

Možnosti využitia zemského tepla v Slovenskej socialistickej republike prostredníctvom získania nových zdrojov hypertermálnych vôd

(2 tab. v texte)

ONDREJ FRANKO*

Sur la possibilité de l'utilisation de la chaleur terrestre par l'exploitation des sources hyperthermales en Slovaquie

L'auteur, en se basant sur la connaissance des structures hydrogéologiques profondes et des conditions géothermales, signale la découverte des nouvelles sources hyperthermales en Slovaquie. Il détermine 20 régions de perspective. Il étudie aussi les problèmes de leur exploration et prospection. Quant à l'utilisation de l'énergie thermique, l'auteur mets l'exemple de plusieurs états en évidence.

Vysoko rozvinutá priemyslová a poľnohospodárska základňa nášho štátu má nedostatočné zásoby zdrojov energie (hlavne v Slovenskej SR), za ktoré sú u nás doteraz považované hlavne pevné (uhlie), tekuté (ropa) a plynné (zemný plyn) palivá a taktiež naše, v absolútnej väčšine málo výdatné vodné toky. Naľkoľko situácia v palivovo-energetickej základni nášho štátu nie je v poslednom období najpriaznivejšia, domnievam sa, že je potrebné hľadať a využiť nové domáce existujúce zdroje energie. Jedným z najperspektívnejších prírodných zdrojov energie na Slovensku je energia zemského tepla. Toto teplo možno využiť prostredníctvom jeho kvapalných nositeľov — termálnych vôd, ktoré predstavujú jeden z dvoch druhov geotermálnych zdrojov (para a termálne vody).

V úvode treba ešte podotknúť, že problém využitia geotermálnych zdrojov na celom svete sa už dvakrát prerokovával na sympóziách OSN, a to v roku 1961 a 1970. Za desaťrocie medzi sympóziami sa dosiahol veľký pokrok nielen pri využití týchto zdrojov, ale sa rozvinuli mnohé vedné disciplíny spojené s komplexným riešením tejto problematiky (geotermia, geochémia, fyzika rezervoárov, zachytávanie, ťažba a rozvod geotermálnych roztokov, geotermálne inžinierstvo atď.). Je najvyšší čas zachytiť tento rozvoj aj u nás, aby sme nezaostávali za svetovým vývojom. Podmienkou tohto rozvoja je, aby sa urýchlene prišlo k vyhľadávaniu a využívaniu týchto vôd, pretože len ich ekonomický prínos pre hospodárstvo si môže vynútiť rozvoj potrebných disciplín, ktoré budú potom upozorňovať na ďalšie možnosti využitia týchto zdrojov.

*RNDr. Ondrej Franko, CSc., Geologický ústav D. Štúra, Bratislava, Mlynská dol. 1.

Podmienky vzniku a rozšírenia termálnych vôd

Západné Karpaty, na území ktorých Slovensko leží, sú delené na 3 pásma, a to pásmo vonkajšie a vnútorné, ktoré sú od seba oddelené pásmom bradlovým. Termálne vody sú viazané hlavne na pásmo vnútorné.

Aby mohli termálne vody vôbec vzniknúť, sú k tomu potrebné hlavne určité vhodné geologické podmienky. Podľa O. Franka (1966, 1969) sú to:

1. Veľké zastúpenie a rozšírenie vhodných kolektorov podzemných vôd,
2. uloženie týchto kolektorov vo väčších hĺbkach a
3. spojenie týchto kolektorov s povrchom.

Tieto podmienky sú na území vnútorného pásma Západných Karpat veľmi priaznivo splnené. Všetky 3 uvedené podmienky sú potrebné pre vznik, dopĺňanie a ťažbu tzv. dynamických zásob termálnych vôd v prirodzených prameňoch, alebo z vrtov. Na vznik tzv. statických zásob však postačujú len prvé dve podmienky. Uvedené základné podmienky sa odrážajú v rôznych príčinách, ktoré ovplyvňujú väčšie alebo menšie zastúpenie a rozšírenie termálnych vôd v odlišných hydrogeologických štruktúrach, ich zásoby, produktivnosť prameňov a vrtov, fyzikálno-chemické vlastnosti atď. Sú to tieto príčiny. (O. Hyníe 1953, M. Mahel 1952, O. Franko 1970):

1. Existencia mezozoických karbonátických sedimentov (vápencov a dolomitov) v strednom a vrchnom triase, ktoré zaberajú rozsiahle územia.
2. Alpinotypná tektonika mezozoických súvrství, ktorá vytvorila ďalekosiahle vrásky, ponárajúce sa zo svahov pohorí do väčších hĺbok.
3. Mladé zlomy pozdĺžnych a priečných smerov.
4. Existencia neogénnych sedimentov, prevažne pelitov s vrstvami psefitov a psamitov.
5. Germanotypná stavba neogénnych sedimentov s panvovitým uložením v panóne.
6. Mladotretóhonný vulkanizmus.
7. Priaznivé geotermické pomery.

Prvý faktor podmieňuje pomerne rovnomerné rozšírenie a veľké zásoby termálnych vôd. Termálne vody, viazané na karbonáty sú rozšírené takmer na celom území Slovenska. Maximálna výdatnosť prirodzených prameňov (napr. Piešťany) a vrtov v zakrytých štruktúrach (napr. Kováčová) je okolo 50 l/sec. Maximálna sumárna výdatnosť viacerých prítokov do jedného vrtu (160 l/sec.) bola doteraz zistená v Bojniciach.

Druhý faktor podmienil spojenie akumulčných oblastí teriem s infiltračnými a vznik teriem s pomerne vysokými teplotami. Takto sú vytvorené podmienky pre existenciu dynamických zásob. Prirodzené pramene majú maximálnu teplotu 70 °C (Piešťany). Predpokladám, že vrtmi v tzv. zakrytých štruktúrach je možné získať termálne vody s dynamickými zásobami s teplotou až do 100 °C. V tých istých sedimentoch je však možné získať termálne vody so statickými zásobami teplé až 200 °C.

Tretí faktor podmieňuje výstup termálnych vôd z triasových karbonátov v prirodzených prameňoch na povrch a spolu s prvým faktorom pomáha rovnomernému rozloženiu prirodzených prameňov. Ako vidieť, prvé tri faktory sa vzťahujú k termálnym vodám pochádzajúcim z triasových karbonátov. Po chemickej stránke, pokiaľ ide o dynamické zásoby, (vody patria do hydrodynamickej zóny intenzívnej vodovýmeny) je na ne viazaný samostatný slovenský typ termálnych

sulfátovo-kalciových a bikarbonátovo-kalciových (sádrovo-zemitých) vôd (O. Hyníe 1963) s mineralizáciou cca do 6 g/l. Chemický typ vody je za týchto hydrogeologických podmienok určený predovšetkým horninovým prostredím. Pokiaľ ide o prevažne, alebo celkom statické zásoby (vody patria do hydrodynamickej zóny — s obmedzenou vodovýmenou alebo bez nej — uzavrele), tu už nie je určujúcim faktorom chemizmu vôd horninové prostredie, ale paleohydrogeologické a *pt* podmienky. Vody sú prevažne chlorido-nátriového typu s mineralizáciou väčšinou do 30 g/l.

Štvrtý faktor podmieňuje rozšírenie termálnych vôd v Ipelskej kotline, hlavne však v Podunajskej nížine (O. Franko 1969, I. Pagáč 1968, A. Porubský 1970). Termy sú viazané na bazálne konglomeráty a piesky eggenburgu, otnangu a badenu s výskytom na okrajoch pohorí, hlavne však na vrstvy pliocénnych pieskov v strede Podunajskej nížiny.

Piaty faktor spôsobil pokles bazálnych neogénnych psamitov a psefitov na okrajoch pohorí do väčšej hĺbky, takže vody v nich sú oteplené a prostredníctvom okrajov pohorí doplňované. Pánovitá stavba centrálnej pliocénnej depresie v Podunajskej nížine, rozprestierajúca sa zhruba medzi Šamorínom, Abrahámom, Diakovcami a Kolárovom spôsobuje narastanie teploty vôd smerom do jej stredu a doplňovanie zásob vôd vrchných horizontov na jej okrajoch. Doteraz zistená maximálna výdatnosť neogénnych teriem z jednotlivých horizontov dosahuje na 1 vrt 2—5 l/sec s teplotou do 70 °C. Predpokladám však, že pri zachytení viacerých horizontov a v prípade potreby i zvýšení odberového napätia pomocou čerpania bude možné jedným vrtom získať podstatne viac vody (do 20 l/sec) s teplotou do 100 °C, ako je tomu v Maďarsku (T. Boldizsar 1970). Po chemickej stránke ide o bikarbonáto-nátriové až chlorido-nátriové vody s mineralizáciou do 10 g/l. Termálne vody v hlbších horizontoch budú mať pravdepodobne charakter statických zásob. *S ohľadom na rozlohu pliocénnej depresie a množstvo horizontov môžeme uvažovať o veľkých zásobách termálnych vôd v tejto oblasti.*

Šiesty faktor sa pravdepodobne podieľa na vytvorení priaznivých geotermických pomerov v oblastiach a zónach neovulkanitov a taktiež podmieňuje preplynutie viacerých termálnych vôd CO₂.

Siedmy faktor predstavuje vlastne znížené hodnoty geotermického stupňa (resp. zvýšené hodnoty geotermického gradientu) a zvýšené hodnoty zemského tepelného toku. Priemerný geotermický stupeň v územiach s termálnymi vodami má hodnotu cca 26 m/1 °C oproti celoslovenskému priemeru cca 31 m/1 °C (O. Franko 1971) a svetovému priemeru 33 m/1 °C v mladých sedimentárnych oblastiach. Priemerný zemský tepelný tok na Slovensku má hodnotu 2,13 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ (V. Čermák 1968) oproti svetovému priemeru 1,58 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ (W. H. K. Lee — S. Uyeda 1965). *Tieto priaznivejšie pomery umožňujú, v porovnaní s inými územiami s rovnakými hydrogeologickými pomermi, získať väčšie množstvo teplejších vôd.* Zatiaľ čo pri geotermickom stupni 33 m/1 °C možno z 1500 m hĺbky získať termy teplé okolo 52 °C, tak pri stupni 26 m až okolo 64 °C. Podobne, kým na ohriatie 50 l/sec. vody zo 7 °C na 50 °C treba pri zemskom tepelnom toku 1 58 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ odobrať zemské teplo z plochy cca 136 km², tak pri toku 2,13 len z plochy cca 100 km².

Vymedzenie perspektívnych oblastí a štruktúr

Na základe súčasných všeobecných poznatkov o existencii nádrží termálnych vôd (O. Franko 1964, 1970); poznatkov a predpokladov o rozšírení mezo-zoických kolektorov v podloží nížin a kotlín vnúorného pásma Západných Kar-

1	2	3	4	5	6	7	8
Oblasť (štruktúra)	Kolektor	hlbka kolektorov v m	geotermický stupeň v m/1 °C	ložisková teplota v °C	výdatnosť prelivu v l/s	mineralizácia g/l	typ chemizmu (podľa prevlád. aniónu a kationu)
	1. zistený 2. predpokl.	1. zistená 2. predpokl.	1. v oblasti 2. priemerný	1. zistená 2. predpokl.	1. zistená 2. predpokl.	1. zistená 2. predpokl.	1. zistený 2. predpokl.
Záhorská nížina							
Lakšárska elevácia	1. dolomity	1. 1100–2000	1. 28,4	1. 70–81	1. 5,6–6,6 2. do 50	1. 5,2–6,6	1. Cl–Na (SO ₄ –Na)
Šaštínska elevácia	1. dolomity vápence	1. 2000–2800	1. 36,5	1. 88–90	1. 2,5 (25 ?) 2. do 50	1. 2,7–14	1. Cl–Na (SO ₄ –Na, HCO ₃ – –Na)
Podunajská nížina							
Komárňanská vysoká kryha	1. vápence dolomity	1. 130–1150 2. 1150–2500	1. 26,6	1. 26–54 2. 54–100	1. 12–30 2. do 50	1. 0,7–2,7	1. HCO ₃ –Ca, SO ₄ –Ca
Trnavský záliv (Hlohovecká hrást')	1. dolomity vápence	1. 1660–1800 2. 1800–2200	1. 35,2 2. 26	1. 77–80 2. 80–90	1. 1 2. do 50	1. 0,5–6,8	1. HCO ₃ –Ca (Cl–SO ₄ –Na)
Topoľčiansky záliv (Obdokovce)	1. dolomity	1. 2150–2500 2. 1500–2150	1. 30,2	1. 80–92 2. 60–80	hladina vody 126 m pod terénom	1. 4,5	1. SO ₄ –Na (HCO ₃ –Na)
Komjatická depresia (Vráble)	1. dolomity	1. 2480–2570	1. 30,2	1. 90	1. 8 (?) 2. do 50	1. 56,9–82,2	1. Cl–Na
Levická kryha (Pozba)	1. vápence	1. 1000–1600	2. 26	2. 50–70	1. 3,3–6,6 2. do 50	1. 12–19,2	1. Cl–Na (SO ₄ –Na)
Pliocenná centr. depresia	1. piesčité horizonty	1. 1000–3500	1. 26,6	1. 40–140	1. 2 2. do 20	1. 1–6	1. HCO ₃ –Na (Cl–Na)

1	2	3	4	5	6	7	8
Stredoslovenské neovulkanity							
Žiarska kotlina	2. karbonáty	2. 1400–4000	1. 20	2. 80–200	2. do 50	2. 1–10	2. $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca}$, Cl--Na ($\text{SO}_4\text{--Na}$)
Krupinská depresia	2. karbonáty	2. 600–900	1. 20	2. 39–54	2. do 50	2. 1–6	2. $\text{HCO}_3\text{--Cl--SO}_4\text{--Ca}$
Čajkovsko-Pukanec depresia	2. karbonáty	2. 900–2000	1. 20	2. 54–100	2. do 50	2. 1–20	2. $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca}$, Cl--Na ($\text{SO}_4\text{--Na}$)
Bacúrovská depresia	2. karbonáty	2. 1400–1500	1. 20	2. 75–85	2. do 50	2. 1–20	2. $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca}$, Cl--Na ($\text{SO}_4\text{--Na}$)
Vnútrotné kotliny							
Bánovská kotlina	2. karbonáty	2. 2000–3000 1. 1500	1. 20	2. 100–150	2. do 50	2. do 20	2. Cl--Na ($\text{SO}_4\text{--Na}$)
Hornonitrianska kotlina	1. dolomity	2. 2200	1. 26,6	1. 64 2. 90	1. 13 2. do 50	1. 0,8 2. 1	2. $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca}$
Rajecká kotlina	2. dolomity	2. 500–1500	2. 26	2. do 60	2. do 50	2. do 1	2. $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Ca}$
Turčianska kotlina	1. dolomity 2. karbonáty	1. 1300–2000	2. 26	1. 58 2. 90	2. do 50	2. do 3	2. $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca}$
Liptovská kotlina	2. karbonáty	1. 1200–3000	1. 25,3	2. 55–120	2. do 50	2. do 10	2. $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca}$ $\text{Cl--SO}_4\text{--Na--Ca}$
Rimavská kotlina	1. vápence	1. 800–1000	2. 26	2. 38–43	2. do 20	2. do 3	2. $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Ca}$
Spišská kotlina	1. dolomity vápence	2. 1400	2. 26	2. 58	2. do 50	2. do 6	2. $\text{HCO}_3\text{--SO}_2\text{--Ca--Na}$
Košická kotlina (Ďurkov)	1. dolomity	1. 2140–3200 2. 400–3200	1. 20	1. 125–145 2. 30–145	2. do 10	2. do 30	1. Cl--Na 2. SO_4 (Cl--Ca--Na)
Východoslov. nížina							
Štruktúra Beša – Čičarovce (Stretava)	1. andezity a ich pyroklastiká	1. 2600–2760 2. 2500–4000	1. 20 2.	1. 139 2. 125–200	1. 7 2. do 20	1. 13,4	1. Cl--Na

pát (v tzv. zakrytých štruktúrach) a neogénnych kolektorov, o veľkosti geotermického stupňa a výskyte termálnych vôd, môžeme vymedziť vhodné hydrogeologické štruktúry a oblasti pre vyhľadávanie nových zdrojov termálnych vôd s teplotami nad 40 °C. V nížinách boli tieto poznatky získané hlavne pri naftovom prieskume, vo vnútorných kotlinách zasa pri základnom geologickom výskume. Nádejné štruktúry a oblasti spolu so zistenými a predpokladanými ložiskovými teplotami a výdatnosťami teriem, ich mineralizáciou a chemickým typom (M. Michalíček 1966, 1971) sú uvedené v tabuľke č. 1.

Z uvedeného prehľadu vidieť, že ide o cca 20 perspektívnych oblastí a štruktúr. Do tohto počtu nie je zahrnutá hornostrehársko-trenčská priekopová prepadlina v Ipelskej kotline a Humenský chrbát vo Východoslovenskej nížine, v ktorých možno získať nové zdroje termálnych vôd s teplotami do 40 °C. Dnešný pohľad na počet a perspektívnosť jednotlivých oblastí a štruktúr je určovaný súčasnými všeobecnými poznatkami a stupňom preskúmanosti. Z tohoto pohľadu môžeme určiť aj poradie ich nádejnosti, lepšie povedané poradie ich výskumu a prieskumu. Po každej stránke za najperspektívnejšiu oblasť môžeme považovať centrálnu pliocénnu depresiu v Podunajskej nížine. Zvodnenie, chemizmus a teplota hlbšie uložených horizontov boli informatívne overené viacerými vrtmi (napr. Abrahám—1, Diakovce—1, Kolárovo—3) pri naftovom prieskume (I. Pačák 1968). Veľká nádejnosť tejto oblasti spočíva v jej veľkom plošnom rozsahu, misovitej stavbe, množstve horizontov, v ich dostatočnej teplotnej hĺbke a hlavne v pórovitej priepustnosti horizontov (piesky), čo dáva záruku na pozitívnosť takmer každého vrtu.

Nádejnosť oblasti bola potvrdená 2500 m hlbokým vrtom DS-1 v Dunajskej Stredě. Z perforovaných 10. úsekov v intervale 2183—2474 m o celkovej hrúbke 71 m, vyteká z ústia vrtu 14,5 l/s vody, teplej 92 °C (B. Gažo — Z. Holčeczyová, X/1971: Dunajská Stredá — termálny vrt. Geofond — Bratislava).

V poradí na druhom mieste môžeme za veľmi perspektívne považovať niektoré oblasti a štruktúry tvorené triasovými karbonátmi, ktoré boli taktiež informatívne overené. Sem patria lakašárska a šaštínska elevácia na Záhorskej nížine, hlohovecká hrásť a komárňanská vysoká kryha v Podunajskej nížine. Z vnútorných kotlin sem patria Hornonitrianska, Turčianska a Rajecká kotlina. Do tejto istej skupiny môžeme zaradiť síce doteraz informatívne neoverené, ale predpokladáme, že podobne nádejné ďalšie vnútorné kotliny. Je to Liptovská a z oblasti stredoslovenských neovulkanitov Žiarska kotlina.

V poradí na treťom mieste môžeme za perspektívne označiť topolčiansky záliv, komjatickú depresiu a levickú kryhu v Podunajskej nížine a z vnútorných kotlin košickú, ktoré sú informatívne overené, ale v porovnaní s prv uvedenými štruktúrami na Záhorskej a Podunajskej nížine menej preskúmané. Do tejto skupiny patria tiež čajkovsko-pukanecká, krupinská a bacúrovská depresia v stredoslovenských neovulkanitoch.

Do poslednej skupiny patria ostatné vnútorné kotliny a síce Bánovská, Rimavská a Spišská, ktoré sú buď geologicky alebo hydrogeologicky najmenej preskúmané.

Uvedené poradie je čiste geologického charakteru, takže ho možno pozmeniť na základe iných hľadísk. Domnievam sa, že jedným z rozhodujúcich je potreba, alebo záujem o využitie týchto vôd. Pôjde o to, aby termy boli získané pri sídliskách, priemyslových, poľnohospodárskych a turistických centrách, kde možno ich tepelnú i vodnú zložku najlepšie využiť.

Pri riešení problematiky využitia geotermálnych zdrojov sa z geologického hľadiska riešia dve na prvý pohľad samostatné, no v skutočnosti úzko spolu súvisiace úlohy. Prvou je geofyzikálny výskum priestorového rozšírenia zemského tepla. Ide o poznanie presných hodnôt geotermického stupňa, resp. gradientu, tepelnej vodivosti hornín a sedimentov a zemského tepelného toku.

Táto úloha sa na základe ideového projektu GÚDŠ začala riešiť od roku 1971 Ústavom užitej geofyziky v Bratislave (Ing. I. Marušiak, CSc. a kol.). Riešením tejto úlohy sa získavajú nielen podklady pre poznanie regionálneho rozloženia zemského tepla (zostrojenie rôznych máp pre odlišné úrovně a hĺbky zemské kôry) a tepelného režimu zeme na našom území a ich korelácia so susednými štátmi, ale hlavne podklady pre vyhľadávanie nových štruktúr s geotermickými zdrojmi a geotermickú bilanciu. Získané poznatky sa nepriamo využívajú pri riešení hlbinej stavby zemské kôry, fyziky zeme, atď.

Druhou geologickou úlohou pri riešení využitia geotermálnych zdrojov je vyhľadávanie nových zdrojov termálnych vôd s teplotami nad 40 °C. V zmysle ložiskovom tu ide o vyhľadávanie geotermických ložísk.

Táto úloha sa na základe prv spomenutého ideového projektu GÚDŠ v Bratislave rieši od roku 1971 na tomto ústave (autor práce a kol.). Práca ústavu — vzhľadom na jeho poslanie — predstavuje len prvú etapu a to základné vyhľadávanie nádejných oblastí a štruktúr a ich hydrogeologický výskum. Druhou etapou bude hydrogeologický prieskum základným výskumom overených oblastí a štruktúr, ktorý bude realizovať IGHP, n. p., Žilina. Túto hydrogeologickú dvoj etapovitost treba nielen z hľadiska metodického, ale hlavne z hľadiska riešenia širokej škály základných geologických, tektonických, geofyzikálnych, geotermických a hydrogeologických problémov štruktúr a až na to naväzujúceho prieskumu, dodržať. Podobne ju treba dodržať aj z hľadiska ekonomického, nakoľko správne orientovaný a finančne čo najúspornejší, no pritom efektívny prieskum, je možné realizovať len na základe poznatkov získaných v etape základného výskumu. Úlohou základného hydrogeologického výskumu je okrem vyššie uvedeného riešenia základných problémov štruktúr, overiť ich pozitívnosť základnými vrtmi a z vrtov získať podklady pre výpočet základných hydraulických, filtračných a geotermických parametrov ako aj údaje o fyzikálno-chemickom, plynovom a mikrobiologickom zložení vôd.

Úlohou hydrogeologického prieskumu bude pozitívne štruktúry podrobne vrtmi v zmysle ložiskovom preskúmať a na základe výsledkov prieskumu realizovať správne rozmiestnené ťažobné vrti. Poslednou fázou prieskumu je odovzdať geotermálne ložisko do ťažby so stanovením režimu ťažby a kontroly tohto režimu ako aj režimu geotermálneho ložiska.

Ako je vpredu rozvedené, termálne vody sú u nás viazané hlavne na triasové vápence a dolomity a neogénne psamity a psefity. U neogénnych sedimentov s pórovou priepustnosťou je záruka na pozitívnosť takmer každého vrtu. Iné sú pomery v triasových karbonátoch. Vápence a dolomity majú krasovú a puklinovú priepustnosť. U vápencov sú najpriepustnejšie kaverny a zlomy. U dolomitov sú priepustné pukliny a najpriepustnejšie sú poruchové pásma. Z uvedeného vyplýva, že v karbonátoch nemáme záruky na dostatočnú pozitívnosť každého vrtu. Preto je v karbonátových druhohorných štruktúrach potrebné vrty situovať tak, aby navrátili termálne vody na zlomoch, resp. poruchových zónach. Z tohoto hľadiska sú výhodnejšie dolomity (hlavne chočského príkrovu), pretože sú krehkejšie, takže je možné termálne vody navrátať aj vo vlastných, zlomami neporušených dolomitických, masívoch, ktoré sú porušené drobným systémom puklín a rozpadnuté na dolomitický piesok a drť, pričom i poruchové zóny sú v dolomitoch omnoho širšie ako vo vápencoch (O. Franko 1970). Takto porušené dolomitové masívy majú vlastne pórovú priepustnosť.

Medzi priaznivé oblasti s možnosťou získať termálne vody s teplotami nad 40 °C v triasových karbonátoch patria, ako som prv uviedol, aj vnútorné kotliny. Vo väčšine z nich však vyvierajú na ich okrajoch zo zlomov prirodzené

pramene teriem, s teplotami okolo 40–50 °C. Natíska sa tu potom otázka, či je možné z týchto kotlín získať teplejšie vody, ako je teplota prirodzených prameňov. Tu je potrebné uviesť, že teplota týchto prameňov s ohľadom na diferencovanosť teploty teriem v nádržiach je určená hĺbkou uloženia kolektorov v okrajových častiach kotlín (O. Franko 1964, 1970). Teplota vody prirodzených prameňov je ovplyvňovaná studenými podpovrchovými vodami vo výverovej oblasti a jej blízkom okolí ako aj výdatnosťou prameňov. Z tohto dôvodu sa vyhľadávajú teplejších vôd bude orientovať do najhlbších častí kotlín a nížin s prihliadnutím k vhodným štruktúrnym pomero. Že je tento predpoklad reálny, uvediem na príklade 3. kotlín (tab. 2).

Tab. 2

kotlina	okraj kotliny	teplota vody °C	výdat. l/s	stred kotliny	teplota vody °C	výdat. l/s	rozdiel tepl. °C
Zvolenská	Sliač	33	5	Kováčová	48	50	15
Hornonitrianska	Bojnice	45	39	Koš	62	13	17
Turčianska	Turč. Teplíce	42	25	Horná Štubňa	57	—	15

Z príkladu vidieť, že vo všetkých troch prípadoch bola vrtmi v strede kotlín, resp. v čiastkových depresiách zistená termálna voda o podstatne vyššej teplote (o 15–17 °C), ako je teplota prirodzených prameňov na okrajoch kotlín a u prvých dvoch kotlín i o dostatočnej výdatnosti (v Turčianskej kotline vrt nebol odskúšaný).

Ďalším problémom je hydraulický vzťah medzi prirodzenými prameňmi na okrajoch kotlín a novými navŕtanými termami v kotlinách. V tomto smere existujú len experimentálne poznatky zo vzťahu medzi termami Zvolenskej kotliny (Kováčová–Sliač) a levickej žriedlovej línie (Dudince–Malinovec). Podľa týchto skúseností je možno z kotlín odoberať určité množstvá teriem (napr. v Kováčovej 50 l/sec) bez narušenia prirodzených prameňov. V každom jednotlivom prípade môžu však dať odpoveď len čerpace skúšky, režimové pozorovania a z nich odvodené hydraulické vzťahy.

Možnosti využitia nových zdrojov hypertermálnych vôd

Ako je všeobecne známe, na Slovensku sú termálne vody s veľkou tradíciou väčšinou využívané na liečenie. Novšie sa začali využívať v bazénoch na rekreovanie a športovanie. Tento druh využívania termálnych vôd sa v posledných rokoch veľmi rozšíril a v súčasnej dobe sa ešte rozširuje. V menšej miere sa využíva tepelná energia týchto vôd na vykurovanie skleníkov a v ojedinelých prípadoch na vykurovanie rôznych priestorov. Vo svete sa však tepelná energia týchto vôd využíva v ďaleko širšej miere.

Veľký pokrok sa v tomto smere dosiahol napr. v susednom Maďarsku. Boldizsár (1970) poukazuje na využitie hydrotermálnych zdrojov z panónskych pieskov na vykurovanie. Z vrtoť hlbokých 1800–2000 m vyteká nízkomineralizovaná (2,2 g/l) voda s teplotou 85–95 °C.

Príemerný vrt stačí na vykurovanie 1200 bytových jednotiek, prislúchajúcich verejných budov, plaveckých bazénov a zásobovanie domácností teplou vodou. V polroku 1969 bolo v Maďarsku vykurované termálnou vodou okolo 480 000 m³ priestoru domových jednotiek a verejných budov. Celková cena vykurovania termálnou vodou v systéme 1200 bytových jednotiek dosiahla v meste Szeged 3dol/Gcal v porovnaní s 11dol/Gcal pri vykurovaní uhlím. Zvlášť veľké využitie sa dosiahlo pri vykurovaní skleníkov. Koncom roku 1969 dosiahla plocha vykurovaných skleníkov 400 000 m², pričom cena energie bola 3,6–4,5 dol/Gcal.

Vysokú úroveň dosiahlo využitie termálnych vôd na vykurovanie na Islande. Na vykurovanie domov, celých dedín, miest a skleníkov sa využívajú vody s teplotou zhruba nad 50 °C. V roku 1969 až 80 000 obyvateľov (čo je 40 % z celkového počtu 200 000) žilo v domoch vykurovaných geotermálnou vodou, pričom sa plánuje, že v priebehu ďalších 10-tich rokov to bude až 60–70 % obyvateľov (S. Einarsson 1970). Najvýznamnejší vykurovací systém s celkovým výkonom 235 Gcal/hod., ktorý vyhrieva 10,3.10⁶ m³ budov je v Reykjavíku. Rozvodná teplota vody je 80 °C. Ročný faktor doby zafatnenia je neobyčajne vysoký, a to okolo 57 %, čo sa rovná zhruba 5000 hodinám (rok pri plnom zafatnení). Pre geotermálny systém je samotný faktor zafatnenia 66 %, alebo 5800 hodín/rok. V oblasti Olafsjordul sa od roku 1944 využíva na vykurovanie veľmi dôležité (G. Palmason – J. Zoega 1970). Na Islande boli v roku 1965 vykurované termálnou vodou skleníky o rozlohe 110 000 m², na čo je potrebné 120 Tcal/rok, čo zodpovedá spotrebe okolo 20 000 t mazutu/rok (S. Arnorsson – J. Jonsson – J. Tomasson 1969).

V Sovietskom zväze (A. N. Tichonov – J. M. Dvorov 1970) použitie geotermálnych vôd s teplotou 60–70 °C na vykurovanie bytov, priemyslových zariadení a na zásobovanie teplou vodou sa začalo pred 22 rokmi v oblasti Machaš–Kala. Doterajšia hodnota všetkých systémov v rôznych oblastiach ZSSR je 201,2 Gcal/rok (B. A. Lochin – I. M. Dvorov 1970). Najrozsiahlejší systém vykurovania bytov je v meste Šerkez, kde sú vyhrievané tri obvody mesta zhruba s 13 000 obyvateľmi. Vykurovací systém zahŕňa celú variету kombinovaných schém, sledujúc zlepšiť účinnosť využitia energie a ročný faktor zafatnenia pre vzrast ekonomie. Ide tu o vykurovanie radiátormi, vzduchové vykurovanie, ktoré teplo lepšie využíva ako radiátorové, kombináciu vykurovania obytných štvrtí a skleníkov, kombináciu jedno a dvojúrovňového systému, atď. a o celkom nové rozsiahle použitie prebytočnej vody pre vyhrievanie pôdy na jar a v jeseni. V budúcnosti sa budú v ZSSR využívať absorbné chladiace zariadenia s bromidom lítym (tieto využívajú termálnu vodu) na ochladzovanie v metalurgii a chemickom priemysle.

V Japonsku (Y. Mashiko – Y. Hirano 1970) sa vo vykurovacích systémoch využívajú termálne vody teplé 40–70 °C. V Yukiame je napr. použitá 40 stupňov Celzia teplá voda súbežne so systémom vykurovania na mazut s teplotou 55 °C.

Na Novom Zélande sa využíva geotermálna voda nielen na vykurovanie ale aj na ochladzovanie (klimatizáciu) s využitím absorbných chladiacich zariadení s bromidom lítym. Geotermálnu energiu tu tiež využívajú na pestovanie šampiňonov.

V Taliansku (G. Dragone – O. Rumi 1970) je navrhnuté postaviť skleník kombinovaný s vykurovaním pôdy.

V poslednom čase sa študuje možnosť výroby elektrickej energie pri využití termálnych vôd s nízkou entalpiou. Poukazuje sa na veľmi rozsiahle hypertermálne zóny s teplotami pod hranicu 180 °C (minimálna rezervoárová teplota oblastí s mokrou parou, ktorá môže byť ešte využitá pre elektrárne používajúce parné turbíny, nie je úplne známa, ale pravdepodobne nie je menšia ako 180 °C (S. Einarsson 1970). Zdôrazňuje sa, že najúčinnější metóda spočíva v použití čínidla o nízkom bode varu ako sprostredkujúcej kvapaliny.

Pessina-Rumi-Silvestri-Sotgia (1970) navrhujú použiť gravitačného cyklu na výrobu elektrickej energie pri využití termálnej vody s teplotou pod 100 °C a čínidla s nízkym bodom varu. V navrhovanej štúdii sa uvažuje s alternatívnym využitím vody teplej 40, 60 a 80 °C.

Zhrnutie

Československo má nedostatočné zásoby tradičných zdrojov energie (uhlie, ropa, zemný plyn, výdatné vodné toky), čo v poslednom období nepriaznivo pôsobí na palivovo-energetickú základňu nášho štátu. Tento nedostatok je možné čiastočne zmierniť využitím jedného z najperspektívnejších zdrojov energie a to energie zemského tepla. V Slovenskej socialistickej republike môžeme túto energiu využívať prostredníctvom jedného druhu geotermálnych zdrojov a to termálnych vôd, ktoré predstavujú domáci existujúci zdroj energie. Na využitie domácich zdrojov nerastných surovín na Slovensku v poslednom čase sa kladie zvláštny dôraz. Povinnosťou nás geológov je upozorňovať na existujúce domáce zdroje, ako aj na možnosti ich využitia.

Na Slovensku je v súčasnosti okolo 60 lokalít termálnych vôd s teplotami 20–70 °C a celkovou výdatnosťou do 700 l/s. Tepelný výkon týchto zdrojov

predstavuje okolo 60 mil. kcal/hod. Existujúce zdroje termálnych vôd sú u nás väčšinou využívané na liečenie a novšie sa začínajú využívať v bazénoch na rekreovanie a šport a len v ojedinelých prípadoch na vykurovanie skleníkov a iných priestorov (napr. Piešťany).

Na základe súčasných všeobecných poznatkov o existencii nádrží termálnych vôd, priaznivých geotermických pomeroch, hlbínnej stavbe vnútorného pásma Západných Karpát, poznatkov a predpokladov o rozšírení triasových karbonatických kolektorov v podloží nížin a kotlín, neogénnych kolektorov a výskytu termálnych vôd, sme vymedzili vhodné hydrogeologické štruktúry a oblasti pre vyhľadávanie nových zdrojov termálnych vôd s teplotami 40–100 °C a v ojedinelých prípadoch do 200 °C. Tieto vody je možné vyhľadávať vrtmi hlbokými prevažne 1000–3000 m a ojedinele 4000 m. V štruktúrach tvorených triasovými karbonátmi je možné získať termy s výdatnosťou zhruba do 50 l/s a v neogénnych pieskoch jedným vrtom zhruba do 20 l/s. V súčasnosti ide o cca 20 perspektívnych oblastí a štruktúr. Poradie ich nádejnosti, resp. poradie budúceho skúmania je približne nasledovné: 1. Centrálna pliocénna depresia v Podunajskej nížine, 2. Lakšárska a šaštínska elevácia na Záhorskej nížine, hlohovecká hrásť a komárňanská vysoká kryha v Podunajskej nížine a Hornonitrianska, Turčianska, Rajecká, Liptovská a Žiarska kotlina, 3. Topoľčiansky záliv, komjatická depresia a levická kryha v Podunajskej nížine, štruktúra Beša – Čičarovce vo Východoslovenskej nížine, Košická kotlina a v stredoslovenských neovulkanitoch čajkovsko-pukanecká, krupinská a bacúrovská depresia, 4. Bánovská, Rimavská a Spišská kotlina.

Ak predpokladáme, že sa z uvedených štruktúr získa minimálne 600 l/s vody teplej 80 °C a jej úžitková teplota bude 60 °C, tak to predstavuje zhruba 3 miliardy kcal/deň. Na získanie tohto množstva energie by sa spotrebovalo zhruba 1200 t nováckeho hnedého uhlia o priemernej výhrevnosti 2550 kcal/kg, čo predstavuje zhruba 120 desaťtonových vagónov uhlia.

Na základe maďarskej, islandskej, sovietskej, japonskej, novozélandskej a talianskej literatúry je poukázané na využitie tepelnej energie týchto vôd na vykurovanie bytov, skleníkov, chlievov, kurínov, sušenie obilia, vyhrievanie pôdy na jar a v jeseni, v metalurgickom a chemickom priemysle, na klimatizáciu bytov a konečne i na možnosti výroby elektrickej energie.

Priamym využitím týchto vôd, t. j. technicko-ekonomickými programami, sa už geológia nezaobrá. Touto problematikou sa vo svete zaoberá u nás nerozšírená vedná disciplína a to geotermálne inžinierstvo a s ním spojené pomocné technické disciplíny. V tomto smere môžu naši odborníci (energetici) najskôr získať potrebné skúsenosti v Maďarsku, Sovietskom zväze, na Islande a v Taliansku.

Doručené: 28. VI. 1971

Doporučil: Anton Porubský

Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

LITERATÚRA

- ARNORSSON S. — JONSSON J. — TOMASSON J., 1969: General Aspect of thermal activity in Iceland. In Report of the XXIII session of Int. Geolog. congress. Mineral and thermal waters of the World, A — Europe. Academia Prague.
- BOLDIZSAR T., 1970: Geothermal energy production from porous sediments in Hungary. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.
- CERMÁK V., 1968: Terrestrial heat flow in Czechoslovakia and its relation to some geological features. In Reports of the XXIII session of Int. geolog. congress Geological results of Applied Geophysics. Academia Prague.
- DRAGONE G. — RUMI O., 1970: Pilot greenhouse for the utilization of low-temperature waters. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.

- EINARSSON S., 1970: Utilization of low enthalpy water for space heating, industrial, agricultural and other uses. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.
- FRANKO O., 1964: Problematika výskumu termálnych vôd Slovenska. Geol. práce, Správy 44—45, Bratislava.
- FRANKO O., 1966: Štúdiá o termálnych vodách Slovenska, ich vzniku, rozšírení, zásobách, možnostiach získania ďalších zdrojov a doporučeníach pre ich výskum a prieskum, aby sa mohli komplexne a urýchlene využívať. Vypracované pre Štátnu komisiu pre techniku pri SNR. Manuscript — Archív GÚDŠ, Bratislava.
- FRANKO O., 1969: Štúdiá o možnosti získania nových zdrojov termálnych vôd na Slovensku. Vypracované pre Ústav cestovného ruchu v Bratislave. Manuscript — Archív GÚDŠ, Bratislava.
- FRANKO O., 1970: Bojnické termálne vody a ich vzťah k ťažbe uhlia na nováckom ložisku. Geologické práce, Správy 52, Bratislava.
- FRANKO O., 1970: The importance of informations on hydrogeological structure and geothermal situation with respect to the prospection of the new sources of low enthalpy water in Slovakia. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.
- FRANKO O., a kol. 1970: Ideový projekt základného výskumu priestorového rozloženia zemského tepla a vyhľadávania vysokotermálnych vôd v Západných Karpatoch. Manuscript — Archív GÚDŠ, Bratislava.
- FRANKO O., 1971: Nové údaje o geotermických pomeroch v Západných Karpatoch a ich význam pri štúdiu hlbokých geologických štruktúrach a termálnych vôd. Geologické práce, Správy 56, Bratislava.
- HYNIE O., 1963: Hydrogeologie ČSSR II., Minerální vody, ČSAV, Praha.
- LEE W. H. K. AND UYEDA S., 1965: Review of heat flow data, in terrestrial heat flow. Geophys. Monograph. Ser. No. 8, Washington.
- LOCHIN B. A. — DVOROV I. M. 1970: L'élaboration expérimentale et industrielle de l'alimentation en chaleur et en énergie géothermale en USSR. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.
- MASHIKO Y. — HIRANO Y., 1970: New systems of thermal springs to wide area in Japan. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources Pisa.
- MAHEL M., 1952: Minerálne pramene Slovenska so zreteľom na geologickú stavbu. Práce ŠGÚ, Zošit 27, Bratislava.
- MICHALÍČEK M. 1966: Hydrochemie hlubinných vod Podunajskej nížiny a mezozoického podloží. Manuscript — Geofond, Bratislava.
- MICHALÍČEK M., 1971: Naftová hydrogeochemie centrálne karpatského podloží vídeňské pánve. Zborník geol. vied — Západné Karpaty, zv. 15, Bratislava.
- PAGÁČ I., 1968: Výsledok vrtu Komárno M—1 a možnosť získania zdrojov teplej vody v Podunajskej pánve. Zemní plyn a nafta. Hodonín.
- PALMASON G. — ZOEGA J., 1970: Geothermal energy development in Iceland 1960—61. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.
- PESSINA S. — RUMI O. — SILVESTRI M. — SOTGIA G., 1970: Gravimetric loop for the generation of electrical power from low temperature water. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.
- PORUBSKÝ A., 1970: Termálne vody neogénu Podunajskej nížiny. Geografický časopis, r. XXII, č. 1, SAV Bratislava.
- REYNOLDS G., 1970: Cooling with geothermal heat. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.
- TICHONOV A. N. — DVOROV I. M., 1970: Development of research and utilization of geothermal resources in the USSR. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.

Possibilities of Utilization of Earth Warmth in the Slovak Socialist Republik by Means of Finding New Sources of Hyperthermal Waters

ONDREJ FRANKO

Czechoslovakia has not sufficient resources of traditional energy sources as coal, oil, earth gas and efficient water streams. This lack may be partly moderated by utilization of one of the most perspective sources of energy, the energy of earth warmth.

In the Slovak Socialist Republic this energy may be utilized by means of one kind of geothermal sources, thermal waters.

In Slovakia there are about 60 localities of thermal waters with temperatures of 20–70° and total yield up to 70 l/sec. at present, representing about 60 millions kcal/hour (10). The existing sources of thermal waters, however, are mostly used for medical treatment in the spas. (e. g. Piešťany), later they have been started to be used to a wide extent in basins for recreation and sports and only rarely for heating of glass-houses and other objects (e. g. Piešťany, Bojnice).

On the basis of present general information on the existence of reservoirs of thermal waters, favourable geothermal conditions, deep structure of the inner zone of the West Carpathians, information and preconditions of distribution of Triassic carbonate collectors in the basement of lowlands and basins, Neogene collectors and the occurrence of thermal waters, suitable hydrogeological structures and areas for seeking of new sources of thermal waters with temperatures of 40–100° and in rare cases to 200° have been delimited (tab. 1.). These waters may be sought for with deep drillings, predominantly 1000–3000 m and rarely 4000 m. In structures formed by Triassic carbonates thermal waters yielding up to 50 l/sec. and in Neogene sands by one drilling roughly up to 20 l/sec. may be found. At present there are 20 perspective areas and structures, in which the order of their hopefulness respectively the order of their investigation and exploration is established.

In solving the problematics of utilization of geothermal sources two joined tasks are being solved from geological point of view. The first task solved by geophysics, is investigation of spatial distribution of earth warmth in the West Carpathians. Precise knowledge of the values of the geothermal gradient, thermal conductivity of rocks and sediments and the earth thermal flow are concerned. The second task solved by hydrogeological investigation is seeking for new sources of hyperthermal waters in promising deepseated hydrogeological structures. After verification of the favourability of structures by fundamental deep hydrogeological drillings these will be treated in detail with hydrogeological investigation by means of drillings and delivered for exploitation.

On the basis of Hungarian, Icelandic, Soviet, Japanese, New-Zealandian and Italian literature utilization of thermal energy of these waters for heating of apartments, glass-houses, stables, hen houses, drying of corn, heating of soil in spring and autumn, in metallurgical and chemical industry, for air conditioning of apartments and finally also for the possibilities of electric energy production are pointed out in the paper.

Translated by J. Pevný