

Geoterm a elektrárň na geotermálnu energiu – možnosti a podmienky

Michal Cehlár¹, Peter Varga², Zuzana Jurkasová¹ a Martina Pašková¹

Geoterm and geothermal power plant decisions and conditions

It is obvious that GPP is the kind of projects, which may be very attractive in certain regions but may seem difficult and risky on the first look and if not properly developed. Specially in the regions and countries where there are missing references for such kind of projects this project may be "pioneer" type and from the beginning will require a lot of ambitions and patience from site of developer and project owners and a lot of confidence from administration and official governmental bodies and or banks and investors. From this reason there is most important for successful development to appoint very professional partners in development and to split the project to the logical development stages each describing the specific futures and targets for individual stages.

Kľúčové slová: geotermálna energia, geotermálna elektrárňa, geotermálny zdroj.

Úvod

Geotermálna energia predstavuje bohatý potenciál energie na Zemi. Na Slovensku činí priemerné zvýšenie teploty 3 °C na každých 100 m vrtnu. Zásoby geotermálnych vôd rozdeľujeme na obnovované a neobnovované zásoby. U obnovovaných sa ťažba realizuje cez jeden vrt, a ochladená voda je vypustená do tokov. Neobnovované zásoby GT vody sa musia pravidelne dopĺňať, preto okrem ťažobného vrtnu sa musí navrátať aj tzv. reinjektážny vrt, cez ktorý je geotermálna voda po odovzdaní tepla vo výmenníku spolu so škodlivými plynmi a soľami zatláčaná späť do podzemia. Je to spôsob, ktorý plne zodpovedá dnešným environmentálnym kritériám.

Naše geotermálne vody na Slovensku majú nižšiu teplotu 45 - 130 °C, preto sú vhodné prakticky iba na vykurovanie. Využívajú sa v 35 lokalitách s úhrnným tepelným výkonom 75 MW a výrobou 1218 TJ/r na vykurovanie objektov, bazénov, skleníkov.

Slovensko má 26 perspektívnych oblastí geotermálnych zdrojov s teplotou vody do 150 °C v hĺbkach do 5000 m. Najvýznamnejšou lokalitou z nich je Košická kotlina (Ďurkov) s potenciálom cca 300 MW [1].

Geotermálne zdroje

Tento druh energie má pôvod v horúcom jadre Zeme, z ktorého teplo uniká cez vulkanické pukliny v horninách. Teplota jadra sa odhaduje na 7000 stupňov Celzia a vzhľadom na obrovské, takmer nevyčerpatelne zásoby energie v útrobách Zeme, býva tento druh energie zaraďovaný medzi zdroje obnoviteľné. V desaťkilometrovej vrstve zemského obalu, ktorá je dostupná súčasnej vŕtacej technike, sa nachádza dostatok energie na pokrytie našej spotreby na obdobie niekoľko tisíc rokov. Obrovské zásoby geotermálnej energie môžu byť využité tak na vykurovanie budov ako aj na výrobu elektriny, čo dokumentuje viacero takýchto zariadení na mnohých miestach sveta. Účinnosť takejto výroby však nikdy neprevyšuje 20 % a pre menšie zariadenia predstavuje len 5 %. Aj keď sa tieto hodnoty môžu zdať nízkymi, ukazuje sa, že vzhľadom na obrovské zásoby geotermálnej energie býva ekonomickejšie postupovať cestou minimalizácie špecifických nákladov ako cestou zvyšovania účinnosti výroby. [2]

Geotermálna energia z jadra Zeme je v niektorých oblastiach bližšie pri zemskom povrchu ako v iných. Tam, kde sa horúca podzemná para alebo voda dá zachytiť a dopraviť na povrch, môže sa využiť na výrobu elektriny. Takéto geotermálne zdroje existujú v istých geologicky nestabilných oblastiach sveta, ako Island, Nový Zéland, USA, Filipíny a Taliansko. Najpriaznivejšie oblasti USA v tomto smere sú Yellowstonejský vodojem a severná Kalifornia. Island v roku 2000 produkoval priemerne 170 MW z geotermálnych zdrojov a vyhrial tým 86 % všetkých domov. [3]

Zdroje geotermálnej energie existujú v štyroch hlavných formách: hydrotermálny systém, geostlačené zóny, horúca suchá skala a magmatické zdroje. Dostupné geotermálne zdroje sú na miestach, kde je relatívne

¹ prof. Ing. Michal Cehlár, PhD., Ing. Zuzana Jurkasová, Ing. Martina Pašková, Ústav podnikania a manažmentu, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, Košice, tel.: +421556022436, michal.cehlar@tuke.sk, zuzana.jurkasova@tuke.sk, martina.paskova@tuke.sk

² Ing. Peter Varga, Tratec s.r.o., Bratislavská 6465/10, 080 01 Prešov, tel.: +421 907 898 215, varga@pideco.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 20.12.2010)

tenká zemská kôra, alebo kde bola porušená tektonickými pochodmi a vulkanickou aktivitou za posledných 10 miliónov rokov aj s jej postvulkanickými prejavmi a recentnou vulkanickou aktivitou [4]

Hydrotermálne systémy

V miestach, kde bola zemská kôra porušená, mohla spodná voda klesnúť pozdĺž zlomov do hĺbok, kde bola ohriata okolitými horninami. V podmienkach vysokých tlakov v hĺbkach niekoľko tisíc kilometrov pod zemským povrchom, mohla ostať v kvapalnom skupenstve aj pri teplotách presahujúcich bod varu vody pri nadmorskej výške 0 m n.m. Geotermálne nahriata spodná voda sa niekedy naakumuluje v prepojenej sieti porúch v horninách a vytvorí sa podzemný hydrotermálny rezervoár. Voda z rezervoáru môže byť prírodným prúdením pozdĺž porúch privedená na zemský povrch. Hydrotermálne rezervoáre a konvekčné systémy sú zdroje javov, ktorým hovoríme prírodné horúce pramene a gejzíry.

V súčasnosti sú hydrotermálne systémy jediným komerčne využívaným geotermálnym zdrojom. Niektoré hydrotermálne rezervoáre sú veľmi horúce (nad 300 °C), ale zhruba dve tretiny majú miernejšie teploty (120–200 °C). Využíva sa však iba niekoľko veľkých vysokoteplotných zdrojov typu suchá para. V tomto prípade výraz suchá para vyjadruje taký hydrotermálny systém, kde horúce fluidum je prevažne vo forme pary. Takéto zdroje sú relatívne vzácne, ale sú veľmi vhodné na výrobu elektrickej energie, pretože para môže byť po odfiltrovaní kvapiek vody vedená priamo na parné turbíny, produkujúce elektrickú energiu. Po ochladení a skondenzovaní sa voda vracia susednými vrtmi späť do zeme.

Veľmi často sa však geotermálna energia využíva aj na výrobu elektrickej energie. Prvé pokusy s výrobou elektriny začali v Taliansku už v roku 1904 a prvá 250 kW elektrárňa bola daná do prevádzky v roku 1913 v Larderello. V súčasnosti je výkon elektrárne v Larderello 380 MW, pričom vyrobená kWh elektrickej energie je šesťkrát lacnejšia ako z uhoľných elektrární.

Väčšina využívaných hydrotermálnych systémov je však na báze horúcej vody a nie suchej pary. Tam kde voda v podzemí dosahuje teplotu od 180 do 350 °C a vďaka vysokému tlaku nezmenila skupenstvo, sa po jej transporte na zemský povrch pomocou vrtov vedie do odtlakovacích nádrží, kde sa po rýchlom znížení tlaku časť vody premení na paru, ktorá sa oddelí od kvapaliny a používa sa na pohon parných turbín, vyrábajúcich elektrickú energiu. Po výrobe elektrickej energie sú horúce geotermálne vody vedené do chladiacich veží, prípadne do systémov, kde sa teplo využije na vyhrievanie rôznych objektov, alebo sa využíva v rôznych priemyselných alebo poľnohospodárskych technológiách. Po ochladení horúcich vôd je voda odvedená prostredníctvom vrtov späť do podzemného rezervoára horúcich vôd.

Tam, kde má geotermálna voda menší prítok a pomerne nízku teplotu, môže byť použitá na výrobu elektrickej energie v tzv. binárnom cykle. V takomto systéme sa vo výmenníkoch tepla ako médium, ktoré odoberá teplo, používajú izobután, izopentán, freón a hexán, teda látky, ktoré majú nižšiu teplotu varu ako voda. Horúca voda z rezervoára premieňa vo výmenníkoch tepla tieto látky na paru a tá v parných turbínach vyrába elektrickú energiu. Para sa ochladzuje, mení na kvapalinu a v uzavretom okruhu sa dostáva opäť do výmenníka tepla. Podľa odhadov sa vyskytujú geotermálne zdroje s teplotou vody vhodnou pre binárny cyklus výroby elektrickej energie (120 až 200 °C) až štvornásobne častejšie, ako zdroje s teplotou nad 200 °C a päťdesiat násobne častejšie, ako rezervoáre produkujúce čistú paru. Z pohľadu životného prostredia a bezpečnosti práce sú však propán a izobután výbušné látky a freóny narušujú ozónovú nadzemnú vrstvu. Ďalší vývoj si preto žiada nájdenie iného média.[4]

Geostlačené zóny

Sú oblasti, v ktorých sú horúce slané vody (medzi 90 – 200 °C) zachytené pod vysokými tlakmi medzi vrstvami nepriepustných hornín. Na výrobu elektrickej energie môžu byť použité tak horúce vody ako aj hydraulický tlak. Tieto rezervoáre obsahujú niekedy aj tretí potenciálny zdroj energie - veľké množstvá rozpusteného metánu v slanej vode. Pokusy v USA ukázali, že odhadované náklady na vyrobenú elektrickú energiu sú výrazne vyššie náklady ako na jednu kWh, vyrobenú z konvenčných zdrojov energie [4].

Magmatické zdroje

Podpovrchová roztavená hornina je zodpovedná za vulkanickú aktivitu planéty Zem. Väčšina magmy vzniká v nižších hĺbkach zemskej kôry, alebo v plášti, v hĺbkach 30 km a viac. Avšak aj v menších hĺbkach je možné nájsť významné množstvo magmy, najmä vo vulkanických oblastiach. Vzhľadom na dočasnú neexistenciu vhodnej vrtnej techniky, nepredpokladá sa skoré komerčné využitie tohto energetického zdroja.

Zrejme prvé využitie bude v mladých kalderách, s dobou vzniku pred niekoľkými miliónmi rokov, s relatívne plytko uloženými telesami magmy. V niekoľkých etapách sa navráta vrt hlboký 7 000 m, až do telesa magmy, kde sa očakáva teplota 900 °C. Najprv sa do vrtu bude vháňať studená voda, aby sa vytvorili pevné steny vrtu, čím sa vytvorí výmenník tepla hlboko pod zemským povrchom. Potom sa bude do výmenníka tepla z povrchu pumpovať voda, ktorá sa v ňom ohreje na vysoké teploty a bude vytlačovaná na zemský povrch, kde sa premení na paru, pomocou ktorej sa vyrobí elektrická energia [4].

Suché teplo hornín

Geotermálne zdroje využívajúce teplo suchej horniny (hot dry rock) sú bohaté a všade prítomné, iba ich uloženie v hĺbke, zväčša viac ako tri km pod zemským povrchom a neprítomnosť média - nosiča, ktorý by túto nahromadenú energiu vyniesol na zemský povrch, sú v súčasnosti komerčne nevyužívané.

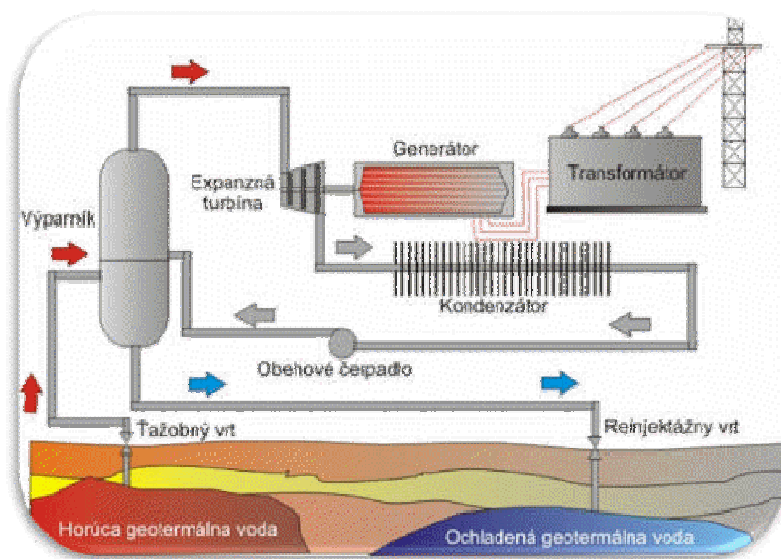
Tento typ umožňuje využiť tepelnú energiu, akumulovanú v horninovom prostredí. Uvoľnenie takého zdroja tepla začína navŕtaním úvodného vrtu. Odstrelom trhaviny v tomto vrte, alebo tlakom vody v hĺbke, kde je akumulovaná tepelná energia, sa vytvoria umelé trhliny, ktoré potom slúžia ako podzemný výmenník tepla. Do vrtu sa zavedie voda, ktorá prijme teplo horúcej horniny a druhým vrtom, ktorý vytvára s úvodným vrtom prostredníctvom umelých trhlín jeden systém, vystupuje para, alebo horúca voda späť na povrch. Získané teplo sa využije buď na výrobu elektrickej energie, alebo na vykurovanie [4].

Geotermálna elektrárneň

Geotermálne elektrárne (GTE) využívajú tepelnú energiu geotermálnej vody, resp. geotermálnej pary na výrobu elektrickej energie (obr.1). Na základe skupenstva a teploty využívanej geotermálnej vody existuje niekoľko druhov geotermálnych elektrární. Základné typy sú tieto:

- GTE s prehriatou parou - para vychádzajúca z vrtu po separácii vody poháňa parnú turbínu s generátorom, alebo para je zavedená do parogenerátora (výmenník tepla), kde vyrobená para z povrchovej vody poháňa parnú turbínu spojenú s elektrickým generátorom
- GTE s horúcou vodou - geotermálna voda s vysokým tlakom a teplotou sa v expandéri premení na mokrú paru, ktorá poháňa parnú turbínu s generátorom
- GTE s binárnym cyklom - geotermálna voda s teplotou nad cca 130 °C vo výmenníku zohreje kvapalinu s nízkym bodom varu (čpavok, izobután), ktorej para poháňa expanznú turbínu spojenú s elektrickým generátorom.

Nové zdroje majú spravidla dvojicu vrtov - ťažobný a reinjektážny vrt. Cez reinjektážny vrt sa ochladené vody spolu so škodlivými plynmi a soľami vracajú do zeme z environmentálnych dôvodov [5].



Obr. 1. Principiálna schéma geotermálnej elektrárne [6].
Fig. 1. Principal scheme of geothermal power plants [6].

Základ geotermálnej elektrárne tvorí technologické zariadenie, nazývané EC – Energy converter. Energy converter – je prefabrikovaná kompaktná technologická jednotka určená na efektívnu výrobu elektrickej energie z nízko potenciálnych zdrojov. Prevádzka EC je založená na princípoch Organického Rankinovho Cyklu (ORC), (Rankinov cyklus využívajúci ako pracovné médium organickú látku.)

V ORC pracovná, organická látka vo forme kvapaliny prechádza predhrievačom a následne výparníkom, v ktorých absorbuje energiu (teplo) z geotermálneho zdroja a dochádza k jej odpareniu. Vzniknutá para postupuje do turbíny v ktorej expanduje a odovzdáva energiu lopatkám turbíny (Nadobudnutá kinetická energia lopatiek turbíny je ďalej transformovaná v generátore na elektrickú energiu).

Expandovaná organická para prechádza následne kondenzátorom, v ktorom sa jej skupenstvo opäť mení na kvapalnú, uzatvára tým cyklus a je pripravená na opätovný vstup do predhrievača a výparníka.

Zariadenie je navrhnuté tak, aby v prípade výpadku turbíny bola organická para bypassom odvedená priamo do kondenzátora, kde odovzdá teplo absorbované v predhrievači a výparníku do okolitého vzduchu.

Turbína je navrhnutá na prevádzku s parou z organickej cirkulujúcej kvapaliny. Tvoria ju dvoj alebo trojstupňová impulzná jednotka z materiálov vhodných pre prevádzku s organickou kvapalinou. Obežné kolá sú vyrobené s potrebnou presnosťou, vyvážené a pred zmontovaním odskúšané na testovacej plošine. V turbíne sú použité tlakovo mazané ložiská. Utesňovanie turbíny je urobené dvojitoú mechanickou komorou zapečatenou olejom ako oddeľovacou kvapalinou.

Použitie ORC systému

- Kondenzácia v oblasti atmosférického tlaku:

Termodynamické vlastnosti pracovného média v ORC cykle, umožňujú prevádzkovať zariadenie, s kondenzáciou pracovnej látky v oblasti atmosférického tlaku, čo v porovnaní s klasickým parným Rankinovým cyklom, kladie znížené nároky na rozmery lopatiek posledného stupňa turbíny a vďaka prevádzke bez výrazného vákuu v systéme za turbínou, zabraňuje nežiaducemu vnikaniu okolitého vzduchu do zariadenia.

- Nízka teplota zamŕznutia média:

Vďaka nízkej teplote mrznutia (-130°C), nie je potrebné zariadenie (najmä kondenzátor) chrániť proti zamrznutiu dodatočnými ochrannými prvkami (vykurovací systém). Vysoká účinnosť turbíny pri nízkych rýchlostiach a výkonoch Kvôli nízkej rýchlosti zvuku v pracovnom organickom médiu (v porovnaní s parou), je najvhodnejšie z aerodynamického hľadiska prevádzkovať turbínu pri nízkych rýchlostiach lopatiek obežných kolies (50 – 60 Hz), čo v konečnom dôsledku odberá nároky na inštaláciu prevodovky medzi turbínou a generátorom.

- Expanzia v turbíne bez prechodu do oblasti mokrej pary:

Termodynamické vlastnosti média zabezpečujú expanziu výlučne v oblasti "suchej pary", čo výrazne eliminuje možnosť poškodenia lopatiek posledného stupňa turbíny vznikajúcim kondenzátom. Vďaka tomuto faktoru je možné turbínu prevádzkovať aj v čiastočnom zaťažení (pri ktorom v parných cykloch vzniká viac kondenzátu) so značne vyššou účinnosťou ako v parných systémoch.



Obr. 2. Situácia umiestnenia geotermálnej elektrárne [6].
Fig. 2. Situation location of geothermal power plants [6].

Geotermálna energia na Slovensku

Európsky parlament a Rada EÚ prijali dňa 27.septembra 2001 smernicu 2001/77/ES o podpore elektrickej energie vyrábanej z obnoviteľných zdrojov energie na vnútornom trhu s elektrickou energiou. Cieľom smernice je podporiť využívanie obnoviteľných zdrojov energie na výrobu elektrickej energie, tak aby sa mohol naplniť indikatívny cieľ vo výške 22,1 % výroby elektriny z OZE na celkovej spotrebe elektrickej energie do roku 2010 v EÚ. Smernica zároveň znovu potvrdila prioritu EÚ, ktorou je podpora zvýšenia využívania obnoviteľných zdrojov energie do roku 2010 definovaná už v Bielej knihe (White Paper for a Community Strategy and Action Plan).

V nadväznosti na uvedenú smernicu, vláda SR vo svojom uznesení č. 282 z 23. apríla 2003 schválila Koncepciu využívania obnoviteľných zdrojov energie, ktorá definuje základný rámec pre rozvoj využívania OZE na Slovensku. Podiely jednotlivých druhov obnoviteľných a druhotných zdrojov energie na celkovom množstve technicky využiteľného potenciálu sú podľa tejto koncepcie uvedené v tab. 1.

Tab. 1. Podiel jednotlivých druhov obnoviteľných a druhotných zdrojov energie na technicky využiteľnom potenciáli, podľa Koncepcie využívania obnoviteľných zdrojov energie vypracovanej MH SR, schválenej uznesením vlády SR č. 282/2003.

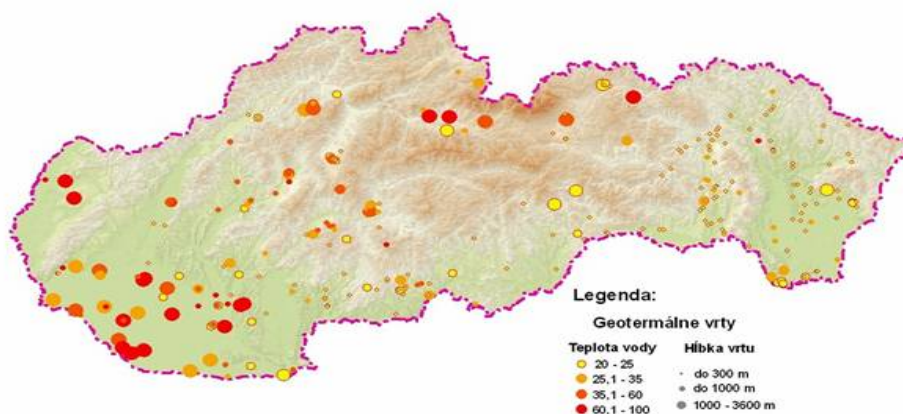
Tab. 1. The share of the renewable and secondary sources on technically useful energy potential, according to the Concept of use renewable energy sources developed by the Ministry of Economy, approved by the Slovak Government Resolution No. 282/2003.

Druh	Technicky využiteľný potenciál	
	[TJ]	[%]
biomasa	60 458	46,7
geotermálna energia	22 680	17,5
solárna energia	18 720	14,5
odpadové teplo	12 726	9,8
biopalivá	9 000	6,9
malé vodné elektrárne	3 722	2,9
veterná energia	2 178	1,7
Celkom	129 484	100,0

Nevyhnutným podkladom pre rozvoj využívania geotermálnej energie sú údaje o distribúcii, kvantite a kvalite jej zdrojov, o podmienkach na ich optimálne využitie na rôzne účely. Uvedený komplex informácií poskytuje geologický výskum a prieskum.[7]

Systematický výskum zdrojov geotermálnej energie s realizáciou geotermálnych vrtov, na Slovensku začal v roku 1971 riešením úlohy rozvoja vedy a techniky pod názvom „Geotermálna energia“, ktorej riešiteľským pracoviskom bol Geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave.

V rámci základného výskumu financovaného zo štátneho rozpočtu (v rokoch 1971 – 1994) bola urobená charakteristika povrchovej a hlbínnej stavby Západných Karpát vo vzťahu k predpokladanej priestorovej distribúcii geotermálnych vôd, charakteristika priestorového rozloženia zemského tepla, realizovaných bolo 61 geotermálnych vrtov, získaná bola orientačná predstava o množstvách geotermálnej energie a vôd. Jedným z najvýznamnejších výsledkov bolo vymedzenie 26 perspektívnych geotermálnych oblastí s priaznivými podmienkami na energetické využívanie geotermálnych vôd (obr. 3).[7]



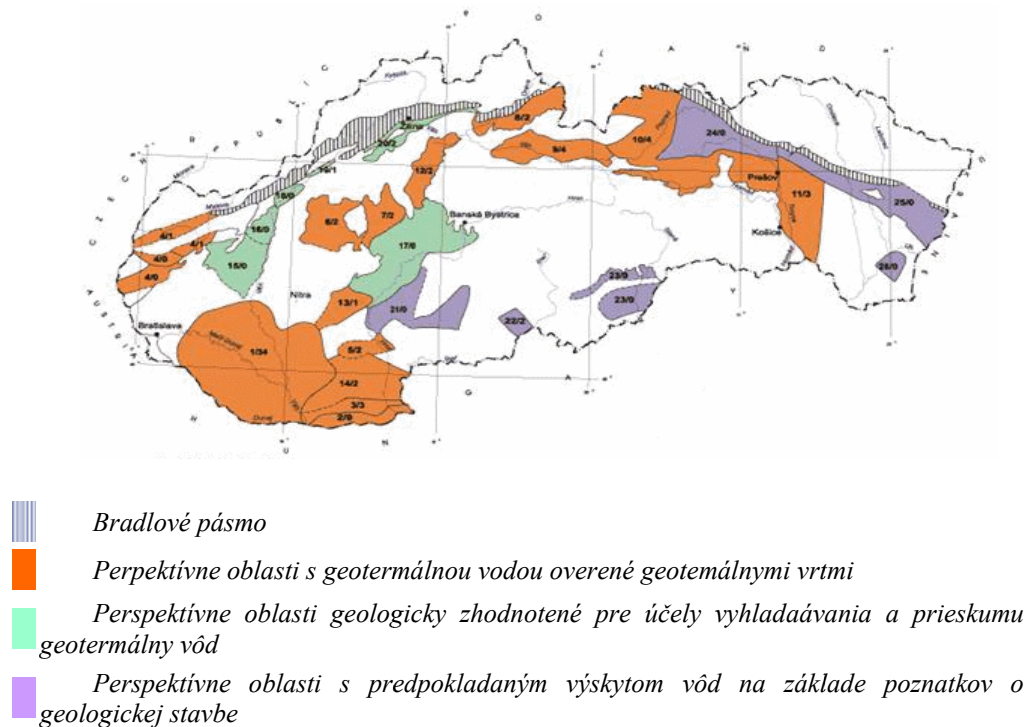
Obr. 3. Rozmiestnenie geotermálnych vrtov v SR a ich tepelné charakteristiky [8].

Fig. 3. Distribution of geothermal wells in the Slovak Republic and it's thermal characteristics [8].

Geotermálne vrty, ktorých realizácia vyplynula z geologického zhodnotenia, boli vrtané mimo výverových oblastí termálnych vôd, ktoré sú využívané na liečebné účely v kúpeľoch. Celková výdatnosť týchto vrtov (hlbokých 210 – 2 800 m) predstavovala 904 l/s geotermálnych vôd s teplotou na ústí vrtu od 20 do 92 °C a mineralizáciou 0,4 – 90 g/l. Tepelný výkon takto overených geotermálnych vôd predstavoval množstvo geotermálnej energie o hodnote 176 MW_t, z ktorého 31 MW_t (131 l/s) pripadalo na exploataciu systémom reinjektáže a ostatné množstvo 145 MW_t (773 l/s) na exploataciu sólo vrtmi.

Na základe výsledkov základného výskumu a prieskumu geotermálnych zdrojov môžeme konštatovať, že Slovenská republika má vďaka svojim prírodným podmienkam významný potenciál geotermálnej energie, ktorý je ohodnotený na 5 538 MW_t. Zdroje geotermálnej energie sú zastúpené predovšetkým geotermálnymi vodami, ktoré sú viazané najmä na triasové dolomity a vápence vnútrokarpatských tektonických jednotiek, menej na neogénne piesky, pieskovce a zlepenice resp. na neogénne andezity a ich pyroklastiká. Tieto horniny

ako kolektory geotermálnych vôd mimo výverových oblastí sa nachádzajú v hĺbke 200 – 5 000 m a vyskytujú sa v nich geotermálne vody s teplotou 15 – 240 °C. Na základe rozšírenia kolektorov a aktivity geotermického poľa bolo na území Slovenskej republiky vymedzených 26 perspektívnych oblastí alebo štruktúr vhodných pre získavanie geotermálnej energie (obr. 4) [7].



Obr. 4. Rozloženie perspektívnych oblastí geotermálnych vôd na území Slovenska [9].
Fig. 4. Distribution of prospective areas of geothermal waters in Slovakia [9].

Záver

Je možné konštatovať, že na Slovensku je ukončený základný výskum zdrojov geotermálnej energie v rámci ktorého bolo vymedzených 26 perspektívnych geotermálnych oblastí. Ukončený je tiež regionálny výskum a vyhľadávací prieskum v piatich perspektívnych oblastiach (centrálnej depresii podunajskej panvy, komárňanskej vysokej kryhe, Liptovskej kotline, skorušinskej panve a v Hornonitrianskej kotline). Výsledkom realizovaných geologických prác je poznanie hydrogeotermálnych pomerov, množstva geotermálnych vôd a ich parametrov, množstva geotermálnej energie. Metodika hydrogeotermálneho hodnotenia je rovnaká ako je metodika hodnotenia zdrojov geotermálnej energie používaná v rámci Európskej únie (Hurter – Haenel, 2002), čo znamená, že i výsledky sú vzájomne porovnateľné. Tým istým spôsobom sú zhodnotené aj čiastkové oblasti v ďalších troch vymedzených geotermálnych oblastiach (Žiarskej kotline, patriacej do geotermálnej oblasti stredoslovenské neovulkanity SZ časť, Popradskej kotline, patriacej do oblasti levočská panva Z a J časť a v oblasti Ďurkova v Košickej kotline). V troch vymedzených geotermálnych oblastiach, topolčiansky záliv s Bánovskou kotlinou, humenský chrbát a Rimavská kotlina v súčasnosti regionálny výskum prebieha. [7] Technológia využitia geotermu prostredníctvom geotermálnych elektrární za podmienok popísaných vyššie garantuje využitie potenciálu, ktorý sa ponúka v spomenutých lokalitách. Podmienkou úspešnosti je teraz iba presadenie projektu z hľadiska nájdania vhodnej formy financovania, ktorá je podopretá i „Konceptiou energetickej bezpečnosti Slovenska“, ktorá bola prijatá i formou Uznesenia vláda SR. Naštartovanie pilotného projektu prinesie hlbšie využitie geotermálnej energie na výrobu elektrickej energie.

Literatúra - References

- [1] <http://www.seas.sk/encyklopedia/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalna-energia/>
- [2] <http://www.infovek.sk/predmety/enviro/index.php?k=35>
- [3] http://sk.wikipedia.org/wiki/Obnovite%C4%BEn%C3%BD_zdroj_energie#Geoterm.C3.A1lna_energia
- [4] Rybár, P., Sasvári, T.: Zem a zemské zdroje, vysokoškolské učebné texty, vyd. Štroffek, Košice, ISBN 80-88896-12-6, 1999.
- [5] <http://www.seas.sk/encyklopedia/elektrina-sposob-vyroby/geotermalna-elektraren/>
- [6] http://elektrarne.qsh.sk/ine_geoter.htm
- [7] [http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/37452345F48F1D2AC1257180003FABEC/\\$FILE/Zdroj.html](http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/37452345F48F1D2AC1257180003FABEC/$FILE/Zdroj.html)
- [8] http://enviroportal.sk/dpsir/dpsir_kapitola.php?id_kap=543&rod=&id_indik=544
- [9] <http://www.greenprojekt.sk/geotermalnaenergia.html>
- [10] <http://www.slovgeoterm.sk/index.cfm?s=kosice>
- [11] <http://www.geoterm-kosice.sk/projekt.html>
- [12] Wittenberger, G., Pinka, J.: Využitie geotermálnej energie na Slovensku. In: Acta Montanistica Slovaca, Ročník 10 (2005), číslo 4, 387-391, Dostupné na internete: <http://actamont.tuke.sk/pdf/2005/n4/7wittenberger.pdf>
- [13] Wittenberger, G., Pinka, J.: Geotermálne vrty GTD 1,2,3 v Ďurkove a plány na ich využívanie. In: Acta Montanistica Slovaca Ročník 10 (2005), číslo 4, 396-398, Dostupné na internete: <http://actamont.tuke.sk/pdf/2005/n4/9wittdurkov.pdf>