

# A geotermális fluidumok energetikai hasznosítása során felmerülő problémák

Tonkó Csilla Mária, Pátzay György<sup>1</sup>

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

## **KIVONAT**

Hazánk geotermikus adottságai igen kedvezőek. Számos termálkút-tal rendelkezünk, melyek vizét széles körben hasznosítják energetikai célokra a mezőgazdaság és az ipar egyes területein. A felhasználóknak komoly törvények általi nehézségekkel kell szembenézniük. A fő problémát hosszú évek óta a visszasajtolásra való kötelezés jelenti, melynek anyagi vonzata megkérdőjelezi a továbbiakban is gazdaságos működést. Egy időre fellélegezhetünk, mert a legújabb 1002/2012. (I.11.) Korm. határozatban a kormány 2015. június 30-ig felfüggeszti a mezőgazdasági termelés területén energiahasznosítás céljából kitermelt termálvíz visszasajtolási kötelezettségét a már létező kutakra vonatkozóan. Azonban a hasznosítás során fellépő technológiai és az elhelyezés során felmerülő környezetvédelmi problémákkal továbbra is foglalkozni kell.

**Kulcsszavak:** termálvíz felhasználás, korrózió, vízkőkiválás, felszíni vizek terhelése, másodlagos szikesedés

---

<sup>1</sup> Levelezés: tonkocsilla@kkft.bme.hu, gypatzay@mail.bme.hu

## ABSTRACT

### **Csilla Mária Tonkó, György Pátzay: Problems of geothermal fluids energy application**

Hungary's potential in geothermal energy is quite remarkable. In our days the geothermal water is indispensable energy source in agriculture, space heating and industrial. The situation concerning environment protection is equally contradictory. The main problem for many years means required reinjection, because a financial aspect of reinjection calls into question economical operation. Required reinjection was suspended for agriculture existing wells by Government Decree 1002/2012. (I.11.). Technology and environmental problems still need to be addressed.

**Keywords:** geothermal water application, corrosion and scaling problem, pollution of surface water, secondary salinization

## BEVEZETÉS

Eleinte a termálvizet elsősorban gyógyászati, háztartási és pihenési célokra alkalmazták, ma már nélkülözhetetlen energiaforrás a mezőgazdaság és az ipar egyes területein is. A termálvíz hőmérséklete korlátozza a lehetséges hasznosítást. A 90-60°C-os hőmérséklettel kitermelt vizek kitűnően alkalmasak lakások fűtésére, a 60-35°C-os vizekkel növényházakat lehet fűteni, majd melegvízellátásra és balneológiai célokra a 35-20°C-ra lehűlt termálvizek alkalmazhatóak. A termálvizet a mezőgazdaságban nyílt területek és üvegházak fűtésére használják kaszkád rendszerben. Nyílt területeken a termálvíz öntözésre és a talaj fűtésére egyaránt felhasználható. Másik nagy terület az üvegházak, fóliasátrak, szárítók, állattartótelepek geotermikus energiával való fűtése. A fűtés mellett a másik hőhasznosítási lehetőség a levegőbefűvós termény-, zöldség- és gyümölcszsárítás. Az alacsony hőmérsékletű termálvizek kitűnően használhatók a víziállatfajok tenyésztésénél, ahol fontos tényező az állandó, a környezeténél magasabb hőmérséklet (Mádlné, SzJ 2006).

A termálvíz összetétele miatt a geotermális fűtő, távfűtő rendszerekben komoly vízkőkiválási és korróziós problémák jelentkezhetnek, melyek gazdaságos megoldása függ a termálvíz, az alkalmazott anyagok és technológiák típusától. A termálvizek kezelésére számos eljárás áll rendelkezésünkre, melyekkel csökkenteni tudjuk a problémát okozó komponenseket (Pátzay, Gy 2006).

Egy megújuló energiaforrás hasznosítása nem kizárólag gazdaságossági kérdés, hanem figyelembe kell venni a szükséges komfortot, a környezet védelmét és az energetikai hatékonyságot is (Kömlös, F & Fodor, Z 2012). Összességében egy termásvíz hőjét hasznosító fűtőrendszer megfelelő kialakítás és korrózióvédelem, illetve kémiai és technológiai felügyelet mellett hatékony és olcsó energiahasznosítási technológia (Pátzay, Gy & Weiser, L 2011).

## **A GEOTERMÁLIS ENERGIA KÖZVETLEN TÁVFŰTÉSES HASZNOSÍTÁSÁNAK TAPASZTALATAI**

A termásvíz leggyakoribb felhasználása direkt hőhasznosítással történik, mely azt jelenti, hogy átalakítás nélkül, közvetlenül a termásvíz hőenergiáját alkalmazzák. Ennek legnagyobb alkalmazója az USA, azt követi Kína, Izland és Franciaország. Magyarország mintegy hatod akkora termálhő teljesítménnyel az ötödik a világon (Landyné, K 2002). A távfűtési technológiában a geotermális fluidum (víz-gőz elegy, vagy forróvíz) hőenergiáját közvetlenül, vagy hőcserélő és egy szekunder hőhordozó közbeiktatásával használják fűtési célokra. E célra általában nagy hőenergia sűrűségű tároló, >1,2 GJ/óra/hektár szükséges.

Gyakran alkalmaznak fosszilis energiát alkalmazó rásegítő fűtést (gázt) a leghidegebb napokban. A fűtési idő során a geotermális energia az idő 80-90%-ában legalább a fűtési energia 50%-át biztosítja. A geotermális fűtési rendszer költségigényes. A beruházási költségek magukba foglalják a termelő és visszajuttató kutak fúrási, kialakítási költségeit, a forró és a lehűlt fluidum szállítását végző szivattyúk, csővezetékek, a hőcserélők, gáztalanítók, szűrők, vegyszeradagoló rendszerek, áramlás- és hőmérsékletmérők, mintavételi és ellenőrző berendezések költségeit. A hőhordozó elosztására szolgáló szállító-elosztó hálózat költsége a legnagyobb, elérheti a teljes projekt költségének 35-75%-át. Az üzemelési költségek lényegesen alacsonyabbak és a szivattyúzási, karbantartási, ellenőrzési és munkadíj költségeket tartalmazzák. A geotermális fűtés alkalmazásával a földgázfűtés költségeihez viszonyítva 30-50%-os költségmegtakarítás érhető el.

### **A berendezés kialakításának szabályai**

A geotermális fluidumot gyakran el kell választani a felhasználói oldal berendezéseitől a korrózió és vízkőkiválás elkerülése végett. Fontos, hogy megakadályozzuk a levegőben található oxigén fluidumba történő bejutását és néhány veszélyes komponenst, így a bór-, arzén- tartalmat és az esetlegesen jelenlevő kénhidrogén gázt eltávolítsuk. A jelentősebb gáztartalmat (szén-dioxid, nitrogén és metán) gázszeparátorral választ-

ják el a hőcserélő előtt. A hőcseréhez leggyakrabban lemezes hőcserélőt, a szállításhoz hőszigetelt csővezetékeket alkalmaznak. Az ilyen rendszer az éves fűtési igény 80-90%-át biztosítja, bár teljesítményét rendszerint a csúcsterhelés 50%-ában határozzák meg.

### **Szivattyúk**

A geotermális fluidum kitermelésére általában hosszútengelyes szivattyúkat, vagy bűvárszivattyúkat alkalmaznak.

Mindkét szivattyútípust régóta használják, Európában inkább a bűvárszivattyúk terjedtek el. A hosszútengelyes szivattyú olcsóbb és jól kézben tartható, de 250 m mélység alatt már nem használható.

### **Csővezetékek**

A szállítandó közeg lehet gőz, gőz-folyadék és folyadék alapú. A fémből készült csővezetékek jelentős hőtágulást szenvednek és az ébredő, komoly feszültségeket semlegesíteni kell. A szállító és elosztó csővezetékrendszer jelentős költségelem a geotermális fűtő rendszerekben. Melegvízes fűtési rendszereknél a még gazdaságos szállítási távolság 60 km. Jelenleg legelterjedtebben szénacélból készült csővezetékeket alkalmaznak, különösen 100 °C-nál melegebb fluidumok esetén. Használhatnak szálerősítéses műanyag és azbesztcement csöveket is. Ez utóbbi anyagot környezetvédelmi okokból már nem engedélyezik. 100 °C alatti hőmérsékletek esetén alkalmaznak még PVC és kisebb méretek esetén kereszt kötéses polietilén csővezetékeket. A hagyományos acélcsövek esetén expanziós szakaszokat kell beiktatni, hurkokat vagy harmonikás hőtáguló részeket. Tipikus csővezeték rendszerben minden 100 m után expanziós szakaszt iktatnak be. Emellett az expanziós pontok között a csővezeték görgőkön, vagy csúszólapokon tud elmozdulni. Ha a vezeték föld alá kerül, a hőszigetelő burkolaton kívül a talajnedvesség és talajvíz ellen szigeteléssel kell ellátni. A két vezetékes (hőcserélős) rendszer csővezetékeinek költsége 20-30%-al magasabb, mint az egyvezetékes rendszereké.

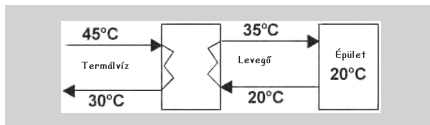
A hőszigetelő bevonat vastagsága több paramétertől függ és víztömörnek, vízhatlannak kell lennie. A szigetetlen csővezeték föld alá helyezése már 1/3-al csökkenti a hőveszteségeket. A szénacél csővezetékeket poliuretán-hab, üvegyapot, vagy üvegszál szigeteléssel látják el, melyet PVC burkolat fed. Általában 2,5-10 cm vastag szigetelő réteg elegendő. 5-15 l/s térfogatárammal 15 cm átmérőjű csőben áramló közeg esetén szigetelt csővezetéknel a hőveszteség 0,1-1,0 °C/km. Szigetetlen csővezetéknel ez az érték 2-5 °C/km. Nagyobb átmérőjű csövek esetén kisebb a hőveszteség. A csővezeték anyaga nem, a térfogatáram viszont jelentősen befolyásolja a hőveszteséget: kisebb térfogatáram mellett nagyobb a hőveszteség.

### Hőcserélők

Hőcserélőnek lemezes, csöves, vagy mélységi típusokat alkalmaznak. A lemezes hőcserélő ellenáramban, turbulens áramlás mellett kis térfogatban hatékony hőcserét biztosít, kisebb a helyigénye és tetszés szerint bővíthető, ráadásul olcsóbb, mint a csöves hőcserélő. Ezért leggyakrabban lemezes hőcserélőket alkalmaznak, amelyek rozsdamentes acélból, korrozív folyadék esetén titán-ötvözetből készülnek.

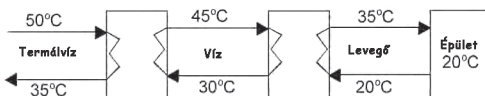
### Hőmérséklet-különbségek

A geotermális távfűtési rendszer kialakítását két fő hőmérséklet-különbség határozza meg: az egyik a belépő geotermális fluidum hőmérséklete és a fűtési hőmérséklet között, a másik pedig a geotermális fluidum belépő és kilépő hőmérséklete közötti különbség. Az első hőfok-különbség a rendszer megvalósíthatóságát jelzi, minél magasabb, annál kisebb a hőátadó rendszer mérete és költsége. Utóbbi a geotermális víz szükséges térfogatáramát határozza meg: minél nagyobb ez a hőmérséklet-különbség, annál kisebb térfogatáram elegendő a szükséges hőteljesítmény leadásához. A hőcserélőből kilépő lehűlt termálvíz hőmérséklete nem lehet alacsonyabb a fűtési hőmérsékletnél. Épület termálvízzel történő közvetlen fűtésénél a fűtéssel felmelegített levegő hőmérséklete minimum 15 °C-kal kell, hogy magasabb legyen a környezet hőmérsékleténél. Így egy 20 °C-os hőmérsékletű helyiség fűtéséhez legalább 35 °C-ra melegített levegő ( $\Delta T=15\text{ °C}$ ) és 45 °C-os termálvíz ( $\Delta T=10\text{ °C}$ ) szükséges (l. 1. ábra).



1. ábra. Épület közvetlen fűtése termálvízzel

Ha a termálvizet közvetlenül nem vezethetjük be a radiátorokba, akkor egy lemezes hőcserélő segítségével adhatjuk át a fűtéshez szükséges hőt a szekunder hőhordozó fűtőkörnek. Ebben az esetben a lemezes hőcserélő közbeiktatása további 5 °C-kal magasabb hőmérsékletű termálvizet igényel (l. 2. ábra).



2. ábra. Épület közvetett fűtése termálvízzel

A gyakorlatban kaszkád rendszerben szokták hasznosítani az esetenként akár 100 °C körüli hőmérséklettel rendelkező termálvizeket. Kaszkád rendszer kialakításával lehetőség van a csökkenő hőmérsékletű termálvíz minden hőtartományának kihasználására, tovább növelve ezzel a gazdaságosságot.

### **Gáztalanítók**

A jelentősebb szeparálható gáztartalommal rendelkező geotermális fluidumokat a hosszabb távolságú szállítás és a hőcsere előtt célszerű gáztalanítani. A fluidumok gázösszetétele fontos, általában a főkomponens szén-dioxid és kisebb mennyiségben nitrogén és metán fordul elő. A nyomás csökkenésével először a nitrogén és a metán válik ki, majd ezt követi a szén-dioxid kiválása. A gáztalanítók általában atmoszférikus nyomás közelében üzemelnek, de vannak nyomás alatti gáztalanítók is. Fő cél a nem-kondenzálódó gázok egyszerű és hatékony eltávolítása és a levegőben lévő oxigén bejutásának megakadályozása. Ez utóbbi céljából az atmoszférikus nyomású gáztalanítókat kis túlnyomáson üzemeltetik, hogy elkerüljék a levegő beszívását. A gáztalanítók általában álló, vagy fekvő hengeres, hőszigetelt acéltartályok, melyekben a belépő fluidumból a kis nyomásesés következtében a szeparálható gázok kibuborékolnak. A szeparált gázokat kis metántartalom esetén vagy kiengedik a környezetbe, vagy komprimálva tartályokba gyűjtik őket és visszasajtolás előtt a lehűlt fluidumba préselik őket. Nagyobb metán tartalom esetén a metántartalmat gázmotorokban elégetik.

### **KORRÓZIÓS JELENSÉGEK GEOTERMÁLIS TÁVFŰTŐ RENDSZEREKBE**

A geotermális fűtőrendszerekben jelenlévő, döntően acél-alapú szerkezeti anyagok jelentős korróziós veszélynek vannak kitéve. A geotermális fluidum különböző sók oldatának tekinthető, melynek jelentős lehet az oldott gáz-tartalma és tartalmazhat lebegő szuszpendált anyagokat és korróziót okozó mikroorganizmusokat is.

A korróziós kár elkerülhető, vagy csökkenthető:

- a folyadék elszigetelésével a fémfelülettől,
- a folyadék megfelelő vegyszeres kezelésével és
- megfelelő korrózióálló szerkezeti anyag megválasztásával.

A geotermális fűtőrendszer tervezésénél a korróziós károk minimalizálása érdekében figyelembe kell venni az alábbi paramétereket:

- a fluidum oldott-anyag tartalmát és összetételét,
- a fluidum oldott-gáz tartalmát és összetételét, és
- a fluidumban jelenlévő korrozív mikroorganizmusok mennyiségét.

A fémfelületek korróziós károsodása szempontjából a fluidum következő komponensei bírnak fontossággal:

- oldott oxigén tartalom (50 ppb fölött korróziót okoz),
- hidrogén-ion tartalom (savasság, pH),
- oldott klorid tartalom,
- oldott H<sub>2</sub>S gáz tartalom,
- oldott CO<sub>2</sub> gáz tartalom,
- oldott NH<sub>3</sub> (ammónia) tartalom,
- oldott szulfát tartalom,
- oldott átmeneti-fém tartalom (Cr, Mn, Fe, Ni stb.),
- oldott szilikát tartalom,
- oldott kalcium-hidrogénkarbonát és kalcium-szulfát tartalom,
- a fluidumban jelenlévő vas-baktériumok (crenatrix) mennyisége.

Korrózió szempontjából különösen veszélyes a vízben oldott oxigén tartalom (50 ppb felett), kénhidrogén és ammónia tartalom. Utóbbiak a réztartalmú ötvözeteket is károsítják. Korróziót okoz az alacsony pH (az oldott szén-dioxid savasságot okoz), a magas klorid- és szulfátion koncentráció pedig pitting (lyuk) korróziót okoz a rozsdamentes acélok felületén.

### **Korróziós folyamatok a geotermális fűtési rendszerek fémfelületein**

A következő korróziótípusok fordulhatnak elő a geotermális fűtési rendszerekben:

- egyenletes korrózió: előfordulás ritka,
- pitting korrózió: gyakran fordul elő a hőcserélő lemezek felületén,
- réskorrózió: résekben, tömítéseknél, kötéseknél fordul elő,
- feszültségkorróziós törés: rozsdamentes acélfelületeken klorid ionok hatására lép fel; rézötvözetek felületén ammónia tartalmú vizekben fordul elő,
- eróziós korrózió: nagy áramlási sebességek esetén lebegő anyagok és turbulens áramlás hatására,

- kristályközi korrózió: ausztenites acélfelületeken lép fel, ha a felület hibásan hőkezelt vagy hegesztett,
- galvánkorrózió: réz-acél felületek érintkezési felületén lép fel,
- ötvözetek korróziós szétesése: tipikus példa a sárgaréz elcinktelenedése és az öntött vas elgrafitosodása.

### **Szerkezeti anyagok alkalmazhatósága**

Szénacélból készült csővezetékek általában  $\text{pH} > 8$  esetén jól alkalmazhatók. Ha a szénacél csővezetékét földbe temetik, biztosítani kell a talajvíztől és talajnedvességtől a teljes mértékű elszigetelését. Horganyzott szénacélcső  $57\text{ °C}$  fölött nem alkalmazható. Ha a fluidumban kénhidrogén és vegyületei vannak jelen, atomos hidrogén keletkezhet, mely bediffundálva a csőfalba hidrogén-ridegedést okozhat. Az úgynevezett alacsony ötvözésű acélok ugyanúgy viselkednek a korróziós támadással szemben, mint a szénacélok. A rézből és rézötvözetekből készült felületeket a kénhidrogén és vegyületei megtámadják. A rozsdamentes acélokat a kénhidrogén nem támadja meg, de a magasabb klorid tartalom pitting- és réskorróziót okoz. Ellenállásuk függ a króm és molibdén tartalomtól és a hőmérséklettől. Az oldott oxigén ugyancsak károsítja. A titánötvözeteket extrém korróziós ellenállásuk miatt a lemezes hőcserélők lemezeinek anyagaként alkalmazzák. Savas tisztításra, karcolásra érzékeny. A klórozott PVC (CPVC) oxigénnel szemben ellenálló, magasabb hőmérsékleteken elveszti mechanikai szilárdságát.

### **A geotermális fűtési rendszerek szállító-elosztó rendszerei anyagainak helyes megválasztása**

Általános megoldás: a rendszert a hőcserélő lemezei kivételével szénacélból készítik, lehetőleg az oxigén (levegő) teljes körű kizárásával, szükség esetén a nyomnyi oxigén elbontására alkalmas redukálószer (pl. nátrium-meta-biszulfit oldat) és/vagy korrózió- és vízkőkiválást gátló inhibitor adagolásával. A hőcserélő lemezeit titán ötvözetből készítik.

Egy lehetséges megoldás, hogy a teljes, geotermális fluidummal érintkező rendszert korróziónak ellenálló anyagból építik ki. Ez hatékony megoldás, de rendkívül drága. Kis hőmérsékletű fluidumok ( $< 85\text{ °C}$ ) esetén a csővezetékek megfelelő szilárdságú műanyagból is készülhetnek. Ebben az esetben a levegő oxigénje átdiffundálhat a műanyag csőfalon és az áramló vízzel később érintkező fémfelületek korrózióját okozhatja.



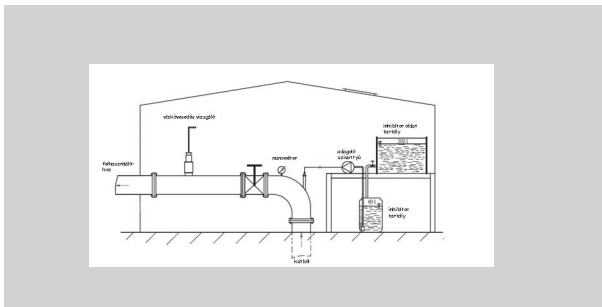
A szállító-elosztó vezetékek és armatúrák tömítéséhez Viton anyagú tömítések megfelelőek, menetes csőcsatlakozások nem ajánlottak, mert a kiválások miatt megbontásuk nehézkes.

## VÍZKŐKIVÁLÁS GEOTERMÁLIS TÁVFŰTŐ RENDSZEREKBE

A termásvíz  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CO}_2$  tartalmától, a nyomás és hőmérséklet viszonyoktól függően alakul ki a vízkő a geotermális távfűtő rendszerekben. A nyomáscsökkenés mértéke általában, a kút felső szakaszában éri el azt az értéket (buborékpontot), amikor a vízkőkiválás megkezdődik. A kiválás mértéke a kútfejnél és környékén a legintenzívebb, de folytatódik még nagy távolságban a szállító-elosztó rendszeren belül is, ahol eltömődést és teljesítménycsökkenést okozhat.

### Korróziós- és/vagy vízkőkiválási veszély elhárítása

A kútból kitermelt geotermális fluidum tartalmazhat homok és iszap-szemcséket, rozsdá- és más korróziós, illetve vízkőkiválási szemcséket, melyeket iszapfogóval, illetve 5-50 mikrométeres résméretű hőálló, tisztítható, vagy cserélhető szűrőkkel lehet eltávolítani. A korróziós- és/vagy vízkőkiválási veszély elhárítására gyakran alkalmaznak vegyszeradagoló berendezést a kútfej mellett (3. ábra), mellyel kis mennyiségben 1-5 mg/l vegyszeroldatot (Nalco, Hydrogol, Nátrium-tri-polifoszfát) adagolnak a termelő szivattyú szívócsonkjára alatti kútszakaszba. Cél szerű ezen felül a kútfej közelében a csővezetékre tömítéssel ellátott, korrózió és vízkőkiválás helyben történő (in situ) vizsgálatára alkalmas csőcsatlakozást készíteni, melybe a cső anyagából készített vizsgálati korongok elhelyezhetők és így a fluidum korróziós és vízkőkiválási viselkedése folyamatosan nyomon követhető. Vízkőkiválás kezelésére újabban mágneses eljárásokat is alkalmaznak termásvizeknél (pl. MOL, Zalaegerszeg, Makó, Szentés, Mezőkövesd stb.), mellyel jelentős mértékben csökkenthető a vegyszeradagolás.



**3. ábra** Kútfejnél elhelyezett vegyszeradagoló, korróziót és vízkövesedést vizsgáló rendszer

## A berendezések átlagos élettartama

A jelenleg üzemelő geotermális fűtési rendszerekben az egyes komponensek átlagos élettartamát az 1. táblázat mutatja (Ungemach, P 2010).

<b>Egység</b>	<b>Élettartam (év)</b>
Kutak	20-25
Kútfej tolózárok	5
Termelő szivattyúk búvárszivattyúk, hosszútengelyes szivattyúk	4-5 5-8
Visszasajtoló szivattyúk	10
Kút csővezése	6-8
Vegyszeradagoló a kútfejnél	5-8
Lemezes hőcserélő	10-15
Frekvenciaváltó	15
Felszíni csővezetékek	15-20

**1. táblázat.** Geotermális fűtőrendszer berendezéseinek átlagos élettartama

## HASZNÁLT TERMÁLVÍZ FELSZÍNI BEFOGADÓBA TÖRTÉNŐ ELHELYEZÉSE

Magyarország kedvező geotermikus adottságainak köszönhetően ki-magasló számú termálkúttal rendelkezünk. Az 1.400 hazai regisztrált termálkútból jelenleg körülbelül 950 üzemel (Szanyi, J & Kovács, B 2010), azonban visszasajtoló kút csak 20 darab van. A technológiai hasznosításból kikerülő termálvíz elhelyezése történhet nyitott, illetve zárt rendszerben. Nyitott rendszer esetén a használt termálvizet felszíni befogadóba engedik, míg zárt rendszernél a lehűlt vizet az eredeti rétegbe visszasajtolják a felszín alá. A használt termálvizeket (csurgalékvizeket) a felhasználók eleinte a legrövidebb úton csatornába, vízfolyásokba, tavakba és holtágakba vezették. A csurgalékvizek egyre nagyobb mennyisége miatt a továbbiakban szabályozott elhelyezési módok kidolgozása vált szükségessé. A felszíni befogadóba vezetés környezetvédelmi, vízminőség-védelmi hatásai egyrészt hőterhelésben, másrészt ásványi-anyag-terhelésben jelentkeznek a nem kellő mértékben lehűlt és magas sótartalommal rendelkező termálvizek miatt (ATIKÖVIZIG, 2005). Az elvezetésre kerülő használt termálvízre 2004. január 1-től technológiai határértékek is megállapításra kerültek (28/2004. (XII.25.) KvVM rendelet). A káros hatások minimalizálását a hévizek környezetkímélő

elhelyezésével, a vízelvezetés szabályozásával, esetleg sótalánítási és egyéb tisztítási eljárásokkal kell elérni. Mindezt úgy kell megvalósítani, hogy közben ne következzen be a talaj, illetve a felszín alatti vizek szennyezése sem, ugyanis ha a használt termálvizet időszakos vízfolyásokon, földmedrű csatornákon keresztül vezetjük felszíni befogadóba, számolni kell az elszikkasztás következményeként a csatornameder mélységében megjelenő esetleges szikesedéssel (Balogh, K 2008).

### **Hőterhelés**

A környezetet érő hőterhelésnek két fő oka van. Egyik az, hogy nagyobb mennyiségű termálvizet termelnek ki a kutakból a szükséges hőigénynél. Ugyancsak hőterhelést növelő tényező, ha az alkalmazott technológia nem alkalmas a termálvíz hőenergiájának hatékony hasznosítására, vagyis kicsi a különbség a kitermelt és hasznosított termálvíz hőmérséklete között. Az effajta termálvíz-felhasználások energiagazdálkodási szempontból mindenképpen pazarlónak tekinthetők.

A *nagyobb folyóvizeknek* termál csurgalékvízzel bevitt hőterhelése komolyabb gondot nem okoz. A csurgalékvizek döntő többsége ugyanis nem közvetlenül jut a folyóba, hanem belvízi rendszeren keresztül, így a környezetétől magasabb hőmérsékletű víznek van lehetősége lehűlni. A folyók nagy vízhozama egyébként is könnyedén kompenzálja a belezűtött termálvizek hőterhelési kockázatát.

A *kisebb tározók, csatornák vizeinek* hőmérsékletét azonban jelentősen megnövelheti a nem kellően lehűtött csurgalékvíz. A kémiai, biokémiai és a biológiai folyamatok következtében az eredeti flóra és fauna megváltozhat, veszélybe kerülhet a befogadó víz élővilága. A hőterhelés hatására csökken a vízben oldott oxigén mennyisége, így előtérbe kerülnek az anaerob lebontási folyamatok, melyek többek között kellemetlen szaggal járnak.

### **Magas oldott anyag koncentráció**

A felszíni befogadóba vezetett használt hévizek a bennük oldott anyagok által veszélyeztetik a felszíni vizek minőségét. A használt termálvizek kémiai adatai alapján megállapítható, hogy több esetben is a vizek kémiai oxigén fogyasztása ( $KOI_k$ ), az összes oldott sótartalma, a nátrium-, az ammóniumion, az arzén, a bórsav és a fenol származékok magas koncentrációja komoly terhelést jelent az egyes befogadókra. Ez főként a befogadó érzékenységétől és vízhozamától függ, hiszen egy nagy folyó könnyebben tudja kompenzálni a hígulás által a magas oldott anyag koncentrációt, mint egy kis vízhozammal rendelkező belvízelvezető rendszer, vagy csatorna. A felhasználás során bemutatott problé-

mákon (korrózió, vízkőkiválás) kívül gondot okoz a magas sótartalom a befogadó további hasznosításánál is.

A használt termálvizekkel kevert felszíni vizeket legtöbb esetben öntözésre és halgazdasági célokra használják. Csak meghatározott minőségű termálvíz használható fel annak érdekében, hogy ne okozzon kárt az öntözés során a növényekben, talajokban, illetve az öntözőberendezésekben, vagy a halas hasznosítás során a halakban.

### **Visszasajtolás**

A hévíz-visszatáplálás – a hatóságok által jóváhagyott – a kitermeléssel azonos vagy azonos célra használt felszín alatti térrészbe csak azoknál a bizonyítottan nem szennyeződött, zárt rendszerű, energetikai célú hévízhasznosításoknál jöhet szóba, ahol kizárható a felszín alatti vizek elszennyezése. A visszasajtolás által pótolni lehet a rezervoárókba a fokozott kitermelés által egyre csökkenő víz mennyiségét és meg lehetne állítani a rétegnyomás csökkenését, mely többletenergia-befektetést eredményez már most is a kitermelésnél. A jogszabályok alapján új termálkutakat hazánkban csak visszasajtoló kúttal együtt lehet építeni. A mezőgazdasági termelés területén energiahasznosítás céljából, már meglévő kútból kitermelt termálvíz visszasajtolására egyelőre további türelmi időt adott a kormány 2015. június 30-ig a 1002/2012. (I.11.) Korm. határozatban.

### **Jogszabályi háttér**

A geotermikus készletek a bányatörvény szabályozása alatt állnak az ásványvagyron kategóriába tartozóan. Ugyanakkor a felszín alól kitermelt víz a vízkészlet gazdálkodási törvény kereteibe tartozik. Ezen kívül a környezetvédelmi és vízügyi jogszabályok a használt termálvizeket érintik. Több törvény vonatkozik a termálvizekre és azok felhasználóira, de nincs olyan törvény, mely kizárólag ezekről rendelkezne. Ebből adódóan a felelőség különböző hatóságok hatáskörébe esik, mely nem nevezhető szerencsésnek.

Egy termálvizet felhasználó létesítménynek a mai jogállás szerint háromféle befizetési kötelezettsége van az állam felé. Bányajáradékot és vízkészlet-használati járulékot fizet a kitermelt vízmennyiség után, illetve szennyvízbírságot szabnak ki rá a használt víz felszíni befogadóba történő elhelyezése miatt.

Alapvető cél a víztestek minőségének védelme, ezért hazánkban szigorú jogszabályok szabályozzák a *használt termálvizek felszíni víztestbe történő elhelyezését* is a már említett felszín alatti víztestek védelme mellett. A 220/2004. (VII.21.) Kormányrendelet tartalmazza a felszíni vizek

minősége védelmének szabályait. Adott bebocsátásra jellemző szennyező anyagokra előírt határértékek betartására kötelezi a vízhasználót és a kibocsátót a felszíni víztestek jó minőségi állapotának biztosításához, illetve az erősen módosított víztestek jó ökológiai potenciáljának eléréséhez. A rendelet által megállapított technológiai határértékeken felül területi, illetve egyedi határértékek is megállapíthatók az adott kibocsátásra jellemző további szennyező anyagokra. A *csurgalékvizekre* vonatkozó előírásokat a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól szóló 28/2004. (XII.25.) KvVM rendelet rögzíti. 34. fejezete megadja a termálvíz-hasznosítással kapcsolatos konkrét technológiai határértékeket, a szennyvízminőségre vonatkozó követelményeket a felszíni vízbe történő bevezetés előtti helyen (l. 2. táblázat).

Megnevezés	Mértékegység	Energetikai célú hasznosítás	Gyógyászati célú hasznosítás	Termálfürdők
Dikromátos oxigénfogyasztás (KOI <sub>2</sub> )	mg/l	-	150	-
Összes só	mg/l	3000	5000	2000
Nátrium-egyenérték	%	45	95	45
Ammónia-ammónium nitrogén	mg/l	-	10	-
Szulfidok	mg/l	-	2	-
Fenolindex	mg/l	1,0	-	-
Összes bárium	mg/l	-	0,5	-
Hőterhelés	°C	30	30	30

**2. táblázat.** Szennyvízminőségre vonatkozó követelmények a felszíni vízbe történő bevezetés előtti helyen (28/2004. (XII.25.) KvVM rendelet)

Látható, hogy a fennálló probléma többszörösen összetett. A felhasználók méltatlankodnak a visszasajtolásra való törvényi kötelezettség, a növekvő bírságok és a felhasználásokat megkülönböztető határértékek miatt, ugyanis ezekből akkora költségük keletkezik, hogy veszélybe kerül a fennmaradásuk. Nem gondolják, hogy az általuk elengedett használt termálvíz nagymértékben károsítaná a befogadókat (Tonkó, CsM 2012), ezzel szemben a hatóságok komoly környezetvédelmi problémaként kezelik a csurgalékvizek okozta módosításokat. Célszerű lenne az az elgondolás, mely szerint a termálvizekre vonatkozó eddigi merev szabályozás helyett a jövőben a befogadó felszíni víz terhelhetősége függvényében dolgoznák ki a rendeleteket.

**FELHASZNÁLT IRODALOM**

- 220/2004. (VII.21.) Kormányrendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól.
- 28/2004. (XII.25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól, 34. fejezet.
- ATIKÖVIZIG 2005. *A termálenergia hasznosítási lehetőségeinek feltárása a Dél-alföldi régió területén, Megvalósíthatósági tanulmány*, ATIKÖVIZIG, Szeged, pp. 16-17, 31-34, 51-53.
- Balog, K 2008, *A termálvíz elszikkasztás környezeti hatásai*, Diplomamunka, Szegedi Egyetem, Szeged.
- Komlós, F & Fodor, Z 2012, 'Elfolyó hidrotermikus energia hasznosítása hőszivattyúval távfűtési rendszerekhez', *Ipari ökológia*, vol. 1, no. 1, pp. 81-100.
- Landyné, K 2002, *Geotermális energiahasznosítás Magyarországon*, kézirat, Budapest.
- Mádlné, SzJ 2006, A geotermikus energia. Grafon, Nagykovácsi, pp. 97-98.
- Pátzay, Gy 2006, 'Geotermikus fluidumok só- és szennyezőanyag-tartalmának leválasztása', *Magyar Kémikusok Lapja*, vol. 61, no. 12, pp. 385-390.
- Pátzay, Gy & Weiser, L 2011, 'Geotermális távfűtési távvezeték tárgyú kutatás-fejlesztési vízkezelési feladatok elvégzése', Jelentés, Budapest.
- Szanyi, J & Kovács, B 2010, 'Utilization of geothermal systems in South-East Hungary', *Geothermics*, vol. 39, no. 4, pp. 357-364.
- Tonkó, CsM 2012, 'Criterion for the discharge of geothermal waste water into surface water sources in Hungary', *Pollack Periodica*, vol. 7, no. 2, pp. 129-138.
- Ungemach, P 2010, 'Paris Basin. Status and outlook of Geothermal District Heating', előadás a 6. Nemzetközi Geotermális Konferencián, Freiburg, május 19-20.