

## Előzetes vizsgálati szakvélemény

# Javaslatok a debreceni Fórum Üzletközpont hőellátásához tervezett termálvíz-hasznosítás kialakításához

### Tartalomjegyzék:

1. Előzmények és célkitűzés.....	2
2. Szakirodalmi összefoglaló.....	3
3. Meghatározó környezeti adottságok jellemzése.....	7
3.1. Felszínközeli rétegek vízföldtani jellemzése.....	7
3.1. Felső-pannóniai hévíz-tároló vízföldtani jellemzése.....	9
4: Geotermikus kutak műszaki tervének javasolt módosításai.....	14
5: Geotermikus kútpár üzemeltetésének hatásterület-becslése.....	17
7: Összefoglalás.....	23

Készült a VÍZKÚT Kft. megbízásából 2013 decemberében.

Készítette:

**Lorberer Árpád Ferenc**

Geológus

A Budapesti Mérnöki Kamara Tagja.

*A geotermikus kutak hatásterületének előzetes becslésére vonatkozó szakvéleményt a területre vonatkozó felsorolt szakirodalmakra és vízföldtani, geotermikus alapismeretekre épül, a szakterületre vonatkozó jelenlegi ismereteket tükrözi. A kutak kialakítására vonatkozó javaslatainkban törekedtünk a korszerű műszaki és tudományos módszerek, és az érvényes vonatkozó műszaki szabványok és jogszabályok minél teljesebb körű figyelembevételére és műszakilag reális keretek között megvalósítható megoldások előzetes kidolgozására. Az anyag 2013 december 7-12 között záros idő alatt készült, így az előálló újabb vízföldtani és műszaki adatok alapján fokozatosan indokolt lesz tartalmának és esetleges műszaki interpretálásának felülvizsgálata.*

2013.12.12

## 1. Előzmények és célkitűzés

A **LORINVEST BUILD Kft.** megbízást adott a **Vízkút Kft** részére a Debrecen belterületén levő **FÓRUM bevásárlóközpont** fűtését szolgáló geotermikus rendszer tervezésére. A **Vízkút Kft** ennek alapján megbízást adott egy-egy nagy mélységű kitermelő és visszasajtoló hévízkút tervének az elkészítésével a **Szakály Mérnöki Irodának**, amely 2012 októberében készítette el a terv első verzióját, (1) amely 2000 méter mély, miocén alaphegységi fúráslétesítését irányozta volna elő.

A terv 2013 évben módosításra került, a tervezett kutatófúrás mélysége lecsökkent 1680 méterre, a terv ekkor az alsó pannon korú rétegek megcsapolását irányozta elő. (2) Egyidejűleg a kutak helye is módosult, és a szükséges közmű-egyeztetések is kiegészítésre kerültek.

Szintén 2013 évben készült a geotermikus energiahasznosítás beruházásáról előzetes környezeti hatásvizsgálat is. (3)

A **Tiszántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség** 7082/9/2013 számú határozatában előírta a terv pontosítását, egy előzetes vizsgálati dokumentáció elkészítését, amelynek a besajtolás megvalósíthatóságát kell bemutatnia. A **Vízkút Kft** és a **Felügyelőség** megbeszélésén a tervezett kútmélység további csökkentésben egyeztek meg a felek.

A **Vízkút Kft.** ügyvezetője, **György Sándor** 2013 decemberben adott megbízást **Lorberer Árpád Ferenc** tervezőnek, hogy a tervezett hévíz-hasznosítási terv kiegészítésével, a hiánypótlási felhívásnak megfelelő „előzetes vizsgálat”-nak megfelelő szakvéleménnyel. Anyagunk végleges tartalmát a Tiszántúli Környezetvédelmi Felügyelőség illetékesével történt szóbeli konzultáció alapján véglegesítettük. A vízföldtani és geotermikus elemző feladatokat kiterjesztettük a területen elsőként lemélyítendő fúrás esetében szükségesnek látszó rétegvizsgálatok, geotermikus kutatások, és kiviteli tervezési szempontok bemutatására is.

Jelen dokumentum címében is megfogalmazott célja egy konzisztens javaslatrendszer elkészítése, amelynek a révén elősegítő:

- A tervezett geotermikus hasznosítás részletesebb tudományos megalapozása
- A tervezett kitermelő és visszasajtoló kutak mélység-korrektúra és hatásterületük előzetes becslése.
- A kivitelezés és üzemeltetés nagyobb biztonsága, költség-hatékonyabb megvalósítása és üzemeltetése

Közel azonos mélységű, hőfokú és gáztartalmú pannon rétegeket hasznosító fűtési célú kútpárt üzemel Orosházán kb. két éve. Szentés és Hódmezővásárhely térségében pedig több mint tizenöt éves üzemi tapasztalatok állnak rendelkezésre. Debrecen DK-i szélén egy szabadidő centrum részére engedélyeztek hasonló rendszer, amely egy kitermelő kút mellé eltérő rétegre telepített besajtoló kútból és egy új termelőkútból áll. A debreceni rendszer fúrás munkái már majdnem teljesen lezárultak. Sajnos a réteg-vizsgálatok és az üzemeltetési engedélyezés még nem kezdődött el, így csak a tervek és az engedély képez fontos precedenst, helyi üzemi tapasztalatok még nem állnak rendelkezésre, A város geotermikus potenciálja jelentős, elég sok a kihasználatlan kút is, így egy sikeres, frekvenciált helyre eső új beruházás, és az ennek kapcsán előálló új fúrás és üzemi adatok haszna egyértelmű.

## 2. Szakirodalmi összefoglaló

Munkánk közvetlen előzménye az alábbi három tervdokumentáció:

1. **Szakály Mérnöki Iroda (2012 okt): Debrecen, Fórum üzletközpont (hrs 8439/2) geotermikus energiahasznosítás termelő és visszasajtoló termálkútjainak vízjogi létesítési engedélyes terve.** Munkaszám: 2012/057) kézirat, Vízkút Kft, KöTiKöViFe
2. **Szakály Mérnöki Iroda (2013 szept): Debrecen, Fórum üzletközpont (hrs 8439/2) geotermikus energiahasznosítás termelő és visszasajtoló termálkútjainak vízjogi létesítési engedélyes terve TERVMÓDOSÍTÁS** Munkaszám: 2012/057/1) kézirat, Vízkút Kft & KöTiKöViFe
3. **György J, Kardos J, Nyirkos B, Saláta B (2013 júli): Előzetes környezeti vizsgálat a Debrecen FÓRUM üzletközpont energiahasznosítás termelő és visszasajtoló termálkútjainak beruházásához** Tervszám EKV/1/2013 kézirat, Vízkút Kft & KöTiKöViFe

Kiemelten használtuk továbbá az alábbi, konkrét mérési adatokat, idősor-értékelést tartalmazó debreceni projektünk anyagát:

4. **Lorberer Á. F. (2010 dec.) Az A.K.S.D. Kft. tulajdonában álló Debrecen B-2109 számú 1100 m mély termálkút állapotértékelése és a helyi geotermikus hasznosítás lehetőségeinek bemutatása** kézirat, AKSD & Lorberterv Kft archív irattár

Debrecen térségében egy kifejezetten hasonló projekt megvalósítása jelenleg zajlik. A projekt tervét anyagunkhoz felhasználtuk, valamint szóban konzultáltunk a VIKUV Zrt. tervezőjével a lemélyült geotermikus kútpár eddigi eredményeiről, a tapasztalatokat beépítve a javaslatainkba:

5. **Kútfej KKt. (Pálfalvi F, 2010): Debrecen, Hotel Arborétum geotermikus energia ellátás, hévízbeszerezési szakvélemény** kézirat, VIKUV Zrt & KöTiKöTeViFe

A terület jellemzőinek rövid, korszerű összegzését is közli, és a jövőbeni használatot is meghatározhatja a környékbeli mély bányászati koncesszió. A koncesszió előkészítő adatait az alábbi dokumentáció tartalmazza amely az MBFH honlapján szabadon hozzáférhető:

6. **MBFH – MFGI -NEKI (2013): Debrecen szénhidrogén koncesszióra javasolt terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati jelentése** nyílt anyag, www.mbfh.hu

A helyi kutak elhelyezkedését a **mellékelt első**, alapadataikat a **második ábrán** összesítettük.

Debrecen a magyar hidrogeológiai kutatások egyik fókuszterülete, a térségéről igen nagy számú vízföldtani szakirodalom és tervdokumentáció áll rendelkezésre.

A helyi vízföldtani kutatási eredmények többsége, köztük a módszertanilag leginkább előremutató kutatások (újabbban elsősorban *Marton L.* és *Szanyi J.*, régebben *Orlóczy I.*, és *Erdélyi M.* művei) a sekélyebb vízáramlási rendszerekre, konkrétan a talajvíz és rétegvíz süllyedésére koncentráltak, helyileg pedig vagy a „Hajdúsági Vízpótló Rendszer” területére, vagy konkrétan a Nagyerdő környezetére fókuszáltak. A helyi sekély vízáramlási rendszer problémakörét taglaló munkák a jelen terv tárgyát képező hévíz-hasznosítás kapcsán csak korlátozottan használhatóak, ezért félkövérrel kiemeltük a hévíz-hasznosítás kapcsán fontosabb dokumentációkat.

Schmidt Eligius Róbert (1934): *A debreceni I. kincstári gázos kút hidromechanikai viszonyai és az azokból levonható tanulságok* Bányászati és Kohászati Lapok 18. sz.

Bemutatja az első helyi mélyfúrás lefúrását újszerűnek számító eredményeit, és a kapott kevert gáz-víz keverék jellemzőit, és korabeli felhasználását. Javaslatot tesz a kutak szakaszos kompresszoros indítással történő termeltetésére, ami azóta is sok helyen bevett gyakorlat.

Orlóci István (1968): *A debreceni rétegvíz bázis hatásterületének hidrológiai vizsgálata* Doktori értekezés, Pécs, összefoglaló: Hidrológiai Közlöny 1968/5

A negyedkori vízműves rétegeket vizsgálta. Eredményei szerint „Az 1895-ben megnyitott vízműves réteg piezometrikus szintje lényegében azonos volt az átlagos talajvízszinttel. A vízmű piezometrikus szintek rohamos csökkenése 1952 után, a II. vízműtelep kútcsoportjának üzembeállításával kezdődött és tart napjainkig.” „A geodéziai mérések szerint 1927-1965 között a maximális terepsüllyedés kerekén 42 mm volt az I. vízmű környezetében.” Mind a vízmű depressziójának kiterjedése, mind „a deformációs terület nagyságának változása ugrásszerűen a II-es vízműtelep üzembe lépése után következett be”.

Bendeffy László (1968): *Debrecen városi belsősege süllyedésének hidrogeológiai vonatkozásai* Hidrológiai Közlöny 1968/12

A szerző együttesen taglalja Debrecen földtani felépítésére vonatkozó adatokat (Erdélyi M nyomán), terepszint-változás mérésekkel, valamint a talajvíz áramlásáról és kémiai állapotáról meglévő ismeretekkel. Az Erdélyi által kimutatott Macsi-hát, mint felső-pannonnál fiatalabb vetővonal bemutatásával kezdi publikációját, melynek a központja eredményei szerint a század eleje óta nem süllyedt, míg Debrecen más területei egyenlőtlenül megsüllyedtek. A legintenzívebb süllyedés területét a II-es vízmű környékére helyezi. A terepszint süllyedése Bendeffy megállapítása szerint is elsősorban városi vízmű hatása, de szerző részben egy aktív neotektonikus mélyszerkezeti vető mozgásával igyekszik magyarázni a különböző anomáliákat. („ezen szintváltozási jelenségek, noha jellegzetesen kompakciós okok miatt keletkeztek, nem mentesek a tektonikai elemektől sem”)

Erdélyi Mihály (1971, 1973, 1989) *A Magyar Medence Hidrodinamikája* VITUKI kiadvány 1973, összefoglalás: Hidrológiai Közlöny 1975/4 p.147-156.

Erdélyi alkalmazta a hazai porózus üledékekre a szelvény menti hidrogéológiai elemzéseket, és a Tóth féle regionális hidrodinamikát. Eredményei szerint Debrecen eredeti állapotban a leszivárgási és feláramlási (szóhasználatában negatív illetve pozitív nyomás-gradiensű) területek határán helyezkedik el. Megállapítja, hogy Debrecenben a lokális lefelé illetve oldalra történő vízáramlás a felső pannon fekvéjéig terjed, az alsóbb szintek nyomásértéke természetes állapotban magasabb.

VITUKI 1975: Vízkivételi művek instacioner depressziós terének előrejelzése a konszolidáció figyelembevételével a védőidom meghatározására

Az alap kutatás apropója és vizsgálati próbaterülete a vízmű termelésével összefüggésbe hozott Debreceni felszín-süllyedés volt, kifejezetten az állandósult állapotokhoz vezető szakaszok leírása, a szükséges időtartamok hosszának és az egyes periódusokhoz kapcsolható térszín-süllyedések becslése.

TiVizIg: Hajdúhátsági Többcélú Vízgazdálkodási Rendszer (HTVR)

A rendszer koncepcióját ismertető első tanulmány csak rövid említést tesz a terület ismert hidrogeológiai jellemzőire. 1974-ben a TIVIZIG a HTVR-ben a következőket

feltételezték, hogy a vízműkutak 2000-re teljesen kimerülnek. Ez a prognózis láthatólag nem vált be, a kitermelés fenntarthatónak bizonyult.

Béltelki Lajos és Dr. Korim Kálmán (1976): *Hajdúszoboszló és Debrecen környéki hévízek múltja, jelene és jövője* **Vízügyi Közlemények 1976**

A tárgyi munka szempontjából alapvető irodalom, amely együttesen vizsgálta a Hajdúszoboszlói, és Debreceni hévízkutakat a környéki, elsősorban a köztes Ebesi földgáz-mezők jellemzőivel. Bemutatja a porózus hévíz-tároló rendszer jellegzetességeit, ezen belül a debreceni lokális rétegfelépítés és tektonika hatását is a vízadó rétegek elterjedésére. Megadja a helyi geotermikus gradienseket, és piezometrikushoz közeli nyomásadatokat. Felhívja a figyelmet a hévízkutak magas gázosságára, a termális tároló regionálisan összefüggő, és gáznyomással is erősen befolyásolt jellegére.

Deák János és Csontos Péter: *Nyelőkutak kolmatációjának vizsgálata* **Vízügyi Közlemények 1976**

Számszerű közelítés az elnyeletésre kerülő folyadék hordaléktartalma és nyomása, illetve a nyelető kút jellemzői alapján a kút fokozatos, terepen tapasztalt eltömődésére, a kiadáskor igen korszerű számítógépes számítási eljárással támogatva.

MÉLYÉPTERV: (1983) *Debrecen vízellátásának bővítése felszínalatti vizekből* **Hidrogeológiai szakvélemény 1983. december**

A tanulmány megállapítja, hogy „a jelenlegi vízmű-hozam regionális depresszióhoz vezet, amely hosszabb távon nem tartható fenn.” Megállapítja hogy a mély termálvizek ivóvízként nem jöhetnek szóba. Lehetséges megoldásként említi a felszíni víznek a vízműves rétegbe történő besajtolását, szűréses tisztítását is.

Marton Lajos – Szanyi János (2000): *A talajvíztükör helyzete és a rétegvíz-termelés kapcsolata Debrecen térségében* **Hidrológiai Közlöny 80 évf. 1.**

A tanulmány a Debreceni csapadékadatok, a vízmű vízkivételének, a környező figyelőkutaknak az adatsorait hasonlítja össze korrelációs vizsgálatok segítségével. Megállapítja, hogy a „II. számú vízmű termelése szignifikáns kapcsolatot mutat a talajvíz-szintekkel”, az I. és a IV. vízmű termelése nem.

Debreceni Vízmű Rt. - VITUKI Rt. Hidrológiai Intézet, (Csepregi A. Dr. Halász Béla, Marton Lajos et al.) 2000. *Debrecen II. vízmű vízbázisának biztonságba helyezése I. diagnosztikai fázis feladatai. Zárójelentés*

A modellezés szerint a vízműnek felszínig ható védőterülete csak az 50 éves védőidomnál jelentkezik, de az igen nagy területen, ami azóta kijelölésre is került, és a jelen tervezési területet nem érinti. A MODFLOW modellt. Dr. Halász Béla által az ARV programmal végzett előzetes modellezés előzte meg. A vízműves rétegre vonatkozó nagyszámú adat révén variogramm-meghatározásból kiindulva adták meg a réteg transzmisszivitásának eloszlását. A számított vertikális hidraulikus gradiens értéke 0,226-0,32 közötti a II-es vízmű mellett, jelentős hidrogeológiai változékonysággal.

Galsa Attila, Dr. Salát Péter, Dr. Cserepes László (2001): *Egy alföldi rétegsor vízvezető-képességének minősített kiértékelése kutakban mért víznyomások felhasználásával* **Vízügyi Közlemények 2001 évi 4. füzet**

Debrecenen áthaladó szelvény menti regionális hidrogeológiai modellezés eredményének bemutatása, a kalibrált réteg-paraméter a k-tényező értékekének regionális közelítésével. Három fő réteg kerültek kijelölésre Debrecennél a helyi alsó-

pannon tetőszint-változás figyelembe vételével. A debreceni terület átáramlásos jellege a modelleredményen is megmutatkozott.

Dr. Kozák Miklósné (2005): *Földtani, vízföldtani viszonyok Debrecen körzetében* kézirat, készült Vig – Kend major területének hévíz-ellátási terve kapcsán

A szerző rövid összegzés alapján javasolja a felsőpannóniai korú üledékek alsó felében levő homokrétegek hévíz-termelésre való felhasználását, konkrét adatokat a Mikepércs-1 kutatófúrás alapján közölve. Tudomásunk szerint kút létesítése érdekében nem történt konkrét előrelépés.

Kovács B et al (2010): Felszín alatti vizekkel kapcsolatos hőhasznosítás hidraulikus és termikus hatásai *kézikönyv 66-70 o. SZTE TTK kiadó GeoLitera Kiadó sorozat*

Elméleti modell-számítások alföldi jellegű porózus rétegeket hasznosító geotermikus kútpárok hatásterületére vonatkozóan.

VIKUV Zrt. (Pálfalvi F, 2010): ***Debrecen – I. sz. vízbázis Hévízkút tömedékelési és melléfúrásos felújítása – Vízbeszerezési terv*** kézirat, VIKUV Zrt & KöTiKöTeViFe

Debrecen ÉK-i részében, a Gyógyfürdő strandon levő kútjairól készült hidrogeológiai modellezéssel alátámasztott vízbeszerezési szakvélemény. Az dokumentum röviden jellemzi a terület vízföldtani felépítését, „W” és „ARV” hidrogeológiai modellek adatigényének megfelelően. Az egymás közelében települt északi hévízkutak által szűrőzött főbb rétegekre kútdatok alapján ad meg jellemző szivárgási paramétereket.

Kútfej KKt. (Pálfalvi F, 2010): ***Debrecen, Hotel Arborétum geotermikus energia ellátás, hévízbeszerezési szakvélemény*** kézirat, VIKUV Zrt & KöTiKöTeViFe

Debrecen Fancsika térségében, a vizsgálati területtől keletre kb. 10 km-re levő szabadidőközpontnál létesült a K-2499 kataszteri számú, gyógyvízzé minősített 1125 méter mély, 576 m<sup>3</sup>/nap hozamú termálkút. A rendezvényközpontnál telkén egy fűtési célú geotermikus kútpár létesítését is előirányozták. A tervek szerint 700-1000 l/p kb. 80 C° hozamú vízzel fűtenének, majd a 35 fokig lehűlt vizet sajtolnák vissza ugyanabba a felső pannon korú rétegre kialakítandó. A betápláló kút a meglévő régebbi működő ásványvíz-kút közvetlen közelében létesül, a kitermelésnél min 160 méterrel magasabb szintre kialakítva. A rendszer tehát a belterületihez hasonló, csak két eltérő célú termelő és egy visszatápláló kútból áll, ennek megfelelően némileg nagyobb kell legyen a környezeti hatása/igénybevétele is. A térség hidrodinamikai modellezését a térségben gyakran használt ARV program segítségével végezték el, és a modellszámítások szerint kedvezőtlen egymásrahatás vagy hőmérsékleti változás egyik esetben sem következhet be a termálvíz-kúthármas folyamatos termelése mellett sem. Ezen kúthármas elfogadott hatástanulmányának adatait helyi precedensként is alkalmaztuk.

### 3. Meghatározó környezeti adottságok jellemzése

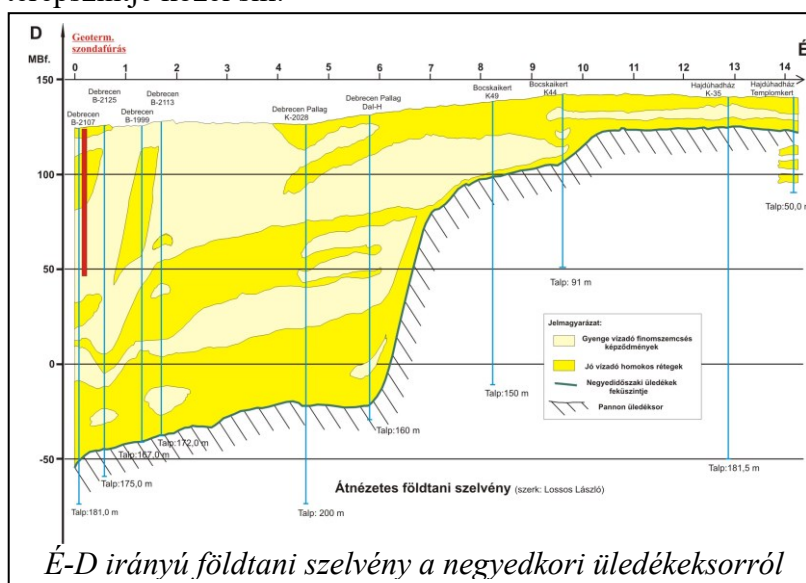
#### 3.1. Felszínközeli rétegek vízföldtani jellemzése

##### 3.1.1. Földtani jellemzők

A tervezési terület a Debrecen belterületén, a Nagytemplom mellett helyezkedik el, kb. 122 mBf-i magasságú sík térszinen. A telek a városnak egy igen sűrűn beépített részén található. **A Nyírség és a Hajdúság határa Debrecennél, a Nagyerdő szélén, a Tocó-völgy közelében húzható meg**, ez a határvonal ürfoton is jól kirajzolódik. A Tocó-völgyet az alsó-pleisztocénben itt haladó folyó (az Ős-Szamos) alakította ki. Jelenleg már nincs a környéken vízfolyás, a terület rendezett terepszintje közel sík.

Debrecen negyedkori földtani és vízföldtani viszonyait részletesen többek között dr. Erdélyi Mihály tanulmányozta.

Megállapította, hogy a kvarter képződmények süllyedéket töltenek ki. A süllyedék haránt-irányú szerkezetét az oldalsó, sokszor idézett földtani szelvényen mutatjuk be

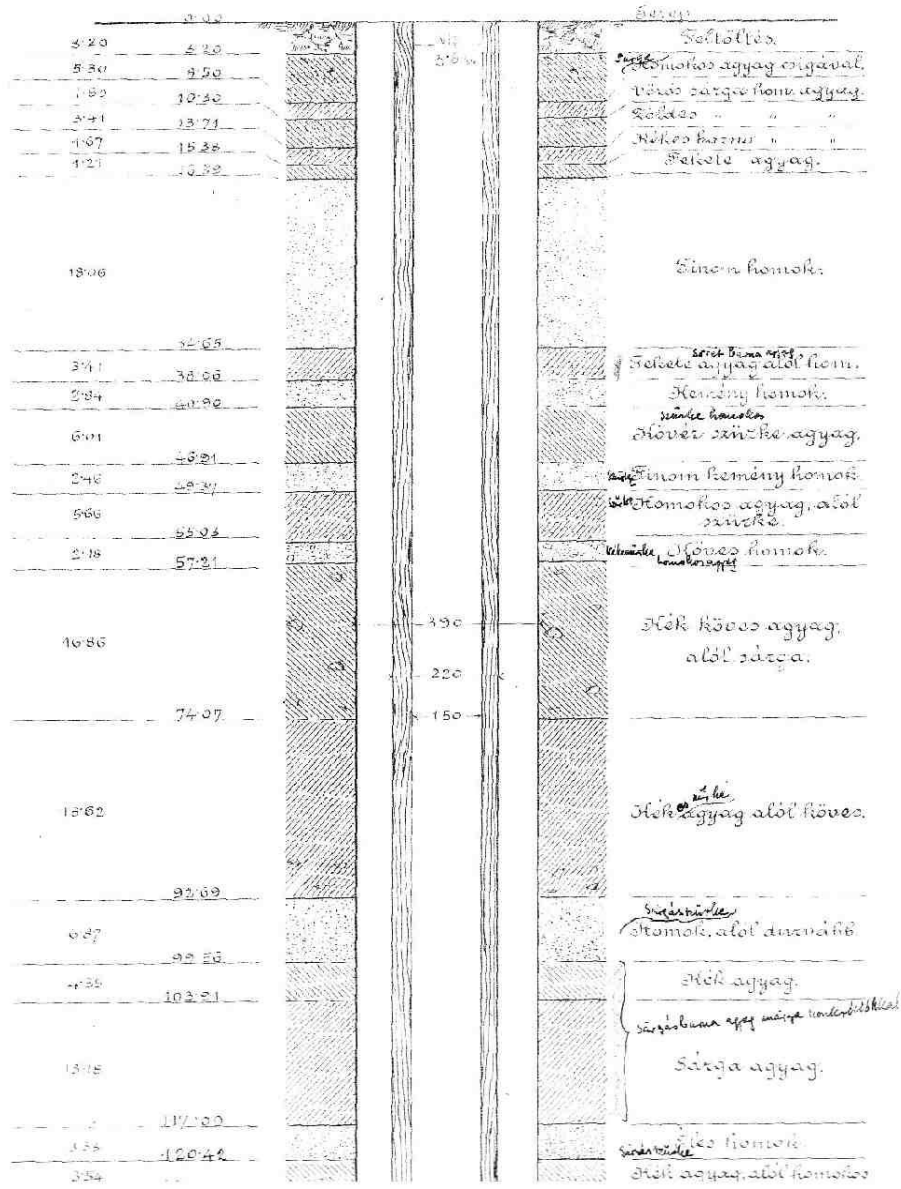


Mint a szelvényen is látható, a kvarter és a pannon rétegek vastagsága is északról dél felé radikálisan, tektonikus jellegű felület mentén megnő, egyidejűleg fokozatosabban nyugatról keltre (az ún. Macsi-háttól távolodva) is növekszik. A negyedkori üledékek vastagsága Debrecenben jellemzően 180-200 m. A fő vízadó, ún. vízműves réteg ÉK-en a Macsi-hát területén +90 és +60 mBf között van. Debrecen DK-i sarkában kezdődő mély süllyedékben ez a réteg már -50 és -120 mBf között helyezkedik el.

A tervezési terület közvetlen környéke vízkutató fúrásokkal kevésbé feltárt. A vizsgált terület közelébe ugyan a MÁFI adatbázisa szerint sok fúráspontra esik, melyek többnyire olyan régi magánkutak voltak, amelyekről semmilyen adat nem maradt fenn. Az **alábbi ábrán**, az 1896-ban Nagytemplom előtti téren mélyült, 837,07 m mély kút még kézzel rajzolt eredeti rétegsorának másolata látható. A kút 180,28 m-es mélységig lett kiépítve, e mélység alatt már kék agyag, agyagos homok és igen vékony homokkő rétegbetelepülésekből álló pannon korú rétegsor következik, melyből vizet nem lehetett kitermelni. A felső-pannon tetőszint becslés szerint tehát a FÓRUM áruháza környezetében kb. -60 mBf, azaz a terep alatt -180 m.

# Debrecen

1:500



Mivel a felszínközeli rétegeket a térségben több régi, palástcementezés nélküli fúrás is feltárhatta, a vízműves réteg Debrecenben különösen érzékeny, ezért a teljes negyedidőszaki réteg kizárása indokolt. A felső nagyobb átmérőjű csőszakot ezek szerint legalább 200 méterig kell telepíteni és körbecementezeni. (Ezt indokolja még a termásvíz kiterjedése, különösképpen pedig a buborékpont felett jelentkező gázseparálódás jelentős térfogatigénye is.) A kútpár engedélyes terve tehát megfelelő földtani sérülékenységi szempontból, a fúrás megfelelő kivitelezés mellett sem felszínközeli sem a vízműves rétegre nem lesz kedvezőtlen hatással.



### 3.1.2. Sekély rétegek vízföldtani és geotermikus jellemzői

A felső rétegek vízáramlását a város alatt ma már teljesen a helyi vízmű és egyéb kutak vízkivételeinek a hatása határozza meg.

Kor	Vastagság (réteg fekü)	Jellemző kőzetösszetétel	Becsült hidrológiai paraméterek	
			$k_{\text{horiz}}$ (m/d)	$k_{\text{vert}}$ (m/d)
Felső-pleisztocén	65-85 m (50 mBf)	Finom homok, iszap	1,75	0,004
Középső-pleisztocén	50-70 m (-10 mBf)	Iszap, agyag Homokliszt	1,0	0,0012
Alsó-pleisztocén	40-80 m (-60 mBf)	Kavics, homok	5-10	0,005

Debrecenben folyik az Ing-Reorg Kft. kivitelezésében GVOP-pályázati forrásból finanszírozott hőszivattyús és szolár monitoring kísérlet, amelynek eredményeit a készítő, majd a Debreceni Egyetem (Buday Tamás et al) részletesen kiértékelte. Debrecenben az átlagos felszíni talajhőmérséklet 13,73 °C, 100 méter mélységben pedig 15,1 °C fok, a felszínközeli geotermikus gradiens 0,049 °C/m. Számításaik szerint 70-80 W/méter fajlagos hőáram jellemző még a felszín közelében is Debrecenben.

## 3.1. Felső-pannóniai hévíz-tároló vízföldtani jellemzése

### 3.1.1. Földtani felépítés

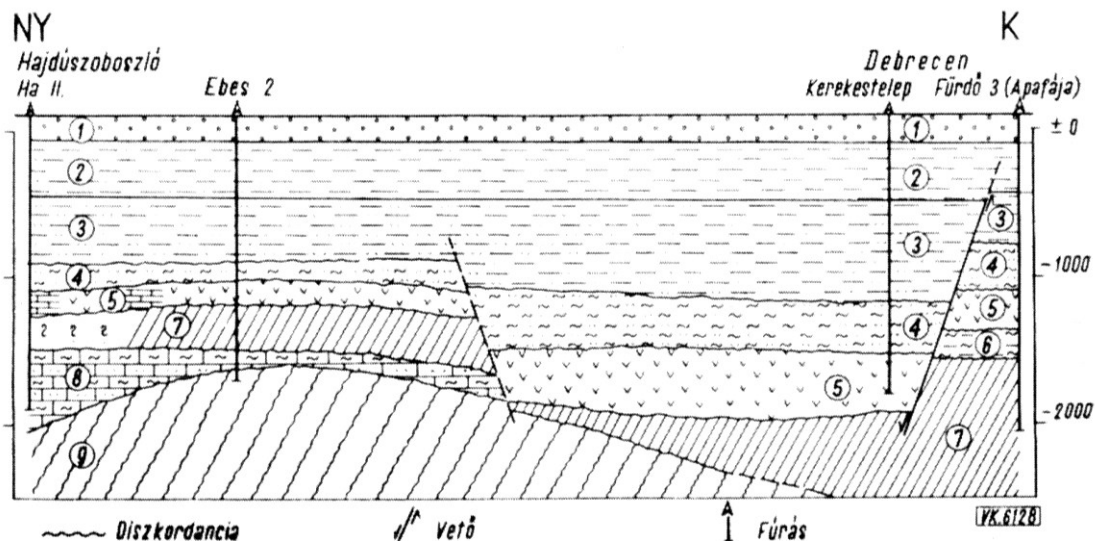
A terv korábbi változataiban a mélyebb alsó-pannóniai vagy még mélyebb alaphegységi rétegeket célozta meg, a hatósági egyeztetéseket követően azonban kizárólag sekélyebb rendszer kivitelezéséről született döntés, így anyagunkban csak ezt a réteget mutatjuk be részletesen.

A térségi hévíztároló rendszer a felső-pannóniai rétegekben egy olyan környezetben alakult ki, amelyet nagyméretű szabad és vízben oldott gáztartalom jellemez. Az egyedi homok-homokkő-testek ún. lepelszerű típust képviselnek, vagyis a vékony kőzettesteket nagy oldalirányú kiterjedés jellemezheti. Míg a vastagabb rétegek követhető oldalirányú kiterjedése több km is lehet, a vékonyabbak sokszor lencseszerűen kiemelkednek. A pannon rétegek a delta-front kialakulásának megfelelően dőlnek, és felseprűződő vetőszerkezetek is tagolják az üledéksort, így a dőlés inkább csak regionális léptékben vehető észre fúrásadatok alapján.

Az egyes homok-agyag szintek váltakozásának korrelációjára vízföldtani célú fúrások alapján alapvetően csak a karottázs-szelvényeken észlelhető réteg-szekvenciák elemzése nyújt lehetőséget, ami önmagában is jelentős feladat, azonban sajnos önmagában nem feltétlenül megbízható. Pontosabb réteg-párhuzamosításra vagy szeizmikus szelvények segítségével vagy ellenőrző magminták magneto-sztratigráfiai, esetleg öslénytani vizsgálatára van szükség.

Debrecen belterülete alatt a vízföldtani szakirodalom egy pannóniai rétegeket teljes egészében érintő (és részben a negyedkort, sőt jelenkori izosztatikus folyamatokat is befolyásoló) vetőszerkezetet tételeznek fel, amely a város belterületén át húzódik, azt két

szerkezeti zónára osztva. Ezt jeleníti meg az alábbi szövegekőzi ábra földtani szelvénye is. (Az újabb kőolajföldtani kutatások ezt nem jelzik, bár nem is igazán céljuk a város alatti térrész leírása. A modern szeizmikus értelmezések inkább komplex szétseprűződő vetőszerkezetek létére és delta-front határvonalra utalnak, mintsem egy egységes nagy vetőre, azaz inkább nehezítik mint elősegítik a fúrások alapján történő egyértelmű szelvény szerkesztését.) A Szakály Mérnöki Iroda az alsó-pannóniai elvető szerkezeteket tételezett fel a szelvényein, amelyek feljebb nem követhetőek egyértelműen, de folytatásuk nem is zárható ki a jelenlegi ismeretek alapján.



*Vízföldtani szelvény Hajdúszoboszlótól, az ebesi gázmezőn át Debrecen térségi déli és északi termálkutatáig (Bélteky-Korim alapján)*

**Debrecen esetében határozott különbség mutatkozik a város északi és déli szerkezeti egysége között, mind a rétegvastagság, mind az ún. alsópannóniai-felsőpannóniai szint elhelyezkedése tekintetében. A déli területen a felső-pannóniai üledékösszlet ugyanis mintegy 200 méterrel vastagabb, mint az északi egységben. A tervezett új kút a két típusú terület között létesülne. Előzetesen nem adható meg hogy az északi magasabb, vagy a déli mélyebben elhelyezkedő pannon fekszenetű területhez fog-e jobban hasonlítani a feltárt rétegsor, így a felső-pannon fekszenetjét megcélzó kutatófúrás szükséges mélysége sem adható meg pontosan. Az eredeti terv /1./ szövege szerint a felső pannon fekszenet 1300 méter, a 6/1 ábra szerint 900-1000 m, míg a 7. ábra alapján kb. 1140 méter. A két legközelebbi termálkút a réteg fekszenetét nem tárta fel. Amennyiben a legközelebbi kissé DK-re eső börgyári B-2268 számú kút rétegsora lenne a mérvadó, a fő vízáadó szintek 985 és 1165 méter között jelennek meg, míg az ÉK felé levő B-2188 fúrásban 859-1053 méter mélységben.**

A vízáadó szintek anyaga jól rétegzett kvarchomok, változó mértékű, rendszertelennek mutatózó  $\text{CaCO}_3$  kötőanyaggal, a vízáadó rétegek márga, agyagmárga és homoklisztes agyagkő szintek között települnek.

### 3.1.2. Vízföldtani jellemzők

A felső-pannóniai rétegek két vízföldtani alegységre tagolhatóak:

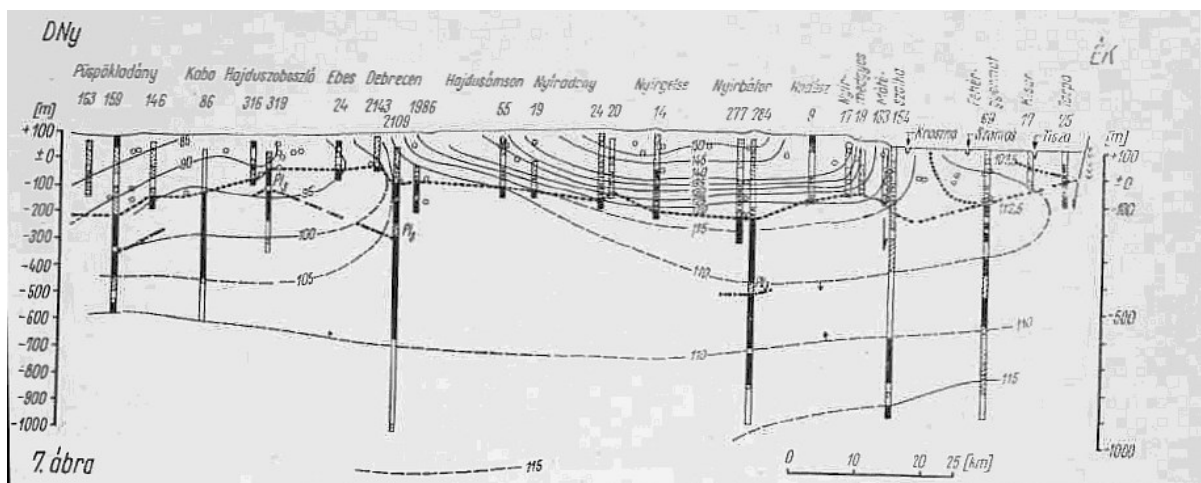
- a magasabb rétegtani szintekben pannon-pliocén (régébbi nevezéktan szerint levantei) felső meleg és langyos víztároló rendszer, amelyet kevésbé tagolt. A teljes rendszeren belül jellemző, hogy felfelé a pliocénban a homok és agygrétegek sűrűbben váltakoznak, vékonyabbak a rétegek, és az agygrétegek aránya általában megnő.

A felső-pannóniai üledéksorozat legalsó szakaszán, 900-1100 méter között található az ún. „fő hévíztároló rendszer”, amelyet általában nagyobb tagoltság és a vízáadó szintek jobb elkülöníthetősége jellemez. A hévíz ebben az alsó rendszerben sósabb, gáztartalma, hőmérséklete és eredeti nyomásszintje is nagyobb mint a magasabb szintekben.

A pannon rétegek jó vízádók. A feltárt maximális vízhozamokat az eredeti terv /1/ közli. A tesztelt maximális vízhozamok minden esetben elérték a terv szerint elvárt 500 l/p értéket. Szinte minden kút több réteget termel.

A debreceni kutak nyugalmi vízszintjét és a kialakuló depresszió értékét rendkívül megnehezíti a termelés hatására felmelegedő vízre ható hőlift, és a jelentős gáztartalomtól adódó gázlift hatására. Ennek eredményeként a kutak üzemi vízszíne többnyire magasabb, mint a lehűlt állapotban mért nyugalmi vízszint. A vízkitermelés növelésével a lift határ is növekszik. Értéke 15 és 38 m közötti.

**Debrecenben mind a pannon, mind a kvarter rétegek vízszintje eredetileg a piezometrikus szintnek felelt meg, azaz nem volt jelentős vertikális vízmozgás.** (A felső-pannon alján az egyes kutak szintjei alapján érzékelhető, hogy a mélyebb rétegek vízszintje kissé magasabb. Erdélyi szerint az alsó-pannon és idősebb rétegek már enyhén túlnyomásosak, nagy mélységben lehet feláramlás (lásd **alsó szövegközi ábra** alsó izovonalai). A mérések száma alapján a tendencia nem szignifikáns, a artézi létesítéskori szintet csak az erősen gázos kutakban mérték, így elképzelhető hogy a különböző kutak közötti vízszint-eltérések is részben a gáztartalom függvényében változnak.



Vízföldtani szelvény a területen keresztül (Erdélyi Mihály alapján)

Az eredeti rétegnyomáshoz képest ma már csak a mesterséges hatásoknak megfelelően módosult nyomásszintek észlelhetők. A pannon rétegek alsó felében jellemző rétegnyomás eredetileg -900 méter mélységben kb. 100 atmoszféra volt, amely 1974-re kb. 85 atm nyomásra csökkent. Az eredetileg kb. 80-100 mBf értékű pannon alsó feléből beálló nyugalmi

szintek, a 80-as évekre kb. 60-80 métert süllyedtek. A rendszerváltás utáni víztermelés-csökkenések hatására nyomás-regeneráció indult meg, így depresszió lecsökkent, jelenleg az eredetihez képest kb. 40-55 m. közötti értékű. (Az intenzívebben termelt helyi fürdőnél jóval kisebb regeneráció jelentkezett. A tervezési helyszíntől délre eső kerekestelepi B-1771 kútban pedig, amely a felső-pannon rétegnek a felsőbb szintjét termeli, jóval kisebb volt a nyomásesés is. A DNy- AKSD kertészeti kútnál volt a legnagyobb a kezdeti nyomásesés de észlelhető volt regeneráció – ezt az magyarázhatja hogy ez az erősen gázos kút esik legközelebb a korán letermelt ebesi gázmezőkhöz.) Az érintett víztest VGT szerinti mennyiségi állapota a leírtnak megfelelően gyenge.

A vízáadó rétegek k-tényezőjére és porozitására vonatkozó adatok erősen szórnak. A fő hévíztartó szintre 24-30% porozitás, és 2-5 miliDarcy ( $2-5 \times 10^{-14} \text{ m}^2$ ) permeabilitás jellemző, míg a mészmárgákban és agyagmárgákban mért porozitás-érték 8-15% olajipari mérések szerint. A debreceni fürdő 7-es, kútjában megnyitott, 690-770 m közötti homokrétegeknél a mélységi nyomásemelkedési görbéiből számított transzmisszibilitás a 7 sz. kútnál  $72 \text{ m}^3/\text{nap}$ . 900-940 méter közötti mélységi vízáadó adata a fürdő 1-es kút mérése alapján  $T_4=82 \text{ m}^3/\text{nap}$ .

### *3.1.3. Geotermikus és kémiai jellemzők*

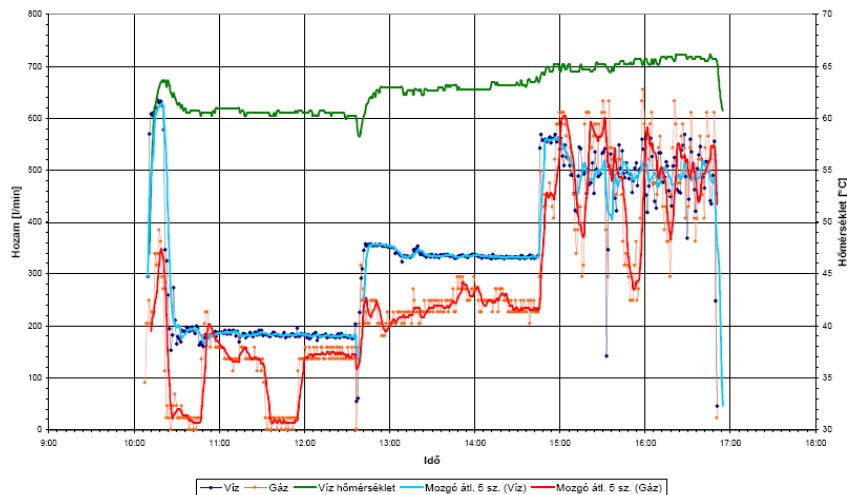
A területen az egyes kutak mért hőmérsékleti adatait a az eredeti terv közli a számított geotermikus gradiensekkel együtt. A kút-alapadatok összesítő ábráján mi is feltüntettük a publikált értékeket. A hőszállítási alapvetően konduktív, a földi hőáram alulról érkező melege egyenletesen éri a területet. A korábbi kútertvben leírtakkal egyetértve a geotermikus gradiens értékét 58-67 °C/km értéknek, a várható kifolyóvíz-hőmérsékletet kb. 65 Celsius foknak adjuk meg.

A Debrecen déli termálvizes terület kútjaiban a mélyebb pannon fekvő ellenére valamivel kisebb 2500-3000 mg/l összes oldott sótartalom és szintén kisebb klorid-koncentráció jelentkezik. Ez arra utal, hogy a természetes vízáramlás bizonyos mértékig különböző az északi és a déli terület között, a közties szerkezeti elem bizonyos mértékig határáként funkcionál.

Az érintett debreceni termál-víztest kémiai állapota jó a VGT besorolása szerint.

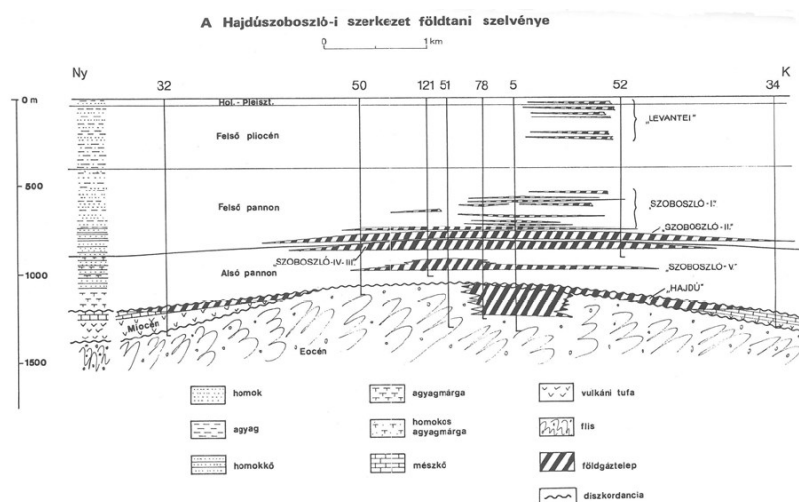
### *3.1.4. Gáztartalomra vonatkozó jellemzők*

A hévízkút-pár engedélyes terve is felhívja a figyelmet hogy várhatóan határérték feletti a kútvíz gáztartalmára. Debrecenben a felső 200 méteres mélység pliesztocén hidegvíztározó rendszerében a kutak gáz/víz arányszáma csak  $0,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ , addig a hévíztároló összletben nagyságrendileg nagyobb értékek jelennek meg. A gáz-víz viszony (GVV) a legtöbb esetben 1 feletti, azaz a kitermelt vízzel legalább azonos mennyiségű gáz kerül ki a kútból. Alföldi jellegzetesség, hogy a hévízkutak víztermelő és gáztermelő kútra történő szétválasztása is sokszor nehezen kivitelezhető. Ezt az **alábbi szövegközi ábrán**, az Debreceni Kertészet (ma AKSD) kútján 2010 évben végzett mérési eredmény közlésével szemléltetjük. Az AKSD kútnál három eltérő vízhozam mellett mértük meg a gázhozamot. A gáz aránya a termeltetés kezdetén erősen ingadozó volt, többször nullára is leesett, majd csak a második hozamlépcső mellett, kb. 340 l/p vízhozamnál állt be 237 l/p átlagos gázhozam értékre. A teljes szivattyúkapacitás mellett, azaz kb. 500 l/p vízhozamnál a gázhozam erős ingadozásokkal ugyan, de átlagosan kb. azonos volt a termelt vízhozammal (460 l/p).



*Víz- és gázhozam egyidejű alakulása Debrecen DNy-i szélén levő termálkútban  
(mérést végezte: Lorberterv Kft – Geo-Log Kft, 2010)*

A debreceni kutakból érkező gáz minőségére vonatkozó kevés adat alapján a három fő mért komponens, a Nitrogén, a Szén-dioxid és Metán közül szinte minden esetben az energiaforrásként legjobban használható metán dominál, legalább 60% részarányal. A metángáz a rétegben feltehetőleg nagyobb részben oldott formában van jelen, de a környező földgáz-mezők mérési és termelési eredményei szerint kisebb elkülönülő gázlencsék, és diszperz gáztartalom is előfordul a térségben. Dunántúlon mérések és többfázisú modellvizsgálatok igazolták hogy termál-gyógyfürdő vízkémiai jellegére hatással lehetett közeli gázmező letermelése. A több szintes szoboszlói és a kisebb ebesi gázmező letermelése is hatással lehetett a Hajdúszoboszlói gyógyfürdőre, de erre vonatkozó korszerű vizsgálati eredmény nem áll rendelkezésre (lásd **alábbi ábra**).



*Hajdúszoboszló körül feltárt gáztárolók földtani szelvénye Völgyi el al szerint (MFGI)*

Debrecen mellett, Földesen egy magas metántartalmú kút áramtermelésre történő hasznosítására pályázik az önkormányzat „A lehetőségek kútja” címen. Debrecen tágabb környékén több kisebb gázmezőt már letermelték, ez értelemszerűen minden esetben a helyi rétegnyomás csökkenését eredményezte, ami kihathatott a pannon nyomásszintek alakulására is. A térségben a most kiírt gáz-koncesszió elbírálása után a kitermelés hatására szintén nem zárható ki a gáztartalom és rétegnyomás csökkenése a térségben.

Nem elhanyagolható továbbá az, hogy minden termálkút termelése gáztermeléssel is jár, amelynek mértéke csak alkalmi mérések alapján igen bizonytalanul rekonstruálható. Saját eredményeink szerint a Debreceni kertészet szintén felerészben vizet, felerészben metánt termelő kútjánál még nyugalmi, termelés-mentes állapotban is volt folyamatosan kismértékű, nehezen kimérhető gáz-kigőzölgés. A rétegyomások fokozatos csökkenése tehát a kutak gáztartalmának csökkenésére is visszavezethető, különösen a város déli felén.

A vízben oldott gáztartalom a mért vízszinteket és a kútbeli áramlási viszonyokat is jelentősen befolyásolja. A Debreceni kutak búvárszivattyúit a gáz-szeperálódás és egyidejű vízkő-kicsapódás ellen egy praktikus helyi megoldással, likacsokkal ellátott vasketrec termelőcsőhöz való ráforrasztásával védik (ún. kosár). Az újabb kutak esetében mágneses vízkő-kiválást csökkentő technológiát is alkalmaznak, és a méréssel meghatározott gázkiválási mélység (ún. buborékpont) alapján tervezik meg a szivattyú elhelyezését és korrózió-védelmét vagy a teljes csatlakozó rendszer nyomás alatt tartását a gáz- és só-kiválás teljes megelőzésére.

#### 4: Geotermikus kutak műszaki tervének javasolt módosításai

Javasolt terv-változások összefoglalása:

A) Kutak mélységének a csökkentése, úgy hogy mind a kitermelés, mind a betáplálás a felső-pannon réteget érintse, a hatósági hiánypótlási felhívásban foglaltaknak megfelelően. A terv szerint *„Az ebben a mélységtartományban települő homokrétegek jó vízáradó-képességgel rendelkeznek, így elméleti nyelőképességük is megfelelő a tervezett vízigényhez”* A fúrás mélység csökkentése tehát egybevág az eredeti tervezői elképzeléssel. A jelenlegi földtani adatok alapján a szükséges kutatófúrás mélysége 1100 méter ( $\pm 150$  m).

B) Egy helyett két darab, eltérő mélységre szűrőzött visszatápláló kút létesítése. Hatósági hiánypótlási felhívásban szereplő javaslat, illetve nagyalföldi visszatáplálási üzemi tapasztalatok alapján logikus megoldás. Két darab, külön kútfejjel kialakított, hozzáférhető betápláló rendszer szükséges. Ezek így részben váltott üzemmódban is működhetnek, aminek az egyik hozománya hogy üzemkötésben is lehet kút-tisztítást végezni, a másik pedig a használható monitoring adatok beszerzésének lehetősége. Nagy vízhozamú termelés esetén a két besajtoló kút elosztott hozamú, azaz kisebb üzemi nyomású, energiatakarékosabb, betáplálásra alkalmas üzemmódban működhet, növelve a rendszer élettartalmát. az emberi mesterséges hatások nagyobb térrészre való

A kutak **Szakály László** által készített (módosított) tervének újabb korrekciójára tett javaslatunk alapján szerkesztett csőterveket a **mellékelt harmadik ábrán** közöljük. A tervben a korábbiakkal azonos csőátmérőket alkalmaztunk, a csökkent fúrási mélységnek megfelelően kevesebb csőrakattal, így a fúrási műszaki terv fő előírásai nem kell változzanak. A termelőkút esetében a teleszkópos kialakítás indokolt, mivel ez felel meg a felszálló hévíz kútban történő kiterjedésének. A termelőcsövet a buborékpont alá kell helyezni, hogy a rendszer nyomás alatt, csővezetékben történő gázkiválás-mentesen termelhető legyen. A betápláló kutak esetében a nyomástartás egységes csőrakattal biztosítható, víz-kiterjedéssel nem kell számolni. Mindegyik kút esetében a legfelső 100 méteres bélésű cső esetében érdemes korrózió-álló acél csőanyagot alkalmazni.

A kutak tervének illetve a tervmódosító dokumentum szerint „A tervezői munka a kút végleges üzemeltetési paramétereit meghatározó földtani, vízföldtani körülmények kellő pontosságú bemutatására vonatkozik” illetőleg „A tervezett vízbeszerzést vizkutatási tevékenységnek kell tekinteni.” A fentiekkel egyetértve a következőkben röviden közöljük a fúrás kivitelezésére, kiviteli műszaki tervre vonatkozó általános javaslatunkat:

A nehezebben megközelíthető, azaz a kapubejárattól távolabbi fúráspontnál célszerű a munkálatokat megkezdeni. Elsőként egy kutatófúrást kell lemélyíteni, ennek javasolt mélysége 1100 méter, a földtani cél a felső-pannon réteg feküszintjének elérése. A fúrást a vízjogi engedélyes tervben a tervező által megadott valamint az esetleges kiegészítő fúrási műszaki kiviteli tervekben leírt technológiák szerint, a Mélyfúrási Biztonsági Szabályzatnak megfelelően kell készíteni. A helyszínen felszerelt kitörésgátló alkalmazása szükséges! A fúrási munkaterületet a teljes kivitelezés során tűz- és robbanás-veszélyes területként kell kezelni. A balesetvédelmi intézkedések felelőseit, a fúrásműszaki vezetőjét, és a beruházó műszaki ellenőrért, valamint a területre bejárási engedéllyel rendelkezők körét is egyértelműen kell megadni. Javasoljuk személyi gáztartalom-mérő alkalmazását és a fúrólyuknál mért gázösszetétel adatainak napi rögzítését. A kutatófúrást rendszeresen mintázni kell, a mintákat elemzésre meg kell őrizni. Érdemes rögzíteni a gázszivárgások, és iszapveszteség szintjét, valamint a jellemző fúrási előrehaladási sebességeket. A szűrőzésre alkalmas mélységet elérve, azaz 700 méter alatt a fúrással feltárt vastagabb rétegekből külön-külön magminták vétele is javasolt, hogy a visszatáplálás zavartalan minták alapján lehessen modellezhető. A feltárt főbb rétegek porozitása, hővezető-képessége, fajhője, vízvezető-képessége, cementezettségét lenne szükséges meghatározni egy pontos hőmérsékleti-hidraulikai modell felépítéséhez, illetve azért is, hogy az alkalmazott szűrőzés megfeleljen a feltárt szemcseméretnek. A frekvenciált fúrási helyszín miatt indokolt, a réteg- és mag-minták vizsgálatába kutatók és egyetemi hallgatók is bevonásra kerüljenek, ez garantálja ugyanis legjobban a mintavizsgálatok eredményeinek záros időn belül történő nyílt publikálását.

A kutatófúrás eredményei alapján lehet a kutak kialakítását megtervezni. Ezt érdemes jegyzőkönyvezett egyeztető ülés keretében elvégezni, a hatóság, a tervezők, a méréseket végző geofizikus cég képviselői, a kivitelező, a beruházó, és a munkába esetleg bevont egyéb szakemberek, kutatók bevonásával. Gépészeti számítások alapján megadhatóak az igényelt vízhozam-víz hőmérséklet alternatívák. A feltárt földtani felépítéssel összevetve lehet a szükséges kitermelési-betáplálási hőfokot, illetve a minimális elvárt, normál üzemi, és csúcsüzemi vízhozamokat megadni (ezekre érdemes majd a kutat tesztelni). Az első kút kialakítása után hasznos lenne a teljes karottázs-szelvényt részletesen kiértékelése törekedve az összes környező mélyfúrási geofizikai eredményekkel történő párhuzamosításra, ennek révén lehet kijelölni a legkevésbé igénybe vett illetve legjobb vízádo- és nyelő-képességű rétegeket. Betáplálás céljára előnyösebb kijelölni a minél inkább egységes szemcseméretű, rétegeket, amelyekben nincs finom agyag és homokliszt komponens, a szemcsék közötti cementanyag pedig ismert, lehetőleg savval oldható  $\text{CaCO}_3$  anyagú.

Debrecen térségében egy darab hasonló geotermikus termelő-visszatápláló rendszer készül jelenleg (a fancsikai szórakoztató központ hőellátására), amely azonban jelenlegi ismereteink szerint elsősorban csak hidraulikai és üzemi adatokkal tudja segíteni a jelenlegi rendszer pontosabb kiviteli szintű tervezését. Az újabb helyi mérési adatok, elsősorban a fancsikai geotermikus kútpár 2014-ben várható hidrogeológiai adatsorainak előzetes értékelése révén a várható hidrogeológiai jellemzők, rétegparaméterek, és a hatásterületi modellezés is pontosítható.

A tervezett kúthármas tesztelése kapcsán fontosnak tartjuk mélységi vízminta vételét, nyomásgradiens-mérést, valamint a buborékpont pontos meghatározását. A kút tesztelése





Amennyiben a kutatófúrás meddőnek vagy a gépészettel együtt gazdaságtalannak tűnik, a fúrólyuk hasznosítására javasoljuk egy nagy mélységű zárt „*cső a csőben*” típusú geotermikus szondává történő áttervezést illetőleg átalakítást. Ez gyorsan és relatíve olcsón kialakítható, és egy csatlakozó hőszivattyús rendszerrel hosszú távon biztonságosan, gázveszély-mentesen üzemeltethető a mélység és keringtetett folyadékmennyiség függvényében 50-350 kW között várható hőteljesítménnyel.

## **5: Geotermikus kútpár üzemeltetésének hatásterület-bebecslése**

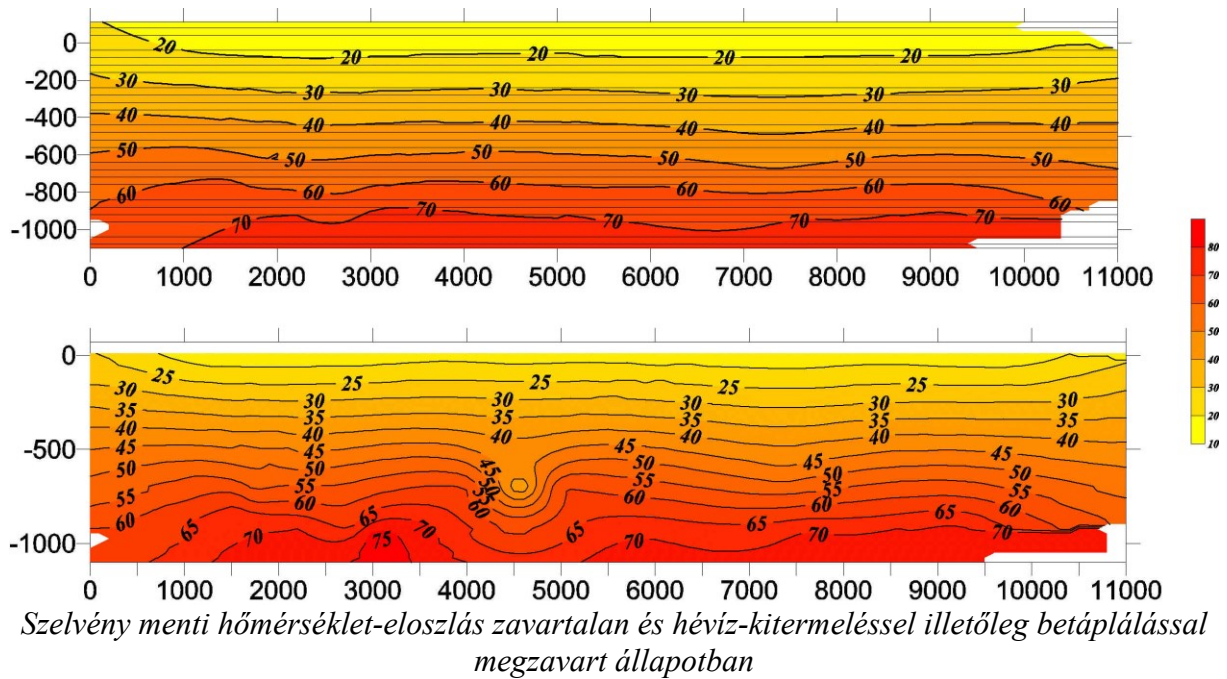
A Debreceni Szabadidő Központnál már lemélyített de még üzemi tesztelesek előtt álló kútpár előzetes hatástanulmányához a észak-alföldi régióban általánosan alkalmazott helyben kifejlesztett ARV szoftvert alkalmazta a Kútfej Kkt. Az általuk megadott, elfogadott alapadatokat a szakirodalom és lokális földtan alapján korrigálva állítottuk fel a terület külön-külön geotermikus és hőmérsékleti modelljét. A hidrodinamika modellezést a Magyarországon legelterjedtebb numerikus szoftverrel a Processing MODFLOW-al végeztük, a hőmérsékleti szimulációt pedig a hőmérsékleti és vízkémiai reakciómodellezésre kifejlesztett, szintén Németországban kifejlesztett párjával, a Processing SHEMAT szoftverrel. A vízben oldott gázok hatására módosító hatása a szélsőségek megnövekedését jelenti, így ezeket egy külön 2,5-szörös hatásterületi biztonsági tényező alkalmazásával utólag vettük figyelembe.

### **5.1. Hőmérsékleti hatásterület közelítése**

Szanyi J. és Kovács J. nyomásterjedésre és hőterjedésre vonatkozó általános számítási eredményei alapján ismert, hogy a kitermelés és betáplálás okozta kimérhető rétegnomás-változás sokkal nagyobb területet érint, mint a hőmérséklet-változás, ez a hazai viszonyok között különösen igaz. Elméleti megfontolások alapján a hőmérséklet-változással befolyásolt térrész 30-50 fokos hőlépcső esetén is töredéke a méter-centiméter léptékben jelentkező kútkörüli depressziós hatásterületeknek. A Debrecen Fancsikai kútpár előzetes hatástanulmányában a hőmérséklet-terjedést egy egyszerűsített közelítő képletet alkalmaztak, megállapítva hogy a lehűlt víz a termelésnek a közelébe sem jut. (Közvetlenül a már meglévő, működő ásványvíz-termelő kút mellett létesült a visszasajtolás magasabb szintben.) A víz hőfokához köthető fajsúly-változás mint áramlási hatótényező a nyomásgradiens ellen hat magasabb szintben történő visszasajtolás esetén, azaz a leáramlás esélyét csökkenti.

A geotermikus helyzet csak regionális léptékben vizsgálható számszerű módon, a fúrásokban mért hőmérsékleti értékek alapján alapállapotot és egy hidegebb víz betáplálás által lokálisan megzavart hőmérsékleti állapotot összehasonlítva. A vizsgálathoz egy É-D irányú 11 km hosszú és 1,1 km mély elvi szelvényt vettünk fel, amelyben a tervezett visszasajtolás  $X=4500$  m-nél jelenik meg. A környező fúrásokban mért hőmérsékleti adatokat a szelvénybe bevetítve használtuk fel. Az egyes modellrétegekre közel azonos fajhő és hővezetőképesség-adatokat tételeztünk fel (fúrásból vett magminta mérés alapján pontosítható).

A regionális közelítő vizsgálati adatok alapján a visszatáplálás elsődleges geotermikus hatásterülete átlagosan kb. 140 méter sugarú, enyhén lapított ellipszoidra terjedhet ki egyetlen rétegbe történő teljes hozamú visszatáplálás esetén. A kitermelő és betápláló réteg középszintje között ezek alapján legalább 150 métert érdemes kihagyni.



## 5.2. Lokális közelítő hidrodinamikai modell

A hidrodinamikai szimuláció esetében lehetőség szerint nagyobb pontosságra törekedtünk. Először az Debrecen Fancsika térségében elfogadott háromkutas modell adatainak megfelelően készítettünk egy lokális közelítő szimulációt a kút közvetlen környezetére vonatkozóan. Ez a modell a felszínig kiterjedt a 1,5x1,5 km területen a FÓRUM üzletközpont környezetében. Az alábbiakban bemutatott rétegadatokat igen kevés módosítással a Kútfej Kkt. elfogadott azonos témájú hatástanulmányban tervében szereplő értékek, és az ismert rétegnomás-értékelések elég jól egybeváog adatai alapján vettük fel.

vastagság m	aktív hézagterület m <sup>2</sup>	k vízsz. m/hap	k függ. m/hap
1.rtg. 100.000	15.0000	2.40000	6.000E-03
2.rtg. 80.000	14.0000	3.20000	2.000E-03
3.rtg. 600.000	13.4000	1.90000	1.600E-03
4.rtg. 140.000	14.0000	3.00000	5.600E-03
5.rtg. 100.000	12.9000	1.30000	8.000E-04
6.rtg. 50.000	15.0000	3.50000	2.800E-03
7.rtg. 90.000	12.9000	1.10000	

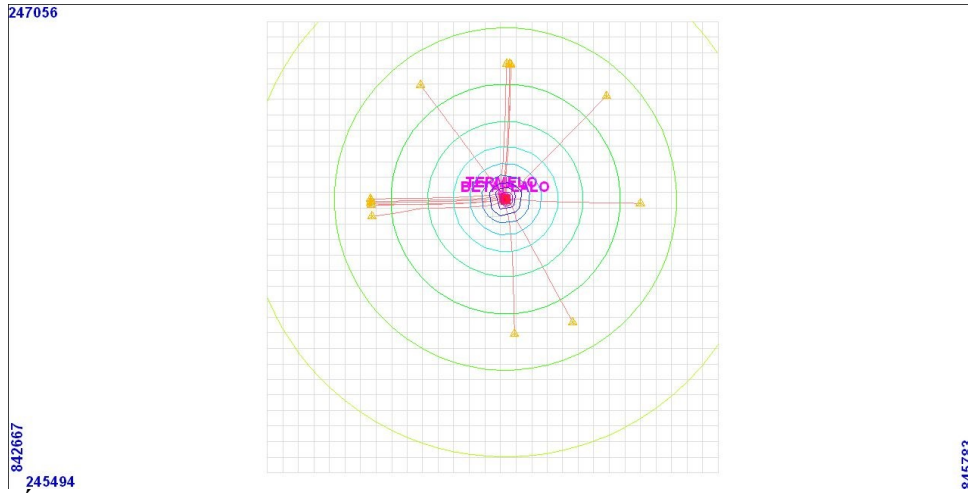
  

nyugalmi nyomás	m Bf.
1. sor	115.000
3. oszlop	
1. réteg	

rétegnév	nyugalmi nyomás	m Bf.
25.29,7	60.000	
25.30,7	60.000	
26.1,7	60.000	
26.2,7	60.000	
26.3,7	60.000	
26.4,7	60.000	
26.5,7	60.000	
26.6,7	60.000	
26.7,7	60.000	
26.8,7	60.000	
26.9,7	60.000	

ARV közelítő modell input adatai



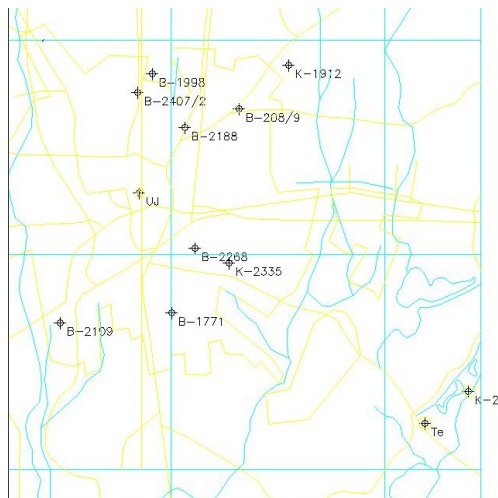
Ábra: ARV közelítő modell hatásterületi eredmény (50x50 m-es rácsosztás)

Az ARV modellben is a teljes betáplálást egyetlen rétegre tételeztük fel, amelyet egy 100 méter vastag vízzáró (5. réteg) választott el a 6. rétegbe helyezett mélyebb vízkiteremléstől. A 3D-s modell ez esetben sem mutatott ki rétegek közötti átszivárgást. A termelőrétegnél -2 - -6 méter depresszió, a betápláló réteg esetében +1.6 - +3,6 méter nyomásemelkedés becsülhető a modell-futattások alapján, a lokális közelítésnek megfelelő körkörös depresszióval.

### 5.3. Regionális hidrodinamikai modell

A teljességre törekedve, közelítő jellegű, regionális modellvizsgálatot végeztünk, a város közepén tervezett kútpár hatását a környező egyéb termelőkutak figyelembe vételével szimulálva. Elvi modell készítésre törekedtünk, amelynek a fő jellemzői:

- Több rétegre terjed ki, azaz vizsgálja a különböző rétegekbe történő kitermelés és betáplálás hatását
- A környező kutak termelését, a hamarosan üzembe helyezhető fancsikai geotermikus kútpár üzemeltetését is figyelembe veszi (perem közelében torzítással)
- Összevonja az alrétegeket oly módon hogy minél több kút szűrőzését ugyanarra a termelőrétegre veszi fel, ennek a révén a maximális egymásrahatást modellezi, a lehető legrosszabb esetet leképezve



Modellezés területe

A fenti térképen ábrázolt 11x11 km-es területre 50x50 méteres rácshálóval felosztott, hatrétegű fedett zárt modellt építettünk fel. A rétegek megnevezése:

Szám	funkció	mélység	Vastagság	Réteget termelő helyi kutak
1	Felső hévízadó réteg, tervezet felső visszatáplálás befogadója	~780 m.	30 m.	B-1771, K-2317, K-2313,
2	Vízáró alréteg	~820 m.	70 m.	
3	Középső termálvízadó, tervezett alsó visszatáplálás befogadója	~875 m.	40 m.	B-209, K-1912,
4	Vízáró alréteg	~900 m.	100 m.	
5	Alsó vízadó réteg, tervezett víztermelő réteg	~1000 m.	100 m.	Fancsikai visszatáplálás, B-2109, B-2268, K-2407, K-2499
6	Legalsó féligáteresztő réteg	~1150 m.	100 m.	Fancsikai termelés (=K-2499) B-208, B-209, B-2268

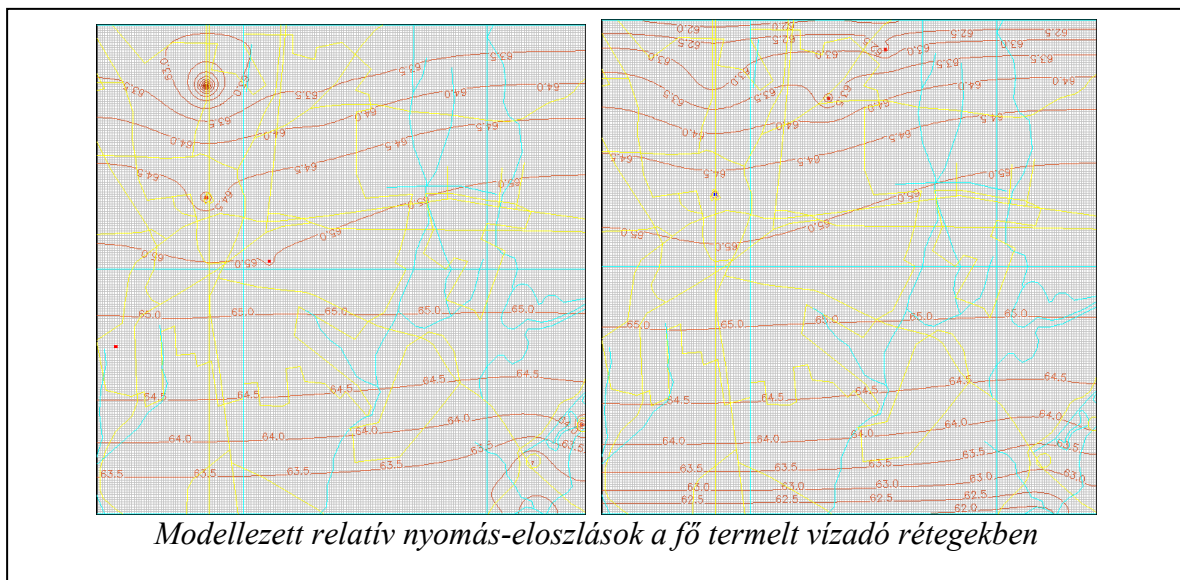
Néhány kút több réteget is termel. Folyamatos nagy hozamú víztermelést téteztünk fel, a kertészeti kútnál 30 m<sup>3</sup>/nap, a börtgyárnál csak 10 m<sup>3</sup>/nap hozamon kívül minden más működő hévízkútnál legalább 150 m<sup>3</sup>/nap hozamot, azaz folyamatos földény-jellegű termelést feltételezve.

A modellparaméterek esetében ezúttal is a Kútfej Kft által készített óvatos felső becsléseknek tekinthető elfogadott paraméterezésből indultunk ki, az értékeket kismértékben módosítva.

Szám	funkció	Porozitás %	Transzmisszivitás m/nap	Vertikális átszivárgás m/nap	Kiindulási nyomásszint mBf
1	Felső hévízadó réteg, tervezet felső visszatáplálás befogadója	15 %	319	0,0018	68
2	Vízáró alréteg	10 %	40	0,0011	65
3	Középső termálvízadó, tervezett alsó visszatáplálás befogadója	25 %	108	0,002	62.5
4	Vízáró alréteg	10 %	40	0,0011	60
5	Alsó vízadó réteg, tervezett víztermelő réteg	25 %	76	0,002	55
6	Legalsó féligáteresztő réteg	20 %	50	0,0007	65

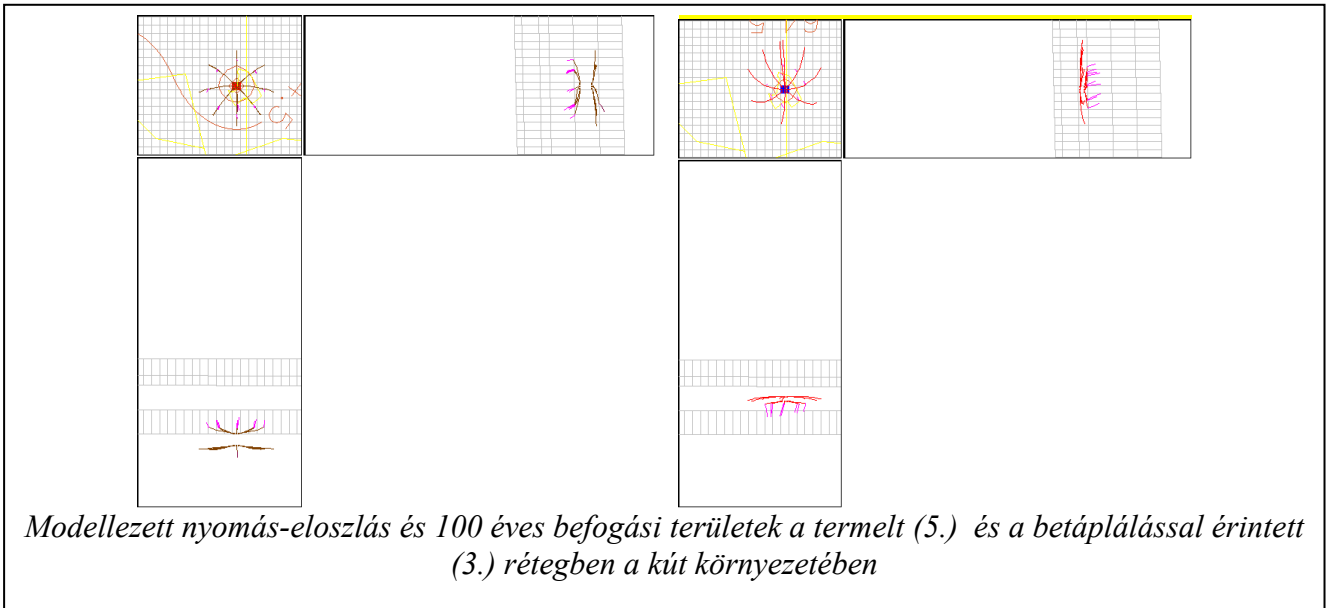
A modell közelítés szerint a valóságban vékony, szétseprűződő, csak részben átfedő vízadó rétegek egységes rétegtani szinteket alkotnak, amelyeket több kút termel. A modell feküszintjét az alsó-pannon fedő képviseli, amelyet a MÁFI szinttérképe alapján vettünk fel DDK felé mélyülő inhomogén felületként. A rétegeken belül minimális gradiensű dél felé történő, valamint inhomogén vertikális irányú természetes vízáramlást szimuláltunk fix északi és déli határfeltételeket megadva a fő rétegekre.

A hidrodinamikai modell eredménye szerint a fürdő elsősorban Debrecen északi és ÉK-i szélén üzemelő hévízkútjai együttes depressziós teret alkotnak, amelynek a hatásterülete elsősorban északra nyúlik el, dél felé, a gyorsan vastagodó pannon rétegek felé a depresszió nem tud áttérjedni. A város déli felére eső kutaknak és a DK-i fancsikai üdülőközpontnak is külön-külön lokális depressziós hatásterülete alakul ki az egyes vízadó rétegekben. A városközpontba tervezett átmeneti helyzetben települő új kútcsoport tagjai körül is saját lokális hatásterület alakul ki. A tervezett új kút vízkészlet-fogyaszt a visszatáplálás révén nem okoz, és a modelledmények szerint az eltérő alrétegek igénybevétele mellett sem okozhat plusz depressziót a környező termálkutakban.



A kitermelő és besajtoló rendszert több változatban vizsgáltuk, a visszatáplálást két rétegre elosztva és csak egy kutat használva is (váltott üzemű rendszer kút-karbantartást és monitoring használatot is szimulálva). Az eredményeket az alábbi ábrán, térképen és két irányú szélső helyzetű szelvényben is bemutatva közöljük.

A modelleket futtatva mind a termelés, mind a betáplálás irányából az adódott, hogy a feltételezett 100méter vastag vízzáró köztes rétegen keresztül történő vízáramláshoz több mint 35 év volt szükséges, amely idő alatt a természetes állapotra történő visszamelegedés még folyamatos üzemmód esetén is biztosított lenne. A modellezett befogási terület az ARV modellel jó egyezést mutat.



A háromféle, modellezéssel meghatározott hatásterületet a fúrás környezetének M=1:10.000 léptékű térképére vetítve mutatjuk be a **mellékelt negyedik ábrán**. Mindegyik hatásterület esetében 2,5-szeres biztonsági szorzót alkalmaztunk a fúrési mélység, a valós rétegparaméterek ismeretlen volta, és a hévíz mellett megjelenő gáztartalom hatásának a számszerű megjelenítése érdekében. A három különböző módszerrel közelített hatásterület elég jól egyezett. Összességében a termelőkút kb. **300 méteres** oldalirányú környezetére terjed ki a hévízkutak elsődleges hatásterülete, (ez a vízműkutak felszín alatti „külső” vagy „A” védőidomának feleltethető meg). A termelés hidraulikai hatása a lepelszerű homokrétegben kiterjedtebb lehet, elvileg még 1,5 km távolságban is kimutatható lehet.

A vertikális kiterjedés alapszintjeit a végleges kút-szűrőzési mélységek határozzák meg: a legfelső szűrőzött szint felett +200 m illetőleg a legalsó szűrőzött szint alatti -50 m. kerekített szintértékek közötti térrész jelölhető ki határzónaként.

## 7: Összefoglalás

A Vízkút Kft. illetőleg az engedélyes Lorinvest Build Kft. megbízásából 2012 évben készült Debrecen központjában levő Fórum Üzletközpont hőellátására szolgáló kutak tervének első verziója. A fűrási felvonulást meghatározó helyszíni adottságok miatt egymás közelébe telepített, de különböző mélységre szűrőzött kutak létesítését irányozta elő a Vízkút Kft. A kutak engedélyezése kapcsán, a Tiszántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség által 2013 szeptember 10.-én kiadott hiánypótlási felhívás alapján szükséges kiegészítő dokumentáció elkészítésére vállalkoztunk anyagunkban.

Noha Debrecen területével számos hidrogeológiai tanulmány foglalkozik, de a tervezetthez hasonló geotermikus hőhasznosításra vonatkozó üzemi tapasztalat még nem áll rendelkezésre. Egy hasonló rendszer a város DK-i szélén került engedélyezésre, és lefűrésra, így várhatóan a közeljövőben több helyi adat alapján lehet a tevékenységet megtervezni. Az anyagunkban közölt modelleredmények az hévízhasznosító rendszer előzetes tanulmánynak, és a szövegben bemutatott szakirodalmi források a figyelembevételével készült.

A publikált adatok alapján a helyi hévizes rétegben észlelt jelentős nyomáscsökkenést a korábbi túlzott vízkivétel, és a közeli földgáz-mezők együttes letermelése okozta. A kedvezőtlen romló tendencia az utóbbi években lelassult, mérési idősorok szerint pedig részben már vissza is töltődött a vízadók egy része. A tervezett kitermelő-betápláló rendszer vízkészlet-fogyással nem jár, az érintett víztestnek sem a mennyiségi, sem a minőségi állapotát nem befolyásolja kedvezőtlenül.

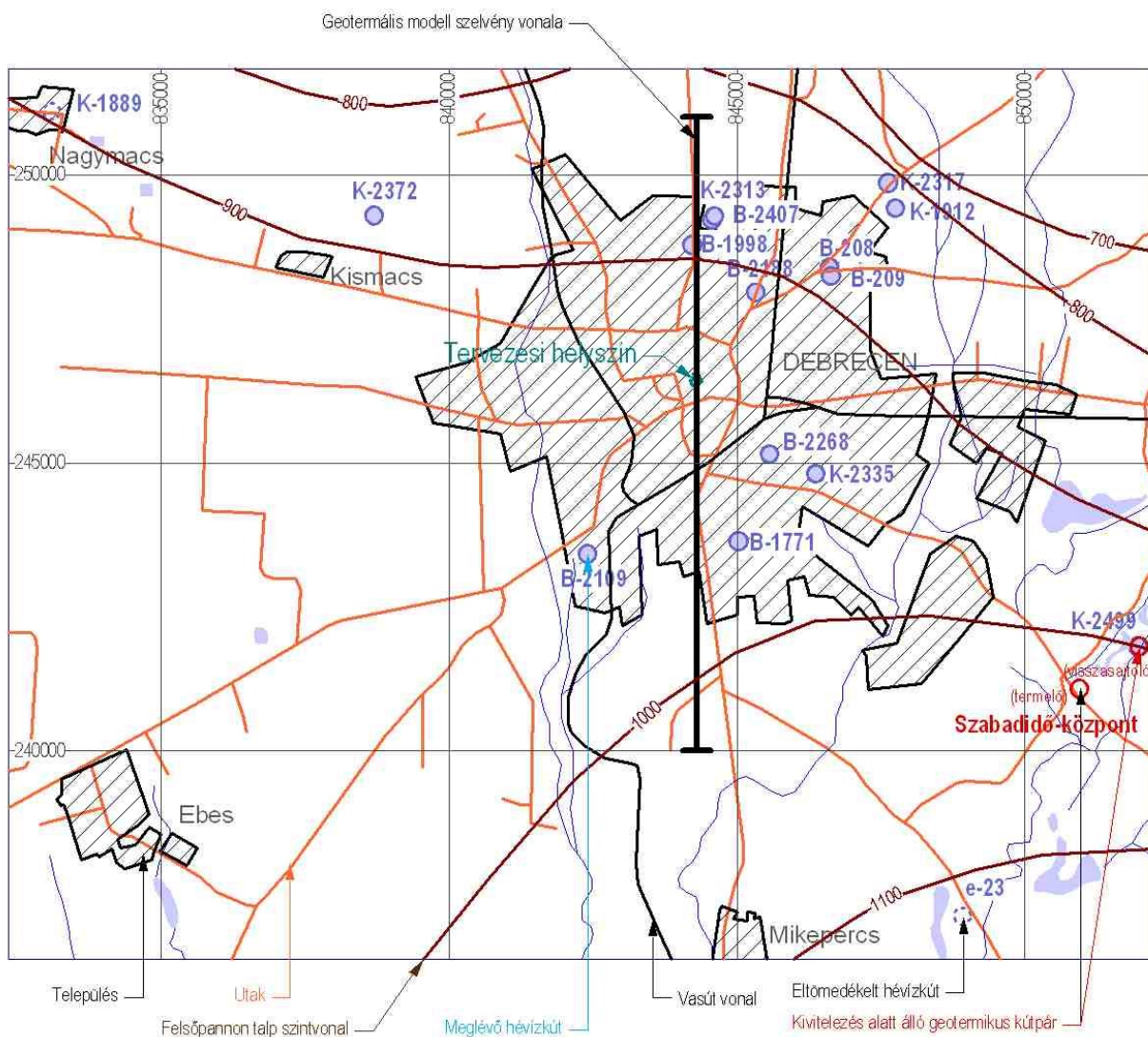
Az anyagunkban közölt modell-eredmények szerint a tervezett geotermikus hasznosítás egyetlen környező meglévő vízkivételre sem lehet káros hatással. Távolhatás kimérésére is egyedül csak a bőrgyár használaton kívüli hévízkútjának regisztrációja révén lehet lehetőség.

A tervezett geotermikus kútpár a felső-pannon korú üledéksor alsó felében található ún. „hévizes szint” feltárását célozza meg. A helyszín a mélyföldtani felépítés tekintetében átmeneti jellegű, ugyanis a fűrás az Északi és Déli kútcsoportok között létesülne. A belterületen az alsó-pannon tetőszintjét elérő fűrás eddig nem létesült, ezért a fűrást - az eredeti terv megállapításával összhangban- kutatófűrás jelleggel kell lemélyíteni.

Tanulmányunkban megvizsgáltuk a tervezett hévíz-kitermelés és visszasajtolás termikus és hidraulikus hatásterületét több verzióban, három eltérő szoftver alkalmazásával. A különböző mélységekbe tervezett hévíz-kitermelés és visszatáplálás a modelleredmények szerint kivitelezhető. A kút elsődleges hatásterülete pár 100 méterre terjed ki. Eredményeink alapján a víztermelés és visszasajtolás között vertikálisan is szükségesnek látszik legalább 100 méter távolságot tartani.

A rendszer hosszabb távú biztonságos üzemelése érdekében anyagunkban több javaslatot közöltünk. A hatóság felvetésével összhangban mi is két, eltérő mélységű visszatápláló kút kialakítását tartjuk célszerűnek az egy darab mélyebb termelőkút kiszolgálásához. A két betápláló kút felváltva és párhuzamosan is üzemeltethető, illetőleg részlegesen még monitoring célra is hasznosíthatók.

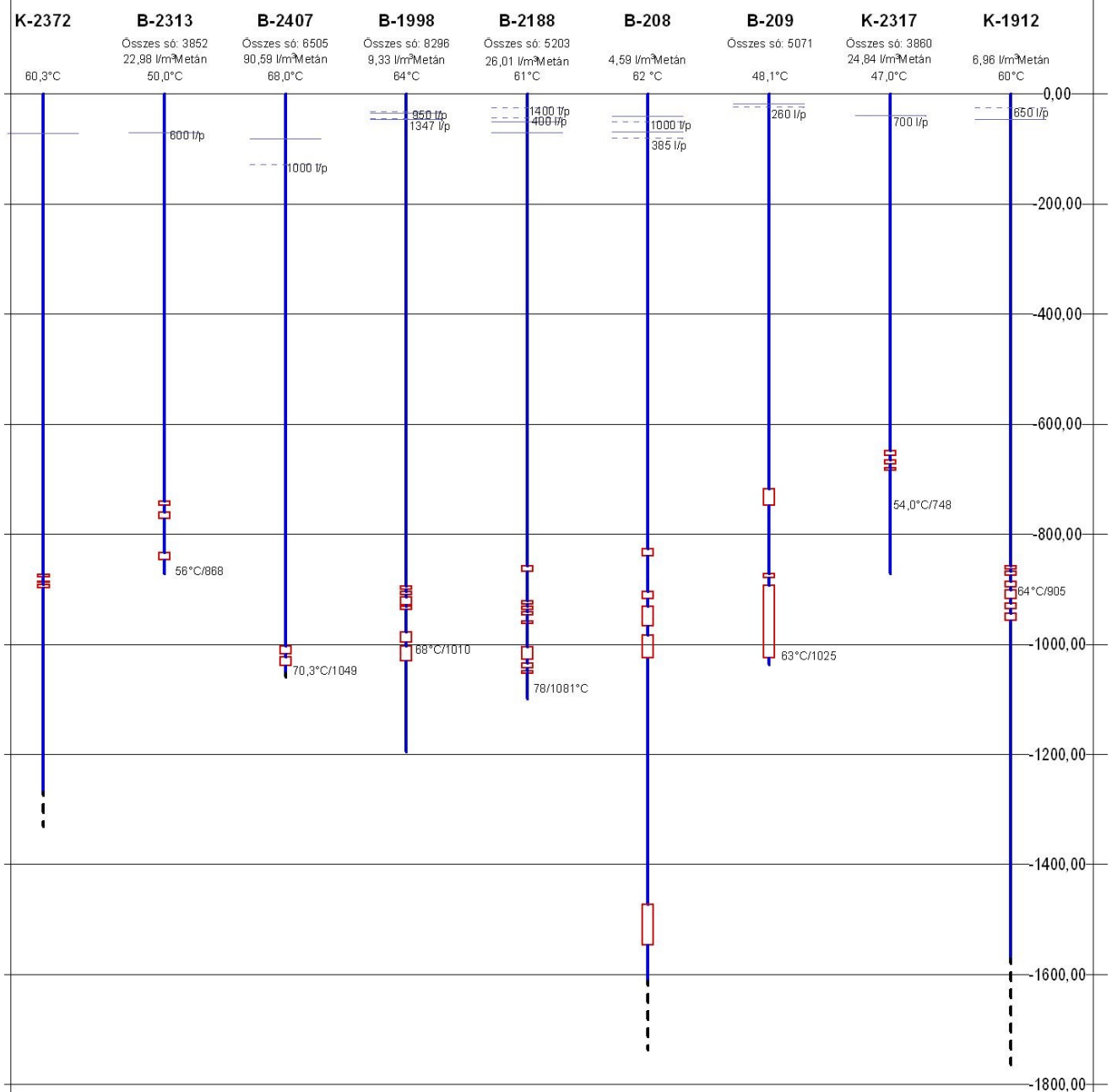
Debrecen város és környéke jelentős kihasználatlan geotermikus potenciállal rendelkezik, így egy sikeres, dokumentált helyi geotermikus projekt mindenképpen elősegítheti a helyi adottságok egyre nagyobb mértékű kihasználását.



Dátum: 2013. december	<b>Átnézetes térképe a környező hévízkutak jelölésével</b> <b>M=1:100 000</b>		
Rajzolta: Lorberer Anna	Projekt:	Debrecen Fórum üzletközpont termálvízhasznosítás	Ábra: <b>1.</b>
Ellenőrizte: Lorberer Árpád Ferenc	Engedélyes:	LORINVEST BUILD Kft. 3530 Miskolc, Rácz György u. 4 B fsz. 10	

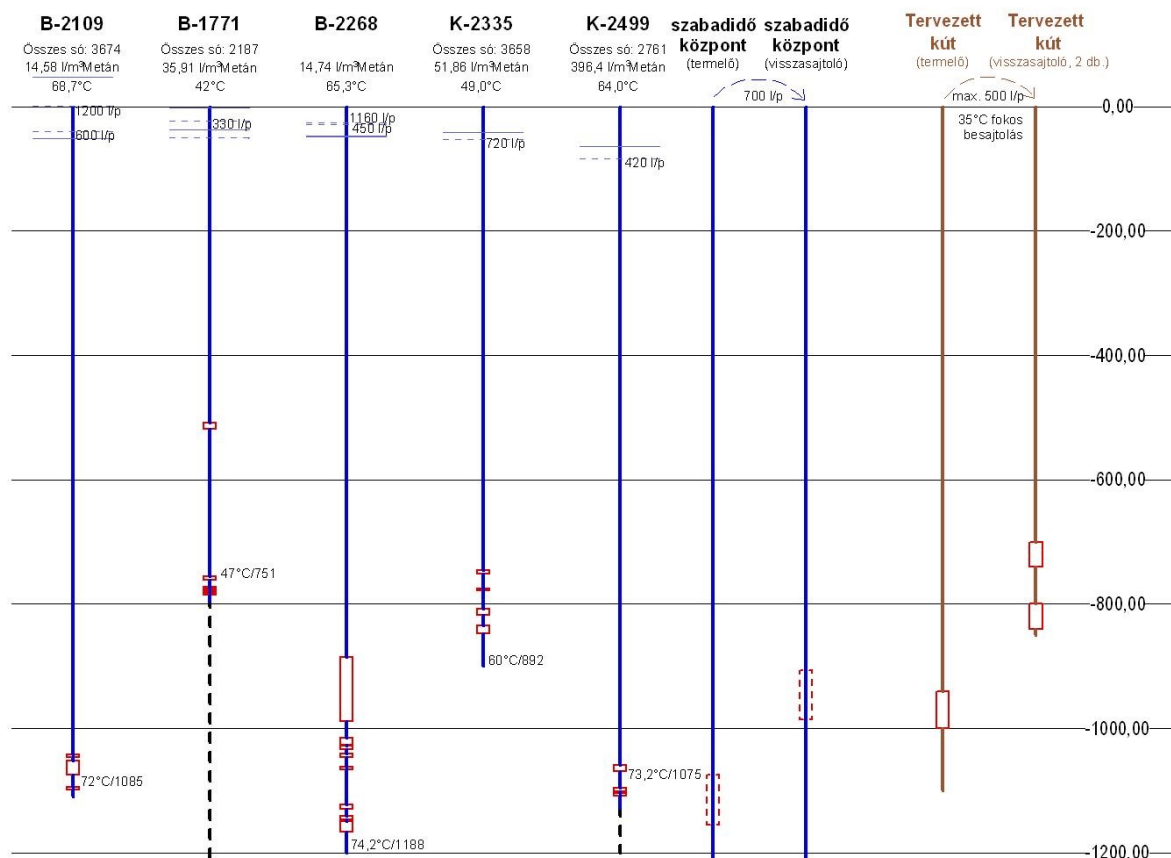


Debrecen ÉSZAKI kútszoport



Dátum 2013. december	Debreceni hévízkutak hidrogeológiai alapadatai	
Rajzolta: Lorberer Anna	Projekt Debrecen Fórum üzletközpont termálvízhasznosítás	Ábra: <b>2/a.</b>
Ellenőrizte: Lorberer Árpád Ferenc	Engedélyes: LORINVEST BUILD Kft. 3530 Miskolc, Rácz György u. 4 B fsz. 10	

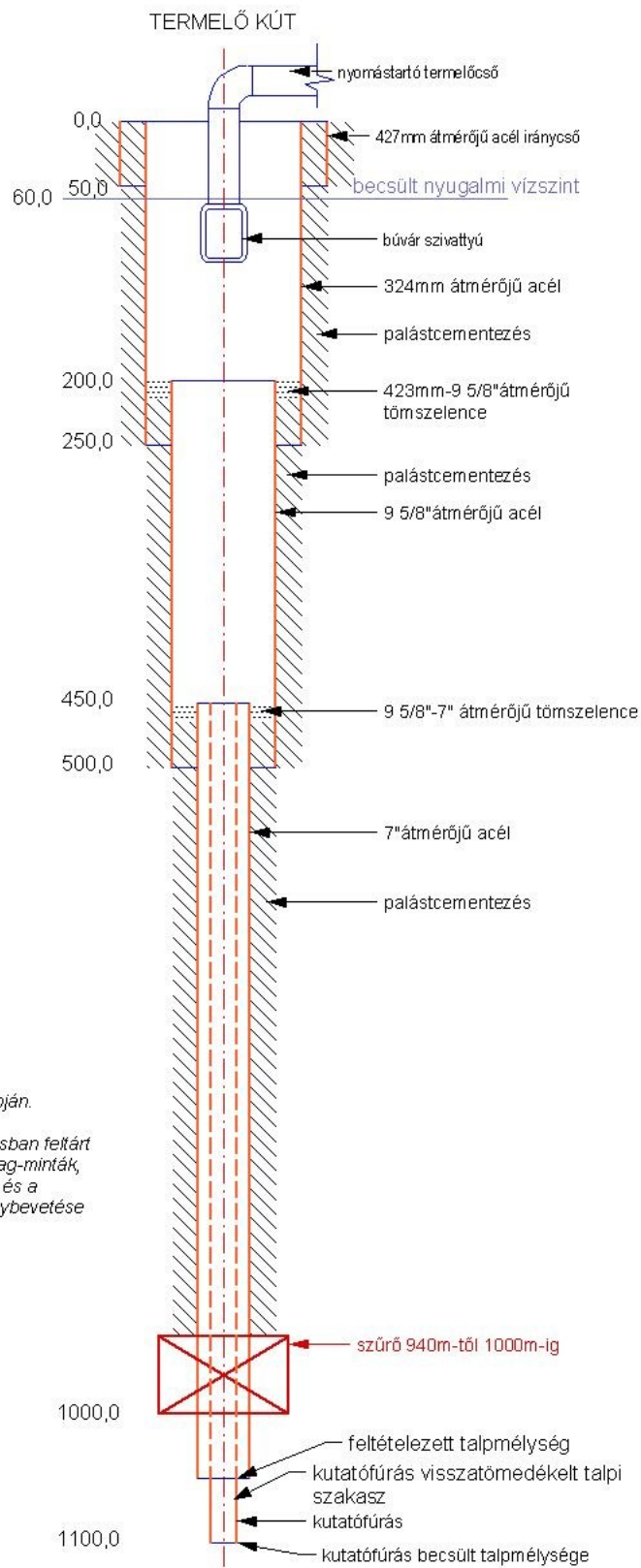
Debrecen DÉLI kútsoport



JELMAGYARÁZAT:

-  kút
-  szűrő
-  becsült szűrőmélység, több szakaszban
-  tervezett hévízkút
-  fúrás visszatömedékelt szakasza

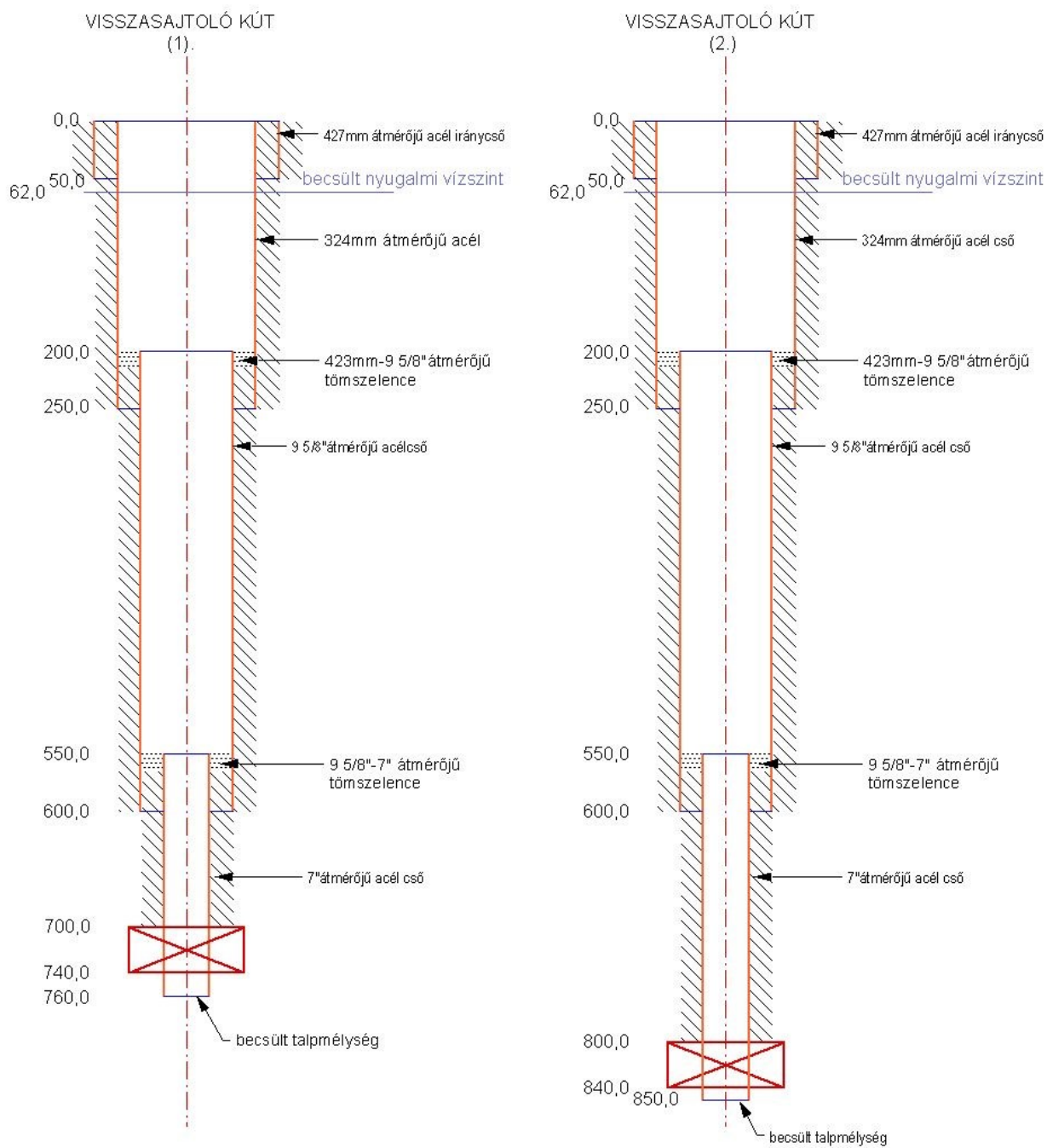
Dátum: 2013. december	<b>Debreceni hévízkutak hidrogeológiai alapadatai</b>	
Rajzolta: Lorberer Anna	Projekt: Debrecen Fórum üzletközpont termálvízhasznosítás	Ábra: <b>2/b.</b>
Ellenőrizte: Lorberer Árpád Ferenc	Engedélyes: LORINVEST BUILD Kft. 3530 Miskolc, Rácz György u. 4 B fsz.10	



Szakály László tervező kolléga tervei alapján.

A kútak végleges kialakítása a kutatófúrásban feltárt rétegsor (kútgeofizika, furacék-minták, mag-minták, hőmérséklet, gáztartalom és vízminőség) és a tényleges gépészeti hő- és vizigények egybevetése és elemzése után véglegesíthető.

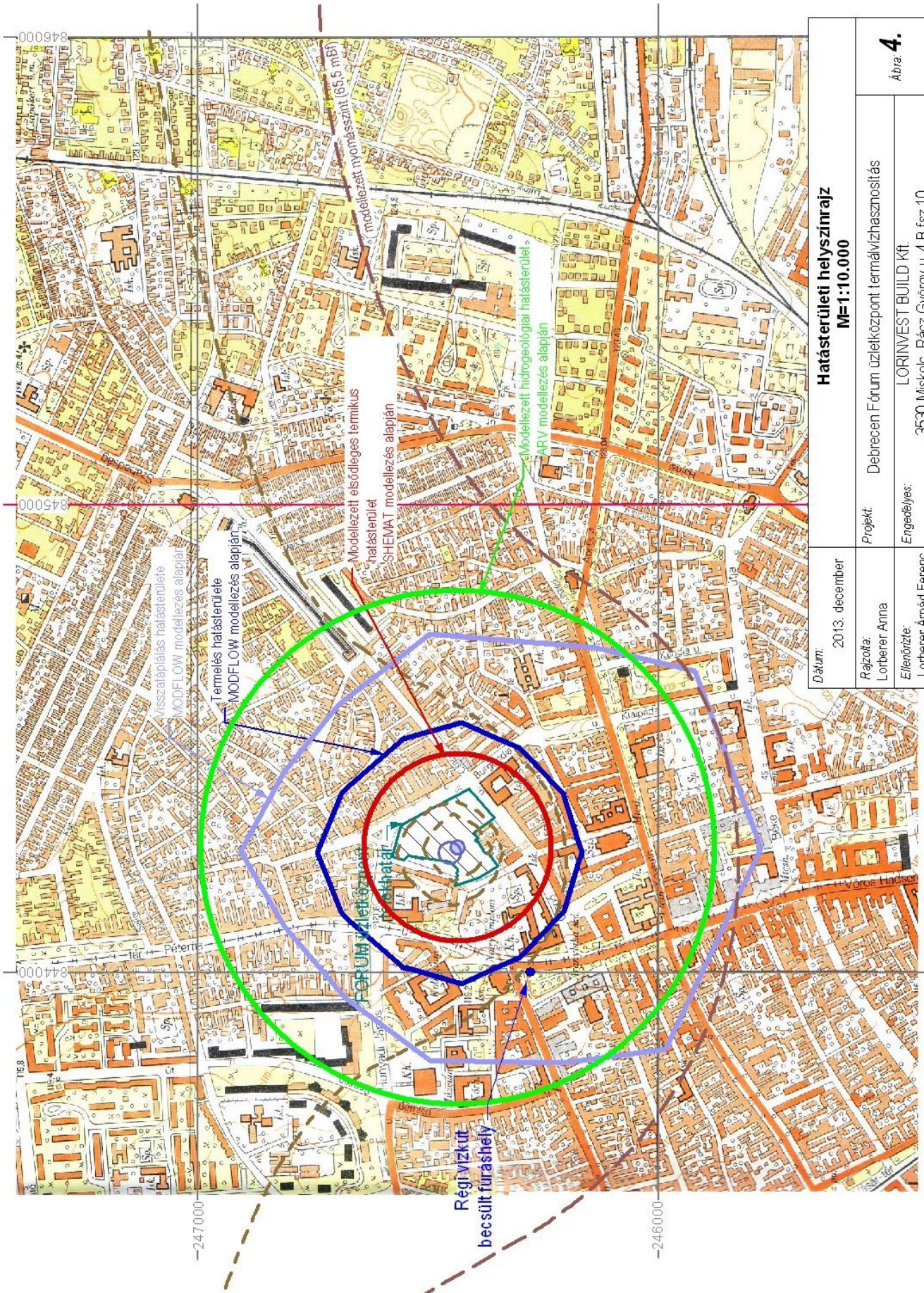
Dátum: 2013. december	<b>A kútak csövezési tervének javasolt módosítása</b>	
Rajzolta: Lorberer Anna	Projekt: Debrecen Fórum üzletközpont termálvízhasznosítás	Ábra: <b>3/a.</b>
Ellenőrizte: Lorberer Árpád Ferenc	Engedélyes: LORINVEST BUILD Kft. 3530 Miskolc, Rácz György u. 4 B fsz.10	



Szakály László tervező kolléga tervei alapján.

A kutak végleges kialakítása a kutatófúrásban feltárt rétegsor (kútgeofizika, furadék-minták, mag-minták, hőmérséklet, gáztartalom és vízminőség) és a tényleges gépészeti hő- és vízigények egybevetése és elemzése után véglegesíthető.

Dátum: 2013. december	<b>A kutak csövezési tervének javasolt módosítása</b>	
Rajzolta: Lorberer Anna	Projekt: Debrecen Fórum üzletközpont termálvízhasznosítás	Ábra: <b>3/b.</b>
Ellenőrizte: Lorberer Árpád Ferenc	Engedélyes: LORINVEST BUILD Kft. 3530 Miskolc, Rácz György u. 4 B fsz. 10	



<b>Hatásterületi helyszínrajz</b> <b>M=1:10.000</b>	
Dátum:	2013. december
Rajzolta:	Lorberer Anna
Ellenőrizte:	Lorberer Árpád Ferenc
Projekt:	Debrecen Fórum üzletpont termálvízhasznosítás
Engedélyes:	LORINVEST BUILD Kft. 3530 Miskolc, Rácz György u. 4/B fsz.10
<b>4.</b> Abra.	