

# Fűtésre használt termálvizek visszasajtolás előtti hőszivattyúzása

Ádám Béla<sup>1</sup> – Tóth László<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HGD Kft., ügyvezető, <sup>2</sup> SZIE Gépészmérnöki Kar, egyetemi tanár

A termálvizet balneológiai célokra és a benne rejlő hőenergia hasznosítására ma is jelentős mértékben felhasználjuk. A hagyományos energiahordozók árának növekedése mellett ez utóbbi jelentősége a hőenergia-piacon egyre nagyobb. A kormányzat már a közép-távú tervezésnél (Nemzeti Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terv) is növelt szerepet szán a geotermális energia hasznosításának [1]. Az NCST szerint fenntartható erőforrás-gazdálkodással összhangban az új kapacitások kialakítása során különös figyelmet kell fordítani a geotermális fluidumban rejlő természeti kincsünk megőrzésére, ami általában a visszasajtolást vagy a megfelelő célú továbbhasznosítást teszi szükségessé.

Jelentős energiapotenciál rejtőzik a geotermikus energia hőellátásban betöltött szerepének növelésében, ami Magyarország bizonyos területein már jelenleg is elterjedt fűtési megoldás (pl. kertészetek). A geotermikus energia hasznosítása esetében a kútlétesítés és visszasajtolás közvetlen költsége mellett jelentősek a hőellátási és -elosztási rendszer kiépítésének ráfordításai, amelyek miatt a finanszírozás gyakran korlátozó tényezőt jelent.

Cikkünkben a hőhasznosítás olyan módszerével foglalkozunk, amely növeli a geotermális energia kinyerésének hatékonyságát, segíti a környezetvédelmi szempontú fenntarthatóságot, és jelentős költségmegtakarítással is jár.

Az energetikai szakma a termálvizek hatékonyságának növelésével elméleti és gyakorlati vonalon már jó ideje foglalkozik. Az Energiagazdálkodás 2011. évi januári számában Büki G. [2] e témakörrel részletes elemzést közöl, cikkünkben e munka elméleti alapjait elfogadva és követve a felhasználás praktikumával is foglalkozunk.

A fűtési hőigények és csúcshőigények ellátása

A vizsgálat bázisa

Példánkban egy konkrét település (Veregyháza) – egyébként jól működött – termálhő-hasznosítását vettük alapul, vizsgálva a bővítés lehetőségét. Az itt felhasznált

alapadatok nem tökéletesen fedik a jelenlegi helyzetet, hiszen a fejlesztés a városban folyamatos, inkább a reális adatokat megközelítve egy további korszerűsítési lehetőséget mutatunk be. Az alapvető adatok:

Termelőkút

– Termálkút talpmélysége: 1462 m

- Kitermelt termálvíz max. hőmérséklete: 64-68 °C
- Kitermelt termálvíz karbonátkeménysége: 303 CaO (30,3 nk°)
- Kitermelés maximális térfogatarama: 130 m<sup>3</sup>/h
- Energetikai célra felhasznált termálvíz: 280 000 m<sup>3</sup>/év
- Balneológiai célra felhasznált termálvíz: 80 000 m<sup>3</sup>/év

Visszasajtoló kút

- Termálkút talpmélysége: 1600 m
- Termálkút szűrőzése: 1309-1333 m, 1353-1365 m, 1392-1402 m
- A termálvíz visszasajtolás előtti kezelésének vázlatát mutatja az 1. ábra.
- A visszasajtolási hőmérséklet 48 °C.

A termálvízkezelés megóvása érdekében a vízadó rétegbe csak teljesen tiszta fluidum (termálvíz) kerülhet visszasajtolásra. Ehhez megfelelő tároló-, szűrőrendszerre van szükség (1. ábra).

A fentebbi alapadatokból kiindulva végeztük a számításokat, az 1. táblázatot főként a kontroll céljából mutattuk be.

**Cél:** A magas visszasajtolási hőmérsékletű fluidum lehűtése, az így kapott hőmennyiség felhasználása, s ezzel a rendszer bővítése, ill. újabb kútfúrások bővítés helyett a fenntarthatóságot inkább segítő rendszer kialakítása.

**Termálvizes fűtés és visszasajtolás előtti hőszivattyúzás**

**A hőszivattyúzás csúcsteljesítményen**

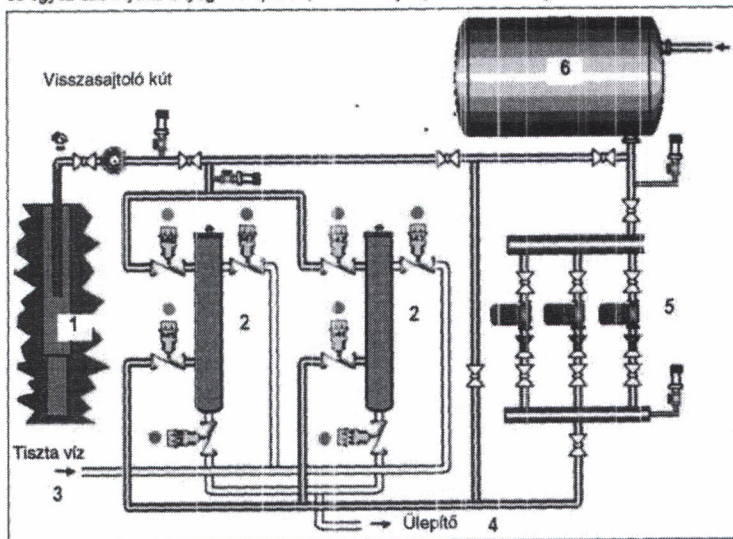
A példaként szereplő településen a termálvíz hasznosítását fűtésre alapesetben a 2/A ábra mutatja. Végül is: egyszeres hőcseréléssel (3. ábra) a kivett hőfűtési és HMV célokra használják fel.

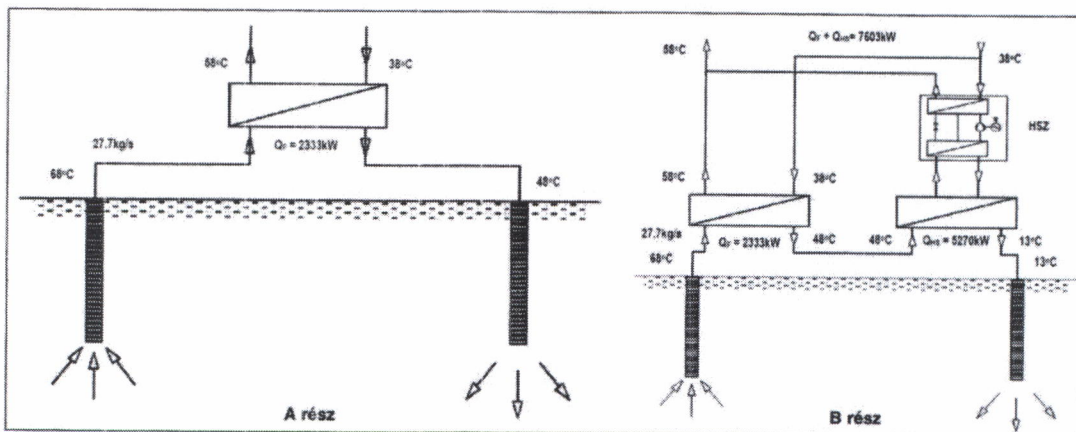
Ha a visszasajtolás előtt a benne lévő hőt hasznosítani kívánjuk, a hőszivattyús technikát kell alkalmazni (2/B ábra). Az üzemelő kút hozamának megfelelően a kivett termálvíz tömegarama:  $m = 27,7 \text{ kg/s}$  (100m<sup>3</sup>/h), és hőmérséklete:  $T_{TK1} = 68 \text{ °C}$  (4. ábra). Csúcsidőben a fűtővíz-hőmérsékletek:  $T_{FV}/T_{VF} = 58/38 \text{ °C}$ , a tömegáramát az egyszerűség kedvéért az előzővel azonosra vettük.

Alapesetben a kivett termálvizet  $T_{VSO} = 48 \text{ °C}$  hőmérsékletre hűtjük le ( $m =$  termálvíz,  $m_{fv}$  = fűtővíz tömegáramával).

Az „A” esetben ezzel a termálvizel oldjuk meg a fűtési csúcsteljesítményt:

1. ábra A termálvíz visszasajtolás előtti kezelése  
1 – visszasajtoló kút, 2 – szűrők, 3 – szűrők öblítése tiszta vízzel, 4 – a kiszűrt ásványi anyag és egyéb szennyező anyagok üleptése, 5 – szivattyúk, 6 – tárolótartály





2. ábra Az eredeti (A) és a "fejlesztett", a növelt igényeket kielégítő változat (B)

$$Q_{ACS} = Q_F = \dot{m}c(T_{TK1} - T_{VSO}) = 27,7 \cdot 4,2 \cdot (68 - 48) = 2333 \text{ kW}$$

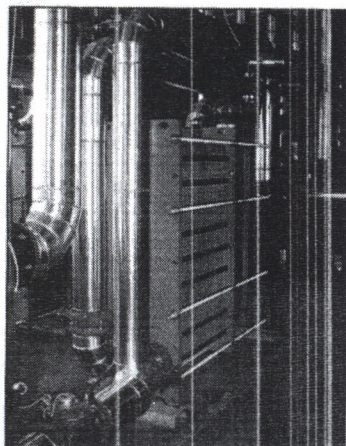
Hőszivattyús kiegészítéssel (B) a közvetlen hasznosításból elfolyó 48 °C hőmérsékletű termálvizet mintegy  $T_{VSI} = 13 \text{ °C}$  hőmérsékletre hűthetjük le, és a fűtővizet 38 °C visszatérő hőmérsékletéről 55-58 °C előremenő hőmérsékletre melegíthetjük fel (a fűtővíz hőmérsékletei megegyeznek a termálvízből közvetlenül előállított fűtővizével). E hőmérsékletekkel a hőszivattyú fűtési tényezője (COP – Coefficient of Performance) már viszonylag jól becsülhető:

$$\epsilon_f = (COP) = \frac{T_{FK}}{T_{FK} - T_{VSI}} = \frac{331}{331 - 286} = 0,6 = 4,4$$

$\nu = 0,6$  veszteségtényező.

Igy a hőszivattyúval a fűtés hőteljesítménye:

3. ábra Lemezcső hőcserélők a fűtési kör előtt



1. táblázat 2006-2007. évi adatok az energiatelhasználásról

Fogyasztók száma a településen	Fűtési hőteljesítmény-igény kW	HMV-csúcsigény kW	A hasznosított geotermikus energia GJ	A helyettesített földgáz m <sup>3</sup> /év
11	1580	445	14200	406000

$$Q_{HSZ} = \dot{m}c(T_{VSO} - T_{VSI}) \frac{\epsilon_f}{\epsilon_f - 1} = 27,7 \cdot 4,2(48 - 13) \frac{4,4}{4,4 - 1} = 5270 \text{ kW}$$

Tehát az alapesetben (közvetlen hasznosítás) elért hőteljesítménynek a 2,25-szorososa. A kettő együtt:

$$Q_{BGY} = Q_F + Q_{HSZ} = 2333 + 5270 = 7603 \text{ kW}$$

A csúcshőteljesítménynél az alapeset 2,4-szeresére növekedett.

Végül is a hőszivattyúzás nagy hőtartalom-növekedést és a termálvíz nagyobb ki-

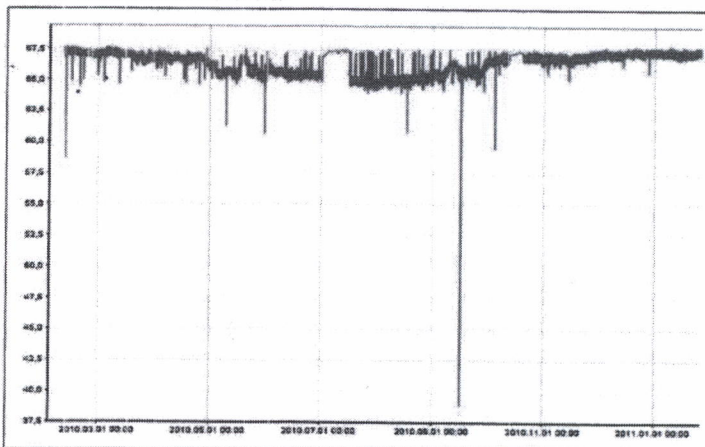
használását, illetve alacsonyabb hőmérsékletű fluidum visszajutását eredményezi. A fűtési tényező kedvezőnek tekinthető.

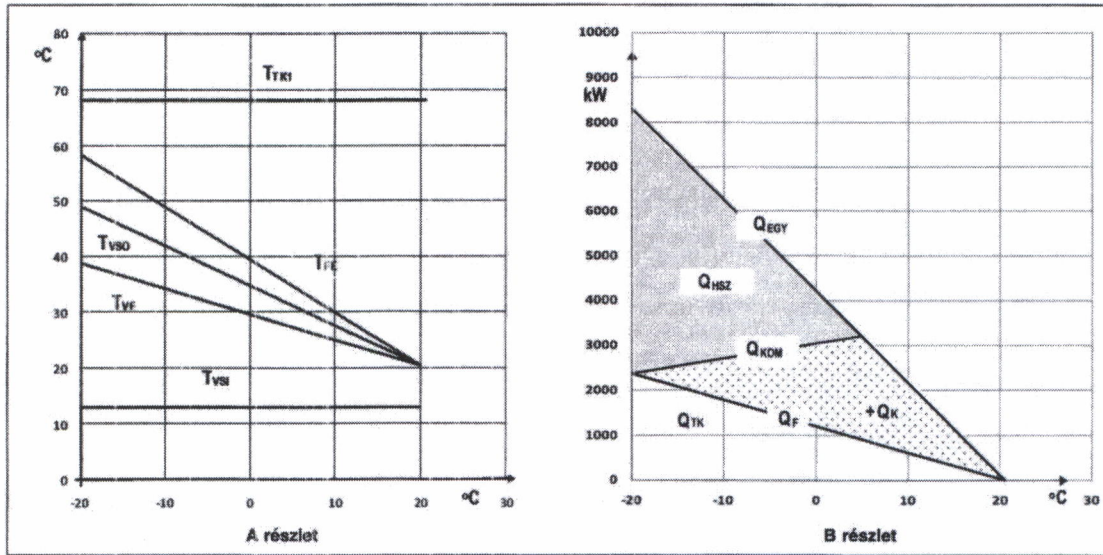
**A termálvíz hőszivattyúzése részterheléseken**

A hőszivattyúzás fűtési tényezője az év során magasabb, mint a csúcshőteljesítmény idején. A hőszivattyúzás igényelt mértékét a külső hőmérséklet függvényében az 5/A ábra, az évi kihasználási igény függvényében az 5/B ábra szemlélteti (a jobb átláthatóság céljából HMV termeléstől eltekintünk).

Az ábrán a fűtési hőteljesítményt alapesetben:  $\dot{Q}_F$ , hőszivattyúzás esetén:  $\dot{Q}_{BGY} = 4,4 \dot{Q}_F$

4. ábra A termálvíz hőmérséklete





5. ábra A termálvíz és a fűtés hőmérsékleti értékei (A), továbbá a hőteljesítmények (B) a környezeti hőmérséklet függvényében (az eredeti és a hőszivattyús megoldásnál)

vonal jelzi. Az  $m$  tömegáramú termálvízzel ellátható hőteljesítmény:

$$Q_{KOM} = mc(T_{TK1} - T_{VSO})$$

A hőszivattyú üzeme akkor szűnik meg, amikor a termálvíz egyedül is képes fedezni a hálózatba kapcsolt hőigényt:

$$Q_{KOM} = Q_{EGY}, \text{ vagyis az}$$

$$mc(T_{TK1} - T_{VSO}) = 3,4 mc(T_{FE} - T_{VF})$$

a hőmérsékletekre kibontva:

$$T_{FE} - T_{VF} = \frac{T_{TK1} - T_{VSO}}{3,4}$$

A keresett érték  $\approx 4$  °C külső környezeti hőmérsékleten következik be.

A termálvízzel alapesetben kielégített hőigényeket a  $Q_{TK}$  tartomány, a hőszivattyúzásnál a  $+Q_K$  tartomány mutatja, a  $Q_{HSZ}$  rész pedig a hőszivattyúkkal fedezett hőigényeket jelöli. A 6. ábra szerint a kiterjesztett éves hőigényben a hőszivattyús termelési igény ( $Q_{HSZ}$ ) rövidebb időtartamú, a termálvíz hőjének direkt felhasználása ( $Q_{TK}$ ) pedig bővül. (Ez azt is jelenti, hogy a csekélyebb kihasználás miatt ekkor a hőszivattyúk helyett a csúcsterhelésre földgázkazánok is beállíthatók lennének, ami egy bivalens rendszert eredményezne.)

Azonos berendezésnél a hőtermelés mérséklődésével a fűtési tényező értéke növekszik. A 7. ábra a hőszivattyúban készült me-

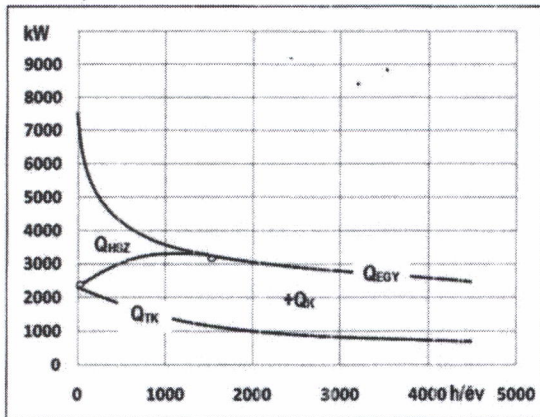
leg víz hőmérsékletét ( $T_{VF}$ ) és ennek következtében a fűtési tényező várható változását mutatja.

$$\varepsilon_f = COP = \frac{T_{EGY}}{T_{EGY} - T_{VSI}}$$

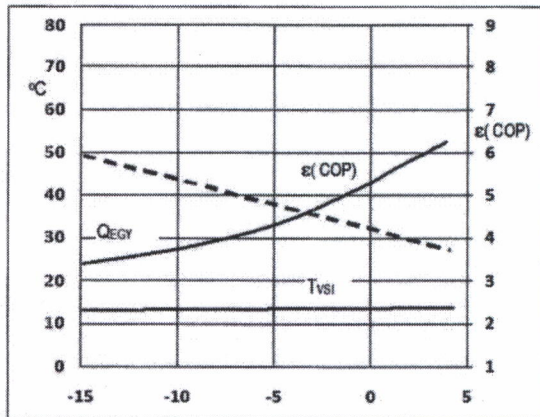
Az ábrából kitűnik, hogy a hőszivattyús évnyi átlagos fűtési tényezője (szezonális teljesítményfaktor:  $\varepsilon_f = SPF$ , a *Seasonal Performance Factor* már valójában nem teljesítmény, hanem a szezonban nyert/bevitt energia aránya, kWh/kWh) számottevően meghaladja a csúcsidei fűtési tényező értékét.

$$\varepsilon_f = \frac{Q_{HSZ}}{E} > \varepsilon_{sz} = \frac{Q_{HSZ}}{P_{sz}}$$

6. ábra A fűtés évi tartandiódiagramja hőszivattyús és hőszivattyús nélküli hőszivattyús esetén



7. ábra A csúcsterhelésű hőszivattyú fűtési tényezőjének változása



### A hőszivattyúzás energetikai jellemzése

Korrekst értékeléshez a felhasznált villamos energia hatékonyságát kell összehasonlítani a korszerű gázfűtéssel.

A hőszivattyú által felhasznált villamos energia  $E_V$ , a felhasznált földgáz energiatar- talma  $E_G$ .

A felhasznált villamos energia előállításának hatásfoka:  $h_E = E_V / E_G$ .

A földgázfűtés hatásfoka:  $h_K$ .

Az átlagos évi fűtési tényezőnek nagyobbak kell lenni, mint a két hatásfok viszonya (Büki, 2010, [7]):

$$\frac{\eta}{\eta_E} > \frac{\eta_K}{\eta_E}$$

A felhasznált villamos energia elszámolásánál a kinyert geotermikus hő akkor számít megújuló energiának, ha az átlagos fűtési tényező [7]:

$$\frac{\eta}{\eta_E} > \frac{1,15}{\eta_E}$$

Ez azt jelenti, hogy a hőszivattyús hőtermelést csak a legjobb hatásfokú kondenzációs kazánnal kell összehasonlítani.

Egyértelműen a termálhő-hasznosítás hatásfoka a hőszivattyús fűtési tényezőjének és a villamosenergia-előállítás hatásfokának növelésével növekszik [7]. A termálfűtés továbbfejlesztése esetén mintegy (COP=) 4-4,7 átlagos fűtési tényező adódik, amely 60-80 %-a az elérhető maximális értéknek. Lásd 7. ábra!

### Gazdasági előnyök

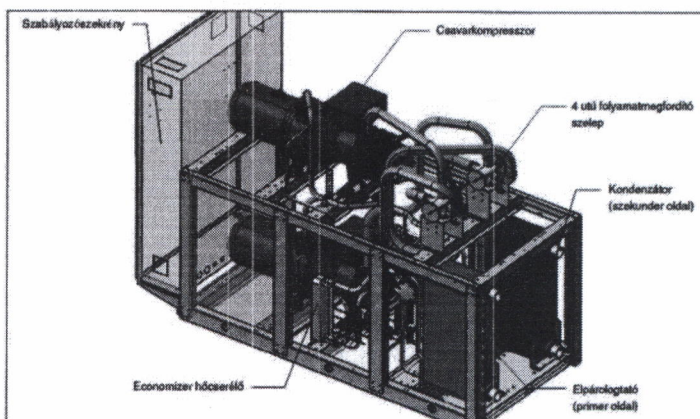
Mit jelent ez konkrét esetben a felhasználónál költségben, ill. új beruházás kezdeményezése esetén (a jelzett település konkrét példája alapján)?

A fűtési szezonban az átlagosnak vett hőteljesítmény (6. ábra) 3200 kW, ami 11520 MJ/h-nak felel meg. 34 MJ/m<sup>3</sup> földgáz esetén 434 m<sup>3</sup>/h gázfogyasztást jelent (100 % kazánhatásfok mellett). 136 Ft/m<sup>3</sup> földgázár mellett 4500 h/év felhasználás esetén a fűtési költség 207,2 millió Ft/év.

A hőszivattyúfűtés esetén (3200/4,4COP =) 727 kWh a villamosenergia-felhasználás. 31,50 Ft/kWh energiaár mellett a 4500 h/év szezonban 103 millió Ft/év villamosenergia-költséget eredményez.

A kettő különbsége a hőszivattyúzással megtakarítható összeg: 104,2 MFt/év. Önmagában a hőszivattyús rendszer beruházási költsége (pl. 5270 kW-ra, összesen ~520 millió Ft) a gázfűtéshez képest 5,8-6,5 év alatt megtérül.

**További beruházási előny,** hogy nem kell újabb (a maximális teljesítménynek megfelelő) 2 db kútgyógyítást elkészíteni (a vízszasajtolással együtt 4 db fúrásnak felel meg), ami a hőszivattyúk beállításához képest 2-2,5-szeresen megnöveli a költséget jelent.



8. ábra Korszerű hőszivattyú felépítése

A NCST szerint a geotermikus energia hőszivattyúval való hasznosítása esetén kedvezményes villamosenergia-tarifa kerül alkalmazásra, ami a gazdasági előnyt javítja. Ugyanakkor várható előírás lesz, hogy a Talajszondás, talajkollektoros és vízbázisra épülő hőszivattyúknál a fűtési energia és a használati meleg víz előállítására vonatkozó becsült éves SPF-érték legalább 4,2, egyéb hőszivattyú esetén 4,0 kell, hogy legyen, a gyártó és kivitelező megfelelési nyilatkozatával igazolva". Az SPF-érték számításához a fűtési szezon során fogyasztott összes villamosenergia-mennyiséget kell figyelembe venni, nem vehető figyelembe a hűtésre használt villamos energia.

Lektorálta: Dr. Beke János

### Összefoglaló

A mélyfúrású termálkutakból a kitermelt fluidumból kinyert hőenergiát igen gazdaságosan használják létesítmények fűtésére – hőigényének biztosítására – és használati meleg víz (HMV) előállítására. A kivett fluidumot a lehűtés után vissza kell sajtolni a kinyerést tápláló vízrétegbe. A visszasajtolás hőmérséklete rendszerint a fűtési ág visszatérő hőmérsékletével azonos, s e víz még igen jelentős energiataralommal rendelkezik. Visszasajtolás előtti hőszivattyús technológiával ez a hőenergia igen gazdaságosan kinyerhető és az említett célokra felhasználható. Elkerülhető újabb termelő- és visszasajtoló kutak igen költséges létesítése. Cikkünkben ezt kívántuk bizonyítani elméleti alapon és egy gyakorlati példa alapján.

### Summary

*The heat energy recovered from the fluid produced by deep thermal wells is used very economically for heating buildings – cover-*

*ing the heat demand – and supplying utility hot water. After cooling the in-taken fluid must be injected back into the reservoir water layer. The temperature of back-injection is usually equal to that of the return line and the water still contains quite significant energy amount. Before injecting-back this heat energy can be recovered by the heat-pump technology, and fed back into the basic heating system. In this way the very expensive investment of new production and injection wells is avoidable. Authors prove this on the theoretical base and with a practical case in the present article.*

### Irodalom

- [1] MAGYARORSZÁG MEGÚJULÓ ENERGIA HASZNOSÍTÁSI CSELEKVÉSI TERVE. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium • www.kormany.hu. Zöldgazdaság-fejlesztésért és Klímapolitikáért Felelős Helyettes Államtitkárság ISBN 978-963-89328-0-8
- [2] Büki G.: 2011. A termálfűtés hőellátás hőszivattyús fokozása Energiagazdálkodás 52. évf. 1.sz. 9-11p.
- [3] Büki G.: 2010. Megújuló energiák hasznosítása Magyar Tudományos Akadémia Köztudományi Stratégiai Programok, Budapest, 52-79 p. ISBN 978-963-508-599-6
- [4] Bobok E. – Tóth A.: A geotermikus energia helyzete és perspektívái. Magyar Tudomány, 2010. augusztus.
- [5] Ádám B.: 2010. Európa hetedik legnagyobb földhőszondás hőszivattyús rendszere. HGD Kft.
- [6] Csontos L.: 2007. Geotermikus energiahasznosító rendszer Veregyházaon. Kezelési utasítás (kézirat)
- [7] <http://www.geowatt.hu/index.php/publikacio/sajto/59-geotermikus-energia-hasznositas-ujgeneracios-hoszivattyukkal.html>
- [8] <http://www.hgd.hu/index.php?m=5&t=Hoszivattyu-szakcikkkehthp>