



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT
3515 MISKOLC Egyetemváros



A Mályi geotermikus forrásból nyerhető hőenergia hasznosítási lehetőségének vizsgálata

Készítette:

Györki Tamás
ME-MAK-303
Kovács Ádám
ME-MAK-303

Konzulens:

dr. Szemmelveisz Tamásné
Kókai Péter

Tüzeléstani és Hőenergia Tanszék

2012. november

Tartalom

1. BEVEZETÉS	4
2. GEOTERMIKUS ENERGIA	5
2.1 A földhő keletkezése.....	5
2.2 A geotermikus energia hasznosítási lehetőségei	6
2.3 A geotermális energia hasznosításának előnyei	8
2.4 A geotermikus energia hasznosításának korlátai, hátrányai	8
2.5 A geotermikus energia hasznosítása hőszivattyúval	9
2.6 A geotermikus energia kinyerése hőszivattyús módszerekkel.....	9
2.6.1 Vizes rendszerek	9
2.6.2 Talajkollektoros rendszerek	10
2.6.3 Talajszondás rendszerek	10
2.7 Nemzetközi példa a geotermikus energia hasznosítására	11
2.7.1 Nagy hőmérsékletű területek	12
2.7.2 Kis hőmérsékletű rendszerek	12
2.7.3 A geotermikus források közvetlen felhasználása Izlandon	13
3. A GEOTERMIKUS ENERGIAHASZNOSÍTÁS MAGYARORSZÁGI HELYZETE	14
3.1 Magyarország termálvizei.....	15
3.2 A termálvíz energetikai hasznosításának a lehetőségei Magyarországon	16
4. A MÁLYI GEOTERMIKUS ENERGIHASZNOSÍTÁS ELŐKÉSZÍTŐ MUNKÁINAK BEMUTATÁSA	17
4.1 Kutatási munkálatok	17
4.2 Fúrások, próbafúrások	18
4.3 A Mályiban lévő hőközpont és az Avason elhelyezkedő Hidraulikai Állomás összekötésének folyamatábrája	18
4.4 Távvezetékrendszer és helyének kiépítése.....	19
4.4.1 Távvezetékrendszer lefektetése, összeállítása	20
4.4.2 A távvezeték hővesztesége	22
4.5 Hőközpontok a geotermikus rendszerben	26
5. A GEOTERMIKUS ENERGIATERMELÉS TECHNOLÓGIÁJA	27
5.1 A termelő és visszasajtoló kút vizének gáztartalma	27
5.2 A gáztalanító tartály adatai	30
5.3 Termelőkút, kútbekötés, kútszerelvények.....	30
5.4 Nyomásfokozás	31
5.5. A Mályiban lévő termelő kutakból nyerhető hőenergia	31
6. A KITERMELT GEOTERMIKUS ENERGIA HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI, A HŐFELHASZNÁLÓI RENDSZER BEMUTATÁSA	32

6.1 A hőfelhasználói rendszer bemutatása.....	33
6.1.1 A Miskolci Avas lakótelep fűtése	33
6.1.2 A környező települések hőfelhasználói rendszere.....	35
6.1.3 A geotermikus energia szerepe az Avasi lakótelep hőellátásában	35
7. A CO₂ KIBOCSÁTÁS CSÖKKENÉSE A GEOTERMIKUS ENERGIA HASZNOSÍTÁSA RÉVÉN	39
8. ÖSSZEFOGLALÁS	40
9. IRODALOM	41

1. BEVEZETÉS

Az emberiség növekvő energiaigénye, környezetszennyező és energiapazarló életvitele hosszú távon a természeti erőforrások kimerüléséhez vezethet, ezért a fosszilis energiahordozók mellett az alternatív energiaforrások kerülhetnek előtérbe.

A fosszilis tüzelőanyagok rendelkezésre állása korlátozott, készleteik csökkennek, ezért egy részüknek a helyettesítésére, a megújuló energiaforrásokból nyerhető energia jöhet szóba. Megújuló energiaforrásnak nevezzük az olyan energiahordozót, amely természeti folyamatok következtében áll rendelkezésre, és állandóan újratermelődik (napenergia, szélenergia, vízenergia, biomassa, geotermikus energia, stb.), felhasználásuk során készleteik nem csökkennek.

Dolgozatunk témája a geotermikus energia energetikai célú hasznosítása. A Föld hőjét a Föld különböző rétegei vezetik a mag belsejéből a felszín felé. A kőzetek milyensége és a rétegek vastagsága befolyásolja a Föld hőjének geotermikus forrássá alakulását. E források biztosítják a leginkább gőz illetve forró víz formájában felszínre juttatható geotermikus energiát. Magyarország igen szerencsés helyzetben van, mivel a Kárpát-medence talaja üledékes, víztározó porózus kőzetekből áll, ami igen jó hővezető és kedvez a geotermikus készletek kialakulásának.

A kutatásunk célja a Mályi térségében lévő geotermikus energia hasznosítási lehetőségeinek vizsgálata. A projekt a Geo-Wendung Zrt. és a Pannergy Nyrt. kooperációjával valósul meg. A hasznosítás első fázisa a kitermelt geotermikus energia becsatlakoztatása a Miskolci Ávas lakótelep távhő rendszerébe. A terv második szakaszában a környező falvak, kisvárosok bekapcsolását tervezik a geotermikus hőhasznosításba.

A dolgozatban elemezzük a Mályi geotermikus energiában lévő potenciálokat és a Miskolci Ávas városrészbe juttatott geotermikus energia hasznosulásának körülményeit.

Számítjuk a megtakarítható fosszilis alapú hő mennyiségét, és a CO₂ emisszió csökkenését. Az Ávasi távfűtési lakások számának az ismeretében bemutatjuk a geotermia által szolgáltatott hőmennyiséget, összehasonlítjuk a felújított és a még nem felújított lakások hőszükségletét.

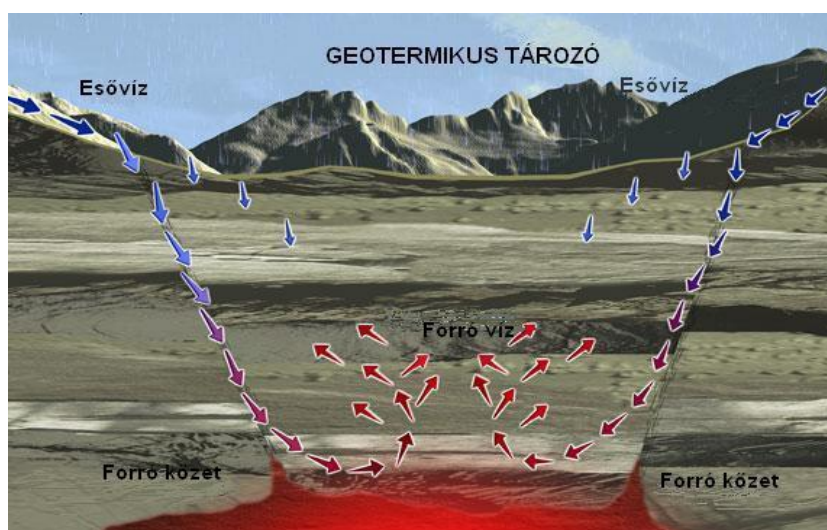
2. GEOTERMIKUS ENERGIA

A „geotermikus” kifejezés görög eredetű szó, jelentése: földi hő, a földkéreg belső energiája. A geotermikus energia a magban lejátszódó fissionális reakciók következtében felszabaduló hőenergia. A Föld magja felé haladva kilométerenként átlag 30 °C-kal emelkedik a hőmérséklet, amelyet geotermikus gradiensnek nevezünk [1].

A geotermikus energiahordozók olyan halmazállapotú anyagok (pl. felszín alatti vizek, gőzök, forró kőzetek... stb.), amelyek a Föld belső energiájának hőenergetikai célú hasznosítását kitermeléssel, vagy más technológia alkalmazásával lehetővé teszik [2].

2.1 A földhő keletkezése

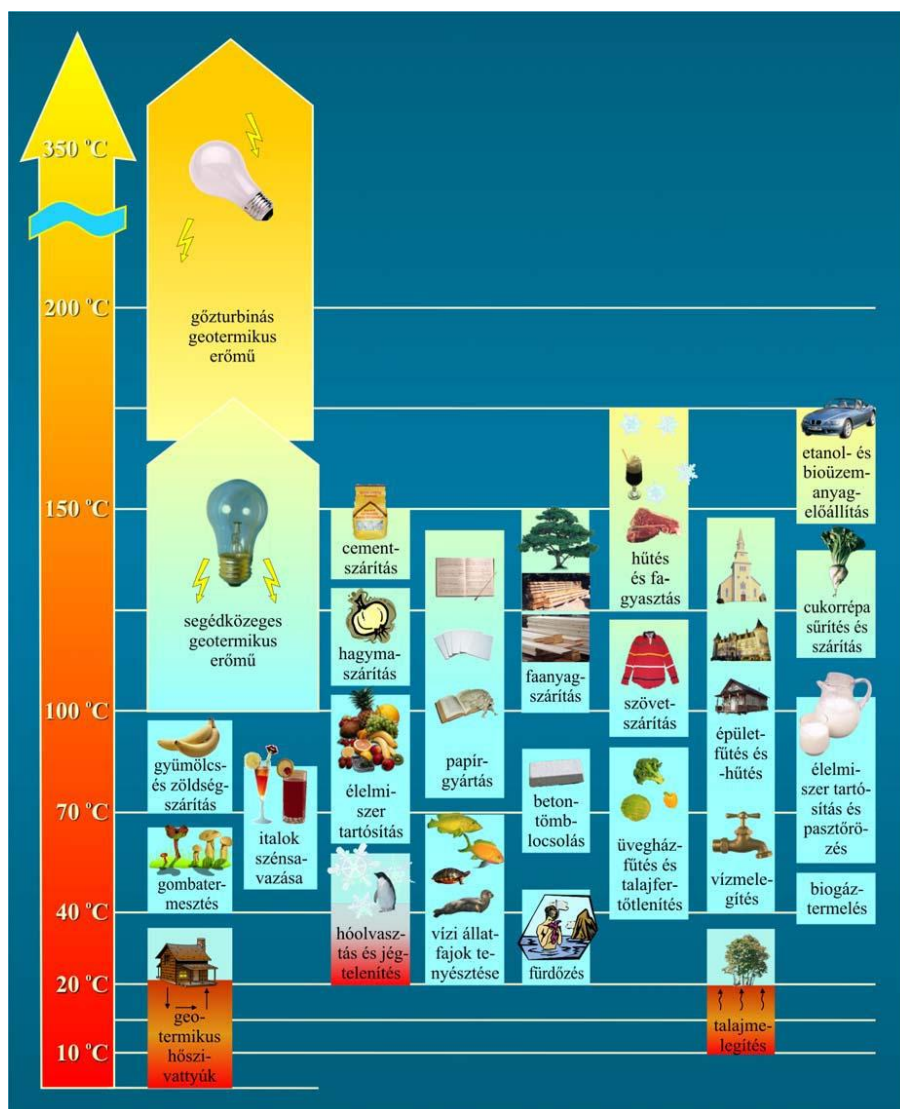
A geotermikus energia létrejöttének másik forrása a különböző radioaktív anyagok bomlása közben keletkező hőenergia. A Föld magjában elhelyezkedő magma legtöbbször nem jut a felszínre, hanem a Föld kérgében melegíti fel a kőzetek pórusaiban és repedéseiben található folyadékokat. A forró folyadék, illetve gőz kitermelésének legegyszerűbb módja a kutak használata. A kutakon keresztül a felszínre kerülő gőzt használják fel az erőművek és állítanak elő villamos energiát. Alapvetően a Föld belsejéből sugárzott hő kimeríthetetlen és becslések szerint 42 millió megawatt energiával egyenértékű. A gőz és forró víz, hasonlóan a kőolajhoz és a földgázhoz, nem-áteresztő kőzetrétegek között gyűlik össze. Ez a természetes módon kialakuló tározó, a geotermikus rezervoár (1. ábra), melynek belső hőmérséklete a forráspont több mint háromszorosát is elérheti (370 °C) [3].



1. ábra: Geotermikus rezervoár [3]

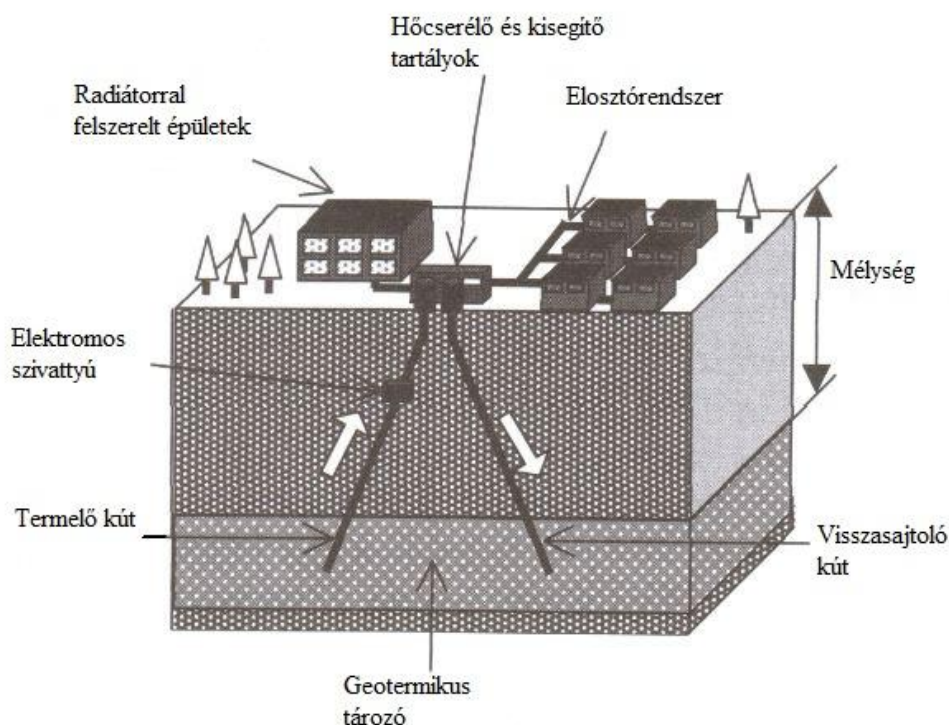
2.2 A geotermikus energia hasznosítási lehetőségei

A geotermális energia hasznosítási lehetőségei a hőmérséklet függvényében változnak. A 200-350 °C-os szárazgőz felhasználható a gőzturbinás geotermikus erőműben. A 100-200 °C-os gőz úgynevezett segédközegek geotermikus erőműben hasznosítható, ahol hőcserélőkön keresztül adja le hőmennyiségét egy szekunder folyadéknak. Azonban figyelembe kell venni a termálvíz oldott só és gáztartalmát. A 40-100 °C közötti termálvíz felhasználható közvetlenül épületek és mezőgazdasági melegházak fűtésére, illetve biztosíthatja az állattenyésztés hőszükségletét, például az istállók fűtését. A 40 °C alatti hőmérsékletű termálvíz is tovább hasznosítható, közterek jégtelenítésére, talajfűtésre, balneológia célokra. A felhasználási lehetőségeket szemléletesen mutatja be a 2. ábrán szereplő Lindal diagram.



2. ábra: Lindal diagram [4]

A 3. ábrán egy hőcserélővel ellátott komplett geotermikus rendszer látható. A rezervoárban forró víz vagy gőz van. A termelő kút a víztározóból nyeri ki a vizet, míg a visszasajtoló kút a használt termálvizet a rezervoárba juttatja vissza. Ha a tározó relatíve kicsi, akkor a visszasajtoló hideg víz esetleg hűti a forrásként szolgáló meleg vizet. A rendszer részét képező elektromos szivattyú a kitermelést segíti abban az esetben, ha a tározóban nem elég nagy a nyomás, hogy a víz a felszínre jusson. A kitermelt víz egy hőcserélő segítségével adja le a hőjét, és az energia egy helyi hálózaton keresztül kerül elosztásra [5].



3. ábra: Termálvizet hasznosító komplett rendszer elvi vázlata [5]

2.3 A geotermális energia hasznosításának előnyei

A geotermikus energia hasznosítása jelentős előnyöket nyújt, ezek közül talán a legjelentősebb a CO₂ emisszió csökkentésének a lehetősége. A további előnyök:

- a termálvíz energetikai célú alkalmazásával csökkenthető az ország importfüggősége (kőolaj, földgáz, stb.), a termálvizeinkkel képviselt éves hasznosítható hőenergia mennyisége, mintegy 1,5 Mtoe/év kőolaj kiváltását jelenthetné;
- a termálenergia csökkentheti a fosszilis energiaforrások felhasználását, és így jelentősen mérsékelhető a légszennyezés;
- a termálvíz helyben rendelkezésre álló, környezetbarát energiaforrás (zárt hasznosítás vízvisszasajtolással).
- a termálvíz készletek egy része természetes úton pótlódik esővíz formájában, és visszasajtolással is biztosítható a készletek mennyiségi és minőségi egyensúlya;
- a geotermális energia olyan alternatív erőforrás, amely akár kiegészítő forrásként a fosszilis tüzelőanyagokkal együtt használható;
- a megfelelő adottságokkal bíró helyeken a termálenergia hasznosítása megoldja a kertészetek, állattenyésztő telepek, épületek, stb. energia ellátási gondjait, csökkenti a függőséget az országos gázenergia ellátási rendszertől [6].

2.4 A geotermikus energia hasznosításának korlátai, hátrányai

A geotermikus energia hasznosításának nemcsak előnyei, de hátrányai is vannak, melyek a következők:

- a termelt és hasznosított termálvíz mennyiségének mérése nem általános, a hőhasznosítás több helyen vízpazarlással jár együtt a visszasajtolás hiánya miatt. Sok esetben a termálvíz energiáját nem használják ki teljesen, erre intő példák azok a termálfürdők és wellness központok, amelyek az épületek hőellátását (fűtés, használati melegvíz) földgáz felhasználásával oldják meg;
- nem mindenhol megoldott a törmelékes kőzetekbe való üzemszerű vízelhelyezés, azonban 2015-re a visszasajtolást törvény fogja előírni;
- nem mindig tisztázottak a jogi és bányakoncessziós szabályok, jelentős szabályozási tévedése volt a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvénynek, hogy a geotermikus energia hasznosításának engedélyezését – mindennemű (technológiai, terület- és

mértékbeli, stb.) megkülönböztetés nélkül – a koncesszió jogintézményéhez kötötte [6].

2.5 A geotermikus energia hasznosítása hőszivattyúval

A hőszivattyú a következő energetikai feladatot végzi: az alacsony hőmérsékletű környezetből (levegőből, vízből vagy földből) hőt von el, és azt egy nagyobb hőmérsékleten vezeti be az épületbe. Így mondhatjuk: a környezetből a hőt – külső energia befektetése árán – „szivattyúzza” a hasznosítható hőmérsékletre. Működtetéséhez hajtóenergiára van szükség, amelyet hálózati villamos energiából, egyes területeken napelemmel biztosítanak. A hőszivattyú hasznosságát az jelzi, hogy egységnyi meghajtó energiával hány egység hőt tud a környezetből elvonni. Ezt az arányt a hatékonysági mutatóval (COP- Coefficient Of Performance), jellemzik, amely mindig nagyobb 1-nél. A COP értéke levegőből történő hőnyerésnél éves átlagban 3, talajvíznél 4, a termálvíz 20-25 °C-kal elfolyó csurgalékát felhasználva pedig 5 – 6 lehet [6].

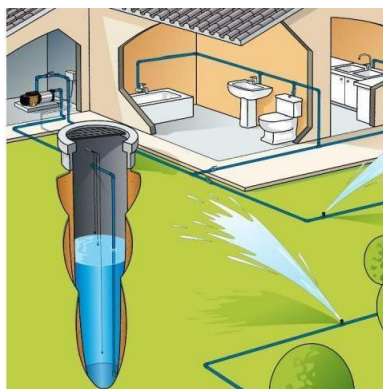
2.6 A geotermikus energia kinyerése hőszivattyús módszerekkel

A geotermikus energia kinyerésére háromféle hőszivattyús rendszer használatos:

- vizes rendszerek;
- talajkollektoros;
- talajszondás rendszerek.

2.6.1 Vizes rendszerek

A talajvíz-kútból búvárszivattyú segítségével nyert víz hőjének elvonása után a vizet, vagy egy másik kútba, vagy felszíni vízbe (tó, patak, folyó) vezetik. A talajvíz állandó hőmérséklete (7-12 °C), és jó hővezető képessége révén ideális hőforrás. További speciális alkalmazások, amikor hőforrásként tó, folyó, tenger vagy technológiai meleg víz szolgál [6]. A vizes rendszert szemléletesen mutatja be a 4. ábra.



4. ábra: Vizes rendszer elve [6]

2.6.2 Talajkollektoros rendszerek

Az igénytől függően több száz méter hosszú speciális PVC köpennyel ellátott réz vagy polietilén csövet fektetnek le 1-2 méter mélyen. Segítségével 20-30 W energia nyerhető négyzetméterenként. Ennek nagysága függ a talaj hővezetésétől, nedvességtartalmától [6]. A talaj kollektoros rendszert az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra: Talaj kollektoros rendszer elve [6]

2.6.3 Talajszondás rendszerek

Talajszondás rendszer esetén kb. 15 cm átmérőjű, 50-200 m mély lyukat fúrnak. Ebbe kerül a 32-40 mm-es csővezeték, amiben a hőszivattyúval zárt rendszerben kering a hűközlő folyadék. Jellemzően egy-egy szondáról 4-6 kW teljesítmény vehető le. Lehet két vagy háromkörös a rendszer, attól függően, hogy a szondában a hűtőközeg áramlik, vagy a fagyálló folyadék adja át közvetetten hőjét a munkaközegnek [6]. A talajszondás rendszert a 6. ábra mutatja be.



6. ábra: Talajszondás rendszerek [6]

2.7 Nemzetközi példa a geotermikus energia hasznosítására

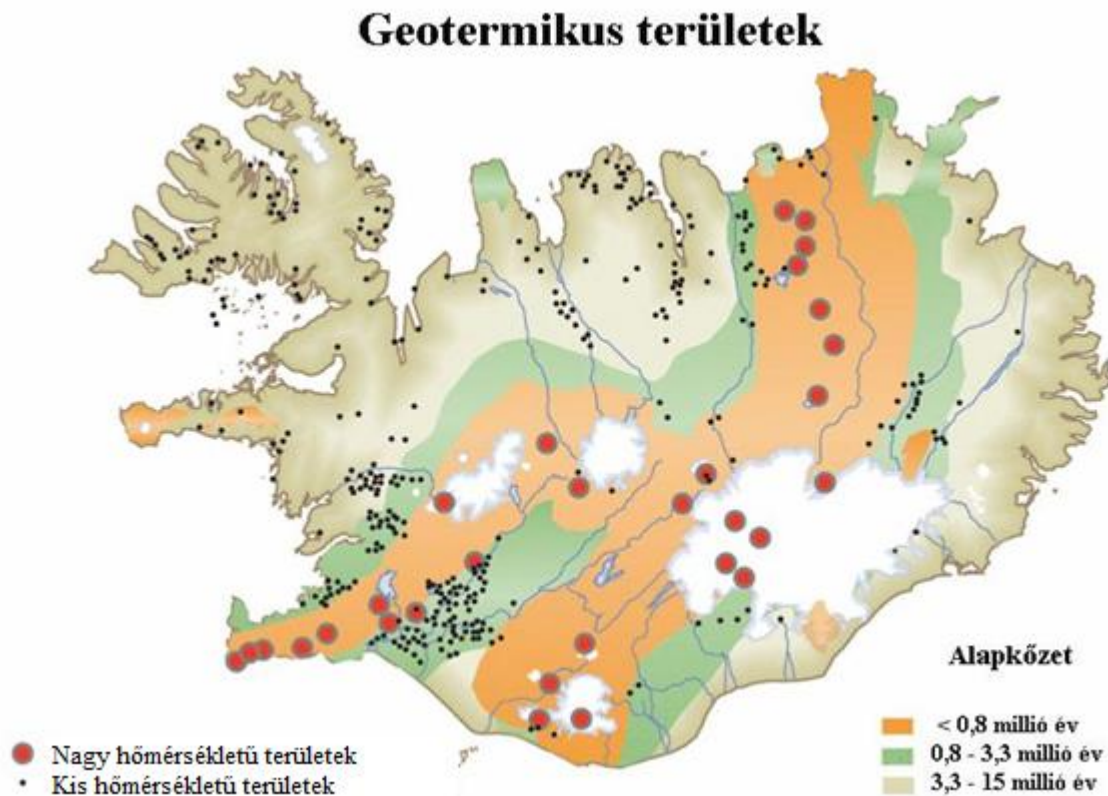
Kiemelt fontosságú Izland geotermikus energia hasznosítási gyakorlatát bemutatni, mert az adottságaiknak köszönhetően a világon egyedülként használják a geotermikus energiát maximális hatékonysággal.

A 20. század folyamán Izland, amely Európa egyik legszegényebb országa volt, nagy mértékű tőzeg és import szén függőséggel, egy olyan országgá fejlődött, ahol magas az életszínvonal és szinte minden energia megújuló forrásokból ered. 2009-ben az izlandi primerenergia felhasználás 84%-a megújuló energiákból származott, amelynek 66%-a a geotermikus energiából tevődik ki.

Izland geológiailag egy fiatal ország. Az ország a föld egyik fő törésvonala tetején fekszik, a Közép-atlanti gerincen, amely az Észak-Amerikai és az Eurázsiai tektonikus lemezeket elválasztó határ. Izland a gerinc egy rendellenes részén helyezkedik el, ahol a mély földköpeny anyaga feltör, létrehozva ezzel a forrópontokat, amelyek szokatlanul magas vulkanikus aktivitást eredményeznek. Izland elhelyezkedését figyelembe véve tektonikailag a föld egyik legaktívabb helye, amely nagyszámú vulkánt és meleg forrást jelent. A földrengések gyakoriak, de ritkán okoznak komoly károkat. Több mint, 200 vulkán található a délnyugattól északkelet felé elterülő aktív zónában, amelyek közül 30 már ki is tört, mióta az ország létezik.

A vulkanikus zónában legalább 20 nagy hőmérsékletű gőz mező található. A mezők földalatti hőmérséklete 1000 méteren belül eléri a 250 °C-ot. Ezek a területek közvetlenül a vulkáni rendszerekhez kapcsolódnak.

Az aktív zónák környékén lévő mintegy 250 különálló kis hőmérsékletű területen a hőmérséklet nem haladja meg a 150 °C-ot 1000 méteren belül. A mai napig is több mint 600 meleg forrás található Izland területén (7. ábra) [7].



7. ábra: Izland geotermikus területei [7]

2.7.1 Nagy hőmérsékletű területek

A nagy hőmérsékletű területek többnyire az aktív zónában, magaslatokon helyezkednek el. Az alapkőzet vízáteresztő képessége eredményeként a talajvíz mélyről feltörő, nagy hőmérsékletű gejzirként jut a felszínre. A nagy hőmérsékletű területek hőforrásait a felszín közelébe feljutó magma szolgáltatja. A legnagyobb mért talphőmérséklet 386 °C. A hidrológiai következtetések és a vízáteresztési adatok alapján, a víz a mélységi tározókból egy intenzív vertikális cirkuláción keresztül tör a felszínre [8].

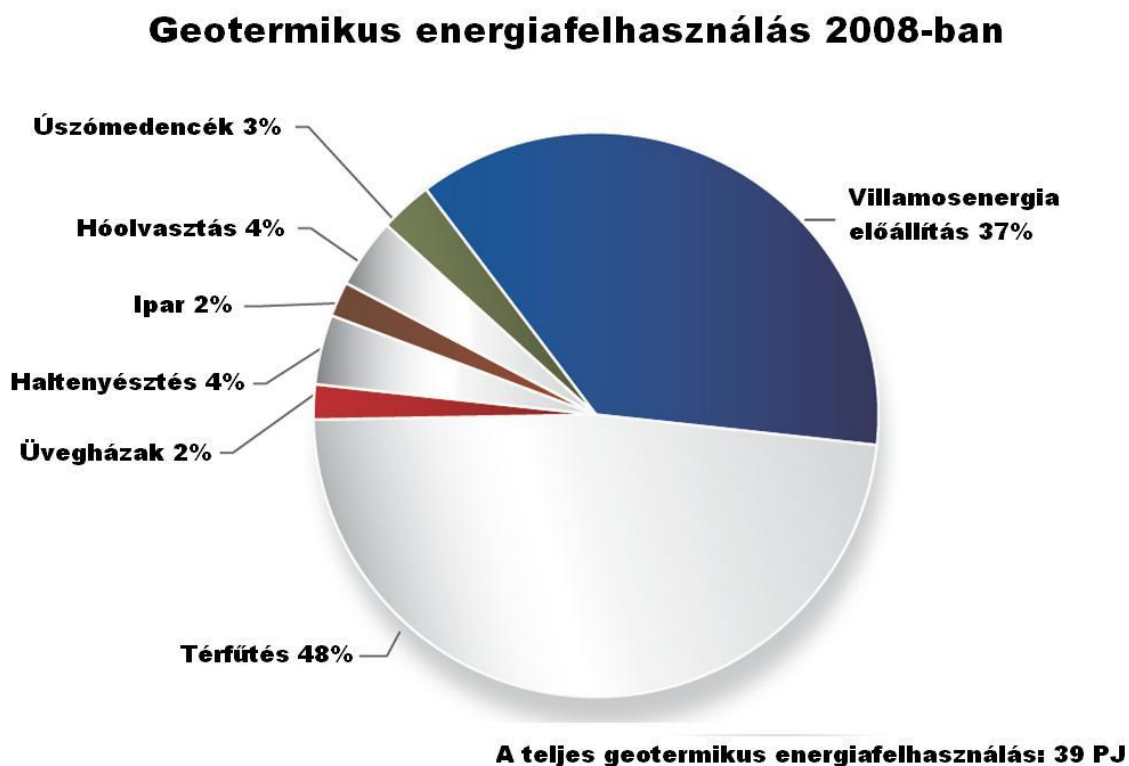
2.7.2 Kis hőmérsékletű rendszerek

Az kis hőmérsékletű területek az aktív zónán kívül helyezkednek el, ahol az aktivitások forró forrásokként jelennek meg. Az áramlási sebesség 0-180 l/s-ig terjed. A kis hőmérsékletű területek hőforrása Izland abnormálisan forró talajkérgé. Ennek köszönhetően a talajvíz

áramlása során geotermikus hőforrássá alakul. A vulkanikus zónákon kívül eső területeken a hőmérsékleti gradiens körülbelül 150 °C/km. A gradiens a peremterületeken vagy távolabb pedig 50 °C/km körül alakul [9].

2.7.3 A geotermikus források közvetlen felhasználása Izlandon

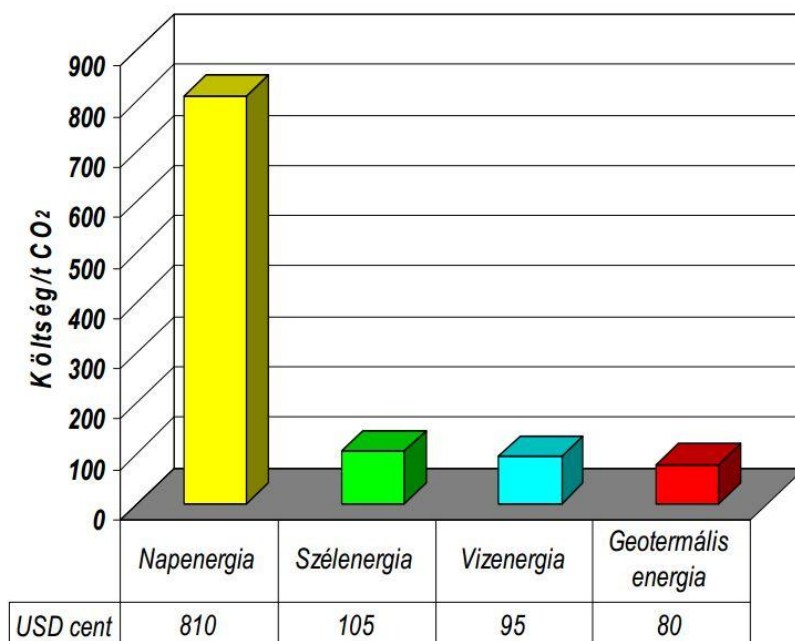
Izland élenjáró országgént ismert a geotermikus távhőszolgáltatásban. A második világháború után a Nemzeti Energiaügyi Hatóság kutatásokat és fejlesztéseket végzett, aminek eredményeként a házak fűtését geotermikus források biztosítják. Ma, az izlandi épületek csaknem 90%-át geotermikus források alkalmazásával fűtik. Izlandon a legjelentősebb mértékű közvetlen geotermikus felhasználás a térfűtés. Az alábbi ábra jól mutatja az Izlandi geotermikus energia direkt felhasználását 2008-ban, ami 39 PJ volt, amelynek 48%-át a térfűtés tette ki [10].



8. ábra: Az izlandi geotermikus energiafelhasználás szerkezete 2008-ban [10]

3. A GEOTERMIKUS ENERGIAHASZNOSÍTÁS MAGYARORSZÁGI HELYZETE

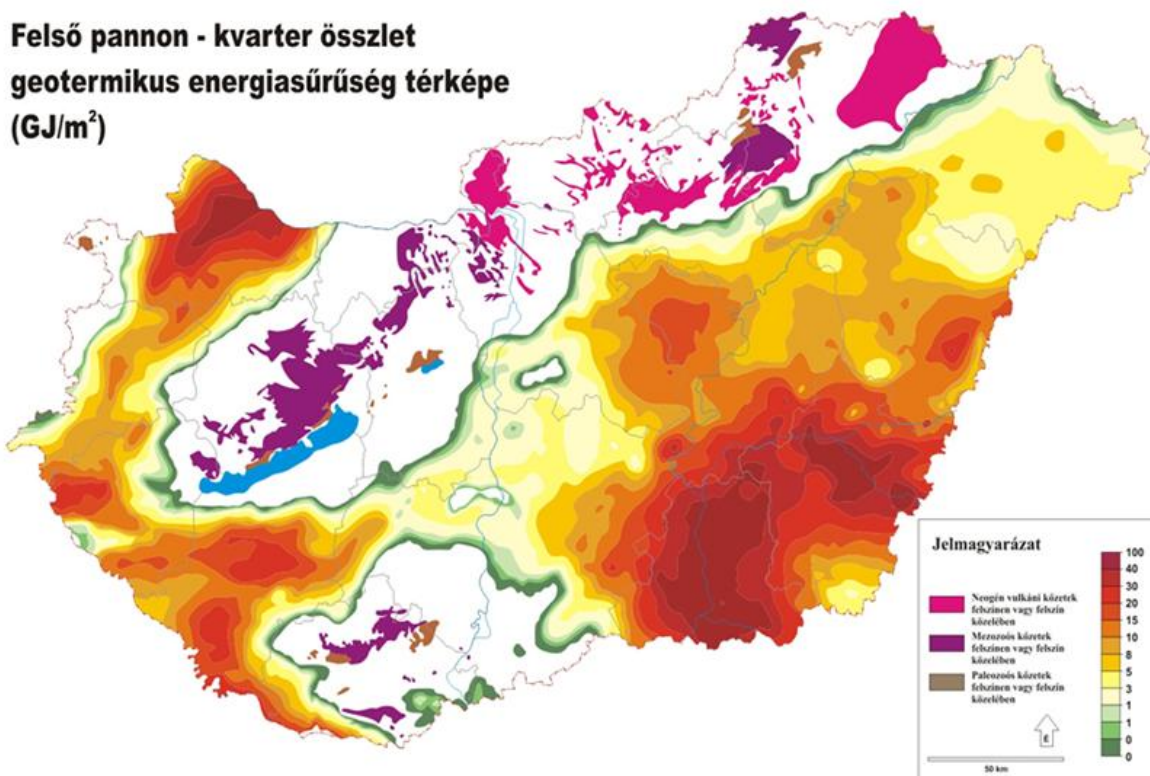
A következő részben a magyarországi geotermikus adottságokat és lehetőségeket mutatjuk be. Magyarországon a geotermikus gradiens értéke 5-7 °C/100 m között mozog, ami az átlagos földi értéknek a 1,5-2-szerese. A fenti termikus adottságok miatt nálunk 1000 méter mélységben a réteghőmérséklet eléri, sőt meg is haladja a 60 °C-ot. 2000 méter mélységben pedig már 100 °C feletti mezők terülnek el. A Magyarország alatti területeket több kilométeres vastagságban jól hőszigetelő porózus kőzetréteg tölti ki. A hőáram-sűrűség (a talaj felfűtöttségének mutatója) magyarországi átlagértéke (90-100 kW/km²) az európai (62 kW/m²) és a világátlag (50 kW/km²) felett van. A kedvező területi adottságok ellenére Magyarországon a geotermikus energia felhasználásának mértéke mindössze 0,3%, annak ellenére, hogy a teljes hazai energia szükséglet 20%-a fedezhető lenne geotermikus forrásokból. Országunkban 2009-ben a geotermikus energia kapacitása 200 MW. Az is a geotermikus energia felhasználása mellett szól, hogy a megújuló energiaforrások közül ez a legolcsóbb módja a CO₂ kibocsátás csökkentésének (9. ábra), valamint nem függ az időjárási viszonyoktól sem. Geotermikus energiából Magyarországon nincs villamosenergia-termelés, miközben a legnagyobb kitermelők - az USA és a Fülöp-szigetek - évente 2-2000 MW energiát termelnek ki készleteikből [11][12].



9. ábra: Megújuló energiahordozókkal elérhető CO₂ csökkenés ára [13]

3.1 Magyarország termálvizei

Még a legelején tisztázni kell a termálvíz fogalmát, mivel a hétköznapiakban gyakran helytelenül azonosítják a gyógyvíz fogalmával. A termálvíz vagy hévíz az a rétegvíz, amelynek hőmérséklete meghaladja a 30 °C-ot. Az ország területének mintegy 40%-án tárható fel termálvíz. A kitermelhető mennyiséget minimálisan 50, maximálisan 500 milliárd m³-re becsülik. Az ország területén két regionális hévíztároló nagyrendszer helyezkedik el, az egyik a felsőpannóniai a másik a karbonátos kőzetek alkotta rezervoárrendszer. A hazai hévíz készleteknek túlnyomó része a fenti két regionális rendszerben helyezkedik el és ez képezi a hévízhasznosítás alapját [3]. A 10. ábra mutatja be a Magyarországon lévő geotermikus energiasűrűséget.



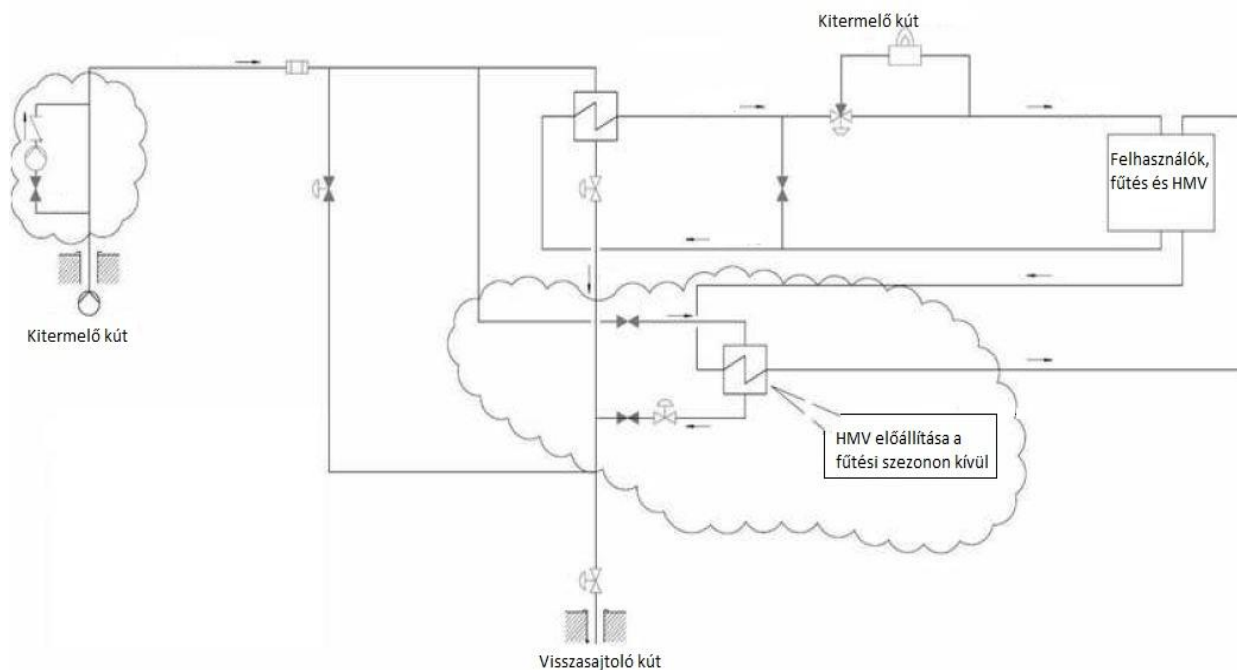
10. ábra: Porózus kőzetekben lévő termálvizek [14]

3.2 A termálvíz energetikai hasznosításának a lehetőségei Magyarországon

Az első fejezetben bemutatásra kerültek, a Lindal-diagram segítségével, a termálvíz hasznosításának lehetőségei. Magyarországon jelenleg évente csaknem 100 millió köbméter termálvíz kerül kitermelésre. A kitermelésben és hasznosításban jelentős települések egyike Szentes, ahol a termálvíz, alkáli- hidrogén-karbonátos, fluoridos meleg víz, melyben az oldott ásványianyag-tartalom meghaladja a 2 g/l mennyiséget, ezért a Magyar Balneológiai Intézet besorolása alapján 1967-ben gyógyvízzé nyilvánította. Szentes közigazgatási területén 32 termálkút található, ezzel Magyarország legnagyobb hévízfeltáró tevékenységének színtere és Európa egyik legsűrűbb geotermikus mezej.

A kutak közül 5 a város belterületén található, további 16 kút vize a város belterületén, vagy a belterületi határtól 1-2 km távolságra kerül felhasználásra. A város 1957-ben fűrt első kútjának vize gyógyvíz, mely mozgásszervi, reumatikus és krónikus nőgyógyászati betegségek kezelésére alkalmas. A szentesi termálvízes fűtésrendszer kiépülése 1987-től kezdődött meg, amikor két kút – a Szentes I. és a Szentes II. - biztosította a vizet. A kezdeti időszakban a használati meleg víz hőcserélővel történő előállítására, a későbbiekben pedig fűtésre használták a termálvizet. Jelenleg a kiemelt víz hőcserélőkben adja át energiáját a rendszerben keringő fűtővíznek. Az üzemeltetési költségeinek mérséklése mellett csökkent a kazántelegek káros környezeti hatása is [15] [16].

Egy másik példa a szentlőrinci geotermikus energia felhasználás. Szentlőrincen 2007-ben kezdődött a geotermikus potenciál feltérképezése. Az előkészületek négy nagy csoportra oszthatóak. Szeizmikus szelvények értelmezése, magnetotellirikus és gravitációs mérések, környékbeli meglévő kutak adatainak felhasználása, fűrási helyszínek kijelölése a város térségében. A szentlőrinci geotermia két kútból áll, egy termelő és egy visszasajtoló kútból. A termelőkút vízhozama 1600 l/perc, míg a visszasajtoló kút térfogatárama 2400 l/perc 1,7 bar nyomással. A termelőkútból gáztalanítás után a termálvizet szivattyúval szállítják a hőközpontba, ahol hőcserélőkön keresztül adja le a hőenergiáját, innen pedig szintén szivattyú segítségével jut a visszasajtoló kúthoz. A folyamatot a 11. ábra mutatja. A szentlőrinci geotermikus rendszer 600 lakás fűtését és HMV (használati meleg víz) ellátását biztosítja. Ez, évi 24 000 GJ hőfelhasználással jár, ami 1600 tonna/év CO₂ emisszió csökkenést eredményez. A rendszer teljesen automata üzemű, amely hiba esetén SMS üzenetet küld az üzemeltetőknek. Hiba esetére telepítettek 5 db 5 m³-es PB gáztartályt. Ezeken felül rendszeresen ellenőrzik a víz összetételét, gáz-víz arányát, hőmérsékletét, illetve pH és korróziómérés is történik [17].



11. ábra: A szentlőrinci geotermikus rendszer folyamatábrája [17]

4. A MÁLYI GEOTERMIKUS ENERGIHASZNOSÍTÁS ELŐKÉSZÍTŐ MUNKÁINAK BEMUTATÁSA

A Mályi geotermikus energia előkészületi munkái négy főcsoportba sorolhatók:

- kutatási munkálatok
- kutak fúrása és telepítése
- távvezetékrendszer kiépítése
- hőközpont létesítése

A főcsoportokon belül természetesen további alcsoportok kialakíthatók. Például terepmunkák, árkok kiásása, csővezetékek lefektetése, fúrótornyok helyének kialakítása, betontalpak öntése, iszapgödrök kiásása.

4.1 Kutatási munkálatok

Az alapvető geotermiával kapcsolatos információk begyűjtése az Európában eddig még nem használt magneto-tellurikus és gravitációs módszerrel történt. Az adatok kiértékelése során kiderült, hogy Miskolc térségében legalább négy olyan nagy kiterjedésű mező található, ahonnan nagy hőmérsékletű termálvíz nyerhető ki, amely csaknem teljes egészében

fedezhetné Miskolc távhőigényét, kiválthatná a jelenlegi fűtőerőművek szénhidrogén-felhasználását.

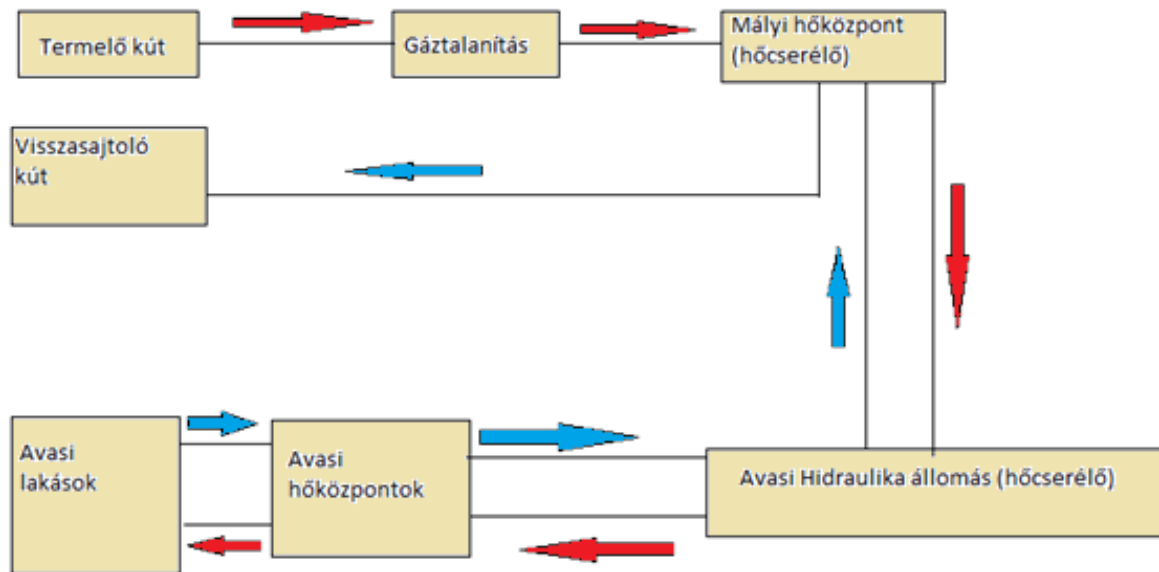
Az első fázisban megszerzett és feldolgozott információk alapján készült el a projekt továbbvitelének alapjául szolgáló részletes geológiai elemzés, amely kijelölte, hogy mely területek a legalkalmasabbak a kutak fúrására, illetve meghatározta a kútrendszerek háromdimenziós fúrási koordinátáit [18].

4.2 Fúrások, próbafúrások

Az első fúrás Miskolc-Mályi térségben 2011. augusztus végén érte el azt a “talpmélységet”, amelynél a geofizikai mérések és az elsődleges tesztek azt jelezték, hogy a 2 270-2 310 méteres mélységben 110-120 °C víz található és a kitermelés hozama elérheti a percenkénti 4 200-5 400 litert. A fúrást követő végleges tesztek ennél jobb eredményt állapítottak meg. A kút átlagos működése során 6 000 l/perc vízmennyiség folyamatos kivételezése biztosítható. A magas hozam lehetővé teszi, hogy a teljes a tervezett hét termálkút helyett öt kút (két termelő és három visszasajtoló) kiépítésével valósuljon meg a projekt [18].

4.3 A Mályiban lévő hőközpont és az Avason elhelyezkedő Hidraulikai Állomás összekötésének folyamatábrája

A Miskolc Avasra érkező geotermikus energia nem közvetlen a kútból kitermelt vízből nyerhető, hanem egy szekunder hordozóközeg segítségével, amelyet a Mályiban lévő hőközpontban hőcserélőkön keresztül melegítenek fel a kitermelt termálvízzel. A folyamatot az 12. ábra mutatja be.



12. ábra: A Mályi-Avas geotermikus rendszer folyamatábrája

4.4 Távvezetékrendszer és helyének kiépítése

A távvezeték rendszer kiépítése több munkálati fázist foglal magába. Az első fázis a távvezetékrendszer nyomvonalának a meghatározása, amelyben a legtöbb közműgazda részt vesz. Mindenki bejelöli az adott területen lévő vezetékét, amely azért szükséges, hogy a távvezeték helyének kialakításakor ne vágjanak át akár egy gázcsövet, vagy akár egy földben futó telefonkábel.

Ha sikerült meghatározni a nyomvonalat, indulhat a csővezetékekhez szükséges árkok kiásása. Ennél a munkafázisnál a régészet is jelen van. A Mályi geotermikus vezetékrendszer különböző területeken megy keresztül (szántók és mezők). A csővezetékeknek van egy olyan szakasza, amit a Hejő patak alatt kell átvezetni, illetve hogy a geotermikus energia eljusson az Avasra, át kell szelni a Tapolcai elágazás és a Miskolc Avas Hidraulika Állomás közötti területet.

Az árok profilja egyszerű négyszögforma, amely tartalmaz egy padkát, amelyen a csővezetékekkel párhuzamosan egy optikai kábel fog futni. Némely esetben speciális módszerrel alakítják ki a csővezeték helyét. Ilyenkor az eljárás menete az, hogy egy 800-as átmérőjű acélcsövet az árok végénél lévő földfalon átsajtolják. majd emberi erővel a csőben lévő föld eltávolításra kerül, így létrejön egy „alagút” amelybe egyszerűen behelyezik a

csővezetékét és a 800-as acélcsövet bennhagyják védőcsőnek. A 800-as acél védőcsöveket a 13. ábra mutatja meg.



13. ábra: 800-as acél védőcső

4.4.1 Távvezetékrendszer lefektetése, összeállítása

A távvezetékrendszer több kisebb egyenként 10-12 méteres szigetelt csőből áll. A teljes csővezeték felépítését tekintve 3 részből áll. A belső acél csővezetékéből (béléscső), az erre ráhúzott külső polimer csőből, és a két rész között elhelyezkedő szigetelő habból. A vezeték teljes hosszában földbe fektetve épül ürítő és légtelenítő aknákkal. A csővezeték felmelegedése okozta hőtágulások miatt csőlírák kerülnek kialakításra. A csőlírák és sarokpontok környezetében tágulási párnákat helyeznek el. A csőlírát konkrétan egy „Z” alakú csőszakasz. A csővezetékek kritikus helyein ürítő szerelvények és légtelenítő aknák kerülnek kialakításra. A csőlírát és az ürítő szerelvényt a 14. ábra mutatja be.



14. ábra: Csőlírát és ürítő szerelvényt

A csővezeték szigetelő habjában található 1 db speciális kísérő érpár – amiből az egyik alumínium ötvözetből, a másik réz ötvözetből készült. A kísérő érpár a szigetelőhabban lévő nedvesség és a nyomás változásának az érzékelésére szolgál. Az érpárnak ez a két funkciója elengedhetetlen a hibaelhárítás szempontjából, mert pontosan meghatározható egy esetleges törés vagy szivárgás helye. A kísérő érpárt a 15. ábra mutatja be.

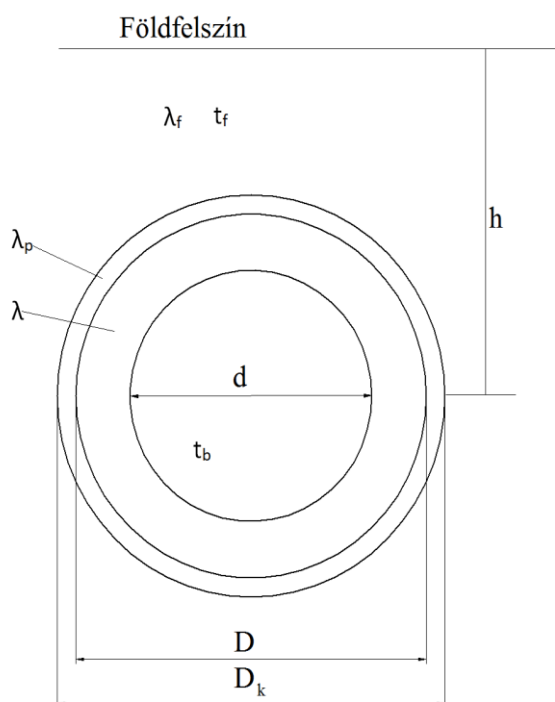


15. ábra: Kísérő érpár

A 10-12 m-es csővezetékek hegesztéssel kerülnek összeillesztésre. Egy- egy hosszabb szakaszon mindig 2-2 csövet hegesztenek össze a mozgathatóság szempontjából. Az így összeillesztett csővezeték szakaszok egymáshoz való illesztésénél már nincs lehetőség a forgatásra ezért fejtöredék alakítanak ki a hozzáférhetőség érdekében. A csővezetékek összeillesztésénél figyelembe kell venni az árokban lévő domborzati viszonyokat, és iránytöréseket kell alkalmazni, ami kétféle módon végezhető. Az elsődleges megoldásként a görbület kialakításánál maximum 3°-os iránytörést alkalmaznak. Nagyobb görbület esetén előre gyártott szakaszokat helyeznek el. A hegesztési varratnak szigorú elvárásoknak kell megfelelnie, amelyet radiológiai, folyadékpenetrációs és nyomáspróbának tesznek ki.

4.4.2 A távvezeték hővesztesége

A fejezet a Mályi hőközpont és a Miskolc Avas Hidraulika Állomás között futó 450/630-as vezetékpár hőveszteségének meghatározásával foglalkozik. A vezetékben lévő belső cső átmérője 450 mm, melynek az anyaga acél, a külső cső átmérője 630 mm, melyet polimert védőcsőnek neveznek. A két cső között 90 mm vastagságban szigetelő réteg, PUR hab kap helyet. A csővezeték pár közvetlenül a földbe fektetett, amelyet földréteggel borítanak a felszínig. A földfelszínnek a cső középpontjától mért távolsága $h=1515$ mm. A vezetékpár hossz tengelyi közötti távolság 1130 mm. A csővezeték modelljét az 16. ábra mutatja, melyen a hőveszteség számításához szükséges változók láthatók szemléletesen.



16. ábra: Csővezeték modell

A csővezeték szakasz hőveszteségének a kiszámítása a következő egyenlettel lehetséges.

$$\bullet \quad q_{1,2} = \frac{\Delta T}{R_{D_k} + R_f} \text{ [W/m]} \quad (1)$$

Ahol:

- ΔT az áramló folyadék és a külső felszíni hőmérséklet különbsége [$^{\circ}\text{C}$];
- a szigetelt vezeték hőellenállása [$\text{m}^2\text{K/W}$];
- R_f : a föld hőellenállása [$\text{m}^2\text{K/W}$].

A szigetelt vezeték hőellenállása a forró víztől a talajig.

$$\bullet \quad R_{D_k} = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln \frac{D_k}{D} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (2)$$

Ahol:

- λ a szigetelés hővezetési tényezője [W/mK];
- D a szigeteléssel burkolt belső cső átmérője [m];
- d a belső cső átmérője [m];
- λ_p a polimer védőcső hővezetési tényezője [W/mK];
- D_k a polimer védőcsővel ellátott vezeték átmérője [m].

A föld hőellenállása a csővezeték szigetelésétől a felszínig.

$$\bullet \quad R_f = \frac{1}{2\pi\lambda_f} \ln \left[\frac{2h}{D_k} + \sqrt{\left(\frac{2h}{D_k} \right)^2 - 1} \right] \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (3)$$

Ahol:

- λ_f a föld hővezetési tényezője [W/mK];
- h a csővezeték középpontja és a földfelszín közötti távolság [m];
- ha $\frac{2h}{D} > 3$ akkor; (4)

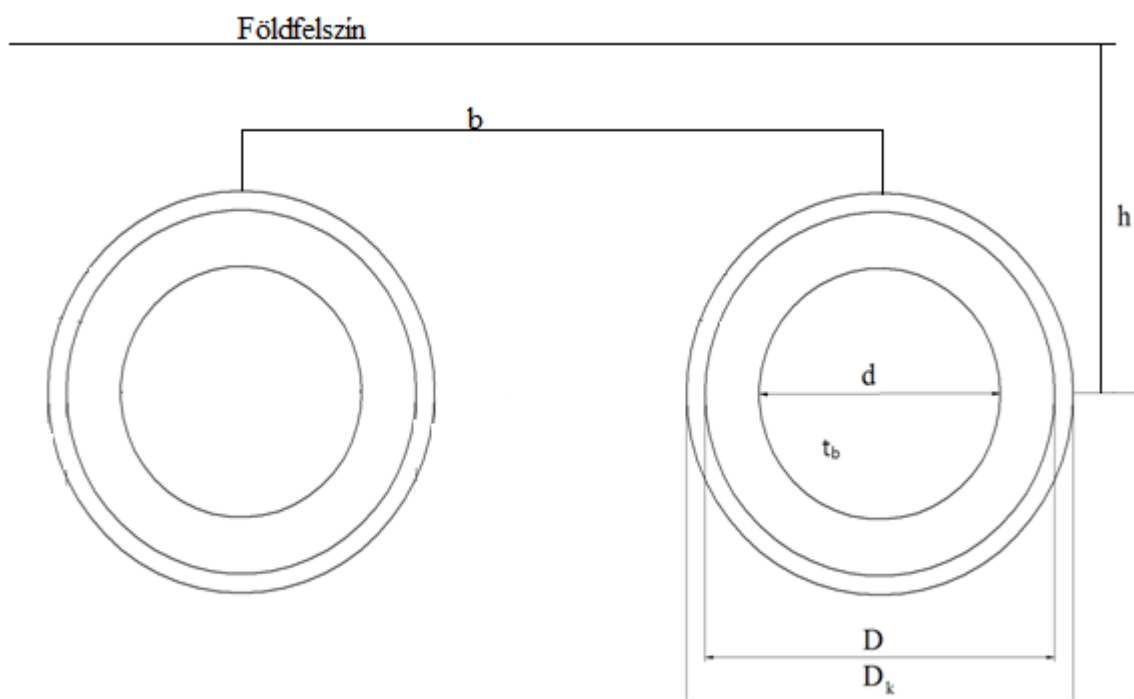
$$\bullet \quad R_f = \frac{1}{2\pi\lambda_f} \ln \frac{4h}{D_k} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]. \quad (5)$$

Az előremenő és a visszatérő vezeték hőveszteségének számítását, a vezetékpár egymásra hatásának figyelmen kívül hagyásával, az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Előremenő- és visszatérő vezetékek hőveszteségei

Adatok		Számított jellemzők	Eredmények
λ_{hab}	0,035 W/mK	R_{Dk}	4,4615 m ² K/W
λ_{pol}	0,15 W/mK	R_f	0,209 m ² K/W
$\lambda_{\text{föld}}$	1,7 W/mK	q_1 (meleg)	14,987 W/m
D_k	0,63 m	q_2 (hideg)	2,141 W/m
D	0,618 m		
d	0,45 m		
T_b (meleg)	90 °C		
T_f	20 °C		
T_b (hideg)	30 °C		
h	1,515 m		
b	1,13 m		

Vezetékpár esetén szokás figyelembe venni a vezetékek egymásra gyakorolt hatását, hiszen a visszatérő lehűlt vizet szállító vezeték hőt vonhat el a forró vizet szállító vezetéktől. A vezetékpár modelljét az ismeretlen változók szemléltetésével a 17. ábra mutatja.



17. ábra: Vezetékpár modellje

Az előremenő vezeték hővesztesége a visszatérő vezeték hatásával korrigálva.

$$\bullet \quad q_e = \frac{q_1}{1 + \varphi \cdot q_1 \frac{R_{1,2}}{\Delta T_1}} \text{ [W/m]} \quad (6)$$

Ahol:

- az előremenő meleg vizes vezeték hővesztesége;
- φ un módosító tényező;
- $R_{1,2}$ hővezetési ellenállás az előremenő és visszatérő vezeték között;
- ΔT_1 a visszatérő munkaközeg és a földfelszín hőmérséklet különbsége.

A visszatérő vezeték hővesztesége az előremenő vezeték hőveszteségével korrigálva:

$$\bullet \quad q_v = \frac{q_2}{1 + \frac{q_2}{\varphi} \frac{R_{1,2}}{\Delta T_2}} \text{ [W/m]} \quad (7)$$

Ahol:

- a visszatérő hideg vizes vezeték hővesztesége;
- ΔT_2 az előremenő munkaközeg és a földfelszín hőmérséklet különbsége.

A módosító tényező:

$$\bullet \quad \varphi = \frac{\frac{1}{q_1} - \frac{R_{1,2}}{\Delta T_2}}{\frac{1}{q_2} - \frac{R_{1,2}}{\Delta T_1}} \quad (8)$$

A hővezetési ellenállás az előremenő és visszatérő vezeték között:

$$\bullet \quad R_{1,2} = \frac{1}{2 \pi \lambda_f} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{b} \right)^2} \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad (9)$$

Ahol:

- b a vezetékpár elemeinek a középpontjai között mért távolság [m].

Az előremenő vezeték hővesztesége a vezetékpár egymásra hatását is figyelembe véve 14,39 W/m, a visszatérő vezeték hővesztesége pedig 2,053 W/m.

Az eredményeket figyelembe véve kijelenthetjük, hogy a korszerű szigetelési technológiának köszönhetően, az egymásra hatásból eredő hőveszteség változás elhanyagolható.

4.5 Hőközpontok a geotermikus rendszerben

Elsődlegesen fontos tisztázni a hőközpont fogalmát, és a hőközpont fajtáit. A hőközpont a hőhordozó közeg kiadására, elosztására, fogadására, átalakítására, mennyiségének szabályozására, illetőleg a távhő átadására szolgáló technológiai berendezés. A hőközpont lehet termelői hőközpont, szolgáltatói hőközpont és felhasználói hőközpont.

- Termelői hőközpont: a távhő termelőjénél távhőellátás céljából a hőhordozó közeg kiadására, továbbítására, elosztására, átalakítására, mennyiségének szabályozására, esetenként mérésére szolgáló technológiai berendezés, esetünkben ez a termelő kutak közelében építés alatt álló hőközpont.
- Szolgáltatói hőközpont: több épület vagy építmény távhővezeték-hálózat útján történő hőellátása céljából, az ellátandó épületeken vagy építményeken kívül, vagy azok egyikében elhelyezett, a hőhordozó közeg fogadására, átalakítására, mennyiségének szabályozására, elosztására, mérésére szolgáló technológiai berendezés. A szolgáltatói hőközpontokkal azonos módon kell kezelni azokat a kazánházakat, melyekből – hőközpont közbeiktatása nélkül – közvetlenül történik a felhasználók hőellátása. Esetünkben ez az Ávas városrész geotermikus energiát fogadó hőközpontjaként az un. Hidraulika Állomás funkcionál.
- Felhasználói hőközpont: egy épület vagy építmény hőellátása céljából a hőhordozó közeg fogadására, átalakítására, mennyiségének szabályozására, mérésére szolgáló technológiai berendezés. A Hidraulika Állomásról kerül elosztásra a hő az épületek hőközpontjaiba.

A Mályiban lévő hőközpontba érkezik a két termelő kút termálvíz vezetéke. A forró víz itt adja át hőcserélőn keresztül az energiáját a távvezetékben áramoltatott un. munkaközegnek. A hőcserélőben lehűlt termálvíz a visszasajtoló kutak irányába távozik, és visszakerül a vízáadó rétegbe. A távvezeték a termálvíz által felmelegített fűtőközeget továbbítja a lakótelep (Hidraulika Állomás) felé, a lehűlt víz is ide (Mályi Hőközpont) érkezik vissza a lakótelep felől. A hőközpontban kapnak helyet a távvezetékben áramoltatott közeget keringtető szivattyúk, és itt van a folyamatirányító rendszer központja is. A távvezetékkel párhuzamosan futó optikai kábelek ide továbbítják a működő rendszer jeleit (nyomás, hőmérséklet adatok, vezetéknedvesedés érzékelők stb.). A beavatkozó szervek működtető jelei ugyancsak innen

indulnak. Mind a termálvizes primer rendszer, mind pedig a távvezetéki rendszer kezelése itt történik. A Mályiban épülő hőközpontot a 18. ábra mutatja.



18. ábra: Hőközpont építése

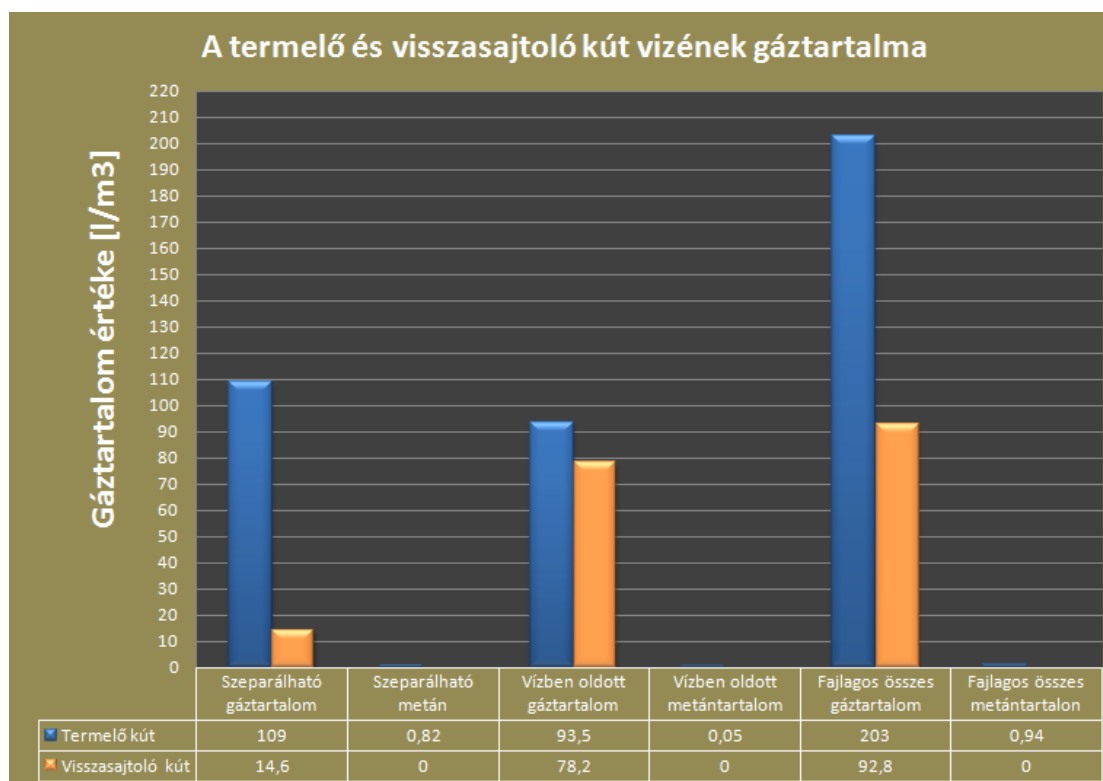
5. A GEOTERMIKUS ENERGIATERMELÉS TECHNOLÓGIÁJA

A kitermelés két fő szegmense a termelő és a visszasajtoló kút. Gáztalanító tartályt alkalmaznak a víz gáztalanítása céljából, a nyomás fokozására pedig szivattyúkat használnak. A geotermikus rendszer részei az előző fejezetben bemutatott hőközpontok is.

5.1 A termelő és visszasajtoló kút vizének gáztartalma

A kitermelt víz gáztartalmának ismerete két dolog miatt fontos. Egyrészt ha nagy mennyiségben van jelen a metán a vízben, gondoskodni kell a leválasztás utáni energetikai célú hasznosításáról. Másrészt azért fontos a gáztartalom ismerete, mert a szállítás során a vízben lévő gázbuborékok a folyadékkal ellentétben összenyomhatóak, ezáltal romlik a szivattyúzás hatásfoka, amit a szivattyúk méretezésénél figyelembe kell venni.

Azonban a visszasajtolandó víz gáztartalma is fontos tényező, hogy a tározóba visszakerülve ne okozzon valamilyen kémia reakciót. Az 19. ábra a kitermelt és visszasajtott víz gáztartalmát mutatja be.



19. ábra: A termelő és visszasajtoló kút vizének a gáztartalma

A kitermelt és visszasajtott víz és fontosabb jellemzőit a 2. és a 3. táblázat mutatja be.

2. táblázat: A kitermelt víz, jellemző paraméterei [19]

Vízminőség paraméterei	Mért értékek	Vízminőség paraméterei	Mért értékek
Vezetőképesség [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	670	SO_4^{2-} [mg/l]	118
m-lugosság [mmol/l]	4,6	S^{2-} [mg/l]	1,48
Ca^{2+} [mg/l]	15,4	KOI [mg/l]	6,7
Mg^{2+} [mg/l]	54	HBO_2 [mg/l]	0,43
Hidrogénkarbonát [mg/l]	281	H_2SiO_3 [mg/l]	76
Össz. keménység [CaO mg/l]	167	pH	6,7
Karbonát keménység [CaO mg/l]	129	Szabad szénsav [mg/l]	152
Nem karb. keménység [CaO mg/l]	38	Kötött CO_2	101

2. táblázat folytatása: A kitermelt víz, jellemző paraméterei [19]

Vízminőség paraméterei	Mért értékek	Vízminőség paraméterei	Mért értékek
Bepárlási maradék 180 °C [mg/l]	508	TOC [mg/l]	6,6
össze. oldott ásványi anyag [mg/l]	648	Fenolindex [µg/l]	7
NH ₄ ⁺ [mg/l]	0,21	Korróziós index	+0,4
NO ₃ ⁻ [mg/l]	<1,0	Cianid [µg/l]	<5
NO ₂ ⁻ [mg/l]	<0,02	Nikkel [µg/l]	<2
Na ⁺ [mg/l]	37	Króm [µg/l]	<2
K ⁺ [mg/l]	13,2	Arzén [µg/l]	13,5
Fe [mg/l]	1,75	Bárium [µg/l]	140
Mn ²⁺ [mg/l]	0,06	Antimon [µg/l]	<2
Li ⁺ [mg/l]	0,19	Kadmium [µg/l]	<0,2
Cl ⁻ [mg/l]	15	Ólom [µg/l]	<2
Br ⁻ [mg/l]	<0,02	Higany [µg/l]	<0,1
I ⁻ [mg/l]	0,02	Réz [µg/l]	<10
F ⁻ [mg/l]	2,3	Szelén [µg/l]	<2

3. táblázat: Viassasajtóló kút vízminősége [19]

Vízminőség paraméterei	Mért értékek	Vízminőség paraméterei	Mért értékek
Vezetőképeség [µS/cm]	557	SO ₄ ²⁻ [mg/l]	25
Ca ²⁺ [mg/l]	47,7	S ²⁻ [mg/l]	Nd.
Mg ²⁺ [mg/l]	16,2	KOI [mg/l]	2,5
Hidrogénkarbonát [mg/l]	281	Metabórsav [mg/l]	12,2
Össz. keménység [CaO mg/l]	102	pH	6,6
Nem Karb. keménység [CaO mg/l]	Nd.	TOC [mg/l]	8,5
Össz. oldott ásványi anyag [mg/l]	570	Fenolindex [µg/l]	0,02

3. táblázat folytatása: Visszasajtoló kút vízminősége [19]

Vízminőség paraméterei	Mért értékek	Vízminőség paraméterei	Mért értékek
NH_4^+ [mg/l]	1,5	Cianid [$\mu\text{g/l}$]	Nd.
NO_3^- [mg/l]	0	Nikkel [$\mu\text{g/l}$]	Nd.
NO_2^- [mg/l]	0	Króm [$\mu\text{g/l}$]	<2
Na^+ [mg/l]	39	Arzén [$\mu\text{g/l}$]	<2
K^+ [mg/l]	40	Bárium [$\mu\text{g/l}$]	34
Fe [mg/l]	1,77	Antimon [$\mu\text{g/l}$]	Nd.
Mn^{2+} [mg/l]	0,1	Kadmium [$\mu\text{g/l}$]	Nd.
Li^+ [mg/l]	0,19	Ólom [$\mu\text{g/l}$]	Nd.
Cl^- [mg/l]	53	Higany [$\mu\text{g/l}$]	<0.1
Br^- [mg/l]	0,08	Réz [$\mu\text{g/l}$]	Nd.
I^- [mg/l]	0,02	Szelén [$\mu\text{g/l}$]	Nd.
F^- [mg/l]	0,85	Cink [$\mu\text{g/l}$]	0,17

5.2 A gáztalanító tartály adatai

A gáztalanító tartály egy fekvő hengeres csillapított szénacél tartály, amelynek átmérője 3,6 m, hosszúsága pedig 10,5 m. A gáztalanítás a tartály belső részében kiépítésre kerülő hasított vagy perforált szűrőkkel történik, ahol a termálvízből mikrobuborékok formájában kiváló gázok, a rugós működésű túlnyomásos gázvezető szelepen keresztül a légterbe távoznak. A gázvezető szelep rugója a víz kigőzölési nyomása fölé, 0,3 bar értékre van beállítva, így a gázvezetéssel együtt kevesebb vízgőz kerül elvezetésre a szabadba. A gáztalanítás során a termálvíz levegővel nem érintkezik, tehát oxigénnel nem szennyeződhet. A gáztalanító vízszintjét és túltöltés védelmét a kútszivattyúval kapcsolatban lévő túltöltés védelem szabályozza. A tartály vízszintjének csökkenése esetén a levegő bejutást a levegőnél nagyobb nyomású nitrogéngáz bejuttatásával biztosítják [19].

5.3 Termelőkút, kútbekötés, kútszerelvények

A kút Mályi községtől ÉNy-ra, a beépített terület határától kb. 600 m-re helyezkedik el. A hévízkút fúrása közben elért talpmélység 2311 m, illetve a csővezetett kút talpmélysége 2305,5 m. A mélység változásával mind a csőátmérő, mind a csőtípus változik az alábbiak szerint:

0,0 m-50 m	508/498 mm átmérőjű acél iránycső, a felszínig palástcementekezéssel
0,0 m-811,8 m	339,7/315,3 mm átmérőjű acél béléscső szintén a felszínig palástcementekezve
714,7 m-1669,8 m	244,5/220,5 mm átmérőjű acél béléscső a felszínig palástcementekezve, 1615,9 és 1669,8 m között menetes zárás van gumitömítéssel
1615,9 m-2305,5 m	177,8/159,4 mm átmérőjű acél béléscső

A szűrőzés 2257,8-2305,5 m mélységközben 20 mm-es perforálással történik. A kút talplezárása kúpos alakban van behegesztve. A vízáadó mélység egy triász repedezett mészkő rétegben található. Az állandó üzemben kivehető vízmennyiség a kompresszorozás eredményei alapján 5400 l/perc. A kút talphőmérséklete 101,7 °C (2280 m-en). A kitermelt víz hőmérséklete 85 °C [19].

5.4 Nyomásfokozás

A gáztalanító tartálytól DN 450-es szénacél vezetéken szívják a szivattyúk a termálvizet. A termálvíznek nyomásfokozó szivattyúk biztosítják a termelő kutak és a hőközpont közötti minimális szállítási nyomást.

A nyomásfokozó szivattyú adatai:

- Vízszállítás: 270 m³/h
- Hőmérséklet: 85-105 °C

A szivattyúk nyomóvezetékébe szennyfogó szűrők vannak beépítve a gáztalanítás során a gáztalanító tartályban keletkező 100 µm-nél nagyobb méretű szemcsék kiszűrésére. A szűrő anyaga speciális acéldrótháló. A szivattyúk mellett egy megkerülő ág van beépítve a rendszerbe, melynek célja az alacsony termálvíz igény esetén a termálvíz áteresztése a nyomásfokozó szivattyú megkerülésével [19].

5.5. A Mályiban lévő termelő kutakból nyerhető hőenergia

A geotermális energia a föld rétegei közt fennálló hőmérséklet különbségeknek köszönhető, geotermikus forrás lehet például felszín alatti forró víz, forró kővek néhány km-re a föld felszíne alatt, illetve akár maga a vulkáni magma [20].

A geotermikus víztározóból a földfelszínre szállított hő mennyisége függ a kitermelt víz hőmérsékletétől és hőkapacitásától, melyeket a következő példa szemléltet. Tegyük fel, hogy

a geotermikus tározó teljesen tele van vízzel. Ha a kitermelt víz hőmérséklete megegyezik a tározó hőmérsékletével, T_{res} , akkor a kitermelt hőmennyiség:

$$\bullet \quad Q = m_w c_w \Delta T \text{ [J]} \quad (10)$$

ahol, a ΔT a tározó és a referencia hőmérséklet különbsége ($T_{\text{res}} - T_{\text{ref}}$), a referencia hőmérséklet ebben az esetben tekinthető a felszíni hőmérsékletnek, m_w a kitermelt víz tömege, c_w pedig a víz hőkapacitása. A kitermelt víz tömege felírható a

$$\bullet \quad m_w = \rho_w q_w \Delta t \text{ [kg]} \quad (11)$$

alakban, ahol a ρ_w a víz sűrűsége, a q_w a térfogatáram, a Δt pedig az áramlás időtartama. A tömeget behelyettesítve a (10) egyenletbe, a következőt kapjuk:

$$\bullet \quad Q = (\rho_w q_w \Delta t) c_w \Delta T = (\rho_w q_w \Delta t) c_w (T_{\text{res}} - T_{\text{ref}}) \text{ [J]} \quad (12)$$

A teljesítmény Δt idő alatt a következőképpen alakul:

$$\bullet \quad P_{\text{geo}} = \frac{Q}{\Delta t} = (\rho_w q_w) c_w \Delta T = \rho_w q_w c_w (T_{\text{res}} - T_{\text{ref}}) \text{ [W]} \quad (13)$$

Az adatokat és a képletek alapján számolt eredményeket a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: Termelő kutak teljesítménye.

	$\rho_w \text{ [kg/m}^3\text{]}$	$q_w \text{ [m}^3\text{/h]}$	$c_w \text{ [kJ/kgK]}$	$T_{\text{res}} \text{ [}^\circ\text{C]}$	$T_{\text{ref}} \text{ [}^\circ\text{C]}$	$P_{\text{geo}} \text{ [MW]}$
1. kút	954,7	360	4,218	105,3	20	123,6
2. kút	958,4	324	4,211	101,7	20	106,8

6. A KITERMELT GEOTERMIKUS ENERGIAHASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI, A HŐFELHASZNÁLÓI RENDSZER BEMUTATÁSA

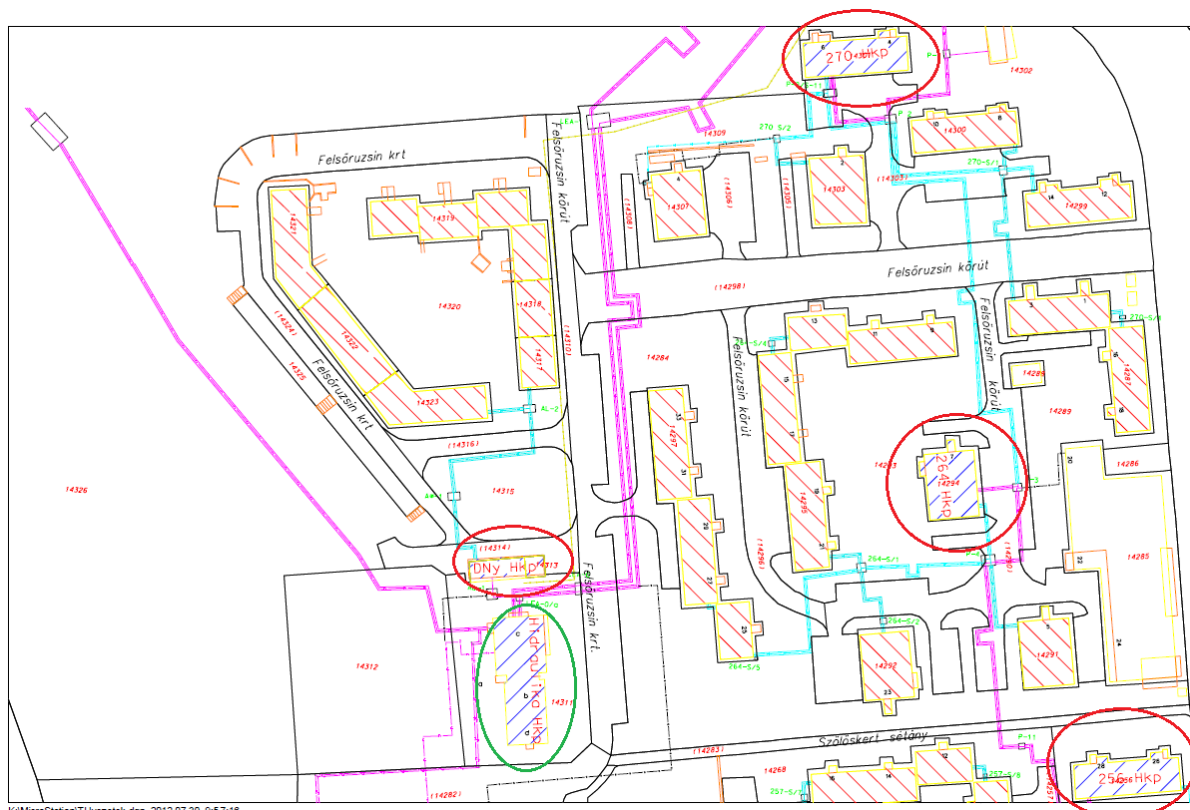
A többlépcsősre tervezett úgynevezett kaszkád rendszer a háztartások fűtési igényének kielégítése mellett nagy alapterületű üvegházak, mezőgazdasági és ipari termelő- és feldolgozóüzemek hőigényét is biztosíthatja, így jelentős gazdasági potenciált és munkahelyeket teremtve a városnak és környezetének. Első lépésben a miskolci Avass lakótelep fűtési hőigényének egy részét biztosítják a Mályi geotermikus energia segítségével. Második lépésben Mályi és Kistokaj településeket csatlakoztatják a rendszerhez, mivel a geotermális kutakhoz képest ezek a települések földrajzi elhelyezkedése a legideálisabb. Harmadik lépésben a gerincvezeték továbbépítésével Nyékládháza és Sajópetri csatlakozása történik meg a rendszerhez. Európában jelenleg egyedülálló a lakossági fűtést ilyen méretekben ellátó geotermális hőhasznosítás [18].

6.1 A hőfelhasználói rendszer bemutatása

A hőfelhasználói rendszer két fő részre bontható. Az első fő része a Miskolc Avas fűtésére szolgáló rendszer, a második fő része a környező kisebb települések fűtését szolgáló hőfelhasználói rendszer.

6.1.1 A Miskolci Avas lakótelep fűtése

A Mályiban fellelhető termálvíz 450-es vezetéken érkezik a Miskolc Avas hegyen található hidraulika állomásra, ahol hőcserélőkön keresztül adja le a hőmennyiségét. A hőcserélők után a fő felhasználási technológia megegyezik a MIHŐ (Miskolci Hőszolgáltató Kft.) által használt távhőszolgáltatási technológiájával. Ez a technológia a hőközpontok által vezérelt távhőszolgáltatás. A hőközpontok kapcsolása a HMV (használati meleg víz) termelés módjától függően, alapvetően kétféle lehet. Az egy egységet képező HMV termelő hőcserélőkkel un. Bulgárföldi kapcsolás és a két (elő-, utófűtő) egységet képező HMV termelő hőcserélő blokkal un. Diósgyőri kapcsolás. A hidraulikai állomást (zöld) és a körülötte lévő négy hőközpontot (piros) az alábbi 20. ábra mutatja.

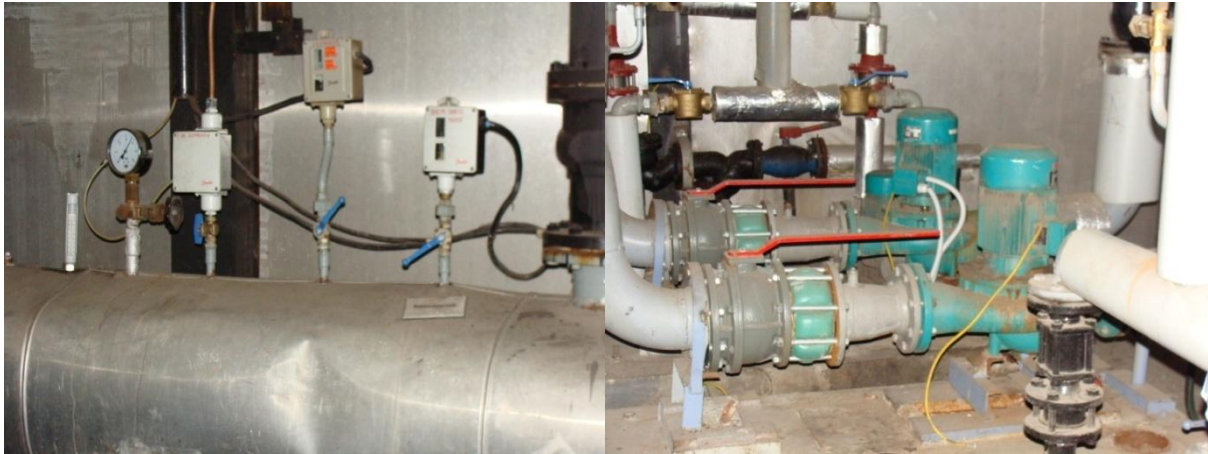


Az Avasi hőközpontokban hőcserélők segítségével biztosítják a lakások fűtését és meleg víz ellátását. Egy ilyen hőközpont akár 300 lakás fűtési és meleg víz igényeit is képes kiszolgálni. Az Avason lévő hőközpontok lehetnek kihelyezettek, és kisebb „garázshőközpontok”. A hőközpont szíve a hőcserélő, amelynek Miskolcon 2 fajtája található meg. A régiebbi típusú csőszerelvényes hőcserélő és az újabb típusú lemezes hőcserélő. A hőcserélőket a 21. ábra mutatja be.



21. ábra: Csőszerelvényes és lemezes hőcserélő

A hőközpontok további részei a különböző nyomás szabályzók, biztonsági csapok, szivattyúk, kézi és gépi vezérlésű elzáró szelepek, különböző méretű kiegyenlítő tartályok, amelyeket az esti és reggeli csúcsfogyasztás kompenzálására alkalmaznak. A hőközpontok ellenőrzését a MIHŐ Központjában lévő távfelügyeleti rendszer segítségével végzik. Így akár egy alkalmazott, egy számítógép segítségével, szemmel tudja tartani az összes hőközpontot – az Avason, és a városban lévőket egyaránt – illetve szabályozni is tudja azokat. Hiba esetén minden adat megjelenik a biztonsági rendszerben. Ez a rendszer a világon eddig egyedülálló. A nyomásszabályzókat és szivattyúkat a 22. ábra jeleníti meg.



22. ábra: Nyomásszabályzók és szivattyúk

6.1.2 A környező települések hőfelhasználói rendszere

A környező településeken lévő lakások fűtése hasonló módon fog történni, mint az Avas távhő elosztása. Hőközpontok fognak épülni, amelyek hőcserélőkön keresztül veszik fel a termálvíz hőjét és továbbítják a település lakásaiba meleg víz és fűtés formájában.

Azonban ezek mindössze még csak tervek, az előkészítési és tényleges munkák még váratnak magukra. Az bizonyos hogy, a rendszer környezetkímélő lesz, és csökkenti a lakások rezszi költségeit meleg víz és fűtés terén egyaránt.

6.1.3 A geotermikus energia szerepe az Avasi lakótelep hőellátásában

Ebben a fejezetben arra keressük a választ, hogy a rendelkezésre álló geotermikus energia mekkora hányadát képes fedezni a lakótelep hőszükségletének. Ehhez ismernünk kell az Avas éves nettó hőenergia igényét. Az elemzés során kiszámoljuk egy átlagos méretű saroklakás éves hőenergia szükségletét, mind a szigetelt, mind szigeteletlen lakásra tekintve. Az így kapott eredményekből következtetünk az egész Avas lakótelep nettó hőenergia igényére. Ismertnek tekintve a geotermikus energia által képviselt hőmennyiséget meghatározható a kiváltható fosszilis alapú hőmennyiség. A számítások során nem vettük figyelembe a lépcsőházak felől jelentkező hűlő felületeket, melyeknek értékeik nem számottevőek.

Az Avas lakótelepen lévő lakások átlagosan két falas hűlő felülettel rendelkeznek. A lakások többnyire alulról-felülről fűtöttek (a lakások egymást is fűtik). Falaik 30 cm-es vasbetonból készültek, melyeknek belső oldalán 1,5 cm-es vakolat található. A felújított épületek 7 cm vastagságú Austrotherm EPS AT-H80-as külső polisztirolszigetelésűek.

Az éves nettó hőenergia igény a 14. képlettel számítható:

$$\bullet \quad (14)$$

A fajlagos nettó hőmennyiséget pedig a következőképpen számoljuk:

$$\bullet \quad \text{---} \quad (15)$$

Ahol:

- Q_f Az éves nettó hőenergia igény [kWh]
- 72 az órafokban kifejezett konvencionális hőfokhíd értékének ezredrésze
- V a fűtött légtérfogat [m^3]
- q a fajlagos hőveszteség tényező [W/m^3K]
- 0,35 szellőzési hőveszteség számításánál: a levegő sűrűségének, fajhőjének és a mértékegység átváltásához szükséges tényezőknek a szorzata
- n az átlagos hőcsereszám [$1/h$]
- σ a szakaszos üzemvitel hatását kifejező korrekciós tényező
- 4,4 a konvencionális fűtési idény órában mért hosszának ezredrésze
- A_N a nettó fűtött szintterület [m^2]
- q_b a belső hőterhelés átlagos értéke [W/m^2]

Minden adat ismert a számításhoz kivéve a fajlagos hőveszteség tényező, amelyet a következőképpen számolunk:

$$\bullet \quad \text{---} \quad (16)$$

Ahol:

- A felületek belméretek alapján [m^2]
- az eredő hőátbocsátási tényező [W/m^2K]
- l a vonalmenti hőhíd hossza [m]
- Ψ a vonalmenti hőátbocsátás [W/mK]
- Q_{sd} a direkt sugárzási nyereség [KWh/a]

A fenti egyenlet megoldásához szükséges meghatározni a direkt sugárzási nyereséget (Q_{sd}) és az eredő hőátbocsátási tényezőt (U_R), melyeket az alábbi képletek alapján számolunk:

$$\bullet \quad (17)$$

Ahol:

- ε hasznosítási tényező
- A_U az üvegezés felülete [m^2]

- Q_{TOT} a hagyományos fűtési idényre vonatkozó sugárzási energiahozam [W/m^2]
- g az üvegezés összesített sugárzás átbocsátási képessége

• (18)

Ahol:

- U hőátbocsátási tényező [W/m^2K]
- X korrekciós tényező

Az eredmény kiszámításához szükség van az X korrekciós tényező meghatározására. A korrekciós tényező számára szükséges a lakás hőhídjainak a hossza, amely 48,42 fm. Ezt az értéket még el kell osztani az összes hűlő felület értékével, amely 36,72 m^2 . Az így kapott eredmény alapján (1,31) kiderül, hogy a külső határoló szerkezetek erősen hőhidasak. A meghatározás az alábbi táblázat alapján történik [21] [22].

5. táblázat: Épület hőhidasságának meghatározása [20]

Épülethatárolós szerkezetek	A hőhidak hosszának fajlagos mennyisége, fm/ m^2		
	Épülethatárolós szerkezetek besorolása		
	Gyengén hőhidas	Közepesen hőhidas	Erősen hőhidas
Külső falak	<0,8	0,8-1,0	>1,0

A korrekciós tényező az alábbi táblázat alapján határoztuk meg. Amely szigetelt lakásoknál: 0,3, szigetetlen lakásoknál: 0,4.

6. táblázat: A korrekciós tényező meghatározása [20]

Épülethatárolós szerkezetek			korrekciós tényező χ
Külső falak	külső oldali, vagy szerkezeten belüli megszakítatlan hőszigeteléssel	gyengén hőhidas	0,15
		közepesen hőhidas	0,20
		erősen hőhidas	0,30
	egyéb külső falak	gyengén hőhidas	0,25
		közepesen hőhidas	0,30
		erősen hőhidas	0,40

Az átlagos panellakásra vonatkozó adatokat a következő táblázatban foglaltuk össze.

7. táblázat: Átlagos panellakás jellemzői és hőenergia igénye

Adatok		Eredmények	
$V, [m^3]$	130	$U_{R \text{ szigetelt}}, [W/m^2K]$	0,5668
$A_N, [m^2]$	46,5	$U_{R \text{ szigeteletlen}}, [W/m^2K]$	2,5648
$n, [1/h]$	0,5	$Q_{sd}, [kWh]$	276,9
$q_b, [W/m^2]$	5	$q_{\text{szigetelt}}$	0,1731
σ	0,9	$q_{\text{szigeteletlen}}$	0,651
$A, [m^2]$	36,72	$Q_F \text{ szigetelt}, [kWh]$	1909,3944
ε	0,75	$Q_F \text{ szigeteletlen}, [kWh]$	5935,224
$A_U [m^2]$	5,38		
$Q_{TOT} [kWh/m^2]$	100		
g	0,65		
$U_{\text{szigetelt}} [W/m^2K]$	0,436		
$U_{\text{szigeteletlen}} [W/m^2K]$	1,832		
$X_{\text{szigetelt}}$	0,30		
$X_{\text{szigeteletlen}}$	0,40		

A szigetelt lakások száma az Avas lakótelep 12000 lakásból 3000 –re tehető ezért a szigetelt lakások hőszükséglete: $1909,3944 \cdot 3000 = \underline{5\,728\,183,2} [kWh]$

A szigeteletlen lakások száma pedig 9000-re tehető, ezért a szigeteletlen lakások hőszükséglete összesen: $5935,224 \cdot 9000 = \underline{53\,417\,016} [kWh]$

Az Avas nettó éves (egy fűtési szezonra értendő) hőszükséglete tehát a kettő összege: $\underline{59\,145\,199} [kWh]$

A geotermikus energia az Avas lakótelep fűtési energiaszükségletének a 20%-át fogja kitenni, amelynek értéke: $\underline{11\,829\,039,8} [kWh]$.

7. A CO₂ KIBOCSÁTÁS CSÖKKENÉSE, A GEOTERMIKUS ENERGIA HASZNOSÍTÁSA RÉVÉN

A szén-dioxid kibocsátás számítása egyszerű módon történhet, ha tudjuk azt, hogy mennyi az Avas hőenergia szükséglete és hogy hány százaléka helyettesíthető a Mályiban lévő termálvíz segítségével. Az Avas hőenergia igénye a 6.1.3. fejezet által évi 59 145 199 kWh amely 212 922 716,3 MJ. A Mályiban található termálvíz az Avas hőenergia szükségletnek a 20%-át tudja helyettesíteni, melynek értéke:

- $Q_{\text{geotermikus}} = \underline{42\,584\,543 \text{ MJ/év}}$

Ha a termálvíz hőenergiáját elosztjuk a gáz fűtőértékével, amely 34 MJ/m³ megkapjuk azt a gáz térfogatot, amely a fent említett hőenergia előállításához szükséges, tehát ami a termálvíz használatával kiváltható.

- $V_{\text{gáz}} = \frac{Q_{\text{geotermikus}}}{\text{fűtőérték}} = \underline{1\,252\,487 \text{ m}^3/\text{év}}$ (19)

A szén-dioxid kibocsátás csökkentésének kiszámításához szükség van a földgáz összetételére.

- CH₄: 80,75%
- C₂H₆: 3,61%
- C₃H₈: 1,26%
- C₄H₁₀: 1,53%
- CO₂: 4%
- N: 8,85%

A füstgázban lévő szén-dioxid kiszámításához ismerni kell az égési egyenleteket.

- $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (20)
- $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
- $\text{C}_4\text{H}_{10} + 6,5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$

A gáz összetétele és az égési egyenletek alapján kiszámítható hogy 1 m³ gáz eltüzelésével hány m³ szén-dioxid lesz a füstgázban.

- $\text{CO}'_2 = \frac{\text{fűtőérték}}{\text{fűtőérték}} = \underline{1,02 \text{ m}^3/\text{m}^3}$ (21)

Ez alapján a CO₂ kibocsátás.

- $\text{CO}_2 = \text{CO}'_2 * V_{\text{gáz}} = 1,02 * 1\,252\,487 = \underline{1\,277\,537 \text{ m}^3/\text{év}}$ (22)

A füstgázban lévő szén-dioxid értéket megszorozva a gáz sűrűségével, megkapjuk a Mályi geotermikus energia használatával egy fűtési szezonban megtakarított CO₂ mennyiségét. A gáz sűrűsége 0 °C hőmérsékleten 1,98 kg/m³.

$$\bullet \quad = \quad * \quad = 1\,277\,537 * 1,98 = 2\,529\,523 \text{ kg} = \underline{2\,529,5 \text{ t/év}} \quad (23)$$

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatunk a Mályiban fellelhető geotermikus energia hasznosításával foglalkozott. Az emberiség egyre nagyobb energia szükséglete miatt, fontos szerepet kaphatnak a megújuló energiák. Elemeztük a geotermikus energia kinyerésének lehetőségeit, és annak magyarországi felhasználását. A geotermia hasznosítása nem csak környezetvédelmi szempontokból, hanem az ország gazdasági helyzetének javítása érdekében is előnyös, így jobb életfeltételeket teremtve a lakosság számára. Mivel Magyarország világviszonylatban jó adottságokkal rendelkezik a geotermia terén, lehetőség, hogy hazánk a föld hőjének energia hasznosítása révén, a megújuló energiahordozókat hatékonyan alkalmazó országok közé tartozzon.

Bemutattuk azokat az előkészítő munkákat, amelyek szükségesek ahhoz, hogy a termálvizet kinyerhessük, illetve csővezetéken keresztül a Miskolc Ávas városrészhez eljuttatva, fűtésre használjuk. A lakótelep hőigényének ismeretében meghatároztuk, hogy a termálvíz a hőszükséglet hány százalékát tudja biztosítani. Számoltuk a Mályiban megtalálható hőközpont és az Ávas Hidraulika állomás közötti csővezeték szakaszon lévő hőveszteséget, a két termelő kút teljesítményét, a szén-dioxid kibocsátás csökkenését.

A Mályiban feltárt geotermikus energia hasznosítása a közvetlen energetikai hasznon túl, gazdasági (pl. munkahelyteremtés)-, környezetvédelmi (légszennyezés csökkenés) előnyökkel is jár, ami a távolabbi fejlesztési tervek - a környező települések becsatlakozásával – tovább növelhetők.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a „A Miskolci Egyetemen működő tudományos képzési műhelyek összehangolt minőségi fejlesztése” TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0008 projekt támogatásával valósult meg.

9. IRODALOM

- [1] http://hu.wikipedia.org/wiki/Geotermikus_energia
- [2] <http://energiapedia.hu/geotermikus-energiahordozok>
- [3] Listár Nikolett: A Geotermikus energia felhasználási helyzete hazánkban, Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Közmű- és Mélyépítési tanszék, 2011, p. 54
- [4] http://geotermia.lapunk.hu/tarhely/geotermia/dokumentumok/lindal_angol_ok.jpg
- [5] John R. Fanchi: Energy: TECHNOLOGY AND DIRECTIONS FOT THE FUTURE, Elsevier Academic Press 2004, p 491
- [6] Dr. Hajdú József: Alternatív energiatermelés a gyakorlatban, Karbonpiac 2009 p. 62-64
<http://www.klimairoda.hu/karbonpiac/download/kiadvanyok/Alternativ%20energiatermel%C3%A9s%20a%20gyakorlatban.pdf>
- [7] <http://www.nea.is/geothermal/the-resource/>
- [8] <http://www.nea.is/geothermal/the-resource/high-temperature-fields/>
- [9] <http://www.nea.is/geothermal/the-resource/low-temperature-fields/>
- [10] <http://www.nea.is/geothermal/direct-utilization/>
- [11] Major András: Magyarország geotermikus világhatalom,
<http://www.origo.hu/gazdasag/hirek/20060218magyarorszag.html>
- [12] Kékesi Zsuzsa és Szentirmai Péter: A PannErgy Nyrt. fundamentális elemzése, 2009
http://bet.hu/data/cms150286/Arbitralok__KekesiZsuzsa_SzentirmaiPeter_A_PannErgy_Nyrt._fundamentalis_elemzese.pdf
- [13] http://www.tompa.hu/dokumentumtar/doc_view/4-tompa-varos-geotermikus-energia-hasznositasi-koncepciojanak-kialakitasa
- [14] <http://www.sciencecaffe.com/hu/sciencecaffe/hu/sections/hazai-geotermikus-energiavagyon-geol%C3%B3giai-probl%C3%A9m%C3%A1i.html>
- [15] Dr. Csikai Miklós: A termálvíz komplex mezőgazdasági hasznosítása szentesen,
http://www.geotermika.hu/web/sites/default/files/Csikai_kistelek.pdf
- [16] <http://www.mannvit.com/GeothermalEnergy/ProjectExampleinfo/geothermal-energy-development-in-hungary>
- [17] Debre István: Geotermikus energia hasznosítás Szentlőrincen, 2011
http://geotermia.lapunk.hu/tarhely/geotermia/dokumentumok/debreistvan_eloadasa_geot_energiahaszn_szentlorincen.pdf

- [18] Vargáné Tóth Krisztina: Logisztikai központok fűtése geotermikus hőenergiával, Széchenyi István Egyetem, Logisztikai és Szállítmányozási tanszék, 2011, p 66
- [19] Észak-Magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség határozata: Miskolc egyes részeinek hőellátás érdekében tervezett termálvíz kitermelés, hasznosítás és vízvisszasajtolás vízi létesítményeinek vízjogi létesítési engedélye, p. 23
- [20] John R. Fanchi: Energy: TECHNOLOGY AND DIRECTIONS FOT THE FUTURE, Elsevier Academic Press 2004, p 491
- [21] BME: Épületenergetikai számítás, Hallgatói segédlet, 2009
<http://www.met.bme.hu/Letoltes-2009/KONYVTAR/Hallgat%C3%B3i%20Seg%C3%A9dlet-2009.pdf>
- [22] <http://www.csaladihaztervezes.hu/kalkulator/falszerkezet-kalkulator>