

**HYDROFEN, JASOVSKÁ 7, 851 07 BRATISLAVA 5**

## **Možnosti získania geotermálnych vôd v oblasti mesta Sered'**

**Štúdia**

Vypracovala: **doc. RNDr. Miriam Fendeková, CSc.**



**HYDROFEN**  
RNDr. Miriam Fendeková, CSc.,  
Jasovská 7  
851 07 BRATISLAVA  
tel.: 836 033

**Bratislava 2005**

# OBSAH

1. **ÚVOD** .....
2. **CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA**.....
3. **GEOTERMÁLNE ZDROJE**.....
- 3.1. **Hydrogeotermálna charakteristika Slovenska** .....
- 3.2. **Hydrogeotermálna preskúmanosť predmetnej oblasti** .....
4. **HYDROGEOTERMÁLNA CHARAKTERISTIKA CENTRÁLNEJ DEPRESIE  
PODUNAJSKEJ PANVY** .....
5. **PODMIENKY VÝSKYTU GEOTERMÁLNYCH VÔD V ŠIRŠOM OKOLÍ SEREDE**...
6. **MOŽNOSTI ZÍSKANIA GEOTERMÁLNYCH VÔD V ŠIRŠOM OKOLÍ SEREDE**.....  
**LITERATÚRA**

## 1. ÚVOD

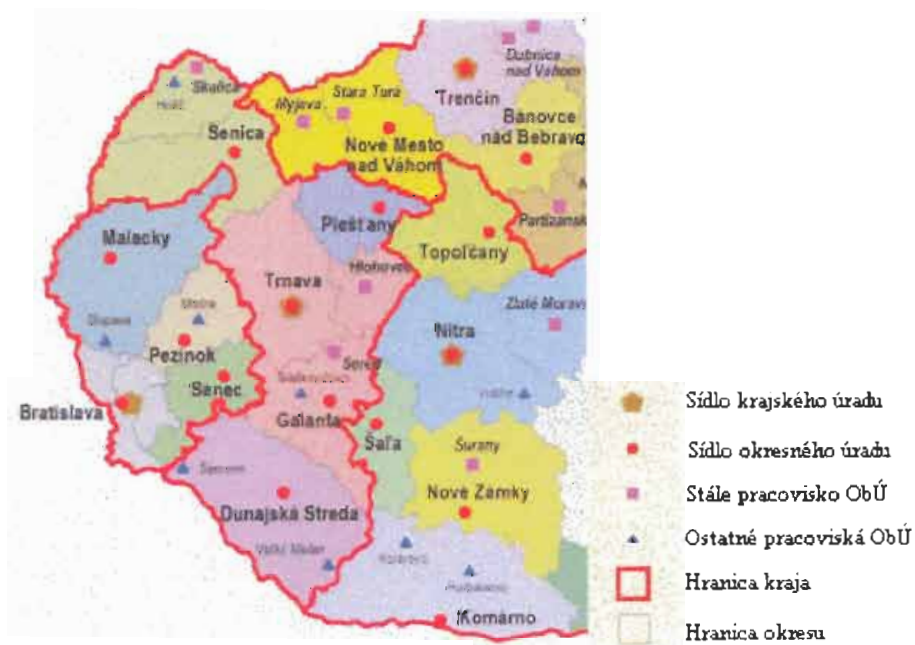
Na základe objednávky č. 25/CM/2004 Mestského bytového podniku Sered' spol. s r.o. vypracoval HYDROFEN štúdiu o možnostiach získania geotermálnych vôd v oblasti mesta Sered'.

V štúdiu sú zhrnuté údaje o záujmovom území, charakterizovaná jeho geologicko-tektonická stavba vo vzťahu k výskytu kolektorov geotermálnych vôd. Na základe podkladových údajov získaných z doteraz realizovaných štruktúrnych vrtov, vrtov realizovaných za účelom vyhľadávania uhl'ovodíkov a geotermálnych vrtov je charakterizovaná hydrogeotermálna preskúmanosť a charakteristika územia. Na záver sú posúdené možnosti získania geotermálnych vôd v predmetnej lokalite.

Štúdia je vypracovaná na základe excerpcie a zhodnotenia archívnych materiálov, ako aj publikovaných prác týkajúcich sa hodnotenej lokality a jej širšieho okolia.

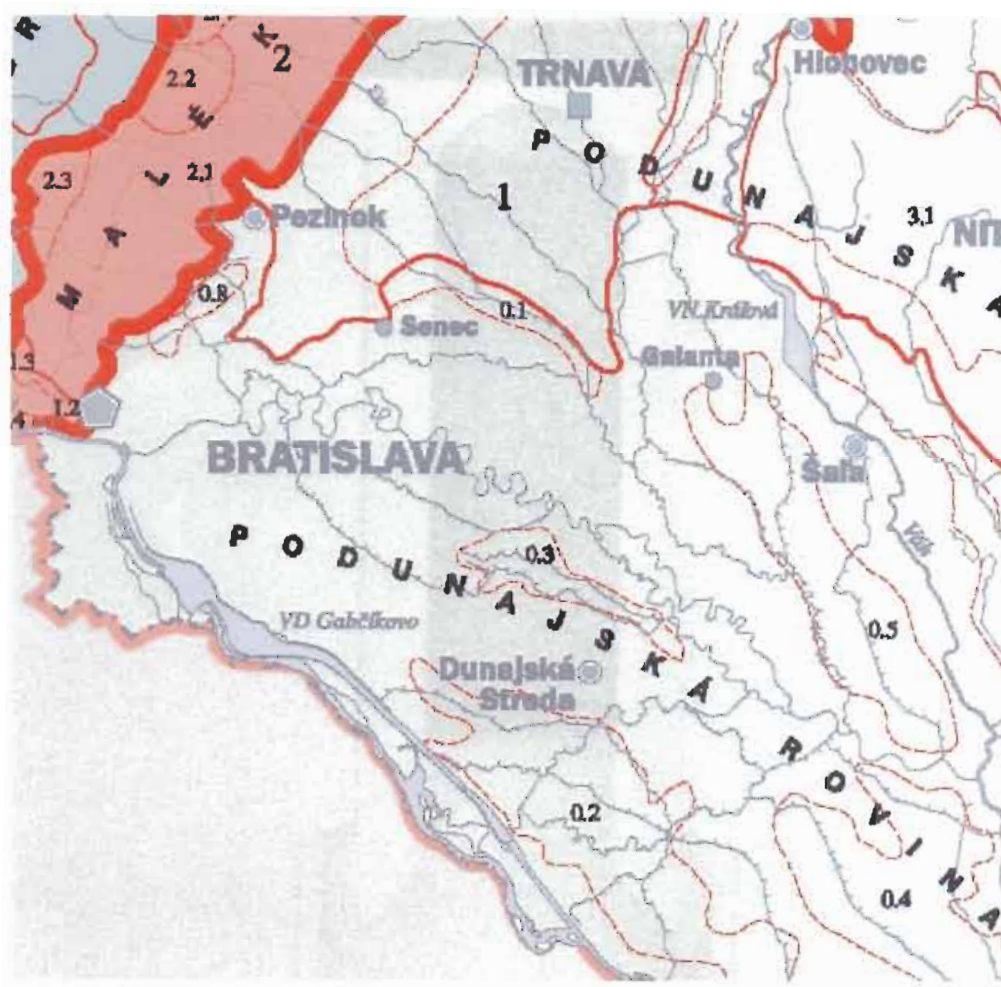
## 2. CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

Záujmové územie sa nachádza v okrese Galanta (obr. 1). Územie okresu leží v centrálnej časti Podunajskej nížiny, v južnej časti Trnavského kraja medzi riekami Váh a Malý Dunaj. Reliéf územia je prevažne rovinný, na sever vystupuje do mierne zvlnených výbežkov Trnavskej a Nitrianskej pahorkatiny.



Obr. 1 Administratívne začlenenie hodnotenej lokality

Podľa regionálneho geomorfologického členenia Slovenska (Atlas krajiny SR, 2002) patrí predmetné územie do sústavy Alpsko-himalájskej, podsústavy Panónskej panvy, provincie Západopanónskej panvy, subprovincie Malej dunajskej kotliny. Leží v oblasti Podunajskej nížiny na hraniciach celkov Podunajská rovina a Podunajská pahorkatina (obr. 2).



Obr. 2 Geomorfologické začlenenie záujmového územia

Záujmové územie sa nachádza v pri riečnej nive dolného toku Váhu. Koryto Váhu je zarezané do aluviálnych štrkovito-piesčitých náplavov, ktorých hrúbka pri Sereďi dosahuje 4 – 5 m a pod Sereďou sa zvyšuje až na 15 m. Povrchový pokryv tvorí vrstva preplavených hĺn a spraší s hrúbkou 0,3 – 0,5 m.

Z klimatického hľadiska (Atlas krajiny SR, 2002) patrí hodnotené územie do teplej oblasti, okrsku teplého, suchého, s miernou zimou, s výskytom 50 a viac letných dní za rok (s denným maximom teploty  $\geq 25$  °C).

Teplotné pomery z pohľadu najbližšie ležiacej klimatickej stanice Žihárec (111 m n.m.) sú uvedené v tab. 1

**Tabuľka 1 Priemerné mesačné a ročné teploty vzduchu (°C) v meteorologickej stanici Žihárec za normálové obdobie rokov 1951-1980**

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
-2,1	0,2	4,5	10,0	14,9	18,5	19,7	19,1	15,2	9,8	4,6	0,3	9,6

Zrážkové pomery z pohľadu najbližšie ležiacej klimatickej stanice Žihárec sú uvedené v tab. 2.

**Tabuľka 2 Priemerné mesačné a ročné úhrny zrážok (mm) v meteorologickej stanici Žihárec za normálové obdobie rokov 1951-1980**

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
35	36	36	45	49	74	63	56	39	40	55	43	570

Najbližší vodomerný profil na toku Váh je situovaný v Šali. Prietoky namerané v hydrologickom roku 2002 sú uvedené v tab. 3.

**Tabuľka 3 Priemerné mesačné a ročné prietoky Váhu (m<sup>3</sup>/s) v stanici Šaľa v roku 2002**

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
169,3	301,6	202,6	157,1	111,7	143,1	122,3	131,3	85,9	148,1	180,3	140,1	156,8

Prietoky Váhu sú výrazne antropogénne ovplyvnené. Režim prietokov je po 335 dní v roku ovplyvnený prevádzkou vodnej elektrárne Madunice a zvyšných 30 dní je prietokový režim ovplyvňovaný väčšími prietokmi vo Váhu nad profilom Drahovce, ktoré sú však tiež transformované vyššie položenými nádržami, hlavne Liptovskou Marou a Oravskou priehradou (Burger, 2000).

### 3. GEOTERMÁLNE ZDROJE

Je všeobecne známe, že Slovensko je chudobné na primárne energetické zdroje. Z celkovej spotreby palivovo-energetických zdrojov v r. 1995 tvorili domáce zdroje fosilných palív iba 9,4 % z celkovej spotreby palív, pričom najväčší podiel 17,1 % na nej 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.

Aktualizácia Energetickej koncepcie SR (1997) medzi obnoviteľné netradičné energetické zdroje zahrňuje využitie lesnej biomasy, malých vodných elektrární,

geotermálnej energie, slnečnej a veternej energie, bioplynu z odpadov, 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 v roku 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 sú uvedené v tab. 4.

**Tabuľka 4 Podiel jednotlivých druhov obnoviteľných a druhotných zdrojov energie na reálne využiteľnom potenciáli (Aktualizácia Energetickej koncepcie SR, 1997)**

Druh	Využiteľný potenciál [TJ]	Využiteľný potenciál [%]
lesná biomasa	11 414	28,9
geotermálna energia	7 160	18,1
solárna energia	4 900	12,4
odpadové teplo	4 500	11,4
bioplyn z odpadov	4 300	10,9
kunúnálny a priemyselný odpad	3 600	9,1
malé vodné elektrárne	2 574	6,5
veterná energia	1 100	2,7
<b>Celkom</b>	<b>39 548</b>	<b>100,0</b>

Z uvedených zdrojov na prvé miesta patrí energia získaná využitím lesnej biomasy a geotermálnej energie. Geotermálne zdroje predstavujú tú časť geotermálnej energie pevnej, tekutej a plynnej fázy zemskej kôry, ktorú môžeme ekonomicky ťažiť a využívať za súčasne dostupných technológií z povrchu Zeme pre 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 tepla z hornín môžeme všeobecne rozdeliť na:

a) *hydrogeotermálne zdroje*, pri ktorých prenos tepla na povrch z hornín uložených v hĺbke zabezpečuje geotermálna voda a geotermálna para. Využívanie týchto zdrojov geotermálnej energie má dlhodobú tradíciu a prepracované technologické postupy prinášajúce ekonomický efekt.

b) *teplo suchých hornín*, pri ktorých prenos tepla 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 prakticky iba v polohe vedeckých projektov realizovaných v zahraničí.

Pre účely praktického využitia majú v súčasnosti význam iba hydrogeotermálne zdroje. Z nich na Slovensku je zastúpená predovšetkým geotermálna voda. Geotermálna voda je podzemná voda slúžiaca ako médium na akumuláciu, transport a exploatáciu zemského tepla z horninového prostredia (Fendek, 2000; Zákon č. 364/2004). V zmysle tejto definície je teplota vody najvýznamnejším klasifikačným kritériom z pohľadu energetického využitia geotermálnej vody. Z tohto hľadiska za geotermálnu vodu považujeme tú, ktorej teplota je vyššia ako priemerná ročná teplota vzduchu v mieste jej využívania. Hranice medzi jednotlivými kategóriami sú nejednotné a rôzni autori podľa účelu využitia geotermálnej vody používajú rôzne hodnoty.

Z fyzikálneho hľadiska je medznou hodnotou teplota 100 °C (bod varu), ďalšou zaužívanou hranicou je teplota 150 °C, súvisiaca s priamym využitím geotermálnej vody na výrobu elektrickej energie. Pre využívanie energetického potenciálu tejto vody pomocou tepelných čerpadiel je ekonomicky najvhodnejšia teplota do 30 °C. Pri vyššej teplote sa jej energetický potenciál môže využívať aj priamo. Pri využití geotermálnej vody na rekreačné účely musí byť teplota vody v bazéne najmenej 18 °C, pričom teplota vody v plaveckom bazéne nesmie prekročiť 26 °C, v neplaveckom bazéne 28 °C, v detskom bazéne 30 °C a v oddychovom bazéne 40 °C (Vyhláška MZ SR č. 146/2004).

Ak zohľadníme vyššie uvedené skutočnosti, potom geotermálnu vodu podľa teploty delíme na:

- veľmi nízko teplotnú s teplotou od hodnoty priemernej ročnej teploty vzduchu v mieste jej využívania do hodnoty 30 °C,
- nízko teplotnú s teplotou viac ako 30 °C až do 100 °C,
- stredne teplotnú s teplotou viac ako 100 °C až do 150 °C,
- vysoko teplotnú s teplotou viac ako 150 °C.

Veľmi nízko a nízko teplotné zdroje sú vždy reprezentované geotermálnou vodou. Forma vysoko teplotných zdrojov závisí predovšetkým od teploty a tlaku v nádrži, na ktorú sú za prírodných podmienok viazané. Rozloženie hydrostatického tlaku je v každom prípade určované prevládajúcou fázou a celý systém sa vyznačuje dynamikou z pohľadu možností prechodu jednej fázy do druhej. Pri stredne a vysoko teplotných zdrojoch v jednofázovej forme reprezentovanej geotermálnou vodou sa teplota najčastejšie pohybuje od 125 °C do 225 °C. V závislosti od teploty a tlaku na povrchu, môžeme potom z nádrže získať horúcu vodu, zmes vody a pary, vlhkú paru a v niektorých prípadoch aj suchú paru. U nádrží s geotermálnou parou vždy ide o vysoko teplotný zdroj geotermálnej energie, z ktorého na povrchu je možné využívať iba suchú alebo prehriatu paru.

Ak by sme geotermálne zdroje v záujmovom území mali začleniť podľa vyššie uvedených kritérií potom môžeme konštatovať, že sú tu reprezentované veľmi nízko teplotnými a nízko teplotnými geotermálnymi vodami.

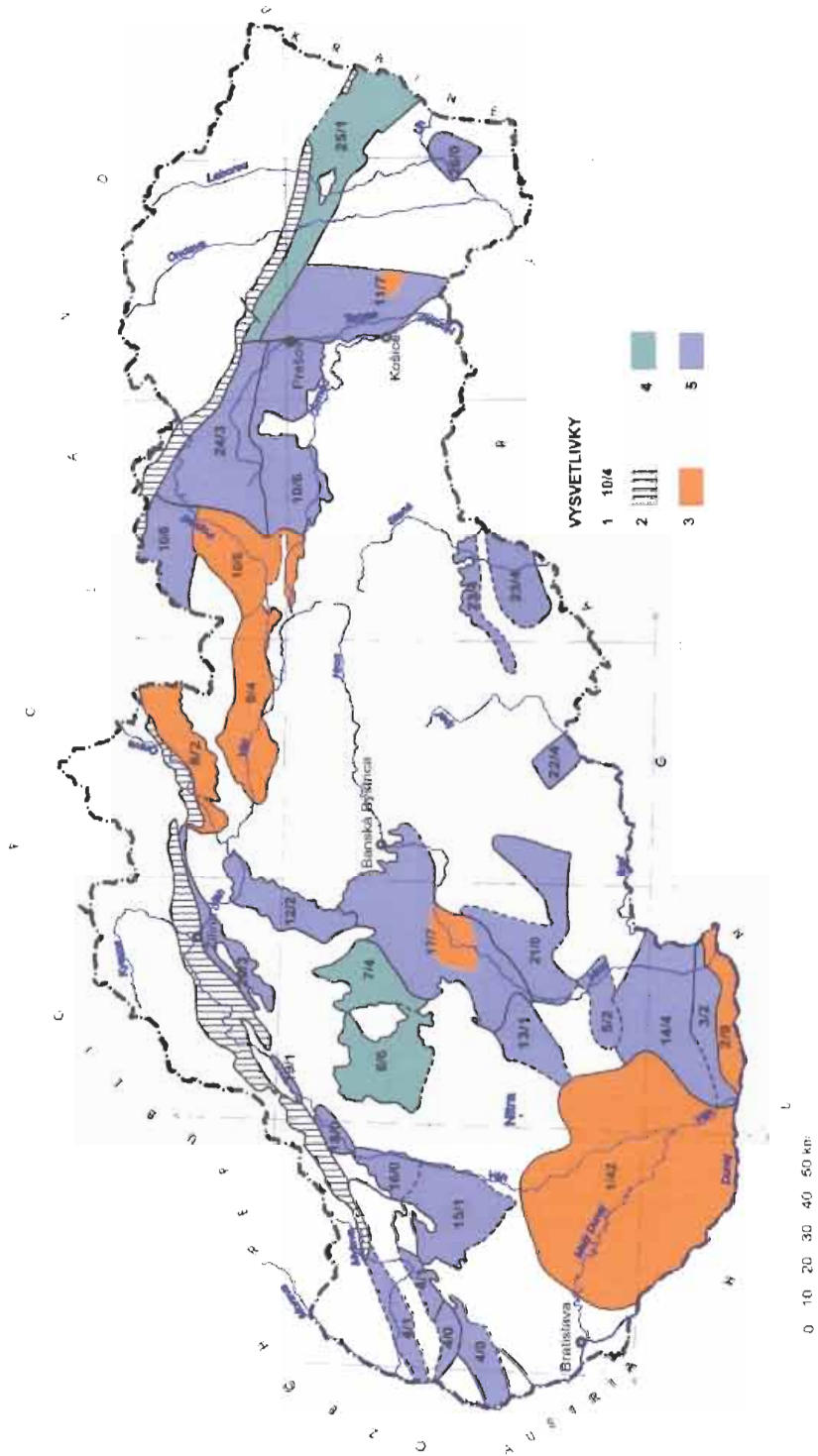
### **3.1. Hydrogeotermálna charakteristika Slovenska**

Na základe rozšírenia potenciálnych kolektorov zdrojov geotermálnej energie a aktivity geotermického poľa bolo na území Slovenska vymedzených 26 perspektívnych oblastí, resp. štruktúr vhodných pre získanie týchto zdrojov, ktorých celková rozloha predstavuje 27 % územia Slovenska (obr. 3). Ide hlavne o terciérne panvy, resp. vnútrohorské depresie, ktoré sú rozložené predovšetkým v pásme vnútorných Západných Karpát. Geotermálne vody sú v nich viazané hlavne 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 sa mimo výverových oblastí nachádzajú v hĺbke 200 – 5 000 m a vyskytujú sa v nich geotermálne vody s teplotou 15 – 240 °C.

Sumárny tepelno-energetický potenciál geotermálnych vôd Slovenska vo všetkých perspektívnych oblastiach reprezentuje 5 538 MW<sub>t</sub>, z čoho 4 985 MW<sub>t</sub> pripadá na tepelno-energetický potenciál zásob geotermálnych vôd a 553 MW<sub>t</sub> na tepelno-energetický potenciál zdrojov geotermálnych vôd. V súčasnosti sa na Slovensku využíva tepelný výkon 130,97 MW<sub>t</sub> z geotermálnych zdrojov, ktorý predstavuje 846,4 l/s geotermálnych vôd (Fendek et al., 1999).

Geotermálne vody na Slovensku boli doteraz overené pomocou vrtov v 22 vymedzených oblastiach (obr. 3). Na Slovensku je doteraz evidovaných celkom 117 geotermálnych vrtov (z toho 5 negatívnych), ktorými sa overilo okolo 1 690 l/s vôd s teplotou na ústí vrtu 18 – 129 °C, ktorých tepelný výkon predstavuje 314,3 MW<sub>t</sub> (pri využití po referenčnú teplotu 15 °C). Geotermálne vody boli získané vrtmi hlbokými 92 – 3616 m, výdatnosť vrtov pri voľnom prelive sa pohybovala v rozmedzí od desiatín litra do 100 l/s, prevažuje Na-HCO<sub>3</sub>-Cl, Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> a Na-Cl typ vôd s mineralizáciou 0,4 – 90,0 g/l (Fendek et al., 2004).





**Obr. 3 Stav zhodnotenia perspektívnych oblastí geotermálnych vôd:** 1- centrálna depresia podunajskej panvy, 2-komárňanská vysoká kryha, 3-komárňanská okrajová kryha, 4-viedenská panva, 5-levická kryha, 6-topoľčiansky záliv a 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-hornostreharsko-trenčianska prepadlina, 23-Rimavská kotlina, 24-levočská panva SV časť, 25-humenský chrbát, 26-štruktúra Beša-Cičarovce

**Vysvetlivky:** 1- číslo perspektívnej oblasti/počet geotermálnych vrtov, 2-bradlové pásmo, 3-perspektívne oblasti, v ktorých bolo realizované hydrogeotermálne zhodnotenie, 4-perspektívne oblasti, v ktorých prebieha hydrogeotermálne zhodnotenie, 5-perspektívne oblasti, v ktorých nebolo doteraz realizované hydrogeotermálne zhodnotenie

### 3.2. Hydrogeotermálna preskúmanosť predmetnej oblasti

Z hydrogeotermálneho hľadiska patrí záujmové územie do centrálnej depresie podunajskej panvy (obr. 3), časť galantská depresia. Realizácii hydrogeotermálneho výskumu v centrálnej depresii podunajskej panvy predchádzalo vypracovanie správy s názvom „Zhodnotenie centrálnej pliocénnej depresie Podunajskej nížiny pre vyhľadávanie vysokotermálnych vôd“ (Franko - Gaža, 1972). Toto zhodnotenie, ktoré sa opieralo o geotermálne vrty a prieskumný geotermálny vrt DS-1 v Dunajskej Strede (Gaża - Holéczyová, 1974) tvorilo podklad pre hydrogeotermálny výskum centrálnej depresie pomocou vrtov, ktorý bol realizovaný v rokoch 1973 - 1984. Na vrtoch boli vykonané karotážne merania, hydrodynamické skúšky a z úsekov zachytených pre dlhodobé odskúšanie a využívanie týždenné režimové merania a ročné kontrolné hydrodynamické skúšky. Z vrtných jadier sa vykonali sedimentárno-petrografické, chemické a faunistické rozbor. Zo skúšaných úsekov sa odobrali vzorky vôd a plynov.

V rámci výskumu a prieskumu geotermálnych vôd bolo v galantskej depresii v r. 1974 – 1987 realizovaných 9 geotermálnych vrtov. Sú to FGS-1, 1/A Kráľová pri Senci (Bondarenková et al., 1977), BS-1 Senec (Bondarenková, 1983), FGG-1, 2, 3 Galanta (Franko, 1977; Franko et al., 1985; Bondarenková et al., 1985), Di-2 Diakovce (Šindlár, 1982), HTŠ-2 Šaľa (Bondarenková et al., 1984) a VZK-10 Zlaté Klasy (Bondarenková et al., 1986). Geotermálne vody sú zachytené aj prieskumným vrtom na uhľovodíky Di-1 v Diakovciach (Homola, 1960), ktorý po jeho ukončení bol prepracovaný na geotermálny vrt. Týmito vrtmi boli overené geotermálne vody viazané na pieskovce a piesky panónu až dáku. Údaje o vodách bádenu až panónu (rôzna informačná hodnota - testerové skúšky) priniesli prieskumné vrty na uhľovodíky (Senec-1, Abrahám-1 Diakovce-1, Kráľová-1).

O každom geotermálnom vrte bola vypracovaná samostatná správa, v ktorej sú zhrnuté geologické, geofyzikálne, hydrogeotermálne a geochemické výsledky a poznatky, ktoré vrt priniesol. Syntézu výsledkov hydrogeotermálneho výskumu centrálnej depresie podunajskej panvy (geologická stavba, hydrogeotermálne a geochemické pomery, hodnotenie zásob geotermálnej energie) súčasťou ktorej je aj predmetné územie, podáva práca Franka et al. (1984). Oblasť Galanty v rámci hydrogeologického prieskumu (zahŕňa vrty FGG-2 a FGG-3) hodnotila Bondarenková et al. (1985), ktorá odporučila pre exploatáciu z obidvoch vrtov spolu 36 l/s geotermálnych vôd (pri voľnom prelive) a ďalej vykonanie podrobnejšieho hydrogeologického prieskumu s overením dlhodobej výdatnosti zdrojov.

Výsledky z hydrogeotermálneho výskumu priniesli i viaceré publikované práce, napr. práce Franka et al. (1986, 1989), Fendeka et al. (1989) a. i. Obraz o stave hodnotenia zásob geotermálnych vôd v rámci prieskumu priniesla Bondarenková et al. (1991). Výsledky izotopových analýz ( $^{18}\text{O}$ ,  $^{34}\text{S}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) geotermálnych vôd z niektorých lokalít (FGS-1, FGS-1/A Kráľová pri Senci, FGG-1 Galanta, Di-1, 2 Diakovce, HTŠ-2 Šaľa) sú zhrnuté v „Záverečnej správe r. 1991 - 1994 - Projekt: Geotermálna energia Slovenska (Franko et al., 1995).

Hydrogeotermálnu charakteristiku spolu s hydrogeotermálnymi úrovňovými mapami (hlbková úroveň 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 m) a ďalšími dopĺňujúcimi mapami územia podunajskej panvy obsahuje aj „Atlas geotermálnej energie Slovenska“ (Franko – Remšík – Fendek Eds., 1995). V roku 1995 boli na vrte FGG-2 a FGG-3 vykonané hydrodynamické skúšky (Slovgeoterm a. s .Bratislava), ktoré slúžili na hodnotenie hydrodynamických pomerov v oblasti Galanty pre účely overenia ťažobnej kapacity vrtov na energetické využitie v tejto lokalite. Výsledky hodnotenia sú uvedené v správe Fendeka (1995). Základné údaje z geotermálnych vrtov v širšej oblasti galantskej depresie sú prehľadne uvedené v tab. 5 a údaje získané z vrtov prieskumu na uhl'ovodíky v tab. 6.

**Tabuľka 5 Údaje o geotermálnych vodách (z archívnych materiálov ŠGÚDŠ)**

Vrt Lokalita	Rok realizácie	Hĺbka vrtu	Otvorený úsek od-do (m)	Dĺžka perforácie (m)	Vek Litológia kolektorov	Výdatnosť (preliv) (l/s)	Povrchová teplota vody (°C)	Tepelný výkon (MW)	Mineralizácia vody (g/l)	Chemický typ vody (viac ako 10 mval % iónov)	Chemický typ plynu <sup>1</sup>
FGS-1 Kráľová pri Senci	1974	810	430-570	42	pont piesky	0,3	23,0	-	3,6	Na-Mg-HCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub>
FGS-1/A Kráľová pri Senci	1974	1500	910-1370	124	pont, panon piesky	13,0	52,0	2,01	7,7	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	CO <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> -N <sub>2</sub>
BS-1 Senec	1980- 1981	1350	928-1181	88	pont piesky	12,0	49,0	1,71	2,47	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>
FGG-1 Galanta	1975	1990	1212-1470	126	pont piesky	10,8	62,0	2,13	3,2	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>
FGG-2 Galanta	1982- 1983	2100	1706-2032	92	panon piesky	25,0	80,0	6,8	4,9	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>
FGG-3 Galanta	1984	2102	1731-1998	112	panon piesky	25,0	77,0	6,49	5,92	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>
Di-1 Diakovce	1954- 1957	3303	720-810		dák piesky	12,5	36,6	1,13	0,51	Na-HCO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>
Di-2 Diakovce	1982	1551	1416-1535	63	pont, panon piesky	12,0	68,0	2,66	2,1	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	CH <sub>4</sub> -N <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub>
BPK-1 P. Kesov	1980	847	387-737	.....76	neogén piesky	1,0	26,0	0,15	1,1	Na-HCO <sub>3</sub>	
BPK-2 P. Kesov	1981	1200	1089-1189	85	neogén piesky	4,0	49,0	0,60	1,8	Na-HCO <sub>3</sub>	
HTS-2 Šafa	1983	1200	880-1169	59	pont piesky	3,1	42,3	0,36	1,45	Na-HCO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>
VZK-10 Zlaté Klasy	1986- 1987	1800	1331-1457	83	pont piesky	12,5	65,0	2,6	8,3	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub> -N <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub>

<sup>1</sup> Nad 1 obj. % plynov rozpustených vo vode

Tabuľka 6 Údaje o vodách z prieskumných vrtov na uhl'ovodíky (z archívnych materiálov ŠGÚDŠ)

Vrt	Hĺbka vrtu	Kolektory	Vek kolektorov	Odsávaný úsek od - do (m)	Výdatnosť (preliv) (l/s)	Mineralizácia vody (g/l)	Chemický typ vody (>10 mval % zo sumy iónov)	Chemický typ plynu (> 25 obj. % z celk. rozp. plynu)
Senec - 1	2578	piesky, pieskovce	sarmat	1282 - 1284	1,0 0,8 0,13 0,17	26,7	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
				1352 - 1355		30,3	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> , O <sub>1</sub>
				1528 - 1530		24,0	Na-Cl	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
				1550 - 1555		26,2	Na-Cl	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
Abrahám - 1	2251	pieskovce, zlepence	báden	1633 - 1638	preliv	25,2	Na-Cl	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
				1908 - 1909		26,4	Na-Cl	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
				1995 - 1998		23,6	Na-Cl	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
				2120 - 2122		16,9	Na-Cl	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
Abrahám - 1	2251	pieskovce	panón	2416 - 2465	preliv	14,6	Na-Cl	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
				1085 - 1090		4,1	Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>
				1609 - 1615		36,0	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	CO <sub>2</sub>
				1830 - 1840		28,2	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Diakovce - 1	3303	piesky, pieskovce	vrchný báden	1170 - 1275	0,2 0,6 0,2 0,5 0,6 0,7 0,5 0,17	1,0	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	-
				1137 - 1446		2,3	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	-
				1686 - 1689		2,8	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	-
				1798 - 1802		5,4	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	-
Diakovce - 1	3303	pieskovce	panón	2098 - 2101	0,5 0,6 0,7 0,5 0,17	5,4	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	-
				2367 - 2373		5,0	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	-
				2409 - 2410		6,5	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
				2450 - 2451		6,6	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
Kráľová - 1	2974	pieskovce	sarmat	2537 - 2543	preliv	8,5	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
				2647 - 2652		10,4	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
				2714 - 2719		14,2	Na-Cl	CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
				2793 - 2802		10,9	Na-Cl	CH <sub>4</sub>
Kráľová - 1	2974	pieskovce	vrch. báden	2903 - 3303	preliv	12,3	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>
				2050 - 2053		3,8	Na-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>
				2180 - 2185		7,2	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl-SO <sub>4</sub>	-
				2314 - 2323		15,9	Na-Cl	-
Kráľová - 1	2974	andezitové tufy	vrchný báden	2735 - 2815	preliv	28,0	Na-Cl	N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>

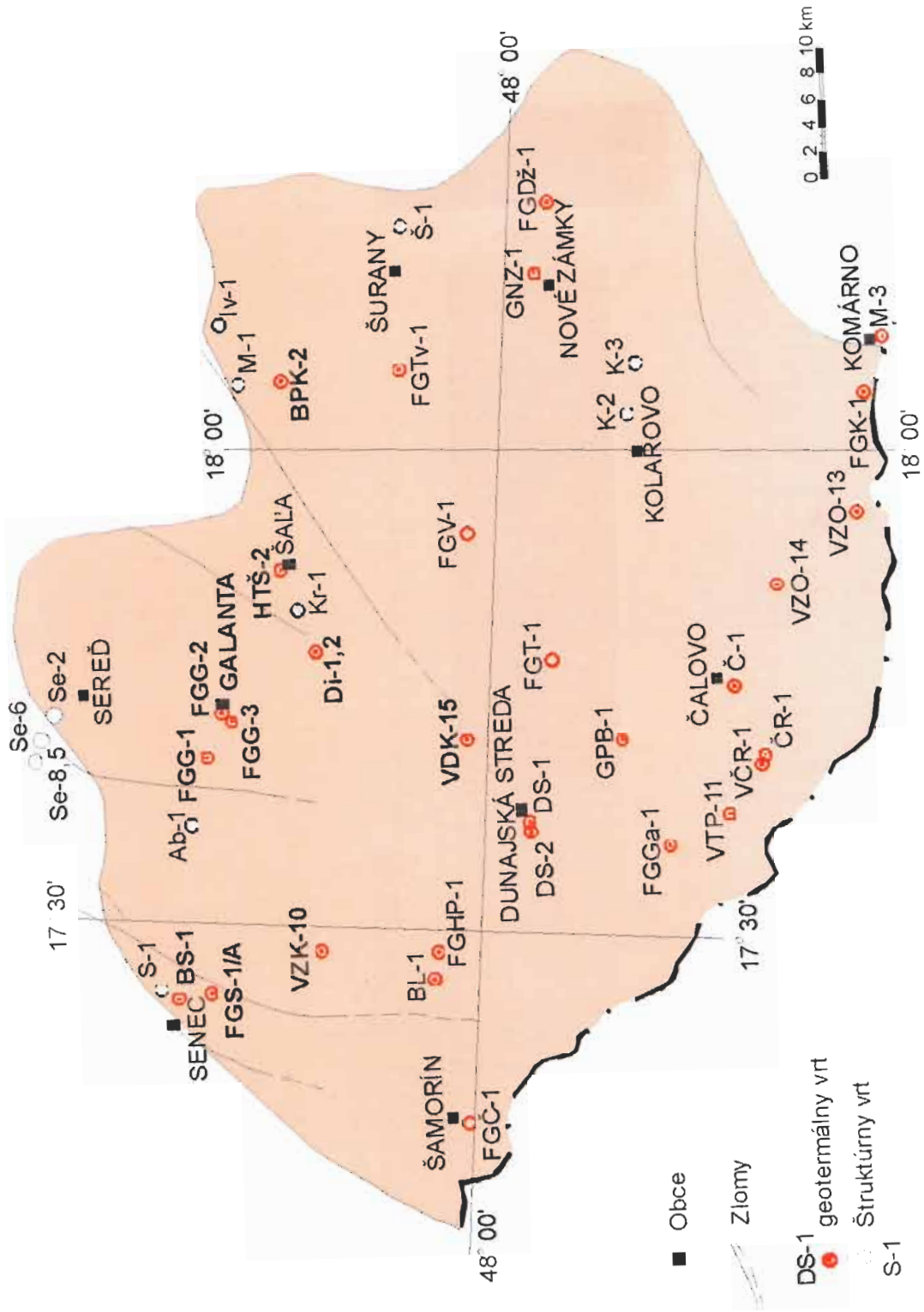
#### 4. HYDROGEOTERMÁLNA CHARAKTERISTIKA CENTRÁLNEJ DEPRESIE PODUNAJSKEJ PANVY

Z regionálno-hydrogeotermálneho pohľadu predmetné územie patrí do centrálnej depresie podunajskej panvy, ktorá je na juhozápade ohraničená tokom Dunaja medzi Bratislavou a Komáromom, na severozápade Malými Karpatmi, na severovýchode dobrovodským zlomom (ľudinská vetva) a na juhovýchode zhruba tokom Nitry. Viacerými vrtmi sa v jej severozápadnej a juhovýchodnej časti v predterciérnom podloží zistilo kryštalínium (kryštalické bridlice, granitoidy). Podľa geologického vývoja podunajskej panvy sa dá predpokladať, že celé predterciérne podložie centrálnej depresie buduje karpatské kryštalínium, takže v predterciérnom podloží niet vhodných kolektorov geotermálnych vôd (Franko - Remšík - Fendek Eds., 1995). Jej výplň tvoria sedimenty kvartéru a rumanu (štrky, piesky), dáku, pontu a panónu (striedanie ílov a piesčitých ílov s pieskami až pieskovcami). Depresia sa vyvíjala v panóne až pliocéne a má brachysynklinálnu stavbu s centrom hĺbky v oblasti Gabčíkova, kde bol realizovaný geotermálny vrt FGGA-1.

V centrálnej depresii boli získané geotermálne vody s teplotou na ústí vrtu 20 – 92 °C pomocou 42 geotermálnych vrtov hlbokých 300 – 2 800 m. Lokalizácia vybraných geotermálnych vrtov je znázornená na obr. 4. Výdatnosť vrtov pri voľnom prelive bola 0,3 – 25,0 l/s, mineralizácia vody 0,5 – 8,3 g/l a tepelný výkon vrtov 0,3 – 6,8 MW<sub>t</sub>.

Nádrž geotermálnych vôd bola zvrchu vymedzená rovinou v hĺbke 1000 m (nachádzajú sa tu vody s teplotou okolo 40 °C) z boku a zospodu relatívne nepriepustným podloží (prevaha ílov - izolátor), ktoré upadá zo všetkých strán do stredu, kde leží pravdepodobne v hĺbke okolo 3 400 m (vrt FGGA-1). Hlavným kolektorom geotermálnych vôd sú piesky a pieskovce panónu a pontu. V strednej časti depresie sú kolektormi geotermálnych vôd aj piesky až pieskovce dáku. Íly vystupujú vo funkcii izolátora (Remšík et al., 1990).

Maximálna dĺžka rezervoáru v hĺbkovej úrovni 1000 m v smere SV-JZ je 60 km a v smere SZ-JV 75 km. Maximálna hrúbka nádrže v jej strede je okolo 2400 m, jej objem tvorí 4031 km<sup>3</sup>, z čoho kolektory predstavujú okolo 1371 km<sup>3</sup> (34 %). Zastúpenie kolektorov od okraja depresie smerom do jej stredu klesá, a to zo 40 – 50 % na 20 – 30 %, čo súvisí s vytrácaním sa kolektorov s narastajúcou hĺbkou, resp. hrúbkou nádrže.



Obr. 4 Lokalizácia vybraných geotermálnych vrtov

Podľa litológie je v nádrži a v jej nadloží vyčlenených šesť hydrogeologických celkov, ktoré predstavujú určité samostatné komplexy s rôznym podielom zastúpenia kolektorov a izolátorov. Tieto hydrogeologické celky nerešpektujú stratigrafiu neogénnych stupňov, lebo vrstvy kolektorov a izolátorov sa vo vertikálnom smere nepravidelne striedajú a v horizontálnom smere tiež nepravidelne vyklíňujú, čo odráža zložitosť neogénnej sedimentácie v depresii. Hrúbka jednotlivých celkov sa pohybuje od 5 do 1 174 m a ich stručná charakteristika je (Fendek et al., 1988):

- komplex kolektorov reprezentovaných vrstvami štrkov, piesčitých štrkov a pieskov (ruman – kvartér). Miestami sú prítomné tenké nesúvislé vrstvy ílov. Hrúbka celku sa pohybuje v intervale 5 – 462 m, pre 60 % prípadov v intervale 5 – 75 m a leží vždy v nadloží druhého hydrogeologického celku.
- komplex s prevahou kolektorov nad izolátormi, v ktorom sa striedajú hrubé a tenké vrstvy pieskov resp. pieskovcov s tenkými vrstvami ílov a slieňov (sarmat – pont). Celok dosahuje hrúbku 187 – 567 m a vyskytuje sa v hĺbkovom intervale 276 – 1 877 m.
- komplex s približne rovnakým zastúpením kolektorov a izolátorov (tolerancia  $\pm 13$  %) reprezentovaných striedaním vrstiev pieskov, štrkov, ílov a piesčitých ílov (panón – ruman). Celok dosahuje hrúbku 55 – 1 174 m a vyskytuje sa v hĺbkovom intervale 5 – 2 800 m.
- komplex s výraznou prevahou izolátorov nad kolektormi reprezentovaný striedaním vrstiev ílov hrubých 3 – 88 m a vrstiev pieskov až pieskovcov hrubých 3 – 12 m (pont – dák). Celok dosahuje hrúbku 309 – 924 m a vyskytuje sa v hĺbkovom intervale 124 – 2 130 m.
- komplex s prevahou izolátorov nad kolektormi reprezentovaný striedaním menej hrubých vrstiev ílov 3 – 17 m a vrstiev pieskov až pieskovcov hrubých 3 – 7 m (sarmat – ruman). Celok dosahuje hrúbku 132 – 1 121 m a vyskytuje sa v hĺbkovom intervale 129 – 2 450 m.
- komplex izolátorov reprezentovaný absolútnou prevahou hrubých vrstiev ílov nad ojedinelými tenkými vrstvami pieskov resp. pieskovcov (báden – ruman). Celok dosahuje hrúbku 95 – 950 m a vyskytuje sa v hĺbkovom intervale 100 – 3 000 m. Typické pre tento celok je, že vytvára nepriepustné podložie pre ostatné hydrogeologické celky, a tým vlastne aj pre celú hydrogeotermálnu štruktúru.

Centrálna depresia sa vyznačuje zvýšenou aktivitou geotermického poľa. Geotermický gradient pre hĺbkový interval 0 – 2 500 m sa pohybuje v rozmedzí 34,1 – 43,7 °C/km, jeho



priemerná hodnota je 39,1 °C/km. Hustota tepelného toku kolíše v rozmedzí 60 – 90 mW/m<sup>2</sup>, priemerná hodnota je 76 mW/m<sup>2</sup>.

Z hľadiska teploty sa tu nachádzajú hlavne nízko teplotné zdroje, v hlbších častiach i stredne až vysoko teplotné zdroje. Hydrogeologicky ide o štruktúru pravdepodobne s medzivrstevným pretekaním, pórovou priepustnosťou a napätou hladinou geotermálnych vôd. Zo štruktúrneho hľadiska je to polootvorená hydrogeotermálna štruktúra (má prirodzenú infiltráciu a akumuláciu a nemá výverovú oblasť). Zdrojom dotácie je nádrž obyčajných podzemných vôd v sedimentoch kvartéru a rumanu.

Na geotermálnych vrtoch boli realizované hydrodynamické merania z úsekov hrúbky 87 – 592 m, pričom zistená efektívna hrúbka kolektorov geotermálnych vôd sa pohybovala v intervale 34 – 192 m. Koeficient prietochnosti kolektorov geotermálnych vôd sa pohybuje v intervale od  $3,6 \cdot 10^{-3}$  do  $4,9 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s a koeficient filtrácie v intervale  $3,8 \cdot 10^{-5}$  –  $6,1 \cdot 10^{-8}$  m/s. Kolektory geotermálnych vôd s najvyššími hodnotami hydraulických parametrov sa nachádzajú v strednej časti depresie, ich hodnoty klesajú severným až severovýchodným smerom k jej okraju (obr. 5).

Z komplexného vyhodnotenia tlakových pomerov centrálnej depresie podunajskej panvy vyplynulo, že piezometrický gradient sa v tejto hydrogeotermálnej štruktúre pohybuje v intervale  $1,2 \cdot 10^{-4}$  –  $5,9 \cdot 10^{-4}$ , pričom nižšie hodnoty sú charakteristické pre východnú časť štruktúry. Priebeh piezometrických výšok pre geotermálne vody viazané na sedimenty pontu je znázomený na obr. 6. Z tohto obrázku vidíme, že prirodzený smer prúdenia geotermálnych vôd za statických podmienok v západnej časti je sever-juh a vo východnej časti je to severozápad-juhovýchod.

Vzhľadom na nízke hodnoty piezometrického gradientu a priemerné priepustnosti kolektorov na ktoré sú viazané geotermálne vody v centrálnej depresii podunajskej panvy, je efektívna rýchlosť pohybu geotermálnych vôd v priemere okolo 0,3 – 1,8 m za rok, čo svedčí o značnej stagnácii geotermálnych vôd za takých prírodných podmienok, aké boli dokumentované realizovanými geotermálnymi vrtmi (Fendek, 1993).

Základnou zákonitosťou priestorového rozdelenia chemického zloženia geotermálnych vôd centrálnej depresie je jeho úzky vzťah ku hĺbke pod povrchom, ktorý však má v tejto oblasti špecifické črty. Môžeme pozorovať zákonité hĺbkové zmeny chemického zloženia vôd z týchto hľadísk (Franko et al., 1984):





1. Rast hodnoty celkovej mineralizácie s hĺbkou. Treba však poznamenať, že gradient mineralizácie na okrajoch depresie je vyšší ako v jej centrálnej časti, čo je spôsobené misovitou geologickou stavbou panvy. Možno predpokladať, že v centre depresie by gradient mineralizácie bol podobný ako na jej okrajoch od hĺbky cca 300.
2. Pokles nátriovo-hydrogénuhličitanovej zložky  $A_1$  s hĺbkou.
3. Rast nátriovo-chloridovej zložky  $S_1(\text{Cl})$  s hĺbkou.
4. Pokles pomeru  $\text{HCO}_3/\text{Cl}$  s hĺbkou.

V súlade s týmito zákonitosťami možno geotermálne vody centrálnej depresie podunajskej panvy podľa chemického zloženia rozdeliť do piatich skupín, ktoré predstavujú kontinuálne hydrogeochemické pole, ktorého charakter sa nemení skokom, ale plynule a závisí od štruktúrno-litologických, hydrodynamických, paleohydrogeologických, tektonických a iných faktorov, ktoré ho ovplyvňujú.

Prvú skupinu predstavujú geotermálne vody výrazného nátriovo-chloridového typu s mineralizáciou nad  $10 \text{ g.l}^{-1}$ . Sú typické pre hlbšie uložené kolektory bádenu, sarmetu a panónu. Hodnota ich celkovej mineralizácie sa pohybuje od  $11,65 \text{ g/l}$  do  $126,4 \text{ g/l}$ . Sú charakterizované výraznou  $S_1(\text{Cl})$  zložkou a pomerne nízkou hodnotou, resp. absenciou  $A_1$  zložky. Pomer  $\text{HCO}_3(\text{Cl})$  je veľmi nízky, jeho najvyššia hodnota je  $0,271$ , čo poukazuje na hydrochemickú uzatvorenosť štruktúr v súčasnosti. V rámci tejto skupiny možno vyčleniť vody, ktoré majú zastúpenú zložku  $S_2(\text{Cl})$  a sú bez  $A_1$  zložky.

Druhú skupinu predstavujú geotermálne vody výrazného nátriovo-chloridového typu s mineralizáciou od  $5 \text{ g/l}$  do  $10 \text{ g/l}$ . Sú geneticky viazané na piesky až pieskovce panónu a pontu. V modeli hydrogeochemického poľa ležia v kolektoroch uložených vyššie ako vody prvej skupiny.

Prechod medzi druhou a štvrtou skupinou vôd tvoria geotermálne vody nátriovo-chloridového typu s prítomnosťou zložky  $A_1$  nad  $30 \text{ mval}\%$ , resp. nátriovo-hydrogénuhličitanového typu s prítomnosťou zložky  $S_1(\text{Cl})$  nad  $30 \text{ mval}\%$ . Sú geneticky prevažne viazané na kolektory pontu v hydrogeochemicky polozatvorených štruktúrach, čomu nasvedčuje ich samotné chemické zloženia a z toho vyplývajúce hodnoty  $\text{HCO}_3/\text{Cl}$  vyššie ako 1. Ich celková mineralizácia sa pohybuje od  $2,72 \text{ g/l}$  do  $8,73 \text{ g/l}$  a závisí hlavne od stupňa ich degradácie (čím vyšší je podiel  $S_1(\text{Cl})$  zložky, tým je vyššia celková mineralizácia), resp. od množstva  $\text{CO}_2$ , ktorý intenzívne pôsobí na dva mineralizačné procesy a to rozpúšťanie karbonátov a iónovému, ktorú niekoľkonásobne zvyšuje vplyvom  $\text{H}^+$  iónov.

Geotermálne vody natrio-hydrogénuhličitanového typu s mineralizáciou od 1 g/l do 5 g/l sú charakteristické hlavne pre kolektory pontu a daku, resp. dobre „premyté“ štruktúry panónu. Natrio-chloridová zložka týchto vôd je pomerne nízka, jej hodnota je nižšia ako 30 mval% a pohybuje sa od 1,2 mval% do 24,06 mval%. Tejto skutočnosti zodpovedajú aj vyššie hodnoty pomeru  $\text{HCO}_3(\text{Cl})$ , ktoré v mnohých prípadoch naznačujú na hydrogeochemické a zároveň hydrogeologické polootvorené štruktúry.

Napokon môžeme vyčleniť geotermálne vody natrio-hydrogénuhličitanového chemického typu s mineralizáciou do 1 g/l, viazané prevažne na kolektory pontu a daku. Hodnota ich celkovej mineralizácie závisí okrem bežných mineralizačných procesov hlavne od parciálneho tlaku  $\text{CO}_2$  v systéme. Natrio-chloridová zložka je veľmi nízka a závisí od hĺbky uloženia kolektorov, resp. ich premytosti.

Takto zostavený model hydrogeochemického poľa geotermálnych vôd dovoľuje riešiť otázky priestorového rozloženia a genézy jednotlivých chemických typov vôd. Základom objasnenia tejto problematiky je vzťah ku chemickému zloženiu pôvodných (iniciálnych) morských vôd bádenskej transgresie. V období bádenu až kvartéru sa prakticky formovali dnešné hydrogeologické pomery. Vznikli priaznivé podmienky pre akumuláciu geotermálnych vôd. Koncom bádenu bolo more oddelené od svetového oceánu a v ďalších obdobiach predstavuje vnútrozemské more, ktoré nemalo konštantné chemické zloženie spôsobené stacionárnym stavom medzi vstupom a výstupom látok. Salinita sa znižovala v postupnosti: báden(35%) – sarmat (30–16,5%) – panón (16,5–8%) – pont (5–3%) – dák (3–0,5%).

Na základe rozdelenia geotermálnych vôd do piatich skupín chemických typov v spojení s geochemickými procesmi, geologicko-tektonickými a hydrogeologickými podmienkami v súčasnosti a geologickej minulosti môžeme geotermálne vody centrálnej depresie začleniť do nasledovných genetických typov (Franko et al., 1984):

1. marinogénne morské vody
  - a) reliktné morské vody
  - b) infiltračné degradované vody
  - c) vysoko mineralizované vody (soľanky)
2. petrogénne geotermálne vody
3. geotermálne vody zmiešanej genézy.

Synsedimentárne reliktné morské vody sú charakteristické pre hlbšie uložené miocénne sedimenty centrálnej depresie podunajskej panvy, kde sa mohli uchovať za podmienok, že sú izolované voči infiltrácii meteorických vôd alebo hlbinného CO<sub>2</sub> v súčasnosti, resp. v geologickej minulosti. Sú metamorfované len v systéme voda – hornina a výsledkom týchto prírodných reakcií je výrazný natriovo-chloridový chemický typ vôd s charakteristickou kalciovo-chloridovou zložkou, ktorá však už pri minimálnej hodnote A<sub>1</sub> zložky vo vode prítomná nie je. Typickým reprezentantom uvedeného genetického typu geotermálnych vôd je voda vrtovej Kolárovo-2,3. Dokumentuje to aj obsah izotopu kyslíka 1,98‰ vo vrte Kolárovo-3. Nasvedčuje tomu aj viac menej lineárna závislosť medzi obsahom chloridov geotermálnych vôd centrálnej depresie a zastúpením ťažkého izotopy kyslíka (Michalko, 1998).

Infiltračne degradované marinogénne geotermálne vody môžeme na základe chemického zloženia rozdeliť do dvoch skupín. prvú skupinu tvoria zachované vody vnútrozemského mora, ktoré sa postupne prínosom a odnosom látok vysladzovalo a v súčasnosti sa nachádzajú v hydrogeologicky uzatvorených štruktúrach. Sú charakterizované natriovo-chloridovým chemickým typom s mineralizáciou 5–10 g/l, ktorá zodpovedá paleosalinite ich kolektorov. Na rozdiel od reliktných morských vôd sú viazané na plytšie uložené sedimenty a do hĺbky 2 000 m vystupujú iba vo východnej časti centrálnej depresie. Od hĺbky 2 000 m sa nachádzajú okolo celej časti centra depresie. Druhú skupinu predstavujú v menšej alebo väčšej miere marinogénne geotermálne vody infiltračne degradované v minulosti, resp. v mnohých prípadoch aj recentne, čo bolo dokázané hydrogeologickým výskumom. Sú v prevažnej miere viazané na kolektory pontu. Medzi marinogénne vody ich zaradíme preto, lebo v ich chemickom zložení je charakteristicky zastúpená „marínna“ zložka S<sub>1</sub>(Cl). Ide o geotermálne vody natriovo-chloridového typu s prítomnosťou zložky A<sub>1</sub> nad 30 mval%, resp. natriovo-hydrogénuhličitanového typu s prítomnosťou zložky S<sub>1</sub>(Cl) nad 30 mval%. Sú elipsoidne uložené okolo centra depresie a v úrovni 3 000 m sú viazané len na oblasť Gabčíkova. V týchto vodách sa už pomerne intenzívne prejavuje mineralizačný vplyv horninového prostredia, čo svedčí o celkovo lepšej premytosti kolektorov pontu oproti panónu.

Petrogénne geotermálne vody výrazného natriovo-hydrogénuhličitanového typu sú viazané prakticky na celý profil miocénu centrálnej depresie. Do hĺbok 300–800 m prevládajú nízko mineralizované vody (celková mineralizácia pod 1g/l) a do hĺbky až 2 500 m v oblasti centra depresie pri Gabčíkove geotermálne vody od 1–5 g/l. Najväčšie rozšírenie majú do úrovne

1 000 m. Vo vrte FGa-1 bola pozorovaná inverzia rastu celkovej mineralizácie s hĺbkou, spôsobená nižšou koncentráciou chloridov v chemickom zložení geotermálnych vôd, nachádzajúcich sa v podloží. Vychádzajúc z geochemickej interpretácie môžeme potvrdiť, že hlbšie uložené sedimenty ponú v tomto vrte sú hydrogeochemicky otvorenejšie. Hydraulické parametre svedčia tiež o väčšej hydrogeologickej otvorenosti hlbšie uložených kolektorov geotermálnych vôd v tejto oblasti.

Prognózne zdroje geotermálnych vôd boli pre centrálnu depresiu podunajskej panvy vyčíslené pre hĺbkovú úroveň 1500 m, sieť vrtov so vzájomnou vzdialenosťou 6 km, priemernú teplotu vôd 60 °C a sezónnu exploatáciu (185 dní za rok) voľným prelivom. Ich celková hodnota je 1027 l/s, čo pri využití ich teploty na referenčnú teplotu (15 °C) predstavuje tepelno-energetický potenciál (súhrnný využiteľný tepelný výkon) 193 MW<sub>t</sub> (Fendek, 1988).

Sumárna výdatnosť realizovaných geotermálnych vrtov predstavuje okolo 400 l/s, čo reprezentuje tepelný výkon 88,05 MW<sub>t</sub>. Celkový tepelno-energetický potenciál geotermálnych vôd centrálnej depresie podunajskej panvy určený pomocou dvojrozmerného numerického modelu je 150 MW<sub>t</sub>.

## **5. PODMIENKY VÝSKYTU GEOTERMÁLNYCH VÔD V ŠIRŠOM OKOLÍ SEREDE**

Pre stavbu predterciérneho podložia podunajskej panvy a distribúciu horninových komplexov v ňom majú prvoradý význam dva zlomy: dobrovodský a hurbanovský. Dobrovodský zlom (podľa obce Dobrá Voda) podmienil vznik depresie medzi Brezovskými a Pezinskými Karpatmi. Prebieha od Brna jv. smerom do dobrovodskej depresie, ďalej do priestoru južne od Hlohovca, Nitry, k Novým Zámkom a k Štúrovu. V oblasti podunajskej panvy ho Buday a Špička (1967) označili ako ľudinská línia. V podunajskej panve oddeľuje vynorenú časť elevácie Považského Inovca od ponorenej časti pod neogénnymi sedimentmi pri Sereďi. Na ňom sa končí aj elevácia Tribča pod neogénnymi sedimentmi v hĺbke okolo 2000 m pri Trnenci. Pre vývoj podunajskej panvy má ten význam, že pozdĺž neho sa v spodnom miocéne dvíhala jz. časť a bola denudovaná až na kryštalinikum. Sv. časť poklesávala, v dôsledku čoho je predterciérne podlozie v piešťanskom, topoľčianskom a zlatomoraveckom zálive budované hlavne mezozoikom. Od bádenu vyššie nastala opačná tendencia, jz. časť panvy poklesávala a sv. stúpala.

Oblasť Sereďe v rámci podunajskej panvy prináleží tzv. galantskej prehĺbenine, ktorá smerom na juh prechádza do gabčíkovej depresie. Obidve depresie sú súčasťou jednej

V najhlbšom vrte Diakovce Di-1 má vrchný bádenný pelitický vývoj, ktorý zodpovedá zóne bolivino-buliminovej. Monotónny sivý, slienitý ílovec postupne smerom nahor prechádza do piesčito-prachových až prachovcových polôh. Výraznejšia piesčitosť sa zistila v intervale 2793 – 2967 m. Hrúbka piesčitých polôh nepresahuje 10 m a sú od seba oddelené až 20 m hrubými polohami pelitov. Vrchná časť bádenných uloženín patrí už zóne rotaliovej. V priestore elevácie Dlhá sa vrtom Kr-1 zistil rozdielny vývoj bádenný čo do hrúbky i litológie. Vrchná časť bádenných uloženín, zaradená do zóny rotaliovej je v pelitickom vývoji a v podstatne redukovanej hrúbke ako vo vrte Di-1. Ďalšia časť bádenných uloženín zodpovedajúca zóne bolivino-buliminovej je vo vrchnej polohe v pelitickom vývoji a od 2450 m je vývoj vulkanický. Zastúpené sú tu prevažne andezitové tufy s rôznym percentom vápnitosti i polohy biotiticko-pyroxénického andezitu. Vek súvrstvia s tufami a andezitami sa nedá faunisticky doložiť. Ide o mladý neogénny vulkanizmus, ktorého výskyt sú známe v hlbších polohách panve v línii približne Šurany – Kráľová – Rusovce.

Hrúbka nadložných sarmatských uloženín sa v oboch vrtoch podstatne neliši, líšia sa však vekove – spodný a vrchný sarmat. Rovnako v litologickom vývoji nie sú podstatné rozdiely. V spodnej časti sarmatských uloženín majú prevažné zastúpenie íly s prímiesou prachového piesku a s piesčitými vložkami nevelkých hrúbok. Vo vrchnej časti sú rovnomerne zastúpené slienité íly s piesčitým lamelovaním a jemne až stredne zrnitý piesok s hrúbkou do 7 m. Oproti bádenným uloženinám je v sarmate všeobecne väčšie zastúpenie psamitickéj zložky. Na vrte Kr-1 je to vo vrchných polohách obzvlášť výrazné.

Sarmatské uloženiny sa uvádzajú i z vrtnu FGG-2 z hĺbky 2023 m (Franko et al., 1984). Ide o najvrchnejšiu časť sarmatu. Sedimenty predstavujú striedanie vápnitých pieskovcov a vápnitých ílovcov. Pôvodná salinita sa predpokladá okolo 18 ‰.

Nadložné panónske uloženiny možno charakterizovať striedaním polôh pelitických – slienitých ílov, ílovcov s polohami piesčitými. Piesčité polohy sú hrúbky prevažne 2 – 3 m, smerom nahor dosahujú hrúbku viac ako 10 m. Na vrte Kr-1 je veľmi výrazne vyvinutý tzv. veľký panónsky piesok, takmer 175 m piesčitá poloha, len s tenkými ílovými vložkami (Gaža, 1966). Oproti brakickému sedimentačnému priestoru v sarmate, so salinitou 30–18 ‰ je sedimentačný priestor v panóne vysladzovaný – sedimentačné prostredie je oligohalinné so salinitou 15–3 ‰.



Pontské uloženiny sú už vyslovene sladkovodné – salinita sedimentačného prostredia je okolo 3–0,5 ‰. Litologicky je tu zastúpený pestrý súbor psamitických a pelitických materiálov v rôznom pomernom zastúpení. Piesok je zastúpený výraznejšie ako íly a hrúbka piesčitých polôh je pomerne značná, dosahuje od 5 do 10 m. Hrúbka sedimentov pontu je znázornená na obr. 5, hĺbka uloženia stropu tohto stratigrafického stupňa je uvedená na obr. 6.

Nadložný dák, ktorého vertikálne rozhranie voči pontu nie je jednoznačné, je v období litologickom vývoji ako pont, striedajú sa polohy piesku s piesčitými a vápnitými ílmi, avšak piesčité polohy sú vyvinuté v podstatne menších hrúbkach.

Zlomami sú výraznejšie porušené hlavne staršie členy neogénnej výplne, mladšie členy počínajúc panónom sú podstatne menej porušené. Zlomový systém synsedimentárny voči bádenu má výšky skokov až niekoľko 100 m, v panóne a mladších uloženinách sa redukujú na niekoľko metrov.

Z vyššie uvedeného vyplýva, že slanosť – salinita sedimentárneho horninového prostredia sa smerom do hĺbky zvyšuje. Zákonité hĺbkové zmeny chemického zloženia vôd sa odrážajú v náraste hodnoty mineralizácie a Na-Cl [zložky  $S_1(\text{Cl})$ ] a v poklese Na-HCO<sub>3</sub> (zložky  $A_1$ ) a pomeru HCO<sub>3</sub>/Cl s hĺbkou.

Geotermálne vody hodnoteného územia (tab. 5, 6 a 7) patria k výraznému Na-Cl typu, a to s mineralizáciou nad 10 g/l (typický pre kolektory bádenu a panónu) a s mineralizáciou 5 až 10 g/l (kolektory panónu a pontu) ako aj Na-HCO<sub>3</sub> typu, a to s mineralizáciou 1 – 5 g/l (kolektory pontu, dáku, dobre „premyté“ kolektory panónu) a s mineralizáciou do 1 g/l (kolektory pontu a dáku). Prechodom medzi výrazným Na-Cl typom a Na-HCO<sub>3</sub> typom vôd je Na-Cl typ s prítomnosťou zložky  $A_1$  nad 30 mval %, resp. Na-HCO<sub>3</sub> typ s prítomnosťou  $S_1(\text{Cl})$  nad 30 mval % (typické pre kolektory pontu). Geneticky patrí Na-HCO<sub>3</sub> typ s mineralizáciou do 1 g/l a s mineralizáciou 1 – 5 g/l k petrogénnym vodám (obr. 7), pričom obsah rozpustených látok a chemické zloženie geotermálnych vôd je predovšetkým výsledkom interakcie voda-hornina (ide o vodu z vysladeného mora, infiltrujúcu meteorickú vodu, resp. o obidve zmiešané v rôznom pomere). Ostatné typy patria k marinogénnym vodám (infiltračne degradovaným). Geotermálne vody obsahujú plyny a to CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>.

Teplotné a tepelné pole, s čím súvisí teplota geotermálnych vôd, charakterizuje relatívne nízka variabilita. Najnižšie teploty sú charakteristické pre severnú časť predmetného územia (Sereď, Senec, Šaľa) a smerom na juh stúpajú (obr. 7, tab. 8).

Geotermický gradient (hĺbkový interval 0 – 1000 m) sa pohybuje v rozmedzí 38 – 43 °C/km, teploty v hĺbke 1000 m sú 48 – 52 °C. Priebeh tepelného poľa má podobný obraz ako teplotné pole, hustota zemského tepelného toku sa pohybuje od 73 do 82 mW/m<sup>2</sup>

**Tabuľka 8** Teploty a priemerný teplotný gradient z vrtovej zóny záujmového územia (Bondarenková et al., 1998)

Hĺbka (m)	T E P L O T A (°C)										
	BS-1	D-1	FGG-1	FGG-2	FGG-3	FGS-1A	HTŠ-1	SEN-1	VDK-15	VMK-1	VZK-10
0	10	10	10	10	10	10	9	9	11	10	10
100	13	14	14	14	14	15	14	14	15	15	14
200	17	18	18	18	18	19	17	18	19	19	18
300	21	22	22	22	22	23	21	22	23	23	22
400	25	26	25	26	26	27	25	25	27	28	26
500	29	30	29	30	30	31	29	29	32	32	30
600	33	34	33	34	34	35	33	33	36	36	34
700	37	38	37	38	38	39	37	37	40	40	38
800	41	42	41	43	43	44	40	41	44	45	42
900	45	46	45	47	47	48	44	45	48	-	46
1000	49	50	48	51	51	52	48	49	52	-	51
1100	52	54	52	55	55	56	-	52	56	-	55
1200	56	58	56	59	59	60	-	56	60	-	59
1300	60	61	60	63	63	64	-	60	64	-	63
1400	64*	65	64	67	67	68	-	63	68	-	67
1500	-	69	68	71	71	72*	-	66	72	-	71
1600	-	72	72	75	75	-	-	70	76	-	75
1700	-	75	75	79	79	-	-	73	81	-	79
1800	-	79	79	83	83	-	-	76	85	-	83
1900	-	82	83	87	87	-	-	79	89	-	-
2000	-	85	87*	91	91	-	-	83	93	-	-
2100	-	-	-	95	95	-	-	87	97	-	-
2200	-	-	-	-	-	-	-	90	101	-	-
2300	-	-	-	-	-	-	-	94	105	-	-
2400	-	-	-	-	-	-	-	97	109	-	-
2500	-	-	-	-	-	-	-	100	113	-	-
2600	-	-	-	-	-	-	-	103*	-	-	-
<b>G<sub>STR</sub> (°C/km)</b>	<b>39,3</b>	<b>38,2</b>	<b>39,1</b>	<b>40,7</b>	<b>40,7</b>	<b>42,7</b>	<b>38,4</b>	<b>36,8</b>	<b>40,9</b>	<b>42,7</b>	<b>40,5</b>

\* extrapolované teploty

Na základe vyššie uvedených skutočností môžeme konštatovať, že ložisková teplota v okolí Serede sa bude približovať nižším hodnotám nameraným na existujúcich vrtoch a pre hĺbku 500 m bude dosahovať hodnoty okolo 29 °C, pre hĺbku 1000 m okolo 48 °C, pre hĺbku 1500 m okolo 66 °C a pre hĺbku 2000 m okolo 80 °C



V užšom okolí Serede boli realizované len hlboké vrty za účelom prieskumu výskytu uhľovodíkov, v ktorých neboli vykonávané klasické hydrodynamické skúšky. Preto priamo z tejto oblasti nie sú k dispozícii hydraulické parametre sedimentov neogénu. Z tohto dôvodu v tab. 9 uvádzame parametre zistené hydrodynamickými skúškami na geotermálnych vrtoch zo širšieho okolia. Všeobecne platí, že hodnota hydraulických parametrov nezávisí od stratigrafie sedimentov, ale od ich zrnitostného zloženia a množstva prímеси najjemnozrnejšej frakcie (stupňa zaílovanía).

**Tabuľka 9** Hydraulické parametre kolektorov geotermálnych vôd

Vrt	Perforácia (m)	Koeficient abs. prietoku $T_p \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$	Koeficient prietoku $T \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$	Koeficient priepustnosti $k_p \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$	Koeficient filtrácie $k_f \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
FGS-1/A	910 – 1068	3,421	7,403	3,167	6,854
FGG-1	1212 – 1470	3,553	7,443	3,740	7,835
FGG-2	1706 – 2032	2,320	6,473	2,426	7,036
FGG-3	1731 – 1998	2,722	7,893	2,895	8,397
Di-2 r. 1982	1413 – 1500	1,980	4,831	2,999	7,319
Di-2 r. 1998	1413 – 1500	2,071	5,052	3,138	7,654
HTŠ-2	880 – 1169	1,800	3,014	3,051	5,108
VDK-15	1425 – 2222	1,973	5,820	1,943	5,820
VZK-10	1331 – 1721	2,438	6,703	1,192	3,278
	1331 – 1457	1,346	3,253	1,191	2,879

Z tabuľky vidíme, že hydraulické parametre exploatačných úsekov geotermálnych vrtov realizovaných v predmetnom území sa navzájom líšia iba v rámci toho istého rádu. Ďalej môžeme konštatovať, že hydraulické parametre určené pre geotermálny vrt Di-2 na základe meraní z r. 1982 a z r.1998 sú prakticky zhodné. Najnižšie hodnoty hydraulických parametrov majú kolektory geotermálnych vôd v oblasti vrtu geotermálneho vrtu VZK-10 Zlaté Klasy. Naopak najvyššia hodnota koeficientu priepustnosti bola určená pre vrt FGG-1 Galanta a koeficientu filtrácie pre vrt FGG-3 Galanta, ktoré z hľadiska ich lokalizácie predstavujú geotermálne vrty ležiace najbližšie k Seredi.

Zmena teploty geotermálnej vody v hydrogeotermálnej štruktúre závisí väčšinou od zmeny hĺbky uloženia kolektorov geotermálnej vody. Z tohto dôvodu hĺbka uloženia kolektorov

zo severu na juh zväčšuje. Z tohto dôvodu je teda južný okraj mesta perspektívnejšou oblasťou pre navrtanie väčšieho množstva geotermálnych vôd ako severný okraj.

V širšom okolí mesta bolo doteraz realizovaných 10 geotermálnych vrtov (obr. 4). Základné výsledky získané týmito vrtmi sú uvedené v tab. 10. Teplota zachytených geotermálnych vôd na ústí vrtov sa v závislosti od hĺbky perforácie a hĺbky prevládajúceho prítoku pohybuje v intervale 38 – 80 °C

Výdatnosti vrtov dosiahnuté počas hydrodynamických skúšok sú od 3,1 l/s do 25,0 l/s. Mineralizácia geotermálnych vôd bola zistená v rozsahu 0,5 – 4,9 g/l chemického typu Na-HCO<sub>3</sub> až Na-Cl-HCO<sub>3</sub>.

**Tabuľka 10 Výsledky realizovaných geotermálnych vrtov**

Lokalita – geotermálny vrt	Perforácia	Stratigrafia	Q (l/s)	T (°C)	M (g/l)	Chemický typ mineral.
Galanta – FGG-1	1212 – 1470	pont	10,8	62	3,2	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
Galanta – FGG-2(3)	1706 – 2032	panón	25,0	80	4,9	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
Šaľa – HTŠ-2	880 – 1 169	pont	3,1	42	1,4	Na-HCO <sub>3</sub>
Diakovce – Di-1	710 – 800	pont, panón	4,0	38	0,5	Na-HCO <sub>3</sub>
Diakovce – Di-2	1416 – 1535	pont, panón	12,0	68	2,1	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
Poľný Kesov – BPK-2	1089 – 1189	neogén	4,0	49	1,9	Na-HCO <sub>3</sub>
Tvrdošovce – FGTv-1	1362 – 1637	pont	20,0	70	2,5	Na-HCO <sub>3</sub>
Nové Zámky – GNZ-1	1236 – 1473	pont	4,5	59	3,2	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
Dv.n. Žitavou – FGDŽ-1	1024 – 1607	pont	7,2	62	3,4	Na-Cl-HCO <sub>3</sub>

Geotermálnymi vrtmi boli zachytené geotermálne vody v pieskoch a pieskovcoch pontu až panónu v hĺbke 710 – 2032 m. Výdatnosť vrtov pri voľnom prelive sa pohybovala počas realizácie hydrodynamických skúšok od 3,1 l/s do 25 l/s s teplotou vody na povrchu od 38 do 80,0 °C a mineralizáciou 0,5 – 4,9 g/l. Tepelný výkon vrtov sa pohybuje od 0,36 do 6,8 MW<sub>t</sub>.

Z tabuľky vidíme, že vrty nachádzajúce sa na severnom okraji centrálnej depresie podunajskej panvy (FGDŽ-1, GNZ-1, HTŠ-2, BPK-2) majú nižšie výdatnosti ako vrty nachádzajúce sa južnejšie. Zároveň vidíme, že výdatnosť sa môže výrazne meniť aj na malú vzdialenosť, čoho príkladom sú výsledky dosiahnuté na vrte FGG-1 (10,8 l/s) a FGG-2, 3 (25,0 l/s). Podobne, napr. vo vrtoch Di-1, 2, v plytšie zabudovaných sedimentoch pontu až panónu (710 – 800 m) je výdatnosť podstatne nižšia (4,0 l/s) ako v hlbšie zabudovaných sedimentoch (1416 – 1535 m) tých istých stratigrafických stupňov (12 l/s).



Výdatnosť tu závisí od počtu a hrúbky piesčitých polôh. Nepriaznivo ju ovplyvňujú veľké hrúbky ílových sedimentov a počet vrstiev týchto sedimentov. Z toho teda vyplýva, že očakávaná výdatnosť vrtu realizovaného na južnom okraji Serede sa môže pohybovať od 3 do 7 l/s, s najväčšou pravdepodobnosťou okolo 5 l/s.

Ako sme už konštatovali, salinita – slanosť horninového prostredia s hĺbkou narastá. Názorne je to vidieť na príklade vrtu Di-1, kde v odskúšaných sedimentoch pontu v hĺbkovom intervale 1275 – 1170 m bola zistená geotermálna voda s mineralizáciou 1,0 g/l Na-HCO<sub>3</sub>-Cl typu a v sedimentoch vrchného bádenu v hĺbkovom intervale 2903 – 3303 m dosiahla mineralizácia 12,3 g/l a geotermálna voda bola Na-Cl-HCO<sub>3</sub> typu. Pre porovnanie uvádzame, že vrtom Se-5 bola v hĺbkovom intervale 1078 – 1087 m (báden) zistená mineralizácia 28,2 g/l vody typu Na-Cl-HCO<sub>3</sub> a v hĺbkovom intervale 1280 – 1290 m (báden) bola zistená mineralizácia 33 g/l vody toho istého typu. Z uvedeného vyplýva, že nižšie mineralizované geotermálne vody na južnom okraji mesta Sereď môžeme očakávať maximálne do hĺbky 1600 m (stratigrafický stupeň panón), v ktorej by mineralizácia mohla dosiahnuť 4 – 7 g/l vody typu Na-HCO<sub>3</sub>-Cl.

Ak zoberieme do úvahy hrúbky sedimentov panónu až pontu, potom na južnom okraji mesta Sereď by ložisková teplota geotermálnej vody sa mohla pohybovať v intervale 40 – 70 °C, pričom teplota 70 °C sa dá očakávať na báze panónu, teda v hĺbke okolo 1600 m. Konečná teplota geotermálnej vody bude závisieť od hĺbky a rozloženia piesčitých polôh vo vrte, ako aj od jeho výdatnosti. Ak by boli tieto polohy sústredené okolo hĺbky 1300 m, potom by očakávaná ložisková teplota mohla dosiahnuť 60 °C. Teplota na ústí vrtu bude v dôsledku teplotných strát vo vrte nižšia o 3 – 6 °C.

Záverom teda môžeme konštatovať, že na základe hydrogeotermálnej charakteristiky severnej časti centrálnej depresie podunajskej panvy a výsledkov geotermálnych vrtov realizovaných v širšom okolí Serede (tab. 10) môžeme konštatovať, že geotermálne vody na tejto lokalite je možno získať novo realizovaným geotermálnym vrtom na južnom okraji mesta hlbokým 1600 m s očakávanou výdatnosťou s najväčšou pravdepodobnosťou okolo 5 l/s. Maximálna výdatnosť vrtu v prípade jeho kvalitného zabudovania a početného výskytu piesčitých polôh môže dosiahnuť až 10 l/s. Predpokladaná teplota geotermálnych vôd je 54 – 57 °C, mineralizácia by sa mala pohybovať v intervale 5 – 7 g/l, typ geotermálnej vody Na-HCO<sub>3</sub>-Cl. Orientačná cena takéhoto vrtu sa v súčasnosti pohybuje od 32 mil. Sk do 35 mil. Sk bez DPH.

## LITERATÚRA

- Aktualizácia Energetickej koncepcie pre SR do roku 2005 (s výhľadom do roku 2010), 1997: Manuskript, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava.
- Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vyd. Bratislava – Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica – Agentúra životného prostredia, 2002, 344 s.
- Bondarenková, Z., 1983: Správa o vrte BS-1 Senec. Manuskript, ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Bondarenková, Z. et al., 1977: Senec a Streda nad Bodrogom - geotermálne vrty FGS-1 a FGS-1/A, TGS-1. Záv. správa z vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu. ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Bondarenková, Z. et al., 1984: Šaľa – termálny vrt. Záv. správa, VP. ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Bondarenková, Z. et al., 1985: Galanta – hydrogeotermálny prieskum. Manuskript. ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Bondarenková, Z. – Fendek, M. – Roháčiková, A. – Michalíček, M. – Procházková, V., 1991: SVODÍN -geotermálny vrt - VTP-1. Čiastková záverečná správa. Archív IGHP o.z., Bratislava.
- Bondarenková, Z. – Vranovská, A. – Fendek, M. – Král, M., 1998: Centrálna depresia Podunajskej panvy oblasť Galanta – regionálne hydrogeotermálne zhodnotenie. Záv. správa. Geofond, Bratislava.
- Buday, T. – Špička, V., 1967: Vliv podloží na stavbu a vývoj mezihorských depresí se zřetelem k poměrom v Podunajské pánvi. Sbor. geol. Vied, Západné Karpaty, 7, GÚDŠ, Bratislava, 153-187.
- Burger, F., 2000: Režim podzemnej vody v poriečnej nive dolného Váhu. Časť I. Súčasný režim, jeho modelovanie a prognóza vývoja. J. Hydrol. Hydromech., 48, 2000, 142-162.
- Fendek, M., 1995: Hodnotenie hydrodynamických pomerov v centrálnej depresii podunajskej panvy pre účely overenia ťažobnej kapacity vrtov na energetické využitie geotermálnej vody - lokalita Galanta – Etapa A., Archív Slovgeoterm, a. s. Bratislava.
- Fendek, M., 1988: Hodnotenie tepelno-energetického potenciálu geotermálnych vôd centrálnej depresie podunajskej panvy. Geologický průzkum, roč. 30, č. 11, Praha, 327-329.
- Fendek, M., 2000: Geotermálna energia v III. tisícročí. Podzemná voda. Slovenská asociácia hydrogeológov. Roč. VI., č. 2/2000, Bratislava, 42-51.
- Fendek, M. – Franko, J. – Čavojová, K., 1999: Geothermal energy utilization in Slovak Republic. Slovak Geol. Mag., 5, 1-2 (1999), Dionýz Štúr Publishers, Bratislava. 131-140.



- Fendek, M. – Franko, O. – Remšík, A., 1988: Členenie nádrže geotermálnych vôd a hodnotenie hydrogeologických údajov v centrálnej depresii podunajskej panvy z hľadiska ich výskytu. Zborník príspevkov 9. celoštátnej hydrogeologickej konferencie Pardubice, Eds.: Beneš, V., Herešová, D., Laboutka, M., Pištora, Z., Vrána M., Vrba, J., Stavební geologie Praha, 8-18.
- Fendek, M. – Remšík, A. – Bodiš, D., 1989: Tepelno-energetický potenciál GTV pri exploatacii systémom reinjektáže v západoslovenskom kraji. Zborník prednášok zo sympózia Optimálne spôsoby zneškodňovania využitých geotermálnych vôd. Pobočka ČSVTS pri VÚVH, Bratislava, 70-80.
- Fendek, M. – Remšík, A. – Fendeková, M., 2004: Aktuálny stav preskúmanosti geotermálnych vôd na Slovensku. Geologické práce, Správy 110, ŠGÚDŠ, Bratislava, 43-54.
- Franko, O., 1977: Správa o výskumnom geotermálnom vrte FGG-1 v Galante. Manuskript, ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Franko, O. – Bodiš, D. – Fendek, M. – Remšík, A. – Jančí, J. – Král, M., 1989: Methods of research and evaluation of geothermal resources in pore environment of Pannonian Basin. Západné Karpaty, sér. hydrogeol. a inž. geol. 8, ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Franko, O. – Gaža, B., 1972: Zhodnotenie centrálnej pliocénnej depresie Podunajskej nížiny pre vyhľadávanie vysokotermálnych vôd. Manuskript. Geofond. Bratislava.
- Franko, O. – Fendek, M. – Bodiš, D. – Priečodská, Z. – Vass, D. – Král, M., 1985: Správa o výskumnom geotermálnom vrte FGG-2 Galanta. ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Franko, O. – Remšík, A. – Fendek, M. – Bodiš, D. – Priečodská, Z. – Vass, D. – Král, M. – Jančí, J., 1984: Geotermálna energia centrálnej depresie podunajskej panvy - prognózne zásoby. Čiastková záverečná správa. ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Franko, O. – Remšík, A. – Fendek, M. – Bodiš, D., 1986: Hydrogeotermálne pomery centrálnej depresie podunajskej panvy. Správy o výskumoch Geologického ústavu Dionýza Štúra, Regionálna geológia Západných Karpát, 21, Geol. úst. D. Štúra, Bratislava.
- Franko, O. – Remšík, A. – Fendek, M. Eds., 1995: Atlas geotermálnej energie Slovenska. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 268 s.
- Gaža, B., 1966: Záverečná vrtno-geologická správa o pionierskom vrte Kolárovo-2. Manuskript. Geofond. Bratislava.
- Gaža, B. – Holéczyová, Z., 1974: Výsledky prieskumu termálnych vôd v Dunajskej Strede. Zborník z III. celoslovenskej geologickej konferencie, SGÚ-GÚDŠ Bratislava, 86-88.

Homola, V., 1960: Opěrná vrtba Diakovce-1 v Malé dunajské nížině. Manuskript, ŠGÚDŠ, Bratislava.

Hurter, S. and Haenel, R., Eds.: Atlas of Geothermal Resources in Europe. Publ. No. EUR 17 811 of the European Commission, L – 2985, Luxembourg, European Communities 2002. 182 p.

Remšík, A. – Fendek, M. – Král, M. and Mello, J., 2002: National geothermal resource assessments – Slovakia. In: Hurter, S. and Haenel, R., Eds.: Atlas of Geothermal Resources in Europe. Publ. No. EUR 17 811 of the European Commission, L – 2985, Luxembourg, European Communities 2002. pp. 53 – 54 and plate 70 – 73.

Remšík, A. – Franko, O. – Fendek, M. – Bodiš, D., 1990: Geotermálne vody podunajskej a viedenskej panvy. Mineralia Slovaca, roč. 22, č. 3, Alfa, Bratislava, 241-250.

Šindlár, J., 1982: Diakovce - termálne kúpalisko vrt Di-2. Manuskript. ŠGÚDŠ, Bratislava.

Vyhláška MZ SR z 26. januára 2004 č. 146/2004 Z. z., ktorou sa mení a dopĺňa Vyhláška MZ SR č. 30/2002 Z.z. o požiadavkách na vodu na kúpanie, kontrolu kvality vody na kúpanie a na kúpaliská.

Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon). Čiastka 153, Ministerstvo spravodlivosti Slovenskej republiky, Bratislava.