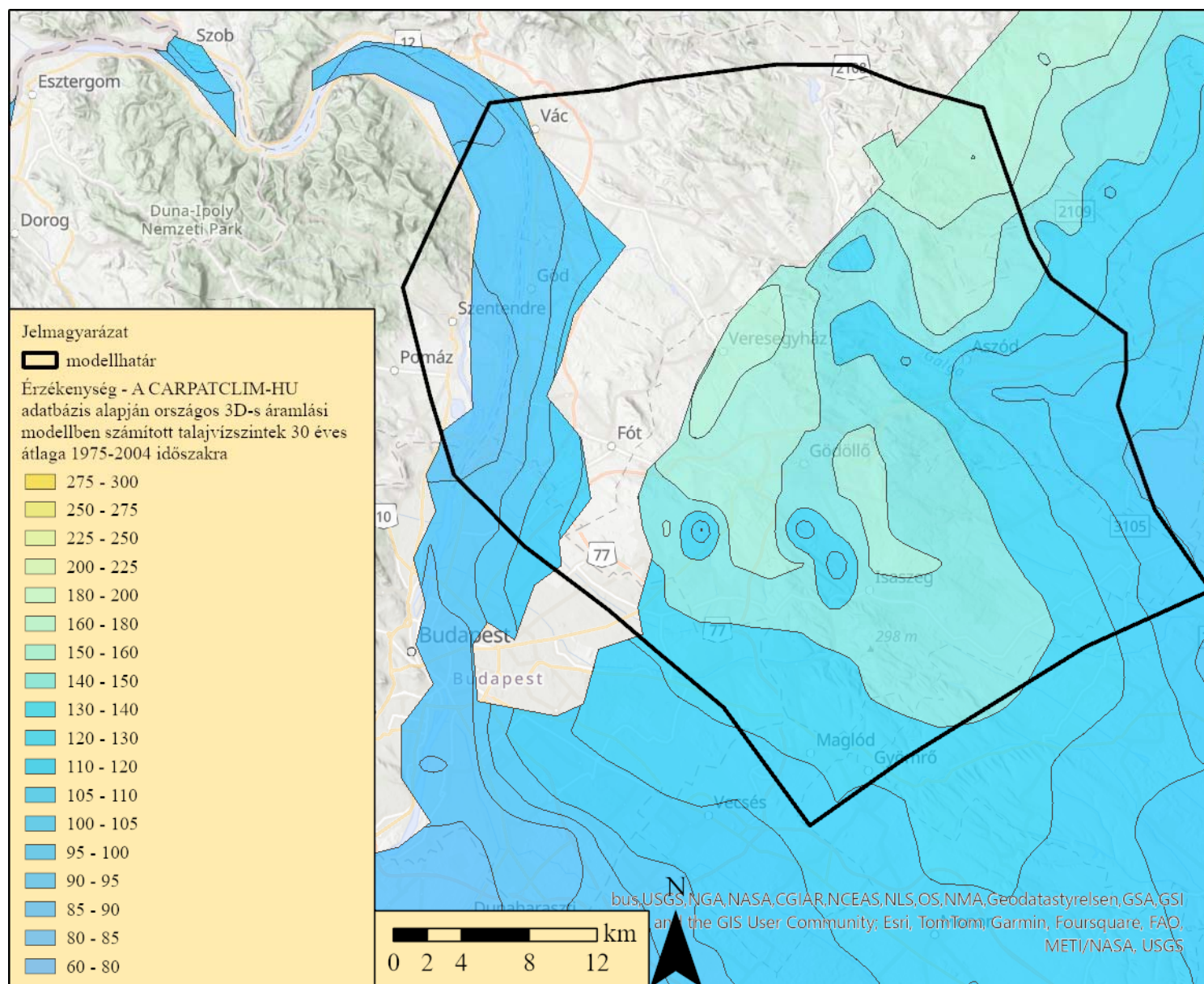
A területen az alaphegységet mezozoos, főleg triász karbonátos képződmények alkotják, melyek esetében a lepusztulási időszakok fontos szerepet játszottak. A lepusztult, repedezett, mállott zónák és felszínek vízvezető és tározó képessége jó, a karbonátos képződmények pedig karsztosodhattak. Azonban nagy mélységben, főleg a mészkő összletek esetében, ásványkiválás következtében a repedésrendszer csökkenhet. Így vízföldtani szempontból az alaphegység felső 100 m-es zónája lehet produktív. A triász dolomit és mészkő összletek vízáadó képessége közepes-jó, előfordult, hogy a termálvíz termelésére lemellyített kút vízáadó képessége csekély volt. Legjelentősebb rezervoárokat a terület nagy részén a felső triász korú platform fáciesű karbonátos képződmények, a Dachsteini Mészkő Formáció, Fődolomit Formáció, és a középső triász Budaörsi Dolomit Formáció kőzetei alkotják.

A felső eocén korú Kosdi Formáció alapbreccsa, alapkonglomerátum és homokos kifejlődései vízáadók lehetnek, viszont az agyagos, agyagmárgás képződményeinek vízáadó képessége rossz. E képződménysor vastagsága jelentős is lehet, de általánosságban néhány 10 méter. A Szépvölgyi Mészkő karsztosodott, kettős porozitással rendelkezik, amennyiben az aljzatra települ, akkor azzal egy hidraulikai egységet képez, akárcsak a késő-eocén–oligocén korú Budai Márga Formáció homokos kavicsos, esetenként karsztosodott, üreges képződményei is. Akárcsak az idősebb képződmények esetében, itt is az utólagos tektonikai mozgások és lepusztulási periódusok befolyásolhatják az eredeti elsődleges és másodlagos porozitást. A későbbi oligocén képződmények, mint a Kiscelli Aggag és Szécsényi Slír, vízzárók, a Pétervásárai Homokkő, melynek vízáadó képessége minimális, homokos kifejlődései azonban lokális vízáadók lehetnek. A területen a miocén képződmények vízáadó és víztározó képessége csekély, vízrekesztő képződmények, viszont lokális vízáadók lehetnek.

Az alsó pannon Algyői Formáció rétegei általános vízzáró képződmények. A felső pannon képződmények a terület ÉNy-i részén hiányoznak, Ny–K irányban kivastagodnak, sőt, Gödöllő térségében már jelentős vastagságot érnek el. A Zagyva és Újfalu Formációk homokos rétegei jó vízáadó képződmények, a települések vízmű kútjainak egy része elsősorban a felső 100–200 m vastag homokosabb, jó vízminőségű rétegeire települ.

A felső pliocén „levantei” rétegek a Nagyalföldi Formációba tartozó, változatos vastagságú és felépítésű medence üledékek, melyekben a vastag homokpadok jelentős vízáadók lehetnek. Ezek a rétegek a pleisztocén üledékekkel együtt a talajvíztározó rendszer részei. A löszös–homokos, a fluvioeolikus, homokos, futóhomokos képződmények jó vízáadók. A vízfolyások völgyeiben holocén alluviális homok és kavics alkotják a talajvíztartót.

A talajvíztartó vastagsága néhány méterre, esetenként néhány tíz méterre tehető. [5]



6. sz. ábra: Talajvízszint térkép [3]

4.2. A porózus medencekitöltés vízföldtani viszonyai

4.2.1. A fontosabb hidrosztratigráfiai egységek és térbeli helyzetük

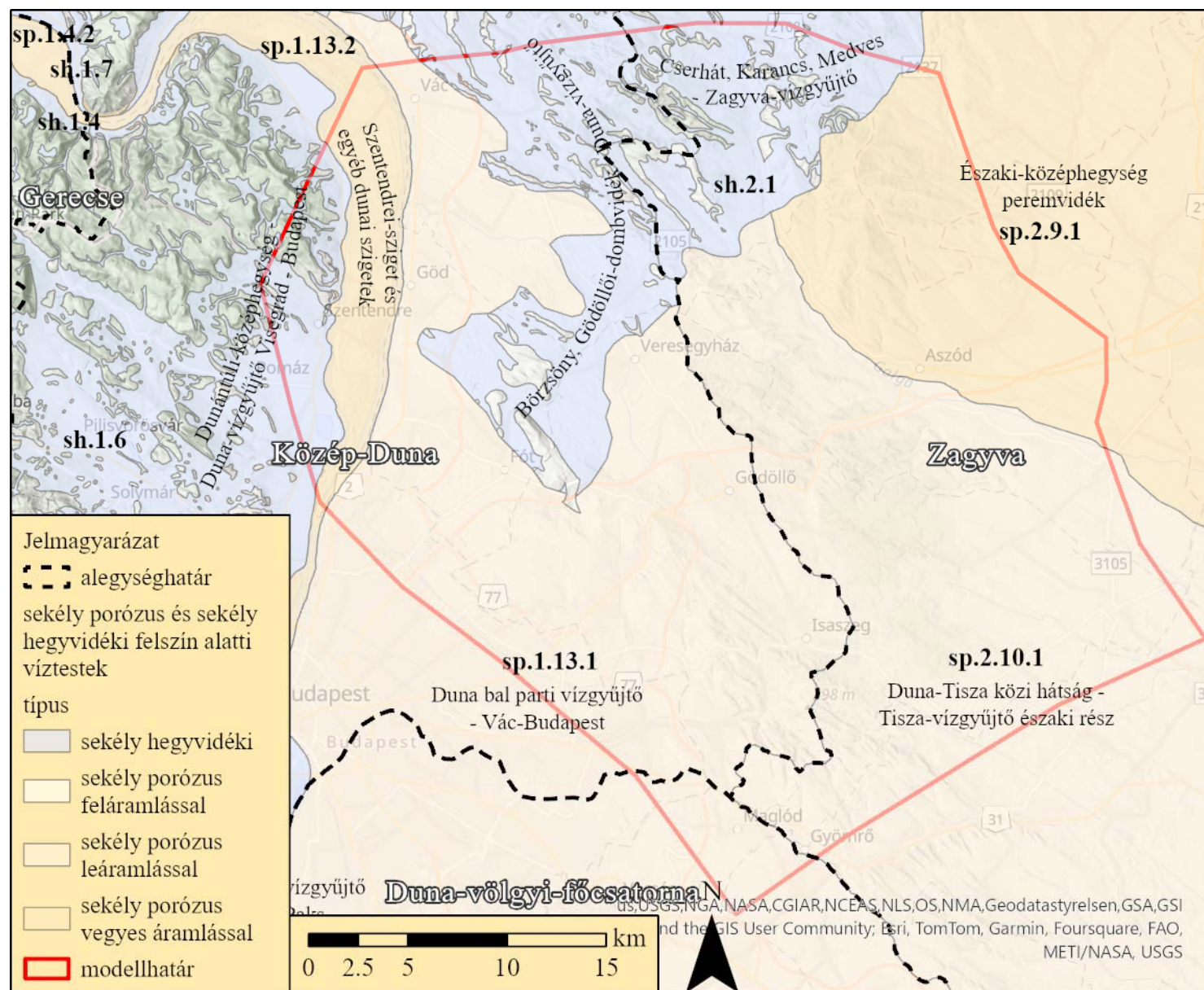
Talajvíztartó

A talajvíztartó a terület K-i és Ny-i részein felső pleisztocén korú löszös–homokos, löszös rétegeiben, a középső, Gödöllő környéki területeken, valamint az ÉK-i részeken fluvioecolikus homokos, futóhomokos képződményekben alakult ki. A vízfolyások völgyeiben holocén alluviális homok és kavics alkotják a talajvíztartót. Isaszegtől K-re, illetve Kerepestarcától É-i irányban nagy kiterjedésben találkozhatunk a felső pannon korú Nagyalföldi Tarkaagyag Formáció homokosabb képződményeivel is. A terület Ny-i területein pleisztocénnál idősebb, felső pannon, oligocén, miocén képződmények is találhatók a felszínen, elsősorban a kiemelkedések Ny-i oldalán. Az összefüggő kétfázisú talajvíztartó fölött helyenként függő talajvizek is kialakultak, melyek magasabb vízzszinttel, az állandó vízfolyások szintje feletti lokális fakadásaikkal jelentkeznek. A talajvíztartó vastagságát néhány méterre, estenként néhány tíz méterre tehetjük. A talajvíz-domborzat alakulása követi a felszíni domborzatot, mélysége 3–4 m-rel a felszín alatt jellemző. [5]

Regionális elterjedésű rétegvizek

A talajvíztartó alatt regionális elterjedésben, mintegy 300 méteres átlagvastagságban (0–800 m) a különböző felső pannóniai alluviális síksági formációk horizontálisan és vertikálisan is változatos felépítésű, homokos–agyagos rétegei alkotják a következő vízáadó rendszert. A felső pannon korú rétegek a vizsgált területen Ny–K-i irányban egyre nagyobb vastagságban találhatók meg: Kb. a Veresegyház–Mogyoród vonaltól ÉNy-ra hiányoznak, míg Gödöllő térségében 550–600 m, Tura környékén pedig már elérhetik a 750–800 m-es vastagságot is. Az összlet komoly jelentőséggel bír, hiszen a települések vízmű kútjainak nagy része elsősorban a felső 100–200 m vastag homokosabb, relatíve sekély kutakkal könnyen elérhető, megfelelő vízminőségű rétegein (Zagyva+Újfalui Formáció) települ.

A területen található törmelékes (pannon–miocén–oligocén) összlet rétegeinek horizontális és vertikális jellemzőit fontos lehet ismerni, hiszen a területen jellemző jelentős szerkezetalakulási folyamatok településükre jelentős hatással vannak. Ezek alapvetően meghatározhatják az utánpótlódási útvonalakat, a jelenlévő vizek összetételét, korát, sok esetben a mélyebb régiók sós vizének sekélyebb szintekbe jutását is. A medence porózus üledékeiben kialakult köztes (intermedier) áramlási rendszer elhatárolása a területen nehézkes, mivel a pannon korú rétegek Ny-i irányban kiemelkednek, alattuk miocén korú rétegek települnek. Ennek következtében a köztes áramlási rendszer a területen Ny–K-i irányban előbb miocén, majd kb. Gödöllőtől már pannon korú üledékekben húzható meg. [5]



7. sz. ábra: Sekély porózus és hegyvidéki felszín alatti víztestek [1]

Az üledékes összlet mintegy 500 méternél mélyebb részein lévő homokos rétegek már 30°C-nál melegebb vizet, termálvizet szolgáltathatnak. Hévízbeszerzésre ugyanakkor a területen inkább a miocén rétegek lehetnek alkalmasak, ugyanakkor ezek a képződmények inkább lokális víztartókat képeznek. Az Újfalui Formáció fekszik egyúttal a medence porózus, regionális áramlási rendszerének fekvését is jelenti. [5]

Lokális (termális) rétegvíztartók

A felső pannon rétegek alatt lokális vízáradókkal kell számolni elsősorban a miocén korú, medence fáciesű képződmények homok–homokköves rétegeiben és az oligocén sekélybathiális márgás sorozat homokos, homokköves közbetelepüléseiben. A szublitorális és sekély-szublitorális durvább szemcsés rétegsoraiban a kedvezőbb porozitású homokkövekben (Pétervásári Homokkő Formáció, Hárshgyi Homokkő Formáció) kedvezőbb adottságú víztartókkal számolhatunk.

Miocén korú üledékekre települ a gödöllői fürdő kútja is, mely kút vízhozamának alakulása, illetve a termelt víz összetétele is a víztartó elzárt jellegére utal. A miocén képződményeket mindeztáig hévíztermelés és geotermikus hasznosítás szempontjából alacsony vízvezető képességük miatt csak korlátozottan vették számításba, viszont esetleg CO₂ tárolására is alkalmasak lehetnek, megfelelően vastag és nagy kiterjedésű záróösszlet esetén, így a mélyebb geotermikus hasznosítások kialakításánál erre tekintettel kell lenni.

Meg kell említeni ugyanakkor, hogy a miocén összletben tárolt víz minősége változik a medence irányába, Ny–K-i irányban: a Ny-i, „sekélyebb” területeken, ahol az üledékképződés folyamán durvább szemcsés képződmények is leülepedtek, kedvezőbb vízföldtani adottságok jellemzőek (vízhozam, vízösszetétel). K-i, DK-i irányban, a víztartó anyagának finomodásával és a rétegek lokálisabb elterjedésével már extrém összetételű (20 000–30 000–40 000 mg/l összes oldott anyagú, Na–Cl-os) vizeket találhatunk a víztartó(k)ban.

Az oligocén korú homokkövek szintén lokális víztartókat képeznek. A víztartó finomszemcsés üledékeinek következtében alacsony permeabilitással rendelkeznek. A bennük tárolt víz fosszilis eredetű, ~40 000–60 000 mg/l összes oldott anyag tartalma és Na–Cl-os kémiai jellege részben tükrözi az eredeti, képződéskori vízösszetételt.

A miocén–oligocén rétegeken települő kutak vize jellemzően gázos, így az ennek megfelelő óvintézkedéseket meg kell tenni e rétegek átfúrásánál.

A permeábilisabb alsó pannon, miocén és oligocén korú képződmények szénhidrogén tároló kőzetek is lehetnek, így a terület hasznosítása során erre fokozott figyelemmel kell lenni. A finomszemcsés szerves anyagban gazdag agyagos képződmények szénhidrogén tartalma jó esetben rövid migrációs utat bejárva a keletkezés közelében is csapdázódhat. A keletkezett szénhidrogének többféle módon csapdázódhatnak a területen:

1. a triász korú aljzat másodlagos porozitással rendelkező repedezett zónáiban,
2. az eocén karbonátos képződmények másodlagos porozitással rendelkező repedezett

zónáiban,

3. az aljzat és a rá diszkordanciával települő oligocén rétegek érintkezési zónájában,

4. a nagy porozitással rendelkező Hárshegyi Homokkő és Pétervásárai Homokkő rétegeiben,

5. lokálisan az oligocén/miocén rétegsor homokos-homokkőes rétegeiben.

A terület geotermikus hasznosításakor számítani kell szénhidrogének megjelenésére, így fokozott figyelemmel kell lenni a létesítmények telepítésekor, a szükséges óvintézkedéseket meg kell tenni. [5]

Lokális porózus, kettős-porozitású rendszerek

A lokális, porózus, kettős porozitású rendszerek közé sorolhatjuk a Gödöllő területen előforduló prepannon miocén formációk közül a Lajtai Mészkő Formációt, valamint a felső eocén korú Szépvölgyi Mészkő Formációt. Hévízföldtani, vagy geotermikus hasznosítás szempontjából azonban ott lehet csak jelentőségük, ahol alaphegységi tárolóhoz kapcsolódnak. A Szépvölgyi Mészkőben tárolt víz kémiai jellege a sekélyebb mélységben található víztartóban $\text{Ca}-(\text{Mg})-\text{HCO}_3$ -os, míg mélyebb helyzetben $\text{Na}-\text{Ca}-\text{HCO}_3$ -os jellegű vizet találunk. A víz alacsony oldott anyag tartalma a víztartóbeli regionális áramlásra, utánpótlódásra utal.

Másodlagos porozitásuk révén ezek a képződmények szénhidrogén szempontjából tároló képződmények lehetnek. A terület geotermikus hasznosításakor így számítani kell szénhidrogének megjelenésére, a létesítmények telepítésekor fokozott figyelemmel kell lenni, a szükséges óvintézkedéseket meg kell tenni.

Regionális vízzáró egységek

Az Újfalui Formáció és a pretercier aljzat között több, alsó pannon, miocén, oligocén és eocén korú regionális/lokális elterjedésű vízzáró képződmény is elkülöníthető, melyek az alsó pannon Endrődi és Algyői Formációkba sorolhatóak.

Az alsó pannon üledékek alatt a területen a miocén és oligocén korú medence fáciesű üledékek elterjedése egészen az eocénig általános. Ezeket az üledékeket döntő részben aleurit, agyagmárga és agyag építi fel. A rétegsor Ny–K-i irányban jól nyomozható és fokozatos kivastagodással jellemezhető. Regionális vízzáró képződménynek tekintjük a területen a miocén korú Szilágyi Agyagmárga, a Garábi Slír, az oligocén Szécsényi Slír, Kiscelli Agyag, Tardi Agyag Formációk finomszemcsés üledékeit, illetve a felső eocén korú Budai Márga Formáció márgás képződményeit is. Ez utóbbi legalsó, a regionális karsztrendszerhez kapcsolódó részei gyakran karsztos üregeket is tartalmazhatnak. A vereasegyházi strandkút is (a budai forrásokhoz hasonlóan) a Budai Márga üregeiből termel. [5]

Karbonátos egységek karsztosodott és üde zónái

A geotermikus hasznosítás szempontjából legjelentősebb rezervoárokat a terület nagy részén a felső triász korú platform fáciesű karbonátos képződmények (Dachsteini Mészko Formáció) kőzetei jelentik ott, ahol hosszabb ideig felszíni hatásnak, mállásnak és karsztosodásnak voltak kitéve. Gödöllőtől K-i irányban, egy Isaszeg irányában szélesedő, háromszög alakú területen az aljzat víztartója már a Fődolomit Formáció, míg Isaszeg környékén és tőle D-re a Budaörsi Dolomit Formáció dolomitja. Az esetlegesen az aljzatra települő eocén korú Szépvölgyi Mészko Formáció képződményei ott jelentősek, ahol egységes hidraulikai rendszert alkotnak az aljzat karbonátjaival. A Budai Márga legalsó, karsztosodott üregekkel jellemzett részeiről fentebb tettünk említést.

Az ilyen területeken – az aljzatomborzattól is függően – néhányszor tíz, esetleg száz méteres vastagságban lehet megnövekedett pórus- és repedéstérrel, valamint permeabilitással számolni a felső karsztosodott zónákban. A mállással, karsztosodással nem érintett „üde” részeken jelentősen kisebb a porozitás és a permeabilitás, viszont a terület tektonizáltságát figyelembe véve, itt is elképzelhetőek a sűrűbb töredezettségből következő magasabb értékek. A regionális értékeléseknél fontos elemezni azt is, hogy a mállott, karsztosodott fekvőre közvetlenül települő fedőképződmények hidraulikai egységet képeznek-e az alaphegységi rezervoár-részekkel. Végül meg kell említeni, hogy a területet is érintette a miocén vulkanizmus, melyhez kapcsolódó hidrotermális hatásokra az alaphegységi karbonátok mélyebb részein nagyobb üregek, jobb permeabilitású részek alakulhattak ki.

A geotermikus hasznosításra alkalmas felső triász és a rá települő felső eocén karbonátos képződmények a területen, a ritka izovonalakkal ábrázolt és a domborzat részleteit erősen átlagoló pretercier aljzat térkép szerint, átlagosan 1700 m-es mélységben található, ugyanakkor a területen Ny–K irányban áthúzódó szeizmikus szelvény szerint az aljzat domborzat tagoltabb, tektonizáltabb, és ezért jóval nagyobb aljzatomélységek is előfordulnak. Az aljzatképződmények repedezettsége nemcsak a tárolt vizek és azok áramlásában játszanak szerepet, hanem a területen előforduló szénhidrogének migrációjában és csapdázódásában is. A csekély szervesanyag tartalommal rendelkező, mélyebb helyzetben található karbonátok megfelelő termikus körülmények esetén széndioxid gáz anyagközei lehetnek. Az itt keletkezett gáz migrációjában elsősorban a kőzet repedéshálózata, tektonizáltsága (vertikális migráció), valamint az aljzat eróziós felszíne (horizontális migráció), játszik szerepet, melynek következtében a gáz a sekélyebb környezetekbe, a karbonátos képződmények felső zónáiba juthat. [5]

4.2.2. Víztestek jellemzése

4.2.2.1. A h.1.7, sh.1.7 és sp.1.13.1 víztestek

A „h.1.7 Börzsöny, Gödöllői Dombvidék–Duna-vízgyűjtő” hegyvidéki, a „sh.1.7 Börzsöny, Gödöllői Dombvidék–Duna-vízgyűjtő” sekély hegyvidéki és az „sp.1.13.1 Duna bal partivízgyűjtő Vác-Budapest” elnevezésű sekély porózus, a Duna vízgyűjtőjéhez tartozó víztest a Börzsöny-

hegység D-i területrészeit és a Pesti-sík északi részét foglalja magába. A terület minimum magassága 105 mBf., maximum magasság 925 mBf. A terület alaphegysége kétfelé oszlik. A kisebbik, északi részt az Ipolyi komplexum kristályos kőzetei építik fel. A nagyobbik, déli rész a Dunántúli-középhegység földtani-tektonikai folytatásában levő felső-triász karbonátos kőzetekből áll. Ez felszínen csak Váctól északra a Naszályon fordul elő, máshol csak mélyfúrások (Szendehely), illetve bányavágatok (Kosd) tárják fel.

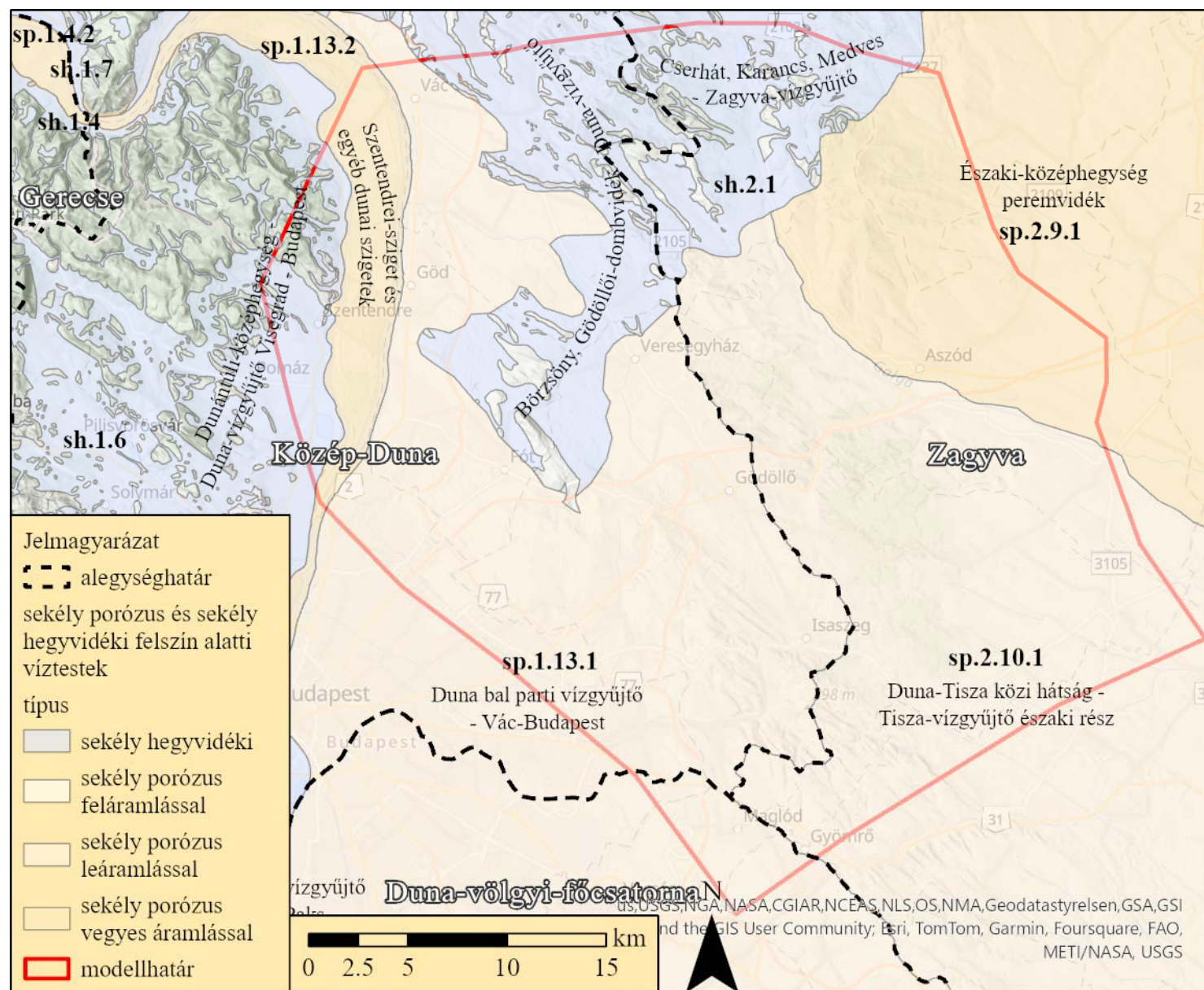
Az alaphegységi képződményekre üledékes diszkordanciával foltszerűen eocén bauxit, ezt követően felső-eocén szárazföldi üledékek, majd mocsári-folyóvízi, végül sekélytengeri üledékek települnek. Az oligocénben átmeneti kiemelkedést követően a mélyülő tenger üledékei – széntelepek, homokkő, agyag, aleurit - fedték be az idősebb képződményeket, amikre homokkő és kavicsos üledék települt. A víztest felszínén jelentős területen találunk vulkáni kőzeteket, mely a Börzsöny fő tömegét alkotják, andezit láva, tufa és agglomerátum formájában. A vulkanizmust követően a felső-miocénben újabb sekélytengeri, meszes, márgás üledékek keletkeztek, melyek Szob környékéről ismertek. A pannon agyagos, homokos képződmények a Pesti-síkság irányában vastagodnak. A negyedkort képviselő folyóvízi üledékek közül a legfontosabbak a Duna folyását kísérő, a Pesti-síkságra is benyúló teraszos kavicslerakódások. Ezeken kívül folyami és eolikus homok, valamint lösz a jellemző.

A víztestek területén ismert alaphegységi triász kőzetek jól karsztosodó, repedezett, hasadozott kőzetek. Jó, illetve kitűnő vízvezetőképességüket az elsődleges porozitásuk és a tektonikai folyamatok mellett a kréta-alsó-eocén, alsó-oligocén és pleisztocénban történt karsztosodási folyamatok is elősegítették.

A karsztvízszint a területen 100-110 m tszf magasságban helyezkedik el a karsztvízszint észlelő fúrások adatai alapján, csúcspontja a kissé délre levő Naszály tömege alatt van. A víz a hidrodinamikai modell szerint a Pilis DK-i lábánál fakadó langyos vízű források felé áramlik a mélykarszton keresztül, DNY-i irányba.

A víztesten ismert fedőhegységi üledékek zömmel vízzáró üledékek. Vízartó tulajdonságuk az oligocén-miocén-pannon homokos-kavicsos üledékeknek, a felső-eocén és bádeni mészköveknek, továbbá a pleisztocén folyóvízi kavicsoknak van.

A karsztos kőzetekből fedőhegységi üledékekbe átáramlás csak elenyésző mennyiségben lehetséges. Vízföldtani jelentősége a vulkáni agglomerátumoknak van, melyekből sok kis-közepes hozamú hasadékforrás vezeti felszínre a vizet. Ezek általában igen kis oldott anyagtartalommal rendelkeznek. [1]



8. sz. ábra: Sekély porózus és hegyvidéki felszín alatti víztestek [1]

4.2.2.2. Az sp.2.10.1 víztest

A víztest a Duna-Tisza közti hátság keleti peremén helyezkedik el. Vízadó képződményei homokok, melyek törmelékes (sekély porózus) vízadó típusba sorolhatók. A morfológiailag hátsági típusú víztest területén az áramlási viszonyok leáramlási jellegűek, azaz a beszivárgó csapadékvíz a talajvízen keresztül a sekély rétegvízbe, majd a mélyebb rétegvizekbe szivárog. Az uralkodó áramlási irány tehát vertikálisan lefelé irányul.

A víztest jellemzően a felszín alatti 5 és 18 m között helyezkedik el, átlagos vastagsága tehát 13 m. A víztest vastagsága 6 és 25 m között változik. A víztest területén 1 db vízadó összetet jelölhetünk meg. A vízadó kifejlődése és kőzettani felépítése változó (homok-kőzetliszt-iszap), több méter vastag laterálisan hosszan követhető homokrégeket általában nem találunk.

A víztest hidraulikai viszonyaira vertikálisan a leáramlás és a nyomás alatti jelleg a jellemző. A szabad felszínű jelleg a talajvízre sem jellemző. A horizontális áramlás főiránya kelet-délkeleti, azaz a Tisza völgye felé irányul. A vízfolyások és az állóvíztestek környezetében a regionális áramlási iránytól eltérő lokális áramlási pályák alakulhatnak ki. A szomszédos víztestekkel való kapcsolatára a viszonylag jelentős vízátadódás jellemző. A víztestnek az alatta elhelyezkedő p.2.10.1 víztest utánpótlódásában a beszivárgó csapadékvíz leáramlása miatt jelentős szerepe van. Az sp.2.10.1 víztest utánpótlódását a beszivárgó csapadékvíz biztosítja, szomszédos víztestekből történő átadódás nem számottevő.

A víztest a regionális vezetőképesség szempontjából a közepes kategóriába sorolható. [1]

4.2.2.3. Az sp.1.13.2 víztest

Vízföldtan

A víztest aljzatát felépítő Fődolomit Formáció jó vízadó, az erre települő Kiscelli Agyag Formáció képződményei vízzárók.

A Törökbálinti Homokkő félig áteresztő. A Tari Dácittufa fekükközete vízzáró, míg az erre települt Egyházasgergei fekükközet vízadó.

A Nagyvölgyi Dácittufa Nagykoppányi Andezit tagozata repedezett, vízzáró. Ezen képződményeket, a víztest egészét figyelembe véve, vízvezető képesség szempontjából gyakorlatilag vízzárónak tekinthetjük. Ezeknek a pontos vastagságáról nem áll rendelkezésre információ.

Ezekre települtek a pleisztocén és holocén korú fő víztartó folyóvízi kavics és homok fekvő kőzetei, melyek vízadók és nagyon jó vízvezetők.

A harmadidőszaki üledéket a sziget egész területén átlagosan 7-9 m vastag folyóvízi kavics borítja. A sziget kavicsanyagának összetétele változatos, homokos, kavicsos, helyenként görgeteges. A kavicsra változó vastagságú folyóvízi homok települ.

A folyóvízi képződményeket fedő rétegeket (3-5 m) felső pleisztocén futóhomok és holocén öntéshomok, homokliszt alkotja.

A talajvíz szintje a Duna vízszintjének változásához igazodik, a domborzat változásától függetlenül. Így a sziget magasabb pontjain a talajvíz a terep szintje alatt 8-10 méteres mélységet is elérhet. A folyóvízzel való összefüggés a parttól távolodva csökken. Természetes állapotában a talajvízáramlás a sziget egészét tekintve a folyóáramlással megegyező irányú, míg a partok közelében a partélre merőleges, kétirányú is lehet. A sziget vízháztartási állapotát a Duna határozza meg. Természetes állapotban a budapesti 2,0 m-es vízállás felett töltődik, ez alatt ürül a sziget. Ilyen állapot átlagosan minden harmadik évben fordul elő az őszi-téli kisvízes időszakban.

A Fővárosi Vízművek Zrt. Szentendrei-szigeti partiszűrős vízbázisai a természetes talajvízállapotot befolyásolták. A termelőkutak által okozott depresszió kútirányú vízáramlást okoz. A vízkitermelés jelentős részt a folyó irányából történik, de a kutak termelése a sziget belsejében is csökkentette a talajvízszintet, így a sziget belsejében vízdombok és leszívási tölcések alakultak ki. [1]

4.2.2.4. Az sp.2.9.1 víztest

Vízföldtan

A víztest az Északi-középhegység előterében húzódik. Vízadó képződményei a pleisztocén korú folyóvízi üledékek.

A negyedidőszaki törmelékeny típusú képződmények (pleisztocén folyóvízi üledékek) általában jó vízadók, jó vízvezető képességűek, mind horizontálisan, mind vertikálisan.

A folyóvízi üledékek közül nagyon jó vízvezetőek a kavics, kavicsos homok rétegek. Ezen képződmények közül az övzátony fációs félig áteresztő a benne található kőzetlisztes agyag, agyag rétegek miatt, melyek a negyedidőszaki képződmények vertikális vízvezető képességét rontják.

A víztest átlagosan 20m vastagságú. Feküjt a p.2.9.1. Északi-középhegység peremvidék porózus víztest adja. A két víztest között közvetlen a kapcsolat, jelentős vízzáró réteg nem található köztük.

A víztest vízadó rétegei felett kis jelentőségű és elterjedésű elsősorban félig áteresztő képződmények előfordulnak, döntően azonban szabadfelszínűnek tekinthető.

A víztest leáramlási területnek tekinthető. A víztesttel délen határos, feláramlási területnek minősülő sp.2.9.2 Jászág, Nagykunság víztesttel hidrodinamikai kapcsolatban áll.

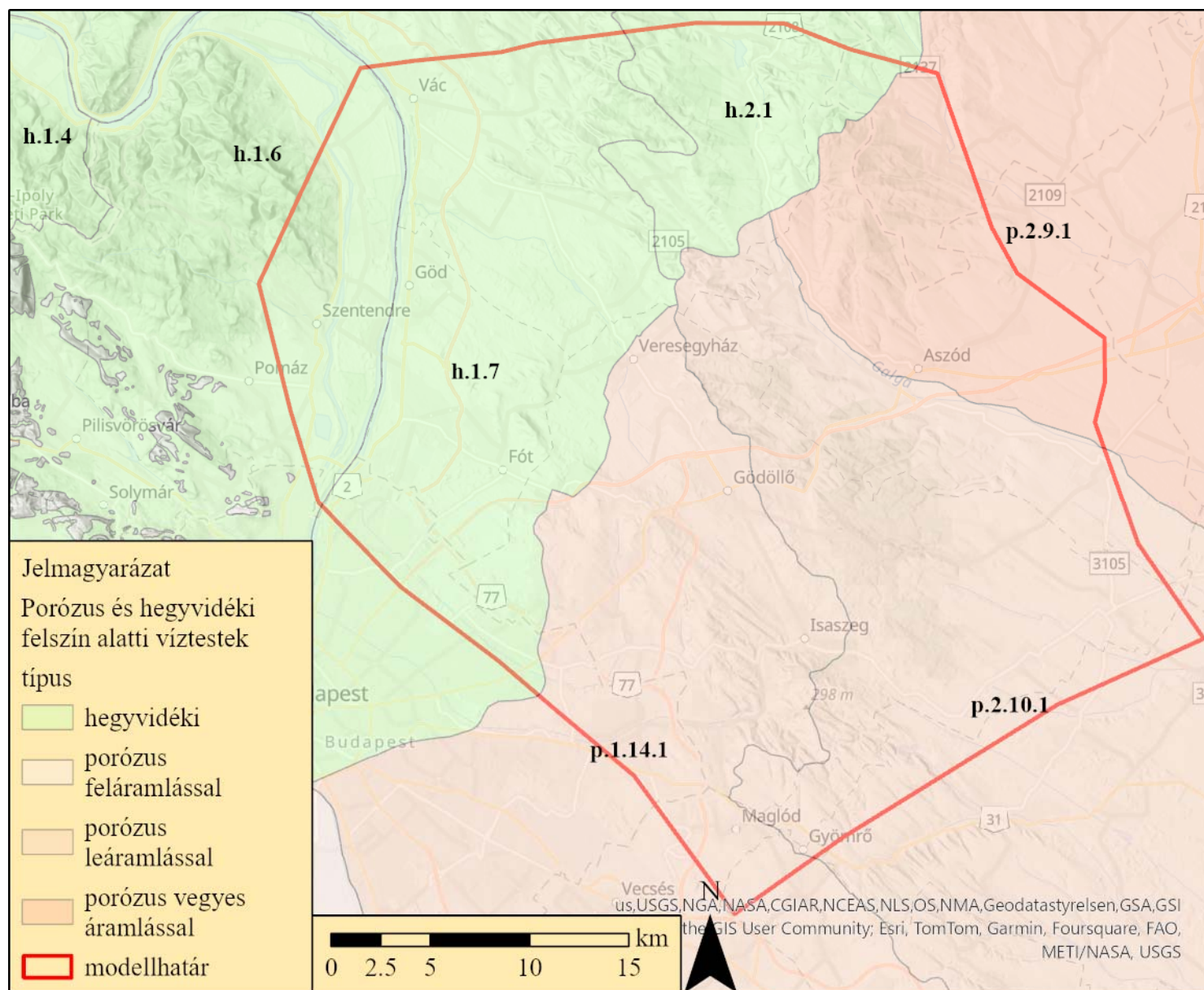
A sekély felszín alatti víztestet 7 db dombvidéki kisvízfolyás medre drénezheti. Nem zárható ki a kapcsolat a síkvidéki közepes vízfolyások esetében sem.

A víztestet megcsapoló kutak kettős fajlagos vízadó képességét figyelembe véve megállapítható, hogy a vízkivételi objektumok jelentős része a közepes vízadó képességű porózus rétegeket termeli. A víztest jelentősebb vízkivételei (Andornaktálya Eger Déli Vízmű) kiváló vízadó képességű rétegek vizét termelik.

A víztest természetes utánpótlódása csapadékból mintegy napi 97,5 ezer m³. A FAVÖKO vízigény a víztesten mintegy napi 37,5 ezer m³, melyet jelentős részben a vízfolyások alaphozam igénye tesz ki, illetve kis hányadban a forrásból származó kisvízi hozam is hozzájárul.

A felszín alatti vízkészlet hőmérséklete átlagosan 11°C-os (9-13°C között változik).

A víztest több mint 20%-án diffúz szennyezőforrásból származó nitrát szennyeződéssel terhelt a felszín alatti víz. Az Alföld északi peremén a lignit bányászathoz kapcsolódó víztelenítés hatására a talajvízszint süllyedése tapasztalható a területen. A víztest vízkészletének minőségi és mennyiségi problémái miatt rossz állapotúnak minősített. [1]



9. sz. ábra: Porózus és hegyvidéki felszín alatti víztestek [1]

4.2.2.5. A h.1.6 víztest

A triász rétegsor karsztosodott kőzetei alkotják a főkarsztvíztározót. Az alsó triász rétegsor vízáadó és víztározó képessége csekély (Alcsútdobozai Mészke, Hidegkúti F., Csopaki Márga). Közepes vízáadó és tároló képességű képződmények a középső triász sekélytengeri karbonátok (Aszófői Dolomit, Iszkahegyi Mészke), a márgás Felsőörsi Mészke, és a tufás Buchensteini Formáció. A Mátyáshegyi Mészke és a Budaörsi Dolomit jó vízáadó és víztározó. A felső triász összlet a vízzáró Veszprémi Márgával illetve a kiváló vízvezető képességű Sédvölgyi Dolomittal kezdődik. A terület legjelentősebb karsztvíztározó összletei a felső-triász kiváló vízvezető, víztároló és vízáadó képességű, nagy vastagságú platform karbonátjai, a Fődolomit Formáció és a Dachsteini Mészke.

A területen a jura képződmények nem regionális elterjedésűek vízföldtani jelentőségük csekély. A Pisznicei Mészke gyengén karsztosodik, az Eplényi mészkő repedések mentén csekély mértékben karsztosodik.

Eocén képződmények többsége vízzáró, a Dorogi formációban levő dolomittörmelékes előfordulások vízvezetők lehetnek, és a Tokodi formációban vannak vízáadó homokosabb rétegek, csak a karsztosodott Szőci és Szépvölgyi Mészke van jó víztartó és vízvezető képessége.

Az oligocén képződmények, főleg agyagos márgás kifejlődések, vízáadó és vízáteresztő képességük minimális, de a változatos kifejlődésű Csatkai kavics kavicsosabb kifejlődései jó lokális vízáadók.

A miocén és alsó pannóniai vízzáró illetve félig áteresztő márgás, homokkőves képződményei közé települt Lajta Mészke, Rákosi Mészke és a Tinnyei Formáció biogén mészhomokos összletei jó vízáadók. A miocén vulkanit vízzáró, akadályozza a leszivárgást, bár a repedezett zónákból sok kis forrás fakad.

Felső pannóniai félig áteresztő illetve vízáadó képződmények csekély elterjedésük miatt a regionális vízellátásban nem játszanak szerepet.

A területet fedő vízvezető lösz összlet a beszivárgásban is szerepet játszik.

A fedőhegységi üledékek közül víztartó tulajdonságuk az oligocén-miocén-pannon homokos-kavicsos üledékeknek, továbbá a pleisztocén folyóvízi kavicsoknak van (Duna kavicssterasz), melyek a terület legjelentősebb negyedidőszaki vízáadó képződményei. [1]

4.2.2.6. A h.2.1 víztest

A terület aljzatát ÉK-en elsősorban paleozós vízrekesztő kristályos kőzetek, DNy-on triász karbonátos kőzetek alkotják, ez utóbbiak a Csővári rög területén emelkednek sasbérc szerűen felszínre. Ezek a kőzetek a Dunántúli-középhegység főkarsztvíztározójához tartoznak, annak itteni beszivárgási, vízutánpótlódási területét képezik a helyenként rátelepülő eocén mészkővel együtt. A Csővári-rög területén medernyelős patakszakasz ismert, ahol jelentős, vonal menti vízelnyelés történik. A karszt egykor a Kósd melletti szénbányászat végleges akadályát jelentette, a katasztrófális mértékű vízbetörések nyomán.

A víztest aljzatát a Zagyva-folyó ÉK-i térségében a Nagybátony 314. sz. fúrás alapján bükki típusú, kevésbé karsztosodó kőzetei paleozós, részben mészköves rétegei alkotják. A fedőhegységi üledékek nagy része vízzáró agyag, és agyagos aleurit, melyek zöme oligocén korú. Ezek közvetlenül az alaphegységre – eocén mészkőre – települnek, nyomás alatti mélykarsztot létrehozva. A felső oligocén homok-homokkőves összlet változó víztározó képességű. A miocén üledékekben közepes víztározó, nem túl jelentős homok rétegek találhatók vulkáni tufarétegekkel elválasztva, ami változatos vízföldtani képet eredményez. Az andezit összletek hasadékvizet tárolnak, számos kis forrás hozza felszínre vizüket, olykor langyos vizet (max. 16 °C) is a mélyebb kiterjedésű kőzetösszletből (Mátraszőlős környéke).

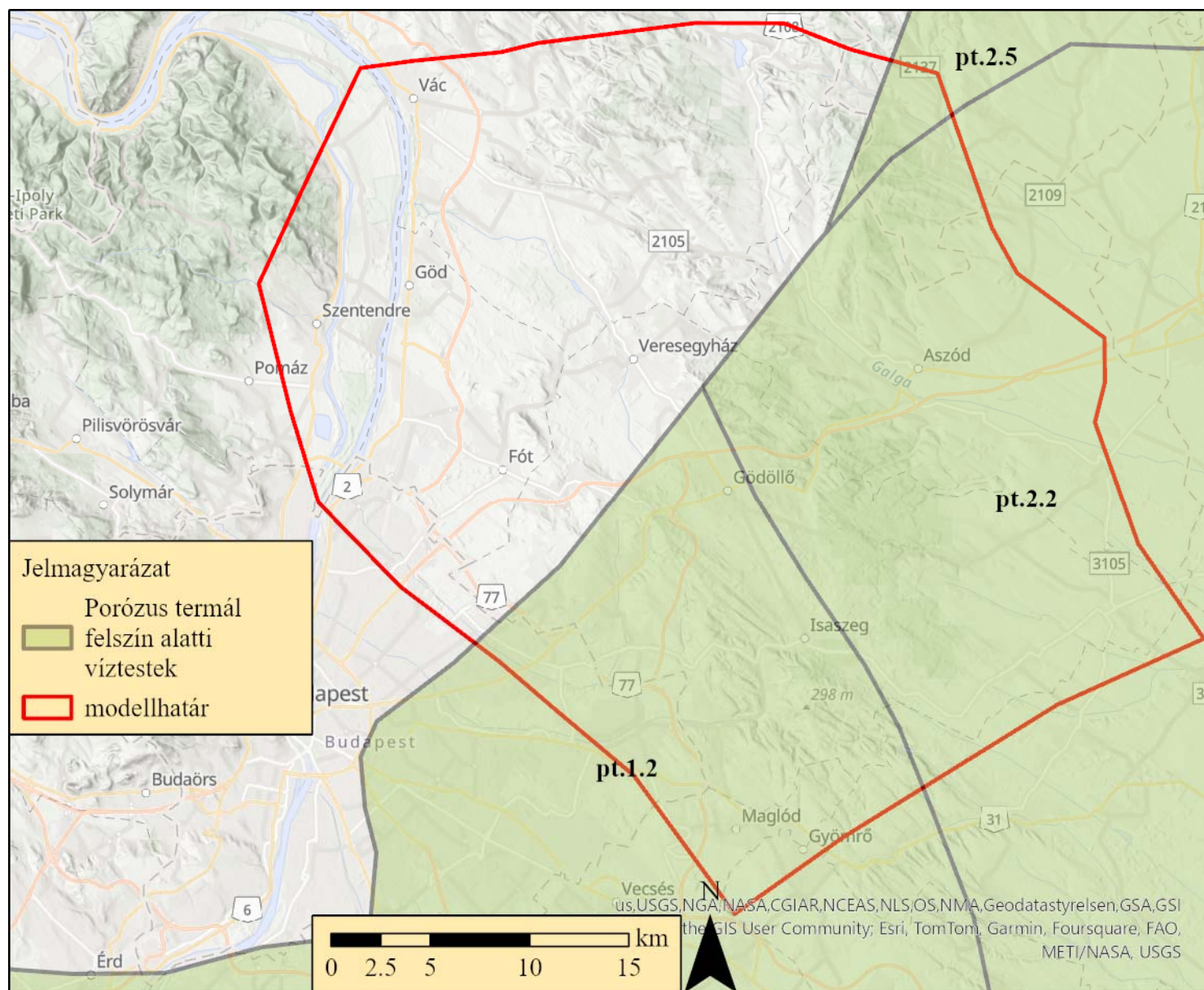
A Cserhát területén ismert több kilométer hosszú vulkáni kőzettelérek jelentős felszín alatti határoló szerepet jelentenek a fedőhegységi üledékekben áramló vizek számára, ugyanez a mélyebb, alaphegységi kőzettömegekben is feltételezhető. A felső miocén mészkövek és mészhomokkővek kis jelentőségű, karsztos jellegű forrásokba juttatják a tárolt vizet. A terület forrásai zömében leszálló vizűek, kevés számú felszálló található. Vizük általában kalciumhidrogénkarbonátos, csak néhány – oligocén homoklencséből feltárt – forrás és fúrás esetén találkozunk igen magas (> 18 g/l) NaCl tartalmú vizekkel (Sóshartyán). A Zagyva völgye mentén, több helyen is CO₂ gázos vizek találhatók, a gáz feltehetően a mélységi karsztos kőzetekből származik, a Recsk környéki csevicékhez hasonlóan. Lokális területi jelenség a Somoskő környékén ismert bazalttakaró és néhány bazaltkúp, melyek jelentéktelen vízföldtani szerepet játszanak a miocén üledékeket befedve, azok csapadékeredetű vízutánpótlását gátolva.

A folyó és patak völgyekben a lejtőtörmelékek üledékei, a felszínen megjelenő porózus rétegek vagy vulkáni törmelékes felszínek alatti repedezett, törmelékes üledékek tekinthetők talajvíz tartó rétegeknek.

A homokkő borította felszínen könnyebben beszivárgó csapadékvíz viszonylag hamar rossz vízvezető rétegbe ütközik, ezért oldalirányú áramlásra kényszerül, majd források formájában kilép a völgyekben. Nagyobb vízhozamú források ott alakulnak ki, ahol törésvonal szeli át a víztartó réteget.

A Medves-vidék kistáján a terület nagy részét a bazalt vulkanizmus során kialakult fennsík (bazalt-plató) alkotja. A fennsík pereme meredek lejtőkkel csatlakozik a környező térszínhez.

A miocén üledékképződése igen változatos. Szárazföldi agyag, homok, kavicsos homok, vulkáni tufák, piroklasztikumok, széntelepek (Salgótarjáni barnakőszén formáció) váltják egymást, majd a kőszéntelepes formációt újra betakarja a Medves bazaltja, melynek felső rétegei repedezettek. Ezt az ősi völgyeket kitöltő vastagabb lávát a szénbányászat telérnek tartotta, ilyen kivastagodott völgykitöltésből fakad az István táró forrása is. [1]



10. sz. ábra: Porókus termál földalatti víztestek [1]

4.2.2.7. A p.1.14.1 víztest

A víztest északi része a viszonylagosan kiemelt térszínnel jellemezhető Gödöllői-dombság, déli része Duna-Tisza közti hátság északi részének a területén helyezkedik el. A vízadó képződmények főleg pleisztocén, alluviális kifejlődésű kavicsos homok, homok, aleurit, agyagos homok, homokos agyag, illetve felső pannon szintén alluviális és folyóvízi delta kifejlődésű agyag rétegekkel harántolt homok üledékek, amelyek porózus vízadónak minősülnek. A víztest felső felének (pleisztocén) K-i részén leáramlási viszonyok jellemzőek, a Ny-i rész hidrodinamikailag semleges zónának tekinthető. Alsó felén, nagyobb mélységű részeken (felső pannon) a feláramlási viszonyok válnak jellemzővé.

A víztest vastagsága átlagosan 423 m, maximuma 490 m, minimuma 40 m.

A víztest felszíni vetületének horizontális lehatárolása nyugaton a Duna –völgy geomorfológiai határával, keleten a Duna-völgyi főcsatorna vízgyűjtőjének határával, északon a h.1.7 – Börzsöny, Gödöllői - dombvidék – Duna-vízgyűjtő hegység víztész déli határával, délen pedig egy mesterségesen határvonallal esik egybe. Az déli mesterséges határ az abszolút talajvízszint ÉNY – DK-i csapású kiemelkedésével azonosítható.

Vertikális szempontból a víztest felső határát a pleisztocén korú első vízrekesztő réteg felső síkja alkotja. A határvonal felszíntől számított mélysége átlagosan 33 m, maximális mélysége 44 m – a víztest megközelítőleg déli részén, Lajosmizse térségében, illetve minimális mélysége 10 m - a víztest É-i peremi részén.

A víztest fekvését a Dabas térségében található alaphegységi kiemelkedés területén, illetve az északi, a hegység víztészekkel közvetlenül határos részeken a felső pannon korú Algyői Formáció agyagos, aleurit üledékei, máshol a 30 °C-os izoterma képviseli. A fekvé átlagos mélysége 430 m, maximális mélysége 550 m – a víztest DK-i részén, Ballószög és Jakabszállás térségében. Minimális mélysége 50 m – a víztest É-i peremi részén.

A víztest üledékösszletei az északi peremi részen található, a hegység víztészekkel való határt alkotó tektonikai vonalak mentén kiemelkednek. A vastagság a Pannon-medence fokozatos mélyülésének megfelelően D-i, DK-i irányban fokozatosan nő.

A víztest földtani és vízföldtani szempontból vertikálisan két vízadóra tagolható.

A felső vízadó a pleisztocén korú, főleg lencsés geometriájú alluviális kifejlődésű üledékösszleteket foglalja magában, melyeknek fekvése az agyag, kőzetlisztes agyag esetleg vékony homok rétegekből felépülő felső pannon Nagyalföldi Tarkaagyag Formáció. A folyóvízi eredetű, félig áteresztő tulajdonságú fekvé átlagos mélysége 125 m, maximális mélysége 225 a víztest K-i, DK-i, peremi részén, Táborfalva és Jakabszállás térsége, minimális mélysége 20-25 m, a víztest É-i peremi rész.

A mélyebb vízadó szintet a felső pannon korú delta-front, delta-síkság, illetve delta-lejtő képződési környezetben létrejött Zagyvai Formáció és Újfalu Homokkő Formáció képviseli, melyek geometriájára jellemző a horizontálisan folytonos sík rétegzettség.

A pleisztocén vízadóban a horizontális áramlás megközelítőleg K-Ny-i, illetve ÉK-DNy-i irányú, az áramlás vertikális komponense a víztest keleti részén egyértelműen lefelé irányul, a nyugati részekben az áramlás közelít a vízszinteshez. A horizontális áramlás sebesség átlagosan 10⁻⁴-10⁻⁶ m/s, vertikális irányban megközelítőleg egy nagyságrenddel kisebb. A jellemző vízszintek a felszíntől számított -2 m-től -28 m-ig váltakoznak.

Hidrodinamikailag a víztest, felső pleisztocén vízadója a Duna bal parti vízgyűjtőjéhez tartozó, K-Ny-i irányú regionális rendszer leáramlással jellemezhető része. Kapcsolata a szomszédos víztestekkel nyugati irányban folytonosnak tekinthető, keleti irányban a határt a Duna-Tisza közti hátság morfológiai tengelyével azonosítható vízválasztó képezi.

A felső pannon vízadóban a horizontális áramlás iránya megközelítőleg Ny-K-i illetve ÉNy-DK-i, az áramlás vertikális komponense közelít a vízszinteshez, illetve a mélyebb, nagyobb rétegyomással jellemezhető K-i részekben felfelé irányul. A horizontális áramlás sebesség szintén átlagosan 10⁻⁴-10⁻⁶ m/s, vertikális irányban megközelítőleg egy nagyságrenddel kisebb. A jellemző vízszintek tág határok között mozognak a felszíntől számított -1 m-től -80 m-ig váltakoznak.

A vízadó kapcsolata a szomszédos víztestek hasonló felső pannon vízadóival folytonosnak tekinthető. Természetesen a fedőben található pleisztocén vízadóval a kétirányú kommunikáció is megfigyelhető. [1]

4.2.2.8. A p.2.10.1 víztest

A negyedidőszaki képződmények (pleisztocén folyóvízi üledékek, f2, f3 és f6 fácies) általában jó vízadók, jó vízvezető képességűek, horizontálisan is és vertikálisan is mintegy 50 % -ra tehető a gyakorisága a víztesten belül. Ezen képződmények közül az övzátony (f4 10%) fácies félig áteresztő a benne található kőzetlisztes agyag, agyag rétegek miatt, melyek a negyedidőszaki képződmények vertikális vízvezető képességét rontják.

A Nagyalföldi Formáció félig áteresztő, vízvezető képessége horizontálisan a benne található kőzetliszt, homok, agyag, kavicsrétegek, agyagos és agyaghomok rétegek sűrű váltakozásából álló artéri üledékek közepes és gyenge. A vertikális vízvezető képessége inkább gyengének mondható. Gyakorisága 20 % körüli.

E képződmények alatt található Újfalui és Zagyvai Formáció félig áteresztő, horizontális vízvezető képessége közepes vagy gyenge, vertikális vízvezető képessége inkább gyengének mondható, mivel az agyag, vagy agyag-homok sűrű váltakozásából álló tavi üledékek egymástól elszigetelt, kis távolságon belül kiemelkedő medrekben települtek. Gyakorisága 20 % -nak vehető mind horizontális, mind vertikális értelemben.

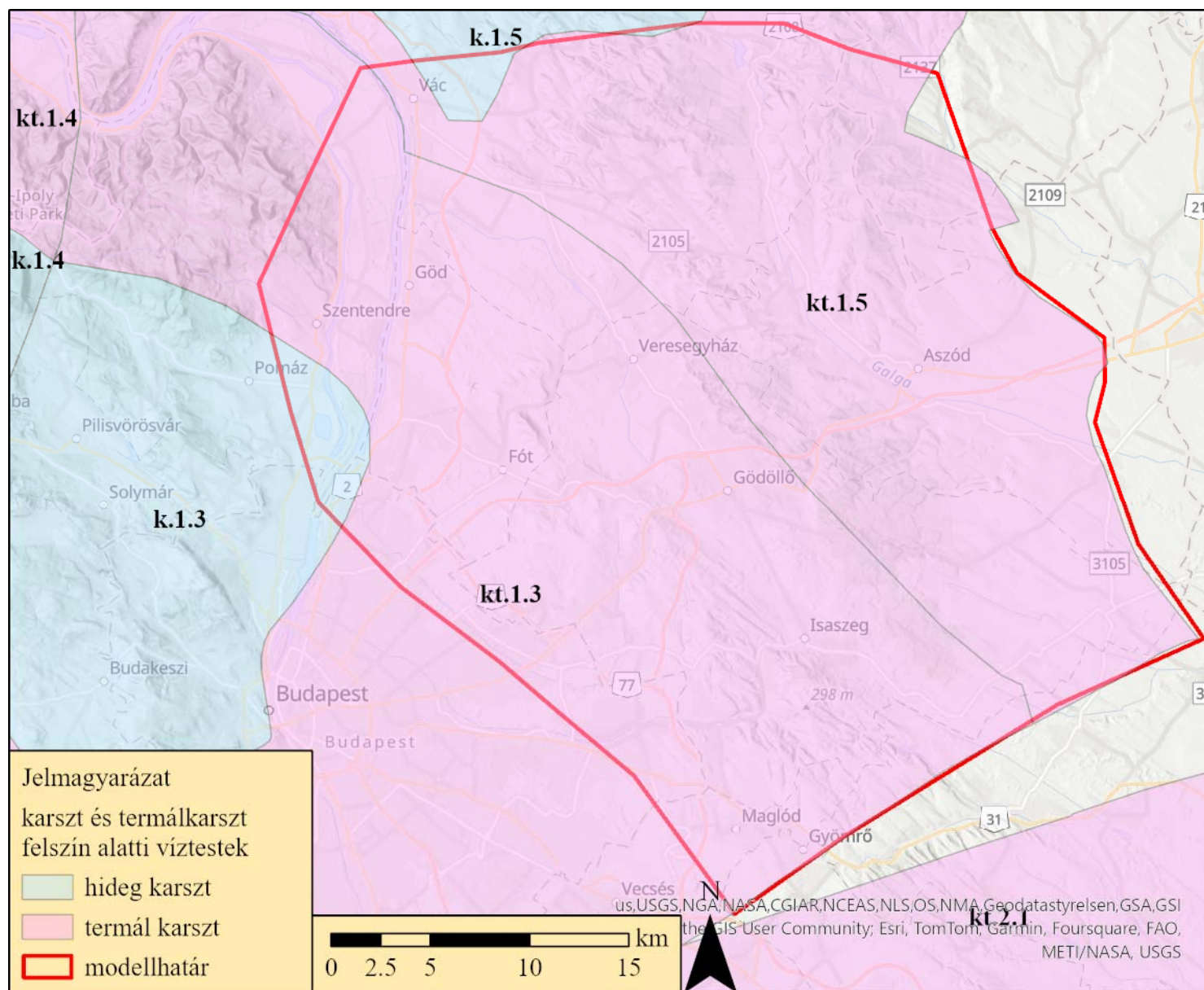
A víztest 30%-a regionálisan jó, 25%-a regionálisan közepes és 45%-a regionálisan rossz vízvezető képességű hidrosztratigráfiai egységekből áll.

A víztest jellemzően a felszín alatti 15 és 433 m között helyezkedik el, átlagos vastagsága tehát 418 m. A víztest vastagsága 325 és 509 m között változik, a szélső értékek a terület középső részén találhatók. A víztest területén általában 3 db vízadó összletet különböztethetünk meg, kivéve A vízadókat több méter vastag laterálisan általában hosszan követhető homokrétegekből álló rétegcsoportok alkotják.

A víztest hidraulikai viszonyaira vertikálisan a leáramlás és a nyomás alatti jelleg a jellemző. A szabad felszínű jelleg a talajvízre sem jellemző. A horizontális áramlás főiránya kelet-délkeleti, azaz a Tisza völgye felé irányul. A szomszédos víztestekkel való kapcsolatára a viszonylag jelentős vízátadódás jellemző. A víztestnek a fölötté elhelyezkedő sp.2.10.1 víztestből jelentős mértékű utánpótlódása nincsen. Az utánpótlódás, elsősorban a feküjében elhelyezkedő porózus termál víztestekből (pt.2.1; pt.2.2) történik, és jelentős mértékű az átadódás a szomszédos p.2.10.1 és p.2.9.2 víztestekből is.

A víztest ivóvízellátásra igénybe vett vízadó rétegei mélységi helyzetük, és a fedőképződmények kőzettani felépítése miatt hidrogeológiai szempontból nem tekinthetők sérülékenynek. Az előzetesen megkutatott Csemő-Ny 38.1 távlati vízbázis sérülékenységet (50 éves elérési idővel számított védőidomnak felszíni metszete van) a viszonylag nagy vízigény (15.000 m³/nap) okozza.

A víztest vízadóira a 10-30 °C közötti hőmérséklet tartomány jellemző. Az ivóvízellátásra leginkább használt 150 -230 m közötti rétegek hőmérséklete 18-25 °C között változik. [1]



11. sz. ábra: Karszt és termálkarszt felszín alatti víztestek [1]

4.2.2.9. A p.2.9.1 víztest

A víztest az Északi-középhegység előterében húzódik. Vízadó képződményei a felső pannon korú üledékek, hideg vizet termelnek belőlük. A víztest átlagos vastagsága 150 m.

A víztest fedőjét negyedidőszaki törmelékes típusú képződmények (pleisztocén folyóvízi üledékek) alkotják, melyek általában jó vízadók, jó vízvezető képességűek, mind horizontálisan, mind vertikálisan.

A folyóvízi üledékek közül nagyon jó vízvezetőek a kavics, kavicsos homok rétegek. Ezen képződmények közül az övzátony fácies félig áteresztő a benne található kőzetlisztes agyag, agyag rétegek miatt, melyek a negyedidőszaki képződmények vertikális vízvezető képességét rontják.

A víztestet alkotó törmelékes képződmények közül a Nagyalföldi Formáció félig áteresztő, vízvezető képessége horizontálisan a benne található kőzetliszt, homok, agyag, kavicsrétegek, agyagos és agyag-homok rétegek sűrű váltakozásából álló ártéri üledékek közepes és gyenge. A vertikális vízvezető képessége inkább gyengének mondható. Gyakorisága 20 % körüli.

E képződmények alatt található Újfalui és Zagyvai Formáció félig áteresztő, horizontális vízvezető képessége közepes vagy gyenge, vertikális vízvezető képessége inkább gyengének mondható, mivel az agyag, vagy agyag-homok sűrű váltakozásából álló tavi üledékek egymástól elszigetelt, kis távolságon belül kiemelkedő medrekben települtek. Gyakorisága 20 %-nak vehető mind horizontális, mind vertikális értelemben.

Az Algyői Formáció vízzáró, vízvezetés szempontjából a víztesten belül nincs jelentősége.

A délfelé való vízáramlás következtében a h.2.2 Mátra és a p.2.9.1 Északi-középhegység pereme között hidrodinamikai kapcsolat valószínűsíthető. A víztest leáramlási területnek tekinthető. A víztesttel délen határos, feláramlási területnek minősülő p.2.9.2 Jászság, Nagykunság víztesttel hidrodinamikai kapcsolatban áll.

A víztesten található kutak többsége 100-300 m közötti rétegeket csapol meg. A kutak kettős fajlagos vízadó képességét figyelembe véve megállapítható, hogy a vízkivételi objektumok közepes vízadó képességű porózus rétegeket termelnek.

A víztest nyomás alatti vízadóját számos kút csapolja meg (pozitív nyugalmi vízszinttel rendelkező kutak). A víztesten található kutak átlagos vízszintje -7 m körül van.

Az Alföld északi peremén a lignit bányászathoz kapcsolódó víztelenítés hatására a talaj- és rétegvízszint süllyedése tapasztalható a területen. A víztest vízkészletének mennyiségi problémái miatt rossz állapotúnak minősített. [1]

4.2.2.10. A pt.1.2 víztest

A víztest az Alföld Ny-i részén helyezkedik el. A vízadó képződmények főleg felső pannon szintén alluvialis és folyóvízi delta kifejlődésű agyag rétegekkel harántolt homok üledékek, amelyek porózus vízadónak minősülnek. Megközelítőleg a víztest egész területén feláramlási viszonyok jellemzőek.

A víztest vastagsága átlagosan 500 m, maximuma 800 m, minimuma 10 m

A víztest horizontális lehatárolása északon megközelítőleg a Pannon-medence peremével, nyugaton az alaphegység É-D csapású kiemelkedésének vonalával, keleten a felső pannon talp mélységének 1000 m-es izovonalával, és délen a termálvíz kitermelésére alkalmas porózus összletek elvégződésével esik egybe.

Vertikális szempontból a víztest felső határát a 30 °C-os izoterma, alsó határát pedig az alsó-pannon korú üledékek alkotják.

A vastagság a Pannon medence aljzatának morfológiáját követve Ny-K-i, illetve ÉNy-DK-i irányban fokozatosan nő.

A víztest földtani és vízföldtani szempontból egy vízadónak tekinthető. A felső pannon korú delta-front, delta-síkság, illetve delta-lejtő képződési környezetben létrejött Zagytai Formáció és Újfalui Homokkő Formáció képviseli, melyek geometriájára jellemző a horizontálisan folytonos sík rétegzettség.

A horizontális áramlás iránya megközelítőleg Ny-K-i illetve ÉNy-DK-i, az áramlás vertikális komponense a nagy rétegnomás következtében felfelé irányul. A horizontális áramlás sebesség szintén átlagosan 10⁻⁴-10⁻⁶ m/s, vertikális irányban megközelítőleg egy nagyságrenddel kisebb. A jellemző vízszintek tág határok között mozognak a felszíntől számított +24 m-től -70 m-ig váltakoznak.

A vízadó kapcsolata a szomszédos víztestek hasonló felső pannon vízadóival folytonosnak tekinthető. Természetesen a fedőben található langyos vízű porózus vízadóval a kétirányú kommunikáció is megfigyelhető. [1]

4.2.2.11. A pt.2.2 víztest

A paleozoós, kristályos képződmények teljes mértékben vízzáróak, vertikális és horizontális értelemben rossz vízvezető képességű, a víztest szempontjából ilyen értelemben nincs jelentőségük.

A Kiscelli Agg, a Szécsényi Slír, A Garábi Slír, és a Tokaji Vulkanit Formációk vízzárók. Ezek közé települt Pétervásárai Homokkő a homokkő, agyagmárga rétegek repedései mentén vezethet, tehát félig áteresztőnek tekinthetjük. Vízvezetés szempontjából azonban rossz, vagy gyenge, a víztest szempontjából nincs jelentősége.

Makói Formációk agyag, agyagmárga rétegei vízzáróak, azaz rossz vízvezető képességűek.

A Lajtai Mészkő Formáció jó vízvezető képességű, jó vízádó. Elterjedésének általánossága és jó vízvezető képessége miatt horizontálisan és vertikálisan a gyakorisága vízvezetés szempontjából a víztesten belül 40%.

Az erre települő Hajdúszoboszlói és a Békési Konglomerátum Formáció vízzáró, azonban repedések mentén vezethet. Az Endrődi Márga Formáció vízzáró.

A Szolnoki Homokkő Formáció félig áteresztő, homokos képződményei jó termálvíz tárolók azonban az áteresztőképessége és az egyes rétegek térbeli követhetősége gyenge, emiatt vízvezetés szempontjából a víztesten belüli gyakorisága 30%.

Gyakran alakul ki benne túlnyomás.

Az Algyői Formáció vízzáró, vízvezetés szempontjából a víztesten belül nincs jelentősége, sem áteresztőképességük, sem sós vizeik miatt. Az Algyői Formáció és a mélyebben települt formációk még felsósvízű tóban ülepedtek le, tehát rétegvizeik sótartalma magas. Ráadásul a formáció alsó részén hirtelen túlnyomásossá válik a medenceterületeken, így technikai szempontból sem alkalmas vízkutak létesítésére.

Az Újfalui Homokkő, a Bükkaljai, Nagyalföldi Formáció félig áteresztő, vízvezető képessége horizontálisan a benne található kőzetliszt, homok, agyag, kavicsrétegek, agyagos és agyag-homok rétegek sűrű váltakozásából álló ártéri üledékek miatt közepes és gyenge. A vertikális vízvezető képessége inkább gyengének mondható. Víztisztaság szempontjából az Újfalui Formációban található rétegvizek, a leülepedési környezetüknél fogva, már kiédesedő jellegűek, de a ciklusos, ismétlődő kisebb-nagyobb vízszintingadozások következtében a tó vize időnként újra elborította a feltöltődés során a partmenti területeket, így elsősorban a formáció alsó részén még „kevert” vizeket találunk. Azokban az esetekben, ahol a bevágódó homokos medrek a delta lejtőn is folytatódtak, bevezetve a mélymedencébe, és homokos üledékképződés is folyt bennük, ezek homoktestjei kapcsolatot teremtenek a mélyebb zónákban található sósabb rétegvizekkel, így gyakran előfordul, hogy a formáció alsó részén levő mederkitöltés rétegvízének sótartalma jelentősen magasabb, mint a környezetében lévő egyéb homoktestekben.

Zagyvai Formáció félig áteresztő, horizontális vízvezető képessége közepes vagy gyenge, vertikális vízvezető képessége gyenge. Ezek horizontális és vertikális gyakorisága 10%. A rétegvizek itt már többnyire édesek, bár a formáció alsó részén még mindig előfordulhatnak nagyobb sótartalmú vizek.

A pleisztocén folyóvízi üledékek vízádóak, jó vízvezető képességűek, gyakoriságuk vízvezetés szempontjából a víztesten belül 20%.

A víztest 40%-a regionálisan jó vízádó, 20%-a regionálisan közepes és 40%-a regionálisan rossz vízvezető képességű hidrosztratigráfiai egységekből áll.

A víztest az Alföld északi részén a Közép-Tisza vidéken és az Északi-Középhegység déli hegylábi területein helyezkedik el. Vízádó képződményei homokok, melyek törmelékes (porózus) vízádó típusba sorolhatók. A morfológiai medence típusú víztest területén az áramlási viszonyok

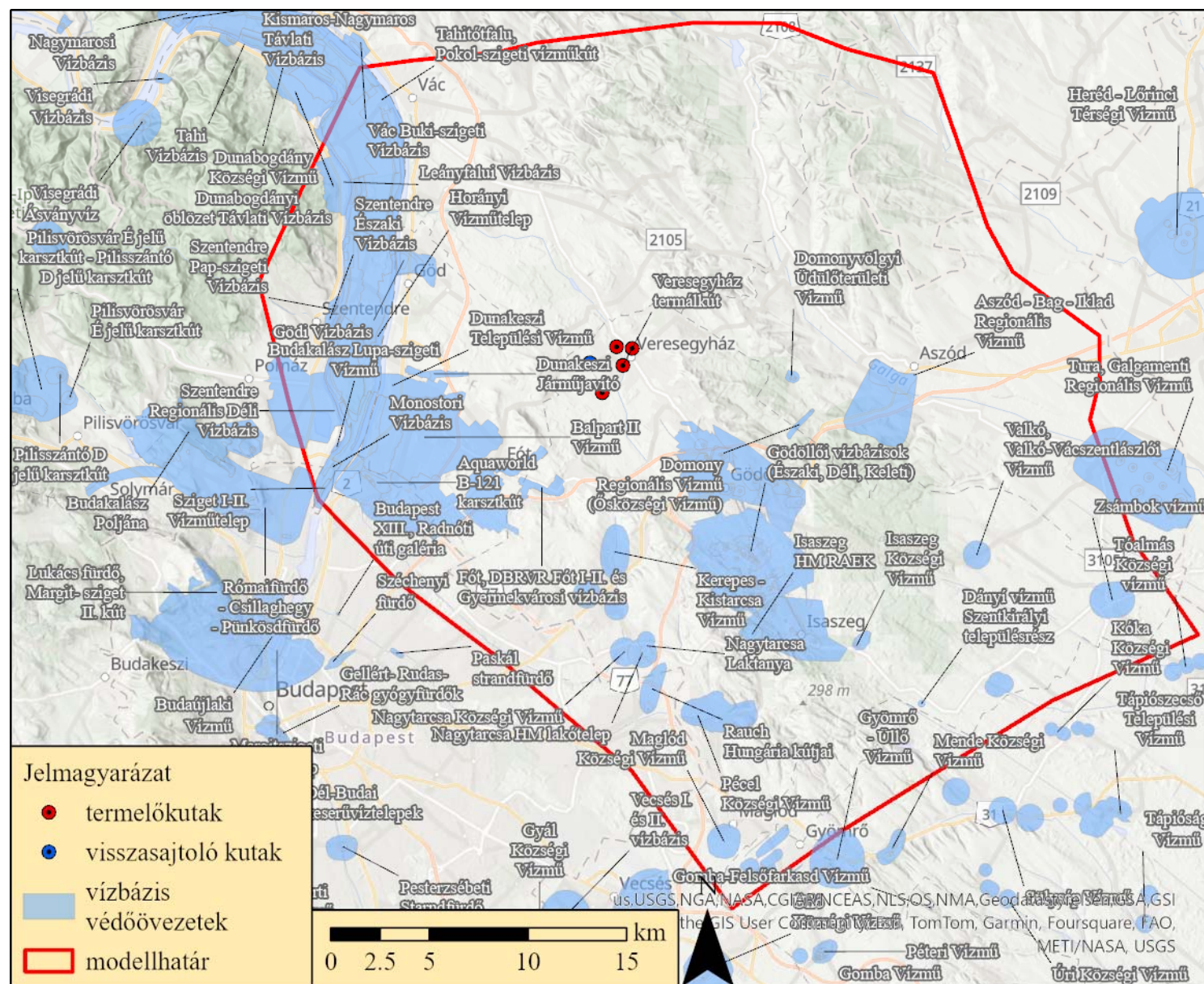
feláramlási jellegűek, azaz a vízáradók utánpótlódása elsősorban a mélyebben elhelyezkedő, fekvő képződményekből történő feláramlással, illetve a szomszédos víztestekből történő átszivárgással történik.

A víztest jellemzően a felszín alatti 430 és 980 m között helyezkedik el, átlagos vastagsága tehát 550 m. A víztest vastagsága 192 és 776 m között változik, a minimum értékek a terület északi, a maximum értékek a víztest középső részén találhatók. A víztest területén 2 db vízáradó összletet különböztethetünk meg, melyek a felső-pannon középső és alsó tagozatába tartozó vízáradókból állnak. [1]

4.2.2.12. A k.1.3 és kt.1.3 víztest

A triász rétegsor karsztosodott kőzetei alkotják a főkarsztvíztározót. Az alsó triász rétegsor vízáradó és víztározó képessége csekély (Alcsútdobozai Mészakő, Hidegkúti F., Csopaki Márga). Közepes vízáradó és tároló képességű képződmények a középső triász sekélytengeri karbonátok (Aszófői Dolomit, Iszkahegyi Mészakő), a márgás Felsőörsi Mészakő, és a tufás Buchensteini Formáció. A Mátyáshegyi Mészakő és a Budaörsi Dolomit jó vízáradó és víztározó. A felső triász összlet a vízzáró Veszprémi Márgával illetve a kiváló vízvezető képességű Sédvölgyi Dolomittal kezdődik. A terület legjelentősebb karsztvíztározó összletei a felső-triász kiváló vízvezető, víztároló és vízáradó képességű, nagy vastagságú platform karbonátjai, a Fődolomit Formáció és a Dachsteini Mészakő.

Az eocén képződmények többsége vízzáró, de a karsztosodott Szépvölgyi Mészakőnek jó a víztartó és vízvezető képessége, sok esetben közvetlenül települ a felső triász főkarsztvíztározóra, azzal egységes karsztvízrendszert képez. [1]



12. sz. ábra: Vízbázisok védőövezetei [1]

4.2.2.13. A k.1.5 és kt.1.5 víztest

A víztest területén ismert alaphegységi triász-jura kőzetek jól karsztosodó, repedezett, hasadozott kőzetek. Jó, illetve kitűnő vízvezető képességüket a genetikai eredetű elsődleges porozitás és a tektonikai folyamatok mellett a kréta-alsó-eocén, alsó-oligocén és a pleisztocénban történt karsztosodási folyamatok is elősegítették. A rögök felszínén napjainkban elsősorban a beszivárgó csapadékhányad nyelődik el. A Naszály tetőzónájában egy kis vízgyűjtő területű víznyelő juttatja a mélybe az áradmányvizet (Naszályi-víznyelő –170 m), míg a nézsai rög víznyelője (-40 m) több, mint 1 km²-es területről gyűjti a vizet. A Csővári rög területén csak egy medernyelős patakszakasz ismert.

A karsztvízszint a területen 100-110 m tszf magasságban helyezkedik el az észlelő fúrások adatai alapján, csúcspontja a Naszály tömege alatt van. A víz a hidrodinamikai modell szerint a Pilis DK-i lábánál fakadó langyos vizű források felé áramlik a mélykarszton keresztül, DNY-i irányba.

A víztesten ismert fedőhegységi üledékek zömmel vízzáró üledékek. Vízartó tulajdonságuk az eocén és miocén mészköveknek, az oligocén-miocén-pannon homokos-kavicsos üledékeknek, továbbá a pleisztocén folyóvízi kavicsoknak van. A karsztos kőzetekből fedőhegységi üledékekbe átáramlás csak elenyésző mennyiségben lehetséges. [1]

4.2.3. Vízbázisok

A védőövezeti határozattal kijelölt vízbázisokról a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóságtól kértünk adatokat.

A 12. sz. ábra mutatja be a vízbázisok kijelölt védőövezeteit. A legközelebbi vízbázisok a következők:

- Fót, DBRVR Fót I-II. és Gyermekvárosi vízbázis
- Balpart II Vízmű
- Gödöllői vízbázisok (Északi, Déli, Keleti).

A termelőkutak és a vízbázisok közötti távolság 4 km.

5. Szivárgáshidraulikai és hőtranszport modellezés

5.1. A FEFLOW 8.1 környezet bemutatása

A hidrodinamikai számítások során a FEFLOW 8.1 FMH3 (3D+2D) verzióját (©1979-2024, DHI) használtuk. A szoftver végeselem módszerrel számol, mely a modellezett tér tetszőleges csomópontú felosztását teszi lehetővé, teljesen vagy részlegesen automatikus hálógenerálási algoritmusok segítségével. A program rendelkezik elő- és utófeldolgozó képességekkel, valamint egy hatékony szimulációs kóddal. Más rendszerekkel ellentétben, ez az alkalmazás nem egy grafikus felhasználói felület, melyet egy külön fejlesztett szimulációs központi mag köré fejlesztettek, hanem a központi magtól a felhasználói felületig egy teljesen integrált szimulációs csomag.

A FEFLOW gyakorlatilag korlátlan alkalmazási területet kínál a felszínalatti vizek szivárgáshidraulikai, anyag- és hőtranszport folyamatainak modellezésére.

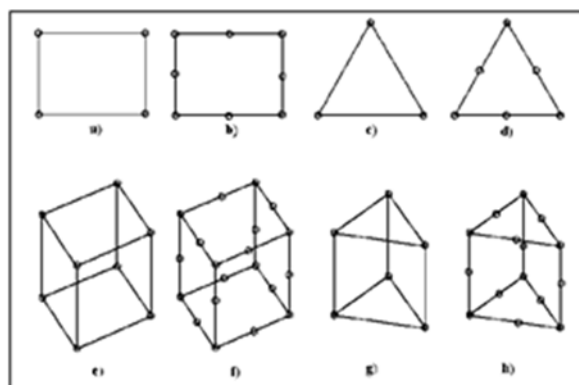
A szivárgás alapegyenletének a végeselem módszerrel történő megoldása, hasonlóan a véges differencia módszerhez, megköveteli a modellezett tér elemekre történő felosztását. Míg a végesdifferencia módszer megköveteli az ortogonális rácsháló alkalmazását, addig a végeselem módszer lehetővé teszi a tartomány tetszőleges alakú elemekre való felbontását.

A program lehetővé teszi a tetszés szerinti geometria kialakítását:

- A 2D FEFLOW modulban lineáris 4-csomópontos és 8-csomópontos négyoldalú elemek, valamint lineáris 3-csomópontos és 6-csomópontos háromoldalú elemek állnak rendelkezésre.
- A 3D FEFLOW modulban 8-csomópontos és 20-csomópontos négyoldalú prizmák és 6-csomópontos és 15-csomópontos háromoldalú prizmák állnak rendelkezésre.

A végeselem módszer alap gondolata a lokális közelítés elve, ami azt jelenti, hogy az egyes felvett elemek mentén a keresett mezők (nyomásszint, szivárgási sebesség, hőmérséklet eloszlás) előre felvett paramétereket tartalmazó függvényekkel közelítjük. A lokálisan felvett közelítő függvényeket azután a szomszédos elemek mentén valamilyen hibaelv alapján illesztjük, így végül a teljes vizsgált tartományra előállítunk egy megfelelő rendben folytonos közelítő mezőt.

A végeselem módszernél az elemek nem az oldalaikon, hanem a csomópontjaikon keresztül illeszkednek egymáshoz. Ezért az elemek vízmérlege helyett a csomópontok vízmérlegét írjuk fel, és nem az elemek átlagos nyomásszintjét, hanem a csomópontok nyomásszintjét számítjuk ki. A térbeli folytonosság azáltal valósul meg, hogy két szomszédos elem közös csomópontjában a nyomásszintnek egyformának kell lenni, bármelyik elem felől közelítjük is meg.



13. sz. ábra: A Feflow szoftverben alkalmazható elemek

- (a) 4-csomópontos b) 8-csomópontos négyoldalú elemek, c) 3-csomópontos d) 6-csomópontos háromoldalú elemek
e) 8-csomópontos f) 20-csomópontos négyoldalú prizmák g) 6-csomópontos h) 15-csomópontos háromoldalú prizmák)

A kezdeti feltételeket (potenciálértékek) és a peremfeltételeket is csomópontokra adjuk meg. Mivel valamennyi csomópontra felírható a vízmérleg, ezért a csomópontok számának megfelelő számú egytenrendszer megoldását kell elvégeznünk, minek eredményeképpen valamennyi csomópontra meghatározzuk egy Δt idő elteltével kialakuló potenciálértéket.

Lehetőség van permanens és nempermanens, telített és telítetlen, sűrűségfüggő szivárgás valamint tömeg- és hőtranszport szimulációjára. A szoftver széles eszköztárából mi a folyadék-áramlási modult használtuk.

Közvetlenül felhasználható felszín alatti szennyezőanyagok áramlásának térbeli és időbeli leírására, a szennyeződés terjedésének előrejelzésére, geotermális folyamatok modellezésére, áramvonalak és áramlási izochron felületek megjelenítésére, megelőzési és kárelhárítási munkatervek elkészítésére továbbá monitoring rendszerek tervezésére.

- A megoldható feladatok geometriája:
 - kétdimenziós horizontális,
 - kétdimenziós vertikális,
 - háromdimenziós.
- A vizsgálatba bevonható fizikai folyamatok:
 - szivárgás telített közegben (nyomás alatti vagy szabad felszínű),
 - szivárgás telítetlen közegben,
 - oldott anyag transzport (advekción, diffúzió, diszperzió, adszorpción, lebomlás),
 - hőterjedés.
- A matematikai probléma megoldása Galjorkin-típusú véges elemes módszerrel történik, az elemek lehetnek lineárisak vagy kvadrátikusak. Az elemek alakja kétdimenziós esetben háromszög vagy négyszög, három dimenzióban prizma vagy (torzult) hexaéder.
- A programcsomag rendelkezik interaktív grafikus elő- és utófeldolgozó rendszerrel.

A program tartalmazza a végelemek keverhetőségének lehetőségét, azaz 1D-s (csatorna, meder), 2D-s (tektonikai vonal, repedezettség modellezés (barrier) és 3D-s (mátrix) elemek használatát ugyanabban a modellben.

A módszer csomópontokat és elemeket használ, mely segítségével a teret szabálytalan alapú, a tér határait jól követő hasábelemekre osztja. A szivárgáshidraulikai paramétereket ezen csomópontokban adjuk meg, melyeket interpolálunk a tér pontjaira.

Mivel a célunk, hogy a program által generált folyamatok eredménye a valósághoz minél jobban hasonlítson, ezért a modellbe a valóságos, de némileg egyszerűsített földtani és vízföldtani viszonyokat építjük be. Ennek egyik ellenőrzési eszköze a kalibráció, mely során azt vizsgáljuk, hogy a modellezett területen a megfigyelő kutakban az általunk mért vízszintek és a modell által számítottak között a különbség hogyan alakul a modellparaméterek változtatása során.

A modellkörnyezetben lehetőség van a térbeli elemek mellett vertikális és horizontális egy és kétdimenziós elemek alkalmazására, melyek segítségével például üregek és járatok, vetők és véges vastagságú bányatérsegek, természetes, üres vagy tömédékelte állapotukban a modellbe illeszthetők. A modellezés során számíthatók csomópontokra, vonalakra, elemekre vagy megadott térrészekre értelmezett hozamok. Megrajzolhatók vele a folyadék áramvonalai, és számíthatók elérési idők is. A modellek lehetnek permanens vagy nem permanens viszonyokra vonatkozók.

A szoftver segítségével a hővezetést és tározást számítani lehet mind folyékony fázisban, mind a közetmátrixban (konvektív – konduktív hőtranszport). Használata során lehetőség van a hőmérsékletfüggő folyadéksűrűséget és viszkozitást számításba venni (sűrűség-kapcsolt modellezés).

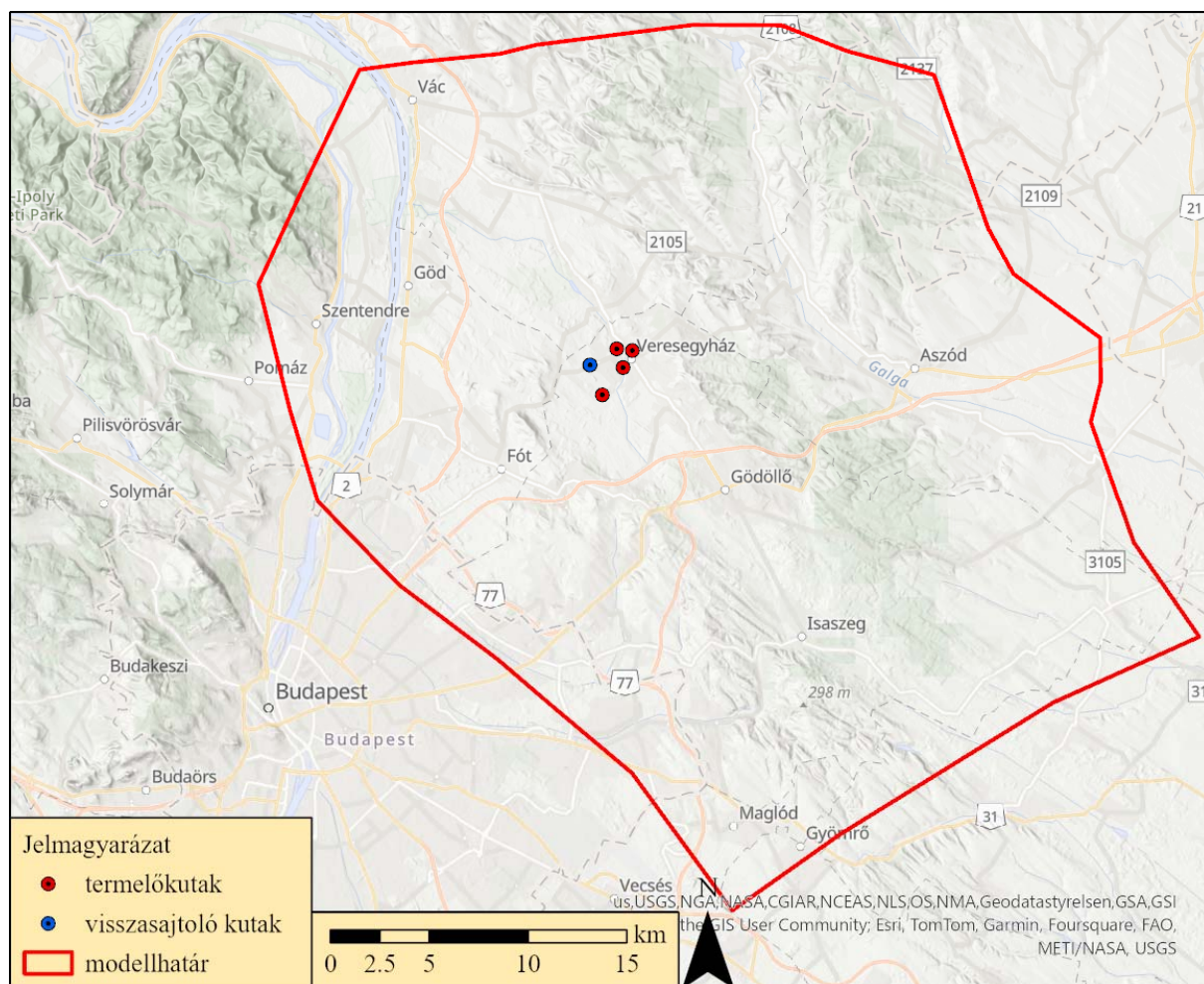
A modellekben mind a víz, mind a hő és anyagtranszport esetén Neumann, Dirichlet vagy vegyes transzfer típusú peremfeltételeket lehet megadni, mely peremfeltételekhez tartozó potenciálszintek és/vagy hozamok minimuma vagy maximuma is korlátozó feltételként megadható.

Az automatizált modell optimalizálás PEST alapú. A szimulációs folyamat hatékony ellenőrzése a testre szabható valósidejű diagramokkal történik.

5.2. Modell felépítése

A szivárgáshidraulikai modellvizsgálattal célunk elsődlegesen a termelő és visszasajtoló kútpár zárt hőellátó rendszer hidrodinamikai és termikus hatásának vizsgálata. Ezáltal a feladathoz szükséges rezervoármódellezéshez képest egy jóval nagyobb kiterjedésű térrész leképezésére került sor.

A modellezett terület felszíni vetülete $1,347 \cdot 10^9 \text{ m}^2$, teljes térfogata $3,9 \cdot 10^{13} \text{ m}^3$.



14. sz. ábra: Modellterület

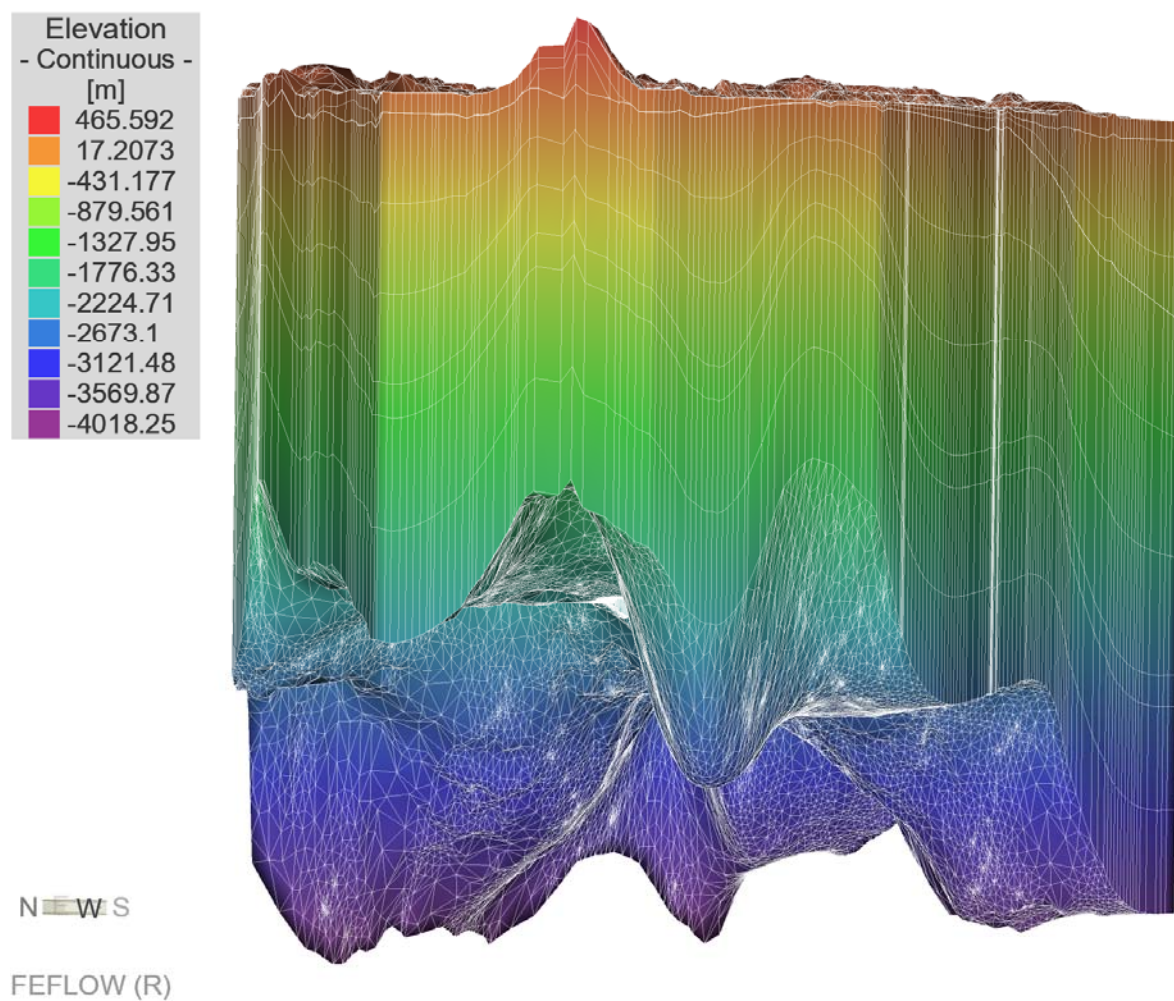
A modell-geometria kialakításához a modellt vertikálisan és horizontálisan kisebb egységekre, véges elemekre bontottuk.

A modell a 2. sz. táblázat szerint épül fel. Az eocén korú képződményeket kis vastagságuk miatt a mezozoos korú képződményekkel együtt egy rétegbe építettük be a modellben.

2. sz. táblázat: Rétegekiosztás

Rétegek	Földtani képződmény	Z (mBf)
1. réteg: Kvarter üledékek	löss, löszös homok, agyag, homok, homokkő, repedezett vulkanit	82 – 465
2. réteg: Zagyvai Formáció	iszap, agyag, homok	-39 – 465
3. réteg: Törteli Formáció	homokkő, agyag	-180 – 465
4. réteg: Algyői Formáció	aleurolit, agyagmárga	--889 – 364
5. réteg: Szolnoki Formáció	aleurolit, homokkő	-1130 – 298
6. réteg: Endrődi Formáció	agyagmárga, mészmárga	-1130 – 168
7-9. réteg: Oligocén korú képz.	agyag, agyagmárga, aleuritos homok	-2282 – 168

Rétegek	Földtani képződmény	Z (mBf)
10-12. réteg: Mezozoos korú képződmények	mészkö	-4018 – -336

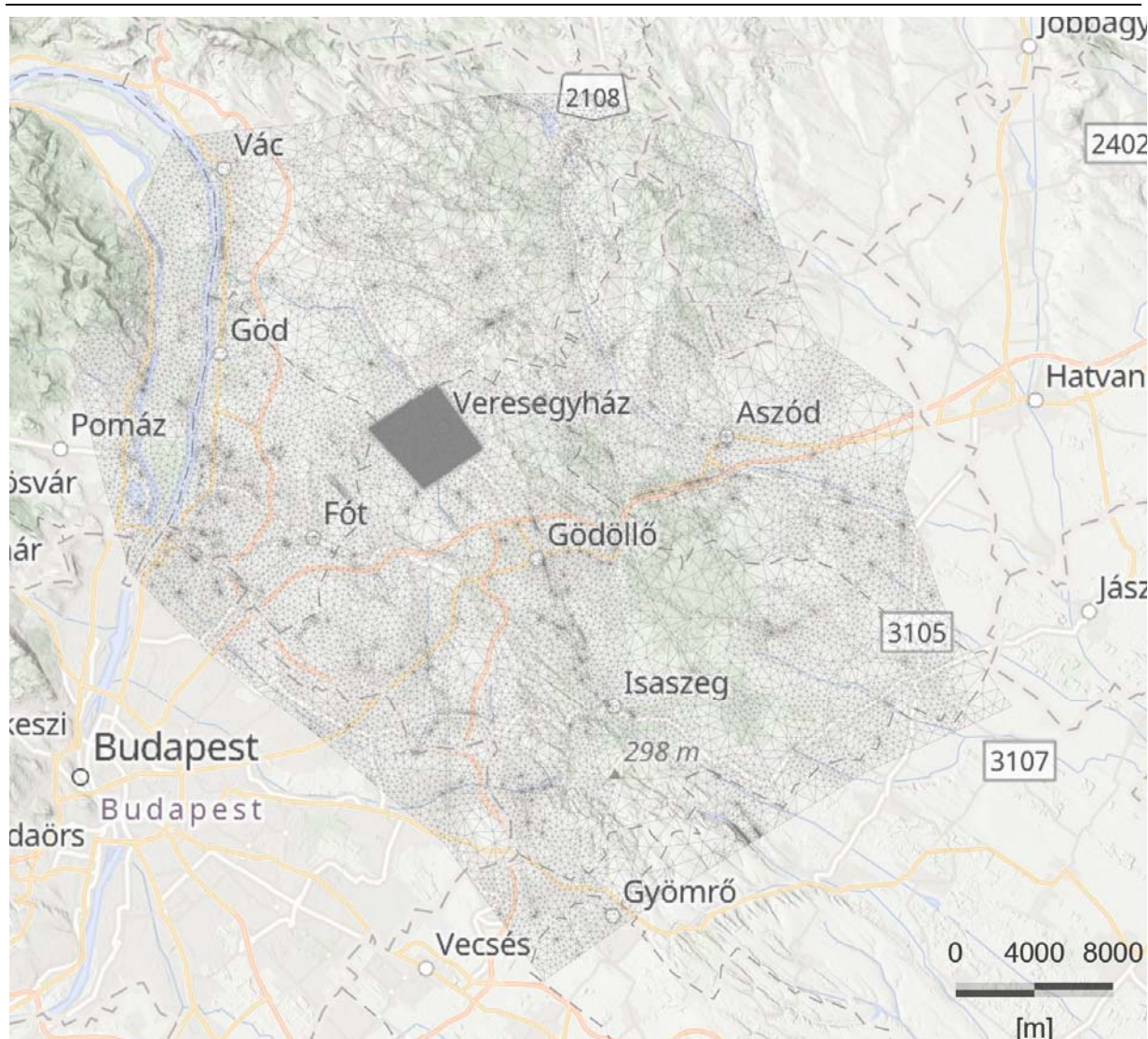


15. sz. ábra: Modell 3D nézete ÉNy-i irányból

Hálókiosztás

A szerkezet horizontális kialakításában a modellhatár, a folyóhálózat, a tektonikai vonalak, földtani-vízföldtani egységek és a feltételezett hidraulikus gradiens nagysága (pl. a termelőkutak szűkebb környezete) játszik szerepet (16. sz. ábra).

A modellterületen belül, a termálkutak környezetében besűrítettük a rácshálót.



16. sz. ábra: Hálókiosztás

Peremfeltételek

A modellhatárokat célszerű olyan helyen meghúzni, melyről feltételezhetően zárt peremként definiálhatóak (no-flow boundary). Illetve lehetőség van állandó nyomású peremek definiálására vagy egy állandó be, ill. kiáramlás hozamának definiálására. Esetünkben a modellhatárokon állandó nyomású perem került megadásra.

A folyók, patakok vízszintjeinek figyelembevételével kilépő hozamot idéztünk elő maximalizálva az adott helyen kialakuló vízszinteket (17. sz. ábra).

A területre eső víztermelésként a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság által megadott lekötött vízmennyiség került beépítésre.

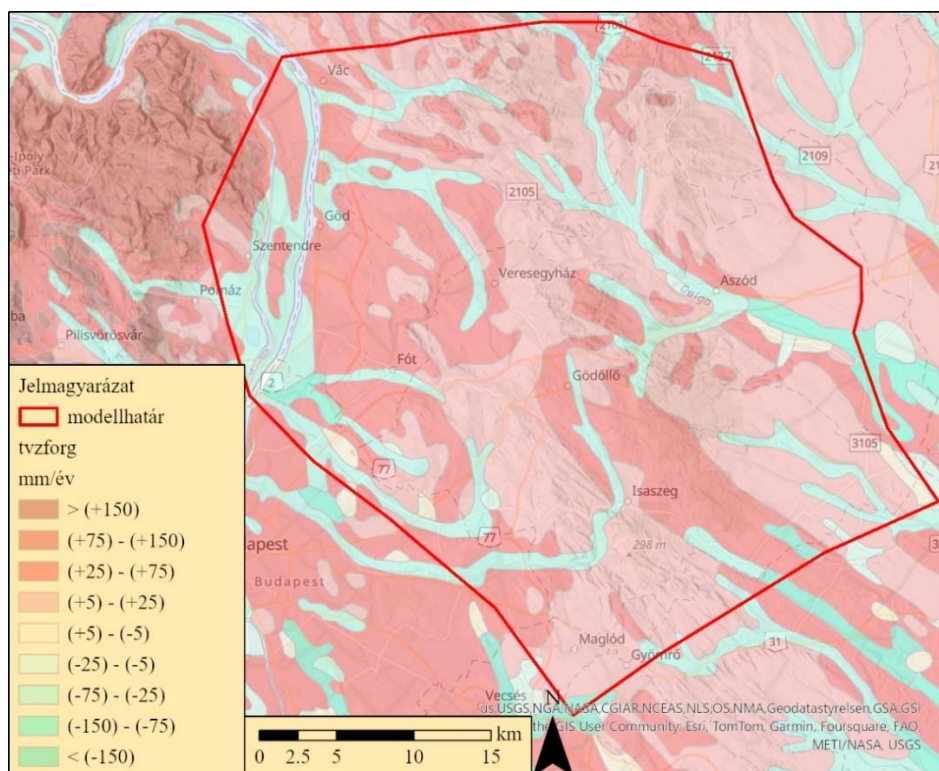


17. sz. ábra: Felszíni vízfolyások az 1. rétegben

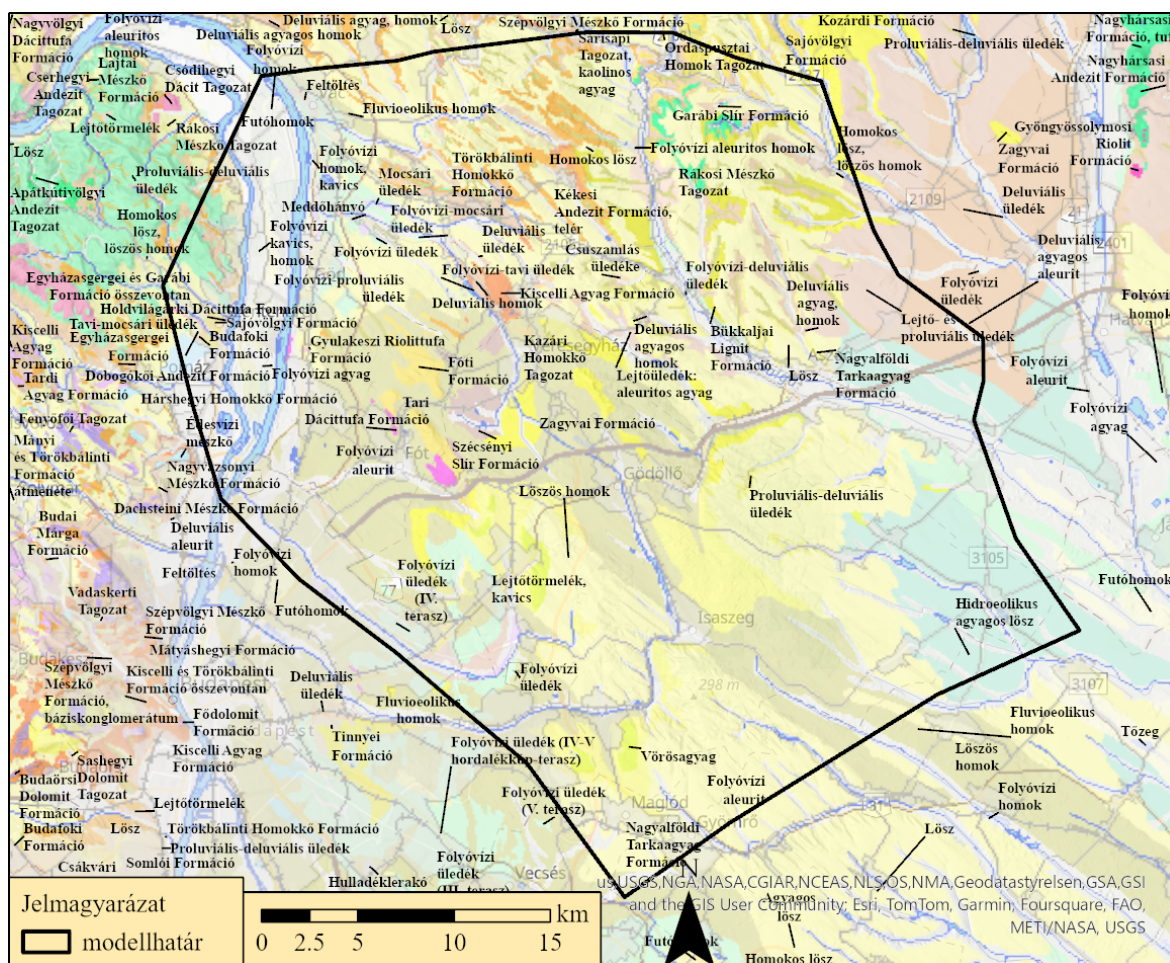
Beszivárgás

A MÁFI által kiadott „Magyarország talajvízforgalmi térképe” alapján [7] a modellezett terület nagy részén a beszivárgás dominál (18. sz. ábra), a folyó és patak völgyek megcsapolási területek.

A 19. sz. ábra mutatja be a fedett földtani térképet. A területen a legelterjedtebb földtani képződmény a homok és a lösz.



18. sz. ábra: Talajvízforgalmi térkép [7]



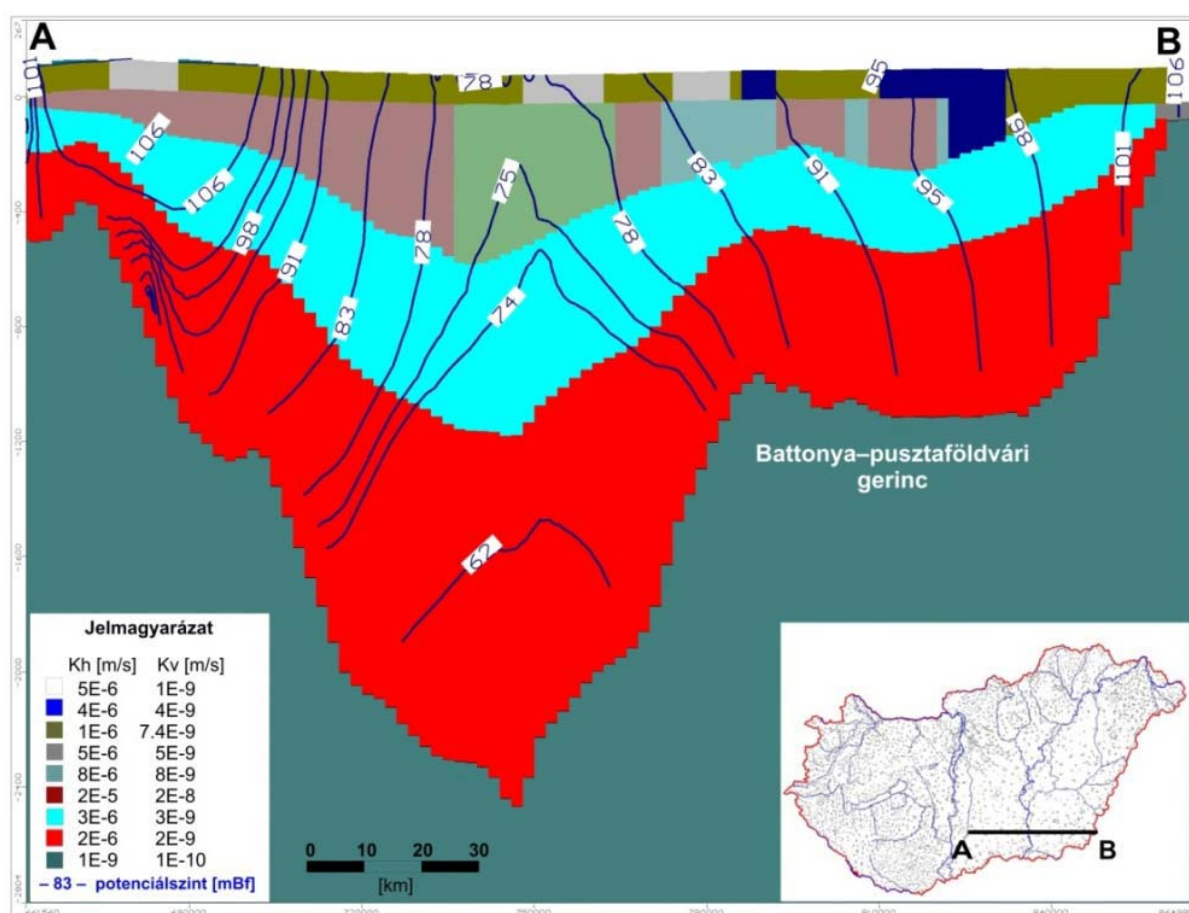
19. sz. ábra: Fedett földtani térkép [3]

Szivárgáshidraulikai paraméterek

Nincs pontos ismeretünk a szivárgási tényező eloszlásról, így átlagértékekkel jellemeztük az egyes rétegeket (27. sz. ábra). Anizotrópiát a pannóniai üledékek esetében alkalmaztunk, ahol egy-két nagyságrenddel csökkentettük a vertikális szivárgási tényezőt.

A szivárgási tényező és porozitási értékek definiálásához több szakirodalmi forrást is figyelembe vettünk, például A rétegrepsztes környezeti hatásainak vizsgálata (MFGI, összeállította: Nádor Annamária jelentésben bemutatott Pannon-XL modell vertikális szelvényei (Tóth et al 2013). [8]

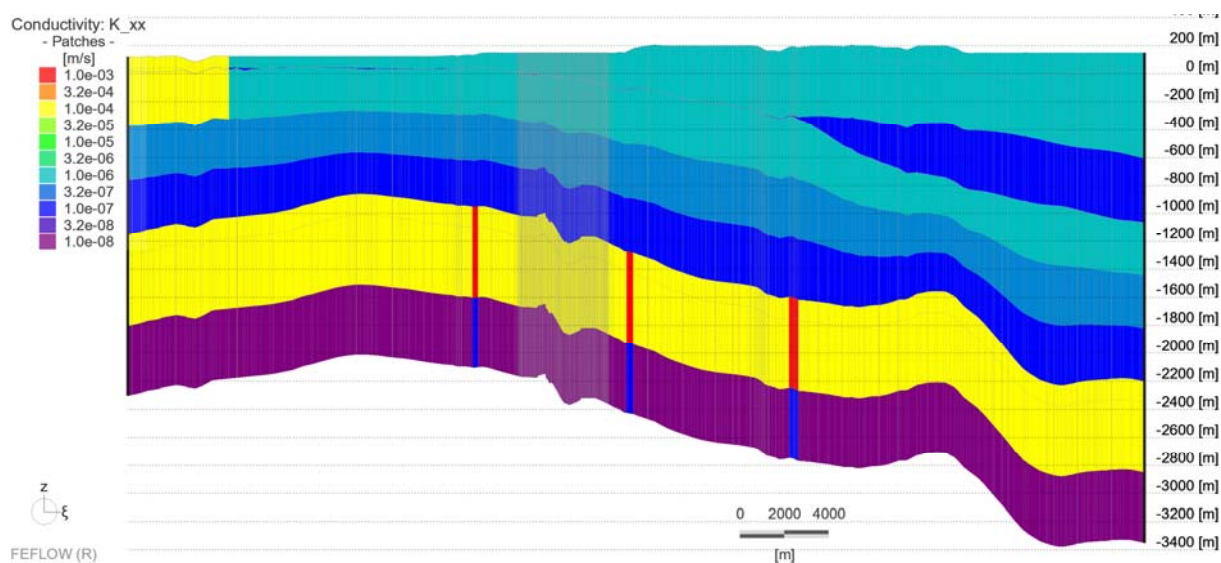
A vereasegyházi termálkutak esetében a mészkőre vonatkozóan a kútvizsgálatok során megadott értékekkel számoltunk.



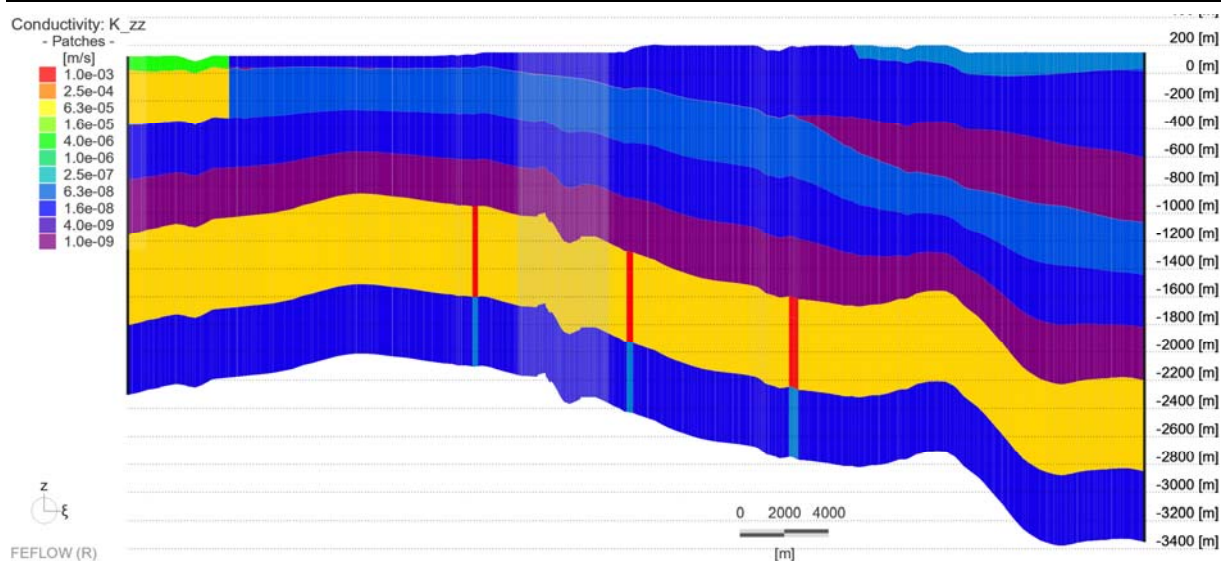
20. sz. ábra: A porózus hideg és porózus termál víztestek potenciál eloszlás szelvény menti megjelenítése a Pannon XL modell alapján, Ny-K-i szelvény (Kv: vertikális vízvezető képesség, Kh: horizontális vízvezető képesség) [8]

3. sz. táblázat: A modellben alkalmazott szivárgási tényező értékek

<i>Vízföldtani egységek</i>	K_{xx}, K_{yy} [m/s]	K_{zz} [m/s]	<i>Kompresszibilitás (1/m)</i>
1. réteg: Kvarter üledékek	$1 \cdot 10^{-6}$ - $4 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-6}$
2. réteg: Zagyvai Formáció	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-6}$
3. réteg: Törteli Formáció	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-6}$
4. réteg: Algyői Formáció	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-6}$
5. réteg: Szolnoki Formáció	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-6}$
6. réteg: Endrődi Formáció	$5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-6}$
9. réteg: Bádeni korú képz.	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-6}$
7-9. réteg: Oligocén korú képz.	$1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$ - $1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-6}$
10-12. réteg: Mezozoos korú képződmények	$1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-6}$



21. sz. ábra: Horizontális szivárgási tényezők (ÉNy-DK)



22. sz. ábra: Vertikális szivárgási tényezők (ÉNy-DK)

Hővezető képesség

A vízzel telített kőzet hővezető képessége a kőzetmátrix hővezető képességétől, valamint a porozitástól függ. A víz hővezető képessége ($0,65 \text{ J/msK}$) lényegesen kisebb, mint a kőzetmátrixé, ezért azonos anyagú, vízzel telített kőzet esetén a nagyobb porozitású kőzet hővezető képessége alacsonyabb. A szerkezeti árkokban, mély medencékben a kompaktció miatt az üledékek porozitása csökken, így a vízzel telített kőzet hővezető képessége a mélységgel nő.

A hőtranszport modellezéshez használt bemeneti paramétereket a 21. sz. táblázatban ismertetjük.

4. sz. táblázat: Hőtranszport bemeneti adatai

Kezdeti hőmérséklet (rétegenként)	11,5-218 °C
Porozitás	0,01-0,23 (mélységfüggő)
Áramló folyadék térfogati fajhője	$4,2 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3\text{K}$
Kőzetmátrix térfogati fajhője	$2,52 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3\text{K}$
Áramló folyadék hővezető képessége	$0,65 \text{ J/m/s/K}$
Kőzetmátrix hővezető képessége	$0,8 - 3,2 \text{ J/m/s/K}$
Longitudinális diszperzitás	5 m
Transzverzális diszperzitás	0,5 m
Hőmérsékleti peremfeltétel:	
Hőmérséklet (1. típus) – 1. felszín	11.5 °C
Hőáram fluxus (2. típus) – 10. felszín	$7344 \text{ J/m}^2/\text{d}$

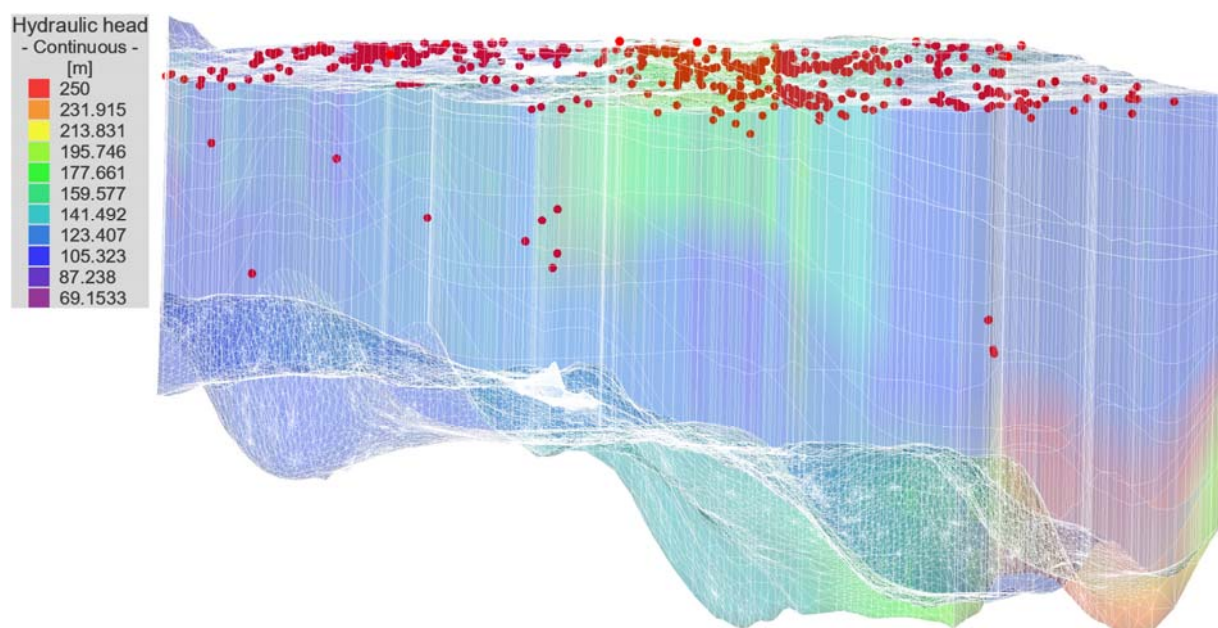
5.3. Kalibráció

Az előzőekben ismertetett felépített modellünk permanens áramlást szimulál, a rétegeket zárt tükrűnek feltételeztük. A modellfuttatások közben számos iteráció után a konvergáló, $1e-6$ iterációs hibahatár elérésére törekedtünk.

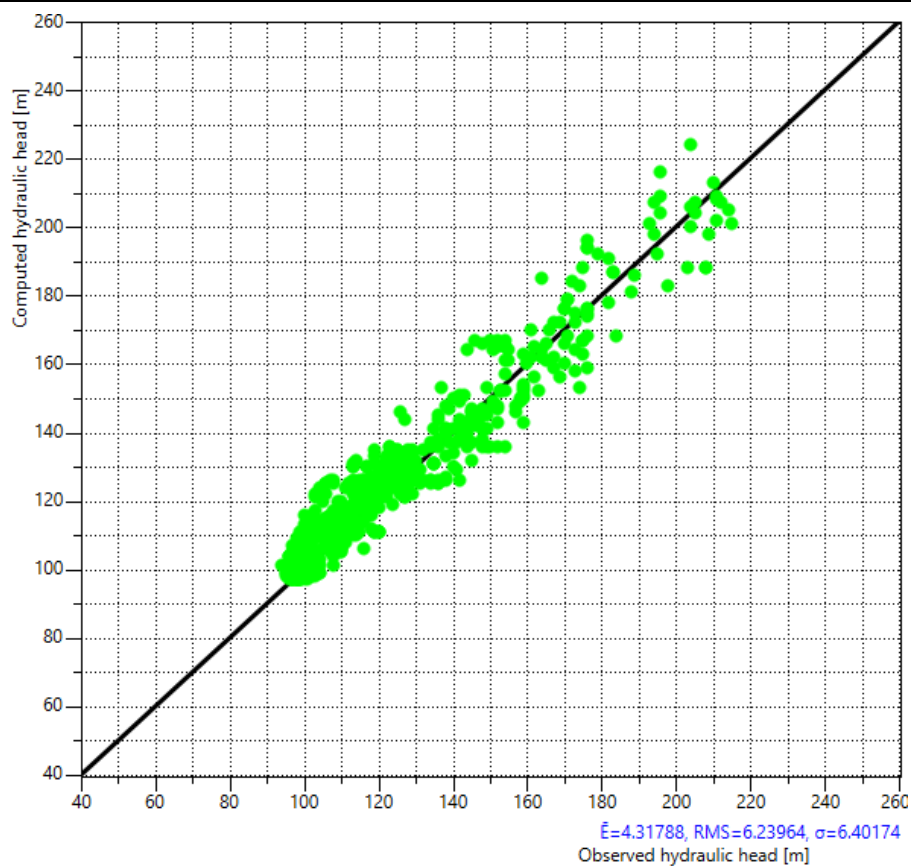
A 24. sz. ábra mutatja be a teljes modellterületre beépített figyelő és termelő kutak számított és mért vízszintjeit, melyek a területen található kutak vízszintadataiból származnak. A 25. sz. ábra mutatja be a termálkarsztra szűrőzött kutak számított és mért vízszintjeinek egymáshoz való viszonyát. A legmagasabb vízszinteket a turai termálkutakban regisztrálták. A vízszint áramlás iránya ÉK-i.

Jól látható, hogy a számított nyugalmi vízszintek az alacsony és a magasabb tartományban is jól közelítik a mért értékeket. A 23. sz. ábra mutatja be a számítás során figyelembe vett mintegy 1200 monitoring és termelőkút elhelyezkedését a modellben.

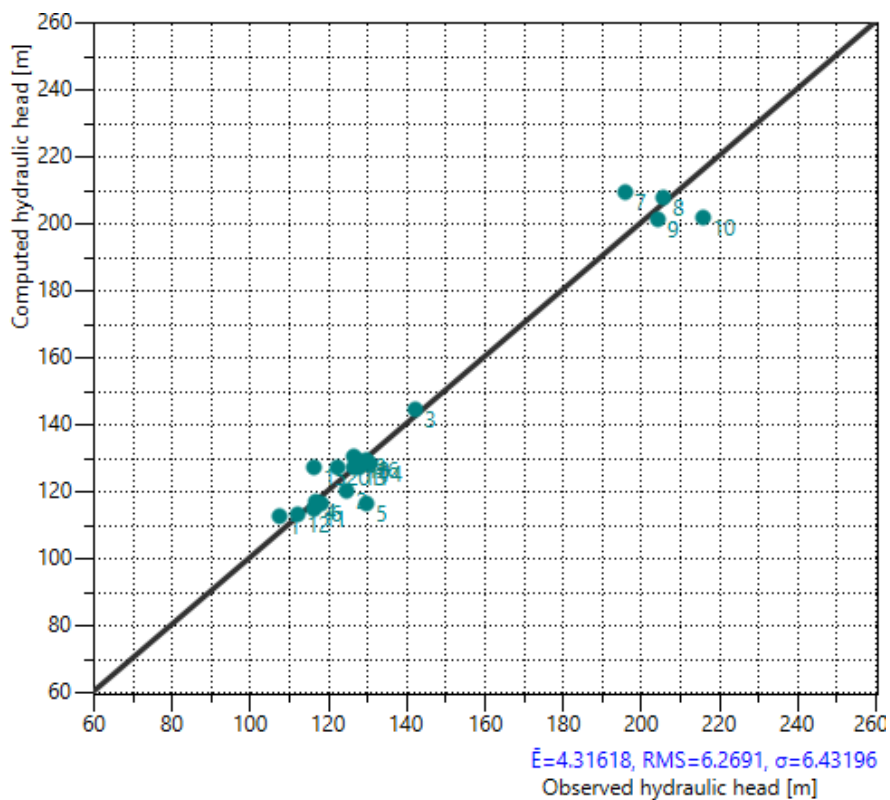
A modell által számított talajvízszintet a 26. sz. ábra adja meg, mely jól egyezik a 6. sz. ábrán bemutatott vízszinteloszlással.



23. sz. ábra: Megfigyelőpontok a modellben



24. sz. ábra: A számított és mért vízszintek egymáshoz mért viszonya a teljes modellre számítva

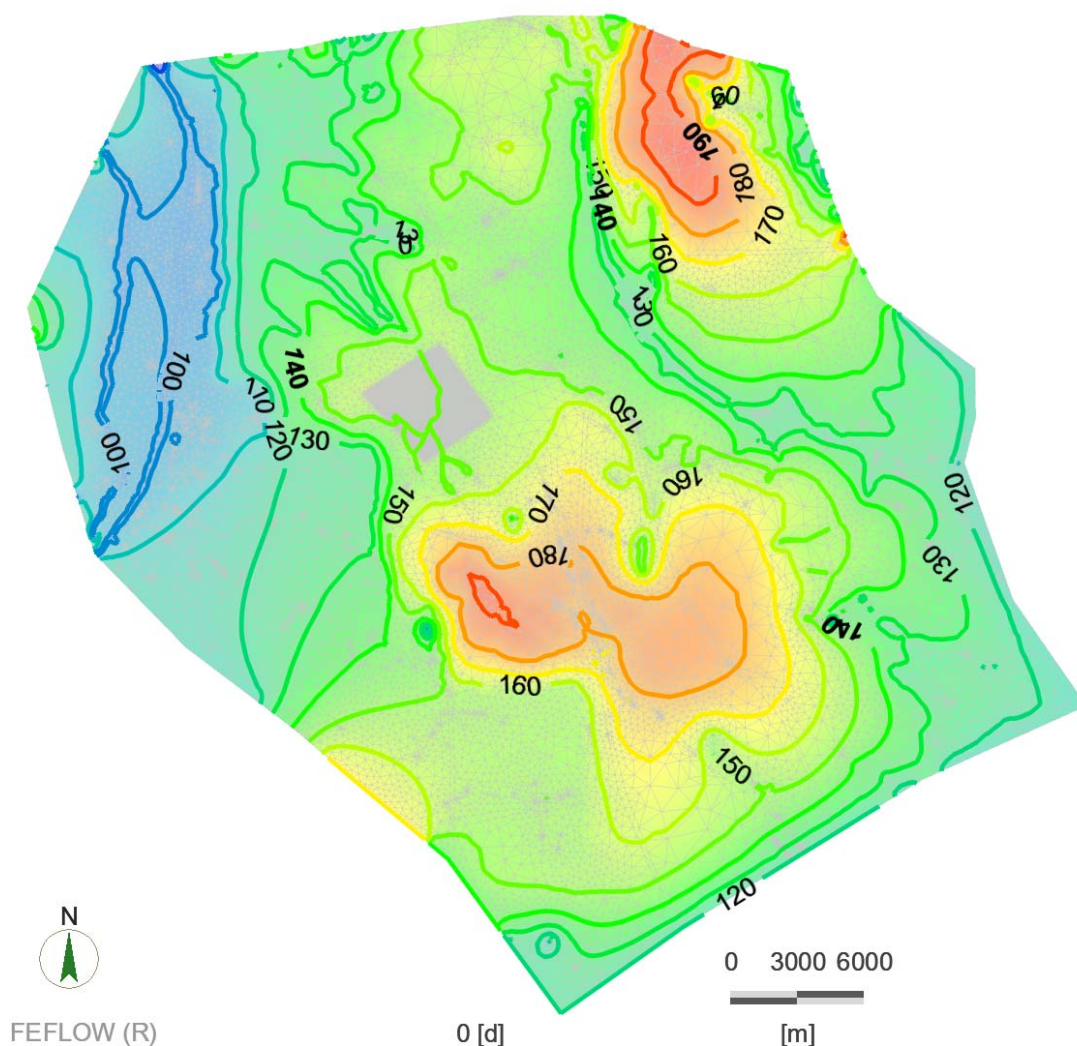


25. sz. ábra: A számított és mért vízszintek egymáshoz mért viszonya a hévízkutakra vonatkozóan

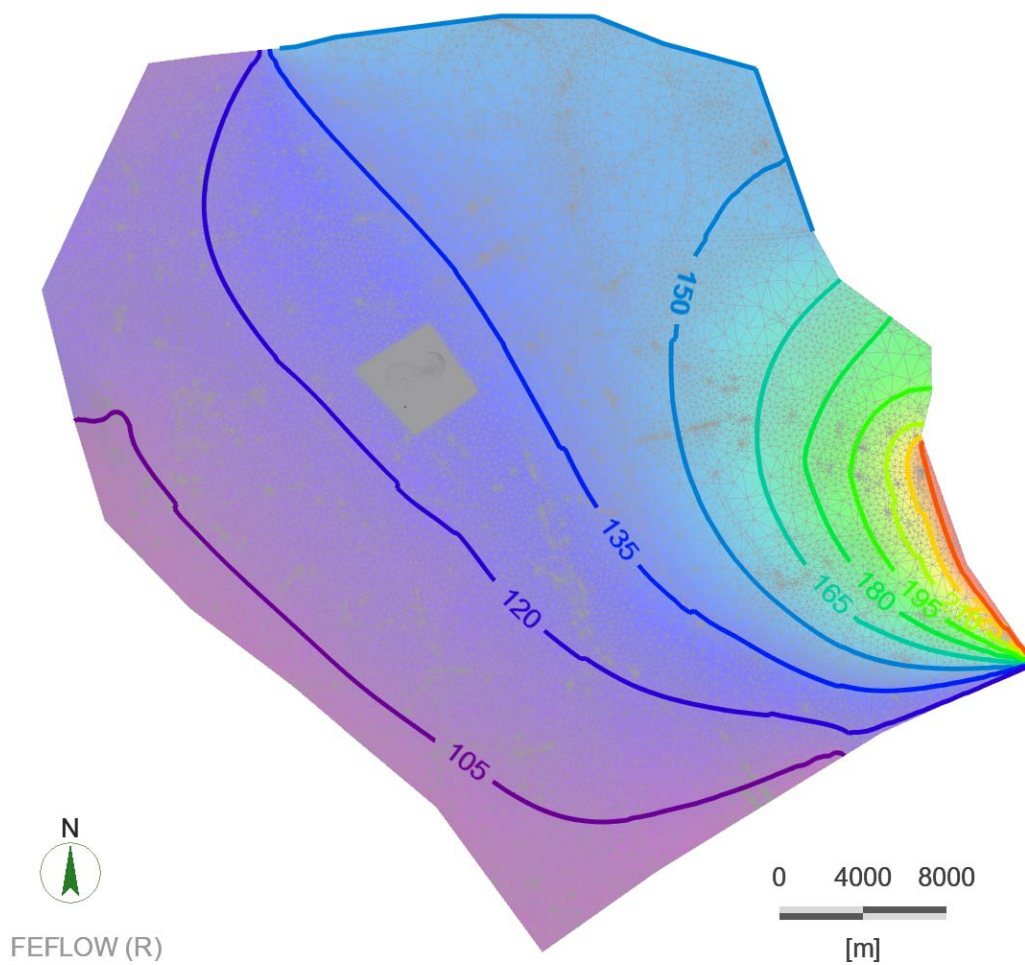
A 5. sz. táblázat mutatja be a mért és számított nyugalmi, illetve üzemi vízszintek értékét. A nyugalmi vízszint mérése igen nehéz a termálkutakban, a termelés után eltérő időben történhetnek a mérések, így a rögzített értékek különböző hőmérsékleti viszonyokra vonatkozhatnak. A táblázatban szerepelnek a nyugalmi és üzemi vízszintek is, így jól látható, hogy míg a nyugalmi vízszinteket a modell néhány kútnál viszonylag nagy eltéréssel adja vissza, addig ezeknél a kutaknál az üzemi vízszintnél nincs jelentős különbség a mért és számított értékek között.

5. sz. táblázat: Mért és számított nyugalmi és üzemi vízszintek a vereasegyházi termálkutakban

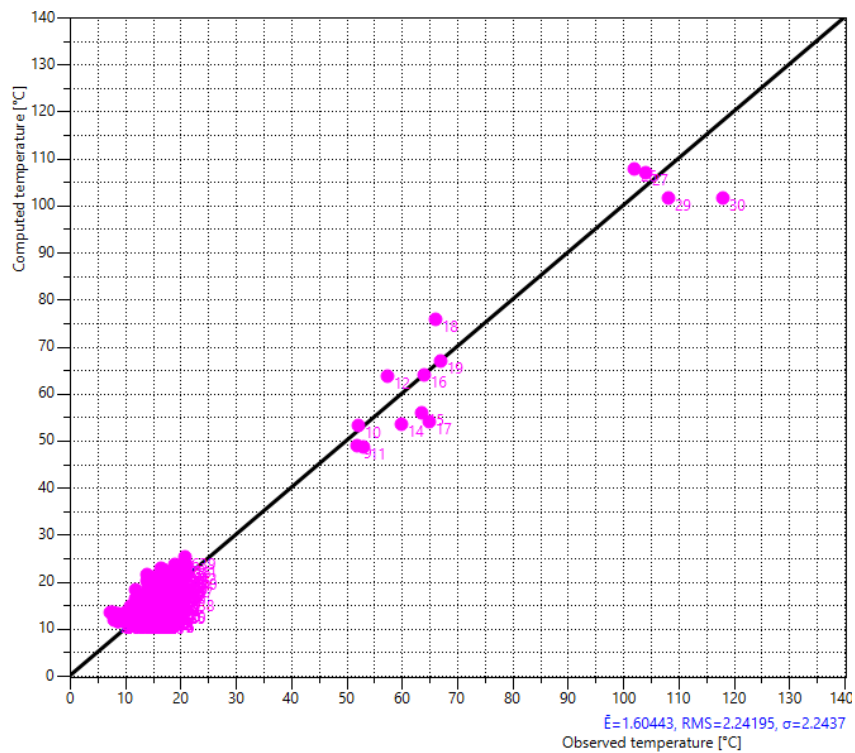
kat. szám	mért relatív nyugalmi vízszint (m)	mért nyugalmi vízszint (mBf)	számított nyugalmi vízszint (mBf)	hozam (m ³ /nap)	mért relatív üzemi vízszint (m)	mért üzemi vízszint (mBf)	számított üzemi vízszint (mBf)
K-26	-59.6	116.39	126.78	1339.2	-50.2	125.79	123.4
B-15	-31.2	129.69	128.81	2880	-40.7	120.19	121.2
K-23	-64.4	127.85	126.8	2246.4	-71.8	120.45	120.79
K-25	-30.33	127.43	128.83	1728	-32.46	125.3	124.2
B-31	-36.87	126.68	129.79	2937.6	-43.31	120.24	121.8
B-32	-68.7	122.53	126.82	835	-70.11	121.12	124.5



26. sz. ábra: Számított nyugalmi vízszint (mBf) a legfelső vízadóban



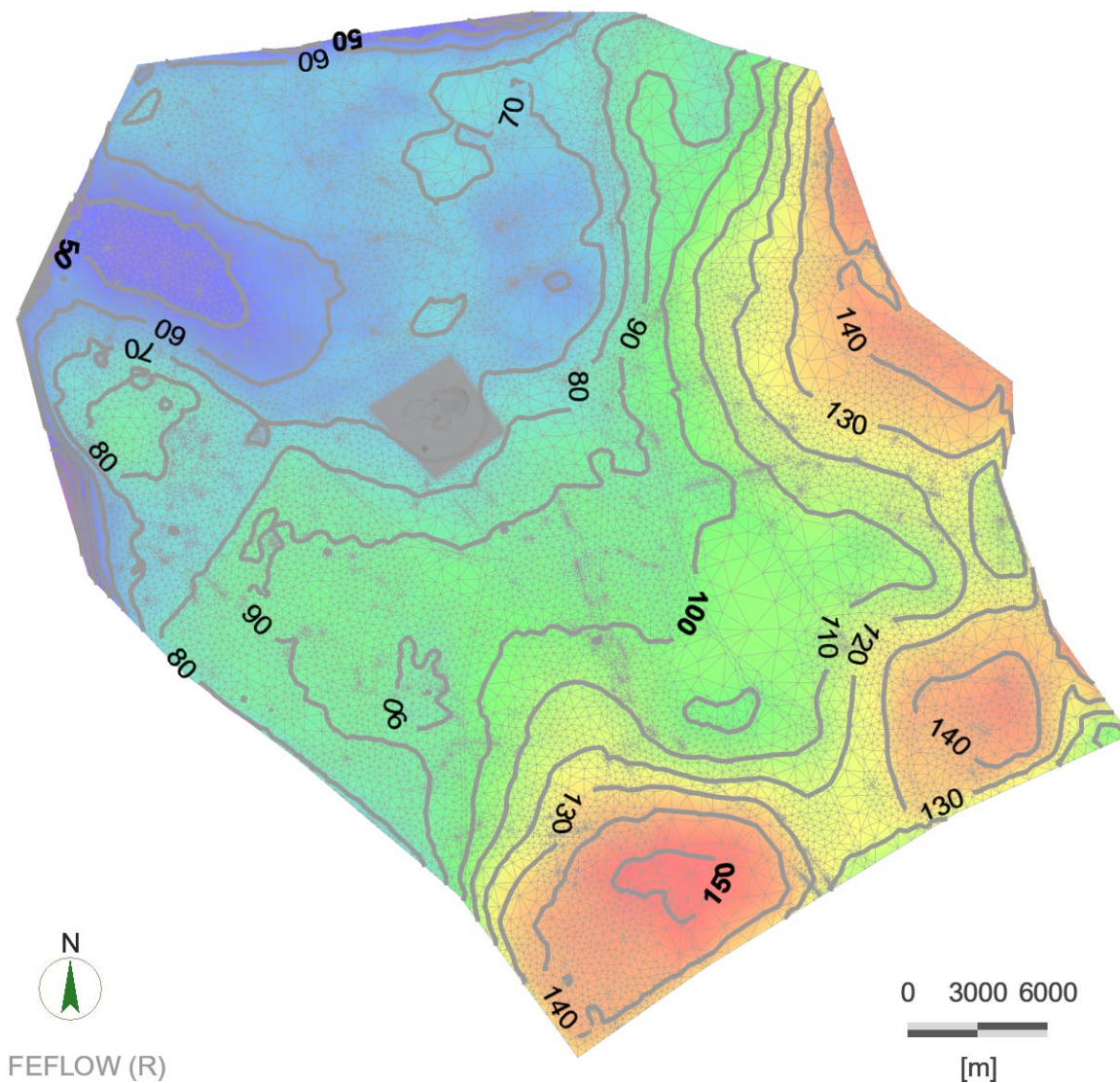
27. sz. ábra: Számított nyugalmi vízszint (mBf) a karsztvíztárolóban



28. sz. ábra: A számított és mért hőmérséklet egymáshoz mért viszonya

A 28. sz. ábra mutatja be a számított és mért hőmérsékleteket, ezen jól látható, hogy a számított hőmérsékletek az alacsony és a magasabb tartományban is jól közelítik a mért értékeket. A hőtranszport kalibrációja során mintegy 600 kút adatát használtuk fel.

Az alaphegység felszínére számolt hőmérsékletet mutatja be a 29. sz. ábra.



29. sz. ábra: Az alaphegység felszínére számított hőmérséklet eloszlás

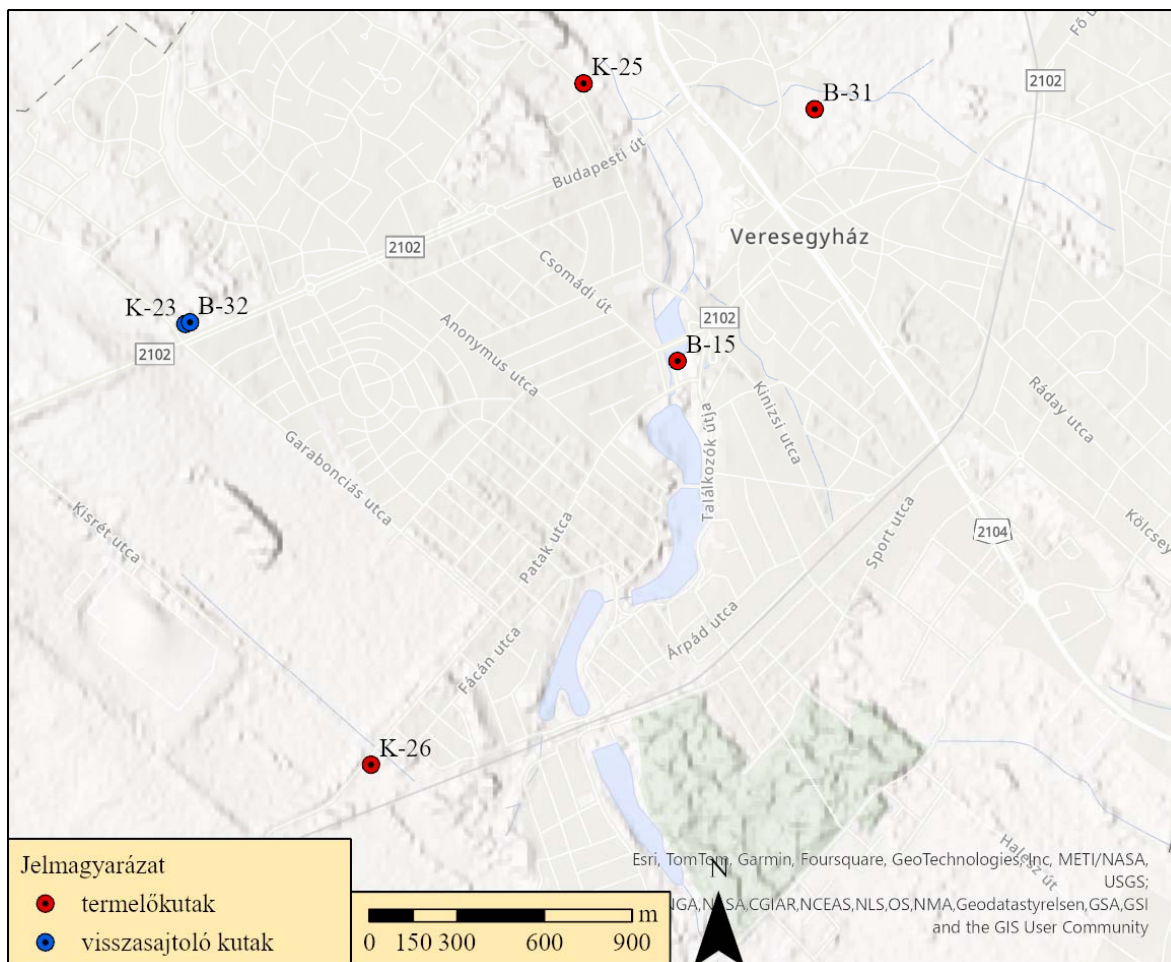
A modellezéstől általánosan elvárható pontosságot elértük, az általunk megismert, ill. feltételezett folyamatok leképzése, trendszerű visszaadása sikerült, így a kalibrációt elfogadtuk.

5.4. A termálkutak hatásának vizsgálata

5.4.1. Üzemelő termálkutak hatásának vizsgálata

Veresegyház város Önkormányzata több évtizede használja a termálvizet elsősorban energetikai (fűtés és használati melegvíz előállítása), kisebb részben balneológiai célokra.

Jelenleg 4 db termelőkútból és 2 db visszasajtoló kútból áll a geotermikus rendszer. Megvizsgáltuk a jelenlegi rendszer működése mellett kialakuló hatásokat, a 6. sz. táblázatban szereplő termelési értékekkel beépítettük a modellbe a meglévő termelő és visszasajtoló kutakat.



30. sz. ábra: A veresegyházi termálkutak elhelyezkedése

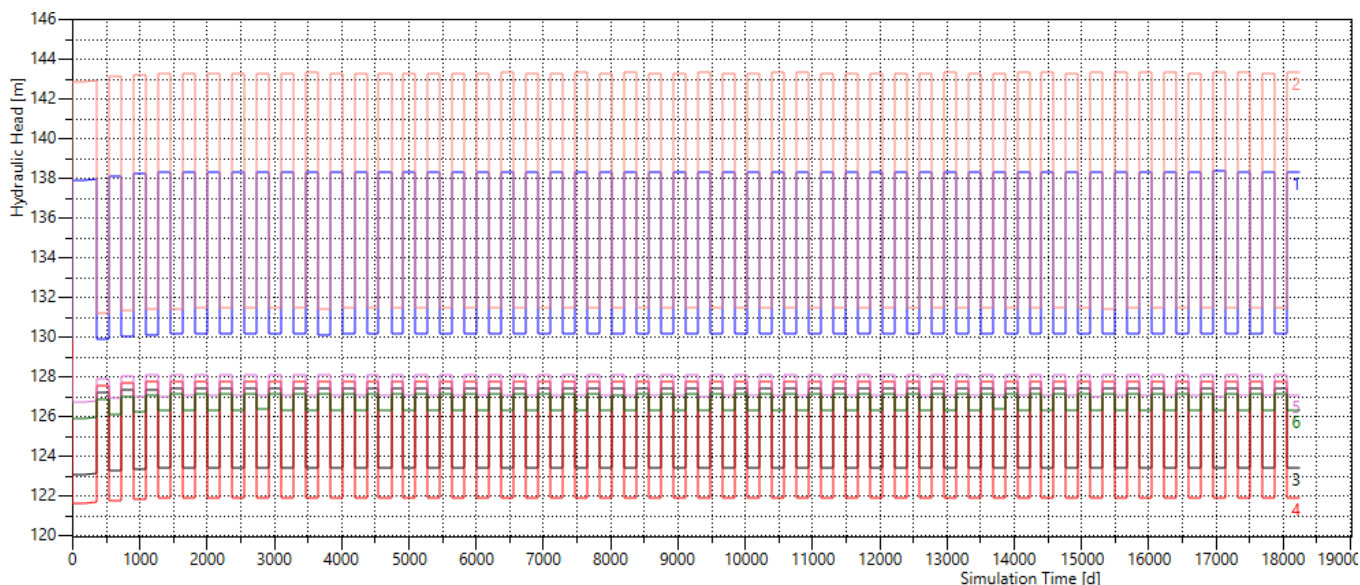
6. sz. táblázat: A kitermelt és visszasajtolt vízmennyiségek

Kút	Típus	Vízforgalom		
		Tél [m ³ /idény]	Nyár [m ³ /idény]	Összes [m ³ /év]
I. B-15	termelő	-220000	-110000	-330000
III. (K-25)		-605000	-184000	-789000
IV. (K-26)		-420000	-50000	-470000
V. (B-31)		-827000	-230000	-1057000
Összes kitermelt		-2072000	-574000	-2646000
II. (K-23)	visszasajtoló	+584000	+152000	+736000
VI. (B-32)		+1434000	+373000	+1807000
Összes visszasajtoló		+2018000	+525000	+2543000

Téli időszak: október 15-április 15 között (182 nap), Nyári időszak: április 15 és október 15 között (183 nap)

Az „alapállapot” modellt 50 évre futtattuk és a következőkben bemutatjuk a kutak üzemeltetésének hatását a vízadó hőmérsékletére és vízszintjére.

A 31. sz. ábra mutatja be a kutakban kialakuló vízszintet az 50 éves üzemelési periódus során. A kialakuló téli-és nyári üzemi vízszintekben nem látható eltérés az idő előrehaladtával az első évhez képest, a vizsgált 50 éves periódusban hasonló minimális és maximális üzemi vízszintek alakulnak ki az téli és nyári időszakokban, tehát a nyári időszakokban a vízadó gyakorlatilag teljesen visszatöltődik. Ez egyrészt a vízadó kedvező adottságainak, másrészt a visszasajtolásnak köszönhető.

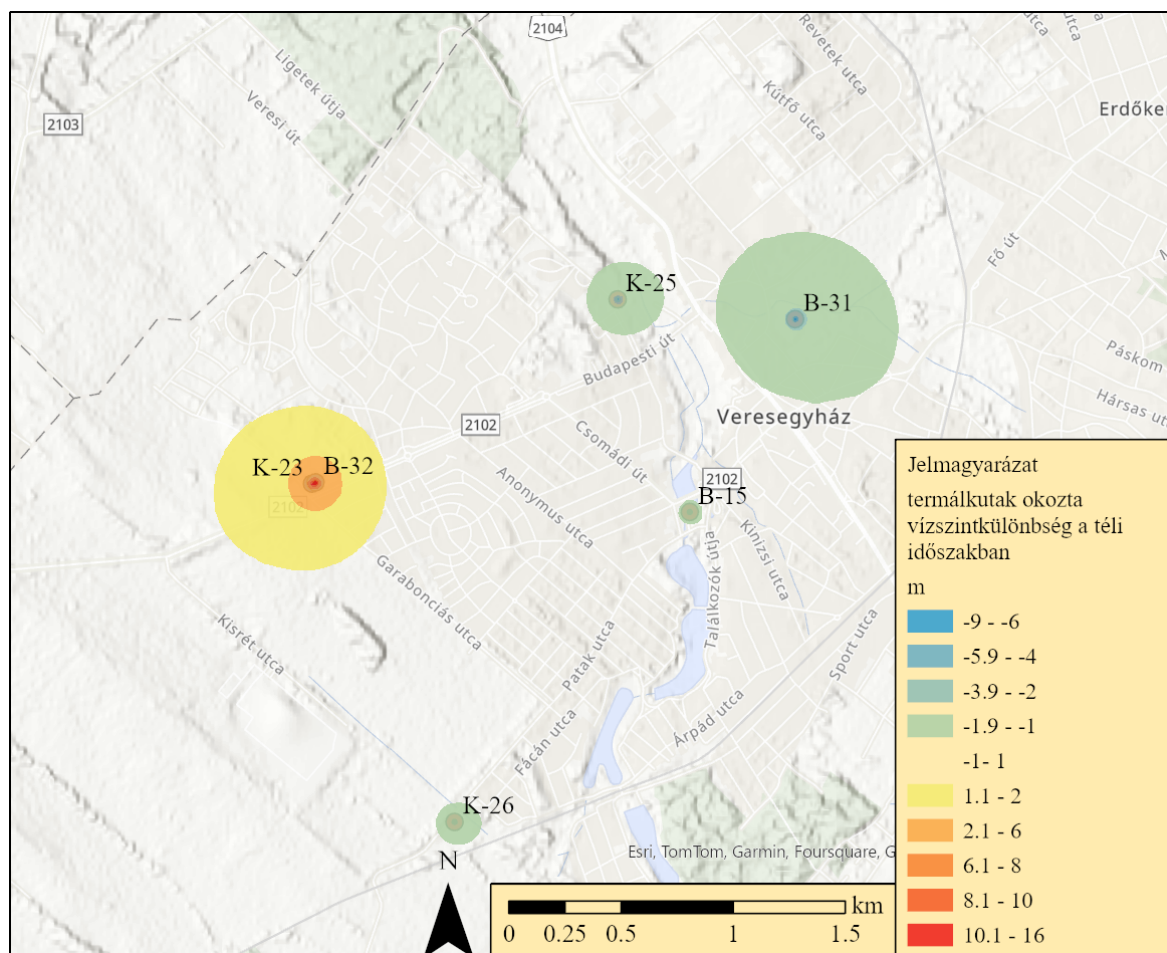


31. sz. ábra: A termálkutak számított vízszintjének alakulása 50 év üzemelés során (1: K-23, 2: B-32, 3: K-25, 4: B-31, 5: B-15, 6: K-26)

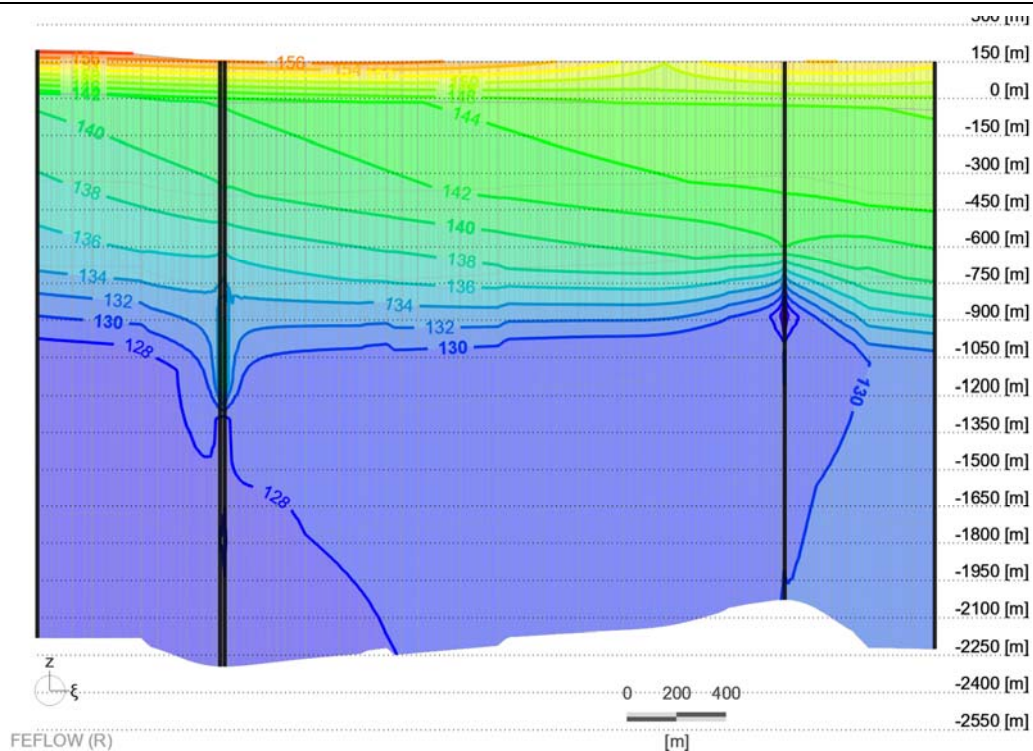
A 32. sz. ábra mutatja be a jelenleg meglévő termelő-és visszasajtoló kutak hatásterületeit a termelt vízadóban, a téli időszakban, amikor a termelés és a visszasajtolás volumene lehetővé teszi a maximális hatások meghatározását. Látható, hogy a legjelentősebb vízszintcsökkenés a B-31 termelő kút közvetlen környezetében alakul ki, a depresszió 9 m. A hatás a termelőkutaktól távolodva gyorsan lecseng, a nagyobb vízszintváltozások csak kutak közvetlen környezetére terjednek ki. A visszasajtoló kutak (B-23 és B-32) környezetében a lokális vízszintemelkedés eléri a 16 m-t, viszont a vízadó összlet kedvező adottságai miatt csak a kutak 400-500 m-es környezetében észlelhető 1 m fölötti vízszintemelkedés.

A 34. sz. ábrán a K-23 és B-32 visszasajtoló kutak hatása látható a hőmérséklet eloszlásra a termelt vízadóban. A kutak közvetlen környezetében a 35 °C-os visszasajtoló víz a 70 °C-os termálvíz hőmérsékletét egészen 35 °C-ra lecsökkenti, de a termikus hatások a vízszintváltozásokhoz hasonlóan a kutak szűkebb környezetére terjednek ki. A visszasajtoló víz csóvája délnyugati irányba

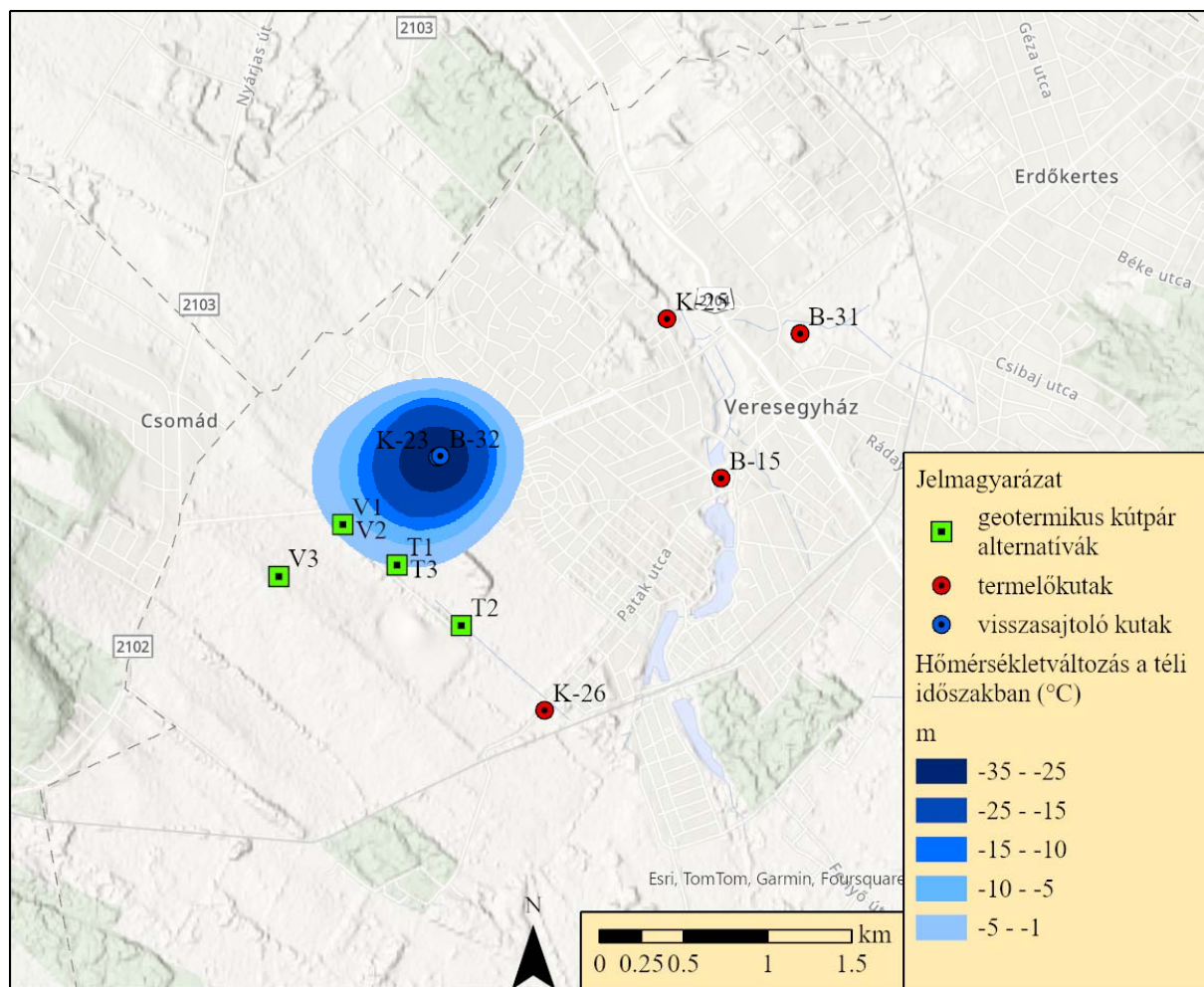
húzódik, az 1 °C-os hűlési front ~730 m kiterjedésben várható. A számított értékek jól korrelálnak a tapasztalati értékekkel, mért vízszinteloszlásokkal.



32. sz. ábra: A termálkutak okozta vízszintváltozás a termelt rétegben (m)



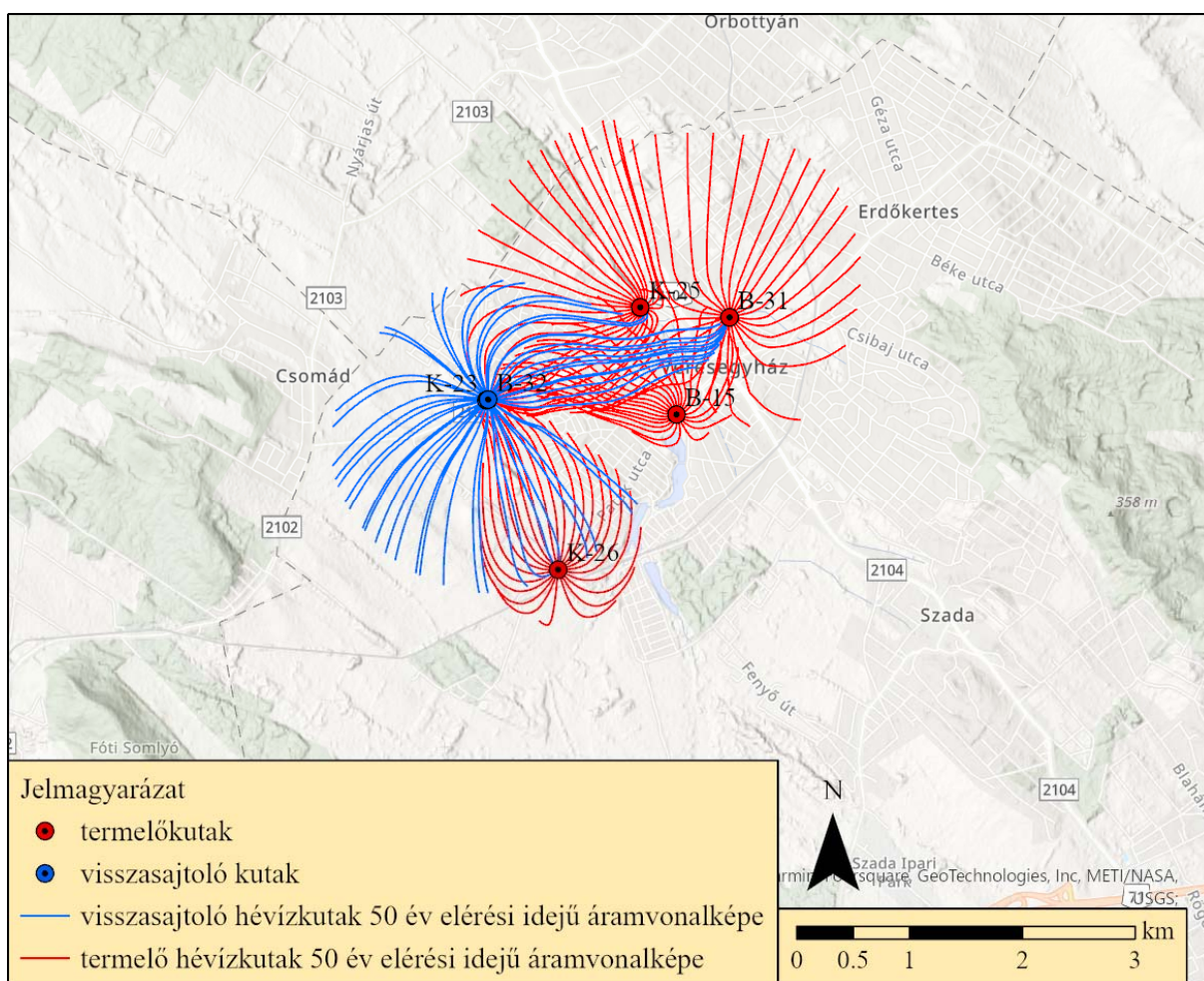
33. sz. ábra: Termelés mellett kialakuló vízszinteloszlás Ny-K-i irányú szelvényben



34. sz. ábra: Hévízkutak okozta hőmérsékletváltozás a téli időszakban (°C)

A 35. sz. ábra a termelő-és visszasajtoló kutak szűrőzött szakaszaitól indított vízrészecskék 50 év elérési idejű áramvonalképét mutatja be. A jelenlegi termelő és visszasajtoló kutak közötti elérési idő 20 évnek adódik a számítások szerint.

Az áramvonalak alapján látható, hogy a téli időszakban a visszasajtolás hatása jelentős a vízázó állapotát tekintve. Az 50 éves elérési időkhöz tartozó áramvonalak kiterjedése a K-25 és B-31 termálkutak esetében a 1,5-2 km nagyságú, a B-15 és a K-26 termálkutak a visszasajtolás miatt lényegesen kisebb utánpótlódási területtel rendelkeznek.



35. sz. ábra: A hévízkutak 50 év elérési idejű áramvonalképe

5.4.2. 1. alternatíva hatásának vizsgálata

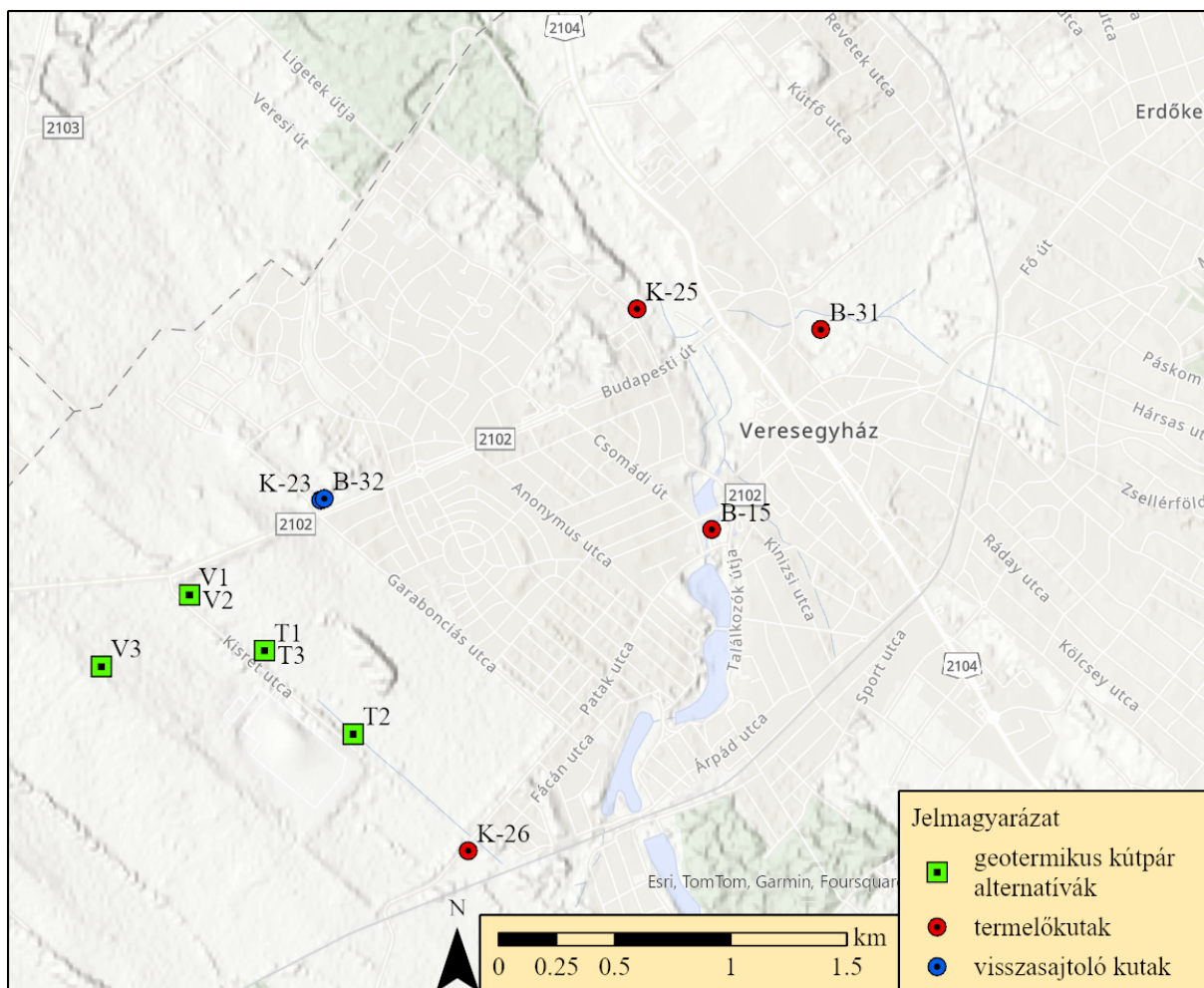
Megrendelő egy új geotermikus kútpár kivitelezését tervezi, melytelepítése kapcsán több helyszín lehetősége is felmerült. A következőkben az egyes alternatívák hatását vizsgáljuk meg a kúthelyek kiválasztása szempontjából. A 36. sz. ábrán láthatók a termelő (T) és visszasajtoló (V) kútpárok vizsgált elhelyezkedése.

Az első scenárió során a tervezett termelőkút (T1) a téli időszakban $1250 \text{ m}^3/\text{nap}$, nyári időszakban $122.9 \text{ m}^3/\text{nap}$ mennyiséget termel ki, és a teljes vízmennyiség visszasajtolásra kerül a vízádóba a visszasajtoló kúton (V1) keresztül. A termelő-visszasajtoló kútpár között $\sim 450 \text{ m}$ távolság van. A kutak szűrőzési mélysége: 1350-1700 m.

A kutak tervezett telepítési helye:

T1: EOY=655496 m, EOY=256111 m (068/14 hrsz)

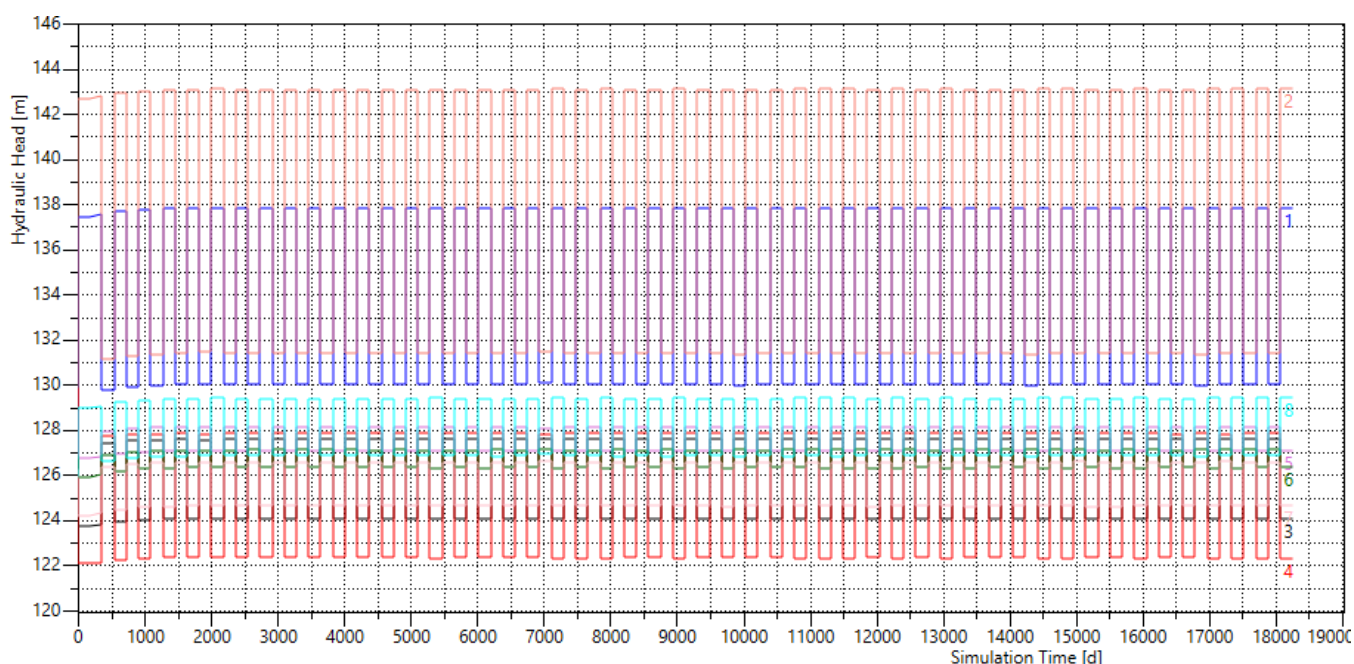
V1: EOY=655173 m, EOY=256351 m (068/14 hrsz)



36. sz. ábra: Létesítendő geotermikus kútpárok potenciális helyszínei

A 37. sz. ábra mutatja be a kutakban kialakuló vízszinteket az 50 éves üzemelési periódus során. Az ábrán látható, hogy a meglévő kutak üzemi vízszintjeire nem gyakorol jelentős hatást a T1-V1 visszasajtoló kútpár működése.

Hasonlóan a jelenlegi állapothoz, a T1-V1 kutak esetében a kialakuló téli-és nyári üzemi vízszintekben nem látható eltérés az idő előrehaladtával az első évhez képest, a vizsgált 50 éves periódusban hasonló minimális és maximális üzemi vízszintek alakulnak ki a téli és nyári időszakokban, tehát a nyári időszakokban a vízáadó gyakorlatilag teljesen visszatöltődik. Ez egyrészt a vízáadó kedvező adottságainak, másrészt a visszasajtolásnak köszönhető.



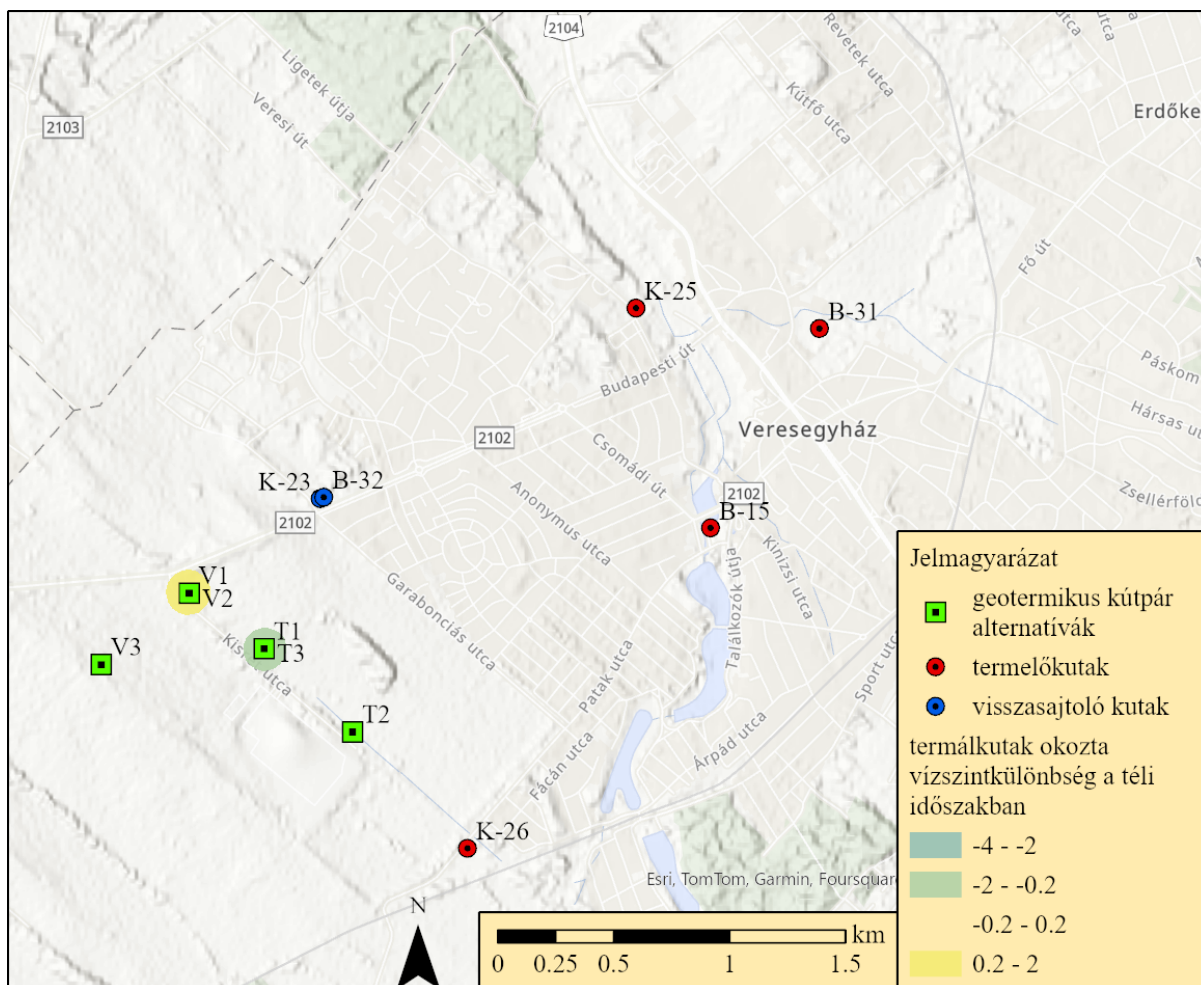
37. sz. ábra: A termálkutak számított vízszintjének alakulása 50 év üzemelés során (1: K-23, 2: B-32, 3: K-25, 4: B-31, 5: B-15, 6: K-26, 7: T1, 8: V1)

A 38. sz. ábra mutatja be a T1-V1 termelő-és visszasajtoló kutak hatásterületeit a termelt vízáadóban, a téli időszakban, amikor a termelés és a visszasajtolás volumene lehetővé teszi a maximális hatások meghatározását.

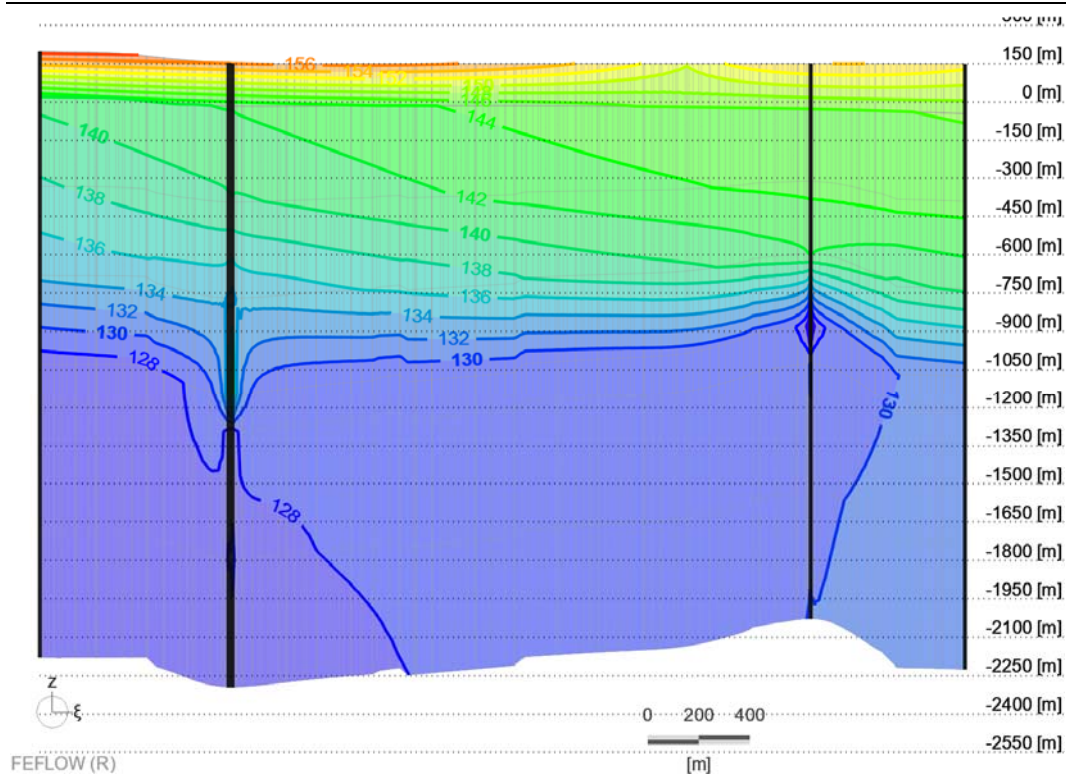
Látható, hogy a T1 termelő kút közvetlen környezetében a jelenlegihez mérten maximum 4 m vízszintcsökkenés várható, kimutatható vízszintváltozás a kút ~110 m-es környezetében alakul ki, a hatás a termelőkúttól távolodva gyorsan lecseng. A V1 visszasajtoló kút környezetében a jelenlegihez mérten a lokális vízszintemelkedés maximális mértéke 2 m, viszont a vízáadó összlet kedvező adottságai miatt csak a kút 100 m-es környezetében észlelhető 0,2 m fölötti vízszintemelkedés.

A 40. sz. ábrán a V1 visszasajtoló kút hatása látható a hőmérséklet eloszlásra a termelt vízadóban. A kút közvetlen környezetében a 70 °C-hoz képest 35 °C hőmérsékletcsökkenés várható, de a termikus hatások a vízszintváltozásokhoz hasonlóan a kutak szűkebb környezetére terjednek ki. A visszasajtoló víz csóvája délnyugati irányba húzódik, az 1 °C-os hűlési front ~1300 m kiterjedésben várható. A számított értékek jól korrelálnak a tapasztalati értékekkel, mért vízszinteloszlásokkal.

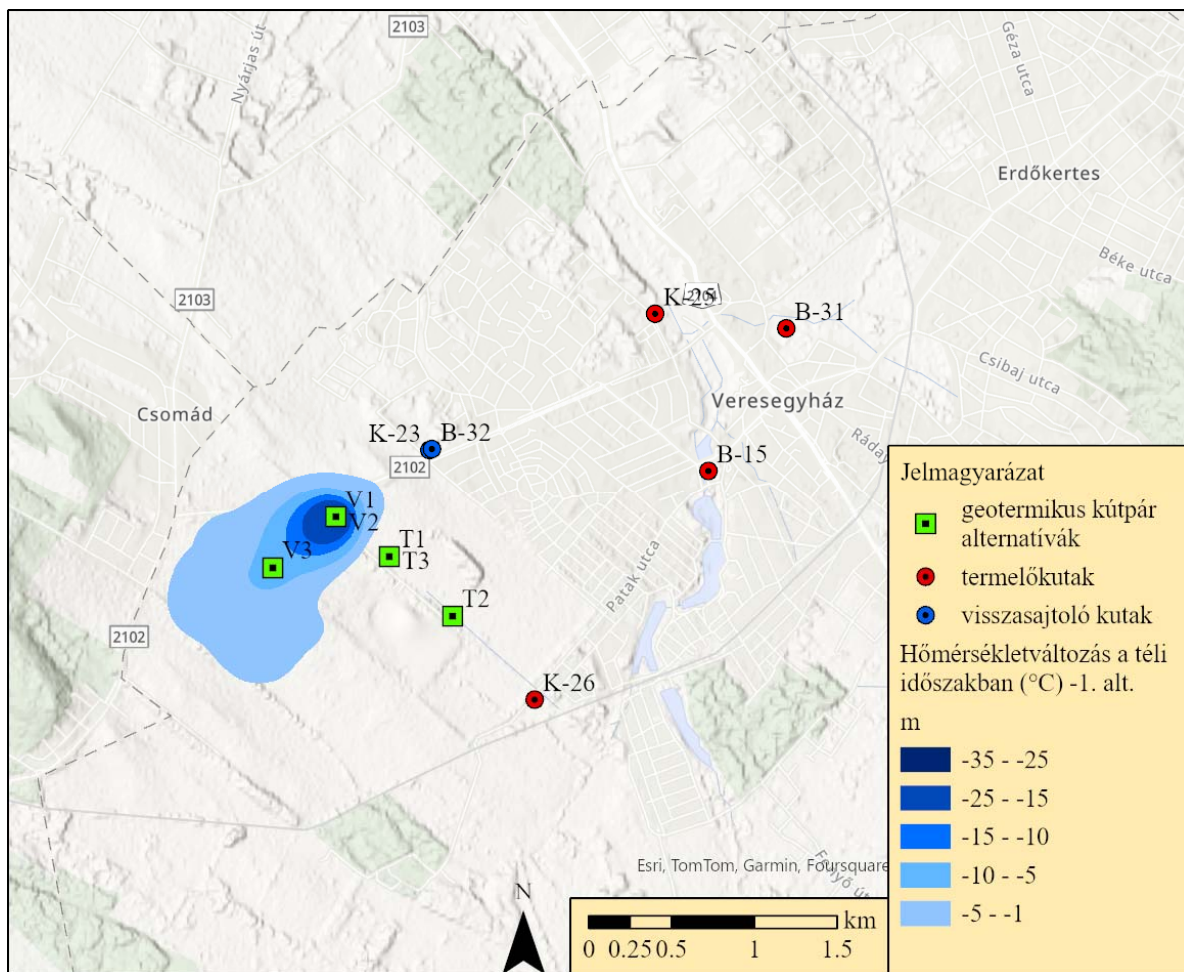
A V1 és T1 termelő-visszasajtoló kút működése meglévő vízkivételt nem érint.



38. sz. ábra: A termálkutak okozta vízszintváltozás a termelt rétegben (m)



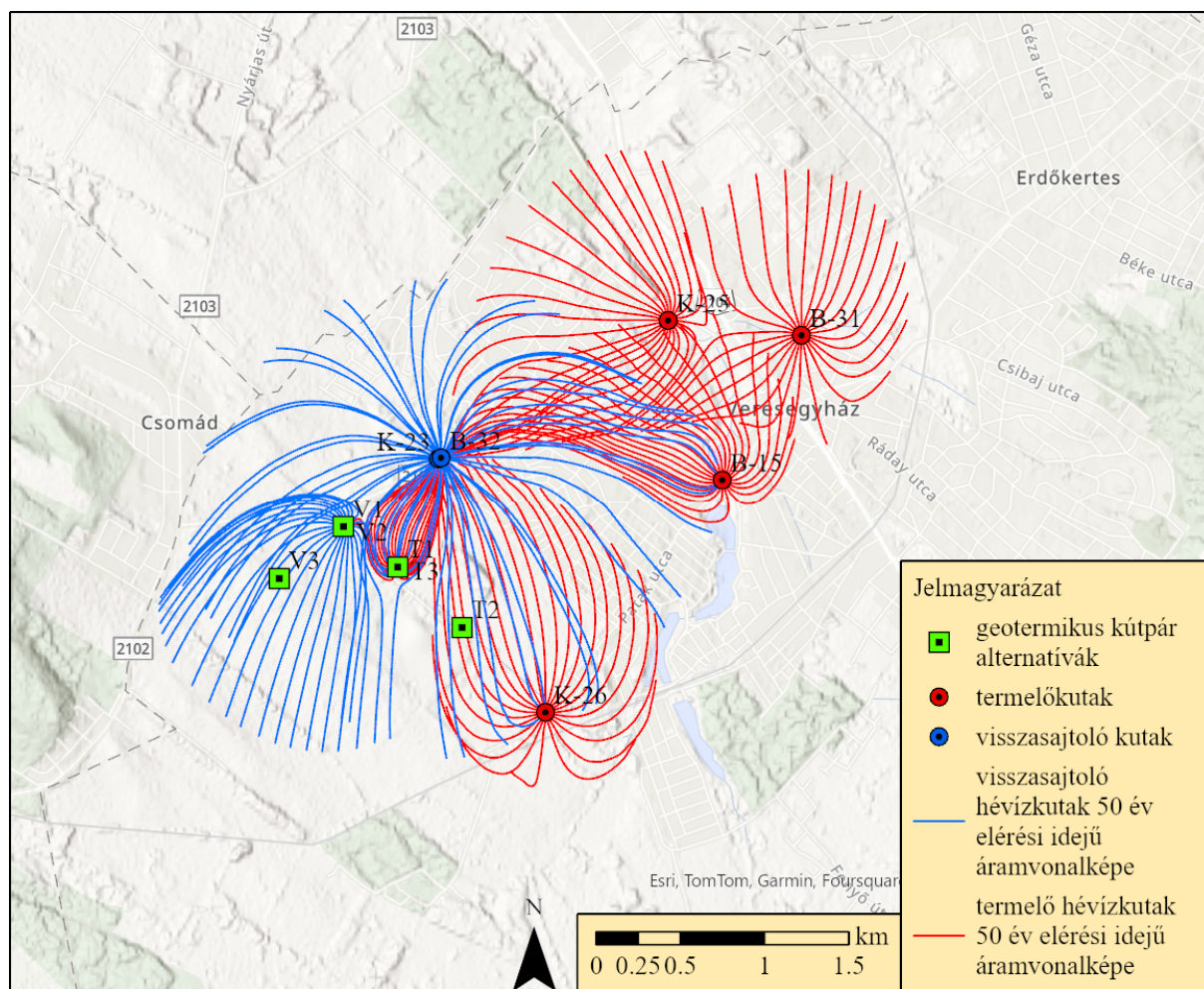
39. sz. ábra: Termelés mellett kialakuló vízszinteloszlás Ny-K-i irányú szelvényben



40. sz. ábra: Hévízkutak okozta hőmérsékletváltozás a téli időszakban (°C)

A 41. sz. ábra a termelő-és visszasajtoló kutak szűrőzött szakaszaitól indított vízrészecskék 50 év elérési idejű áramvonalképét mutatja be. A T1 termelő és K-23, B-32 visszasajtoló kutak közötti elérési idő 6 évnek, a T1 termelő és V1 visszasajtoló kutak között 11 évnek adódik a számítások szerint.

Az áramvonalak alapján látható, hogy a T1-V1 kútpár nem módosítja a meglévő termálkútak utánpótlódási területét. A téli időszakban a visszasajtolás hatása jelentős, a T1 termálkút utánpótlódási területe É-ÉK felé húzódik, a K-23 és a B-32 visszasajtoló kutak hatásterületére korlátozódik. A V1 kútból kisebb arányban származik a T1 kút utánpótlódása, az áramlási viszonyoknak megfelelően.



41. sz. ábra: A hévízkutak 50 év elérési idejű áramvonalképe

5.4.3. 2. alternatíva hatásának vizsgálata

A második szcenárió során a tervezett termelőkút (T2) a téli időszakban $1250 \text{ m}^3/\text{nap}$, nyári időszakban $122.9 \text{ m}^3/\text{nap}$ mennyiséget termel ki, és a teljes vízmennyiség visszasajtolásra kerül a vízádóba a visszasajtoló kúton (V2) keresztül. A termelő-visszasajtoló kútpár között $\sim 900 \text{ m}$ távolság van. A kutak szűrőzési mélysége: 1350-1700 m.

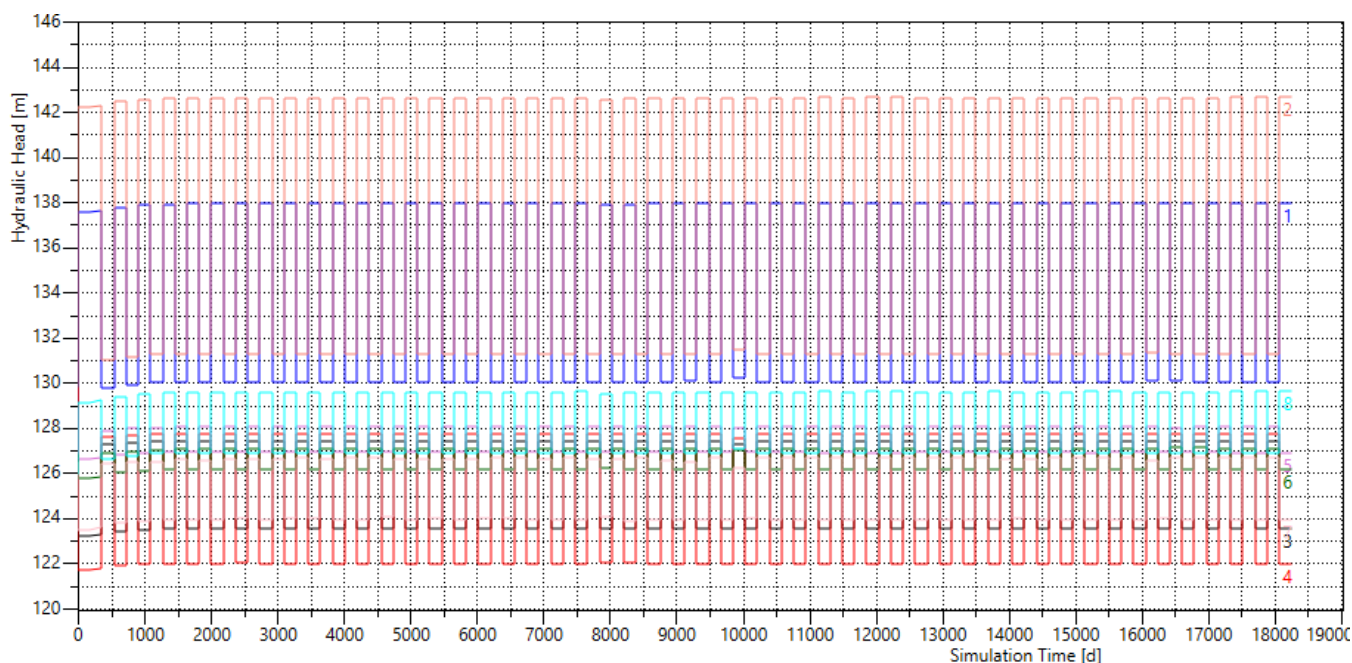
A kutak tervezett telepítési helye:

T2: EOYV=665878 m, EOYX=255752 m (069/17 hrsz)

V2: EOYV=655173 m, EOYX=256351 m (068/14 hrsz)

A 42. sz. ábra mutatja be a kutakban kialakuló vízszinteket az 50 éves üzemelési periódus során. Az ábrán látható, hogy a meglévő kutak üzemi vízszintjeire nem gyakorol hatást a T2-V2 visszasajtoló kútpár működése.

Hasonlóan a jelenlegi állapothoz, a T2-V2 kutak esetében a kialakuló téli-és nyári üzemi vízszintekben nem látható eltérés az idő előrehaladtával az első évhez képest, a vizsgált 50 éves periódusban hasonló minimális és maximális üzemi vízszintek alakulnak ki az téli és nyári időszakokban, tehát a nyári időszakokban a vízázó gyakorlatilag teljesen visszatöltődik. Ez egyrészt a vízázó kedvező adottságainak, másrészt a visszasajtolásnak köszönhető.

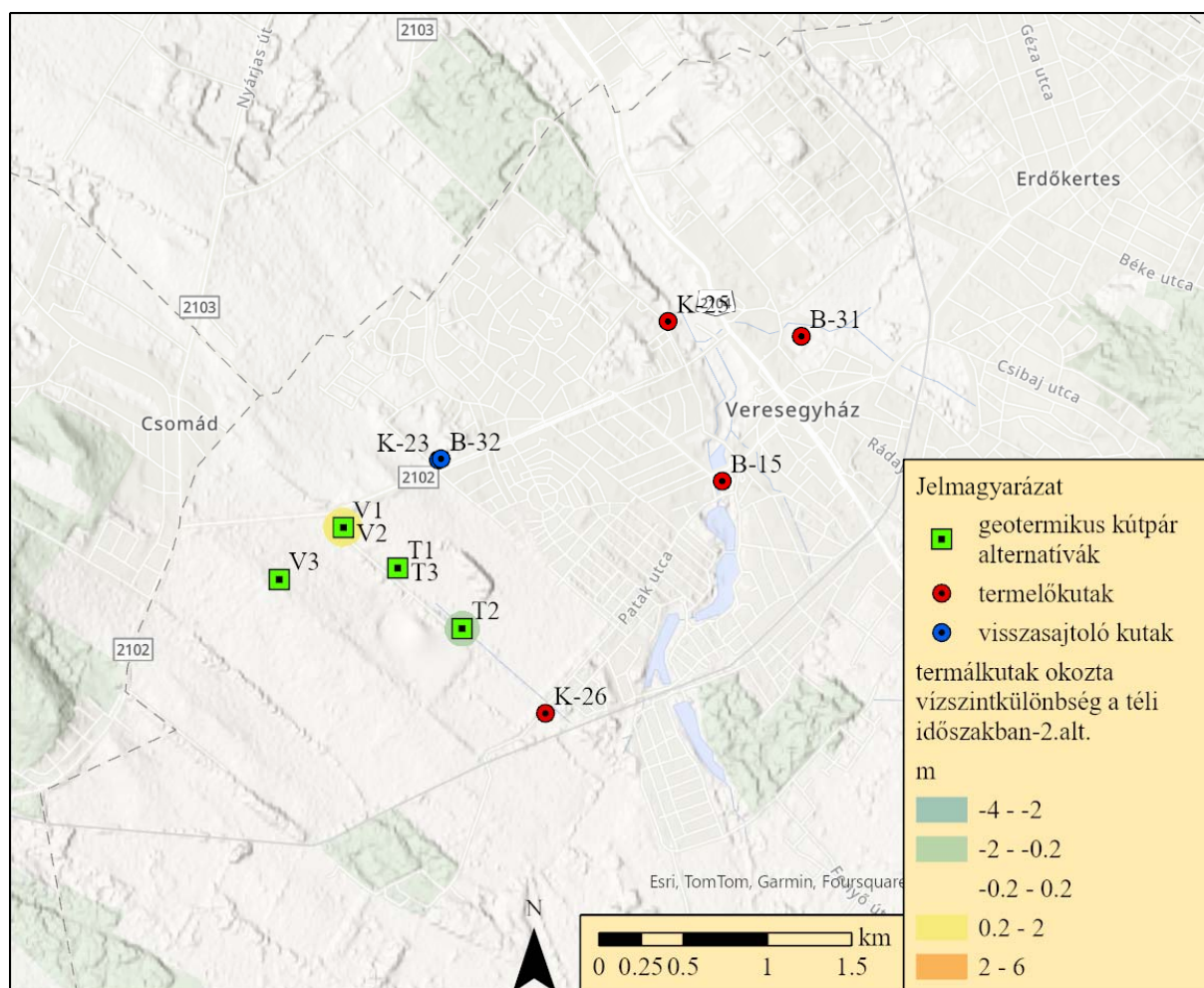


42. sz. ábra: A termálkutak számított vízszintjének alakulása 50 év üzemelés során (1: K-23, 2: B-32, 3: K-25, 4: B-31, 5: B-15, 6: K-26, 7: T2, 8: V2)

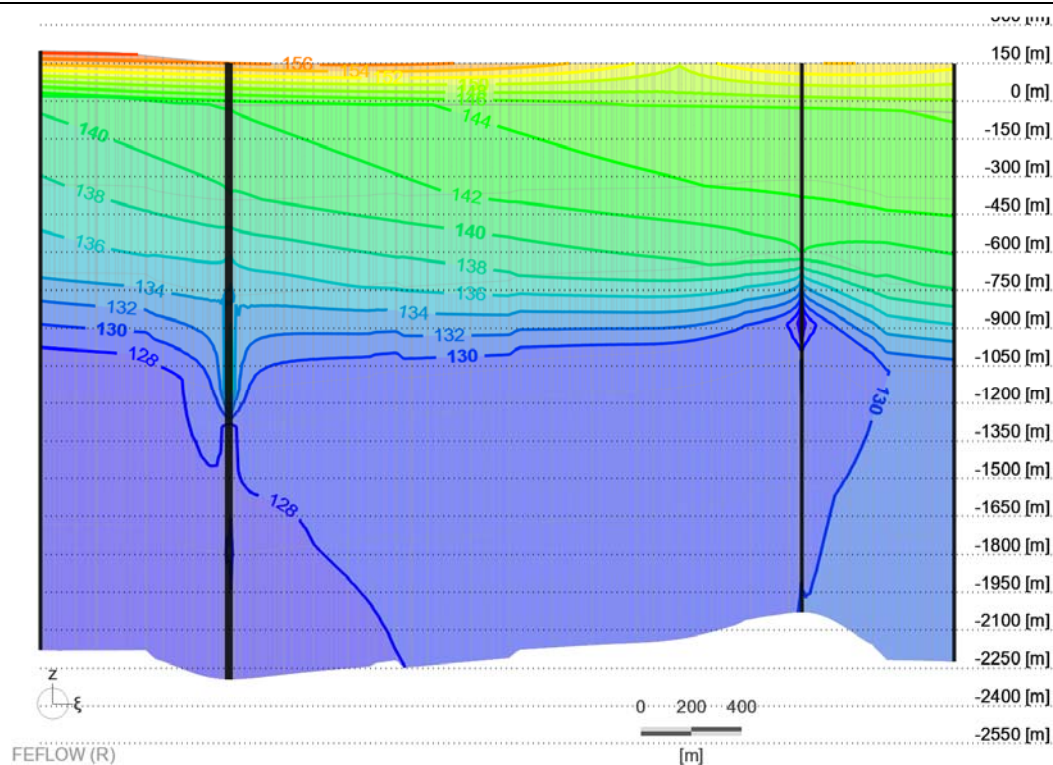
A 43. sz. ábra mutatja be a T2-V2 termelő-és visszasajtoló kutak hatásterületeit a jelenlegi állapothoz mérten a termelt vízázóban, a téli időszakban, amikor a termelés és a visszasajtolás volumene lehetővé teszi a maximális hatások meghatározását.

Látható, hogy a T2 termelő kút közvetlen környezetében a jelenlegihez mérten maximum 4 m vízszintcsökkenés várható, kimutatható vízszintváltozás a kút ~105 m-es környezetében alakul ki, a hatás a termelőkúttól távolodva gyorsan lecseng. A V2 visszasajtoló kút környezetében a jelenlegihez mérten a lokális vízszintemelkedés maximális mértéke 2 m, viszont a vízázó összlet

kedvező adottságai miatt csak a kút 120 m-es környezetében észlelhető 0,2 m fölötti vízszintemelkedés.



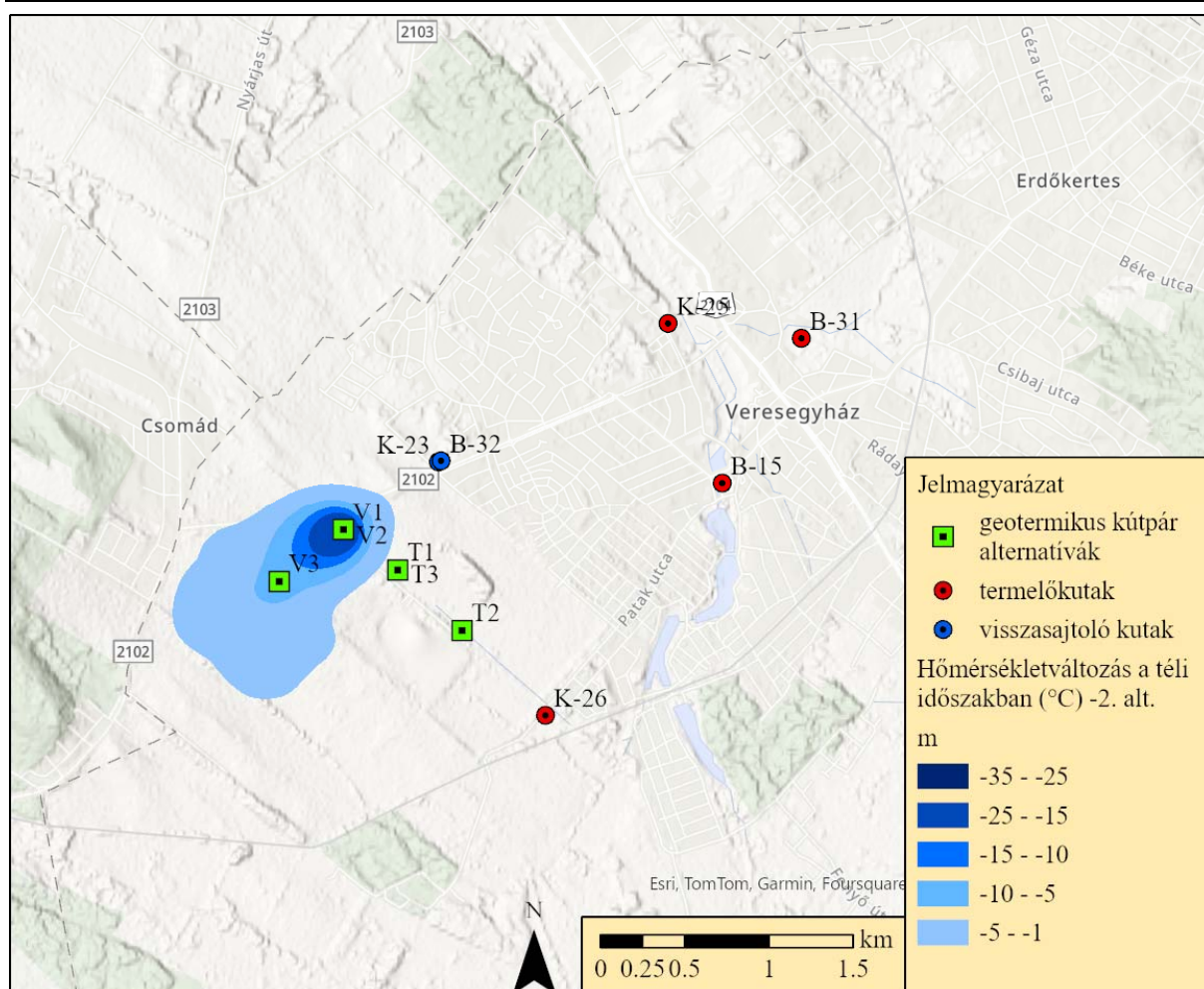
43. sz. ábra: A termálkutak okozta vízszintváltozás a termelt rétegben (m)



44. sz. ábra: Termelés mellett kialakuló vízszinteloszlás Ny-K-i irányú szelvényben

A 45. sz. ábrán a V2 visszasajtoló kút hatása látható a hőmérséklet eloszlásra a termelt vízadóban. A kút közvetlen környezetében a prognosztizált 70 °C-hoz képest 35 °C hőmérsékletcsökkenés várható, de a termikus hatások a vízszintváltozásokhoz hasonlóan a kutak szűkebb környezetére terjednek ki. A visszasajtoló víz csóvája délnyugati irányba húzódik, az 1 °C-os hűlési front izotermája ~1300 m távolságban várható. A V2 visszasajtoló kút hatásterülete megegyezik az 1. szcenárióban vizsgált V1 visszasajtoló kút hatásaival.

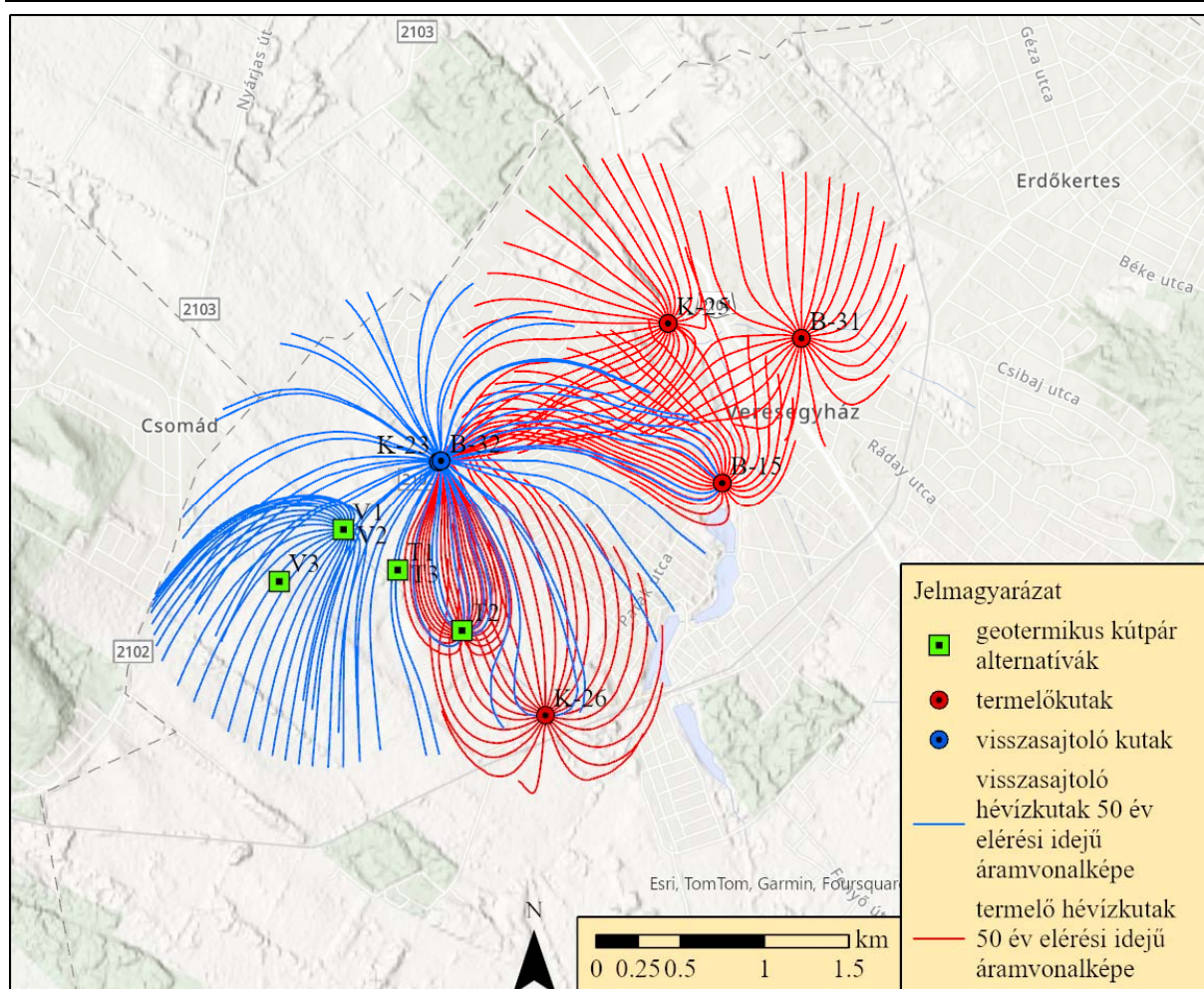
A V2 és T2 termelő-visszasajtoló kút működése meglévő vízkivételt nem érint.



45. sz. ábra: Hévízkutak okozta hőmérsékletváltozás a téli időszakban (°C)

A 46. sz. ábra a termelő-és visszasajtoló kutak szűrőzött szakaszaitól indított vízrészecskék 50 év elérési idejű áramvonalképét mutatja be. A T2 termelő és K-23 és B-32 visszasajtoló kutak közötti elérési idő 11 évnek adódik, a V2 visszasajtoló kút nem hat a T2 termálkút utánpótlódási viszonyaira (50 év alatt nem jut vízrészecske a termelőkútba).

Az áramvonalak alapján látható, hogy a T2-V2 kútpár nem módosítja a meglévő termálkutak utánpótlódási területét. A téli időszakban a visszasajtolás hatása jelentős, a T2 termálkút utánpótlódási területe észak felé nyúlik el, a K-23 és a B-32 visszasajtoló kutak hatásterületére korlátozódik.



46. sz. ábra: A hévízkutak 50 év elérési idejű áramvonalképe

5.4.4. 3. alternatíva hatásának vizsgálata

A harmadik szcenárió során a tervezett termelőkút (T3) a téli időszakban 1250 m³/nap, nyári időszakban 122.9 m³/nap mennyiséget termel ki, és a teljes vízmennyiség visszasajtolásra kerül a vízádóba a visszasajtoló kúton (V3) keresztül. A termelő-visszasajtoló kútpár között ~700 m távolság van. A kutak szűrőzési mélysége: 1350-1700 m.

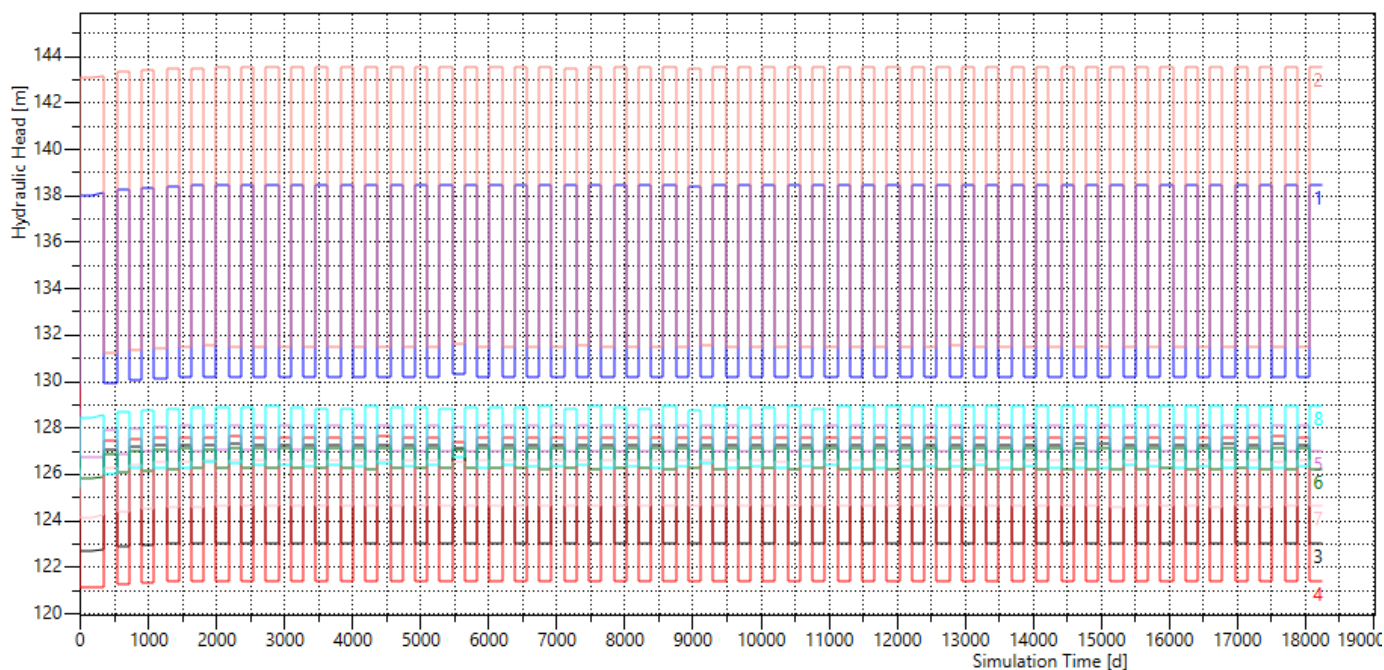
A kutak tervezett telepítési helye:

T3: EOY=665496 m, EOYX=256111 m (068/14 hrsz)

V3: EOY=664793 m, EOYX=256043 m (054/10 hrsz)

A 47. sz. ábra mutatja be a kutakban kialakuló vízszinteket az 50 éves üzemelési periódus során. Az ábrán látható, hogy a meglévő kutak üzemi vízszintjeire nem gyakorol hatást a T3-V3 visszasajtoló kútpár működése.

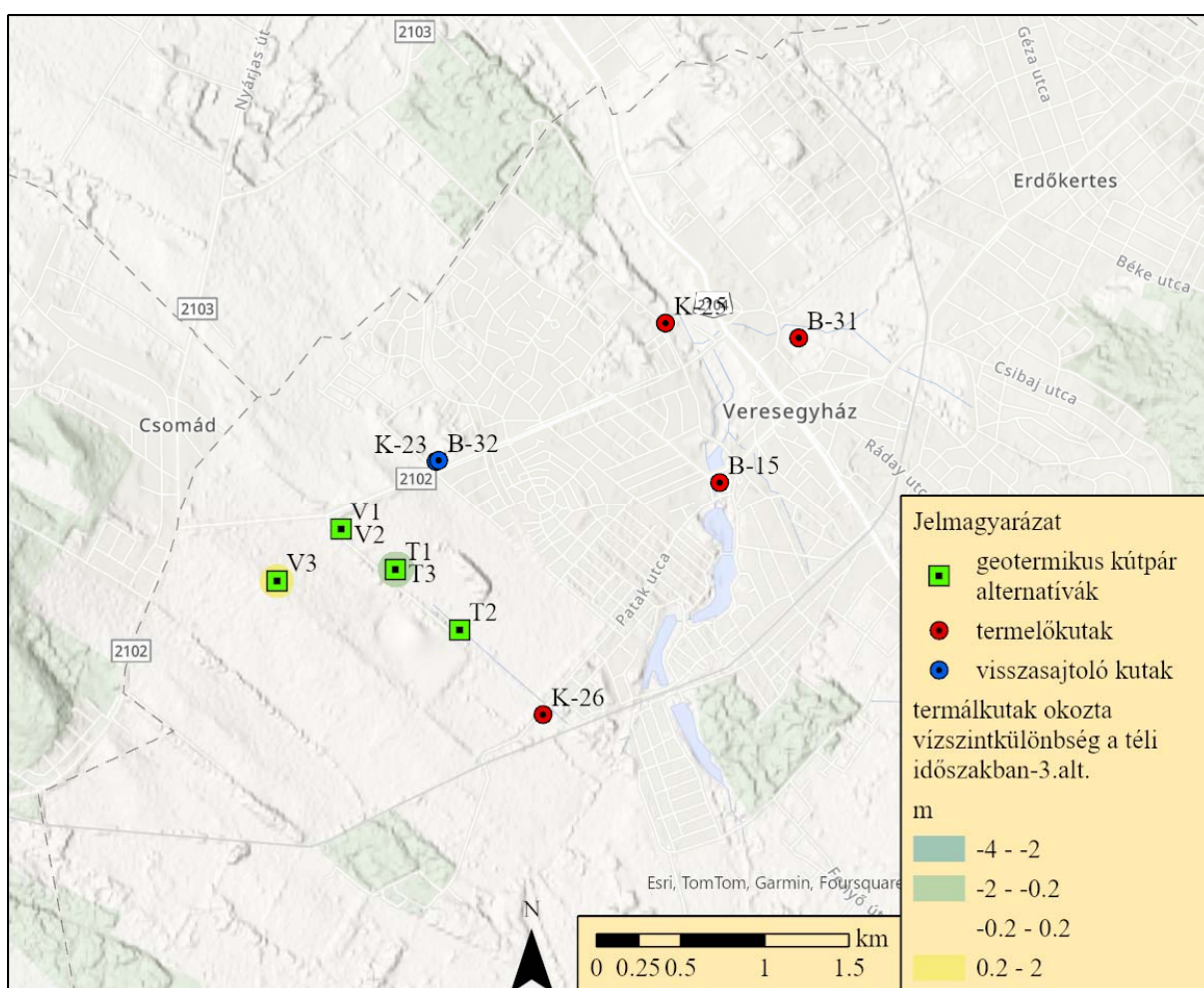
Hasonlóan a jelenlegi állapothoz, a T3-V3 kutak esetében a kialakuló téli-és nyári üzemi vízszintekben nem látható eltérés az idő előrehaladtával az első évhez képest, a vizsgált 50 éves periódusban hasonló minimális és maximális üzemi vízszintek alakulnak ki az téli és nyári időszakokban, tehát a nyári időszakokban a vízádó gyakorlatilag teljesen visszatöltődik. Ez egyrészt a vízádó kedvező adottságainak, másrészt a visszasajtolásnak köszönhető.



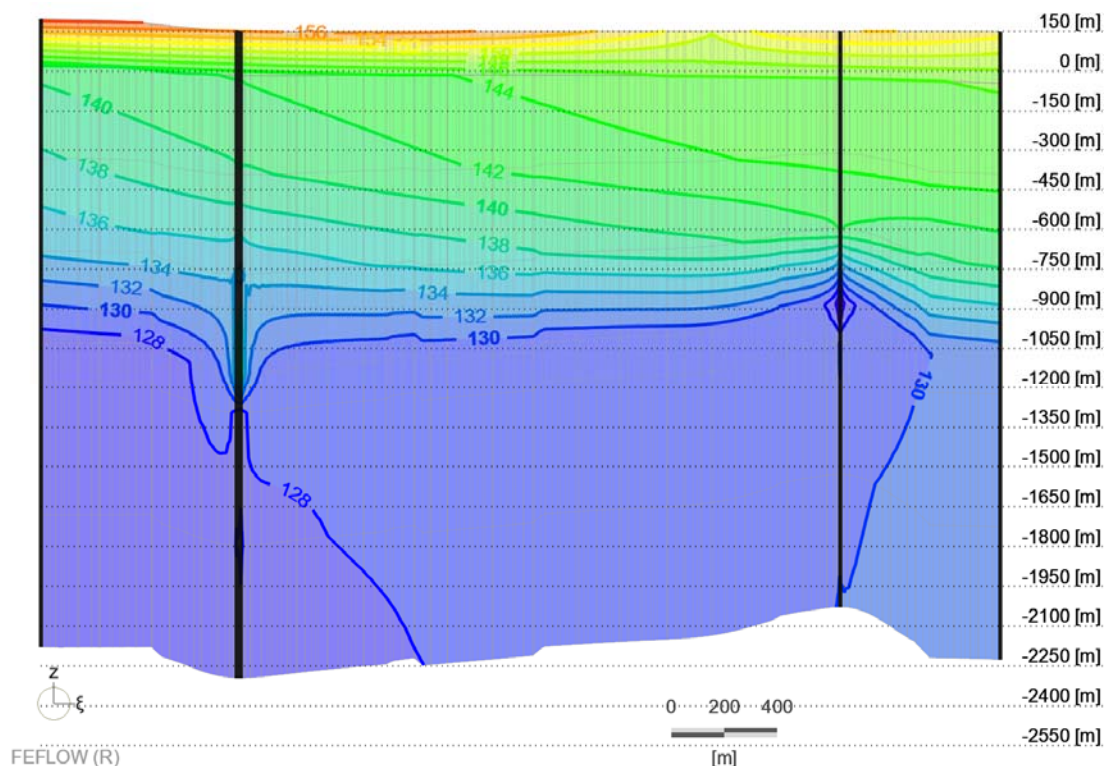
47. sz. ábra: A termálkutak számított vízszintjének alakulása 50 év üzemelés során (1: K-23, 2: B-32, 3: K-25, 4: B-31, 5: B-15, 6: K-26, 7: T3, 8: V3)

A 48. sz. ábra mutatja be a T3-V3 termelő-és visszasajtoló kutak hatásterületeit a jelenlegi állapothoz mérten a termelt vízadóban, a téli időszakban, amikor a termelés és a visszasajtolás volumene lehetővé teszi a maximális hatások meghatározását.

Látható, hogy a T3 termelő kút közvetlen környezetében a jelenlegihez mérten maximum 4 m vízszintcsökkenés várható, kimutatható vízszintváltozás a kút ~110 m-es környezetében alakul ki, a hatás a termelőkúttól távolodva gyorsan lecseng. A V3 visszasajtoló kút környezetében a jelenlegihez mérten a lokális vízszintemelkedés maximális mértéke 2 m, viszont a vízadó összlet kedvező adottságai miatt csak a kút 100 m-es környezetében észlelhető 0,2 m fölötti vízszintemelkedés.



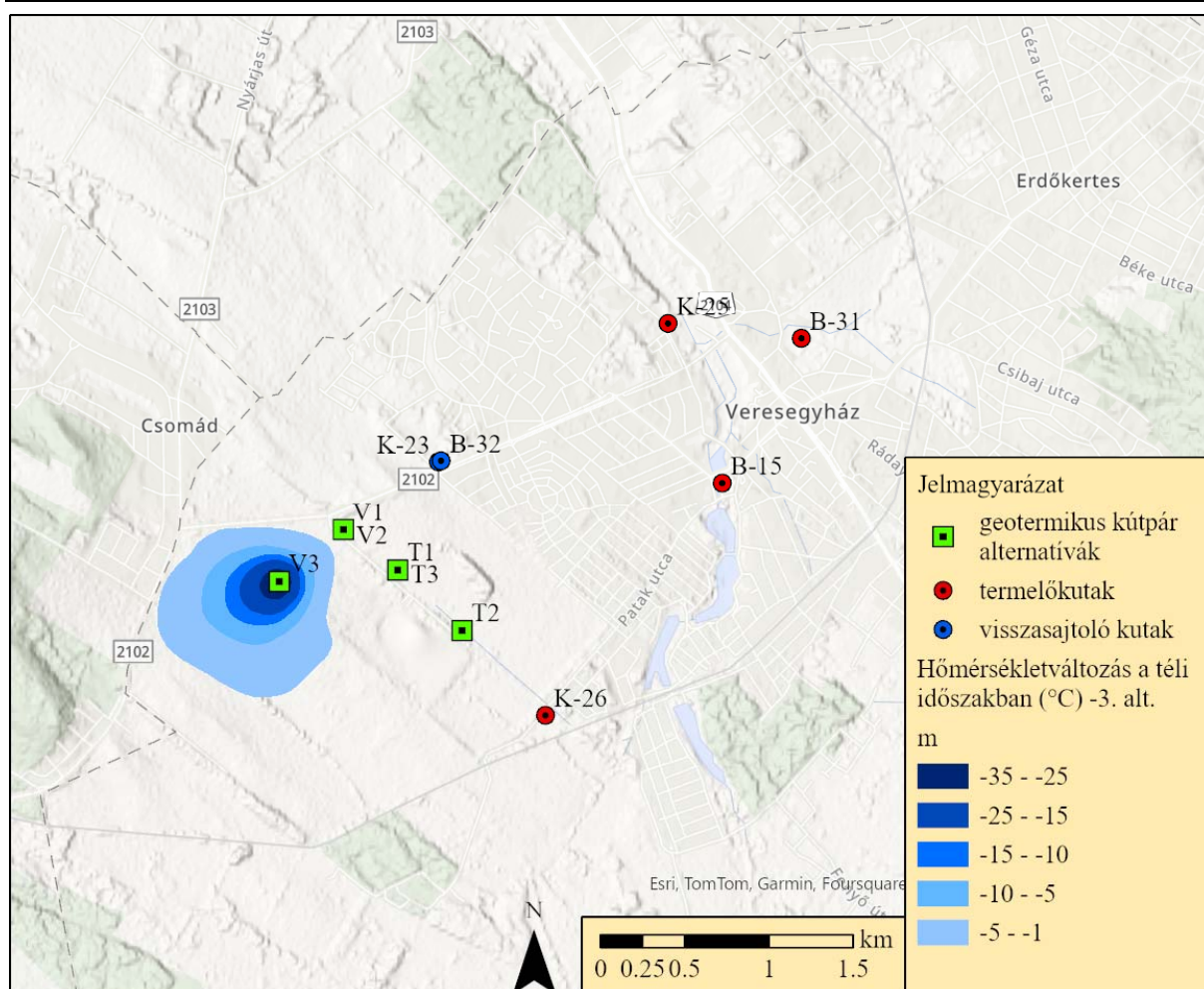
48. sz. ábra: A termálkutak okozta vízszintváltozás a termelt rétegben (m)



49. sz. ábra: Termelés mellett kialakuló vízszinteloszlás Ny-K-i irányú szelvényben

A 50. sz. ábrán a V3 visszasajtoló kút hatása látható a hőmérséklet eloszlásra a termelt vízadóban. A kút közvetlen környezetében a prognosztizált 70 °C-hoz képest 35 °C hőmérsékletcsökkenés várható, de a termikus hatások a vízszintváltozásokhoz hasonlóan a kutak szűkebb környezetére terjednek ki. A visszasajtott víz csóvája délnyugati irányba húzódik, az 1 °C-os hűlési front izotermája ~1300 m távolságban várható.

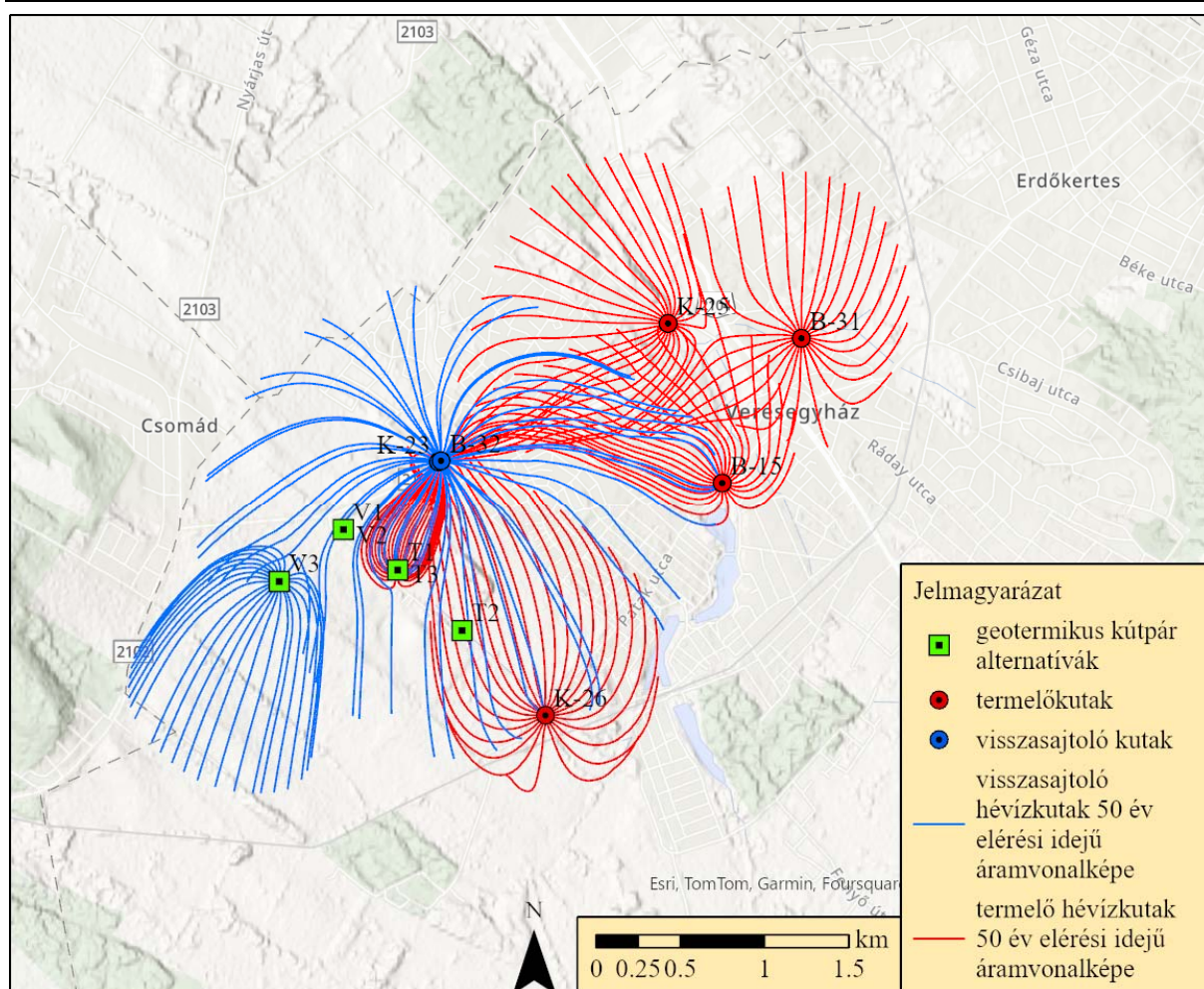
A V3 és T3 termelő-visszasajtoló kút működése meglévő vízkivételt nem érint.



50. sz. ábra: Hévízkutak okozta hőmérsékletváltozás a téli időszakban (°C)

Az 51. sz. ábra a termelő-és visszasajtoló kutak szűrőzött szakaszaitól indított vízrészecskék 50 év elérési idejű áramvonalképét mutatja be. A T3 termelő és K-23 és B-32 visszasajtoló kutak közötti elérési idő 5 évnek adódik, a T3 termelőkútból indított vízrészecskék 50 év alatt nem érték el a V3 visszasajtoló kút a számítások szerint (a V3 visszasajtoló kút nem játszik szerepet a T3 termálkút utánpótlódási viszonyaiban).

Az áramvonalak alapján látható, hogy a T3-V3 kútpár nem módosítja a meglévő termálkútak utánpótlódási területét. A téli időszakban a visszasajtolás hatása jelentős, a T3 termálkút utánpótlódási területe észak felé nyúlik el, a K-23 és a B-32 visszasajtoló kutak hatásterületére korlátozódik.



51. sz. ábra: A hévízkutak 50 év elérési idejű áramvonalképe

5.5. Összegzés

A munka célja az volt, hogy modellezéssel megállapítsa a létesítendő geotermikus kútpár hatását a már meglévő vízkivételekre, illetve javaslatot tegyen annak helyére.

A közölt eredmények alapján megállapítható, hogy a tervezett vízellátási intézkedések esetén nem kell felszín közeli hatással számolni, nem várható kimutatható hatás a környező kutakra az oligocén vízrekesztő képződmények felett.

Az egyes alternatívák vízszintre és hőmérsékletre gyakorolt hatását bemutattuk, a hatásterületekre nem esik üzemelő termálkút. A termelés és visszasajtolás folyamata így, a már üzemelő termálkutakra nincsen hatással a számítások szerint.

Az eredmények alapján az alternatívák mindegyike kivitelezhető, de a tervezett termelőkutak utánpótlódási és hőmérsékleti viszonyaira nagy mértékben hatással lesznek a meglévő B-23 és B-32 visszasajtoló kutak. Tehát a meglévő visszasajtoló kutaktól szükséges az új termelőkutat nagyobb távolságban telepíteni, hogy elkerülhető legyen a termelt termásvíz lehűlése. Az elérési idő a

tervezett termálkút és a meglévő visszasajtoló kutak között 5-11 év, amely a gyakorlatban azt jelenti, hogy a víz -szcenáriótól függően-5-11 év alatt a visszasajtoló kútból a termelő kútba jut. Az út során a visszasajtoló „lehűlt víz” a kúttól távolodva gyorsan felmelegszik, ezért érdemes a visszasajtoló kutak hűlési csóváinak kiterjedése alapján eldönteni, melyek alternatíva a legkedvezőbb.

Az 1. és 3. szcenárióban a T1 és T3 termelőkutak a meglévő visszasajtoló kutak 50 év alatt kialakuló 1-5 °C-os hűlési frontjába belesnek. Az 1. alternatívában mind a meglévő K-23 és B-32 visszasajtoló kutak, mind a V1 visszasajtoló kút hatással van a T1 termelőkút utánpótlódási viszonyaira. A 3. alternatíva esetén a V3 visszasajtoló kút kellő távolságban helyezkedik el, így csak a meglévő visszasajtoló kutak hatnak a T3 termelőkút utánpótlódási viszonyaira.

A számítások alapján a 2. szcenárió tűnik a legkedvezőbbnek, abból a szempontból, hogy legtávolabb esik a meglévő visszatápláló kutaktól, távol esik a hűlési fronttól, illetve a legközelebbi K-26 már üzemelő termálkúttól való távolsága is mintegy 700 m. Az üzemelő kutak közül a K-26 talpmélysége a legnagyobb, szűrőzött szakasza 1609-1725 m között helyezkedik el. A tervezett termelőkút szűrőzése 1350 – 1700 m közötti térrészben tervezett, így a szűrőzött szakaszok között vertikálisan is jelentős különbség adódik.

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy karsztos vízáadó esetében az eredmények bizonyos mértékű bizonytalanságot hordoznak magukban, ugyanis az elvárt 70 °C-os hőmérsékletű víz valószínűleg rendelkezésre áll, azonban a szükséges vízhozam meglete kockázatot hordoz magában, mert a tervezett kút hozama a vízáadó kőzet repedezettségétől függ, amit a rendelkezésre álló adatok alapján karsztosodottnak tételeztük fel, azonban erre vonatkozóan csak a fúrás kivitelezését követően nyerhető bizonyosság.

A közölt számítási eredményeket az alapparaméterek pontosítását követően újraértékelni szükséges a kutak kivitelezését követően.

Felhasznált irodalom

- [1] Vízyűjtő-gazdálkodási terv
- [2] <https://www.elkh-taki.hu/hu/keptar/agrotopo>
- [3] <https://map.mbfisz.gov.hu>
- [4] Dövényi et al.: Magyarország kistájainak katasztere, 2010.
- [5] Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (2012): Gödöllő terület geotermikus koncessziós jelentése
- [6] Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (2013): A Monor szénhidrogén vizsgálati terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány
- [7] Tóth György (1986): Magyarország talajvízforgalmi térképe M=1:500 000
- [8] MFGI (2015): A rétegrepesztés környezeti hatásainak vizsgálata