

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,  
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky

Geotermální energie a možnosti jejího využití  
na Slovensku

Geothermal Energy and Possibilities of its Utilization  
in Slovakia

Bakalářská práce

Kristína Valková



Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Josef V. Datel Ph.D.

Praha 2012

### Prohlášení

Prohlašuji, že tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a ostatní prameny, z nichž jsem při přípravě práce čerpala, řádně cituji a uvádím v seznamu použité literatury. Tato práce nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 4.6.2012

podpis

## Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce RNDr. Josefu V. Datlovi Ph.D.za cenné připomínky k obsahové a formální stránce mé práce, trpělivost a odbornou pomoc. V neposlední řadě mé rodině a přáteli za neustávající podporu při studiu.

## ABSTRAKT

Předkládaná bakalářská práce se zabývá geotermální energií a možnostmi jejího využití na Slovensku, zejména využití geotermální energie v Trnavském, Nitrianském a Žilinském kraji. Jednotlivé kapitoly popisují geologickou stavbu Slovenska, geotermické poměry území, energetickou politiku Slovenska a významné kraje Slovenska z pohledu využití potenciálu geotermální energie. Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit geotermální potenciál daných lokalit a analyzovat situaci využití geotermální energie v Trnavském, Nitrianském a Žilinském kraji.

## SUMMARY

The presented bachelor thesis deals with geothermal energy and possibilities of its utilization in Slovakia, especially in Trnava, Nitra and Zilina regions. Particular chapters of the thesis describe the geological structure of Slovakia, geothermal situation of the territory, energy policy of Slovakia and important regions of Slovakia as regards the utilization of geothermal energy potential. The aim of the bachelor thesis is to assess the geothermal potential of the given locations and to analyze the state of the use of geothermal energy in Trnava, Nitra and Zilina regions.

## OBSAH

1. ÚVOD .....	1
2. GEOTERMÁLNÍ POTENCIÁL PLANETY .....	1
<b>2.1 Geotermální systémy</b> .....	2
<b>2.2 Geotermální rezervoáry</b> .....	3
3. GEOTERMÁLNÍ POTENCIÁL SLOVENSKA .....	4
<b>3.1 Geologická stavba území</b> .....	4
3.1.1 Geologický vývoj Západních Karpat .....	5
3.1.2 Členění Západních Karpat .....	6
3.1.2.1 Vnitřní Karpaty .....	6
3.1.2.2 Vnější Karpaty .....	7
<b>3.2 Geotermické poměry území</b> .....	8
<b>3.3 Energetická politika Slovenska</b> .....	11
4. VÝZNAMNÉ LOKALITY SLOVENSKA .....	14
<b>4.1 Trnavský kraj</b> .....	15
4.1.1 Geotermální projekt v Galante .....	17
4.1.2 Geotermální projekt ve Velkém Mederí .....	18
<b>4.2 Nitrianský kraj</b> .....	20
4.2.1 Geotermální projekt na Podhájské .....	20
<b>4.3 Žilinský kraj</b> .....	22
4.3.1 Geotermální projekt v Bešeňové .....	23
5. DISKUZE .....	28
6. ZÁVĚR .....	29
7. POUŽITÁ LITERATURA .....	31

## SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obr. 1. Mapa rozložení hustoty tepelného toku v Evropě .....	4
Obr. 2. Geologické členění Slovenska .....	7
Obr. 3. Rozložení perspektivních oblastí geotermálních vod na území Slovenska .....	9
Obr. 4. Rozmístění geotermálních vrtů v SR a jejich tepelné charakteristiky .....	11
Obr. 5. Distribuce geotermálních zdrojů po krajích a okresech SR .....	14
Obr. 6. Centrální deprese podunajské pánve .....	16
Obr. 7. Oblasti s rekreačním využitím geotermální energie .....	17
Obr. 8. Přehled oblastí realizovaných vrtů v okolí Velkého Medera .....	19
Obr. 9. Poloha Mrtvého moře .....	21
Obr. 10. Geologicko-tektonické schéma hydrogeologické struktury termální vody v Bešeňové .....	25
Obr. 11. Oblasti realizovaných vrtů v Liptovské kotlině .....	26
Obr. 12. Ústí vrtu ZGL-1 v Bešeňové .....	27

## SEZNAM TABULEK:

Tab. 1. Hustota tepelného toku v základní provincii, subprovinciích a oblastech .....	10
Tab. 2. Klasifikace geotermální aktivity území .....	10
Tab. 3. Podíl jednotlivých druhů obnovitelných a druhotných zdrojů energie na technicky využitelném potenciálu.....	12
Tab. 4. Přehled výsledků geotermálních vrtů realizovaných na Slovensku .....	15
Tab. 5. Geologický profil vrtu FGG-1 .....	17
Tab. 6. Základní údaje o geotermálních vodách využívaných v okolí Velkého Medera .....	19
Tab. 7. Porovnání složení geotermálních vod Podhájska a Mrtvé moře .....	22
Tab. 8. Tepelně-energetický potenciál zdrojů geotermálních vod Žilinského kraje .....	23
Tab. 9. Geologický profil vrtu ZGL-1 .....	24
Tab. 10. Základní údaje geotermálních vrtů v širším okolí zkoumaného území .....	26

## 1. ÚVOD

Geotermální energie je přírodní teplo Země, koncentrované v rezervoárech hornin, obvykle nasycených kapalinou. Přitom vzniká potenciálně využitelný zdroj energie. Geotermální energie je v nitru Země zachována po celou dobu geologické historie. Podle některých autorů (Rummel a Kappelmeyer, 1993) by ochlazení 1 km<sup>3</sup> horké zemské kůry o 100 °C mohlo dodávat elektrickou energii elektrárně s kapacitou 30 MW po 30 let. Dosavadní využití geotermální energie elektrárnami je jen cca 5800 MW a dalších přibližně 11 000 MW je využíváno z teplých vod pro vyhřívání a balneologické účely. (Myslil a kol., 2007)

V nitru Země je dostatek geotermální energie. Její zdroje jsou ovšem dosažitelné jen ve svrchní části zemské kůry. Podle odhadů je v nejsvrchnější tříkilometrové vrstvě zemské kůry zakonzervováno teplo jak v horninách, tak ve vodě i páře v množství, které by stačilo pokrýt spotřebu lidstva nejméně na 100 000 let. (Myslil a kol., 2007)

Zdroje geotermální energie jsou následující.

- Původní teplo zemského tělesa, které zbylo z kosmické etapy jeho vzniku.
- Sluneční záření.
- Rozpad radioaktivních prvků.
- Tepelná energie vznikající přeměnou z kinetické energie při tektonických pohybech v zemské kůře.
- Teplo vznikající stlačováním podložních vrstev vahou nadloží a náhlým uvolněním tlaků.
- Energie pohlcených seizmických vln.
- Fyzikálněchemické reakce, které uvolňují teplo, tedy reakce exotermní. Je to běžná oxidace, při které se prvky slučují s kyslíkem a přecházejí z nižších mocností do vyšších. V hlubších partiích kůry navíc dochází k rekrytalizaci minerálů na jiné, o větší hustotě.
- Energie uvolňující se při dopadu meteoritů. Zde se kinetická energie mění na tepelnou, což je prokázáno tavením hornin v místě impaktu.
- Energie slapových sil produkovaná třením vodních mas o sebe i o pevný zemský povrch. (Myslil a kol., 2007)

## 2. GEOTERMÁLNÍ POTENCIÁL PLANETY

Geotermální zdroje se značně liší od jednoho místa na druhé, v závislosti na teplotě a hloubce zdroje, chemického složení hornin a přebytku podzemních vod. Geotermální zdroje jsou převážně ze dvou typů podle teploty: vysoké teploty (>200°C), sopečné oblasti a ostrovní řetězy, a střední až nízké teploty (50-200°C), které se obvykle nacházejí ve značné míře ve většině kontinentálních oblastí. Typ geotermálního zdroje určuje způsob jeho využití. Vysokoteplotní zdroje (suchá pára / horká voda) se můžou využít k výrobě elektrické energie, zatímco středně, až nízkoteplotní zdroje (teplé až horké vody) se nejlépe hodí pro přímé použití (např. vytápění). Nicméně s pomocí moderních technologií, dokonce i mírné teplotní zdroje (100 ° C) jsou využívány pro výrobu elektrické energie pomocí metody binárního cyklu. Nejrozsáhlejší přímé použití nízkoteplotního geotermálního zdroje (50-100° C) je vytápění jednotlivých budov či celých regionů v zemích s chladnějším klimatem. (Gupta, 2007)



Lokální i regionální rozdíly povrchového tepelného toku jsou ovlivněny různě vysokým obsahem radioaktivních minerálů. Jak vyplývá z geologických modelů zemské kůry, radioaktivního zdroje tepla ubývá s hloubkou. Ze svrchního pláště se do spodní kůry dostává z pláště tzv. reziduální teplo.

Oceánská kůra nemá granitovou vrstvu obohacenou radioaktivními prvky, a proto je u ní hlavním zdrojem tepla svrchní plášť.

Na teplotní charakteristiku oblasti má značný vliv pohyb podzemních vod. Šíření tepla prouděním vody o různé teplotě se nazývá konvekce. V lokálním měřítku může proudění podzemních vod značně ovlivnit geotermální systémy. Proudění vod je nejlepším mechanismem pro přenos a hromadění tepelné energie. Termální vody jsou téměř výlučně meteorického původu. Několik kilometrů pod povrchem se mohou ohřát i na 200 °C, vysoký tlak však zabraňuje varu. Pokud tlak klesne, voda dosahuje bodu varu a uniká pára. Vodní páry se mísí s plyny, které obsahují síru ve formě oxidů síry a sirovodíku. Průduchy, kterými unikají sirné páry na povrch, se nazývají solfatary. Projevují se zřetelně usazováním žluté rzy síry v jejich okolí. (Myslil a kol., 2007)

## 2.1 Geotermální systémy

Geotermální systémy jsou rozloženy podél mladých orogénů a v oblastech mladého vulkanismu. Jsou však výjimky, neboť v některých mladých orogénech geotermální systémy známy nejsou nebo jsou vyvinuty jen rudimentárně. Je to např. v Alpách, části Karpat, v Jižním Atlasu a východní části amerických Kordiller.

V geologických jednotkách s velkou mocností sedimentů, a tím i dlouhodobě klesajícího podloží pánve, závisí přínos tepla především na pozici a kapacitě geotermálního kolektoru. Nestabilita podloží se může projevit i zvýšeným tepelným tokem a vyšším geotermálním stupněm. Příkladem je panonská pánev v Maďarsku, zasahující na Slovensko. (Myslil a kol., 2007)

Teplo Země je možno získat nejčastěji využitím fluid cirkulujících v zemské kůře. Těmito fluidy jsou plyny, vodní pára, podzemní vody. Je ovšem možno využít i přímo tepla samotných hornin. Pro potřeby využití geotermální energie se používá jednoduchá klasifikace prostředí v závislosti na teplotě a obsahu fluid v hornině.

Z hlediska geotermálních struktur a využití fluid se systémy dělí takto:

- Hydrotermální systémy s vysokou tepelnou entalpií,  $T > 150^{\circ}\text{C}$  (Clauser, 2006). Jsou to systémy s vysokým vodním tlakem, systémy s vodní parou a systémy s přehřátou vodou. Extrakce tepla je velice jednoduchá a levná, pro výrobu elektřiny stačí páru vhánět do generátoru (tzv. „Dry steamplants“). Takové prostředí je však poměrně vzácné.
- Hydrotermální systémy s nižší tepelnou entalpií, což jsou zvodně s horkou vodou (nad 100 °C), teplou vodou (40–100 °C), zvodně nízkoteplotní (25–40 °C) a termální prameny s teplotou vod nad 20 °C.
- Petrofyzikální systémy, jenž mají zakonzervované teplo v horninách, magmatická tělesa a suché zemské teplo (Hot Dry Rock HDR, Fractured Hot Rock – FHR).
- Mělké geotermální systémy do teploty 25 °C a do hloubky cca 400 m. Jsou to zemní kolektory, svislé kolektory ve vrtech, podzemní voda ve vrtech a studních.
- Jiné systémy, kam patří vrty hlubší než 400 m, betonové piloty nebo základy staveb, sezónní ukládání tepla v horninách v kombinaci s jinými alternativními zdroji, ukládání tepla ve zvodních, teplo v podzemních prostorách (v šachtách, tunelech apod.), teplo povrchových vod, přímé využívání tepla vzduchu prohřátého slunečním zářením.

- Systémy hlubokých vrtů pro velké odběratele pro 2 MW tepelného výkonu. Ty se v posledních letech uplatňují hlavně v Německu, Švýcarsku, Rakousku a Itálii. Systém je založen na spojení principu využití vyšších teplot zemského tepla v hloubkách 3 km, kde jsou teploty nad 100 °C se sezónním ukládáním tepla ze solárních baterií a akumulaci tepla v nadzemních rezervoárech. Jednou z hlavních podmínek pro uplatnění tohoto systému je vhodná lokalizace hlubokého vrtu, využití stávajícího systému vytápění, což zahrnuje vhodný tepelný spád otopného systému i malou vzdálenost tepelného zdroje od uživatele. (Myslil a kol., 2007)

Geotermální zdroje na Slovensku rozděluje Dobra a Pinka (2004) podle teploty do čtyř skupin:

- A. Vysokoteplotní zdroje, jejichž ložisková teplota v hloubce 2500-6000 m přesahuje 150 °C. Nejvyšší teploty se předpokládají v regionu východního Slovenska, až 225 °C.
- B. Středně teplotní zdroje o ložiskové teplotě 100-150 °C se vyskytují v hloubce 2500-5000 m.
- C. Nízkoteplotní zdroje se vyskytují v hloubce 2500-5000 m při ložiskové teplotě 30-100 °C.
- D. Velmi nízkoteplotní zdroje, jejichž teplota je nižší než 30 °C. Vyskytují se v hloubce od několika metrů do několika stovek metrů.

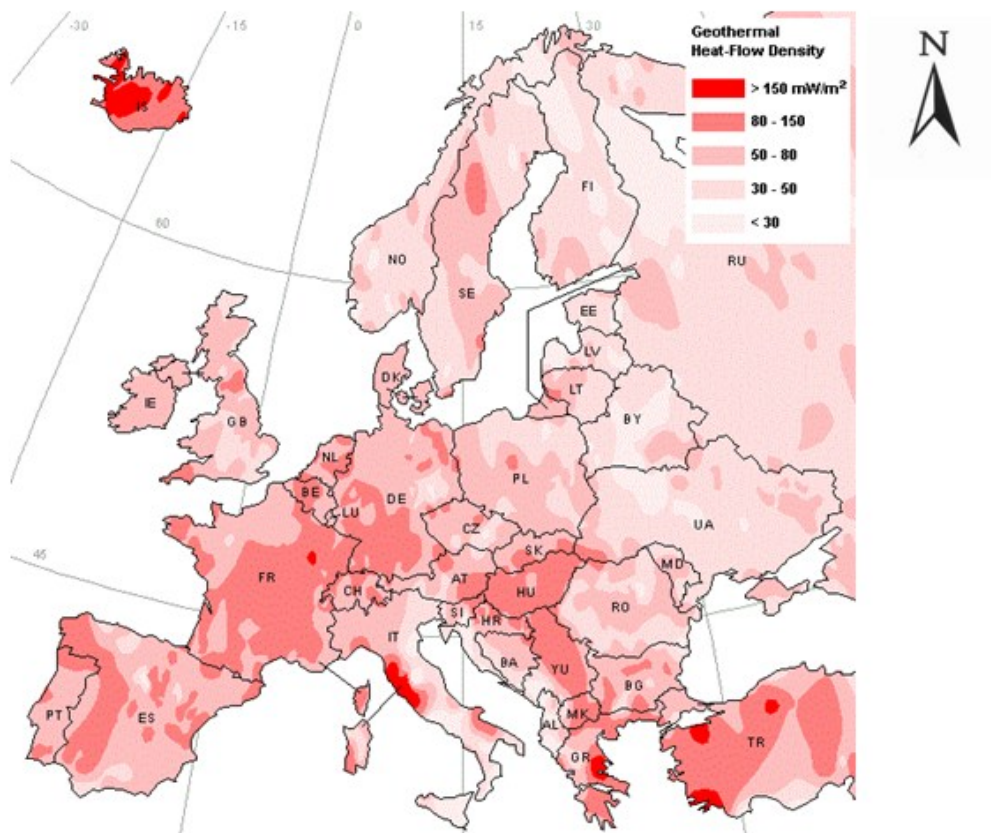
Technický způsob získávání geotermální energie je dominantně prováděn různě hlubokými vrtů, pro které je používán obecný termín „geotermální vrt“. Geotermální vrt je vrt, pomocí něhož je využíván zdroj geotermální energie (přírodní tepelná energie zemského tělesa). Za geotermální vrt se však nepovažuje vrt realizovaný v rámci výzkumných či průzkumných geologických prací, jehož účelem je získat výhradně geologické údaje o lokální stavbě horninového masívu a jeho vlastnostech, který bude po provedených zkouškách a měřeních zlikvidován. (Šponar, 2008)

## 2.2 Geotermální rezervoáry

Z hlediska potencionálního využití tepelné energie se užívá termínu geotermální rezervoár. Geotermální systém vyžaduje teplo, propustnost hornin a vodu. Ohřátá voda nebo pára mohou být v pasti v propustných a porézních horninách pod vrstvou nepropustných hornin. Horká geotermální voda se může projevit na povrchu jako horké prameny a gejzíry, ale většina z toho zůstane hluboko pod zemí, v geologických strukturních pastích porézních hornin. Tato přírodní akumulace teplé vody se nazývá geotermální rezervoár. (Geothermal energy association, 2012)

V souladu s výzkumně-vývojovým programem Evropské unie, jakož i s nejrozvinutějšími zeměmi v hlubkových geotermálních systémech (USA, Austrálie, Velká Británie, Německo) má Slovensko technologický a kapacitní potenciál, aby vlastním přispěním získalo jedinečné postavení mezi vedoucími zeměmi v oblasti hlubkové geotermální energie a v dlouhodobém horizontu si zabezpečilo vlastní bezpečnou, obnovitelnou a exportovatelnou energii. (Myslil a kol., 2007)

Z následující geotermální mapy Evropy (Obr.1) jednoznačně vyplývá, že Slovensko, a především jeho jižní část, má vynikající předpoklady pro využití geotermální energie ve velkém měřítku. (Gupta, 2007)



Obr.1. Mapa rozložení hustoty tepelného toku v Evropě (<http://www.geni.org>).

Cílem práce je poskytnout ucelený přehled o využití geotermální energie na Slovensku, především ve třech významných krajích, a to Trnavském, Nitrianském a Žilinském. Dané kraje představují největší využitelný výkon zdrojů geotermálních vod. Dále si práce klade za cíl zmínit výsledky dosavadního geotermického průzkumu na území Slovenska, prováděného především pracovníky Státního geologického ústavu Dionýza Štúra, a uvést příklady současného využití v daných lokalitách. Cílem práce je položit si otázku, jaké jsou další možnosti využití geotermálního potenciálu Slovenska.

### 3. GEOTERMÁLNÍ POTENCIÁL SLOVENSKA

#### 3.1 Geologická stavba území

Území Slovenska patří z větší části do horské soustavy Západních Karpat, jediné část východního Slovenska (Nízké Beskydy, Poloniny a Vihorlat) přináleží do Východních Karpat.

Základním znakem Západních Karpat je příkrovová stavba, na které jsou přítomny horninové komplexy asi od prekambria (asi před 4600-570 mil. let) po terciér (asi před 36-2,5 mil. let) včetně. Na základě plošného rozmístění jednotlivých horninových komplexů a času jejich hlavního vrásnění se Západní Karpaty zonálně člení na několik pásem. Na jihu jsou to vnitřní Karpaty, na severu vnější neboli flyšové Karpaty. Mezi nimi se táhne úzké bradlové pásmo, které se pokládá za součást vnějších Karpat. (Fendek a kol., 1995)

### 3.1.1 Geologický vývoj Západních Karpat

Karpaty vznikaly dlouhým Alpsko-Himalájským vrásněním, které probíhalo v druhohorách a třetihorách. Začátkem druhohor, v triasu, začalo od jihu pronikat moře, na jehož dně se v triasu, juře a spodní křídě usazovala mocna souvrství, hlavně karbonátových hornin- vápenců, dolomitů a slínů.

Koncem spodní křídly moře ustoupilo. Sedimentární vrstvy byly spolu s podložím na začátku svrchní křídly vyvrásněny alpínským horotvorným procesem. Silným stlačením ve směru od jihu na sever byly výplně mezozoických pánví (mezozoikum = druhohory) zvrásněny do složitých příkrovů, které se přesouvaly od jihu na sever na vzdálenost 50–100 km. Vznikla nejstarší alpínská stavba Západních Karpat - **centrální karpatské jednotky**. (Herber, 2012)

Na severním okraji Centrálních Karpat došlo ve svrchní křídě k výraznému prohloubení moře a vytvořila se druhotná geosynklinála, ve které se v období od svrchní křídly do oligocénu usazoval úlomkový a jílovitý materiál snesený z okolních moří. Za stálého tektonického nepokoje vznikaly střídající se souvrství slepenců, pískovců a břidlic - flyš. Tyto sedimenty byly zvrásněny koncem paleogénu a začátkem neogénu dalšími fázemi alpínského vrásnění. Vytvořily se znovu příkrovy, které byly přesunovány od jihu na sever až do vzdálenosti 35 km. Vzniklo tak **flyšové pásmo**. (Herber, 2012)

Při vrásnění flyšové geosynklinály byly znovu zvrásněné i starší sedimenty na severním okraji Centrálních Karpat. Vzniklo tak území s velmi složitou tektonickou stavbou - **bradlové pásmo**.

Začátkem mladších třetihor se na obvodu flyšových Karpat vytvořila další druhotná geosynklinála, ve které se usazovaly štěrky, písky a písčité jíly. Mezi flyšovými Karpaty a Českým masívem vznikla další stavební jednotka Západních Karpat - **čelní karpatská předhlubeň**. Mořská sedimentace však netrvala dlouho. Došlo k ústupu moře a koncem miocénu i k další fázi alpínského vrásnění, která způsobila přesun části flyšových Karpat přes čelní karpatskou předhlubeň.

Na vnitřním okraji Karpat se při tomto vrásnění vytvořily hluboké zlomy. Podél zlomů v několika fázích vystupovala andezitová a ryolitová láva a ukládal se sypký sopečný materiál. Vznikl oblouk vulkanických pohoří, který začíná na západě Slovenska Pohronským Inovcem, na jihu probíhá Maďarskem a končí na východním Slovensku Vihorlatem a Popričným. (Herber, 2012)

Koncem miocénu se začal výrazně utvářet i reliéf. V nejmobilnějších částech Karpat se tvořily výrazné poklesové struktury - neogenní pánve a vnitrohorské kotliny. Výškové rozdíly mezi horskými pásmo a kotlinami zřejmě nebyly veliké (max.300 m). K výraznějšímu výškovému rozčlenění reliéfu došlo až v pliocénu, když se pohoří začala zvedat podél zlomů a vznikaly megaantiklinály. Tyto tektonické pohyby pokračovaly i ve čtvrtohorách a uplatňují se výrazně i v současnosti. Horské oblasti se zvedají, nížinné naopak poklesávají. (Herber, 2012)

Ve čtvrtohorách se vytvořila současná říční síť. Řeky erodovaly vzniklý povrch a ve snížených dolinách a kotlinách se ukládaly nánosy štěrku, písku a hlín. V pleistocénu se na vývoji Karpat významně podílelo i zalednění. Pevninský ledovec, který zasahoval až k severnímu úpatí Karpat a neovlivnil tak výrazně vzhled krajiny. Ve starších čtvrtohorách se však v Tatrách, Nízkých Tatrách, v Malé Fatře vytvořily horské ledovce, které modelovaly reliéf v těchto pohořích. Vznikaly skalní štíty, ledovcem modelovaná údolí (trogy), kary, morény apod. Během chladného klimatu vály silné větry. Odnášely částice písku a prachu, které se na jiných místech uložily jako váté písky a spraše, a v různé míře tak překrývají starší horniny (Herber, 2012).

### 3.1.2 Členění Západních Karpat

#### 3.1.2.1 Vnitřní Karpaty

Charakteristickým znakem tohoto pásma je předsenonský (mediteránní) věk vzniku příkrovové soustavy, projevy alpínského metamorfismu a magmatismu a velké rozšíření popříkrovových sedimentárních a vulkanogenních formací. Předsenonskou příkrovovou stavbu tvoří dva druhy příkrovů. První z nich jsou budovány předvrchnokarbonským fundamentem a na něm normálně ležící mladší paleozoikum a mezozoikum. Do této skupiny příkrovů patří tatrikum, veporikum a gemerikum. Druhou skupinou příkrovů jsou bezkořenové příkrovy složené z mezozoika, někdy i mladšího paleozoika, které celkem ztratily kontinuitu se svým podkladem. Patří sem příkrovy fatrika, hronika a silicika.

Tatrikum je rozšířené ve vnější části vnitřních Karpat a vystupuje v jádrových pohořích (Malé Karpaty, Považský Inovec, Strážovské vrchy, Malá Fatra, Tatry, Tríbeč, Velká Fatra, Nízke Tatry, Branisko). V jeho stavbě se uplatňují krystalické břidlice, granitoidy a obal, který se v některých pohořích začíná kontinentálními sedimenty v permu. Mezozoikum obalu tatrika má vrstevní sled od spodního triasu po Cerman (v Tatrách až po spodní turon). Ve vrstevním sledu mezozoika se vyskytují hiáty ve vrchním triasu a ve spodní křídě. Mezozoikum má převážně karbonátový vývoj kromě spodního a vrchního triasu, kde je vývoj detritický. (Herber, 2012)

Veporikum tvoří krystalické břidlice, granitoidy a mladopaleozoický a mezozoický obal. Na severu je omezeno čertovickou, na jihu lubenicko-margeciánskou linií. Obal krystalinika se zachoval zejména v severních subzónách veporika, kde je jeho vrstevní sled od spodního triasu po neokom (spodní křída) charakterem blízký fatriku. V jižních subzónách se mezozoikum zachovalo rudimentárně. Mladopaleozoická souvrství mají detritický vývoj. Celý obal je slabě metamorfovaný. Veporikum je nasunuté na tatrikum.

Gemerikum je rozšířené v jižní části vnitřních Karpat. Pod tímto termínem dnes rozumíme jen paleozoickou část původně takto označovaného celku. Je prezentované jednak staropaleozoickou gelnickou skupinou s flyšovým vývojem a častým kyselým efuzivním vulkanizmem, jednak rakovskou skupinou s flyšoidným vývojem a bazickým efuzivním vulkanizmem. Dále do něho patří detritické sedimenty vrchního karbónu, kontinentální sedimenty permu s kyselým efuzivním vulkanizmem a v jižní části i mořské detritické sedimenty permu. V alpínském období intrudovali do staropaleozoických formací granitoidy. (Herber, 2012)

V jižní části vnitřních Karpat se v posledním čase vyčleňuje z oblasti gemerika meliatikum a tornaikum. Jejich plošné rozšíření je velmi malé a vzájemné vztahy mezi nimi ještě nejsou dostatečně vyjasněné. Gemerikum je nasunuté na veporikum. (Herber, 2012)

Fatrikum představuje bezkořenové příkrovy ležící na tatriku (křížňanský a vysoký příkrov). Jsou v nich zastoupené vrstevní sledy od spodního triasu po cenoman. Jen v oblasti Starých Hor jsou z křížňanského příkrovu známy i starší elementy-perm a krystalinikum. Usuzuje se, že sedimentární prostor fatrika byl mezi tatrikem a veporikem. (Herber, 2012)

Hronikum představuje vyšší skupinu bezkořenových příkrovů ležících na fatriku zejména v oblasti tatrika, z části na veporiku. Tvoří je vrstevní sled od karbonu po neokom. Kontinentální vrstvy permu jsou tady doprovázeny bazickými vulkanity. V chočském příkrovu má trias pestřejší mořský karbonátový vývoj, zatím co šturecký příkrov má v podstatě vývoj dolomitový. Sedimentační prostor hronika by se měl rozprostírat jižně od gemerika.

Silicikum (mezozoikum Slovenského krasu, Galmusu, Muránské plošiny, příkrov Drienku atd.) představuje nejvyšší skupinu bezkořenových příkrovů, které jsou složené ze spodnotriasových břidličnatých facií, a zejména středně až vrchnotriasových karbonátů. Jejich původ možno odvozovat ze stejného sedimentačního prostoru jako hronikum. (Herber, 2012)

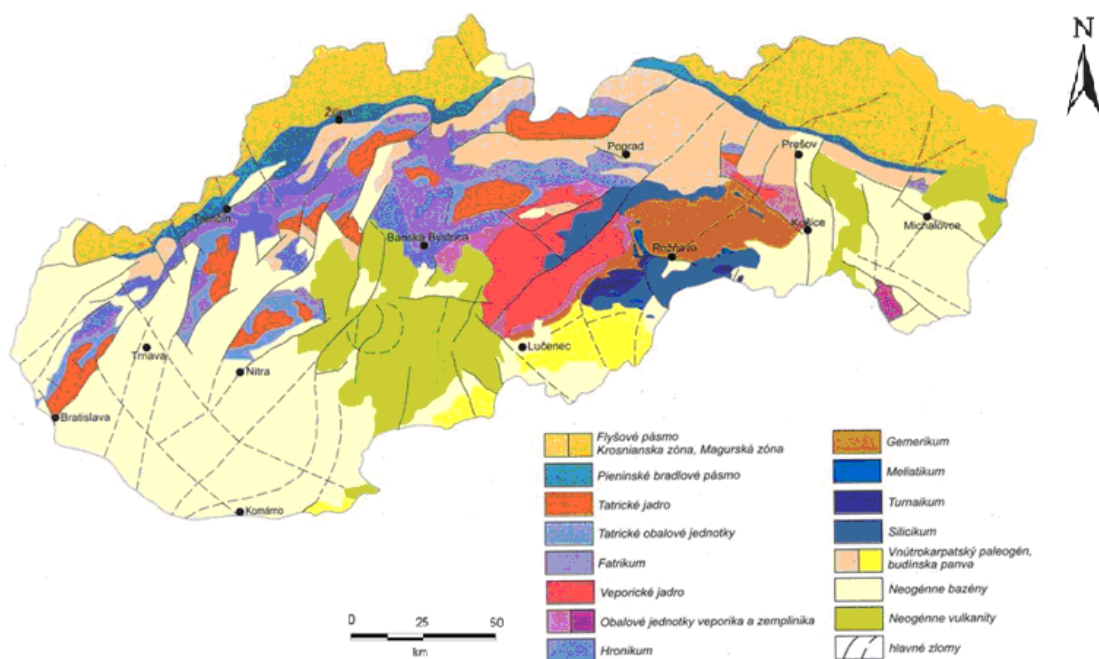
### 3.1.2.2 Vnější Karpaty

Bradlové pásmo představuje nejsložitější tektonický úsek Karpat. Jeho charakteristickým znakem je nepřítomnost předmezozoických hornin, jen nepatrné zastoupení triasu, proměnlivý vývoj jury a křídý, bradlový tektonický styl a pozice na rozhraní vnitřních a vnějších Karpat. Bradla tvoří čočky jurských a spodnokřídových vápenců obalené flyšovými sedimenty křídý a paleogénu. Do senonu měla pieninská geosynklinála podobný vývoj jako vnitrokarpatská. V laramské fázi byla vyvrásněna do soustavy severovergentních vrás a příkrovů, koncem paleogénu a v miocénu byla dále formována. (Herber, 2012)

Flyšové pásmo se táhne ve formě oblouku na vnější straně Západních Karpat. Jeho základním znakem je nepřítomnost předmezozoických útvarů, flyšový vývoj křídových a paleogenních sedimentů, terciérní vznik příkrovové soustavy a malé zastoupení popříkrovových formací. Vznikla tady skupina magurských, slezských a duklianských příkrovů. (Herber, 2012)

Stavební komplexy, které se zúčastňují na stavbě území Slovenska, mají různý hluboký dosah. Od severu na jih ve vnějších Karpatech je to flyšové pásmo s předpokládanou hloubkou v západní části 5000-600 m, ve východní části (Nízké Beskydy) 10 000-12 000 m. Pak následuje hodně ostře postavené bradlové pásmo s dosahem více než 10 km. Při stavbě vnitřních Karpat se uplatňují jednak příkrovové, krystalinicko-paleozoicko-mezozoické tektonické jednotky, jednak popříkrovové formace, jako jsou vnitrokarpatské paleogenní sedimenty s hodně proměnlivou tloušťkou, v kotlinách do 1500-2000 m, v levočských horách do 3000-3500 m. Dále se tady vyskytují neogenní formace zejména v pánvích, dosahující tloušťku 5000-7000 m. S nimi blíže souvisí neovulkanické komplexy s tloušťkou do 2500 m. (Herber, 2012)

Krystalinické komplexy (krystalické břidlice, granitoidy) vystupují v ústředních částech jednotlivých pohoří a jejich hluboký dosah je velmi velký. Vzhledem na příkrovovou stavbu Západních Karpat předpokládáme v hlubokém podloží krystalinika (10-12 km) mezozoické elementy, které nevystupují na povrch (např. peninikum apod.). (Herber, 2012)



Obr. 2. Geologické členění Slovenska (<http://www.geology.sk>).

Zdroje geotermální energie jsou zastoupené především geotermálními vodami, které jsou vázané zejména na triasové dolomity a vápence vnitrokarpatkých tektonických jednotek, méně na neogenní písky, pískovce a slepence, resp. na neogenní andezity a jejich pyroklastika. (Cehlar a kol., 2010)

S ohledem na litologický vývoj flyšového pásma (střídání jílovců a pískovců) a bradlového pásma (útesy dentritických a slinitých vápenců obalených flyšovými sedimenty) se v nich geotermální vody prakticky nevyskytují. Flyš je soubor usazených hornin, charakteristický rytmickým střídáním pískovců, prachovců, jílovců, slínovců, vzácně i vápenců a slepenců. Ve flyšovém a bradlovém pásmu převládají vody mořského a smíšeného původu. Geologické členění Slovenska je zobrazeno na Obr. 2.

### 3.2 Geotermické poměry území

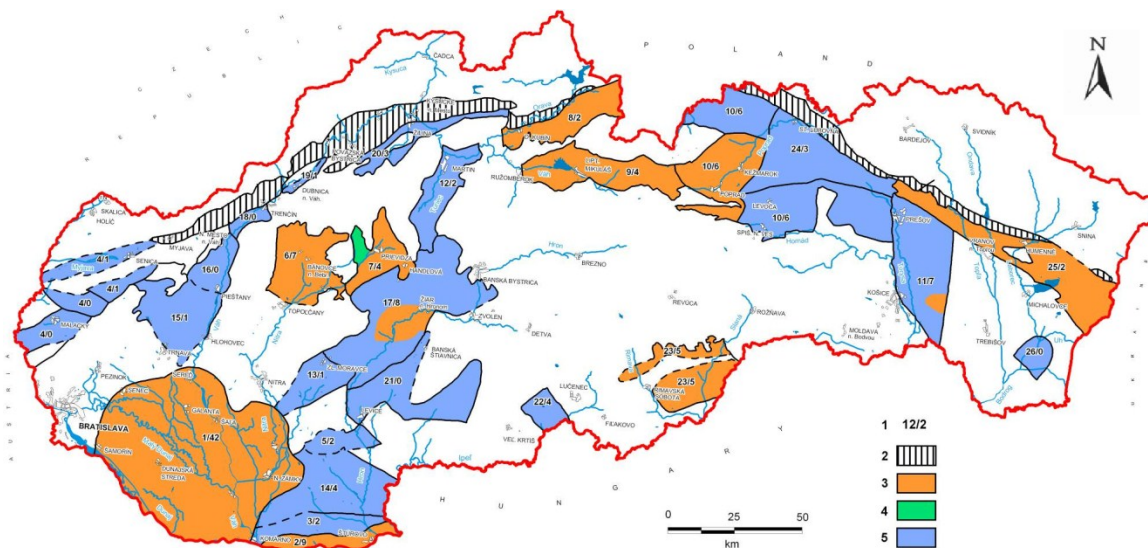
Z geotermického hlediska můžeme Západní Karpaty rozdělit na dvě části, které se výrazně odlišují svou geotermickou aktivitou a prostorovým rozložením zemského tepla. Relativně nízké teploty a hodnoty povrchového tepelného toku jsou charakteristické pro centrální a severní část vnitřních Karpat a pro západní oblast vnějšího flyšového pásma. Vysoké podpovrchové teploty a vysoký tepelný tok jsou typické pro neogenní pánve a vulkanické pohoří vnitřních Západních Karpat.

Na Slovensku je vymezených 26 geotermálních oblastí pro získání a využívání geotermálních vod jako zdrojů geotermální energie. Jsou to Vídeňská pánev, centrální deprese podunajské pánve, komárňanská vysoká kra, komárňanská okrajová kra, levická kra, topolčiansky záliv a Bánovská kotlina. Hornonitrianská kotlina, skorušinská pánev, Turčianska kotlina, Liptovská kotlina, levočská pánev Z a J část, středoslovenské neovulkanity SZ část, středoslovenské neovulkanity JV část, komjatická deprese, dubnícka deprese, trnavský záliv, piešťanský záliv, Trenčianska kotlina, Ilavská kotlina, Žilinská kotlina, hornostřáňsko-trenčská propadlina, Rimavská kotlina, levočská pánev SV část, Košická kotlina, humenský hřbet a struktura Beša- Čičarovce.

V těchto vymezených oblastech je dosud evidovaných kolem 120 geotermálních vrtů, jimiž se ověřilo kolem 1 787 l.s<sup>-1</sup> vod s teplotou na ústí vrtu 18 – 129°C. Geotermální vody byly získány vrty hlubokými 92 – 3 616 m. Vydátnost volného přelivu na ústí vrtů se pohybovala v rozmezí od desetin litru do 100 l.s<sup>-1</sup>. Převažuje Na-HCO<sub>3</sub>, Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> a Na-Cl typ vod s mineralizací 0,4 – 90,0 g.l<sup>-1</sup>. Tepelný výkon vod při využití po referenční teplotu 15 °C je 306,8 MWt, což představuje 5,5 % z celkového výše uvedeného potenciálu geotermální energie SR. (Remšík, 2008)

Podle Fendeka (1995) měla Slovenská republika díky svým příznivým podmínkám významný potenciál geotermální energie, který je na základě výzkumů a průzkumů vyčíslen na 5538 MWt (megawatt tepelný, jednotka tepelného výkonu). Podle Halase (2010) je celkový energetický potenciál Slovenska 6653 MW.

Na Obr. 3 můžeme vidět rozložení perspektivních oblastí geotermálních vod na území Slovenska.



Obr. 3. Rozložení perspektivních oblastí geotermálních vod na území Slovenska. (Cehlar a kol., 2010).

Vysvětlivky: 1-centrální deprese podunajské pánve, 2-komárňanská vysoká kra, 3-komárňanská okrajová kra, 4-vídeňská pánev, 5-levická kra, 6-topoľčiansky záliv a Bánovská kotlina, 7-Hornonitrianska kotlina, 8-skorušinská pánev, 9-Liptovská kotlina, 10-levočská pánev Z a J časť, 11-Košická kotlina, 12-Turčianska kotlina, 13-komjatická deprese, 14-dubnícka deprese, 15-trnavský záliv, 16-piešťanský záliv, 17-středoslovenské neovulkanity SZ část, 18-Trenčianska kotlina, 19-Ilavská kotlina, 20-Žilinská kotlina, 21-středoslovenské neovulkanity JV část, 22-hornostřásko-trenčská propadlina, 23-Rimavská kotlina, 24-levočská pánev SV část, 25-humenský hřbet, 26-strukturaBeša-Čičarovce.

1 - číslo perspektivní oblasti/počet geotermálních vrtů, 2 - bradlové pásmo, 3 - perspektivní oblasti, ve kterých bylo realizováno hydro-geotermální zhodnocení, 4 - perspektivní oblasti, v nichž probíhá hydro-geotermální zhodnocení, 5 - perspektivní oblasti, ve kterých nebylo dosud realizováno hydro-geotermální zhodnocení

Maximální rozdíly v hodnotách průměrného povrchového tepelného toku mezi jednotlivými strukturálně-tektonickými jednotkami Západních Karpat dosahují až  $55 \text{ mW.m}^{-2}$  (mezi východoslovenskou a vídeňskou pánví). Příčinu rozdílné geotermické aktivity v západních Karpatech je třeba hledat v rozdílné stavbě a dynamice základních neotektonických bloků. Výskyt vysokých tepelných toků je typický pro oblasti s její zvýšenou tloušťkou. (Fendek a kol., 1995)

Hustota tepelného toku v Západních Karpatech je výrazně variabilní a z regionálního pohledu zaznamenáváme její pokles od vnitřních Karpat směrem k vnějšímu oblouku. Nejvyšší hodnoty  $82,1-121,6 \text{ mW.m}^{-2}$  s průměrnou hodnotou  $110,9 \text{ mW.m}^{-2}$  se zjistili ve východoslovenské pánvi. Vysoké hodnoty hustoty tepelného toku v této oblasti souvisí s oslabením zemské kůry termálně predisponovanou litosférou a se zvýšeným výnosem tepla z vrchního pláště. Vysoké hodnoty  $74,0-109,0 \text{ mW.m}^{-2}$  s průměrem  $94,3 \text{ mW.m}^{-2}$  byly zjištěny také v oblasti středoslovenských vulkanitů. Tyto anomální oblasti dáváme do souvislosti s neogenním vulkanizmem, jehož odezva pravděpodobně přetrvává dodnes. Hodnoty nad  $90 \text{ mW.m}^{-2}$  jsou typické i pro centrální a východní část podunajské pánve. K podstatnému zvýšení geotermické aktivity přispěla mohutná vulkanická činnost v její blízkosti.(Fendek a kol., 1995)

Překvapivě nízké hodnoty hustot  $40,6-69,0 \text{ mW.m}^{-2}$  s průměrem  $55,0 \text{ mW.m}^{-2}$  byly zjištěny ve vídeňské pánvi. Tento jev je odrazem rozdílného původu a vývoje vídeňské pánve od ostatních neogenních pánví Západních Karpat.



V Tab. 1 je zobrazeno statistické zpracování hustoty tepelného toku v jednotlivých oblastech. Hustota tepelného toku byla dosud vypočítána ve 136 vrtech. (Fendek a kol., 1995)

Tab. 1. Hustota tepelného toku v základní provincii, subprovinciích a oblastech (Fendek a kol., 1995).

Územie	Hustota tepelného toku ( $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ )			
	N	$Q_{\min}$	$Q_{\max}$	$Q_{\text{str}}$
Západné Karpaty	136	40,6	121,6	82,1
Vonkajšie flyšové pásmo	2	56,8	72,5	64,7
Slovenské rudohorie	3	50,7	68,3	62,0
Jadrové pohoria	5	52,7	80,0	69,9
Vnútrohorské kotliny	18	52,0	79,4	65,9
Stredoslovenské neovulkanity	11	74,0	109,0	94,3
Juhoslovenská panva (východná časť)	4	59,9	63,4	62,2
Viedenská panva	11	40,6	69,0	44,0
Podunajská panva	43	61,2	99,0	78,5
Trnavský záliv	3	61,0	67,9	65,2
Topoľčiansky záliv	1	-	-	67,8
Východoslovenská panva	30	82,1	121,6	110,9
Košická kotlina	4	87,6	109,9	94,9
Východoslovenské neovulkanity	1	-	-	73,3

Vysvětlivky:

N ..... počet vrtů

$Q_{\min}$ ... minimální naměřená hodnota tepelného toku

$Q_{\max}$  .. maximální naměřená hodnota tepelného toku

$Q_{\text{str}}$ .... střední hodnota vypočtena jako aritmetický průměr údajů

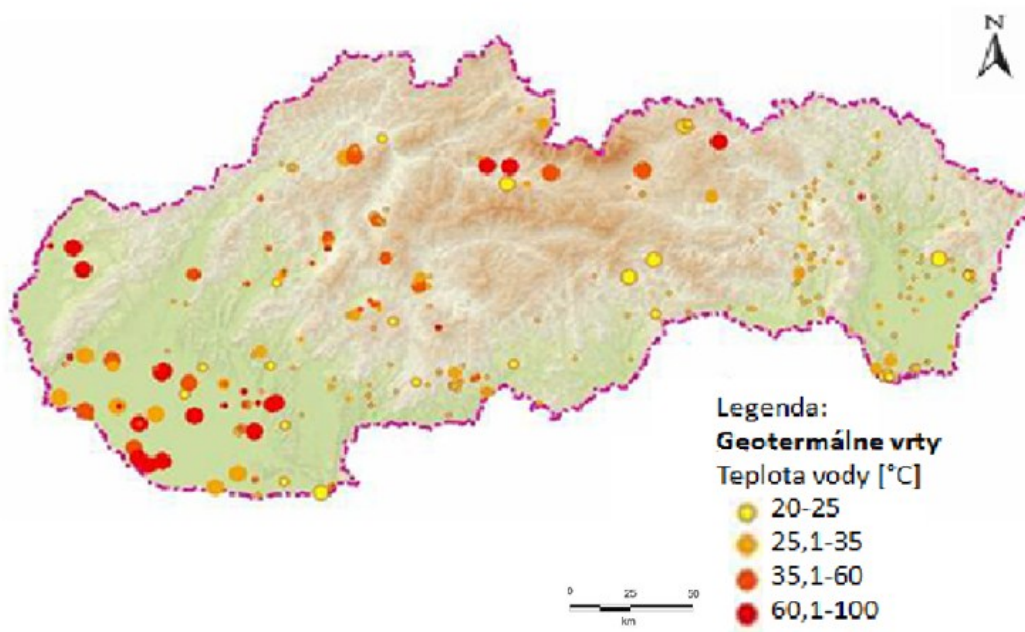
Pro přehlednění geotermální charakteristiky jednotlivých částí území se v Tab. 2 uvádí klasifikace geotermální aktivity podle hodnot hustot tepelného toku (Franko, O. a kol. 1986).

Tab. 2. Klasifikace geotermální aktivity území (Franko, O. a kol. 1986).

Hodnota hustoty tepelného toku ( $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ )	Geotermální aktivita
< 10	velmi nepatrná
10- 20	nepatrná
20- 30	dost' nepatrná
30- 40	velmi nízka
40- 50	nízka
50- 60	dost' nízka
60- 70	priemerná
70- 80	dost' zvýšená
80- 90	zvýšená
90-100	velmi zvýšená
100-110	dost' vysoká
110-120	vysoká
>120	velmi vysoká

Geotermické pole na území Západních Karpat je výrazně proměnlivé. Jeho regionální charakter a prostorové rozložení geotermické aktivity určuje především rozdílná hloubková stavba neotektonických bloků Západních Karpat, projevující se zejména v různé mocnosti zemské kůry a v nerovnoměrném příspěvku tepla ze zemského pláště, průběh hlavních diskontinuit a zlomových linií založených hluboko v zemské kůře, prostorové rozložení neogenního vulkanismu, distribuce radioaktivních zdrojů ve vrchních částech zemské kůry a hydrogeologické poměry.

Na Obr. 4 můžeme vidět rozmístění geotermálních vrtů na Slovensku a jejich tepelné charakteristiky.



Obr. 4. Rozmístění geotermálních vrtů v SR a jejich tepelné charakteristiky (Cehlar a kol., 2010).

V regionální míře klesá geotermická aktivita Západních Karpat ve směru od vnitřních struktur k vnějšímu karpatskému oblouku.

### 3.3 Energetická politika Slovenska

V posledním období nejenom v Evropě, ale i na celém světě roste význam sektoru energetiky, a to hlavně z hlediska trvale udržitelného rozvoje. V energetice se pomalu, ale jistě přechází od spalování klasických fosilních paliv a od klasických technologií spalování na využívání environmentálně vhodných paliv a energie, a jednou z alternativ jsou právě obnovitelné zdroje energie.

V rámci legislativy EU má zvláštní význam Bílá kniha využívání obnovitelných zdrojů energie Evropské unie, která slouží členským státům jako základní dokument rozvoje obnovitelných zdrojů energie a stanovuje cíl zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie. (Marias, 2005)

Evropský parlament a Rada EU přijaly dne 27. září 2001 směrnici 2001/77/ES o podpoře elektrické energie vyráběné z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektrickou energií. Cílem směrnice je podpořit využívání obnovitelných zdrojů energie na výrobu elektrické energie.

V návaznosti na uvedenou směrnici, vláda SR ve svém usnesení č. 282 ze dne 23. dubna 2003 schválila Koncepti využívání obnovitelných zdrojů energie, která definuje základní rámec pro rozvoj využívání OZE (obnovitelných zdrojů energie) na Slovensku.

Podíl jednotlivých druhů obnovitelných a druhotných zdrojů energie na celkovém množství technicky využitelného potenciálu je podle této koncepce uvedený v Tab. 3. (Cehlar a kol., 2010)

Tab.3. Podíl jednotlivých druhů obnovitelných a druhotných zdrojů energie na technicky využitelném potenciálu, podle Koncepce využívání obnovitelných zdrojů energie vypracované Ministerstvem Hospodářství SR, schválené usnesením vlády SR č. 282/2003.

Druh	Technicky využitelný potenciál	
	[TJ, GWh]	[%]
biomasa	60458	46,7
geotermální energie	22680	17,5
solární energie	18720	14,5
odpadové palivo	12726	9,8
biopaliva	9000	6,9
malé vodní elektrárny	3722	2,9
větrná elektrárna	2178	1,7
<b>Celkem</b>	<b>129484</b>	<b>100</b>

V roce 2003 vyšla Bílá kniha vydaná Mezinárodní společností solární energetiky (Německo) pod názvem Přechod k obnovitelným zdrojům energie budoucnosti. Bílá kniha uvádí důvody pro zavedení účinných vládních politik celosvětového využívání obnovitelných zdrojů energie a zároveň poskytuje dostatečné informace, jak zavedení těchto účinných vládních politik urychlit.

Tezí Bílé knihy je, že celosvětové úsilí o přechod k obnovitelným zdrojům energie by se mělo stát jedním z hlavních bodů národních i mezinárodních politických programů, a to právě v této době.

Tato Bílá kniha ukazuje, že existující politiky a ekonomické zkušenosti mnoha zemí tvoří dostatečnou stimulaci k tomu, aby vlády přijaly důrazně prosazovaná dlouhodobá opatření k urychlení širokého zavedení využívání obnovitelných zdrojů energie a aby tak zajistily spolehlivě postupující celosvětový vývoj směrem k přechodu k obnovitelným zdrojům energie. V r. 2020 by mohlo již 20 % světové produkce elektrické energie pocházet z obnovitelných zdrojů energie a v r. 2050 by to mohlo být celých 50 %. Neexistuje sice záruka, že tyto ukazatele budou naplněny, ale Bílá kniha předkládá přesvědčivé argumenty, které ukazují na to, že naplnění těchto ukazatelů je možné, žádoucí, a dokonce je naší povinností. Geotermální energie spolu s bioenergií může sloužit jako stabilizující zdroj základní zátěže v systémech s diskontinuálními obnovitelnými zdroji energie. (Aitken, 2003)

Využívání geotermální energie s cílem nahradit fosilní paliva a zlepšit životní prostředí na Slovensku se začalo už v roce 1958, kdy byl pověřený resort zdravotnictví a výbor pro výstavbu výzkumem využívání odpadového tepla termálních vod slovenských lázní na vytápění obytných a užitkových objektů. Postupně se zavedlo na některých místech přímé vytápění termální vodou, vytápění pomocí tepelných čerpadel a ohřev užitkové vody tepelnými výměníky. V současnosti se na Slovensku využívá geotermální energie nejen přirozených vývěřů termálních vod, ale zejména geotermálních vrtů mimo vývěřových oblastí termálních pramenů. (Bím, 2009)

Systematický výzkum zdrojů geotermální energie s realizací geotermálních vrtů na Slovensku začal v roce 1971 řešením úlohy rozvoje vědy a techniky pod názvem „Geotermální energie“, kdy řešitelským pracovištěm byl Geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislavě. V rámci základního výzkumu financovaného ze státního rozpočtu (v letech 1971 – 1994) byla vypracována charakteristika povrchové i hlubinní stavby Západních Karpat ve vztahu k předpokládané prostorové distribuci geotermálních vod, charakteristika prostorového rozložení a zemského tepla, bylo realizováno 61 geotermálních vrtů, byla získána orientační představa o množstvích geotermální energie a vod. Jedním z nejvýznamnějších výsledků bylo vymezení 26 perspektivních geotermálních oblastí s příznivými podmínkami na energetické využívání geotermálních vod. (Cehlar a kol., 2010)

Poznatky získané během více než dvou desetiletí výzkumu geotermálních zdrojů na Slovensku jsou komplexně shrnuty v „Atlasu geotermální energie Slovenska“ (Fendek a kol., 1995). Toto dílo vypracoval Státní geologický ústav Dionýza Štúra, publikované bylo v roce 1995.

Slovensko se v Evropě řadí mezi země s nadprůměrnými geotermálními podmínkami. Většina geotermálních zdrojů v zemi poskytuje geotermální vodu s teplotou do 100°C, která je optimální pro využití v soustavách centralizovaného zásobování teplem. Hromadná bytová výstavba ze sedmdesátých a osmdesátých let minulého století je typická centralizovaným způsobem výroby tepla, a proto téměř v každém městě na Slovensku existuje soustava centralizovaného zásobování teplem (SCZT). V dnešních dnech je účinnost výroby tepla v mnohých z těchto soustav na hranici akceptovatelnosti a je nevyhnutné přistupovat k jejich rekonstrukcím a přestavbám. V rámci obnovy zdrojů tepla je potřebné zohledňovat lokální možnosti využívání obnovitelných zdrojů energie. Ve vybraných oblastech se jako obzvláště výhodný alternativní zdroj jeví geotermální energie, která má stejně centrální charakter a napojení na SCZT by představovalo získání stabilního a cenově výhodného ekologického obnovitelného zdroje tepla.

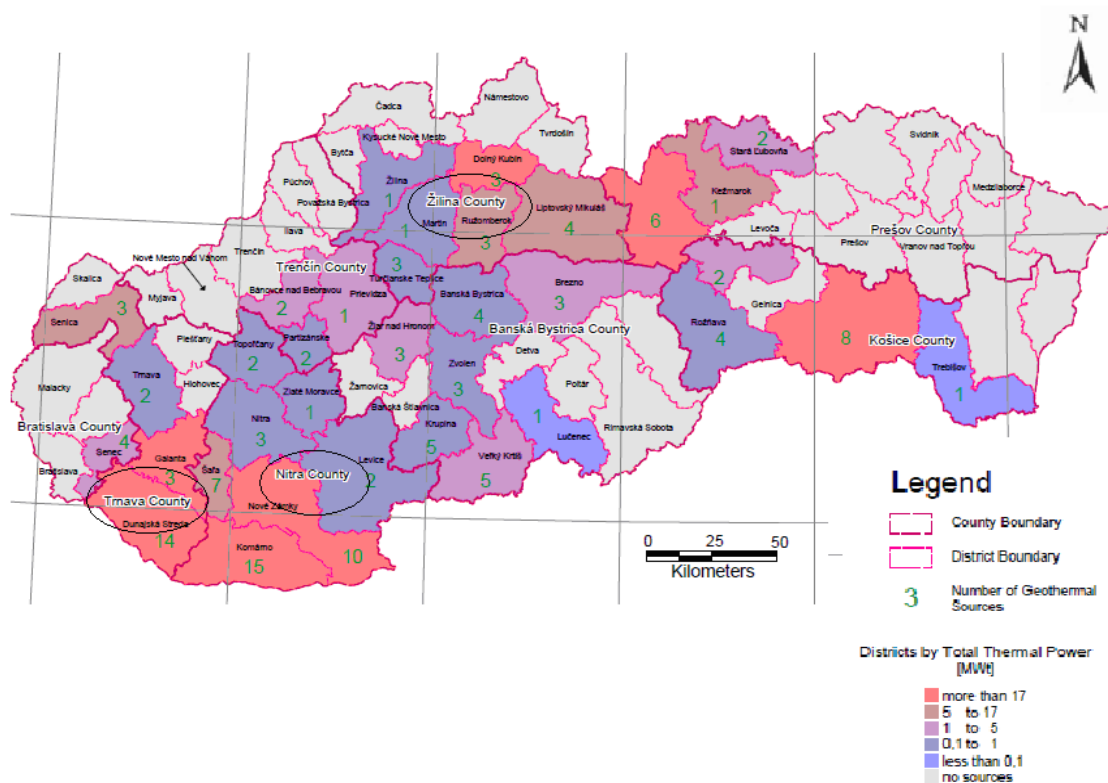
V současnosti je rozpracováno více projektů využívání geotermální energie v existujících SCZT nacházejících se v lokalitách s dobrou prozkoumaností. (Halás, 2009) Geotermální energie se ve Slovenské republice využívá zejména v centralizovaném zásobování teplem městských a sídelních aglomerací (vytápění a příprava teplé vody), na zabezpečení provozu rekreačních zařízení, v sektoru zemědělství a v chovu ryb). Nejširší uplatnění nachází při zabezpečování provozu termálních koupališť na plnění bazénů. (Takács, 2008)

Vlastníkem geotermálních vod je stát – Slovenská republika. Toto vlastnictví vyplývá státu z článku 4 Ústavy Slovenské republiky. Stát prostřednictvím orgánů státní správy zabezpečuje komplexní ochranu kvality a množství vod a jejich racionálního využívání. Geologický průzkum za účelem vyhledávání geotermálních vod je možný podle zákona č. 569/2007 Z. z. (sbírka zákona) o geologických pracích (geologický zákon) a vyhlášky MŽP SR č. 51/ 2008 Z. z., kterou se vykonává geologický zákon, realizovat v rámci hydrogeologického průzkumu, kterým se zkoumají podzemní vody včetně termálních vod a přírodních léčivých zdrojů. Když jsou výsledkem geologického průzkumu termální vody vhodné na uznání za přírodní léčivé vody a přírodní minerální vody, při jejich uznání a jejich využívání se postupuje podle zákona č. 538/2005 Z. z. Přírodní léčivé vody (termální) definuje vyhláška Ministerstva zdravotnictví SR č. 100/2006 Z. z.). O uznání přírodní léčivé vody a o uznání minerální vody rozhoduje Státní koupelná komise, která vydá i povolení na využívání zdroje.

#### 4. Významné lokality Slovenska

Geotermální energie na Slovensku se využívá ve 38 lokalitách s tepelně využitelným výkonem 142,75 MWt (MWt= tepelný výkon), který představuje  $938,6 \text{ l.s}^{-1}$  geotermálních vod. Největší využitelný výkon (31,05 %) zdrojů geotermálních vod je vázán na **Trnavský kraj** a reprezentuje 44,47 MWt. K nejvýznamnějším lokalitám v kraji patří Galanta, Dunajská Streda, Velký Meder a Topoľníky. V pořadí druhý nejvyšší využitelný výkon (28,11 %) je vázán na **Nitriansky kraj** a reprezentuje 40,13 MWt. K nejvýznamnějším lokalitám v tomto kraji patří Podhájska, Tvrdošovce, Diakovce a Štúrovo. Třetí nejvyšší využitelný výkon (21,43 %) je vázán na **Žilinský kraj** a reprezentuje 30,74 MWt. V současnosti nejvýznamnějšími lokalitami využívajícími geotermální vody jsou Bešeňová, Liptovský Trnovec v Liptovské kotlině a Oravice v skorušinské pánvi. V ostatních krajích je využitelný výkon v rozmezí 4,49 – 17,76 MWt (3,14 – 12,4 %). (Remšík, 2008)

Na Obr. 5 jsou zobrazeny kraje Slovenska a jejich hodnoty tepelného výkonu geotermálních zdrojů.



Obr.5. Distribuce geotermálních zdrojů po krajích a okresech SR (Fendek, 1999).

Centrální deprese podunajské pánve patří mezi nejvýznamnější oblasti geotermálního potenciálu Slovenska. Trnavský a Nitriansky kraj se rozkládají v centrální depresi podunajské pánve. Centrální deprese má mísovitou brachysynklinální stavbu, vyplněná je sedimenty panonu (stupeň svrchního miocenu) až kvartéru. Nádrž geotermálních vod je svrchu ohraničena rovinou v hloubce 1000 m a zespodu relativně nepropustným podložím, které ze všech stran upadá do jejího středu do hloubky 3400 m (oblast Gabčíkova). (Kollmann, 2000)

Kolektory jsou tvořené především vrstvami písků pontu (stupeň svrchního miocenu), které se střídají s vrstvami jílu. Průměrná hodnota geotermálního gradientu je  $39,1 \text{ K.km}^{-1}$  a tepelného toku  $76 \text{ mW.m}^{-2}$ . Chemické složení vod se s hloubkou mění s  $\text{Na-HCO}_3$  s mineralizací do  $1\text{-}5 \text{ g.l}^{-1}$  přes typ  $\text{Na-HCO}_3$ -

Cl, Na-Cl-HCO<sub>3</sub> s mineralizací do 5-10 g.l<sup>-1</sup> na typ Na-Cl a nad 10 g.l<sup>-1</sup>. Vody Na-HCO<sub>3</sub> patří k vodám s petrogení mineralizací, ostatní k vodám marinogenním. Podrobnější popis vod je v kapitole 4.1. Prognózní tepelně-energetický potenciál pro hloubkovou úroveň 1500 m, síť vrtů s krokem 6 km, průměrnou teplotou 60°C, sezónní exploataci (185 dní za rok) a volný přeliv představuje 193 MW (využití do referenční teploty 15°C). (Franko, 1990)

V Tab. 4 je přehled realizovaných vrtů v Trnavském, Nitrianském a Žilinském kraji.

Tab. 4. Přehled výsledků geotermálních vrtů realizovaných na Slovensku (Remšík, 2005).

Perspektivní oblast, struktura	Počet vrtů	Hloubka vrtů (m)	Vydatnost (l/s)		Teplota (°C)	Tepelný výkon MW <sub>t</sub>		Mineralizace (g/l)
		min. - max.	min. - max.	celkom	min. - max.	min. - max.	celkom	min. - max.
		centrální deprese podunajské pánve	41	306 - 3303	0,1 – 25,0	447,8	19 - 91	0,01 – 6,80
komárňanská vysoká kra	9	160 - 1021	2,1 – 70,0	216	20 - 40	0,05 – 7,33	12,56	0,7 – 0,8
komárňanská okrajová kra	2	1184 - 1763	5,0 – 6,0	11	51 - 56	0,75 – 1,02	1,77	3,1 – 90,0
levická kra	2	1470 - 1900	28,0 – 53,0	81	69 - 80	6,32 – 14,42	20,74	19,2 – 19,6
skorušinská pánve	2	600 - 1601	35,0 – 100,0	135	28 - 56	1,09 – 17,16	18,25	0,8 – 1,3
Liptovská kotlina	4	1987 - 2500	6,0 – 31,0	84	32 - 62	0,43 – 5,30	13,3	0,5 – 4,7
Turčianska kotlina	2	1503 - 2461	12,4	12,4	54	2,02	2,02	2,5
Žilinská kotlina	3	600 - 1831	13,4 – 22,0	57,4	24 - 42	0,60 – 1,51	2,95	0,4 – 0,5

#### 4.1 Trnavský kraj

Jak už bylo výše zmíněno, Trnavský kraj patří mezi nejvýznamnější lokality Slovenska, co se týče využití zdrojů geotermálních vod. V kraji se nachází Centrální deprese podunajské pánve, která je zobrazena na Obr. 6. Centrální deprese je na jihozápadě ohraničená tokem Dunaje mezi Bratislavou a Komárnem, na severozápadě Malými Karpaty, na severovýchodě dobrovodským zlomem (ludinská linie), na jihovýchodě zhruba tokem Nítry. Geotermální aktivita centrální deprese je dost zvýšená až zvýšená. Nejvyšší hustoty tepelného toku byly naměřeny v centru deprese (85-90 mW.m<sup>-2</sup>). S ohledem na výskyt bádenských vulkanoklastik v hloubce 5-6 km, je možný v těchto kolektorech ověřit geotermální vody s nádržovými teploty nad 200°C. Jejich těžba je možná systémem reinjektáže. Nádrž geotermálních vod svrchu omezuje rovina v hloubce 1000 m a zespodu relativně nepropustné podložní izolátor (jíly), které klesá ze všech stran do středu, kde dosahuje hloubku 3400 m. Jde pravděpodobně o strukturu s mezivrstevním přetékáním, pórovou propustností a režimem s napjatou hladinou vod. Vyskytují se zde geotermální vody s teplotou 42-92°C. Chemické složení geotermálních vod struktury (kromě některých anomálií) úzce souvisí s litostratigrafií prostředí a s hloubkou. S hloubkou roste hodnota mineralizace. (Fendek a kol., 1995)

Geotermální vody Centrální deprese dělíme do dvou genetických typů. Jde o vody marinogenní (reliktní mořské vody, infiltrační degradované marinogenní vody a solanky) anebo o petrogení vody.

Reliktní mořské vody se vyskytují v hlubších miocenních sedimentech. Jsou izolovány proti infiltraci meteorických vod anebo příronu hlubinného CO<sub>2</sub>. Reprezentuje je výrazný typ vod Na-Cl. Infiltračně degradované marinogenní vody se soustřeďují v mělčejí uložených sedimentech, zejména pontu. Jsou

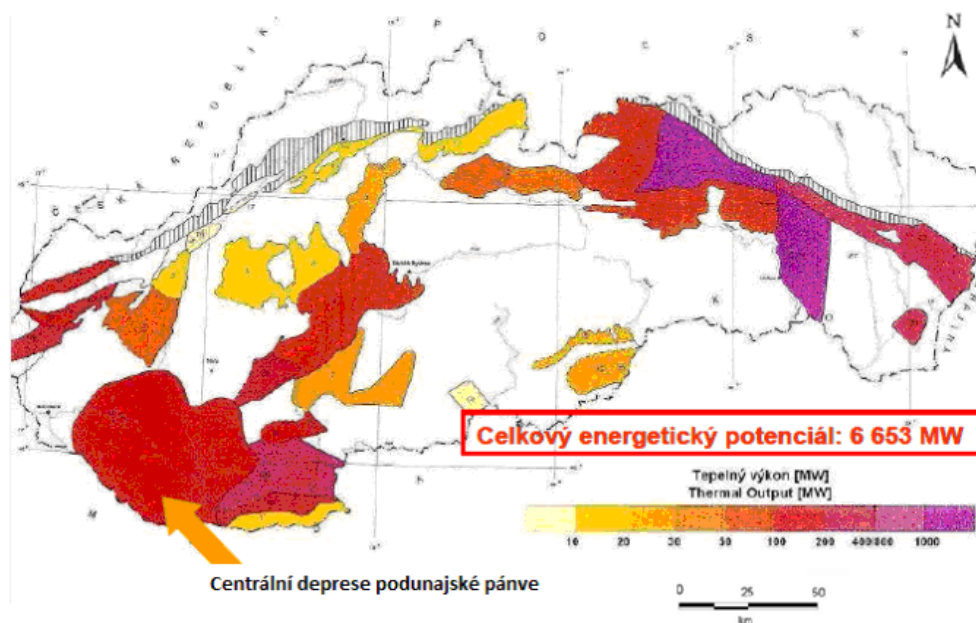
to zachované, resp. recentně infiltračně degradované vody vyslazeného vnitrozemského moře, které charakterizuje typ vod Na-Cl s celkovou mineralizací 5-10 g.l<sup>-1</sup>. Ve východní části deprese se nacházejí v hloubce kolem 2000 m, kolem jejího centra pod hloubkou 200 m a v centru kolem hloubky 3000 m.

Solanky jsou solné roztoky vzniklé lokálním zahuštěním pánvových vod a uchované v izolovaných strukturách.

Petrogenní vody představují výrazný typ Na-HCO<sub>3</sub> a jsou charakteristické pro celý profil pliocénu centrální deprese. Do hloubek 300-800 m převládají vody s celkovou mineralizací pod 1g.l<sup>-1</sup>, v oblasti centra deprese do hloubky až 2 500 m vody s celkovou mineralizací 1-5 g.l<sup>-1</sup>.

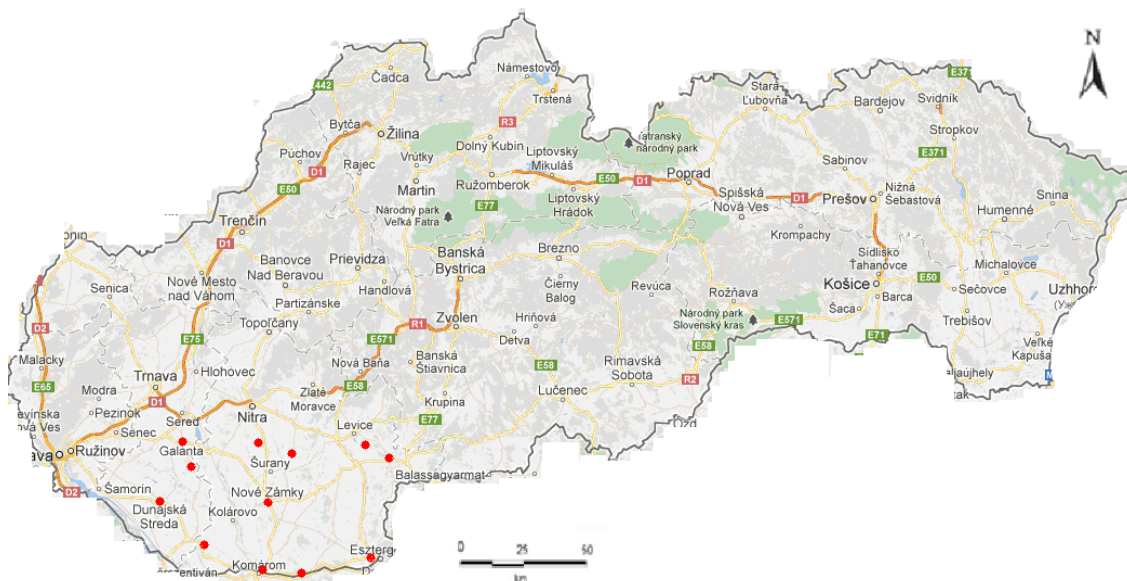
Podle obsahu plynu (nekyselých) jde o metanové, dusíkové a metanovo-dusíkové vody, z kyselých dominuje CO<sub>2</sub>. (Fendek a kol., 1995)

Na zhodnocení prognózních zásob geotermální energie se použil program AQUA (Fendek a kol., 1995). Program vytvořený na modelování proudění podzemní vody, přenosu látek a tepla v horninovém prostředí. Výsledky modelování ukázaly, že v průběhu deseti let exploatace všech dosud existujících vrtů s celkovou vydatností 351 l.s<sup>-1</sup> nastává ve struktuře ustálený stav beze změny teplotních poměrů. Předpověď svědčí o tom, že ze struktury je možné odebírat dalších 380 l.s<sup>-1</sup> geotermálních vod. (Fendek a kol., 1995)



Obr. 6. Centrální deprese podunajské pánve (Halas, 2010).

V současnosti slouží geotermální energie v této oblasti pro rekreační, zemědělské a energetické (vytápění budov) využití. Rekreační využití je v oblastech Poľný Kesov, Margita-Ilona, Nové Zámky, Podhájska, Santovka, Štúrovo, Patince, Diakovce, Komárno, Velký Meder, Dunajská Streda, Galanta a iné. Oblasti jsou zobrazeny na Obr. 7. V oblastech jako Vlčany, Podhájska, Tvrdošovce, Komárno, Dunajská Streda, Topoľníky, ČiližskáRadvaň se geotermální energie využívá pro zemědělské účely. Energetickým využitím, zejména vytápěním penzióňů a přilehlých budov v areálu koupaliště je známá obec Podhájska.



Obr.7. Oblasti s rekreačním využitím geotermální energie (www.mapy.sk).

#### 4.1.1. Geotermální projekt v Galante

Z pohledu geologické stavby je území v okolí Galanty součástí Podunajské pánve. Vznik pánve souvisí s tektonickými pohyby v pozdním geosynklinálním stádiu karpatského orogenu. Hlavní výplň pánve představují neogenní a kvartérní sedimenty.

Hydrogeologické poměry jsou odrazem geologické stavby území. Ta umožnila na lokalitě vzniknout dvěma typů kolektorů podzemní vody. První typ kolektoru charakterizujeme jako dobře zvodněný kvartérní kolektor podzemní vody s volnou hladinou, hydraulicky přepojenou s povrchovými toky. Podzemní voda je vázána na polohy říčních kvartérních štěrků. Ty vytvářejí nejmělkčí zvodněný kolektor podzemní vody, ve kterém proudí voda s volnou hladinou SZ-JV až S-J směru. Hladina podzemní vody se pohybuje v závislosti od vodnatosti povrchových toků. Za odlišný typ kolektorů považujeme hlubší neogenní kolektory podzemní vody, reprezentující převážně písčité vrstvy uzavřené nepropustným (jílovitým) nadložím a podložím. Tyto v širším okolí vytvářejí artéské struktury často s pozitivní piezometrickou výškou hladiny podzemní vody, jejíž teplota a mineralizace s hloubkou stoupá. (Dobrovoda, 2005)

V roce 1977 byla vypracována zpráva o výzkumném geotermálním vrtu FGG-1 v Galante. Ve zprávě jsou shrnuty poznatky získané výzkumným geotermálním vrtem FGG-1 v Galante, který byl realizovaný v rámci základního výzkumu geotermálních zdrojů Podunajské pánve- centrální deprese. Stratigrafické zatřídění převrtaných komplexů je zobrazeno v Tab. 5.

Tab. 5. Geologický profil vrtu FGG-1 (Franko,1977)

Hlubkový interval [m] od - do	Geologický věk	Horniny
0-2	holocen	humusovitá půda
0-600	pleistocen-levant	štěrk, písek
600-1530	svrchní panon	jíl, pískovec, jílovitý slín
1530-1990	spodní panon	jíl, jílovitý slín, pískovec



Na pliocenní sedimenty jsou vázány termální vody s ložiskovými teplotami 20-150 °C v hloubkách 300-3500 m. Chemické složení a celkový obsah rozpouštěných solí (mineralizace) se s hloubkou mění. S hloubkou narůstá obsah chloridů a mineralizace vody a klesá obsah bikarbonátů. Pliocenní sedimenty se vyskytují mezi svrchním a spodním panonem.

Ve spodních vrstvách vrtu se chemické složení vod mění od HCO<sub>3</sub>-Na typu přes HCO<sub>3</sub>-Cl-Na typ. Ve spodním panonu jsou vody Cl-Na typ. Ve spodním panonu se prostředí postupně vyslazovalo, a to z brakického až na oligohalinní (salinita z 15 na 3 ‰). (Franko,1977)

V roce 1996 byla firmou Slovgoterm, a.s. ve spolupráci s islandskými odborníky z firmy Fjarhitunhf zrealizována a spuštěna do provozu geotermální stanice ve městě Galanta. Zahraniční odborníci se aktivně podíleli na projektu geotermálního vytápění v Galante, kde byli zodpovědní za návrh, tendr, řízení projektů a start-up systému dálkového vytápění. (www.verkis.com)

Tato stanice, provozovaná firmou Galantaterm, s.r.o, odebírá geotermální vodu ze dvou vrtů a zásobuje teplem přibližně 1 300 bytů a přilehlou nemocnici s poliklinikou. Jedná se o jediný projekt svého druhu na Slovensku, kde je geotermální teplo dodávané obyvatelům města.

Geotermální voda s teplotou přibližně 77°C je čerpaná ze dvou geotermálních vrtů 2 100 m hlubokých. Vydatnost vrtů je 15,7 l.s<sup>-1</sup> a 18,0 l.s<sup>-1</sup>, celkem to představuje 33,7 l.s<sup>-1</sup>. Tepelný výkon získaný z geotermální vody je přibližně 7 MW a stačí na pokrytí potřeby tepla do vnější teploty 0°C. V případě poklesu vnější teploty pod 0°C se automaticky spouštějí plynové kotle, sloužící jako špičkový zdroj tepla. Instalované jsou čtyři plynové kotle s tlakovými hořáky s celkovým tepelným výkonem 10,6 MW. Maximální potřeba tepla zásobovaných objektů je 14,7 MW. Ročně vyrobené množství tepla představuje přibližně 90 tisíc GJ, z čehož je až 90 % dodaných geotermálních energií. (Halas, 2010)

#### 4.1.2. Geotermální projekt ve Velkém Mederu

Město Velký Meder (dříve Čalovo) se nachází v jihovýchodní části Podunajské nížiny, 70 km od Bratislavy směrem na Komárno.

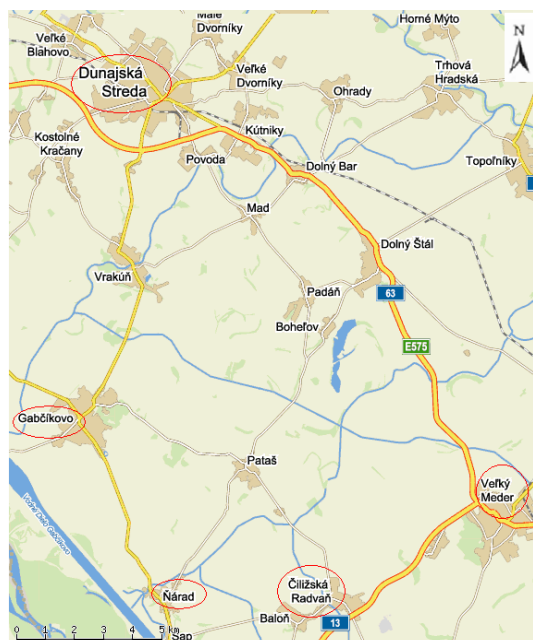
Geologicky je okolí Velkého Medera součástí podunajské pánve, její nejhlubší části. Komplex neogenních uloženin tvořících výplň pánve nebyl v celé tloušťce dosud převrtaný. Vrtem GPB-1 – Bohel'ov se zachytily jenom uloženiny pontu (regionální stupeň svrchního miocénu). Tloušťka výplně se podle geofyzikálních měření předpokládá kolem 3500 – 5000 m.

Okolí Velkého Medera patří mezi území s intenzivním využíváním geotermálních vod. Počátky využití byly v letech 1972, 1973, bezprostředně po vyhloubení těžebních vrtů DS- 1 – Dunajská Středá a Č-1 – Velký Meder (Čalovo). V současnosti se v blízkém i širším okolí Velkého Medera v okruhu 15 km nachází 11 geotermálních vrtů, z nichž se 8 využívá. (Halás, 2009)

Přehled vrtů v okolí Velkého Medera, ze kterých se geotermální voda využívá, je uveden v Tab. 6. Přehled oblastí realizovaných vrtů v okolí Velkého Medera je zobrazen na obr. 8.

Tab. 6. Základní údaje o geotermálních vodách využívaných v okolí Velkého Medera (Halás, 2009)

Lokalita	Velký Meder		Dunajská Streda		Čiližská Radvaň		Gabčíkovo	Ňarad (Topoľovec)
	Č-1	Č-2	DS-1	DS-2	ČR-1	VCR-16	FGGa-1	VTP-11
Hĺbka (m)	1882,0	1503,0	2500,0	1600,0	2513,0	1800,0	1935,0	2512,0
Exploat. úsek (m)	1574 - 1790	1073 - 1438	2183 - 2474	1190 - 1548	1814 - 2430	1309,7 - 1745,5	1122 - 1926	1534 - 2371
Výdatnosť (l.s-1)	7,6	16,4	14,5	23,0	11,16	15,25	9,9	15,0
T.v. ústie (°C)	72	56,5	91,5	54,5	82	64	53	74
CMV* (g.l-1)	1,2	0,87	5,7-7,3	1,3	1,4 - 1,6	0,9	1,1	1,26
Obsah plynov (l.m3)	32,9	6,8	786,0	44 - 51	83,6	30,9	78,7	46,3
Technolog. vlastnosti	vhodné na priame využitie		tvorba inkrustov	vhodné na priame využitie				
Spôsob odberu	prelivom							
Režim odberov	celoročný nerovnomerný		celoročný nerovnomerný		sezónny		sezónny	
Likvidácia využ. vód	cestou povrch. toku			kanalizácia	cestou povrch. toku			



Obr. 8. Přehled oblastí realizovaných vrtů v okolí Velkého Medera (mapy.cz)

Velký Meder je známý zejména díky termálnímu koupališti, které využívá dva geotermální vrty, přičemž tyto vrty tvoří během let provozu spolehlivý a hodnotný zdroj jedné geotermální vody

využívané přímo v bazénech a jednak geotermálního tepla využívaného na vytápění, větrání a přípravu teplé užitkové vody v areálu koupaliště. Dlouholeté pozitivní zkušenosti s provozem geotermálního systému a možnost široké veřejnosti být v přímém „styku“ s geotermální vodou vytváří ve městě kladný vztah k možnosti dalšího využívání geotermální energie.

## 4.2 Nitrianský kraj

Nejvýznamnější lokalitou Nitrianského kraje je Podhájska, která leží v levické kře. V levické kře jsou geotermální vody vázány na bazální neogenní klastika, triasové karbonáty chočského a vyšších příkrovů a pískovce spodního triasu. Vody jsou známy z vrtu Po-1 a GRP-1 v Podhájské. Hodnota geotermálního gradientu dosahuje  $50 \text{ K.km}^{-1}$  a tepelného toku  $78 \text{ mW.m}^{-2}$ . (Franko, 1990)

Geotermální vody se vážou na bazální klastika v hloubce 1000-2000 m. Tyto klastika leží na krystaliniku veporika v dubnické depresi a na karbonátech v levické kře. Jsou to vody Na-Cl s celkovou mineralizací  $10\text{-}30 \text{ g.l}^{-1}$ . Jejich těžba je možná systémem reinjektáže. Nádržové teploty se v hloubce 1000-2000 m pohybují v rozmezí  $50\text{-}70$  až  $80\text{-}95 \text{ }^\circ\text{C}$ . Triasové karbonátové horniny jsou hlavními kolektory v levické kře. Geotermální aktivita levické kry je zvýšená až velmi zvýšená.

Na horniny mezozoika (zejména na triasové dolomity, méně na křemence) a na bazální klastika se vážou geotermální vody s teplotami  $70\text{-}80^\circ\text{C}$ . Hlavní kolektory (triasové dolomity) dosahují mocnost  $232\text{-}375 \text{ m}$ . Přítomnost geotermálních vod je ověřena těžebním vrtem Po-1 Podhájska a reinjektážním vrtem GRP-1 Podhájska. (Kollmann, 2000)

V levické kře se vyskytují geotermální vody jen výrazného typu Na-Cl, s celkovou mineralizací  $12\text{-}20 \text{ g.l}^{-1}$ . Mineralizace vod ve struktuře klesá ve směru ze západu na východ z  $19,8 \text{ g.l}^{-1}$  na  $12\text{-}14 \text{ g.l}^{-1}$ . Jsou to marinogenní vody, původně mořské, které se během badenu (regionální stupeň miocénu v pánvích alpsko-karpatského oblouku) vsáklely do dna sedimentačního prostoru (triasových karbonátů). Protože vody obou vrtů (Po-1 a GRP-1) mají vysokou koncentraci chloridů a síranů, je pravděpodobná i vysoká chloridová a síranová koroze.

Využitelné množství geotermální energie se hodnotilo pro exploataci systémem reinjektáže pomocí modelového řešení. Modelováním reinjektáže na lokalitě Podhájska při exploataci a zároveň reinjektovaném množství  $50 \text{ l.s}^{-1}$  se zjistilo, že čelo chladnějšího frontu se k exploatačnímu vrtu dostane za více než 40 let. Aplikací těchto výsledků na celou oblast se neobnovované prognózně využitelné množství geotermální energie hodnotí asi na  $126 \text{ MW}_t$ . (Fendek, 1995)

### 4.2.1 Geotermální projekt na Podhájské

Obec Podhájska je situována přibližně 90 km východně od Bratislavy, v severovýchodní části Podunajské nížiny.

V roce 1973 byl v Podhájské vyhloubený vrt Po-1, který narazil na významné ložisko geotermální vody typu Na-Cl s mineralizací  $19 \text{ g.l}^{-1}$ . Od roku 1973 byla voda využívána pro vytápění skleníkového hospodářství a pro potřeby termálního koupaliště. Maximální vydatnost geotermální vody je  $45 \text{ l.s}^{-1}$ , ale průměrně se odebírá přibližně  $20 \text{ l.s}^{-1}$ . Teplota geotermální vody je  $82^\circ\text{C}$  a využitelný energetický potenciál geotermálního vrtu je  $12,6 \text{ MW}_t$ . Využitá geotermální voda byla vypouštěná do potoka, což mělo negativní dopad na životní prostředí. Navíc ložiskový tlak vrtu měl klesající tendenci. Na odstranění těchto negativních jevů byl v roce 1986 vyhloubený 2 km severovýchodně od vrtu Po-1 reinjektážní vrt GRP-1. Byla vykonána komplexní reinjektážní zkouška s velmi pozitivními výsledky. Od roku 1996 je celé odebrané množství geotermální vody po ochlazení na cca  $45^\circ\text{C}$  reinjektováno

prostřednictvím vrtu GRP-1 do zemské kůry. Jedná se zatím o jediný realizovaný projekt na Slovensku, v němž se využítá geotermální voda zatlačuje zpět do země.

Projekt v Podhájské je zaměřený na vytápění skleníků s rozlohou 2 ha. Sekundární voda se kromě vytápění skleníků používá i pro potřeby vytápění přilehlých budov a objektů. Celé řešení se ukázalo být natolik vhodné a úspěšné, že umožnilo rozšířit kapacitu skleníků až dvojnásobně. Zároveň se podařilo reinjektaží odstranit problém s vypouštěním geotermální vody do potoka a klesání ložiskového tlaku geotermálního zdroje. (Halas, 2010)

Termální koupaliště Podhájska poskytuje návštěvníkům 2 bazény s horkou vodou přímo z pramene, která se samozřejmě musí ředit. Teplota vody přímo v prameni dosahuje 78,3 °C, teplota vody v bazénech 30-36 °C, což je teplota, která zabezpečuje optimální vliv minerálů na pokožku, nemoci pohybového aparátu, dýchacího a kardiovaskulárního systému. Blahodárné účinky má termální voda i na gynekologické a urologické onemocnění. Podle některých populárních článků se voda v Podhájské svými účinky a složením velmi podobá vodě z Mrtvého Moře.

Mrtvé moře leží v jihozápadní Asii na teritoriu Izraele a Jordánska (Obr. 9). Nalézá se v tektonickém pásu, který vznikl při afro-asijském zlomu před dvěma miliony let, na přelomu třetihor a čtvrtohor. Délka Mrtvého moře je 76 km, šířka je 17 km, rozloha je 1050 km a hloubka je 350 - 400 m. Do Mrtvého moře se vlévá jedna řeka, a to řeka Jordán. Povrch vody se nachází 400 metrů pod hladinou moře. Je to nejnižší položené místo na Zemi.



Obr. 9. Poloha Mrtvého moře (<http://www.geotimes.org>).

Mrtvé moře je bohaté na minerály. Podle Agnew (2005) je vysoká koncentrace minerálů, jako je sodík, draslík, vápník, brom a hořečnaté soli díky vysokému vypařování vody. Podél pobřeží jsou termo-minerální prameny obsahující převážně síru. Horniny, které se nachází v této oblasti jsou granity, vyvřeliny kyselých silikátů, štěrky, jíly, pískovce, kamenná sůl a naplaveniny.

Porovnání složení geotermálních vod (hlavní kationty a anionty) Podhájska a Mrtvého moře je v Tab.7.

Tab.7. Porovnání složení geotermálních vod Podhájska a Mrtvé moře.

	Mrtvé moře	Podhájska	moře
	obsah [mg/l]	obsah [mg/l]	obsah [mg/l]
sodík	34900	5330	10770
kalcium	15800	556	400
magnézium	41960	106	1290
Chloridy, bromidy	208020	9360	18800
brom	5920	53,4	67

Vzájemným porovnáním obsahu jednotlivých prvků se nepotvrdilo, že geotermální vody v Podhájské jsou svým složením blízké složení vod Mrtvého moře, jak se někdy tvrdí v populárních člancích. Podle zobrazených hodnot, se složení vod Podhájské blíží složení moře, jeho salinitě. Salinitou označujeme koncentraci minerálních látek rozpuštěných v roztoku (ve vodě).

Kombinace síranů, kyseliny křemičité a borité, které obsahují zejména vody Podhájské, léčí ekzémová onemocnění včetně lupénky. Minerální voda pomáhá lidem s cévním a kloubním onemocněním, průduškovými chorobami a nemocemi dýchacích cest. Složení minerální vody je využíváno i ve výrobě léčivé kosmetiky.

### 4.3 Žilinský kraj

Na území Žilinského kraje se na geologické stavbě podílejí horniny flyšového pásma, bradlové pásmo, centrálně-karpatský paleogén, krystalinikum se svojí obalovou jednotkou, křižňanský a chočský příkrov, neogenní sedimentární pánve a úplně na jižním okraji i neovulkanity. Paleogenní horniny jsou převážně pokryty vrstvou kvarterních sedimentů. Flyšové pásmo buduje celou severní část kraje. Je to převážně monotónní komplex navzájem se střídajících pískovcových a jílovcových vrstev.

Krystalinikum vytváří jádra jednotlivých pohoří, která jsou složená z různých magmatitů a metamorfítů. Jednotlivá pohoří spoluvytváří soustavu příkrovů budovaných mezozoickými komplexy ležícími nad tatrikem.

Hlavními kotlinami Žilinského kraje jsou Žilinská, Turčianska a Liptovská kotlina, a skorušinská pánev.

Pánve a kotliny jsou vyplněny převážně třetihorními sedimenty tloušťky i několik tisíc metrů. (Badík, 1999)

Geotermální aktivita **Žilinské kotliny** je nízká. Hodnota hustoty tepelného toku mezi jižním okrajem kotliny a Rajeckými Teplícemi vytváří rovnoměrné tepelné pole s hustotou tepelného toku  $55 \text{ mW.m}^{-2}$ , která stoupá směrem k Žiline na  $60 \text{ mW.m}^{-2}$  a víc. Teplotní pole se od středu kotliny v prostoru Rajce směrem k západnímu a východnímu okraji a severním směrem k Žilině aktivizuje z 27,5 na 30 - 32,5 °C. Jako kolektory geotermálních vod se předpokládají triasové karbonáty v hloubkách 1 000 – 2 500 m, kde se teploty pohybují v rozmezí 27,5 - 70 °C. O geotermální aktivitě území svědčí přirozené vývěry termálních vod v Rajeckých Teplících. Teplota se pohybuje mezi 33,4 - 38,2°C.

Geotermální aktivita **Turčianské kotliny** je průměrná, klesá z jihu na sever ze 75 na  $55 \text{ mW.m}^{-2}$ , což odpovídá tomu, že jižní okraj kotliny sousedí s neovulkanity Kremnických vrchů. Podobně i teplota

klesá z 55 na 35 °C. Teplota však současně klesá ze středu kotliny k okrajům. Na geotermální aktivitu poukazují i přirozené vývěry geotermálních vod v Turčianských Teplicích ( $T = 45\text{ °C}$ ) a v Mošovcích ( $T = 23\text{ °C}$ ). Vody jsou Ca (Mg) -  $\text{HCO}_3$  typu. Pravděpodobné obnovované využitelné množství geotermální energie se hodnotí na 22,5 MWt.

Geotermální energie **Liptovské kotliny** je průměrná, kotlina je prozkoumána pěti vrtů. V regionálním tepelném poli hodnota hustoty tepelného toku klesá od bešeňovské hrástě ze  $70\text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$  a západnějším směrem na  $60\text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . Bešeňovská hrást je přehřátá výstupem geotermálních vod z hloubky (více než 1 500 m) na povrch. Kolektory geotermálních vod se předpokládají v hloubkách 3 500 – 4 000 m. Zde se teploty pohybují mezi 100 - 115 °C. Prognózní využitelné množství geotermální energie představuje 34,3 MWt, což reprezentuje vydatnost realizovaných a fiktivních vrtů v intervalu 6 - 31 l/s, s teplotou vody na ústí vrtu 27 – 70 °C při celkové vydatnosti 236 l/s.

O geotermální aktivitě **Skorušinské pánve** svědčí přirozené vývěry geotermálních vod v Oravicích, v lokalitě Mihulčie. Vyvěrají zde vody s teplotou 13,0 – 18,5 °C. Vrtem OZ-1 hlubokým 600m se na tomto místě ověřilo  $35\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  vody teplé 28,5 °C a cca 600m severně vrtem OZ-2 hlubokým 1601 m se potvrdily v té stejné struktuře vody teplé 56 °C v množství  $100\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Hodnota hustoty tepelného toku celé oblasti se pohybuje mezi 60 – 65  $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ , jediné v jihozápadní části území mezi 55 – 60  $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . Vody ověřené vrtů se vážou na triasové karbonáty križňanského příkrovu. Jde o vody Ca(Mg)- $\text{SO}_4$  typu s celkovou mineralizací 1,26 – 1,47  $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Pravděpodobné obnovované využitelné množství geotermální energie se odhaduje na 17,1 MWt. (www.sazp.sk). Tepelně energetický potenciál zdrojů geotermálních vod v Žilinském kraji je uveden v Tab. 8.

Tab. 8. Tepelně-energetický potenciál zdrojů geotermálních vod Žilinského kraje (www.sazp.sk).

Oblast	Plocha (km <sup>2</sup> )	Tepelně-energetický potenciál (MW)	Vydatnost (l·s <sup>-1</sup> )
Turčianska kotlina	395	22,5	83,5
Žilinská kotlina	305	13,2	106,5
Skorušinská pánev	450	17,1	109,3
Liptovská kotlina	650	37,6	169,3

Využitelným tepelně-energetickým potenciálem (TEP) geotermálních vod rozumíme tepelnou energii, kterou je možno účelně zužitkovat při ochlazení vod na retenční teplotu 15°C (v zemědělství - na vytápění skleníků, energetické účely v areálech termálních koupališť, v bytové komunální sféře, apod). Potenciálně použitelné jsou lokality Bešeňová v Liptovské kotlině a Oravice v Zuberské brázdě. Geotermální vody se v současnosti využívají jen na rekreační účely.

#### 4.3.1 Geotermální projekt v Bešeňové

Bešeňová leží 12 km východně od Ružomberka na pravém břehu Váhu a západně od vodního díla Liptovská Mara. Podle regionálního geologického členění Západních Karpat se území zařazuje dooblasti vnitrokarpatiského paleogénu a do podoblasti Liptovská kotlina. Na geologické stavbě se podílejí paleogenní sedimenty (terciární výplň kotliny) a tektonické jednotky: tatrikum, faktrikum a hronikum (tvořící podloží kotliny a její okraje).

V roce 2009 (Vandrová, 2009) byla vypracována zpráva, která podává výsledky hydrogeologického průzkumu Bešeňové. Hlavním důvodem vypracování geologické úlohy bylo zjištění využitelného množství geotermální vody z vrtů ZGL-1 a FBe-1. Součástí byl i výpočet množství podzemních vod

ve smyslu Zákona NR SR č. 569/2007 Z.z. o geologických pracích (geologický zákon) a Vyhlášky MŽP SR č. 51/2008 Z.z., kterou se vykonává geologický zákon.

Vrtem ZGL-1 bylo provrtaných 16,0 m kvartérních sedimentů v písčité-jílovitém vývoji a valouny štěrku a 96,0 m paleogénu tvořeného různě písčitymi jíly s vrstvami pískovců. Podloží paleogénu v intervalu 96,0-210,0 m je tvořené spodnotriasovými dolomity a vápenci hronika. V intervalu od 210,0 m až do 1255,0 m bylo provrtáno souvrství jury a spodní křída tvořeno v převažné míře slinitými a jílovitými vápenci a v intervalu 1255,0-1560,0 m bylo provrtáno souvrství karpatského keuperu (vrchní trias) tloušťky 305,0 m, složeno z různě zajílovaných dolomitů a pestrých jílovců. Od hloubky 1560,0 m až do konečné hloubky 1987,0 m vrt přecházel střednětriasovými dolomity fatrika.

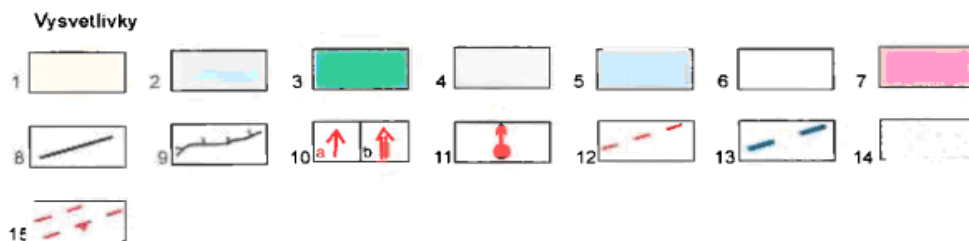
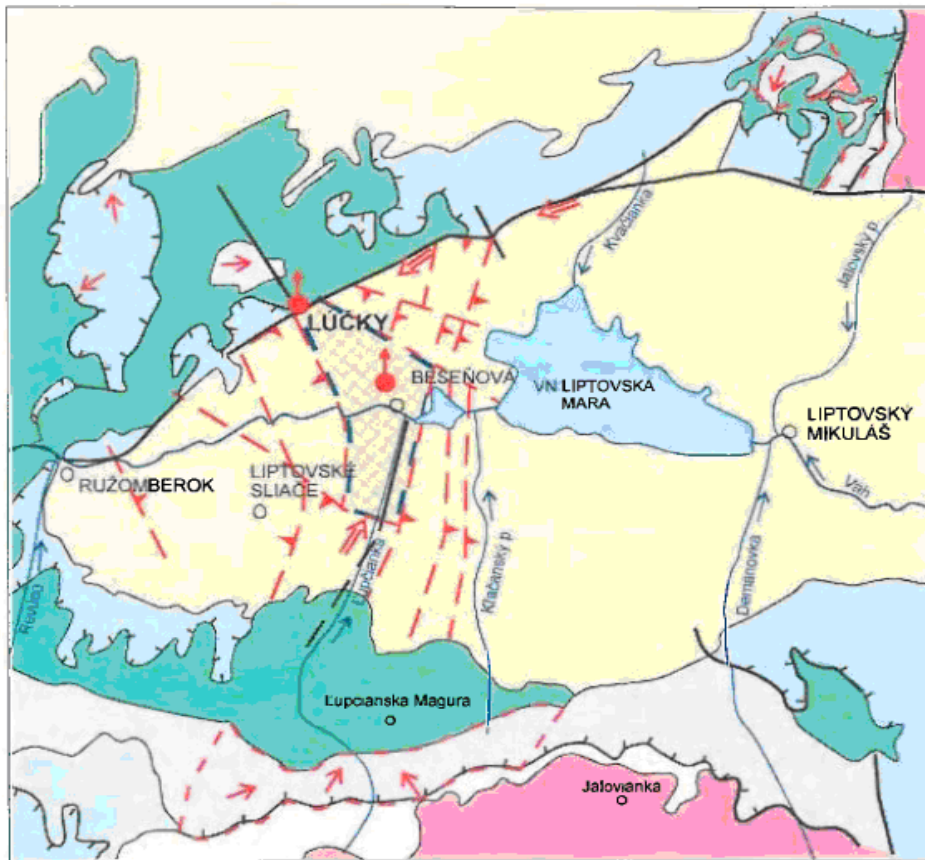
Průzkumný hydrogeologický vrt ZGL-1 je situován na SV okraji obce Bešeňová, na pravém břehu potoka Potok, který vtéká přibližně o 600 m níže do Váhu. Výzkumný geotermální vrt ZGL-1 na lokalitě Bešeňová je dokumentován počtem 34 jader. Podstatná část zkoumaných jader je tvořena po litologické stránce karbonátovými sedimentárními horninami. V Tab. 9 je zobrazen geologický profil vrtu ZGL-1.

Tab. 9. Geologický profil vrtu ZGL-1 (Vandrová, 2009).

<b>Hloubkový interval [m] od - do</b>	<b>Geologický věk</b>	<b>Horniny</b>
0-16	kvarter	žulové valouny a štěrk zastlán v písčitém jílu
16-93	paleogén	jíl, písčité jíl, pískovec
93-210	střední trias	dolomit, pískovec
210-1220	jura, křída	slinitý vápenec, vápnlitý slín, jílovitý slín
1220-1540	keuper	sivý, zelenosivý, sivočerný dolomit, jílovitý dolomit, jílovec, často břidličnaté struktury
1540-1987	vrchní trias	dolomit

Bohatý výskyt minerálních vod v Liptovské kotlině souvisí s jejími geologickými poměry, zejména geologicko-tektonickou stavbou. Vody infiltrující v okolitých pohořích (Chočské vrchy a Nízke Tatry) sestupují do podloží kotliny, resp. přímo přestupují do jejích sedimentů. Část vod se zúčastňuje hlubokého oběhu v podloží paleogenní výplně kotliny a vytváří akumulace geotermálních vod. Koncentrace vývěřů v okrajových zónách kotliny dokazuje prioritu okrajových zlomů. Geotermální vody, které reprezentují hluboký oběh, vystupují v přírodních vývěrech jen na lokalitách Lúčky, Bešeňová a Liptovský Ján.

Na Obr. 10 je zobrazeno geologicko-tektonické schéma hydrogeologické struktury termální vody v Bešeňové.



Obr. 10. Geologicko-tektonická schéma hydrogeologické struktury termální vody v Bešeňové.

Vysvětlivky: 1- paleogén, 2- střední-vrchní trias chočského příkrovu, 3- spodní trias, vrchní trias-střední křída križňanského příkrovu, 4- střední-vrchní trias križňanského příkrovu (vápence, dolomity), 5- jura-křída obalové tektoniky, 6- spodní trias obalové jednotky, 7- krystalinikum, 8- hydrogeologicky významný zlom, 9- přesunová linie, 10- směr proudění a.) obyčejné podzemní vody, b.) podzemní vody hlubokého odtoku, 11- vývěrová oblast minerální a termální vody, 12- hranice předpokládané infiltrační oblasti, 13- hranice předpokládané akumuláční oblasti, 14- bešeňovská elevace, 15- strukturně-tektonické prvky předterciárního podloží (Madar, 1997)

Termální vody jsou vázány na mezozoické podloží, včetně bazálních karbonátických slepenců paleogenní výplně Liptovské kotliny. Nositeli termálních vod jsou triasové karbonáty chočského a križňanského příkrovu. Struktury jsou polootevřené, s infiltrační a akumuláční oblastí. Z hydraulického hlediska jsou to struktury s napjatou hladinou podzemních vod s negativní anebo

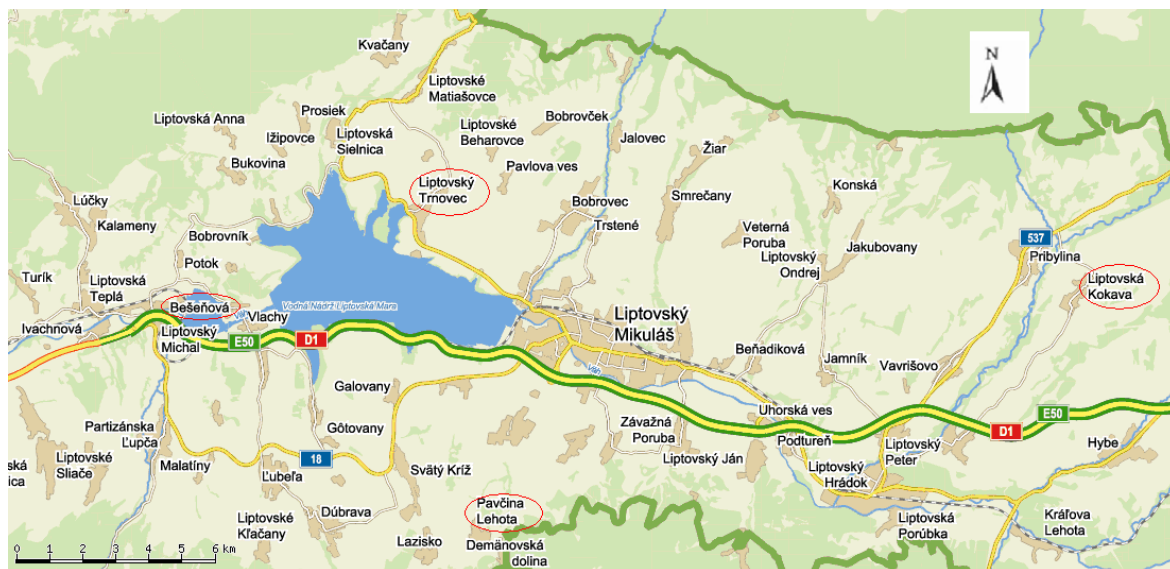


pozitivní úrovní hladiny podzemních vod a režimem puklinově-krasových vod. Zatím ověřená vydatnost termálních vod byla  $84,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , s teplotami od 32 do 62 °C. (Vandrová, 2009)

Z rozptylu hodnot teplot Tab. 10 je zřejmé, že se teplotní pole v Liptovské kotlině vyznačuje značnou variabilitou. Vysoké teploty jsou charakteristické pro západní část kotliny a nízké pro její východní a jižní část (ZGL-3, ZGL-1). Tab. 10 obsahuje také přehled naměřených teplot po 500 m, v průměrných teplotních gradientech v jednotlivých litologicko-stratigrafických jednotkách v geotermálních vrtech v Liptovské kotlině. Na Obr. 11 jsou zobrazeny oblasti realizovaných vrtů v Liptovské kotlině.

Tab.10. Základní údaje geotermálních vrtů v širším okolí zkoumaného území (Vandrová, 2009).

Název vrtu	ZGL-1	ZGL-2A Liptovský	ZGL-3 Liptovská	FGL-1	
Lokalita	Bešeňová	Trnovec	Kokava	PavčinaLehota	
Perforace od-do[m]	1547-1984	1624-2486	1475-2365	1315-1570, 1825-2129	
Tektonická jednotka	fatrikum	hronikum	fatrikum	fatrikum-tatrikum	
Vydatnost [l.s]	27		31	20	6
Teplota vody [°C]	62		61	43,5	32
Způsob exploatace	přelivem	přelivem	čerpáním	čerpáním	
Tepelný výkon [MWt]	5,3		6	2,4	0,4
Teplota [°C] 500 m	28,4		22,3	17,2	17,7
Teplota [°C] 1000 m	44,9		38,1	29,3	29,2
Teplota [°C] 1500 m	62,5		53,6	39,6	37
Teplota [°C] 2000 m	75,7		65,9	46,4	49,4
Teplota [°C] 2500 m	-		82,4	54	60,3



Obr. 11. Oblasti realizovaných vrtů v Liptovské kotlině. (www.mapy.cz).

Ve struktuře se v hloubce 1000-2200 m vyskytují vody s teplotou 30-80 °C. Chemické složení vody představuje  $\text{CaMgHCO}_3\text{SO}_4$ ,  $\text{CaMgSO}_4\text{HCO}_3$ , resp.  $\text{CaMgSO}_4$  typ s mineralizací kolem  $3,0\text{-}5,0 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Bešeňovská elevace představuje otevřenou hydrogeologickou strukturu. Má infiltrační, transportně-akumulační a vývěrovou oblast.

Součástí zprávy (Vandrová, 2009) jsou i výsledky vzorkovacích a laboratorních prací, které byly vykonány během hydrodynamické zkoušky ve vrtu ZGL-1. Analýzy geotermální vody byly vykonány v rozsahu základních a rozšířených fyzikálně-chemických analýz a ve smyslu Vyhlášky MZ SR č. 72/2008 o podrobnostech a požadavcích na kvalitu vody do koupališť, vody na koupání a její kontrolu.

Obecně můžeme říct, že chemické složení termálních vod v Liptovské kotlině závisí na:

- Hloubce uložení karbonátů,
- Tloušťce paleogénu,
- Výskytu poloh anhydritu, resp. sádrovce (keuper, spodní trias),
- Tektonice území, která umožňuje jednak výstup vod na povrch v přirozených pramenech, jako i propojenost kolektorů chočského a križňanského příkrovu,
- Přítomnosti plynů.

Z genetického hlediska se jedná o vody karbonátogenní, sulfatogenní a se smíšenou mineralizací. Celková mineralizace vody se podle chemických analýz pohybuje kolem 3152,0-3225,0 mg.l<sup>-1</sup>. V kationové složce dominuje vápník a hořčík, v aniontové složce převládají sírany (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) a hydrogenuhličitan (HCO<sub>3</sub>). Podle Palmer-Gazdovy klasifikace jde o základní výrazný CaSO<sub>4</sub> typ vody. Základem Palmer-Gazdovej klasifikace je členění podzemních vod podle jejich chemického složení na základě hypotetických kombinací solí typomorfních kationů a anionů. (Chilingar a kol., 2002) Na tvorbě chemického složení termální vody se podílejí zejména primárně-geogenní faktory.

V hodnocené oblasti se podle výsledků analýz vzorku vody z vrtu ZGL-1 a FBe-1 neprojevil vliv antropogenního znečištění na kvalitu vod. Z kvalitativního hlediska mají zdroje termální vody v zájmovém území příznivé fyzikálně-chemické složení a nejsou kontaminovány ani mikrobiologicky. (Vandrová, 2009)

Podle Vyhlášky MZ SR č. 72/2008 o podrobnostech a požadavcích na kvalitu vody do koupališť, vody na koupání a její kontrolu, možno konstatovat, že termální voda z vrtu ZGL-1 a Fbe-1 je vhodná pro využití na rekreační účely.

Od roku 1996 se termální voda z výzkumného geotermálního vrtu ZGL-1 začala využívat na komerční účely, t.j. vytápění hotelu a plnění bazénů termálního koupaliště v Bešeňové.



Obr. 12. Ústí vrtu ZGL-1 v Bešeňové (www.sazp.sk).

Vzhledem k tomu, že využitelné odběrné množství (volným přelivem) z vrtu ZGL-1 je stanoveno na 35.82 l.s<sup>-1</sup> a tvoří jenom část přírodních zdrojů hydrogeologické struktury, se usuzuje, že toto množství nevyvolá kvalitativní změny. (Vandrová, 2009)

## 5. DISKUZE

V minulosti se na Slovensku využívala geotermální energie zejména v zemědělství (vytápění skleníků, foliovníků). Nejvíce rozšířené využití geotermální energie je v lázeňství (balneoterapie).

Dnes se tato energie využívá i v cestovním ruchu (termální koupaliště a aquaparky). Výjimkou je Galanta, která má jako jediná lokalita na Slovensku geotermální stanici, která zásobuje teplem přibližně 1 300 bytů a přilehlou nemocnicí s poliklinikou. Využití geotermální energie se stává hybnou silou rozvoje malého a středního podnikání v regionech, například při chovu ryb, pěstování zeleniny. Pro tyto účely jsou vhodné nízkoteplotní geotermální vody, které se nacházejí ve všech 26-ti strukturách (viz Obr.3).

Využití geotermální energie má mnoho výhod. Jde o obnovitelný zdroj, který je nezávislý na sezónních podmínkách. Geotermální energie je levnější zdroj jako fosilní paliva a je vhodným nahrazením fosilních paliv. Provoz je bezpečný, s minimálním dopadem na životní prostředí a záběrem půdy. Představuje vlastní domácí zdroj energie, takže umožňuje ovládnutí cen energie. Snižuje nebezpečnost ohrožení životního prostředí redukcí transportu, zpracování a využívání fosilních paliv.

Stejně jako u jiných typů zdrojů energie, geotermální energie by měla být vytvořena pomocí metod, které minimalizují dopady na životní prostředí. Ve srovnání s většinou jiných forem výroby elektrické energie, geotermální energie je ekologicky neškodná. Typické využití geotermální horké vody a páry k výrobě elektrické energie vyzařuje asi 1 procento oxidu siřičitého  $\text{SO}_2$  a méně než 1 procento z oxidů dusíku  $\text{NO}_x$  a 5 procent emisí oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$  vypouštěné tepelnými elektrárnami na uhlí stejné velikosti. Vzdušné emise z geotermální elektrárny v podstatě neexistují, protože geotermální plyny nejsou vypouštěny do atmosféry. (Duffield, 2003)

## 6. ZÁVĚR

Bakalářská práce má charakter kompilace. Předmětem bakalářské práce bylo zhodnotit geotermální potenciál studovaných oblastí. V práci byly shrnuty dosavadní poznatky o využívání geotermální energie ve třech nejvýznamnějších oblastech Slovenska.

V **Trnavském kraji** byly vzpomenuy významné lokality **Galanta** a **Velký Meder**. V roce 1996 byla firmou Slovgeoterm, a.s. v spolupráci s islandskými odborníky z firmy Fjarhitunhf zrealizovaná a spuštěná do provozu geotermální stanice v městě Galanta. Tato stanice, provozovaná firmou Galantaterm, s.r.o, odebírá geotermální vodu z dvou vrtů a zásobuje teplem přibližně 1 300 bytů a přilehlou nemocnici s poliklinikou. Jedná se o jediný projekt svého druhu na Slovensku, kde je geotermální teplo dodávané obyvatelům města. V roce 2005 byla vypracována zpráva, která hodnotí výsledky hydrogeologického průzkumu pro areál termálního koupaliště v Galante. Ze získaných výsledků vyplývá, že z vrtu HG-1 je možné trvale odebírat vodu s průměrnou vydatností  $5,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , bez vlivu ohrožení zásob okolitých zdrojů podzemních vod. Kvalita podzemní vody nevyhovuje kritériím pitných vod pro zvýšené obsahy cizorodých látek. Zdroj se doporučuje využívat jen na užitkové cíle a závlahy.

Velký Meder je známý zejména díky termálnímu koupališti, které využívají dva geotermální vrty, přičemž tyto tvoří během let provozu spolehlivý a hodnotný zdroj jednak geotermální vody využívané přímo v bazénech a jednak geotermálního tepla využívaného na vytápění, větrání a přípravu teplé užitkové vody v areálu koupaliště.

**Nitriansky kraj** je známý lokalitou **Podhájska**. Projekt v Podhájské je zaměřený na vytápění skleníků s rozlohou 2 ha. Sekundární voda se kromě vytápění skleníků používá i pro potřeby vytápění přilehlých budov a objektů. Termální koupaliště Podhájska se svým složením podobá minerálnímu složení moře, což je využíváno i na výrobu léčivé kosmetiky. Jsou tady zastoupené sírany, které napomáhají při léčbě ekzémových onemocnění.

V **Žilinském kraji** je zmíněna lokalita **Bešeňová**. Podle hydrogeologického průzkumu jsou geotermální vody vhodné k rekreačnímu využití. Od roku 1996 se termální voda z výzkumného geotermálního vrtu ZGL-1 začala využívat na komerční účely, t.j. vytápění hotelu a plnění bazénů termálního koupaliště v Bešeňové.

Na Slovensku zabezpečuje regionální výzkum a vyhledávací průzkum vymezených perspektivních oblastí Ministerstvo životního prostředí prostřednictvím Státního geologického ústavu Dionýza Štúra. Poznatky o průzkumu geotermálních zdrojů na Slovensku jsou komplexně shrnuty v „Atlase geotermální energie Slovenska“. V rámci základního výzkumu zdrojů geotermální energie bylo vymezených 26 perspektivních geotermálních oblastí (obr.3). Geotermální aktivita v daných lokalitách je průměrná až zvýšená. Geotermální vody jsou vázány na triasové dolomity a vápence. Tyto horniny se nacházejí v hloubce kolem 200-5000 m s teplotami 15-240 °C. Na Slovensku je evidovaných 120 geotermálních vrtů, kterými se ověřilo  $1802 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  geotermálních vod. Převažuje  $\text{Na-HCO}_3$ ,  $\text{Ca-Mg-HCO}_3$ ,  $\text{Ca-Mg-SO}_4\text{-HCO}_3$  a  $\text{Na-Cl}$  typ vod s mineralizací 0,4-90  $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .

Vrty v Nitrianském, Trnavském a Žilinském kraji se zjistilo, že teplota geotermálních vod se pohybuje v rozmezí 15-240 °C, což je pozitivní nejen pro rekreační využití, ale i pro energetické využití. Přímé energetické využití zemského tepla je v lokalitách ojedinělé. V provozu je dnes geotermální stanice města Galanta. Přímé energetické využití je možné i v dalších městech ležících v centrální depresi podunajské pánve, ale zatím nebyly v této lokalitě rozšířené projekty pro tento účel. Kvalita a množství geotermálních zdrojů v daných lokalitách nejsou využité v plné míře. Důležitým aspektem jsou technická řešení a ekonomické náklady. Při určování využitelného množství geotermální vody jsou důležité ekologické, technické a ekonomické podmínky. Skutečné využívání geotermální energie závisí na jedné straně od fyzikálně-chemických vlastností zdroje, na druhé straně platí zásady,

předpisy a normy, jako i technické možnosti využívání geotermální energie. Překážkou může být pružnost legislativy, finanční a technologická náročnost a střet zájmů místního obyvatelstva.

## 7. POUŽITÁ LITERATURA

### TIŠTĚNÉ ZDROJE

- Bím M., Hanas P., Remšík A., 2009. *Súčasný stav vyhľadávania a prieskumu geotermálnej energie na Slovensku*. In: Vodohospodársky spravodajca., 52, str. 4.
- Cehlár M., Varga P., Jurkasová Z., Pašková M., 2010. *Geoterm a elektrárň na geotermálnu energiu – možnosti a podmienky*. In: Acta Montanistica Slovaca., 15(2), str. 132-138.
- Chilingar, G.V., Serebryakov V.A., Robertson J.O., 2002. *Origin and prediction of abnormal formation pressures*. Amsterdam: Elsevier science B.V., str.204.
- Clauser, C., 2006. *Geothermal energy*, In: K. Heinloth (ed). Landolt-Börnstein, Geourp VIII: Advanced Materials and Technologies, Vol. 3: Energy Technologies, Subvol. C: Renewable Energies, SpringerVerlag, Heidelberg-Berlin, str. 493-604.
- Dobra E., Pinka J., 2004. *Herľany geysers and natural surrounding wealth*. Elfa s.r.o., Košice.
- Dobrovoda, P., 2005. *Zdroj úžitkovej vody pre "Termálne kúpalisko Galanta": Záverečná správa*. Bratislava.
- Duffield A. W., Sass H. J., 2003. *Geothermal Energy- Clean Power From the Earth's Heat*. U. S. Geological Survey, Reston, Virginia, str. 26.
- Fendek M., Franko O., Remšík A., 1995. *Atlas geotermálnej energie Slovenska*. ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Franko, O., 1977. *Správa o výskumnom geotermálnom vrte FGG-I v Galante*. Bratislava.
- Franko O., Remšík A., Fendek M. a Bodiš D., 1990. *Výskum zdrojov geotermálnej energie na Slovensku*. V. celoslovenská konferencia, str. 146-148.
- Gupta H., Roy S., 2007. *Geothermal energy: An alternative resource for the 21st century*. Elsevier, Oxford, str. 11-12.
- Halás O., 2009. *Geotermálna energia*. In: Efektívna energia 2009: Energia-Ekológia-Ekonomika. 3. celoslovenská konferencia, Bratislava, november 2009, str. 22.
- Kollmann, W., Remšík A., Rotárne-Szalkai Á., 2000. *Geothermal Potential Map: Introduction Hydrogeothermal setting*. Wien, str. 537.
- Madar D., Weis K., Grand T., Šefara J. and Jašková A., 1997. *Liptovská kotlina. Regionálne hydrogeotermálne zhodnotenie. Geofyzikálny prieskum. Záverečná správa*. Es prit s.r.o, Banská Štiavnica.
- Marias, M., 2005. *Prehľad energetických smerníc Európskej komisie zameraných na geotermálnu energiu*. In: Mineralia Slovaca, 37 (2), str. 93-94.
- Myslil, V., Kukul Z., Pošmourný K., Frydrych V., 2007. *PLANETA: odborný časopis pro životní prostředí*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, roč. 15, č. 4. ISSN 1801-6898.
- Remšík, A., 2008. *Nové výsledky výskumu geotermálnej energie na Slovensku*. In: ENVIROMAGAZÍN. (6), str. 8.
- Remšík, A., Bodiš, Zuskinová, Solovic., 2005. *Geotermálne vody, stav a možnosti využitia na Slovensku*, 29 str.
- Remšík, A., Černák R., 2008. *Štúdia možnosti výskytu geotermálnych vod v juhozápadnej časti skorušinskej pány*. ŠGÚDŠ, Bratislava, 2008.

Smolárová, I., Gluch A., Prokša P., Zuskinová, Solovic., 2010. *Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky: Záverečná správa za obdobie 2002-2009.* august 2010, 29 str.

Šponar, Petr., 2008. *Geotermální vrty.*

Takács, Jan., 2008. *Využitie geotermálnej energie ako obnoviteľného zdroja.* In: *Životné prostredie.*, 42 (6), str. 316-320.

Vandrová, G., 2009. *Bešeňová- revízia exploatačných podmienok zdroja ZGL-1 a FBe-1.* Žilina.

## INTERNETOVÉ ZDROJE

Enviroportal: *Správa o stave životného prostredia Žilinského kraja*.  
([www1.enviroportal.sk/pdf/spravy\\_zp/kza98s\\_horn.pdf](http://www1.enviroportal.sk/pdf/spravy_zp/kza98s_horn.pdf)), 6.3.2012.

Geological Significance of the Dead Sea: Dead Sea Minerals.  
(<http://deadseageo.webs.com/geologicalsignificance.htm>), 26.5.2012.

Geothermal Energy Association: *What is geothermal energy?*  
(<http://geo-energy.org/basics.aspx>), 21.5.2012.

Global Energy Network Institute: *Geothermal Energy in Europe*.  
(<http://www.geni.org/globalenergy/library/renewable-energy-resources/world/europe/geo-europe/index.shtml>), 21.5.2012.

Herber: *Geologická stavba Slovenska: Geologický vývoj Západných Karpat*.  
([http://www.herber.webz.cz/www\\_slovakia/geologie.html#C1](http://www.herber.webz.cz/www_slovakia/geologie.html#C1)), 12.2.2012.

International Solar energy Society (ISES): *Transitioning to a Renewable Energy Future*.  
(<http://whitepaper.ises.org>), 28.5.2012.

SAZP: *Geologické faktory životného prostredia: Geotermálna energia*.  
([http://www.sazp.sk/slovak/periodika/sprava/kraje/zilina/horniny\\_geolog.html](http://www.sazp.sk/slovak/periodika/sprava/kraje/zilina/horniny_geolog.html)), 5.3.2012.

SAZP: *Podzemné vody: Geotermálne vody*.  
([www.sazp.sk/slovak/periodika/sprava/kraje/zilina/voda\\_podzem.html#1](http://www.sazp.sk/slovak/periodika/sprava/kraje/zilina/voda_podzem.html#1)), 5.3.2012.

Slovgeoterm: *Projekt využitia geotermálnej energie na vykurovanie mesta Veľký Meder*.  
(<http://www.slovgeoterm.sk>), 5.3.2012.

Slovgeoterm: *Nové geotermálne projekty na Slovensku: Nitriansky kraj a okolie*.  
(<http://www.slovgeoterm.sk>), 5.3.2012.

Verkis: *Geothermal district heating*.  
(<http://www.verkis.com/business-segments/geothermal-energy/geothermal-district-heating/>), 21.5.2012.



## LEGISLATIVNÍ DOKUMENTY

Směrnice Evropského parlamentu a rady 2001/77/ES ze dne 27. Zář 2001 o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů na vnitřním trhu s elektřinou.

Koncepce využívání obnovitelných zdrojů energie.

Bílá kniha- Přechod k obnovitelným zdrojům energie budoucnosti.

Zákon č. 569/2007 Z. z. o geologických pracích (geologický zákon).

Vyhláška Ministerstva Životního prostředí SR č. 51/ 2008 Z. z.,

Zákon č. 538/2005 Z. z. Přírodní léčivé vody (termální).

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví SR č. 100/2006 Z. z..

Zákon NR SR č. 569/2007 Z.z. o geologických pracích (geologický zákon).

Vyhláška MŽP SR č. 51/2008 Z.z., kterou se vykonává geologický zákon.

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví SR č. 72/2008 o podrobnostech a požadavcích na kvalitu vody do koupališť, vody na koupání a její kontrolu na koupaliště.