

Využitie geotermálnej energie ako obnoviteľného zdroja

J. Takács: Use of Geothermal Energy as a Renewable Energy Source. Život. Prostr. , Vol. 42, No. 6, p. 316 – 320, 2008.

Geothermal energy is the part of the earth's crust energy (solid, fluid or gas phase) that can be economically mined and used by existing technologies for energetical, industrial, agricultural, balneotechnical and recreation-rehabilitational purposes. The resource of this kind of energy is the remnant heat of Earth, heat of rock decay and movement of lithospheric plates appearing after volcanic activity and earthquake. From this viewpoint geothermal energy is a non-traditional renewable energy resource. It is represented mainly by hydrogeothermal resources with heat conveying materials – geothermal water, geothermal vapour or their mixtures. Heat of dry rocks also belongs to this group of geothermal resources.

Geotermálna energia (GE) predstavuje tú časť energie zemskej kôry v tuhej, kvapalnej alebo plynnej fáze, ktorú môžeme ekonomicky ťažiť a využívať dostupnými technológiami na energetické, priemyselné, poľnohospodárske, balneotechnické a rekreačno-rehabilitačné účely. Zdrojom tejto energie je zostatkové teplo Zeme, teplo uvoľňujúce sa pri rádioaktívnom rozpade hornín a pohybe litosférických platní, ktorý sprevádza vulkanická činnosť a zemetrasenia. Z tohto hľadiska sa geotermálna energia považuje za netradičný obnoviteľný zdroj energie. Najčastejšie ju reprezentujú hydrogeotermálne zdroje s teplonosnými látkami, a to geotermálna voda, geotermálna para, prípadne ich zmes. Do tejto skupiny geotermálnych zdrojov patrí aj teplo suchých hornín.

Klasifikácia zdrojov geotermálnej energie

Zdroje GE môžeme klasifikovať na základe kritérií, ktoré sa vzťahujú na ich fyzikálne a chemické, prípadne geologické vlastnosti.

Na základe *typov teplotných režimov* vnútri Zeme sa rozdeľujú zdroje geotermálnej energie na:

- *energiu Zeme*, ktorá sa podľa tejto klasifikácie chápe ako tepelná energia v zóne pri jej povrchu bez anomálneho zvýšenia teploty pri geologických procesoch,
- *energiu magmy*, ktorá predstavuje koncentráciu tepla v zóne pri povrchu Zeme vzájomne nesúvisiacich

regiónov a vznikla pri jednom alebo viacerých geologických procesoch,

- *geotlakovú energiu*, t. j. koncentráciu tepla v sedimentárnych panvách vzájomne nesúvisiacich regiónov, ktorá vznikla pri jednom alebo viacerých geologických procesoch,
- *energiu tepla suchých hornín*, ktorá je viazaná na väčšie hĺbky spojené so zvýšením teploty pri geologických procesoch,
- *hydrogeotermálnu energiu*, ktorú tvorí prírodná horúca voda a para.

Vo vzťahu k prenosu tepla hornín môžeme zdroje GE všeobecne rozdeliť na:

- *Hydrogeotermálne zdroje*, pri ktorých prenos tepla na povrch z hornín uložených v hĺbke zabezpečuje teplonosná látka vo forme geotermálnej vody alebo geotermálnej pary. Využívanie týchto zdrojov má dlhodobú tradíciu a prepracované technologické postupy prinášajúce ekonomický efekt.
- *Teplo suchých hornín*, kde prenos tepla na povrch z hornín uložených v hĺbke zabezpečuje teplonosná látka vo forme obvyčajnej vody recirkulujúcej cez umelo vytvorený štrbinový výmenník tepla medzi dvoma hlbokými vrtmi. Využívanie týchto zdrojov GE je v súčasnosti v polohe vedeckých projektov realizovaných v zahraničí v posledných rokoch.

Pre praktické využívanie GE v geotermálnom energetickom systéme majú význam iba hydrogeotermálne zdroje, pri ktorých sa najčastejšie používa ako klasifikačné kritérium teplota. Podľa nej rozlišujeme hydrogeotermálne zdroje nízko- a strednetepelné a vysokotepelné. Určenie hraníc medzi týmito kategóriami je však nejednotné a rôzni autori podľa účelu využitia používajú rôzne hodnoty. Na Slovensku sa zaužívalo nasledujúce členenie zdrojov geotermálnej energie: nízko- a strednetepelné s teplotou 20 – 100 °C, strednetepelné s teplotou viac ako 101 – 150 °C, vysokotepelné s teplotou viac ako 150 °C.

Energetická politika Slovenska

Energetická politika Slovenska určuje základné ciele a rámce rozvoja energetiky v dlhodobom časovom výhľade do r. 2030. Vychádza z toho, že zabezpečenie udržateľného ekonomického rastu je podmienené zabezpečením spoľahlivej dodávky energie pri optimálnych nákladoch a primeranej ochrane životného prostredia. Prioritami na dosiahnutie cieľov energetickej politiky (celkom 11) je najmä zvyšovanie podielu obnoviteľných zdrojov energie na výrobe elektriny a tepla s cieľom vytvoriť primerané doplnkové zdroje potrebné na krytie domáceho dopytu a podpora využívania alternatívnych palív v doprave.

Slovenská republika takmer 90 % primárnych zdrojov zabezpečuje nákupom mimo teritória vnútorného trhu EÚ. Jediným významnejším domácim energetickým zdrojom je hnedé uhlie, nakoľko vlastná ťažba zemného plynu a ropy nie je významná. Z toho dôvodu neustále rastie význam obnoviteľných zdrojov energie (biomasy, geotermálnej energie, slnečnej a veternej energie).

Výhody využívania geotermálnej energie (Petráš, Takács, a kol, 2001):

- predstavuje vlastný (domáci) zdroj energie, ktorý je lacnejší ako fosílna palivá,
- patrí medzi obnoviteľné zdroje energie,
- znižuje zaťaženie komunikácií a nebezpečenstvo ohrozenia životného prostredia redukciami transportu, spracovania a využívania fosílnych palív (havárie produktovodov, výstavba a prevádzka zásobníkov plynu a ropných produktov, skládkové hospodárstvo, emisie),
- umožňuje ovplyvňovať ceny energie,
- prevádzka je bezpečná, s minimálnym dosahom na životné prostredie a záber pôdy.

Využívanie geotermálnej energie na Slovensku

Geotermálna energia sa v Slovenskej republike využíva hlavne v centralizovanom zásobovaní teplom mestských a sídelných aglomerácií (vykurovanie a prí-

prava teplej vody), na zabezpečenie prevádzky rekreačných zariadení, v sektore poľnohospodárstva a v chove rýb.

Počet lokalít, v ktorých sa GE využíva na vykurovanie, sa výrazne zvýšil – od šiestich lokalít v r. 1999 na 18 lokalít v r. 2007. GE sa využíva na centralizované zásobovanie teplom (vykurovanie budov a prípravu teplej vody) v Galante, Topoľníkoch, Komárne, Bešeňovej, Liptovskom Trnenci, Oraviciach, Horných Salibách, Dunajskej Strede a Poprade, na vykurovanie hotelov v Bešeňovej, Veľkom Mederi, Podhájskej a Štúrove a na vykurovanie obytných domov a nemocnice v Galante. Na vykurovanie športových budov sa využíva v Topoľníkoch, v Novákoch zasa na vykurovanie šatní baníkov a na teplovzdušné vykurovanie v baniach na hnedé uhlie. Využíva sa aj na chov rýb v obciach Vrbov a Turčianske Teplice (uvažuje sa aj o Jelke). Najširšie uplatnenie nachádza pri zabezpečovaní prevádzky termálnych kúpalísk v 32 lokalitách, predovšetkým na plnenie bazénov.

V 12 lokalitách sa geotermálna energia využíva v poľnohospodárskych zariadeniach na zabezpečenie tepla pre skleníky a vyhrievanie pôdy. Takto získané teplo poskytuje veľké možnosti na skorší zber úrody (uhorky, paradajky, paprika, baklažán, reďkovka a pod.), ako aj kvetov. Celková plocha skleníkov a fóliovníkov, ktoré sú zásobované teplom na základe GE, je cca 25, 86 ha.

Podľa tab. 1 sa na Slovensku geotermálna energia využíva hlavne na rekreačné účely, a to 118,3 MW (63,0 %), nasleduje vykurovanie skleníkov a fóliovníkov

Tab. 1. Využívanie geotermálnej energie k 31. 12. 2004 v SR

Spôsob využívania	Inštalovaná kapacita		Ročná potreba energie
	[MW _t]	[%]	[TJ]
Individuálne konvekčné vykurovanie	0,0	0,0	0,0
Centrálne vykurovanie	31,6	16,8	576,9
Klimatizácia	0,0	0,0	0,0
Vykurovanie skleníkov	31,8	16,9	502,3
Chov rýb	4,6	2,5	72,4
Poľnohospodárstvo – chov zvierat	0,0	0,0	0,0
Sušenie v poľnohospodárstve	0,0	0,0	0,0
Priemyselné využitie tepla	0,0	0,0	0,0
Topenie snehu	0,0	0,0	0,0
Rekreačné účely – kúpaliská a bazény	118,3	63,0	1 870,3
Ostatné využitie	0,0	0,0	0,0
Geotermálne tepelné čerpadlá	1,4	0,7	12,1
Spolu	187,7	100,0	3 034,0

Zdroj: Fendek, Fendeková, 2005

Tab. 2. Využívanie geotermálnej energie podľa jednotlivých krajov na Slovensku

Kraj	Počet lokalít s využívaním GE	Výdatnosť [l.s ⁻¹]		Tepelný výkon [MW]	
		Celková	Využívaná	Celkový	Využívaný
Bratislavský	0	30,2	0,0	4,406	0,00
Trnavský	11	332,2	211,2	74,861	64,87
Nitriansky	9	469,2	295,7	57,437	55,13
Trenčiansky	3	30,9	30,2	4,541	9,49
Žilinský	5	312,6	184,0	38,527	37,56
Banskobystrický	5	131,3	54,2	7,092	5,48
Prešovský	2	172,6	70,5	26,803	15,16
Košický	1	195,6	0,6	27,661	0,01
Spolu	36	1 672,0	846,4	241,328	187,7

Zdroj: Fendek, Fendeková, 2005

31,8 MW (16,9 %) a vykurovanie budov 31,6 MW (16,8 %). Doplnenie tvoria aplikácie pre rybne hospodárstvo 4,6 MW (2,5 %) a tepelné čerpadlá 1,4 MW (0,7 %). Aplikácie absorpčných tepelných čerpadiel sú veľmi perspektívne pri vylepšení prevádzky celého geotermálneho energetického systému.

Celkové množstvo GE využívanej v súčasnosti predstavuje hodnotu tepelného výkonu 187,7 MW_t a výdatnosť 846 l.s⁻¹. Overený tepelný výkon (výhrevnosť) v existujúcich projektoch je 241,328 MW_t, pričom je predpoklad, že geotermálna voda sa vychladí na referenčnú teplotu $\theta_r = + 15$ °C. Ako vyplýva z tab. 2, skutočné využívanie tepelného výkonu geotermálnej energie je 187,7 MW, čo predstavuje 77,8 %, sú ešte rezervy pri využívaní tejto netradičnej obnoviteľnej energie. Najviac zdrojov geotermálnej energie sa nachádza v Trnavskom kraji, kde využívaný tepelný výkon predstavuje 64,87 MW (Fendek, Fendeková, 2005).

Geotermálne energetické systémy

Realizácia geotermálneho energetického systému je investične náročná. Každé takéto dielo sa musí po uvedení do prevádzky využívať efektívne. Úroveň technologických súborov musí dosahovať taký stupeň, aby sa energia využila v maximálnej miere viacstupňovo, resp. komplexne. Prevádzkovo účelné a hospodárne riešenie vyžaduje spracovanie technicko-ekonomickej štúdie viacstupňového komplexného využívania geotermálnej energie. V tejto štúdii sa uplatnia požiadavky ochrany životného prostredia, hygienické a bezpečnostné predpisy i technické normy, pričom sa kladie dôraz na energetický potenciál, diagram odberu energie, mieru využívania GE, najnepriaznivejší stav z hľadiska ochrany životného prostredia, prepočet vplyvu vypúšťaných využitých

odpadových geotermálnych vôd po úprave na povrchové alebo podzemné vody. (Fendek, Fendeková, 2005; Popovski, 1998).

Kritériá využívania energie v geotermálnom energetickom systéme:

- spôsoby využívania geotermálnej energie,
- odberné miesta.

Spôsoby využívania geotermálnej energie

Využívanie geotermálnej energie v príslušnom odbernom mieste sa môže v zásade uskutočňovať dvoma spôsobmi, a to priamo a nepriamo.

• **Priame využívanie GE.** Geotermálna voda disponuje priaznivými chemicko-fyzikálnymi vlastnosťami, ktoré nespôsobujú inkrustáciu a koróziu rozvodov a technologických zariadení.

• **Nepriame využívanie GE.** Geotermálna voda má nepriaznivé chemicko-fyzikálne vlastnosti (vytvára inkrusty a spôsobuje koróziu potrubia, armatúr a technologických zariadení). Pri nepriamom využívaní GE sa používa ako primárna teplonosná látka cez výmenník tepla a vo vykurovacej sústave cirkuluje upravená voda.

Odberné miesta

Pod pojmom odberné miesto chápeme technologické zariadenia, ktoré sú určené na využitie energie obnoviteľného zdroja, či už priamo, alebo nepriamo. Medzi odberné miesta zaraďujeme:

- vykurovacie sústavy,
- vetranie a klimatizáciu,
- prípravu teplej vody,
- poľnohospodárstvo,
- bazénové hospodárstvo,
- technológie.

• **Vykurovacie systavy.** Pri voľbe odberného miesta na vykurovanie stavebných objektov je rozhodujúca teplota sekundárnej vody po výstupe z rekuperačného výmenníka tepla (pri nepriamom využívaní). Prevažne ide o nepriame využívanie geotermálnej vody, to znamená, že je to primárna teplotonosná látka. Teplota sekundárnej pracovnej látky po výstupe z výmenníka tepla sa dosiahne priamo, alebo po zmiešavaní na výstupnú teplotu 40 – 45 °C.

V závislosti od chemického zloženia sa geotermálna voda volí na priame alebo nepriame využívanie. Ak teplota pracovnej látky po výstupe z I. stupňa dosahuje hodnoty 30 – 35 °C, napojí sa II. stupeň vykurovacej sústavy s pozemným alebo podzemným vykurovaním skleníka alebo fóliovníka. Týmto opatrením sa dosiahne jednak lepšie (dôkladnejšie) vychladenie geotermálnej vody, jednak aj skrátenie vegetačného obdobia pestovaných kultúr.

• **Vetranie a klimatizácia.** Pri vetraní a klimatizácii sa môže GE využiť ako zdroj tepla pre ohrievače, a tak vytvoriť vhodné podmienky vnútorného životného prostredia pre objekty, ktoré disponujú veľkými priestormi, ako sú kryté plavárne, telocvične, športové a priemyselné haly a priestory určené na pestovanie zeleniny a kvetov (fóliovníky a skleníky). Pomocou teplovzdušných súprav sa ohrieva vzduch, a tým sa upravuje stav vykurovaného prostredia, pričom primárnou teplotonosnou pracovnou látkou je geotermálna voda s teplotou v rozpätí 30 – 90 °C. Sekundárnou teplotonosnou látkou je ohriaty teplý vzduch. Veľkosť teplovýmenného povrchu výmenníka tepla a materiál rozvodov sa navrhuje v závislosti od zdroja geotermálnej vody (Petráš, Takács, 2001).

• **Teplovzdušné sušenie** nachádza uplatnenie v poľnohospodárstve a v priemysle, kde sa ohriatim teplého vzduchu suší krmivo a produkty rastlinnej výroby, prípadne sa vysušuje drevo alebo iné priemyselné produkty. Primárnou teplotonosnou látkou je geotermálna voda s teplotou 90 °C a sekundárnou teplotonosnou látkou je ohriaty teplý vzduch.

• **Príprava teplej vody.** Naše geotermálne vody dosahujú teplotu zvyčajne do 92 °C a vieme ich využívať na prípravu teplej vody dvoma základnými spôsobmi:

- *priamym odberom* a rozvodom až k spotrebiteľovi (podmienkou je, aby chemické zloženie vyhovovalo požiadavkám STN (takýto prípad sa na Slovensku nevyskytuje),
- *nepriamym odberom*, keď je primárnym zdrojom tepla a teplá voda sa pripravuje z pitnej vody v rekuperačnom výmenníku tepla a v konečnom dôsledku v energetickom systéme tvorí sekundárnu sieť. Využitie GE sa zvyšuje s rastúcou teplotou. Účinnosť je podmienená postupným ohrevom teplej vody a inkrustáciou, ktorá znižuje účinnosť prenosu tepla cez teplovýmenné plochy.



Vykurovacia sústava v skleníku Podhájska. Foto: J. Takács

Odporúčaná teplota teplej vody je 50 – 55 °C. Pre sprchy a hygienické zariadenia v areáloch termálnych a rekreačných zariadení určí teplotu po dôkladnej analýze orgán hygienickej služby.

• **Poľnohospodárstvo.** V poľnohospodárskych priestoroch možno aplikovať vykurovacie systavy, vetranie a klimatizáciu a prípravu teplej vody. Hlavné využitie je možné pre objekty určené na pestovanie kvetov a rýchlejšieho zeleniny (skleníky a fóliovníky).

• **Bazénové hospodárstvo.** Na plnenie bazénov sa používajú rozličné druhy technologickej vody (Petráš, Takács, 2001). Podľa druhu prevádzky bazéna sa rozlišuje:

- *priame plnenie prietokových bazénov*, keď teplota zdroja je len o niečo vyššia, ako je požadovaná teplota bazéna, a kvalita vody zodpovedá hygienickým normám. Pre tieto bazény je predpísaná výmena bazénovej vody, z čoho vyplývajú veľké nároky na prietok, t. j. zdroj geotermálnej vody (takmer celá výdatnosť zdroja sa spotrebuje pre bazénové hospodárstvo),
- *priame plnenie prietokových bazénov riedenou vodou*, ktorá vzniká zmiešaním geotermálnej vody a studenej vody tak, aby sa dosiahla predpísaná teplota vody v bazéne. V tomto prípade je už priaznivejšia bilancia spotreby geotermálnej vody, ktorú možno použiť aj na iné účely (na prípravu alebo predprípravu teplej vody a pod.),
- *nepriame využívanie*, keď sa pomocou geotermálnej vody pripravuje (ohrieva) bazénová voda, t. j. ohriata upravená voda. Bazénová voda cirkuluje cez recirkulačný systém (filtre, chemickú úpravu a obehové čerpadlá), pričom sa veľmi hospodárne



Bešeňová – termálne kúpalisko. Foto: J. Takács

využíva energia obsiahnutá v primárnej geotermálnej vode. Celková výmena vodného obsahu bazény sa uskutočňuje vo veľkých časových intervaloch približne 4 – 6 mesiacov. Do tohto bazénového hospodárstva sa denne dopĺňa asi 5 – 10 % vodného obsahu; vodu treba ohriať pomocou GE.

• **Technologické využívanie v chove rýb.** Príprava technologickej vody pre chov rýb dopĺňa komplexné využitie GE na poslednom stupni. Ide o veľký podiel energie, ktorá v energetických bilanciách tvorí už odpad. Technologická voda sa pripravuje priamo z ochladenej geotermálnej vody alebo nepriamo v krytých a otvorených nádržiach s teplotou 12 – 30 °C podľa druhu chovaných rýb. Pri nepriamom využívaní je GE primárnou energiou a technologická voda sa ohrieva vo výmenníku tepla (Petráš, Takács, 2001).

Pri využívaní geotermálnej energie a jej zaradení do sústavy centrálného zdroja tepla sa musia dodržať niektoré odporúčania:

- Vychádza sa z daností zdroja GE, teda geotermálneho vrtu, podstatné parametre sú množstvo geotermálnej vody alebo výdatnosť v $l \cdot s^{-1}$, teplota na hlave vrtu a chemické zloženie.
 - Využívanie GE by malo byť v základnom zaťažení (príprava teplej vody, vykurovanie, prípadne technológia). Špičková energia sa dodáva z doplnkového tzv. špičkového zdroja tepla na ušľachtile palivo.
- Vypracuje sa podrobná tepelná bilancia budúcich zásobovaných objektov a navrhne sa trasa, ktorou budú tieto odberné miesta zásobované. Stanovia sa prípojné hodnoty v kW a príslušné teplotné spády.
 - Pre navrhnutý geotermálny systém sa použije taký, ktorý bude sledovať okamžité potreby energie a bude riadiť odber a využívanie podľa vopred stanovených priorit.
 - Riadiaci a monitorovací systém bude pravidelne sledovať a vyhodnocovať účinnosť využívania netradičného zdroja energie na báze geotermálnej vody, pričom bude do systému zasahovať tak, aby sa dosiahla maximálna miera využitia.
 - Zaradením riadiaceho a monitorovacieho systému do geotermálneho energetického systému sa docieli maximálne šetrný odber geotermálnej vody, čím sa podstatne môže zvýšiť životnosť celého diela.
- Využitie odpadové geotermálne vody sa budú zneškodňovať tak, aby sa v maximálnej miere obmedzil nepriaznivý vplyv na okolité životné prostredie.
 - Využívaním GE sa ušetrí nemalé množstvo klasických energetických zdrojov – uhlia, a hlavne zemného plynu. Do okolia sa nevypustia škodliviny, ktoré by vznikali spaľovaním klasických primárnych energetických zdrojov.

Tento príspevok bol spracovaný v rámci projektu VEGA 1/0734/08.

Literatúra

- Fendek, M., Fendekova, M.: Country Update of Slovak Republic. Proceedings World. Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24 – 29 April 2005, Paper 0173 (CD).
- Kontra, J.: Hévízhasznosítás. Budapest: Műegyetemi könyvkiadó, 2004, 66 s.
- Petráš, D., Takács, J. a kol.: Nízko-teplotné vykurovanie a obnoviteľné zdroje energie. Bratislava: Jaga, 2001, 271 s.
- Popovski, K. Geothermally Heated Greenhouses in the World, Guideline and Proc. International Workshop on Heating Greenhouses with Geothermal Energy. Ponta Delgada, Azores, 1998, p. 42 – 48.

Doc. Ing. Ján Takács, PhD., Katedra technických zariadení budov, Stavebnej fakulty STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, jan.takacs@stuba.sk