

SEBESTYÉN VIKTOR–SOMOGYI VIOLA

A felszínközeli földhőhasznosítás mérnökszemmel

Magyarország lakossága jelenleg fűtési energiaszükségletét túlnyomórészt fosszilis energiaforrások felhasználásával elégíti ki. A megújuló energiaforrások jó alternatívát jelenthetnek hazánkban, mivel energiasűrűségükből adódóan leginkább a lakossági célú felhasználásra alkalmasak. A fűtési célú földhőhasznosítási technológiák jelenleg szórványosnak tekinthetők, azonban a jövőbeni számuk emelkedése megjósolható, ezért a telepítésük környezeti és vízföldtani kockázatait már most kellő prioritással kell kezelnünk.

A Föld hőkészlete három összetevőből adódik, melyek együttesen határozzák meg a földi hőjelenségeket. A látszó hő a Föld teljes hőkészletéhez viszonyítva körülbelül egyharmad részt képvisel (Ursula Schreier et al., 2009). A másik két forrás a radioaktivitás és a napsugárzás. A Föld általános hőmérsékleti profilja alapján elmondható, hogy tömegének 99%-a melegebb, mint 1000 °C, valamint 99,9%-a melegebb, mint 100 °C (Ursula Schreier et al., 2009). A Naptól érkező és a földfelszínre elérő sugárzás éves átlagértéke Magyarországon 168 W/m² (Papp, 2010), világátlagos pedig 342 W/m².

A felszín alatti vizek hőmérsékletét alapvetően két dolog határozza meg: a Föld belsejéből a felszín irányába áramló hő (hőfluxus), valamint a felszínre érő és ott elnyelődő napsugárzás (inszoláció). A mélyebben lévő víztesteket (rétegvizek) nagyobb részben fűti a hőfluxus, míg a felső (talaj) víztesteket az inszoláció egészen a sokéves lehatalási mélységig, a neutrális zónáig. Az inszoláció mértéke időben nem állandó, függ a napsugárzás intenzitásától, időtartamától, így főként a földrajzi szélességtől és az évszaktól. Kisebb léptéket vizsgálva befolyásolják a domborzati viszonyok, a növényzet, az aktuális időjárási viszonyok (Juhász, 2002).

A felszín alatti vizek energiatartalmát hasznosítják a felszínközeli vagy sekély tározóra telepített rendszerek. Ezek a fűtési igényhez képest alacsonyabb hőmérsékletű közeg energiáját hőszivattyúval alakít-

ják át hasznosítható hővé. A következőkben e rendszerek válfajairól és telepítési szempontjairól esik szó.

A talajkollektor

Talajkollektoron a földfelszín alatt vízszintesen elhelyezett csőhálózatot értjük (1. ábra). A kollektor csőhálózatának teljes hosszát a mindenkori fűtési igény és a hőszivattyú gyártója által megadott útmutató előírásai határozzák meg. Általában a térszín alá 1,2–1,5 m mélységben telepítik, az adott terület fagyhatárának mélységét figyelembe véve. A kollektorban a földtani közegnél alacsonyabb hőmérsékletű fagyálló folyadék kering a talaj hő-



1. ábra. A talajkollektor kialakítása (Hoffman, 2011)

mérsékletét felvéve, melyet a hőszivattyú magasabb hőmérsékletre alakítva a fűtési kör rendelkezésére bocsát. Onnan a lehűlt folyadék ismét a kollektorba kerül, és a folyamat kezdődik előlről. A talajkollektor hidraulikailag zárt rendszert alkot, nyomás alatt áll, ezért szükséges hozzá keringtető szivattyú, légtelenítő szelepek és tágulási tartály is. Tervezési fázisban figyelembe veendő, hogy a talaj hőmérsékletének visszaállása időben elnyúló lassú folyamat, a talaj tulajdonságaitól függően heteket, hónapokat vehet igénybe (Kömlyös et al., 2009).

A megfelelő hőigény megállapítása kísérleti alapokon nyugvó számításokkal történik, és földtani, vízföldtani ismereteket is igényel. Kimeríthetetlen készlet nem létezik, amennyiben a kitermelés mértéke meghaladja a visszapótlódást, helyi hőhiány keletkezik, a talaj lehül. A méretezést ezért különös körültekintéssel, a helyi viszonyok figyelembevételével kell végezni. Szakértők véleménye alapján a telepített rendszerek negyede alulméretezett, kétharmada túlméretezett (Kömlyös et al., 2009). Épp ezért – noha maga a telepítés saját kezűleg is megoldható – a méretezési vizsgálatok elvégzéséhez szakértő bevonása szükséges. Az egyik ilyen mérőszám a talaj hővezető képessége, mely a technológia hatásfokával szoros kapcsolatban áll.

A talajszonda

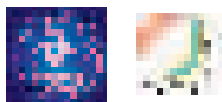
Talajszondán a földfelszín alatt függőlegesen elhelyezett hőcserélőt értjük (2. ábra). Többféle típust forgalmaznak belőle, „U-csöves” talajszondát, „cső a csőben” talajszondát, valamint a szondafejekből is többféle kivitel gyártanak. Teljesítményük elsősorban a szondák számától és a telepítési mélységtől függ. A 30–100 m mély furatok készítése hordozza magában a környezeti kockázatok túlnyomó hányadát.

A létesítésükre vonatkozó előírások:

A bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény 1. §-ának h) pontja alapján a törvény hatálya alá tartozik „a geotermikus energia hasznosítása, valamint a felszín alatti víz termelésével együtt nem járó kutatása és kinyerése”, így a függőlegesen elhelyezett zárt hurkú talajszondák létesítése minden esetben engedélyköteles.

Mivel vízkivétel nem történik, így a földtani kutatásra vonatkozó szabályok a mérvadóak, az ehhez szükséges létesítményeket is a bányafelügyelet engedélyezi (96/2005 (XI. 4.) GKM rendelet).

A fűrészi engedélyt a Bt. 31. §-ának (1.) bekezdése alapján az illetékes bányaka-



pitányság adja ki (a területi illetékességről, hatásköréről külön jogszabály rendelkezik).

Bányajáradék fizetése nem szükséges, mivel a talphőmérséklet nem haladja meg „a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény végrehajtásáról szóló 203/1998. (XII. 19.) Korm. rendelet 34. §-a szerint megállapított” 30 °C-t.

Tervezésének és elhelyezésének előfeltétele a talaj adottságainak, a rétegződésnek, a talaj ellenállásának, talaj- és rétegvíz elhelyezkedésének, áramlási irányának a pontos ismerete (Ursula Schreier et al., 2009). Ezen ismereteket szakértői vizsgálatok (vízföldtani, földtani, geofizikai) elvégzésével szerezhetjük be, melyek jelentős költségvonzattal bírnak, ehhez járulnak hozzá a fűrés szakember- és költségigénye.

A felszín alatti hőtárolók „megnyitása” és a bennük keltett hőtranszport (iránytól függetlenül) a rendszer természetes állapotának megváltozását okozza (Papp, 2010). Talajszondák esetében, mivel a technológia zárt hurkú, a változások a furat létrehozásával, a szonda rendszerbe történő bekerülésével és hőmérséklet eloszlás megváltozásával jelentkeznek. A vízföldtani környezeti kockázatok alacsonyabbak, mint nyitott hurkos rendszer esetében, de a kivitelezés minősége itt is jelentős szerepet játszik. Az első, nagy kiterjedésű vízzáró réteg felett elhelyezkedő víz (talajvíz) hazánk területén csaknem mindenhol szennyezett. Amennyiben átfúrjuk az első (vagy több) vízzáró réteget, ha csak egy rövid időre is, de hidraulikai kapcsolatot teremtünk a különböző rétegek között. Amennyiben az alsóbb rétegek piezometrikus nyomása alacsonyabb a felső rétegekénél, úgy a szennyvezékek lefelé áramlása bekövetkezhet. Kérdéses lehet a hidraulikai kapcsolat későbbiekben történő „elzárásának” a minősége is.

A földi hőáram világszerte 63 kW/km², hazánkban 90,4 kW/km² (Papp, 2010). Az eltérés geofizikai okokra vezethető vissza (vékonyabb földkéreg, nagyobb vastagságú üledékek). A rendszer regenerálódásáról jelenleg kevés adat áll rendelkezésre. Magyarország mélyebben fekvő készleteit tekintve van „kedvezőbb” helyzetben, nem pedig a sekélyebb mélységű hőtárolók tekintetében (Papp, 2010). A készletek számbavételénél a viszonyítási alapokat fel kell tüntetni, és felhívni a figyelmet az összehasonlításnál arra, hogy csupán azon adatok tükrében vontuk le az adott következtetéseket.

Talajszonda telepítése esetében a földtani közegben tárolt víz elhelyezkedése, áramlási képe döntő jelentőségű a beruházás hatékonysága szempontjából. A víz



2. ábra. A talajszonda kialakítása (Hoffman, 2011)

fajhőjének és a kőzetek fajhőjének különbségéből adódik, hogy a tárolt hőenergia nagyobb részét a pórusokat kitöltő víz hordozza. Belátható, hogy a felszín alatti vizek áramlási viszonyai is nagyban befolyásolják a hatásfokot.

Nyitott hurkú földhőhasznosítás kútpárral

Az előzőekben ismertetett technológiák zárt hurkúak, azaz a munkakörben nem vesz részt a földtani közegből elmozdított víz. Magyarországon a talajvizek hőmérséklete természetes állapotban folyamatosan fagyponthoz felel, körülbelül 11-13°C átlagértékkel (Papp, 2010). Nyitott hurkú földhőhasznosításkor a felszín alatti víz közvetlenül részt vesz a munkakörben, így azt ki kell venni a természetes földtani közegből, majd a hőenergia elvonása után az „1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról” értelmében a létesítési engedélyben foglaltak szerint elhelyezni. Ha ugyanabba a rétegbe történik a visszatáplálás, a felszín alatti vízkészlet számszakilag változatlan, de a technológia létesítése engedélyköteles. Eltérő esetben a technológia üzemeltetése vízkészlet járulékos kárt okozhat maga után.

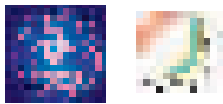
Tervezési fázisban fontos kiemelni, hogy a talaj, és a talajvíz tulajdonságainak pontos ismerete szükséges a létesítéshez, ezért próbafúrás készítése ajánlott. Mivel a próbafúrás növeli a beruházás költségeit, így azt gyakran elhagyják. Szükséges a talajvízréteg mélységének, kiterjedésének, kémiai profiljának ismerete. Mivel a földtani közegből vízkitermelés történik, ezért a vízáadó képesség meghatározása lényeges feltétel. A feladat elvégzése nagyobb körültekintést igényel, mint nem energetikai célú hasznosításra létesített kút esetében (ivóvízkút), ugyanis a hőszivattyú akár 20 órát is működhet egyetlen nap alatt, és

a vízigényt a kútnak folyamatosan ki kell tudni szolgálni. Csúsigény kísérlettel történő meghatározása javasolt, ilyenkor 2–3 napos folyamatos szivattyúzást végeznek. Általánosan elmondható, hogy a fűtési teljesítmény (igény) kW-onként 0,2 m³/h vízkapacitás rendelkezésre állása javasolt (Kömlös et al., 2001).

A létesítés korlátozódhat kizárólag a talajvíztartókra, vagy mélyebb kutakat is fűrhatunk. A gyakorlatban általában 15 m-től 60–70 m-ig létesítenek fűtési célra kutakat. Tervezési irányérték, hogy a kút minimális hőmérséklete 8 °C felett legyen, és a visszavezetett (energetikailag már hasznosított) víz ne legyen hidegebb 4 °C-nál (Kömlös et al., 2009). A létesítés folyamán a kútfúrótól a vízhozamról és a kútvíz hőmérsékletéről bizonylatot kell kérni, valamint a kútnyilvántartási adatok (vízföldtani napló) egy példányát is be kell szerezni. A tervezett kutakra a területileg illetékes vízügyi hatóságtól vízjogi (létesítési/üzemeltetési) engedélynek beszerzése szükséges.

A gyártók a hőszivattyún átáramló víz minőségi követelményeit ismertetik, ezeket a megfelelő üzemelés érdekében be kell tartani. Előfordulhat, hogy a helyi talajvíz nem felel meg az előírásoknak. Ilyenkor mélyebb réteg megvizsgálása, vagy a beruházás újragondolása javasolt, noha az egyes kémiai összetevők különböző eljárásokkal kivonhatóak a munkakörben a hőszivattyú elé beépített berendezés által, viszont ez megnöveli a beruházás költségeit olykor aránytalanul magas költségekkel.

A nyitott hurkú rendszerrel egy lehetséges szennyezés terjedése valószínűbb, mint a zárt hurkú rendszer esetében, mivel a kivett (és energetikailag hasznosított) vizet a folyamat végén visszavezetjük egy felszín alatti víztartóba, vagy felszíni vízfolyásba. Létesítési oldalról a technológia akkor hordoz nagyobb kockázatot, ha a 25-30 m-nél mélyebb rétegvíztartókra települ, ugyanis ekkor áll fenn az esélye annak, hogy a már eleve szennyezett talajvíz hidraulikai kapcsolatba kerül mélyebb réteg(ek) természetes vizével. Megfelelő szaktudással és eszközparkkal ez a kockázat minimálisra csökkenthető, de nem megszüntethető. A gyakorlatban legelterjedtebb nyitott hurkú földhőhasznosítási technológia egy termelő-, és egy nyelő kútból áll (3. ábra). Üzemelés közben a termelőkútban és annak környékén a földtani közegben a vízkivétel (szivattyúzás) hatására vízszintcsökkenés, leszivási tölcseér alakul ki. Ennek kiterjedése a talaj tulajdonságaitól és a kitermelt víz mennyiségétől függ. A nyelőkútban és annak környékén pedig a vízbevezetés hatására

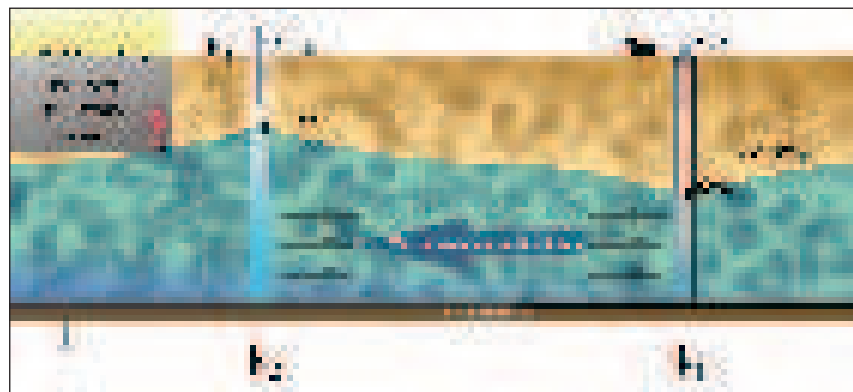


vízszintemelkedés keletkezik (talajvíz-domb). Nyomás alatti (zárt tükrű) esetben pedig (piezometrikus) nyomásszint változások keletkeznek (Papp, 2010). A rendszert célszerű úgy kiépíteni, hogy a már energetikailag hasznosított víz, amely ennél fogva alacsonyabb hőmérsékletű a természetes állapothoz viszonyítva, a nyelőkút a termelőkúttól elfelé és ne annak irányába szállítsa. A két kút között kialakuló vízszintkülönbségek a természetes áramlással ellentétes hidraulikai erőket keltenek. A talajvíz-domb a megemelkedett vízszint visszaállítására a termelőkút felé irányuló erőket kelt, míg a (folyamatosan) szívott termelőkút a lecsökkent vízszint visszaállítására maga felé irányuló erőket kelt. Így könnyen belátható, hogy az üzemelés során az áramlás sebessége csökkenni fog, ezért az eredeti áramképre tervezett rendszerek hatásfoka elmarad a várt értékektől.

A leszívási tölcser és az egyéb az üzemelés által gerjesztett változások átléphetik a telekhatárt, megváltoztatva ott (is) a hőáramlási, vízáramlási képet,

dó felszín alatti víztartó. A technológia kritikus pontja a nyelőkút. Elképzelhető, hogy a kitermelt vízhozam egyetlen darab nyelőkúttal nem juttatható vissza az adott rétegbe. Ilyenkor több nyelőkút létesítése szükséges, amely jelentősen megnöveli a beruházás költségeit. Egy másik lehetőség a felszíni beszívárogatás nyílt tükrű víztartón keresztül, vagy ha az adott helyen ez nem megvalósítható, akkor a háromfázisú zónába mélyített ejtőműtárgyakkal is megoldható a vízszátáplálás.

A nyelőkutak fő problémája, hogy idővel eltömődhetnek. Az általunk kitermelt víz lebegőanyag tartalma megfelelő kivitelezést feltételezve sem zérus. A nyelőkútba szállított víz sebessége a pórusterben csökken, és így a benne tárolt lebegőanyag ott kiülepedhet ezzel folyamatosan csökkentve annak átteresztőképességét. Habár vannak technológiák az eltömődött kutak tisztítására, ezek nagyon költségesek. Az eltömődés megelőzésének legegyszerűbb módja a termelő és nyelőkút időszakos megcserélése. Ezt azonban már a tervezési fázisban



3. ábra. A kútpárral üzemelő rendszer és hatásai

esetlegesen a kémiai profilt is (Papp, 2010). Jelen szabályozás szerint az energetikai hasznosítást célul kitűző beruházásokhoz nem szükséges a környező (közvetlen közelben) lévő lakosság engedélye. Az energiahasznosításra létesített rendszerek adatbázisa nem létezik, így könnyen előfordulhat, hogy két engedéllyel rendelkező rendszer egymásra hatása nem zérus. Hidrodinamikai és transzportmodellezési eszközökkel egyértelműen bizonyítható, hogy a teljes fűtési időszakot vizsgálva a termikus távolhatás meghaladja a több tíz métert, így valós teljesítménycsökkenést eredményezhet egy másik hasonló földhőhasznosítási technológiánál.

A rendszer kiépítésénél figyelembe kell venni, hogy rendelkezésre álljon a szükséges vízhozamot biztosítani tu-

figyelembe kell venni, és ennek megfelelő módon kialakítani a kutakat. Amennyiben a váltakozó termelő-nyelő üzemmód nem megoldható, úgy a nyelőkúton időszakosan kúttisztítást lehet végezni, mely ugyancsak további költségvonzattal bír, és hatásfoka sosem 100% (Papp, 2010). Ha a kút nem képes az adott vízhozamot elnyelni, akkor a talajvízszint kritikus mértékig megnövekedhet, miközben a feliszapolódás talajromláshoz vezethet.

A felszínközeli földhőhasznosítási technológiák jó megoldást jelenthetnek a fűtési költségek hosszú távú csökkentésére, azonban bizonyos mértékű földtani és vízföldtani kockázatokat is magukkal hordoznak. Általánosan elmondható, hogy a kockázatok mértéke megfelelő tervezéssel és kivitelezéssel minimalizálható.

A rendszerekhez a teljesítménycsökkenés elkerülése miatt minimális védőtávolságot kell meghatározni, hogy egy jövőbeli hasonló technológia telepítése ne befolyásolja az eredetileg megállapított hatásfokot. A távolhatás mértékének meghatározására a jövőben további kutatásokat kívánunk végezni. 📄

Irodalom

- Juhász J. 2002: Hidrogeológia, Harmadik átdolgozott kiadás, Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 1176.
- Komlós F., Fodor Z., Kapros Z., Vajda J., Vaszil L. 2009: Hőszivattyús rendszerek Heller László születésének centenáriuma, Komlós Ferenc, Dunaharaszti, p. 215.
- Papp Z. 2010: Gondolatok Magyarország geotermikus helyzetéről A sekély/közepes mélységű kutakra kiépített vízviszaforgató hőszivattyús rendszerek vízbányászati mellékhatásai, Mérnökújság, 2010. december, Budapest
- Reinhard H. 2011: Hőszivattyús fűtések, Cser Kiadó, Budapest, p. 84.
- Schreier U, Stawiarski K., Kirchersteiner W, Antony F. 2009: A hőszivattyú, Cser kiadó, Budapest, p. 88.
- Zerinváry Sz. 1956: A Föld fizikája, Művelt Nép Könyvkiadó, Budapest, p. 464.

Augusztusi számunk tartalmából

- Szász Domokos:* Entrópia, biliárdok, whisky szódával és Abel-díj
- Fülöp Ottilia–Barabás Béla:* Aszimmetria a természetben, megválaszolatlan kérdések az egészségvédelemben
- Mező Szilveszter:* Homokba temetett múlt. Kovács János egyiptomi gyűjtőútja
- Jordán Ferenc:* Netwörköző állatok Lélekben amatőr csillagász maradtam. Kiss László akadémikussal beszélget Lukácsi Béla
- Csaba György:* Tobozmirigy az atomkorban
- Abonyi Iván:* Az Einstein lány (OLVASÓNAPLÓ)
- Molnár V. Attila:* Orchideák, melyek lenyűgözték Darwint
- Both Előd:* 100 éves a Hertzsprung–Russell-diagram
- Rezsabek Nándor:* Emlékezés Hédervári Péterre
- Juhász Péter:* Építő jellegű mikroorganizmusok
- Szili István:* Utak fassorral