Földhő Hírlevél

A Magyar Geotermális Egyesület tájékoztató kiadványa

56
2016. július
XIII./3.

Tiszteletbeli tagjaink köszöntése

Ünnepeltünk.

2016. április 27. szerdán, az MFGI székházában megtartott szakmai rendezvényünkön két tiszteletbeli új tagunkat, Dr. Bobok Elemér ny. egyetemi tanárt és Dr. Lorberer Árpádot, a volt VITUKI tudományos főmunkatársát köszöntöttük.

A szép számban megjelent tagság és a vendégek először Dr. Turzó Zoltán, majd Tóth György és Dr. Szanyi János gondolatait hallhatták a köszöntöttekkel közös szakmai múltjukról, illetve tanulmányaik során szerzett emlékeikről. Bár nagy valószínűséggel a résztvevők többsége is bátran anekdotázhatott volna a Bobok professzorral vagy Lorberer Árpáddal közös emlékekből, hiszen sokan tanítványok, majd később munkatársaik is voltak. Mindkét tiszteletbeli tagunk hosszú munkássága alatt rendkívül sokat tett a magyar geotermiáért, ezúton is kívánunk mindkettejüknek jó egészséget és további sikereket.

A tiszteletbeli tagok felszólalásai után Dr. Tóth Anikó előadása következett a geotermikus oktatás hazai és nemzetközi gyakorlatáról.

Mint ismeretes, a geotermia hazánkban 2008-tól posztgraduális képzésként érhető el a diákok számára. Az alapoktatásban a geotermális energiatermelés külön tárgyként szerepel a PS és az MSc szinten is.

Elindult az e-learning képzés is, interaktív tananyaggal, a magyar mellett angol nyelven is, ami a nemzetközi kapcsolatok erősítését is szolgálja. A Geotermikus E-learning tanagyag fejlesztése EU támogatással és a Miskolci Egyetem, a Colorado School of Mines, továbbá a University of Colorado (USA) együttműködésével valósult meg 2012-től.

A nemzetközi konferenciák kurzusaira is érdemes jelentkezni, igen sokat adnak tudásban, melyről oklevelet is szereznek a résztvevők. Jelenleg az oktatásban szakmai kapcsolat a National Geothermal Academy, a University of Colorado, Boulder, USA, a Stanford University Geothermal Program, a Colorado



Az esemény közönsége, előtérben Dr. Bobok Elemérrel

Ismét magyar tag az IGA BoD-ban!

Tizenkét év után ismét lesz magyar tagja az International Geothermal Association (IGA) elnökségének Szita Gábor (Porció Kft. és MGtE) személyében. A 30 fős testületbe kerülés egyik kulcsa volt, hogy a Magyar Geotermális Egyesület tagsága ezúttal aktívan részt vett a szavazásban.

Tartalom

Aktuális geotermikus fejlesztések 3

Geotermikus számítások mélyfúrásokra.....4

A magyar geotermia folytonosságáról.....11

Rendezvények.....12

Egyesületi hírek.....12

La Follia és TOP

Arcangelo Corelli olasz barokk zeneszerző nem ismeretlen a klasszikus zene kedvelői számára. Egyik népszerű szonátája a La Follia téma és variációk, amely 12 változatot tartalmaz. A zeneirodalomban kétség kívül ez egyik legismertebb változatsorozat.

*A TOP mozaikszó jelentése: Terület- és Településfejlesztési Operatív Program. Célja az önkormányzatok fejlesztéseinek támogatása európai uniós forrásokból. A 2014-2020 közötti időszak pályázati felhívásai közül a megújuló energiahasznosítási projektek támogatását biztosító TOP-3.2.2-15 jelű - nagy sokára - idén áprilisban jelent meg. Címe: „*Önkormányzatok által vezérelt, a helyi adottságokhoz illeszkedő, megújuló energiaforrások kiaknázására irányuló energiaellátás megvalósítása, komplex fejlesztési programok keretében*” Szép hosszú!*

Corelli és a TOP úgy kapcsolódik egymáshoz, hogy az utóbbi megalkotói mintha megirigyelték volna az olasz mestertől a variálás lehetőségét. Ugyanis két hónap alatt háromszor is módosítottak a felhívás szövegén, ami már 4 variációt jelent. Ezért a pályázatok benyújtási határidejét is ki kellett tolni.

Csakhogy ez egy más műfaj, kedves pályázatalkotó hölgyeim és uraim! Két év gondolkodás után elvárható lett volna, hogy időtálló felhívást tegyenek közzé - legalább egy negyedévre.

(SzG)

GEOTERMIKUS E-LEARNING TANANYAGOK

1	A geotermikus energia környezeti hatásai	Geothermal Environmental Impact
2	Áramlástan	Fluid Mechanics
3	Energiagazdálkodás	Energy Management
4	Gazdasági ismeretek	Economic Studies
5	Geoinformatika	Geoinformatics
6	Geotermia vízkémiája	Geothermal Hydrochemistry
7	Geotermikus alapu villamosenergia	Geothermal Powerplant
8	Geotermikus rendszerek	Geothermal Systems
9	Hévíztermelés	Geothermal Water Production
10	Hévízrezervoárok	Geothermal Reservoirs
11	Hidrogeológia	Hydrogeology
12	Hőátvitel geotermikus rendszerekben	Heat Transfer in Geothermal Systems
13	Hőszivattyúk	Heat Pumps
14	Jogi és engedélyeztetési kérdések	Legal and Permit Matters
15	Közvetlen hőhasznosítás	Geothermal Direct Uses
16	Megújuló energiák	Renewable Energies
17	Mélyfúrás kútkiképzés	Drilling and Well Design
18	Pályázati ismeretek	EU Proposals
19	Speciális földtani ismeretek	Advenced Geology
20	Speciális geofizikai ismeretek	Advenced Geophysics

Dr. Tóth Anikó: A geotermikus távoktatás tananyaga a Miskolci Egyetemen

School of Mines és az Oregon Institute of Technology intézményekkel áll fenn.

Az előadó felhívta a figyelmet arra, hogy a Magyar Geotermális Szakmai Kollégium anyagai szabadon letölthetők az érdeklődők számára.

A konferencia résztvevőiben felmerült a kérdés, vajon hogyan történik a diákok számonkérése az online tagozaton. Az előadó hangsúlyozta, hogy nyilván nem lehet ellenőrizni minden egyes „táv" diákot, jóval nagyobb hangsúly van az önállóságon, mint korábban. Ezen felül a képzésen résztvevőknek érdeke fűződik az online tananyag elsajátításához és ahhoz, hogy valóban személyesen ők teljesítsenek a monitoruk mögött.

Csepregi András előadásából a budapesti termálvíz tároló modellvizsgálatának eredményeibe nyerhettük betekintést. A Budapest környéki termálkarszt és a Budai-források vízgyűjtője vízmennyiségi adatai alapján látható, hogy 1938-ban az összes meleg forrás hozama 21713, míg 2014 -ben 15590 m3/nap volt. A hideg (langyos) források tekintetében ezen adatok 30167 illetve 38116 m3/nap volt. A teljes összesítést vizsgálva 1938-hoz képest a hozam nem változott.

A résztvevők kérdésére, miszerint a friss kutatási eredmények alapján van-e szabad vízkészlet például a veresegyházi fürdő fejlesztéséhez, az a válasz érkezett, hogy a hatóság elfogadta a fejlesztési terveket, bár bizonytalanság jelentkezik a kevés forráshozam mérés miatt.

Terület	Eredeti hozam+termelés 1938	Átlagos hozam+termelés 1970-1999	Átlagos hozam+termelés 2000-2014	Éves hozam+termelés 2014	Engedélyben lekötött
	m^3/nap	m^3/nap	m^3/nap	m^3/nap	m^3/nap
É-Budai langyos források	13565	3307	625*	11000**	875
Lukács-langyos	16602		1653*	24000**	2200
Egyéb hideg	0	2504	1827	3 116	4836
Margitsziget-É +Lukács meleg +Paskál	10729	16832+	8255	10102	13397
Városliget+Magda kút	10984	4593	4345	4020	5173
Budapesten kívüli termálkarszt	0	1668	1201	1468	2983
Összes meleg	21713	23093	13801	15590	21233
Összes hideg-langyos	30167	5811	4105	38116	10111
Dél-Buda	5386	5467	3723	3821	6859
Összesen	57266	34371	21629	57527	38203

Csepregi András: Karsztvíz kitermelés Budapest környékén

Dr. Szőcs Teodóra a határokkal osztott termálvíz és geotermikus energiagazdálkodás kérdéskörét járta körül. Előadása révén a hazánkat érintő nemzetközi projektekbe is betekintést nyerhettünk.

A TransEnergy projekt keretén belül Magyarország, Szlovénia, Ausztria és Szlovákia földtani intézetei részvételével harmonizált termálvíz és geotermikus energia



Dr. Szőcs Teodóra: Programterületek

hasznosítási stratégia elkészítése történik.

A Duna Régió Stratégián belül, a Fenntartható energia prioritáshoz tartozóan cseh és magyar koordinálással elkészült a Duna Régió Geotermális koncepció 2014-ben, melynek eredménye a rendszerezett és harmonizált információ a geotermikus potenciál, a hasznosítás, a jogszabályi környezet tekintetében. A létrejött pénzügyi támogatási tervezet 11 országot érint a régióban.

A DARLINGe program (Duna Transznacionális Program keretén belül) Szlovénia, Horvátország, Bosznia-Hercegovina, Szerbia, Románia és Magyarország részvételével zajlik. Célja az eljárásrend koordinációjának fejlesztése a Duna régióban az EU energia politikája keretében; geotermális energia

Állami vagyontárgy	Geotermikus energia	Termálvíz
Vonatkozó jogszabály	Bányatörvény	Vízgazdálkodási törvény
Törvényi meghatározás	A földkéreg belső energiája.	30°C, vagy annál magasabb kifolyó hőmérsékletű felszín alatti eredetű víz.
Vagyonkezelő	Magyar Bányászati és Földtani Hivatal	Országos Vízügyi Főigazgatóság
Államnak fizetendő	bányajáradék	vízkészlet járulék

Szita Gábor: Geotermikus energia és termálvíz

hasznosítás célú befektetések elősegítése.

Jogi eszközzel nem, vagy csak részben lehet a határral osztott víztartót védeni (DWPAs, NATURA 2000, Ramsar, etc.), ezért a tevékenységeket kell szabályozni („A" állam területén, amely károsíthatja „B" állam közös forrásból származó hasznát). A felszín alatti vizek/víztartók jelentős része az országhatárokon átnyúlik. A nemzeti FAV kormányzásokat kiegészítve, nemzetközi együttműködésekben kell részt venni a fenntartható vízgazdálkodás, valamint a regionális politikai és gazdasági stabilitás érdekében.

Szita Gábor Geotermikus energia és termálvíz címmel tartott előadása zárta a rendezvényt, melyben a törvényi definíciókból kiindulva mutatta be a hasonlóságokat és – főleg – a különbözőségeket a geotermikus energia és a termálvíz között. Ezt a két fogalmat sokan még ma is egymás szinonimájaként fogják föl, ami köznapi értelemben még elfogadható, de szakmailag hibás. Megfelel viszont a valóságnak, hogy a termálvíz a geotermikus energia hordozó közege, mégpedig a leggyakoribb és a legtermészetesebb. Ugyanakkor a geotermikus energiára és a termálvízre, mint felszín alatti vízre nagyon különböző jogszabályok érvényesek, és a használatukat engedélyező hatóságok is mások. A kitermelt geotermikus energia után bányajáradék, míg a víz után – visszatáplálás híján – vízkészlet járulék (VKJ) fizetendő.

Egy ponton azonban összeérni látszik a két fogalom, ami a hatósági engedélyezésben okoz, illetve okozhat zavart. A felszín alatti vizek vagyonkezelői jogkörével rendelkező vízügyi igazgatóságok a termálvíz hőmérsékletében bekövetkezett csökkenést a víz minőségi változásának tekintik, amely alapján – szerintük – vagyonkezelői ügy keletkezik. Ha ez igaz lenne, akkor az igazgatóságok véleményét még akkor is ki kellene kérni, ha egy teljesen zárt technológiájú energetikai hasznosítás során a termálvíznek sem mennyiségében, sem – a hőmérsékletén kívüli – egyéb kémiai és fizikai tulajdonságában nem történik változás. A vízügyi igazgatóság tehát olyan vagyonelemnek könyveli el a termálvíz lehűlését, ami fölött neki van kezelői joga. A bányatörvényből és – különösen – a bányajáradék kiszámítási módjából következően a termálvíz energetikai célú lehűtése geotermikus energiahasznosításnak minősül, vagyonkezelőként tehát joggal jelentkezik a bányakapitányság (utódszervezete). Nyilvánvaló, hogy ugyanazon állami tulajdonnak nem lehet két vagyonkezelője. Erre az ellentmondásra hívta föl a figyelmet az MGtE elnöke.

Az előadások után rövid állófogadás következett, lehetőséget adva a személyes gratulációkra és eszmecserére.

Köszönjük tagjainknak és az érdeklődőknek a rendezvényen való részvételt, előadóinknak a színvonalas bemutatókat. Soron következő rendezvényünket – melyen különféle műszaki szakkérdéseket járunk majd körül – az ősz folyamán tarjuk.

(LE)

Aktuális geotermikus fejlesztések

Két kicsi és egy nagy

A magyar geotermia elmúlt 25 évét bemutató cikkünk révén olvasóink áttekinthették ezen időszak nagy sikerű fejlesztéseit. Nézzük meg, mi a helyzet hazánkban 2016-ban!

Veresegyház

Folyamatos a városi geotermikus rendszer továbbépítése. Idén több fogyasztót is csatlakoztatnak, pl. az új katolikus templom és plébánia, 78+46 társasházi lakás, Lévai u-i óvoda, Mey Hungária varrodája, Orvosi rendelő, Tájház, Szófogadó iskola.

A beruházások összértéke 87,7 millió forint. Befektetők: 80%-ban az önkormányzat, 20%-ban ingatlan befektetők. Termál technológia tervezője: Porció Kft., kivitelező: Porció Kft.

Rácalmás

Óvoda és bölcsőde ellátása megújuló energiával geotermikus és napkollektor/napelem rendszer révén, amelynek eredményei egy bemutató teremben követhetők lesznek.

A beruházás összértéke 82,8 millió forint. Befektető: az önkormányzat a Norvég Alap támogatásával. A technológia tervezője: Porció Kft., kivitelező: Porció Kft.

Tura

Geotermikus erőmű és üvegház telep kiépítése.

Előzmények: A T-4 jelű, olajkutató fúrásból kiképzett termálkút évtizedekig fűtötte a helyi termelőszövetkezet 7 ha -os fóliatelepét. 2011-ben az akkor már nem működő termálkút mellé két másikat is létesíttetett a környező területeket és a T-4 kút tulajdonjogát megszerző Turawell Kft. A cég 2015 -ben felkérte a Porció Kft-t, hogy adjon ajánlatot a termál technológia tervezésére és kivitelezésére. Ennek megfelelően a Porció Kft. ki is dolgozta a termál rendszer elvi felépítését, meghatározta a létesítmények és berendezések műszaki paramétereit. Ez alapján szerződéstervezetet nyújtott be, amit a Turawell Kft. szóban elfogadott. A szerződés aláírását megelőzően a cég eladta 51%-os üzletrészét a szingapúri bejegyzésű KS Orka Renewables Pte. Ltd-nek.

A beruházások összértéke 10 milliárd forint, melyből a geotermikus kiserőmű 5,5 mrd, a 11 ha-os üvegház 4,5 mrd forintba kerül. Befektető: KS Orka. Generál kivitelező: KS Orka - Kaishan. Erőmű egység: Kaishan Hybrid. A mérnöki szolgáltatásokat végül a Mannvit végzi.

„A két projekt hazai és külföldi befektetők tőkéjéből, európai uniós pályázati pénzből és banki hitelből több szakaszban valósul meg" – mondta Miszori László, Turawell Kft. ügyvezetője az MTI-nek. *(LE)*

GEOTERMIKUS SZÁMÍTÁSOK MÉLYFÚRÁSOKRA 1. rész

Írta: Bihari László

A mélyfúrás-geofizikai talphőmérséklet mérésekből számítható az eredeti réteghőmérséklet, és ennek alapján bemutatom a Hódmezővásárhely-Makó árok pár izoterma térképét. És beszámolok eljárásomról, mellyel számítom a geotermikus térnek a fúrás környezetében, a cirkuláció okozta módosulását. Erre támaszkodva példákat ismertetek a hőkihozatal értékek becslésére és hasznosítására különböző fúrási konstrukciók és kútpár esetén is.

GEOTHERMAL CALCULATIONS FOR DEEP WELLS

From the measured well-logging bottomhole temperatures we can calculate the reservoir temperatures, and on this base I show a couple of maps of isotherms in the Hungarian Hódmezővásárhely-Makó region. And I describe my own method to calculate the changes of the geothermal field in the borehole and its vicinity due to the mud circulation. On this base I show some examples for the estimation and use of the heat yield at several well construction and for a paired of injection and production wells too.

1. Geotermikus viszonyok

1.1. Geotermikus tér módosulása fúrási öblítés hatására és réteghőmérsékletek számítása.

Elsősorban a vékony litoszféra miatt megnövekedett köpeny hőáram következtében extrém magas a hazai geotermikus gradiens. [1] Ez nemcsak a mélyfúrás-geofizikai szelvényezésnél jelenthet gondot (lyukműszerek hőállósága), de fúrástechnikai vonatkozásban is (iszap, szerszámok, stb.).

Ezért mindig fokozott figyelmet fordítottunk a hőmérsékletek mérésére és becslésére. Különösen nagymélységű fúrásainkban, így a Hódmezővásárhely-Makó árok hazai rekordot jelentő és ahhoz közeli fúrásaiban is.

A szelvényezési programjaink kialakításánál igyekeztünk kihasználni az öblítés adta hűtési lehetőséget.

Így például egy makói fúrás 4365m talpnál történt szelvényezése során *(1. táblázat)* a mérések közben eltelt kb. 26 óra alatt láthatóan 22°C visszamelegedés következett be. E felmelegedés miatt, a mérőeszközök hőmérsékleti korlátjára tekintettel, nem lehetett a mérést folytatni, csak a beépítés utáni iszap cirkulációval lehűtött fúrásban. Az adatokból nyilvánvaló, hogy a mérések közben beiktatott öblítés hűtő hatása 19°C nyereséget jelentett.

Mélység (m)	Fúróátmérő (inch)	Mérésfajta	Öblítés leállítása	Mérés talpon	Melegedési idő	Hőm. (°C)
4365	12,25	FMI-DSI-HNGS	2006.10.11. 2^{00}	2006.10.11. 14^{45}	1245	126
		Platform-Express	2006.10.11. 2^{00}	2006.10.11. 21^{15}	1915	136
		CMR	2006.10.11. 2^{00}	2006.10.12. 4^{30}	2630	148
4365	12,25	XPT	2006.10.13. 3^{00}	2006.10.13. 17^{45}	1445	129

1. táblázat: Talphőmérsékletek az öblítés függvényében

Szintén az öblítés jelentős hűtő hatását igazolják egy fúrás nyitott, majd csövezett fázisában, azonos mélységben mért, számottevően eltérő hőmérséklet adatok is, ahol utóbbi estben 14,6°C-al magasabb értéket kaptunk. *(2. táblázat)*

Mélység (m)	Fúróátmérő (inch=25.4mm)	Hőmérséklet (°C)
4100	12,25	155
	Béléscsőátmérő (inch)	
	5,5	169,6

2. táblázat: Eltérő talphőmérsékletek ugyanazon kútban fúrás és rétegvizsgálat esetén

A cirkuláció okozta lehűtést követő, aszimptotikus visszamelegedési folyamatot szemlélteti és teszi számíthatóvá a jól bevált formula. [2] E szerint az öblítés leállítását követően két különböző időpontban (t_1 és t_2) mért, két különböző hőmérséklet értékből (T_1 és T_2), és a lyukátmérő (D) figyelembevételével, réteghőmérsékletet (Tr) becsülhetünk a következőként:

$$T_r = \frac{(T_2 A - T_1 B)}{(A - B)}$$

ahol: $A = 1 - e^{-C}$; $B = 1 - e^{-F}$

és ezen belül:

$$C = \frac{(25{,}4D)^2}{8000 t_1} \quad F = \frac{(25{,}4D)^2}{8000 t_2}$$

Jól példázzák a lehűtést, és az azt követő visszamelegedést, a Hódmezővásárhely-I fúrás esetén kigyűjtött adataink, és a belőlük számított réteghőmérsékletek. *(3. táblázat)* Különösen szemléletesek a legnagyobb mélységhez tartozó adatok, ahol mérések közbeni 40 óra alatt 21°C visszamelegedés történt, és a számított réteghőmérséklet még ennél is kb.10°C-al magasabb. Tehát a cirkuláció okozta hűtés bőven meghaladhatta a 30°C-t.

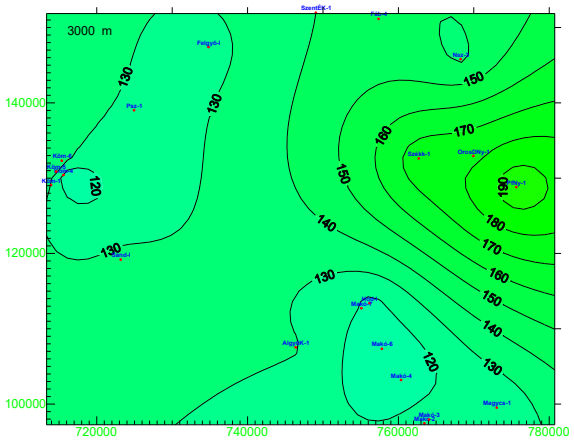
Mélység	Fúró átmérő	Öblítés leállítását követően		Számított réteg hőmérsékletek
m	Inch	Idő(óra)	Hőm(°C)	°C
3100	12,25	4	96	113-119
		11	103	
		22	107	
3535	12,25	13	120	140
		18	124	
4010	13,25	28	134	196
		40	150	
4280	8,5	12	153	186
		16	160	
4611	8,5	15	154	168-172
		28	160	
		38	163	
		44	164	
5328	8,5	16	183	204
		30	192	
5418	8,5	14	183	200
		23	189	
5750	8,5	16	199	229-230
		40	216	
		56	220	

3. táblázat: Hód-I talphőmérsékleteiből számított réteghőmérsékletek

1.2. Réteghőmérsékletekből izoterma térképek

A környező terület fúrásaiban hasonló számítással becsültem a réteghőmérsékleteket. Ezek lineáris regressziója alapján kapott trendekből a 500-1000-…-5500-6000m mélységekben kapott hőmérsékleteket adja a *4. táblázat.*

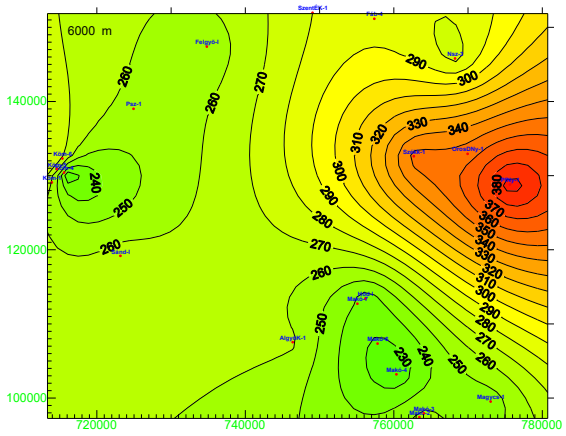
A PC-n futtatható térképszerkesztő GS Surfer programozásával, a GS Scripterrel készült izoterma térképsorozatból (500-1000-…-5500-6000m mélységekre) két példa szerepel, a 3000 és 6000 m mélységekre, mindenik EOV koordináta rendszerben. *(1.-2. ábrák)* Természetesen az adott fúrások mélységét meghaladó extrapolált értékektől a valós értékek eltérhetnek, de a tendenciákat jól tükrözik.



1. ábra : Izotermák 3000m mélységben

Mélység (m) / Kút	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
AlgyőK-1	21,8	43,6	65,4	87,2	109	130,8	152,6	174,4	196,2	218	239,8	261,6
Fáb-4	23,9	47,8	71,7	95,6	119,5	143,4	167,3	191,2	215,1	239	262,9	286,8
Felgyő-I	21,15	42,3	63,45	84,6	105,8	126,9	148,1	169,2	190,4	211,5	232,7	253,8
Hód-I	19,4	38,8	58,2	77,6	97	116,4	135,8	155,2	174,6	194	213,4	232,8
Köm-1	21,75	43,5	65,25	87	108,8	130,5	152,3	174	195,8	217,5	239,3	261
Köm-4	18,1	36,2	54,3	72,4	90,5	108,6	126,7	144,8	162,9	181	199,1	217,2
Köm-5	22,1	44,2	66,3	88,4	110,5	132,6	154,7	176,8	198,9	221	243,1	265,2
Köm-6	22,6	45,2	67,8	90,4	113	135,6	158,2	180,8	203,4	226	248,6	271,2
Magycs-1	20,35	40,7	61,05	81,4	101,8	122,1	142,5	162,8	183,2	203,5	223,9	244,2
Makó-2	21,1	42,2	63,3	84,4	105,5	126,6	147,7	168,8	189,9	211	232,1	253,2
Makó-3	21,05	42,1	63,15	84,2	105,3	126,3	147,4	168,4	189,5	210,5	231,6	252,6
Makó-4	18,55	37,1	55,65	74,2	92,75	111,3	129,9	148,4	167	185,5	204,1	222,6
Makó-6	19	38	57	76	95	114	133	152	171	190	209	228
Makó-7	19,9	39,8	59,7	79,6	99,5	119,4	139,3	159,2	179,1	199	218,9	238,8
Nsz-3	23	46	69	92	115	138	161	184	207	230	253	276
OrosDNy-1	29,6	59,2	88,8	118,4	148	177,6	207,2	236,8	266,4	296	325,6	355,2
PfNy-1	33,05	66,1	99,15	132,2	165,3	198,3	231,4	264,4	297,5	330,5	363,6	396,6
Psz-1	21,4	42,8	64,2	85,6	107	128,4	149,8	171,2	192,6	214	235,4	256,8
Sánd-I	22,1	44,2	66,3	88,4	110,5	132,6	154,7	176,8	198,9	221	243,1	265,2
Székk-1	29,55	59,1	88,65	118,2	147,8	177,3	206,9	236,4	266	295,5	325,1	354,6
SzentÉK-1	23,35	46,7	70,05	93,4	116,8	140,1	163,5	186,8	210,2	233,5	256,9	280,2

4. táblázat: Hód-I környéki fúrások számított réteghőmérsékletei



2. ábra : Izotermák 6000m mélységben

A területen tervezett további fúrás bármely mélységére hőmérséklet értéket interpolálhatunk a térképekkel párhuzamosan készülő **gridelési** adatok segítségével (Pl. az 500m.-enkénti 12 síkban, síkonként közel négyzetes hálóban 41*50 hőmérséklet adat szerepel, ahol a sorok és oszlopok távolsága 1365m ill. 1376m). Figyelembe véve a fúrási koordináta és mélység értékeket magába foglaló 8db. hálóponton található hőmérséklet adatokat, ezekből interpolációval számítható a kiválasztott pont hőmérséklete.

2. Cirkuláció okozta lehűlés és azt követő visszamelegedés modellezése fúrás- ill. kút szerkezetekre

Előzőek is arra utalnak, hogy e műveletek szempontjából lényeges a fúrásban a hőmérsékletek alakulásának ismerete. A témára vonatkozóan egy megbízott intézettől kétes eredményeket kaptunk, irodalmi tájékozódásom pedig US patentekbe, vagy fizetős cikkekbe ütközött. Ez ösztönzött, hogy mind az öblítés hűtő hatásának figyelembevételére, mind annak leállítását követő visszamelegedésre vonatkozóan modell-számításokat végezzek.

2.1. Kiindulópont

Minden ilyen számítás kiinduló pontja természetesen a Fourier – törvény, mely szerint a hőáramlás oka a szomszédos térrészek közötti hőmérsékleti különbség, és nagysága:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\lambda \times (T2 - T1) \times F}{L}$$

ahol a λ a hővezető képesség
T1,T2 a szomszédos térrészek hőmérséklete
F az érintkező felületük
L a távolságuk

Eredménye pedig a hőmérséklet változás:

$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{C \times M}$$

ahol az M az adott térrész tömege
C az adott térrész fajhője

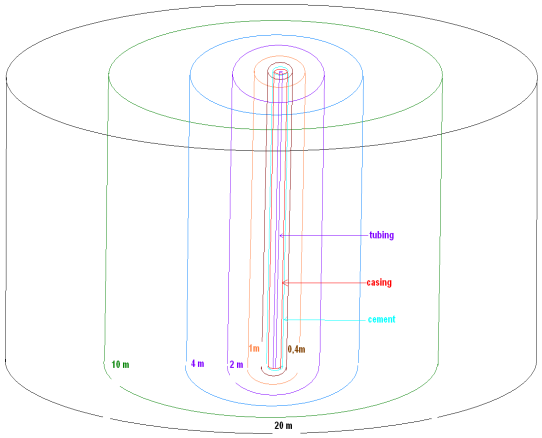
Ennek fúrási környezetre való leírására a következő, kiáltalánosított differenciál egyenletek szolgálnak [3]:

$$\rho_i \times C_{p,i} \times \left(\frac{\partial T_i}{\partial t} + \upsilon_{z,i} \times \frac{\partial T_i}{\partial z} \right) = \frac{k_i}{r} \times \frac{\partial T_i}{\partial r} + k_i \times \frac{\partial^2 T_i}{\partial r^2} + k_i \times \frac{\partial^2 T_i}{\partial z^2}$$

ahol a fúrás szerkezetére felírt öt differenciálegyenletben:
i=1,…5 fúrási szerkezet elemei, tengelyétől kifele haladva a kőzettel bezárólag;
z és r a henger koordináták; T a hőmérséklet; n a folyadék sebessége; r a sűrűség; Cp a fajhő; k a hővezetés

2.2. Modell kialakítása

Kialakított modellemben ezzel szemben a feladat **analitikus megoldását** választottam.
Az **MS Excel** kedvezett egy olyan elrendezésnek, ahol annak **oszlopai** képviselik a fúrás ill. kút szerkezetét, és az azt körülvevő, növekvő sugarú kőzetteret reprezentáló koncentrikus **hengergyűrűket**. *(3. ábra)*



3. ábra : Kút szerkezetét és a növekvő sugarú kőzetteret reprezentáló hengergyűrűk

Az MS Excel munkafüzet **első** lapján az **alapadatok** és ezek számítással történő kiegészítései, valamint egyes paraméterek súlyozott értékei vannak**.** ***(5. táblázat)***
Az alapadatok között szerepel a geotermikus gradiens, a geometriai elrendezés, az ennek megfelelő sűrűségek, és tömegek. A kőzet hővezető-képességét pedig a Hód-I. fúrás magjain mértek átlagaként vettem. Az alapadatok meg-

Alapadatok		Jobb	Cső	Bal	Kőzet						
R	0	0,05	0,065	0,11	0,18	0,28	0,4	0,54	0,7	0,88	1,08
Táv	0	0,0579871	0,032359	0,05881778	0,086208	0,109881	0,129931	0,149956	0,16997	0,189979	0,209984
Talp	0	0,00785	0,005417	0,0247275	0,063742	0,14444	0,256224	0,413224	0,622976	0,893016	1,23088
Palást		3,14	4,082	6,908	11,304	17,584	25,12	33,912	43,96	55,264	67,824
Rs		0,0579871	0,090347	0,14916434	0,235372	0,345254	0,475184	0,62514	0,79511	0,985089	1,195073
S		1800	7900	1800	2700						
M=Talp*S		141,3	427,9035	445,095	1721,034	3899,88	6918,048	11157,05	16820,35	24111,43	33233,76
A		2,2	80	2,2	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
C		1500	460	1500	710	710	710	710	710	710	710
Grad		0,4	10								

5. táblázat: Alapadatok

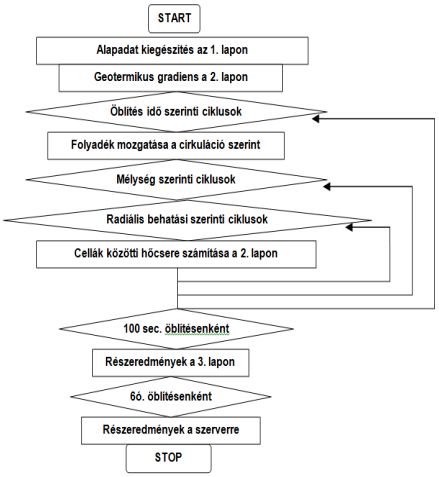
határozásában, becslésében messzemenően támaszkodtam kollégáimra.
A módszer finomításával a távolságok súlyozása a cellák geometriai közepeire vonatkozik. A hővezető-képesség súlyozása pedig a mintegy sorbakapcsolt cellák figyelembevételével történik, az alábbiak szerint:

$$\lambda_n^s = \frac{\lambda_n \times \lambda_{n+1} \times (\ln R_{n+1}^s - \ln R_n^s)}{\lambda_n \times (\ln R_{n+1}^s - \ln R_n) + \lambda_{n+1} \times (\ln R_n - \ln R_n^s)}$$

Az MS Excel munkafüzet **második** lapján zajlik a lényegi, a **térbeli hőeloszlás számítása**. *(6. táblázat)*
Kiindulásként a 10m magas koncentrikus hengergyűrűket képviselő cellákba az eredeti **geotermikus gradiens** szerinti hőmérsékleteket íratom be. Az **A** oszlop a mélységet, a **B** oszlop a benyomott iszap mozgatásának megfelelő hőmérsékleteket mutatja. Kezdeti számításaimnál a belépő iszap hőmérsékletét a **D** oszlopban felfele mozgatott, kilépő iszap hőmérséklet értéke és 10°C átlagában adom meg (ez jól egybevág a mudlog-oknál tapasztalt értékekkel). Későbbiekben természetesen, a kívánalmaknak megfelelően ettől eltérő értékek is szerepelhetnek a bemenő iszap hőmérsékletére.
A **C** oszlop fúrásnál a rudazatot, vagy kútnál a tubingot képviseli. Fúrásnál a további oszlopok a lyukfaltól kifele növekvő sugarú kőzet hengergyűrűk, kútnál pedig a béléscső és cement, és az őket követő növekvő sugarú kőzet hengergyűrűk.
Ezen hengergyűrűk közötti hőátadás követését a szomszédos cellák közötti számítással (oldalra és lefele) valósítom meg.
Az iszap mozgatásának megfelelően, ezen cellák megváltozott hőmérsékletei miatt bekövetkező hőátadás figyelembevételével minden cella hőmérsékletét minden másodpercre vonatkozóan újra számolom.
E számolást MSExcel Visual Basic programozással, a következő ciklusok egymásba ágyazásával végzem:

Öblítés időtartamának megfelelően secundumonként
Mélységnek megfelelően 10m-enként
A fúrási- ill. kútszerkezet szerinti radiális behatolás elemeinek megfelelően

A számítás folyamatát a *4. ábra* szemlélteti.



4. ábra : Számítás folyamat ábrája

Mélység	Le	Rudazat	Fel	Kőzet 0.18	Kőzet 0,28	Kőzet 0,4	Kőzet 0,54	Kőzet 0,7	Kőzet 0,88	Kőzet 1,08	Grad
0	35,64237	60,9416	61,24672	49,47484	42,21632	36,42214	31,90551	28,48638	26,13601	24,9102	10,8
10	35,64248	61,13901	61,44637	49,72334	42,49495	36,72463	32,22644	28,82114	26,48021	25,25929	11,2
20	35,65988	61,33762	61,64617	49,97202	42,77372	37,02724	32,54748	29,156	26,82449	25,60846	11,6
30	35,77043	61,53626	61,84599	50,22072	43,05251	37,32988	32,86854	29,49089	27,1688	25,95765	12
40	35,88294	61,73485	62,04582	50,46943	43,33133	37,63255	33,18963	29,82579	27,51313	26,30686	12,4
50	35,9982	61,93335	62,24567	50,71817	43,61017	37,93523	33,51074	30,16072	27,85748	26,65609	12,8
60	36,01606	62,13205	62,44554	50,96693	43,88903	38,23794	33,83187	30,49567	28,20185	27,00535	13,2
70	36,12827	62,33076	62,64542	51,21571	44,16791	38,54067	34,15303	30,83065	28,54625	27,35463	13,6
80	36,24264	62,52941	62,84532	51,46451	44,44681	38,84342	34,47421	31,16564	28,89066	27,70392	14
90	36,36007	62,72795	63,04522	51,71332	44,72573	39,14619	34,7954	31,50066	29,2351	28,05324	14,4
100	36,37816	62,92669	63,24516	51,96215	45,00467	39,44899	35,11662	31,8357	29,57956	28,40259	14,8
110	36,49207	63,12541	63,44509	52,211	45,28363	39,7518	35,43786	32,17076	29,92404	28,75195	15,2
120	36,60837	63,32404	63,64503	52,45986	45,5626	40,05463	35,75912	32,50584	30,26853	29,10133	15,6
130	36,63237	63,52285	63,84498	52,70873	45,84159	40,35747	36,0804	32,84093	30,61305	29,45073	16
140	36,74613	63,72167	64,04494	52,95761	46,1206	40,66034	36,40169	33,17605	30,95759	29,80015	16,4
150	36,86178	63,92043	64,24489	53,20651	46,39962	40,96322	36,723	33,51119	31,30215	30,14959	16,8
160	36,98008	64,11908	64,44485	53,45541	46,67864	41,26611	37,04433	33,84634	31,64672	30,49904	17,2
170	37,00452	64,31792	64,64481	53,70432	46,95769	41,56902	37,36568	34,18151	31,99131	30,84852	17,6
180	37,11988	64,51675	64,84477	53,95324	47,23674	41,87195	37,68704	34,51669	32,33592	31,19801	18
190	37,23733	64,7155	65,04472	54,20216	47,5158	42,17488	38,00841	34,85189	32,68054	31,54752	18,4
200	37,35771	64,91414	65,24467	54,45108	47,79487	42,47783	38,3298	35,18711	33,02518	31,89704	18,8
210	37,38238	65,11294	65,44463	54,70002	48,07396	42,78079	38,65121	35,52234	33,36984	32,24658	19,2
220	37,49938	65,31172	65,64457	54,94895	48,35304	43,08377	38,97262	35,85759	33,71451	32,59614	19,6
230	37,61869	65,5104	65,84451	55,19788	48,63213	43,38674	39,29405	36,19285	34,05919	32,9457	20
240	37,64905	65,70923	66,04444	55,44682	48,91123	43,68973	39,61549	36,52812	34,40389	33,29529	20,4
250	37,76591	65,90806	66,24436	55,69576	49,19034	43,99273	39,93694	36,86341	34,74861	33,64489	20,8
260	37,88459	66,10681	66,44426	55,94469	49,46945	44,29574	40,2584	37,19871	35,09333	33,9945	21,2
270	38,00582	66,30544	66,64414	56,19361	49,74855	44,59875	40,57987	37,53401	35,43807	34,34413	21,6
280	38,03661	66,50423	66,84402	56,44254	50,02767	44,90177	40,90135	37,86933	35,78282	34,69376	22
290	38,15501	66,703	67,04387	56,69146	50,30678	45,20479	41,22284	38,20467	36,12759	35,04342	22,4
300	38,27542	66,90168	67,2437	56,94036	50,58589	45,50782	41,54434	38,54001	36,47236	35,39308	22,8
310	38,39866	67,10023	67,44352	57,18926	50,865	45,81085	41,86584	38,87535	36,81714	35,74275	23,2

6. táblázat: Számítási folyamat

Az MS Excel munkafüzet **harmadik** lapján a kitüntetett (felszíni és talpi) helyek hőmérsékletei az **idő függvényében** jelennek meg, **pl.** 100 sec. öblítési időnkénti sorokban. *(7. táblázat)*

sugarú kőzet hengergyűrűkkel számoltam. A számításokat 4 napos öblítésnek megfelelően futattam. A szerverről levett 6 óránkénti eredményeket diagramok formájában dolgozom fel.

Idő	Le	Fel	Iszap	Kőzet 0.18	Kőzet 0,28	Kőzet 0,4	Kőzet 0,54	Kőzet 0,7	Kőzet 0,88
100	11,03968	12,05319	245,634	250,7508	250,7998	250,8	250,8	250,8	250,8
200	11,59217	13,54667	238,4148	250,5775	250,7979	250,8	250,8	250,8	250,8
300	12,29218	14,57773	233,7779	250,2891	250,7927	250,7999	250,8	250,8	250,8
400	12,80824	15,9425	227,2735	249,8996	250,7826	250,7998	250,8	250,8	250,8
500	13,44945	16,87347	223,1257	249,4198	250,7664	250,7996	250,8	250,8	250,8
600	14,06822	18,1248	217,2531	248,8597	250,7431	250,7991	250,8	250,8	250,8
700	14,50885	18,96695	213,5371	248,2298	250,7117	250,7984	250,8	250,8	250,8
800	15,07854	20,11795	208,2177	247,5367	250,6716	250,7974	250,8	250,8	250,8
900	15,44618	20,88109	204,8835	246,7908	250,6222	250,7959	250,7999	250,8	250,8
1000	16,00736	21,94314	200,0496	245,9958	250,563	250,7938	250,7999	250,8	250,8
1100	16,33691	22,98956	195,5345	245,1615	250,4937	250,7912	250,7998	250,8	250,8
1200	16,81682	23,61885	192,6461	244,2903	250,414	250,7879	250,7998	250,8	250,8
1300	17,15914	24,58714	188,5274	243,3905	250,3239	250,7838	250,7997	250,8	250,8
1400	17,60442	25,16119	185,9182	242,4643	250,2231	250,7788	250,7995	250,8	250,8
1500	18,03937	26,05991	182,1486	241,5177	250,1118	250,7728	250,7994	250,8	250,8
1600	18,33433	26,58425	179,788	240,5534	249,9898	250,7658	250,7991	250,8	250,8
1700	18,73984	27,42088	176,3267	239,5753	249,8575	250,7576	250,7989	250,8	250,8
1800	18,95888	27,90039	174,1877	238,5866	249,7148	250,7482	250,7985	250,8	250,8
1900	19,3915	28,68144	170,9992	237,5896	249,562	250,7375	250,7981	250,8	250,8
2000	19,58757	29,12043	169,058	236,5876	249,3992	250,7255	250,7976	250,8	250,8
2100	19,93593	29,85163	166,1115	235,5815	249,2268	250,712	250,797	250,7999	250,8
2200	20,17452	30,58356	163,1938	234,5749	249,0449	250,697	250,7963	250,7999	250,8
2300	20,50146	30,94027	161,6158	233,568	248,8539	250,6804	250,7956	250,7999	250,8
2400	20,82511	31,62638	158,9117	232,5636	248,654	250,6622	250,7946	250,7999	250,8
2500	21,03128	31,95516	157,4699	231,5624	248,4455	250,6423	250,7936	250,7998	250,8
2600	21,33635	32,60006	154,9561	230,5658	248,2287	250,6207	250,7924	250,7998	250,8
2700	21,46239	32,9032	153,6371	229,5752	248,004	250,5973	250,7911	250,7997	250,8
2800	21,81691	33,51092	151,2931	228,5908	247,7717	250,5721	250,7896	250,7997	250,8
2900	21,92843	33,79051	150,085	227,6146	247,532	250,545	250,7879	250,7996	250,8
3000	22,19437	34,36461	147,8929	226,6458	247,2854	250,516	250,786	250,7996	250,8
3100	22,36781	34,6225	146,785	225,6868	247,0321	250,4851	250,784	250,7995	250,8
3200	22,61981	35,16615	144,729	224,736	246,7725	250,4523	250,7817	250,7994	250,8

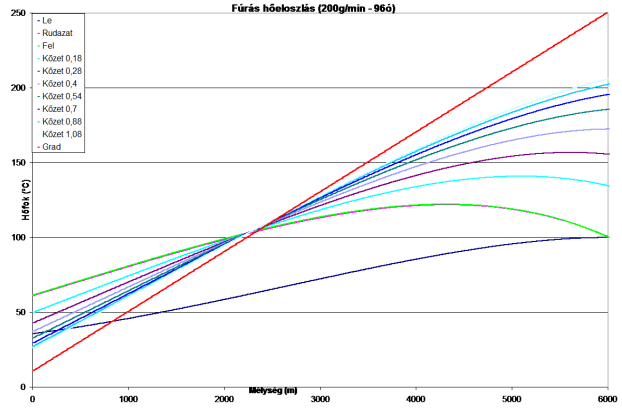
7. táblázat: Számítási eredmény táblázat

2.3. Első próbálkozások, modellezés szűkebb környezetre

Figyelembe kellett venni, hogy PC-inken a MS Excel makró programomban a számtalan egymásba ágyazott ciklusból eredő számítás túlzottan időigényes (kerekítés, vagy más egyszerűsítés viszont divergenciához vezetne). Későbbiekben szerencsére a számítást sikerült számottevően gyorsítani a munkalapok celláinak egy-egy mátrix elemeiként való kezelésével, és komfortosítani a részeredmények szerverre küldésével. Időről-időre pedig a modellt finomítgattam (pl. súlyozások, összetettebb kútszerkezet, eltérő öblítési ütemek).

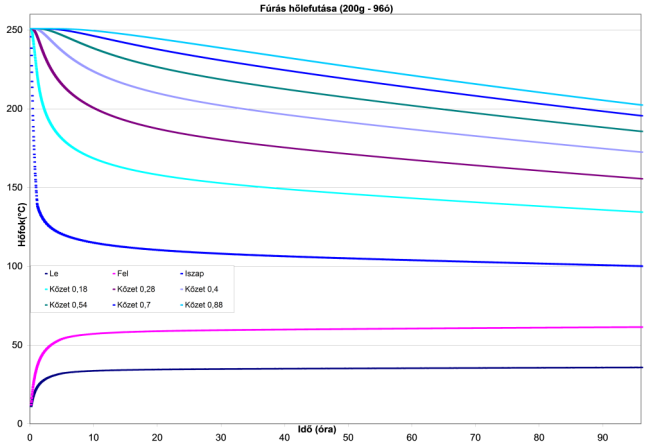
Kezdetben mind a 200 gallon/min (757 l/min), mind a 600 gallon/min (2271 l/min) cirkulációval öblített 6000 m mélységű fúrásra, valamint a 200 gallon/min cirkulációval öblített 5000 m mélységű kútra az egyszerűsített fúrási ill. kútszerkezetet (felszínig az alsó résznek megfelelő) vettem figyelembe. És csak 0,18; 0,28; 0,4; 0,54; 0,7; 0,88; 1,08 m

Az *5. ábrán* levő diagram a 200 gallon/min öblítési ütem esetén a 96 órát követően kialakult, eredetitől eltérő, a különböző elemekre (lemenő és feljövő iszap, rudazat, kőzetgyűrűk) vonatkozó geotermikus térnek a mélység szerinti alakulását szemlélteti. Az ábrán, a rudazatban lefele haladó öblítő folyadék jelölése a kék színű, "Le" jelű, legalul futó görbe (a 2. Munkalap B oszlop), míg a gyűrűstérben felfelé haladóé a zöld színű, „Fel" jelű, a talpon természetesen előzővel azonos értéken van (D oszlop). A piros, „Grad" jelű egyenes a geotermikus gradiensnek megfelelő hőmérsékletemelkedés egyenese (L oszlop). Ezek között szerepelnek a rendszer tengelyétől távolodó kőzet hengergyűrűknek az eredeti hőmérséklettől („Grad") való mind kisebb eltérései („Kőzet 0,18"… „Kőzet 1,08"). Kb. 2500m mélységben a görbék metszik egymást, ez alatt a cirkulációnak a környezetre hűtő hatása van, e felett viszont melegíti azt.

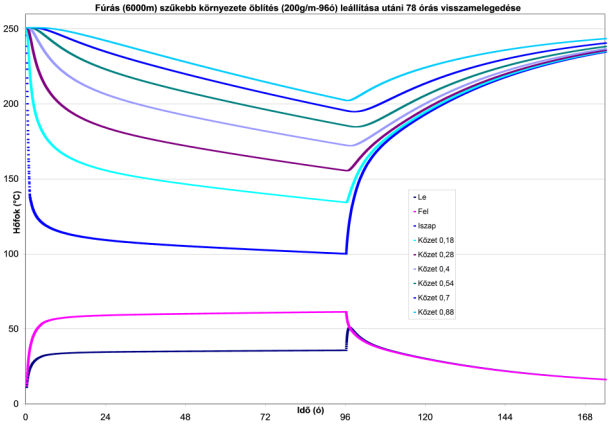


5. ábra : Fúrás és környezetének hőmérséklete a mélység függvényében 96 órai öblítés után

Fenti öblítési viszonyok mellett, a 96 órás öblítés folyamán az egyes elemek (kútfeji bemenő és kilépő iszap, lyuktalpi iszap és kőzetek) időbeni hőmérséklet változását mutatja a *6. ábra*. Az ábrán az alsó, kék, „Le" jelű görbe a kútfejen belépő, a közvetlen felette levő lila, „Fel" jelű a felszínen kilépő folyadék hőmérsékletének időbeli változása, míg a felettük levők a talpon az iszap és a növekvő átmérőjű kőzetgyűrűknek mind kisebb mértékű lehűlését mutatják, ami kezdetben rohamos, majd egyre csökkenő ütemű.



6. ábra : Fúrás és környezetének hőmérséklete az öblítési idő függvényében

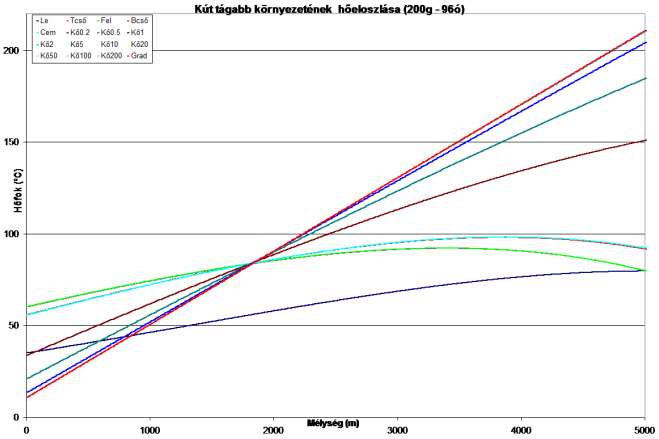


7.ábra: Fúrás és környezetének hőmérséklet változása az öblítés alatt és azt követően

Ugyanazon 96 órás öblítéses hűtés, és az azt követő 78 órás, öblítés mentes, visszamelegedési folyamat látható a *7.ábrán.* Előző ábrához hasonlóan az alsó két görbe a kútfeji iszap hőfoka a rudazatban és a gyűrűstérben, a felettük levőek pedig a talpi fúrási környezet öblítés hatására történő lehűlését, majd az öblítés leállítása utáni, kezdetben rohamos visszamelegedését jelzik.

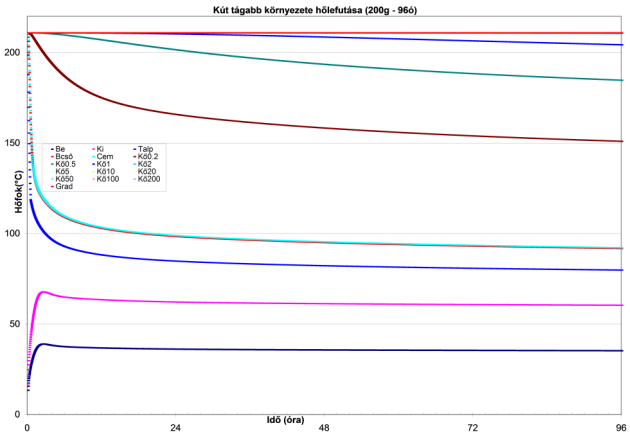
2.4. Modellezés tágabb környezetre

A több napos öblítési időszakra kapott eredményekből úgy tűnt, hogy az 1,08m-nél nagyobb kőzettérfogatok is érintettek lehetnek. Ezért a továbbiakban a fúrás ill. kútszerkezet mellett 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200 m sugarú kőzet hengergyűrűkkel számoltam, továbbra is a 4 napos öblítésnek megfelelően.
Ez esetben a 96 órás 200 gallon/min öblítés után a mélység szerinti hőeloszlást mutatja a *8.ábra*, (melynek felépítése, jelölései, magyarázata az 5. ábrához hasonló).



8. ábra : Fúrás és tágabb környezetének hőmérséklete a mélység függvényében 96 órai öblítés után

Ennek 96 órás kialakulási folyamatát szemlélteti a következő diagram *(9.ábra)* (melynek felépítése, jelölései, magyarázata viszont a 6. ábrához hasonló).



9. ábra : Fúrás és tágabb környezetének hőmérséklet változása az idő függvényében

2.5. Különböző paraméterek használata.

Előzőeken túl végeztem számításokat többek között Csformiátos öblítésre, vagy extrém intenzív 2000 gallon/min (7570 l/min) öblítési ütemre, valamint ideálisan hőszigetelt rudazatra is.

Előzőek, és ezek eredményeinek összefoglalása az alábbi összehasonlító táblázatokban szerepelnek.
A *8. táblázat*ban az öblítéssel való hűtés és az azt követő visszamelegedés meghatározott időpontjaira kigyűjtött hőmérsékletek vannak. Piros az eredeti talpi hőmérséklet, kék pedig a mérési szempontból érdekes 6 órás visszamelegedésnek megfelelő. A táblázat azért foghíjas, mert nem minden esetben volt alkalmam 4-4 napos hűtésre és visszamelegedésre számolni.

	Típus	Öblítés gallon/min 3,785 l/min	Öblítési idő órában					Visszamelegedési idő órában						
			0	24	48	72	96	6	12	18	24	48	72	96
Szűkebb környezet	Kút 5000m	200	210,8	130,2	123,4	117,3	111,5	156,5	167,9	177,1	184,7	201,6	207,6	
	Fúrás 6000m	200	250	109,1	105,3	102,6	99,9	158,5	174,7	184,9	193,4	218,0	232,2	
	Fúrás 6000m	600	250	56,9	53,3	50,9	48,7	126,3	146,6	156,7	162,7			
Tágabb környezet	Kút 5000m	200	210,8	84,7	82,1	80,7	79,7	85,5	85,7					
	Kút 5000m (Cs Formiat)	200	210,8	40,2				158,5	181,2	190,6	195,6			
	Kút 5000m (Cs Formiat)	200	210,8	131,0	127,3	125,2	123,7							
	Kút 5000 in (Cs Formiat) balos	200	210,8	161,1	157,1	154,8	153,2							
	Fúrás 6000m	2000	250	115,0	108,2	104,6	102,2	165,3	185,0	195,4	202,3	217,2		
	Fúrás 6000m szig.	2000	250	24,1	22,6	21,8	21,3	127,7	154,3	168,4	178,0			

8. táblázat: Az öblítés és az azt követő visszamelegedés meghatározott időpontjaira kigyűjtött hőmérséklete

A trend görbék alapján a lehűlést közelítő formulák a *9. táblázatban* szerepelnek, míg a visszamelegedésre vonatkozóak a *10. táblázatban* vannak.

	Típus	Öblítés gallon/min 3,785 l/min	Öblítési idő órában	Talpi hőmérséklet °C	Közelítő formula	Szorossága
Szűkebb környezet	Fúrás 6000m	200	96	250	$T = 139,02*t^{-0,073}$	R^2=0,9043
	Fúrás 6000m	600	96	250	$T = 83,066*t^{-0,1163}$	R^2= 0,9453
	Kút 5000m	200	96	210,8	$T = 168,3*t^{-0,0839}$	R^2= 0,9703
Tágabb környezet	Fúrás 6000m	2000	96	250	$T = 160,93*t^{-0,1019}$	R^2= 0,9894
	Fúrás 6000m szig.	2000	96	250	$T = 150,62*t^{-0,1742}$	R^2= 0,9762
	Kút 5000m	200	96	210,8	$T = 106,13*t^{-0,0661}$	R^2= 0,9102
	Kút (Cs Formiat)	200	24	210,8	$T = 61,197*t^{-0,1494}$	R^2= 0,7502
	Kút (Cs Formiat)	200	96	210,8	$T = 156,18*t^{-0,0508}$	R^2= 0,9872
	Kút (Cs Formiat) balos	200	96	210,8	$T = 184,49*t^{-0,0413}$	R^2= 0,9953

9. táblázat: A trend görbék alapján a lehűlést közelítő formulák

	Típus	Öblítés gallon/min 3,785 l/min	Öblítési idő órában	Vissza-melegedési idő órában	Talpi hőmérséklet °C	Közelítő formula	Szorossága
Szűkebb környezet	Fúrás 6000m	200	96	73	250	$T = 250 - 221,69*t^{-0,5025}$	R2 = 0,8183
	Fúrás 6000m	600	96	96	250	$T = 250 - 160,13*t^{-0,1731}$	R2 = 0,943
	Kút 5000m	200	96	73	210,8	$T = 210,8 - 74,25*e^{-0,0437*t}$	R2 = 0,999
Tágabb környezet	Fúrás 6000m	2000	96	96	250	$T = 250 - 172,37*t^{-0,4281}$	R2 = 0,9444
	Fúrás 6000m szig.	2000	96	96	250	$T = 250 - 244,21 *t^{-0,4089}$	R2 = 0,9488
	Kút 5000(Cs Formiat)	200	24	36	210,8	$T = 210,8 - 140,14*t^{-0,6765}$	R2 = 0,9277

10. táblázat: A trend görbék alapján a visszamelegedést közelítő formulák

1. táblázat	Table 1: Bottomhole temperatures depending on the circulation
2. táblázat	Table 2: Different bottom hole temperatures in the same well during drilling and testing
3. táblázat	Table 3: Calculated reservoir temperatures from the bottom hole temperatures at Hód-I
4. táblázat	Table 4: Reservoir temperatures of the area of Hód-I
5. táblázat	Table 5: Raw data
6. táblázat	Table 6: Calculating process
7. táblázat	Table 7: Table of calculating results
8. táblázat	Table 8: Collected temperatures at given times of the circulation and rewarming
9. táblázat	Table 9: Approximating formulas for the cooling process based on the trend curves
10. táblázat	Table 10: Approximating formulas for the rewarming process based on the trend curves
1. ábra	Figure 1: Isotherm curves at 3000m depth
2. ábra	Figure 2: Isotherm curves at 6000m
3. ábra	Figure 3: Cylinders representing the structures of the well and the stones with increasing radius
4. ábra	Figure 4: Flow chart of the computation
5. ábra	Figure 5: Temperatures in the borehole and its vicinity as a function of the depth after 96 hours circulation
6. ábra	Figure 6: Temperatures in the borehole and its vicinity as a function of the circulation time
7. ábra	Figure 7: Temperature changes in the borehole and its vicinity during the circulation and after it
8. ábra	Figure 8: Temperatures in the borehole and its extended vicinity as a function of the depth after 96 hours circulation
9. ábra	Figure 9: Temperature changes in the borehole and its extended vicinity as a function of the time

A magyar geotermia folytonosságáról

Hogyan biztosíthatja egyetlen cég a szakmai folytonosságot a magyar geotermiában?

Érdemes megismerkedni a magyar geotermia közelmúltjával, mely – mint e cikkből is kiderül – szorosan összekapcsolódik a Porció Kft.-ben dolgozó szakemberekkel. A magyar geotermia történetének fontosabb állomásait az idén 25. születésnapját ünneplő cég vezetője, Szita Gábor mutatja be.

Az első nagy állami beruházások ideje

A 30 évvel korábbi időszakra visszatekintve a Geothermál Kisszövetkezetben találjuk magunkat, a szakma akkori neves képviselőivel együtt. E szövetkezetet Balogh Jenő - akkor már nyugdíjas - gépészmérnök hozta létre 1983 -ban, aki korábban megalapítója és vezetője is volt a MÉLYÉPTERV nevű hatalmas tervezőiroda termál osztályának. Később csatlakozott a csapathoz Dr. Csirmaz János, aki szintén a MÉLYÉPTERV-ből került a céghez. Szita Gábor 1986. január 31-én kezdett a szövetkezetben dolgozni. Itt találkozott a szintén gépészmérnök Csontos Lajossal, Paizs Józseffel és Mihály Zsolttal. E mérnökcsoport első munkája rögtön hét hazai várost érintett, és tulajdonképpen e beruházások révén sajátították el a szakmát. A munka keretében Szentesen a három távfűtési kör közül kettőt, valamint a teljes makói, kapuvári és csongrádi távfűtési rendszert átállították termál bázisra. Ezen kívül Hódmezővásárhelyen, Szarvason és Mosonmagyaróváron folyt még a fejlesztés. Összesen 9 db nagymélységű (1,8-2,5 km) termálkutat mélyítettek le másfél éven belül úgy, hogy alig volt szabad fúrókapacitás az országban. E rendszerek - a kapuvári kivételével - jellemzően napjainkban is üzemelnek, általában korszerűsítve és kibővítve. Azt azonban a jelenlegi üzemeltetők közül is csak kevesen tudják, hogy a fejlődést az tette lehetővé, hogy **a magyar állam 250 Mrd Ft vissza nem térítendő támogatást nyújtott** a városoknak a rendszerek kiépítéséhez. Gondoljunk bele, hogy a 80-as években ez milyen hatalmas összegnek számított! A mérleg egyik serpenyőjébe tehát egy jelentős állami befektetés, míg a másik serpenyőbe a napjainkig is jól működő rendszerek kerültek. Energia megtakarítások tekintetében is egy igen előrelátó és **sokszorosan megtérülő állami beruházás** volt tehát ez.

A hódmezővásárhelyi kísérlet

A 80-as évek közepén - a városi vezetők nyitottsága következtében - Hódmezővásárhelyen folytak a legkomolyabb geotermikus kísérletek hazánkban, így e település lett a Geothermál Kisszövetkezet tevékenységének legfontosabb helyszíne. Itt létesült az első **kettős funkciójú termelőbesajtoló kút**, és itt fejlesztettek ki egy teljesen magyar gyártású **hossztengelyes búvárszivattyút**. Ezen felül megoldották a termálkutak hőszigetelését is, ami a kettős funkciójú kutak esetében létfontosságú volt.

Élet a rendszerváltozás környékén

Az energiaracionalizálási program az évtized végére kifulladt, és a Geothermál Kisszövetkezet lényegében megbízás nélkül maradt. A megoldást külföldi forrásbevonás jelenthette volna. 1989-ben a **Geothermál Ksz. és az izlandi Virkir-Orkint Ltd. meg is alapította Geotherm Kft.-t,** melynek céljai közé tartozott a hazai geotermikus projektek fejlesztése és finanszírozása, továbbá közös fellépés harmadik piacon. A magyar-izlandi vegyesvállalat által élvezett erős kormányzati hátszél ellenére azonban egyetlen beruházás sem tudott elindulni. Az együttműködés teljes kudarca akkor vált egyértelművé, amikor az izlandi fél - magyar üzlettársát megkerülve - létrehozta saját vegyesvállalatát Szlovákiában.

A Porció Kft. megalapítása

A Geotherm Izlandi-Magyar Kft. sikertelensége csődbe vitte a Geothermál Kisszövetkezetet, ami 1991. év végén önfelszámolással megszűnt. Ezt megelőzően a kisszövetkezetben dolgozó mérnökök - Csontos Lajos, Mihály Zsolt, Paizs József és Szita Gábor - megalapították a napjainkban



A Porció Kft. 1991-ben. Az alapítók: Szita Gábor, Csontos Lajos, Mihály Zsolt, Paizs József

is működő Porció Kft-t. Az új cég vállalkozási stratégiája lényegesen különbözött az elődjétől. A Porció Kft. ugyanis nemcsak tervezőként és szaktanácsadóként, hanem szakmai befektetőként lépett föl. Így már 1991-ben szerződést kötött a szegedi Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Egyetemmel termál rendszer kiépítésére és 10+1 éves üzemeltetésére. Ezzel nagy valószínűséggel a II. világháború óta első ún. harmadik feles finanszírozást valósította meg az országban.

A veresegyházi mintaprojekt

Feltétlenül szót kell ejtenünk Veresegyházról, mivel a település geotermális szempontból is sikertörténetnek tekinthető. Itt 29 évvel ezelőtt fúrták meg az első kutat, s bár az önkormányzat eredetileg csupán egy termálmedencét szeretett volna létesíteni, a Porció Kft. végül egy teljes geotermális rendszert épített ki. 1993-ban indult el az energetikai hasznosítás, és napjainkra ez az igen sikeres település 3 termelő és egy visszatápláló kúttal, 37 km hosszúságú termál vezeték rendszerrel és 63 hőközponttal rendelkezik, így 3,2 millió m³ földgázt vált ki évente 35 fogyasztási pontján - többek között intézményekben, lakóparkokban, gyárakban és üvegházban. A fejlesztés pedig napjainkban is folyamatos.

Zárt technológiájú rendszerek

1992-ben egy termelési - visszasajtolási kísérlet lefolytatására kapott megbízást a cég Szeged - Felsővároson. 1995-ben ugyanitt kiépítették a visszasajtolásos hasznosító rend-

szert - **PHARE támogatásból** - mely **az első teljesen zárt technológia** alkalmazását jelentette Magyarországon! A homoktartalom kiszűrését szintén megoldották.

Ezt követően a Porció Kft. még négy, zárt technológiájú rendszert épített ki az országban, mely megoldást valóban XXI. századi technológiának tekintik a szakemberek.
Ugyanakkor a szegedi projektről tudni érdemes, hogy a kútpár 3 évig működött csak folyamatosan. Ezalatt 750.000 m³ vizet sikerült visszanyomni, de a kútfejnyomás 20 bar közelébe emelkedett. S bár korábban ilyen tartós visszasajtolás nem volt az országban, a rendszert végül 1998. áprilisában leállították.

A porózus visszasajtolás problémaköre

A cég számos, teljesen új technológiát alkalmazott kísérleti projektként, és több országban is először alkalmazott eljárások köszönhetők szakembereinek. Új technológiák alkalmazásában a cég szerepvállalása tehát igen jelentős, mégis, a Szeged - felsővárosi tapasztalatot látva 1998-tól 10 éven keresztül a Porció Kft. nem tervezett és nem létesített egyetlen porózus visszasajtolást sem, mert **állami feladatnak tekintette az ezzel kapcsolatos probléma megoldását**. Mivel a porózus visszasajtolás nem egy kiforrott megoldás, kísérleti technológiának tekinthető, nem szerencsés azt törvényi kötelezettségként előírni. Szita Gábor szükségesnek látja éppen ezért **egy állami technológiai fejlesztési program** létrehozását az évtizedek óta fennálló probléma megoldása céljából. A hazánkban - a szentesi kórház termálkútjának 1958-ban történt fúrásával - elindult nagy sikerű geotermális energia hasznosítás további fejlődése joggal kívánja meg ezt.

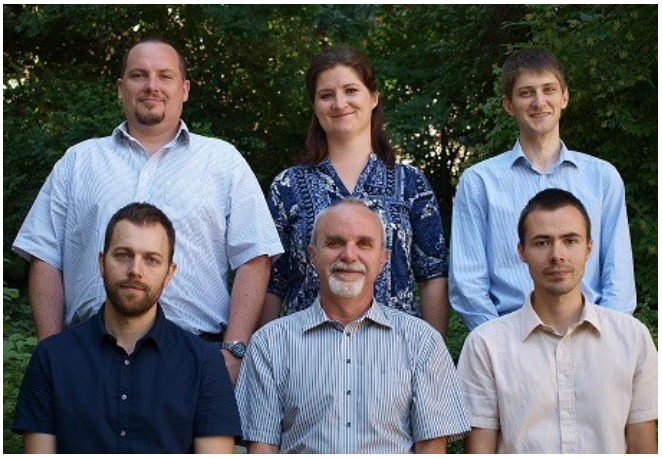
A kérdésekre Szita Gábor válaszol

Melyik eddigi munkájára emlékszik vissza a legszívesebben?
A Szeged - felsővárosi projektre.

Mi volt eddigi pályafutása legmeglepőbb eseménye?
Amikor egy közbeszerzési eljárásban egy autóversenyző projektcége volt a versenytársunk egy geotermikus kivitelezés kapcsán.

Hogyan tervezi szakmailag a következő öt évét?
A Porció Kft-vel a jelentősebb hazai beruházásokban továbbra is részt kívánunk venni tervezőként, kivitelezőként, szakmai befektetőként. Jelenleg integrált megújuló energiás rendszerek létrehozásán is dolgozunk.
A Magyar Geotermális Egyesület – melynek jelenleg elnöke vagyok - feladata pedig a magyar geotermia számára kiszámítható jogi és anyagi környezet, illetve folyamatos támogató rendszer létrejöttéért való aktív törekvés.

Mikor fogunk Ön szerint Magyarországon geotermális alapú villamos erőművet építeni?
Arra számítottam, hogy idén elkészül az első, de már látszik, hogy nem fog. Érdeklődés van rá, tehát esélyes, hogy a következő öt évben egy, vagy esetleg több is üzembe kerülhet.



A Porció Kft. 2016-ban

A három évtizedes történet 30 évnél nagyobb időtávot fog át, hiszen egyazon mérnökcsapatnak sikerült átvenni az elődöktől a geotermális szakma minden felhalmozott tudását, majd a Porció Kft. keretein belül átmentették azt a következő - jelenkori - mérnök generációnak. Elmondhatjuk, hogy hazánkban egyediségnek tekinthető ez a szakmai folytonosság, mely igen sokrétű tapasztalattal szolgálja jelenkorunk geotermális fejlesztési lehetőségeit.

(LE)

RENDEZVÉNYEK

European Geothermal Congress, EGC2016

Időpont: 2016. szeptember 19 - 24.
Helyszín: Strassbourg, Franciaország
Bővebben: www.europeangeothermalcongress.eu
A három évente megrendezett fórum egyre több előadót és résztvevőt vonz. Szakmai színvonala folyamatosan nő.

Euroheat & Power District Energy Days

Időpont: 2016. október 11 - 12.
Helyszín: Brussels, Belgium
Bővebben:https://www.euroheat.org/events/16ehpautumn/

German Geothermal Congress

Időpont: 2016. november 29 - december 1.
Helyszín: Essen, Germany
Bővebben:http://www.geothermie.de/aktuelles/der-geothermiekongress-2016/

EGYESÜLETI HÍREK

Tagfelvételek

Az MGtE elnöksége 2016. április 27-i ülésén fölvette az egyesület tagjai sorába Mihály Istvánt (Szarvas) és Révi Gézát (Budapest).

IGA BoD választás

2004-óta először ismét lesz magyar tagja az IGA igazgatótanácsának. Szita Gábor, az MGtE jelöltje elégséges számú szavazatot kapott, hogy bekerüljön a 30 fős testületbe.

Magyar Geotermális Egyesület
Postacím: 1021 Budapest, Ötvös J. u. 3.
Tel: (1)-224 0424, fax: (1)-214 5953
E-mail: info@mgte.hu, szitag@mgte.hu
Honlap: www.mgte.hu