

Geotermálne vody

M. Fendek, M. Fendeková: Geothermal Waters. Život. Prostr., Vol. 35, No. 4, 212 – 216, 2001.

Geothermal energy is an environmentally friendly source of energy that contributes and also will contribute increasingly to stabilising energy supply in the future. In the world, geothermal energy ranks to the first group among the renewable energy sources with 52 % ratio on electricity generation and 79.6 % on direct use. Geothermal energy is utilised in 58 countries of the world. In Slovakia, only 3 % of the total consumption of primary energy sources is covered by renewable energy sources. Really utilisable potential of renewable and secondary energy sources (including geothermal energy) should reach 6.5 % of the total consumption in Slovakia in 2010 (according to Energetic Conception of the Slovak Republic, approved by the Slovak Government Resolution No. 562/1993). The number represents utilisable potential of 39 548 TJ (subtracting hydropower plants) and geothermal energy would occupy the second place with 18.1 % of the total utilisable potential.

Potreba prechodu od využívania neobnoviteľných k obnoviteľným zdrojom energie vyplýva najmä z hlavného problému dnešnej energetiky, ktorým nie sú limity zásob neobnoviteľných energetických zdrojov, ale určité maximálne prípustné zaťaženie životného prostredia na Zemi, ku ktorému práve energetika prispieva významnou mierou. Preto sa na rôznych úrovniach (svetovej, európskej a národnej) vypracúvajú plány, stratégie a dohovory zamerané na znižovanie emisií skleníkových plynov a na zabezpečenie energetických zdrojov pre ďalší rozvoj. Na úrovni Európskej únie takúto stratégiu a akčný plán predstavuje White Paper for a Community Strategy and Action Plan, prijatý r. 1997, v ktorom sa deklaruje podstatné zvýšenie využívania obnoviteľných zdrojov energie, ktoré by do r. 2010 malo pokryť 12 % energetických potrieb. Hlavná časť požadovaného prírastku bude z biomasy, veternej energie, solárnej energie (solárnych termálnych kolektorov a fotovoltaických článkov), geotermálnej energie a vodných elektrární.

Je všeobecne známe, že Slovensko je chudobné na primárne energetické zdroje. Z celkovej spotreby palivovo-energetických zdrojov r. 1995 tvorili domáce zdroje fosílnych palív iba 9,4 %, pričom najväčší podiel, 17,1 %, malo hnedé uhlie, 5,5 % zemný plyn a 1,68 % ropa z vlastnej ťažby. Využívanie obnoviteľných zdrojov energie predstavuje v súčasnosti 3 % z celkovej spotreby primárnych energetických zdrojov, čo nás radí medzi také štáty, ako sú Taliansko a Írsko.

Energetická koncepcia SR (schválená uznesením

vlády SR č. 562/1993) medzi obnoviteľné netradičné energetické zdroje zahŕňuje lesnú biomasu, malé vodné elektrárne, geotermálnu, slnečnú a veternú energiu, bioplyn z komunálneho a priemyselného odpadu, ako aj odpadové teplo. Reálne využiteľný potenciál obnoviteľných a druhotných zdrojov energie predstavuje 63 474 TJ, t. j. 6,5 % z celkovej spotreby palivovo-energetických zdrojov r. 2010. Ak od neho odpočítame vodné elektrárne (s výnimkou malých vodných elektrární), dostaneme využiteľný potenciál 39 548 TJ. Podiely jednotlivých druhov obnoviteľných a druhotných zdrojov energie na celkovom množstve uvádza tab. 1.

Tab. 1. Podiel jednotlivých druhov obnoviteľných a druhotných zdrojov energie na reálne využiteľnom potenciáli

Druh	Využiteľný potenciál	
	[TJ]	[%]
Lesná biomasa	11 414	28,9
Geotermálna energia	7 160	18,1
Solárna energia	4 900	12,4
Opadové teplo	4 500	11,4
Bioplyn z odpadov	4 300	10,9
Komunálny a priemyselný odpad	3 600	9,1
Malé vodné elektrárne	2 574	6,5
Veterná energia	1 100	2,7
Celkom	39 548	100,0

Zdroje geotermálnej energie

Geotermálne zdroje predstavujú tú časť pevnej, tekutej a plynnej fázy zemskej kôry, ktorú môžeme ťažiť dostupnými technológiami a využívať na energetické, priemyselné, poľnohospodárske a rekreačno-rehabilitačné účely. Zdrojom tejto energie je zostatkové teplo Zeme, teplo uvoľňujúce sa pri rádioaktívnom rozpade hornín a pohybe litosférických platní, ktorý je sprevádzaný vulkanickou činnosťou a zemetraseniami. Z tohto hľadiska je geotermálna energia považovaná za obnoviteľný zdroj energie.

Zdroje geotermálnej energie vo vzťahu k prenosu tepelnej energie z hornín môžeme všeobecne rozdeliť na (Fendek a kol., 1999a):

a) *hydrogeotermálne zdroje*, pri ktorých je dôležitá *geotermálna voda* – podzemná voda slúžiaca ako médium na akumuláciu, transport a exploataciu zemského tepla z horninového prostredia a *geotermálna para*. Využívanie týchto zdrojov geotermálnej energie má dlhodobú tradíciu a efektívne technologické postupy,

b) *teplná energia suchých hornín*, jej prenos na povrch z hornín uložených v hĺbke zabezpečuje technologická kvapalina recirkulovaná cez umelo vytvorený štrbinový výmenník medzi dvoma hlbokými vrtmi. Využívanie tohto zdroja geotermálnej energie je v súčasnosti iba v polohe vedeckých projektov.

Pre praktické využitie majú v súčasnosti význam iba hydrogeotermálne zdroje, pri ktorých je najčastejšie používaným klasifikačným kritériom teplota. Podľa nej ich delíme na *nízko*teplotné, *stred*teplotné a *vysoko*teplotné. Hranice medzi týmito kategóriami sú však nejednotné a rôzni autori podľa účelu využitia týchto zdrojov používajú rôzne hodnoty.

Na Slovensku sa zaužívalo nasledujúce členenie geotermálnych zdrojov (Franko a kol., 1995):

– *nízko*teplotné: 20 – 100 °C,



Národná prírodná pamiatka Herliansky gejzír

- *stred*teplotné: 100 – 150 °C,
- *vysoko*teplotné: viac ako 150 °C.

Geotermálna energia sa využíva priamo na výrobu elektrickej energie alebo na výrobu tepelnej energie. Elektrickú energiu možno vyrábať priamo iba z vysoko- teplotných zdrojov. Stredoteplotné zdroje sa na výrobu elektrickej energie môžu využívať na princípe binárneho – Rankinovho cyklu, ktorý umožňuje využívať teploty od 85 až do 170 °C. Tento princíp využívajú napríklad geotermálne elektrárne ORMAT (fy ORMAT TURBINES

Tab. 2. Využívanie tepelnej energie z geotermálnych zdrojov

Kategória	Inštalovaný výkon [MW _e]		Využitie [TJ.r ⁻¹]	
	1995	2000	1995	2000
Tepelné čerpadlá	1 854	6 849	14 617	23 214
Vykurovanie budov	2 579	4 954	38 230	59 696
Vykurovanie skleníkov	1 085	1 371	15 742	19 035
Chov rýb	1 097	525	13 493	10 757
Sušenie poľnohospodárskych plodín	67	69	1 124	954
Priemyselné využitie	544	494	10 120	10 536
Rekreačno-rehabilitačné účely	1 085	1 796	15 742	35 892
Chladienie a topenie snehu	115	108	1 124	968
Iné	238	43	2 246	957
Celkom	8 664	16 209	112 441	162 009

Tab. 3. Priame využitie geotermálnej energie (na výrobu tepelnej energie) vo vybraných štátoch sveta

Štát	Inštalovaný výkon [MW _t]	Výroba energie [GWh.r ⁻¹]
1. USA	5366	5640
2. Čína	2814	8724
3. Island	1469	5603
4. Japonsko	1159	7500
5. Turecko	820	4377
6. Švajčiarsko	547	663
7. Nemecko	397	436
8. Maďarsko	391	1328
9. Kanada	378	284
10. Švédsko	377	1147
11. Francúzsko	326	1360
12. Taliansko	326	1048
13. Nový Zéland	308	1967
14. Rusko	307	1703
15. Rakúsko	255	447
16. Gruzínsko	250	1752
17. Mexiko	164	1089
18. Jordánsko	153	428
19. Rumunsko	152	797
20. Slovensko	132	588
21. Chorvátsko	113	154
22. Bulharsko	107	455

Tab. 4. Rozdelenie využívaných zdrojov geotermálnych vôd Slovenskej republiky podľa krajov

Kraj	Počet využívaných lokalít	Celkový tepelný výkon [MW _t]	Využitý tepelný výkon	
			[MW _t]	[%]
Bratislavský	0	4,42	0,00	0,00
Trnavský	11	72,27	44,47	33,95
Nitriansky	9	57,57	40,13	30,64
Trenčiansky	3	4,54	4,49	3,43
Žilinský	5	35,25	25,56	19,52
Banskobystrický	5	9,39	5,15	3,93
Prešovský	2	26,87	11,16	8,52
Košický	1	33,54	0,01	0,01
Celkom	36	269,95	130,97	100,00

LTD., Izrael), ktoré sa zostavujú z paralelne radených výkonostných jednotiek – modulov OEC (Ormat Energy Converter) predstavujúcich samostatné elektrárenské bloky s výkonom väčšinou okolo 1 MW_e. Z modulov OEC možno zostaviť elektrárne s výkonom od 0,2 do 120 MW_e. Nízкотеплотné zdroje a zvyškové teplo po výrobe elektrickej energie sa používajú na výrobu tepelnej energie (priame využitie geotermálnej energie), ktorá sa potom používa na vykurovanie obytných domov, admi-

nistratívnych budov a výrobných hál, na výrobu teplej úžitkovej vody, vykurovanie skleníkov a fóliovníkov, ohrievanie pôdy a ciest v zimnom období, na rekreačno-rehabilitačné účely, prípravu jedla, sušenie rýb a poľnohospodárskych plodín, pranie a sušenie vlny, priemyselné využitie v rôznych odvetviach.

Využívanie hydrogeotermálnych zdrojov

Začiatkom r. 2000 sa z geotermálnych zdrojov vo svete vyrábalo okolo 49 TWh.r⁻¹ elektrickej energie a 51 TWh.r⁻¹ tepelnej energie. Z geotermálnej pary sa elektrická energia vyrába v 21 krajinách (Huttrer, 2000). Najväčšími producentmi takto vyrobenej elektrickej energie sú USA (2,2 GW_e), Filipíny (1,9 GW_e) a Taliansko (0,78 GW_e). Využívanie tepelnej energie vyrobenej z geotermálnych zdrojov z celosvetového hľadiska dokumentuje tab. 2. V porovnaní súčasného využívania s r. 1995 vidno, že k najväčšiemu nárastu využívania geotermálnej energie došlo v oblasti rekreačno-rehabilitačného využitia (o 56 %) a tepelných čerpadiel (o 37 %). Z hľadiska inštalovaného výkonu však najväčší nárast zaznamenali tepelné čerpadlá (73 %) a vykurovanie budov (48 %). Nárast vo využívaní tepelných čerpadiel bol zaznamenaný hlavne v USA a v Európe.

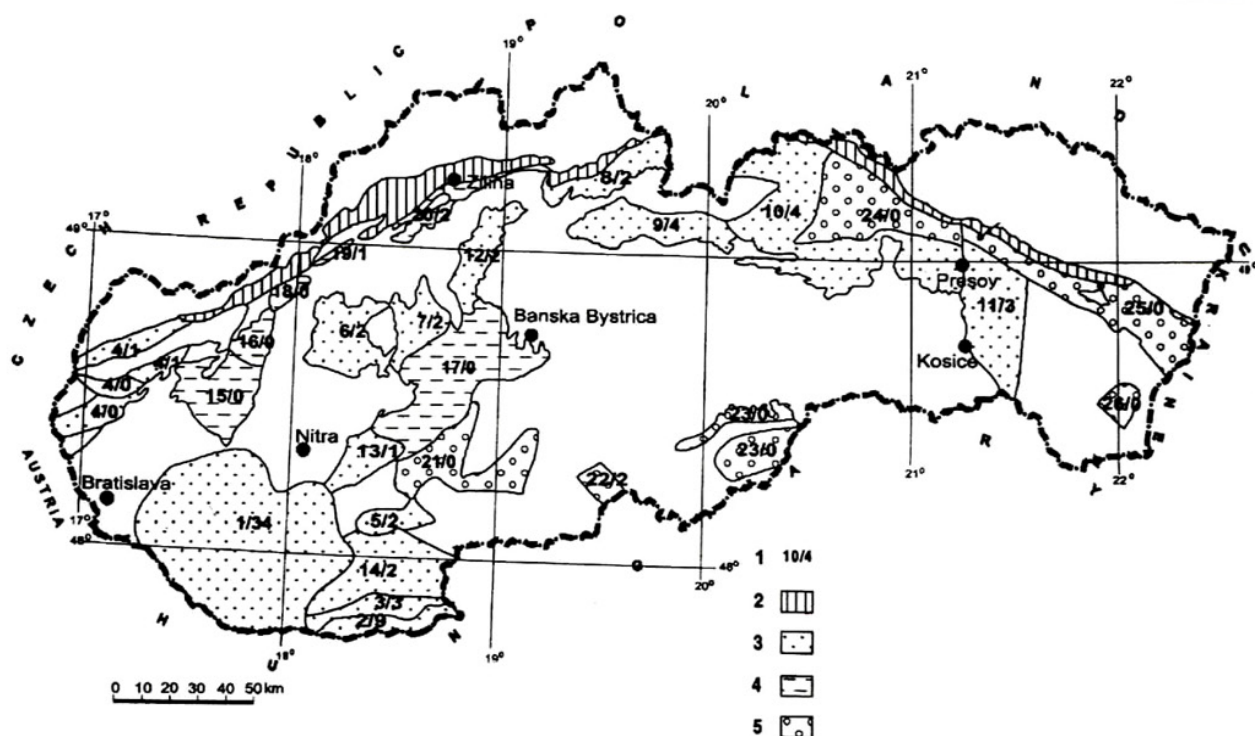
V súčasnosti sa využíva iba veľmi malá časť potenciálu geotermálnych zdrojov (0,22, resp. 0,013 %). Pritom tento potenciál na výrobu elektrickej energie (22,4 mil. GWh.r⁻¹) je takmer dvakrát tak veľký ako celková výroba elektrickej energie zo všetkých zdrojov r. 1996 (12 000 000 GWh.r⁻¹) a pri porovnaní s celosvetovým potenciálom vodnej energie (14 300 000 GWh.r⁻¹) je o 64 % vyšší. Potenciál geotermálnych zdrojov na výrobu tepelnej energie je 3 až 4-násobne vyšší ako celková spotreba tepelnej energie r. 1996 (Stefansson, 2000).

Hodnoty emisií oxidu uhličitého pri využívaní vysokotepelných zdrojov geotermálnej energie na výrobu elektrickej energie dosahujú iba 13 – 380 g.kWh⁻¹, pričom pri fosílnych palivách je to 453 g.kWh⁻¹ pre zemný plyn, 906 g.kWh⁻¹ pre vykurovací olej a až 1042 g.kWh⁻¹ pre uhlie. Emisie oxidu siričitého sú tiež podstatne nižšie ako pri spaľovaní fosílnych palív.

Inštalované tepelné výkony vo vybraných štátoch sveta využívajúcich tento zdroj energie sú uvedené v tab. 3. Medzi prvých 22 štátov patrí aj Slovenská republika s inštalovaným tepelným výkonom 132 MW_t. V súčasnosti sa geotermálna energia využíva v 58 krajinách.

Geotermálne vody Slovenska

Na základe rozšírenia potenciálnych kolektorov zdrojov geotermálnej energie a aktivity geotermického poľa bolo na území Slovenska vymedzených 26 perspektív-



Legenda: 1 – poradové číslo perspektívnej oblasti alebo štruktúry/počet vrtov; 2 – bradlové pásmo; 3 – perspektívna oblasť s geotermálnymi vodami overenými geotermálnymi vrtmi; 4 – perspektívna oblasť zhodnotená geologicky; 5 – perspektívna oblasť s predpokladaným výskytom geotermálnych vôd (na základe všeobecných znalostí geologických pomerov)

2. Preskúmanosť perspektívnych oblastí alebo štruktúr geotermálnych vôd na území Slovenska: 1 – centrálna depresia podunajskej panvy, 2 – komárňanská vysoká kryha, 3 – komárňanská okrajová kryha, 4 – viedenská panva, 5 – levická kryha, 6 – Bánovská kotlina, 7 – Hornonitrianska kotlina, 8 – skorušinská panva, 9 – Liptovská kotlina, 10 – levočská panva (Z a J časť), 11 – Košická kotlina, 12 – Turčianska kotlina, 13 – komjatická depresia, 14 – dubnícka depresia, 15 – trnavský záliv, 16 – piešťanský záliv, 17 – stredoslovenské neovulkanity SZ časť, 18 – Trenčianska kotlina, 19 – Ilavská kotlina, 20 – Žilinská kotlina, 21 – stredoslovenské neovulkanity JV časť, 22 – hornostřásko-trenčská prepadlina, 23 – Rimavská kotlina, 24 – levočská panva SV časť, 25 – humenský chrbát, 26 – štruktúra Beša-Čičarovce

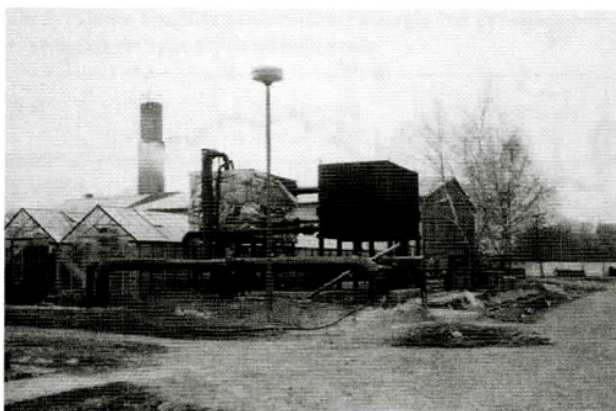
nych oblastí, resp. štruktúr vhodných na získanie týchto zdrojov, ktorých celková rozloha predstavuje 27 % územia Slovenska (obr. 2). Ide hlavne o terciérne panvy, resp. vnútrohorské depresie, ktoré sú rozložené predovšetkým v pásme vnútorných Západných Karpát.

Zdroje geotermálnej energie sú na Slovensku zastúpené predovšetkým geotermálnymi vodami, ktoré sú viazané hlavne na triasové dolomity a vápence vnútrokarpatských tektonických jednotiek, menej na neogénne piesky, pieskovce a zlepence, resp. na neogénne andezity a ich pyroklastiká. Tieto horniny ako kolektory geotermálnych vôd mimo výverových oblastí sa nachádzajú v hĺbke 200 – 5000 m a vyskytujú sa v nich geotermálne vody s teplotou 20 – 240 °C (Remšík, Fendek, 1995).

Geotermálne vody boli doteraz overené pomocou vrtov v 14 vymedzených oblastiach. V ostatných 12 oblas-

tiach neboli overené vrtom, ale 6 z nich bolo už zhodnotených pre účely vyhľadávania a prieskumu geotermálnych vôd. Doteraz bolo na Slovensku realizovaných celkom 72 geotermálnych vrtov (4 negatívne), ktorými sa overilo asi 1200 l.s⁻¹ vôd s teplotou na ústí vrtu 20 – 129 °C, ktorých tepelný výkon predstavuje 247,5 MW_t (pri využití po referenčnú teplotu 15 °C). Geotermálne vody boli získané vrtmi hlbokými 210 – 3616 m, výdatnosť vrtov pri voľnom prelive sa pohybovala prevažne v rozmedzí 5 – 40 l.s⁻¹ (maximálne 120 l.s⁻¹), prevažuje Na-HCO₃-Cl, Ca-Mg-HCO₃-SO₄ a Na-Cl typ vôd s mineralizáciou 0,35 – 32,0 g.l⁻¹.

Tepelno-energetický potenciál geotermálnych vôd Slovenska vo všetkých perspektívnych oblastiach reprezentuje 5538 MW_t, z čoho 4985 MW_t pripadá na tepelno-energetický potenciál zásob geotermálnych vôd a 553



Využívanie geotermálnej vody na vykurovanie skleníkov (Ľavoňníky)

MW_t na tepelno-energetický potenciál zdrojov geotermálnych vôd.

V súčasnosti sa geotermálna energia na Slovensku využíva v 36 lokalitách s tepelne využiteľným výkonom 130,97 MW_t (tab. 4), ktorý predstavuje 846,4 l.s⁻¹ geotermálnych vôd (Fendek a kol., 1999b).

Z tab. 4 je zrejmé, že najväčší využiteľný výkon zdrojov geotermálnych vôd je viazaný na Trnavský kraj, k najvýznamnejším lokalitám patria Galanta, Dunajská Streda, Veľký Meder a Topoľníky.

K najvýznamnejším lokalitám v Nitrianskom kraji patria Podhájska, Tvrdošovce, Diakovce a Štúrovo. Tretí najvyšší využiteľný výkon je viazaný na Žilinský kraj. V súčasnosti najvýznamnejšou lokalitou využívajúcou geotermálnu vodu je Bešeňová v Liptovskej kotline a Oravice v Zuberskej brázde.

Z celkového tepelno-energetického potenciálu geotermálnych zdrojov Slovenska bolo geotermálnymi vrtmi overených 4,5 %, pričom z celkového potenciálu sa využíva iba 2,3 %. Z overeného tepelno-energetického potenciálu geotermálnych zdrojov sa v súčasnosti využíva iba 53 %, čo znamená, že na ďalšie využitie bez realizácie vrtných prác je k dispozícii ešte 47 % (Bím, Fendek, 2000).

Konkrétnym príkladom využívania zdrojov geotermálnej energie je prevádzka energocentra v Galante. Pri prevádzkovaní kotolne nemocnice na báze nízkokalorického uhlia sa ročne spotrebovalo 6200 t uhlia, pričom bolo produkovaných 330 t SO₂, 36 t NO_x, 159 t CO₂ a 600 t škváry. Poplatky za znečistenie ovzdušia r. 1996 predstavovali 156 000 Sk. Podobne prevádzka kotolne na sídlisku Sever v Galante si vyžadovala spotrebu približne 3 mil. Nm³ zemného plynu ročne. Spotreba plynu po začatí prevádzky energocentra sa znížila na 1,2 mil. Nm³, čím sa znížili emisie o 60 % (Beňovský, Takács, 1997).

Na základe aktualizovanej Energetickej koncepcie SR možno očakávať, že r. 2010 bude overený tepelno-energetický potenciál geotermálnych zdrojov predstavovať 1200 MW_t, z čoho očakávaný využívaný tepelný výkon by mal byť 360 MW_t. Pri výrobe 25 MW_t tepelnej energie z geotermálnych zdrojov sa v našich podmienkach ušetrí za rok asi 42 600 t hnedého uhlia (pri 200 dňoch vykurovania) alebo 16 mil. m³ zemného plynu. Nahradením týchto palív sa znižujú pri hedom uhlí emisie tuhých látok ročne o 208 t, SO₂ o 790 t, NO_x o 125 t a CO₂ o 42 t, pri zemnom plyne predstavuje zníženie emisií tuhých látok 1,5 t, SO₂ 0,3 t, NO_x 59 t a CO₂ 4,32 t.

Literatúra

- Beňovský, V., Takács, J.: Skúsenosti z využívania energie geotermálnych vôd v lokalite Galanta. TZB Haus Technik, 4, 1997, s. 34 – 35.
- Bím, M., Fendek, M.: Postavenie geotermálnej energie v rámci Energetickej koncepcie Slovenskej republiky. Zborník prednášok z II. slovenskej geotermálnej konferencie "Využívanie geotermálnych vôd v priemysle, poľnohospodárstve a pre rekreáciu". Slovenská geotermálna asociácia, Bratislava, 2000, s. 9 – 21.
- Fendek, M. a kol.: Geotermálna energia. PRÍF UK Bratislava, 1999a, 124 s.
- Fendek, M., Franko, J., Čavojevová, K.: Geothermal Energy Utilization in Slovak Republic. Slovak Geol. Mag., 5, 1999b, 1 – 2, s. 131 – 140.
- Franko, O., Remšík, A., Fendek, M. (eds): Atlas geotermálnej energie Slovenska. Geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 1995, 268 s.
- Huttrer, G. W.: The Status of the World Geothermal Power Generation 1995 – 2000. Proceedings of the World Geothermal Congress, Kyushu – Tohoku, Japan, 2000, s. 23 – 37.
- Lund, J. W., Freeston, D. H.: Worldwide Direct Uses of Geothermal Energy 2000. Proceedings of the World Geothermal Congress. Kyushu – Tohoku, Japan, 2000, s. 1 – 21.
- Remšík, A., Fendek, M.: Geotermálna energia Slovenska so zreteľom na východoslovenský región. Zborník referátov z konferencie 3. Geologické dni Jána Slávika. Geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 1995, s. 131 – 136.
- Stefansson, V.: Competitive Status of Geothermal Energy in the 21st Century. Presentation at Plenary Session II at the WGC 2000. Kyushu – Tohoku, Japan, 2000, s. 1 – 7.

Doc. RNDr. Marián Fendek, CSc., Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava. E-mail: fendek@gssr.sk

Doc. RNDr. Miriam Fendeková, CSc., Katedra hydrogeológie PRIF UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava E-mail: fendekova@fns.uniba.sk