

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

OBOR KRAJINÁŘSTVÍ



Využití geotermální energie suchých hornin jako možný zdroj ekologického vytápění města Litoměřice

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce: Doc. RNDr. Ing. Ivan LANDA, DrSc

Autor : Pavel Košťál

2008

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Využití geotermální energie suchých hornin jako možný zdroj ekologického vytápění města Litoměřice“ vypracoval samostatně a použil pouze podkladů a literárních pramenů uvedených v seznamu použité literatury.

V Litoměřicích 20.7.2008

.....
Pavel Košťál

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří se přímo či nepřímo podíleli na vzniku bakalářské práce, poskytl mi podklady a cenné odborné informace. Především děkuji vedoucímu bakalářské práce, Doc. RNDr. Ing. Ivanu Landovi, DrSc a Ing. Pavlovi Gryndlerovi, za odborné vedení, vstřícnost a ochotu.

OBSAH

1.	ÚVOD A CÍLE	7
1.1.	Úvod.....	7
1.2.	Cíle bakalářské práce	9
2.	GEOTERMÁLNÍ ENERGIE V ŠIRŠÍM POJETÍ.....	10
2.1.	Geotermální systémy	13
2.1.1.	Hydrotermální systémy s vysokou tepelnou entalpií.....	13
2.1.2.	Hydrotermální systémy s nízkou tepelnou entalpií.....	13
2.1.3.	Petrofyzikální systémy.....	13
2.1.4.	Mělké geotermální systémy	13
2.1.5.	Jiné systémy	13
2.1.6.	Systémy hlubokých vrtů	13
2.1.7.	Stabilní a přechodné geotermální systémy	13
2.2.	Systémy hydrotermální	14
2.3.	Systém technologie Hot-Dry-Rock (HDR).....	14
2.3.1.	Výhody Hot-Dry-Rock	15
2.3.2.	Metody Hot-Dry-Rock.....	15
2.3.3.	Nejdůležitější projekty Hot-Dry-Rock.....	16
2.3.4.	Požadavky na uplatnění Hot-Dry-Rock	17
3.	ZKUŠENOSTI S GEOTERMÁLNÍ ENERGIÍ VE SVĚTĚ	18
3.1.	Historie geotermální energie.....	18
3.1.1.	Island.....	19
3.1.2.	Geotermální elektrárna Nasjevellír.....	19
3.1.3.	Kamčatka	21
3.1.4.	Rakousko	22
3.1.5.	Francie	22
3.1.6.	SRN.....	22
4.	ZKUŠENOSTI S VYUŽITÍM GEOTERMÁLNÍHO TEPLA V ČR	23
4.1.	Potenciál Hot-Dry-Rock v České republice.....	23
4.2.	Možnosti využití geotermální energie na území Národního parku Šumava.....	24
4.3.	Hodnocení geotermálního potenciálu	24
4.4.	Plošný výpočet potenciálu zemského tepla	25
4.5.	Zhodnocení oblasti Frymburk.....	25
4.6.	Tepelné čerpadla	27

4.7.	Tepelné čerpadla, typ země/voda – vrty	31
4.7.1.	Specifikace vrtů	31
4.7.2.	Dimenzování výkonu tepelného čerpadla.....	31
4.7.3.	Vliv počasí na teplotu vrtů.....	32
4.7.4.	Vzdálenosti vrtů.....	32
4.7.5.	Geotermický stupeň	32
4.7.6.	Provádění vrtů.....	32
4.7.7.	Vystrojení vrtu	32
4.8.	Vrtná souprava.....	32
5.	VÝZNAM ODPADNÍHO TEPLA PRO NAŠI ENERGETIKU	35
5.1.	Význam odpadního tepla	35
5.2.	Využití odpadního tepla - elektrárna Temelín	35
5.3.	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla.....	35
5.4.	Zařízení pro využití odpadního tepla	36
5.5.	Využití horkých spalin.....	36
5.6.	Využití odpadního tepla chladících agregátů.....	36
6.	OPERAČNÍ PROGRAM.....	38
7.	TEPELNÝ TOK.....	39
8.	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	41
8.1.	Geologie, hydrogeologie.....	41
8.2.	Strukturní geologie	41
8.3.	Perspektivnost lokality.....	41
9.	LITOMĚŘICKÝ ZLOM	42
9.1.	Geologický vývoj.....	42
9.2.	Starohory a prvohory	42
9.2.1.	Krystalinikum	42
9.2.2.	Permokarbon	42
9.3.	Druhohory	43
9.4.	Třetihory	43
9.5.	Čtvrtohory	44
10.	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRŮZKUMNÝCH PRACÍ V LITOMĚŘICÍCH	46
10.1.	Stratigrafický profil vrtu v Litoměřicích	48
10.2.	Zkušební vrt	49
10.3.	Technologie výroby tepla a elektrické energie	51
10.4.	Kalinův cyklus	51

11.	EKONOMICKÉ PARAMETRY ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ	52
11.1.	Využití hydroenergetického potenciálu	52
11.2.	Větrná energie	52
11.3.	Využívání biomasy	52
11.4.	Sluneční energie.....	52
11.5.	Geotermální energie.....	53
11.6.	Odhad růstu celosvětové energie	53
11.7.	Jaderná energie	53
12.	DISKUZE A ZÁVĚR.....	56
12.1.	Diskuze	56
12.2.	Závěr	58
13.	LITERATURA.....	59

1. ÚVOD A CÍLE

1.1 Úvod

Geotermální energie je v současné době častěji a častěji diskutabilnějším tématem na všech úrovních, a v neposlední době též na politické úrovni. Geotermální energie se doposud ne zcela dostala do povědomí společnosti tak, aby mohlo být plně využíváno jejích kladů.

Geotermální elektrárny mají spoustu výhod, jsou tiché, neprodukují téměř žádný odpad, tudíž jsou šetrné k životnímu prostředí, které je již značně poškozené nevhodným způsobem hospodaření celé společnosti.

Světová spotřeba energie současně narostla 170krát oproti počtu obyvatel, který narostl „pouze“ 10krát. Asi 300 let byly obnovitelné zdroje vlivem využívání neobnovitelných zdrojů téměř odstaveny.

Geotermální elektrárny a odpadní teplo je jedním z bodů Operačního programu životního prostředí a tohoto problému se týká prioritní osa 3 - Udržitelné využívání zdrojů energie. Jedním problémem proč geotermální energie zůstává v pozadí jsou ekonomické požadavky a proto je pozornost věnována i dalším alternativním zdrojům včetně jaderné.

Otázce geotermálních elektráren a využití dalších alternativních zdrojů je důležité věnovat velkou pozornost, neboť tyto zdroje na rozdíl od fosilních paliv jsou obnovitelné a tudíž do budoucna perspektivní.

V případě realizace projektu geotermální elektrárny v Litoměřicích by se významným způsobem omezila výroba tepla v místní centrální výtopně na hnědé uhlí, čímž by bylo ušetřeno cca 60 000 tun CO₂ ročně. To není zanedbatelné číslo. Realizací takového „průkopnického“ projektu v ČR by byly ověřeny teorie a výpočty předních českých a zahraničních odborníků v oblasti geologie, geofyziky a dalších souvisejících vědních oborů.

Významnou metodou pro získávání geotermální energie se v současné době jeví metoda Hot Dry Rock – HDR (Horká suchá hornina) pro šetrnost k životnímu prostředí a k efektivnímu ekonomickému využití. Ne každé místo na Zemi je však vhodné pro tuto metodu, proto je důležité brát v úvahu i další alternativní zdroje energie jako je např. větrná, sluneční, přílivová, biomasa či jaderná.

Bakalářská práce je rozdělena do částí popisující geotermální energii v širším pojetí, zkušenostmi ve světě a v neposlední řadě pak zhodnocením výsledků průzkumných prací přímo v Litoměřicích.

První část rozebírá geotermální energii v širším pojetí a rozčleňuje systémy geotermální energie. Hluběji se zabývá metodou Hot Dry Rock – HDR (Horká Suchá hornina). Zmíněná je zde i historie geotermální energie. Druhá kapitola zmiňuje zkušenosti s geotermální energií ve světě a způsoby jejího využití. Ve třetí kapitole jsou uvedeny zkušenosti v ČR. Popisuje možnosti využití tepelných čerpadel, využití odpadního tepla. Pojednává též o operačním programu, který podporuje geotermální energii a využití odpadního tepla. Čtvrtá kapitola charakterizuje zájmové Litoměřické území, stratigrafický profil vrtu a samotné průzkumné práce, které byly uskutečněny v letech 2006 – 2007 přímo v Litoměřicích. Pátá, poslední kapitola porovnává ekonomické parametry s využitím jednotlivých alternativních zdrojů energie (větrné, sluneční, přílivové, biomasy, jaderné).

1.2 Cíle bakalářské práce

Cílem práce je zhodnocení regionálních geologických podmínek Litoměřické oblasti pro výstavbu geotermální elektrárny, rozdělení a využití základních alternativních zdrojů s možností podle jejich geneze, zanalyzovat zkušenosti ze světa s využitím geotermální energie, porovnat ekonomické parametry spojených s využitím jednotlivých alternativních zdrojů energie, popsat základní schémata využití tepelných čerpadel, využití odpadního tepla a schéma termálního toku Země.

2 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE V ŠIRŠÍM POJETÍ

Slovo geotermální má původ ve dvou řeckých slovech: geo (země) a therme (teplo). Vnější tvrdá kůra Země je hluboká pět až 50 kilometru. Pod kůrou se nachází plášť šířící se až do hloubky kolem 2900 kilometru. Hluběji se nacházejí dvě vrstvy jádra- tekoucí vrstva a tvrdá vrstva v samém jádru Země. Poloměr Země je kolem 6378 kilometru.

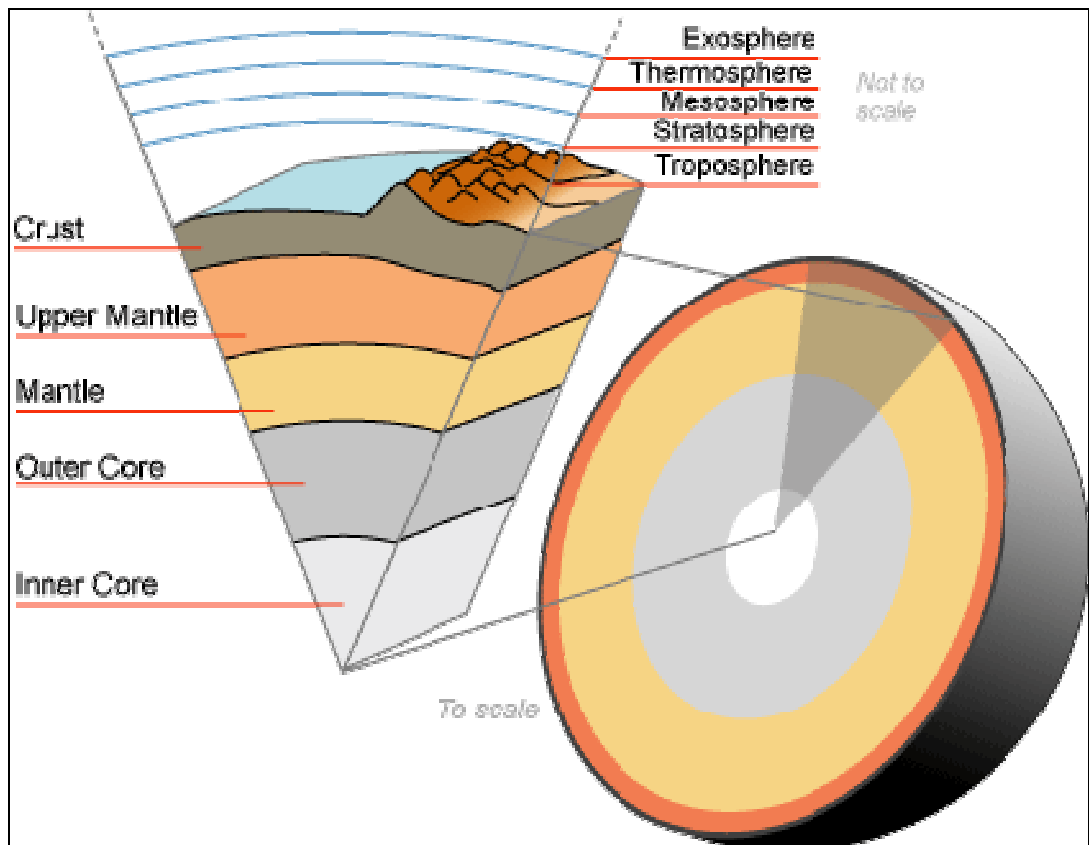
Do nitra Země se teplota zemské kůry zvyšuje průměrně 17 °C až 33 °C na kilometr hloubky (50 – 87 °F na míly hloubky). Pod kůrou se nachází plášť, který se skládá z částečně rozpuštěných hornin, kdy teplota je mezi 650 a 1250 °C (1200 – 2280 °F). V samém jádru Země by teplota mohla být, podle některých výpočtů, mezi 4000 a 7000 °C (7200 – 12600 °F).

Potenciál geotermální energie je ohromný. Této energie je 50000 krát více než energie, které lze získat z ropy a plynu na celém světě. Geotermální zdroje se nacházejí v širokém spektru hlubin, od povrchních, mělkých a až několika kilometrů hlubokých rezervoárech vroucí vody a páry, které člověk může přivést na povrch a využít. V přírodě se geotermální energie nejčastěji objevuje ve formě sopek, pramenů vroucí vody a gejzírů. Z historie je známo, že se geotermální energie využívá po tisíciletí k rekreačním účelům a v lázeňství. Rozvoj vědy se však neomezil jen na část takového využívání. Věda využívání geotermální energie usměrnila též k procesu získávání elektrické energie, vytápění domácností a průmyslových zařízení, ale i k dalšímu ekologickému využití při činnosti člověka.

Geotermální elektrárny jsou budovány zejména ve vulkanicky aktivních oblastech, kde využívají k pohonu turbín horkou páru stoupající pod tlakem z gejzírů a horkých pramenů, nebo teplotnosné médium, které se vtlačuje do vrtů, v hloubi země ohřívá a ohřáté vyvádí na povrch. Obecně lze ze zemských vrtů využívat nízkopotencionální i vysokopotencionální teplou vodu. Celkový instalovaný výkon geotermálních elektráren ve světě se odhaduje na 8000 MW. Na rozdíl od většiny jiných typů elektráren, jako je jaderná elektrárna nebo elektrárna spalující fosilní paliva, nepotřebují geotermální elektrárny žádné palivo. Jejich nevýhodou však je, že jsou dostupné pouze na některých místech zemského povrchu. [1]

Obrázek č. 1

Země má několika vrstev. Základní vrstvy jsou vnější tvrdá kůra (Crust), tekoucí plášť (Mantle), vnější tekoucí jádro (Outer Core) a vnitřní tvrdé jádro (Inner Core). [3]



Obrázek č. 2
Islandská krajina s elektrárnou [21]



Obrázek č. 3
Pohled na islandskou krajinu a sílu geotermální energie[22]



2.1 Geotermální systémy

Teplu Země je možno získat nejčastěji využitím fluid cirkulujících v zemské kůře. Těmito fluidy jsou plyny, vodní pára a podzemní vody. Je ovšem možno využít i přímo tepla samotných hornin. Z hlediska geotermálních struktur a využití fluid se systémy dělí takto:

2.1.1. Hydrotermální systémy s vysokou tepelnou entalpií. Jsou to systémy s vysokým vodním tlakem, systémy s vodní parou a systémy s přehřátou vodou.

2.1.2 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.

2.1.3. Petrofyzikální systémy, jež mají zakonzervované teplo v horninách, magmatická tělesa a suché zemské teplo (Hot Dry Rock – HDR, Fractured Hot Rock – FHR).

2.1.4. 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.

2.1.5. Jiné systémy - patří sem 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 a pod.). Teplo povrchových vod, přímé využívání tepla vzduchu prohřátého slunečním zářením.

2.1.6 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.

2.1.7. Stabilní a přechodné geotermální systémy

Z hlediska stability geotermálních pochodů se u geotermálních systémů používá jednoduché dělení na systémy stabilní a přechodné.

Stabilní geotermy (stable, steady state) jsou v místech, kde došlo k vyrovnání tepelné bilance litosféry, tedy zemské kůry a svrchního pláště. V takových oblastech je růst teploty s hloubkou pod povrchem pravidelný, jelikož došlo k vyrovnání tepelného režimu. Podle některých autorů k takové stabilizaci je třeba nejméně 100 milionů let. Takový stabilní systém je typický pro štíty a platformy.

Přechodné, čili nestabilní geotermy (transient) jsou takové systémy, kde nedošlo ještě ke stabilizaci a vyrovnání teplotního režimu vlivem geologických pochodů. Typický je případ příkrovové stavby, kde se režim odlišně vyvíjí v příkrovech a podložním autochtonu.

2.2. Systémy hydrotermální

Systémy hydrotermální jsou vázané na geologické či hydrogeologické struktury, kde jsou vytvořeny zvodně uzavřené nebo otevřené (s doplňováním zvodnění) s teplou vodou. Do těchto zvodní se hloubí jímací vrty, kterými se teplá podzemní, někdy až minerální či fosilní (reliktní) voda čerpá a její teplo se odebírá ve výměnících na povrchu pro vytápění, nebo při vysokých teplotách zvodní i pro energetické využití.

Pokud je zvoď uzavřená anebo pokud přírodní dotace zvodně je malá nebo pomalá, je nutné ochlazenou vodu zpětně injektovat, aby se kapacita takového zdroje tepla nezmenšovala s časem. Struktury tohoto typu jsou známé v pánvích různého stáří. Tak je využíváno zemské teplo v rozsáhlé hluboké druhohorní sedimentární pánvi pařížské ve Francii, terciérní pánvi panonské v Maďarsku a v poslední době v menších pánevních strukturách na Slovensku, Bulharsku i Rumunsku.

U nás je již využíváno teplo zvodní hlavně z bazálních sedimentů v české křídové pánvi v Děčíně a Ústí nad Labem s teplotami 32 až 35 °C a na Moravě je připravován projekt na využití terciérních zvodní karpatských předhlubní a sedimentů vídeňské pánve s teplotami 50 až 70 °C.

2.3. Systém a technologie Hot – Dry – Rock YSTÉM

Tento systém známý pod zkratkou HDR, což značí Hot – Dry – Rock (česky horká suchá hornina) vychází z předpokladu, že v určité hloubce pod povrchem jsou horniny prakticky suché a nepropustné pro kapaliny. Tlak nadložních hornin je tak velký, že zabraňuje vzniku pórů a větších dutin.

Při normálním geotermickém stupni je v hloubkách kolem 6 km pod povrchem teplota hornin až 180 °C, tlaky jsou až 165 megapascalů. V těchto hloubkách jsou již převážně jen granitické a metamorfované horniny, ve kterých se může cirkulace fluid omezit jen na tektonicky drcená pásma. Proto se takové prostory vytvářejí uměle, čímž v hloubce vzniká tepelný výměník. V takovém podzemním výměníku by voda pod velkým tlakem zůstala přehřátou kapalinou. Kapalina cirkuluje a odebírá teplo okolním horninám. Povrchovým výměníkem se poté za nízkého tlaku přeměňuje voda na přehřátou páru použitelnou pro výrobu elektrické energie. Nejvhodnější teplota pro výrobu elektrické energie je 150 °C, přičemž se z ekonomických důvodů dává přednost současné výrobě elektrické energie i využití tepla pro vytápění.

2.3.1. Výhody Hot Dry Rock

- získání prakticky neovlivnitelného energetického potenciálu
- získání energie kdekoli a kdykoli
- zanedbatelná produkce škodlivých kapalin a plynů, hlavně malého množství oxidu uhličitého

Podle modelových výpočtů je tento systém schopen produkovat 50 až 100 MW po dobu 20 let a lze jej proto považovat za ekonomicky výhodný. Taková produkce ovšem vyžaduje výměník o ploše 5 až 10 km² a vtláčování 50 až 100 litrů vody za sekundu při tlacích až 40 MPa. Je nutno počítat s velkými ztrátami kapaliny, a to hlavně na začátku procesu. Bylo prakticky ověřeno, že ztráty mohou být do 10 l.s⁻¹, což je možné jen v případě použití cirkulujících vod.

2.3.2. Modely Hot Dry Rock

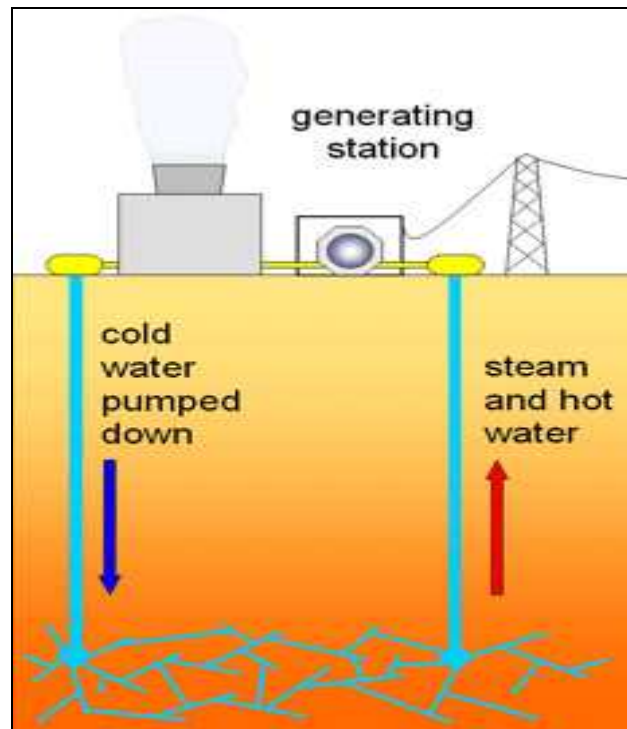
Základním modelem jsou dva vrty propojené jednou širokou puklinou. Nejprve se vyvrtá vrt první, ze kterého se hydraulickým procesem vytvoří v hloubce jedna puklina. Po ověření jejího směru se do tohoto prostoru vyvrtá druhý vrt. Vzdálenost zakončení obou vrtů je minimálně 1 km.

Model, spočívající ve vytvoření většího množství puklin, propojených dvěma vrty, přičemž vzdálenost mezi vrty musí být nejméně 300 m. Ukázalo se, že ekonomicky je nejvhodnější vytvoření systému deseti puklin pro dva vrty.

První projekt na využití systému HDR byl zahájen v roce 1970 v Los Alamos Scientific Laboratory (LASL) v New Mexiku v USA. Geofyzikové navrhli propojení paty dvou vrtů umělým štěpením hornin a do jednoho vrtu vhánět vodu a z druhého těžit horkou páru jako z výměníku tepla. Výpočty ukázaly, že ochlazení 1 km³ horniny umožní provoz tepelné elektrárny o výkonu 30 MW elektrické energie po dobu 30 let. Obdobný systém je prakticky možno uplatnit kdekoli a je jen otázkou výběru lokalit, kde by bylo podobný systém možno uplatnit případně i v menších hloubkách. Vliv odběru zemského tepla neovlivňuje životní prostředí. Výhodné by bylo, aby na zvolené lokalitě byly horniny již částečně primárně rozpukány, aby propojení umělou cirkulací bylo snazší a méně nákladné. Je však nutno uvědomit si, že v každém případě dojde při cirkulaci vodního média ke ztrátám, jelikož v podzemí nelze prostředí uzavřít.

Obrázek č. 4

Zjednodušený princip tvoření elektrické energie z geotermálních pramenů. Vřelá voda a pára se používají pro pohybování turbín generátoru, a používaná voda a kondenzovaná pára se vrací zpět do pramenů. [3]



2.3.3. Nejdůležitější projekty Hot – Dry – Rock

Falkenberg Geothermal Project, Německo, 1977–1986

Urach Geothermal Project, Německo, od r. 1977 dodnes

Geothermal Energy Project, Camborne School of Mines, Cornwall

Velká Británie, v letech 1977–1990

Project Mayet de Montagne, Francie, v letech 1978–1989

Fjallbaecka HDR Project, Švédsko, v letech 1986–1990

Hijiori Geothermal Project, Japonsko, v letech 1974–1991

European Geothermal Research Project Soultz-sous-Forêts

Francie, od roku 1986 dodnes

Výzkumný charakter má model řešený firmou Geotechnik Consult Passau v Německu, jenž simuluje fyzikální procesy i jejich ekonomické hodnocení. Takový model je vhodný pro první krok k vyhodnocení efektivity systému HDR pro výměníky v různých hloubkách, různé typy hornin a jejich teploty, cirkulaci vod i hydraulické vodivosti puklinového systému.

2.3.4. Požadavky na uplatnění systému Hot Dry Rock

- hloubka výměníku by neměla být větší než 5 km, a to s ohledem na současné možnosti vrtné technologie a na náklady vrtání
- teplota v zásobníku tepla musí být vyšší než 180 °C, což by zaručovalo dostatečnou efektivitu přeměny tepla na elektrickou energii
- plocha výměníku by neměla být větší než 3 km²
- systém puklin v horninách by měl být otevřen přibližně na 1,5 mm, což by odpovídalo vynaložené energii na cirkulaci kapalin
- poměr mezi minimálním a maximálním horninovým napětím nemá být větší než 0,75, aby byl systém stabilní a ztráty vody při cirkulaci byly co nejmenší
- minimální množství cirkulujícího média je 78 l.s-1, což by stačilo k transportu dostatečného množství tepelné energie do povrchových výměníků. Nejvhodnější jsou tři shodné instalace výměníků o ploše 1 km² a cirkulaci vody v hodnotě 25 l.s-1

Za těchto podmínek se odhaduje cena výroby jedné kWh přibližně na 0,13 Euro, což je ekonomicky přijatelné. [2]

3. ZKUŠENOSTI S GEOTERMÁLNÍ ENERGIÍ VE SVĚTĚ

3.1. Historie geotermální energie

K nejvýznamnějšímu způsobu využívání geotermální energie je výroba elektrické energie. Zde se využívá vřelé vody a páry ze Země pro pohon generátoru. Při tomto způsobu výroby elektrické energie není zapotřebí hoření fosilních paliv, čímž je bráněno vypouštění škodlivých emisí do atmosféry.

Počátky využívání teploty Země pro výrobu elektrické energie se spojuje s malým italským městem Larderello a rokem 1904. Tohoto roku v Larderello počalo experimentování s výrobou elektrické energie, kde bylo páry využíváno pro pohon malé turbíny, která napájela pět žárovek. Tento experiment se považuje za první použití geotermální energie pro výrobu elektrické energie. V roce 1911 v Larderello byla zahájena stavba první geotermální elektrárny, která byla dokončena v roce 1913, a výkon činil 250 kW. Půl století se jednalo o jedinou geotermální elektrárnu na světě.

Přesto, že byla všechna původní tovární zařízení v Larderello druhou světovou válkou zničena, byla zde zařízení vystavená nová a elektrická energie se zde vyrábí z geotermální energie do dnes. V současné době při výrobě cca 5000 GWh za rok toto zařízení napájí asi milion domácností, což je kolem 10% celkové světové výroby proudu z geotermálních pramenů. I přestože je geotermální energie obnovitelný zdroj energie, tlak páry se v Larderello zmenšil o 30% od roku 1950. [3]

3.1.1. Island

Island je země, kde umějí výborně využít geotermální energii. V lokalitě na které leží Reykjavík ("Kouřová zátoka") bylo odpradávná horké vřídlo, u kterého ženy praly prádlo. A právě zde byl před sedmdesáti lety proveden první vrt pro zásobování města horkou geotermální vodou. Ta už po dvou letech vytápěla necelou stovku domů, což nemělo nikde na světě obdoby.

V současné době tento alternativní zdroj energie na Islandu vytápí asi 85% domácností. Východně od Reykjavíku jsou vůbec největší geotermální pole na světě. Ta vytápějí hlavní město a okolí. Tamní pára má teplotu asi 350°C. Je příliš horká a nemůže být přímo používána do vytápěcího systému. Protože má pára vysoký tlak, použije se nejdříve k pohonu turbín na výrobu elektrické energie. Parou se poté ohřeje studená voda čerpaná ze studní. Když dosáhne teploty 83°C je hnána do potrubí vedoucího do Reykjavíku. Na celém Islandu je více než třicet geotermálních stanic. Potrubí s horkou vodou vede snad do každé domácnosti. Geotermální vytápění přijde jen na necelou třetinu nákladů ve srovnání s naftovým nebo olejovým vytápěním.

V Reykjavíku jsou dokonce geotermální energií vytápěné hlavní ulice, takže nikdy nezamrzají ani v nejstudenějším období. [4]

3.1.2. Geotermální elektrárna Nesjavellír

Geotermální elektrárna Nesjavellír je největší islandskou elektrárnou. Využívá horkou vodu z geotermálních vrtů. Využívání islandských geotermálních pramenů se datuje od roku 1947. Stavba elektrárny Nesjavellír byla po předchozích dlouhých průzkumech a přípravě technologie dokončena v roce 1990. Má tři turbíny, které produkují 90 MW elektrické energie. V této elektrárně se vyrábí nejen elektřina, ale i teplo pro vytápění hlavního města.

Geotermální jev je způsoben třením zemských vrstev na předělu euroasijské a americké geologické pevninské desky. To způsobuje nejen častá zemětřesení ale i vulkanickou činnost. Prameny v Nesjavellíru mají teplotu až 200 °C. Vrty, kterých je celkem čtyřicet, jsou vedeny do hloubky až tři kilometry. Proud horké vody a páry proniká do turbin pod vysokým tlakem. Teplovod, který na elektrárnu navazuje, je 27 km dlouhý, na cestě vykazuje teplotní ztrátu necelé dva stupně. Je veden na povrchu země na válečcích, které umožňují pohyb při zemětřesení. [5]

Obrázek č. 5

Pohled na Islandskou elektrárnu [23]



Obrázek č. 6

Pohled na zařízení elektrárny [23]



Obrázek č. 7

Pohled na teplovod [23]



3.1.3. Kamčatka

Kamčatka patří k nejaktivnějším vulkanickým oblastem na světě. Je to zóna tří set sopek, třicet z nich je aktivních. Čas od času se probouzejí a lidem ohnivým divadlem připomínají, jak ohromné síly jsou skryty hluboko v podzemí. Kamčatka sní o spoutání energie vulkánů mnoho let. Dlouho však nebyla schopna shromáždit potřebné finance na výstavbu. Nakonec je získala od Evropské banky pro obnovu a rozvoj.

Úvěr garantuje ruská vláda - bankéři se báli, že chudý poloostrov by nebyl schopen splatit řádově desetimiliony dolarů. Jak taková elektrárna vlastně funguje? Těžní soupravy vyhloubí vrty do hloubky větší než jeden kilometr na úpatí vulkánu - tam, kde geologové předpokládají dutiny naplněné parou ohřívanou jako v parním kotli zářem sopky. "Přehřátá pára pod ohromným tlakem stoupá k povrchu a systémem trubek se rozvádí ke třem turbínám." (výkon 40 MW)

Elektrárna je velmi šetrná k životnímu prostředí. Pára se kondenzuje a pak se znovu pod tlakem žene zpátky do podzemí. Síra a další agresivní látky z horkého dechu Mutnovské sopky tak neunikají do atmosféry ani řek a říček, ze kterých se dá všude pít. V létě sice vypadá elektrárna nad majestátním sopečným údolím téměř idylicky, koncem podzimu se však změní v polární oblast krutých mrazů, sněhových závějů a nemilosrdných větrných smrštů. [6]

Obrázek č. 8

Mutnovska a geotermální elektrárna - Kamčatka [24]



3.1.4. Rakousko

V Rakousku ve městě Altheim zásobuje centrální teplárna horkou vodou byty pro více než 2000 obyvatel, místní obchody a sportovní halu, a to již od roku 1990. Teplárna se nachází v centru města opodál radnice ve sklepních prostorách, kdy voda je tepelným čerpadlem vháněna do potrubí teplárny. Tato voda poté „předá“ své teplo a je vháněna zpět do podzemí k opětovnému ohřátí.

V roce 1997/1998 byl v Altheimu vybudován u parkoviště za radnicí druhý vrt k zajištění systému „geotermální dvojice“. Na povrchu je vzdálenost mezi vrty 50 m. V hloubce 2300m jsou poté tyto vrty od sebe vzdáleny 1700 m. Odchýlený vrt tak dosahuje celkové délky přibližně 3100 m. V prostorách těchto vrtů se nachází i elektrárna, která vyrábí elektřinu - 1000 kW z přibližně 100 l termální vody. Elektřina je vyráběna za pomoci speciální turbíny vyvinuté v Itálii. Tato turbína je schopna pracovat při nižší teplotě vody – tzv. ORC turbína (Organický Rankinův cyklus). Tento systém je založen na pracovní látce, která se přeměňuje na páru již při relativně nízké teplotě 106°C, kterou má termální voda v Altheimu. Tato pára poté pohání turbínu. Po pojetí vody turbínou se teplota vody sníží na 60°C a ta je pak zpátky vháněna do země druhým vrtem.

3.1.5. Francie - Alsasko

Ve Francii byla dosud teplá voda z nitra země používána k vytápění. Geotermie teď chytá "druhý dech" na základě zkušeností z alsaského výzkumného geologického centra (BRGM), kde probíhá evropský projekt. V hloubce až 5000 m jsou vodou teplou 200 °C poháněny turbíny malé elektrárny. Na stanovišti 50 km severně od Štrasburku pracuje zařízení s tepelným výkonem 50 MW. Při této výrobě energie nevznikají žádné odpady. [7]

3.1.6. SRN

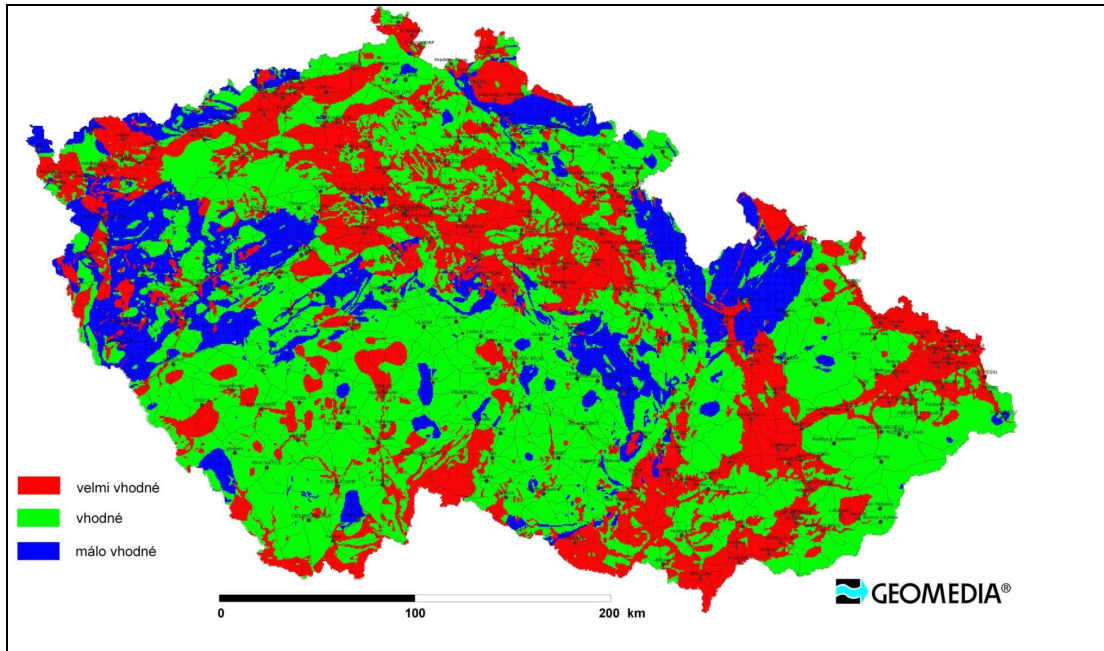
Německo nemá sice geologicky výhodné podmínky jako má Itálie a Island, ale i zde bylo prokázáno, že se zde pomocí geotermálních centrál daří získat množství tepla, které se dále využívá pro obytné domy a podnikatelské objekty.

V Prenzlau je využíváno teplo z hloubky 3000 m. Další kladné zkušenosti byly potvrzeny i v podnicích Veag Berlín, Kerna Drážďany a v Unterhachingu, které jsou v provozu již od roku 1996. Životnost těchto zařízení se předpokládá minimálně na 50 let, tedy na dobu, kdy jsou očekávány konkurenceschopné ceny tepla. [7]

4. ZKUŠENOSTI S VYUŽITÍM GEOTERMÁLNÍHO TEPLA V ČR

Obrázek č. 9

Plošná klasifikace území ČR vhodnosti využití vyššího potenciálu zemského tepla [17]



4.1. Potenciál Hot – Dry – Rock - HDR v České republice

Při úvaze, že by byl blok Českého masivu o mocnosti 4 km ochlazen o 1°C, byl by získán teoretický potenciál 500 000 PJ, přičemž roční spotřeba primárních energetických zdrojů v ČR je 1 800 PJ.

Ze řady výzkumných studií je možné odvodit, že na našem území je podle prvních výpočtů možné identifikovat minimálně 60 lokalit, v současné době vhodných pro výrobu elektřiny s celkovým výkonem cca 250 MW a tepla na vytápění s výkonem cca 2 000 MW, což představuje roční výrobu cca 2 TWh elektřiny a 4 TWh využitého tepla.

Ve vzdálenějším výhledu, po provedení doplňkového průzkumu na vytypovaných lokalitách je předpoklad možnost vybudování elektráren o celkovém výkonu 3 200 MW. Tyto instalace mohou být relativně rovnoměrně rozmístěny po republice a jejich roční výroba je odhadována na cca 26 TWh. [8]

4.2. Možnosti využití geotermální energie na území Národního parku Šumava

Modelově jsou řešeny možnosti využívání geotermální energie na území Šumavy. Hodnocení vychází z daných geologických a hydrogeologických podmínek. S ohledem na velmi omezená konkrétní měření jak zemského tepla, tak i teplot v různých hloubkách bylo do hodnocení zahrnuto i širší okolí včetně podkladů ze sousedního Rakouska a Německa.

4.3. Hodnocení geotermálního potenciálu

Tepelný tok v oblasti Šumavy (převážně horniny krystalinika), dosahuje hodnot kolem 60 mW.m⁻². Území však nelze považovat z hlediska prognóz využívání geotermální energie za zcela homogenní. Existují zde příznivé i nepříznivé vlivy, které lze označit jako geofaktory využívání geotermální energie. Uvedené vlivy jsou zároveň ve vzájemné interakci a konfiguraci, jež může být účelně využita v praktických aplikacích.

- Pozitivní vlivy

- přítomnost struktur, zejména zlomových, hlubšího dosahu, které představují přednostní úseky proudění zemského tepla z hloubky
- relativně místně nižší nadmořská výška, kterou představují údolí a krajinné deprese
- přítomnost žul, zejména drobnozrnných facií, obecně charakterizovaných zvýšenou radioaktivitou (U 10-12 ppm)
- přítomnost žilných vyvřelin, známých vyšší radioaktivitou, srovnatelnou s durbachity Českého masívu
- území s fosilní geotermální aktivitou, reprezentovanou hydrotermálními rudními žilami nebo jinými rudními tělesy, vzniklými z rudonosných geotermálních fluid (teploty těchto rudonosných roztoků jsou známy z geotermometrických výzkumů a pohybují se do 180 °C)
- území tvořené metamorfity, v jejich podloží v menších hloubkách do 1-3 km vystupují žulové horniny. V tomto podloží pak jsou zvláště důležité apikální, vrcholové partie žulových elevací, někdy spojené i s výskyty rudních ložisek

- Negativní vlivy

Využití geotermálního potenciálu pro studované území jsou: strukturální – větší mocnosti kůry, nepřítomnost výstupu CO₂, což naznačuje uzavření hlubšího oběhu podzemní vody a přítomnost metamorfitů (rul s nízkou radioaktivitou), svorů a amfibolitů s izolačními vlastnosti málo porušenými zlomy nebo hlubšími zlomovými pásmy (nepříznivými úklony foliačních ploch) a morfologické - polohy na úbočích a vrcholových partiích hor.

4.4. Plošný výpočet potenciálu zemského tepla

Z výše uvedených hledisek lze pokládat za perspektivní:

- údolí a doly v žulách nebo metamorfity, v jejichž podloží vystupuje žula, zejména pak apikální partie této podložní žuly
- území s fosilními hydrotermálními systémy, související s hydrotermálními ložisky rud
- území se zlomovými strukturami
- oblasti zvýšené radioaktivity v žulových horninách

Pro celou plochu CHKO Šumava 1682 km² dostáváme hodnotu 84100 kW. Tato hodnota tepelného potenciálu je velmi reálná, i když je nutno vzít v úvahu i shora uvedené negativní vlivy, které mohou lokálně využitelnost ovlivnit.

4.5. Zhodnocení oblasti Frymburk

Oblast města Frymburk má několik příznivých okolností pro rozsáhlejší využití geotermální energie. Obec je situována na břehu Lipenského jezera, které za dobu své funkce zavodnilo puklinový systém a vytvořilo nové tvary hladiny podzemní vody v dosahu vzduté vodní hladiny v jezeře. Území je z části tvořené ortorulami, které mají obecně dobře otevřený puklinový systém. Horniny krystalinika jsou porušeny téměř s. - j. poruchami, které mohou být přírodními cestami zemského tepla. Osídlení je převážně rodinnými domky anebo koncentrovanými zástavbami panelového typu. Obec není plynofikována.

Je poukázáno na ekonomické aspekty, které jednoznačně prokazují provozní efektivnost využití nízkoteplotních zdrojů pomocí tepelných čerpadel. Z rozboru vyplývá, že je třeba, aby stát podpořil využívání tohoto alternativního zdroje energie, který splňuje všechny ekologické požadavky zvláště v exponovaných územích se silně narušeným životním prostředím. [9]

Tabulka č 1

Plošné rozšíření hornin v různých kategoriích geotermálního potenciálu[9]

Kategorie	plocha [km2]
plocha přehradní nádrže Lipno	43.1
horniny s vyšší tepelnou vodivostí, převážně puklinově propustné; zvodnění 1 l/s, v dosahu vodotečí i vyšší	406.4
horniny středně tepelně vodivé, převážně puklinové kolektory; zvodnění do 1 l/s	946.9
metamorfity s malou tepelnou vodivostí, místy až tepelné izolátory s omezeným puklinovým zvodněním	219.4
průlinově propustné kvartérní sedimenty; zvodnění vysoké při spojitosti s povrchovými vodotečemi; vydatnost až několik l/s	21.1
rašeliny a slatiny, zvodnělé; převážně chráněné krajinářsky a vodohospodářsky	43.9
relikty málo mocné, v písčitém vývoji, průlinově zvodnělé do 0.1 l/s; jílové polohy jako tepelný izolátor	1.1
CHKO Šumava celkem	1681.9

4.6. Tepelné čerpadla

Tabulka č. 2

Tepelné čerpadlo: země/voda – plocha [10]

Popis:	Tepelné čerpadlo odebírající teplo z plochy zahrady. V zahradě jsou v metrové hloubce a metrové rozteči zakopány plastové hadice naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem.
Tepelné čerpadlo IVT:	IVT Greenline (v provedení <u>F</u>, <u>D</u>, <u>E</u>, nebo <u>C</u>)
Dodávané výkony:	Topný výkon 4 - 130 kW
Příklad použití:	Vytápění a ohřev TUV v objektech všech velikostí.
Výhody:	Nižší investiční náklady v porovnání s termovrty, vysoký topný faktor, lze instalovat ve většině lokalit v ČR.
Nevýhody:	Nelze instalovat u objektů s malým pozemkem, na ploše s kolektorem nelze nic stavět.
Zajímavé údaje:	Pro běžný rodinný dům je zabraná plocha pozemku 200 až 400 m ² .
Poznámka:	Při správném provedení kolektoru nedochází k ovlivnění vegetace nad kolektorem

Tabulka č. 3

Tepelné čerpadlo: země/voda – rybník [10]

Popis:	Tepelné čerpadlo odebírající teplo z povrchové vody. Na dně jsou položeny plastové hadice se zátěžkami, naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi vodou a tepelným čerpadlem.
Tepelné čerpadlo IVT:	IVT Greenline (v provedení <u>F</u>, <u>D</u>, <u>E</u>, nebo <u>C</u>)
Dodávané výkony:	Topný výkon 4 - 130 kW
Příklad použití:	Vytápění a ohřev TUV v objektech všech velikostí.
Výhody:	Nižší investiční náklady v porovnání s termovrty a plošnými kolektory, vysoký topný faktor
Nevýhody:	Riziko poškození potrubí v případě povodně, výlovu nebo jiné pohromy.
Zajímavé údaje:	Pro běžný rodinný dům je potřebná plocha 150 až 350 m ² .
Poznámka:	Tepelnými čerpadly IVT je vytápěna i část hradu Švihov, kde je teplo odebíráno pomocí hadic umístěných ve vodním příkopě.

Tabulka č. 4

Tepelné čerpadlo: vzduch/vzduch [10]

Popis:	Tepelné čerpadlo odebírající teplo z venkovního vzduchu do teplot až -15 °C.
Tepelné čerpadlo IVT:	IVT SHARP Inverter
Dodávané výkony:	Topný výkon 0,9 - 4 kW, chladicí výkon 0,9 - 2,9 kW
Příklad použití:	Přítápění a chlazení zimní zahrady
Výhody:	Nižší pořizovací cena, možnost chlazení v létě
Nevýhody:	Každá místnost musí mít vlastní tepelné čerpadlo, nižší topný faktor, při montáži je nutné plnit systém chladivem
Zajímavé údaje:	
Poznámka:	Není běžně dodáváno do ČR

Tabulka č. 5

Tepelné čerpadlo: větrací vzduch + země / voda [10]

Popis:	IVT 495 TWIN je zcela nové systémové řešení větrání, vytápění a ohřevu TUV. Kombinace využívání tepla odpadního vzduchu a tepla z plošného kolektoru zásadně zefektivňuje účinek tepelného čerpadla. Teplo z odpadního vzduchu je maximálně využito. Když není potřeba vytápět nebo ohřívat TUV, je nadbytečné teplo z větracího vzduchu uloženo do podzemní smyčky. Díky tomu je teplota zemního kolektoru stále vysoká a tepelné čerpadlo pracuje celoročně s vysokým topným faktorem. Celý systém vytápění, ohřevu TUV a ventilace je řízen jedním regulátorem REGO 400.
Tepelné čerpadlo IVT:	<u>IVT 495 TWIN</u>
Dodávané výkony:	Topný výkon 4 kW
Příklad použití:	Větrání a vytápění rodinného domu se zpětným získáváním tepla.
Výhody:	Nižší pořizovací cena, rychlá a levná instalace, zajištění zdravého klimatu v budově, kompaktní řešení včetně elektrokotle a bojleru
Nevýhody:	Nutnost instalace vzduchotechnického potrubí
Zajímavé údaje:	Nasávání venkovního vzduchu lze řešit i pomocí podzemního přírodního potrubí s předehřevem (případně ochlazením) vzduchu
Poznámka:	Kombinaci větrání a odběru tepla ze země lze instalovat i s tepelnými čerpadly vyšších výkonů.

Tabulka č. 6

Tepelné čerpadlo: země/voda – vrt [10]

Popis:	Tepelné čerpadlo odebírající teplo z vrtu. Ve vrtu jsou zasunuty plastové sondy naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem.
Tepelné čerpadlo IVT:	IVT Greenline (v provedení <u>F</u>, <u>D</u>, <u>E</u>, nebo <u>C</u>)
Dodávané výkony:	Topný výkon 4 – 130 kW
Příklad použití:	Vytápění a ohřev TUV v objektech všech velikostí.
Výhody:	Stabilní teplota zdroje tepla z vrtu, vysoký topný faktor, lze instalovat ve většině lokalit v ČR.
Nevýhody:	Vyšší pořizovací náklady, mírný nepořádek v průběhu vrtání
Zajímavé údaje:	Pro běžný rodinný dům se provádí vrty v hloubkách 50 - 120 m.
Poznámka:	Vrty jsou nejpoužívanějším zdrojem tepla pro tepelná čerpadla IVT

Tabulka č. 7

Tepelné čerpadlo: voda/voda [10]

Popis:	Tepelné čerpadlo odebírající teplo ze spodní vody. Spodní voda je vyčerpávána ze studny, v tepelném čerpadle je ochlazena a pak zavedena do druhé vsakovací studny.
Tepelné čerpadlo IVT:	IVT Greenline GRW (v provedení <u>F</u>, <u>D</u>, nebo <u>E</u>)
Dodávané výkony:	Topný výkon 4 - 175 kW
Příklad použití:	Vytápění a ohřev TUV v objektech všech velikostí.
Výhody:	Nižší pořizovací cena v porovnání s termovrty, velmi vysoký topný faktor
Nevýhody:	Spodní voda musí mít teplotu min. 7 °C a musí vyhovět její chemický rozbor. Větší riziko poruch, nutnost instalace a čištění filtrů.
Zajímavé údaje:	V některých lokalitách dosahuje teplota spodní vody až 14 °C.
Poznámka:	Pro běžný rodinný dům musí mít studna garantovanou vydatnost přibližně 0,5 l/s (43 000 l/den)

Tabulka č. 8

Tepelné čerpadlo: odpadní vzduch/voda [10]

Popis:	Tepelné čerpadlo odebírající teplo z vnitřního vzduchu v budově, které zároveň funguje jako větrací jednotka. Tepelným čerpadlem je ohřívána TUV a případně i topná voda až na 55 °C.
Tepelné čerpadlo IVT:	IVT 490
Dodávané výkony:	Topný výkon 1,7 – 2 kW
Příklad použití:	Větrání rodinného domu se zpětným získáváním tepla.
Výhody:	Nižší pořizovací cena, rychlá a levná instalace, zajištění zdravého klimatu v budově, kompaktní řešení včetně elektrokotle a bojleru
Nevýhody:	Nutnost instalace vzduchotechnického potrubí, nízký výkon tepelného čerpadla
Zajímavé údaje:	Díky rozměrům a nízké hlučnosti lze zabudovat do kuchyňské linky
Poznámka:	Není běžně dodáváno v ČR

Tabulka č. 9

Tepelné čerpadlo: vzduch/voda [10]

Popis:	Tepelné čerpadlo odebírající teplo z venkovního vzduchu do teplot až -10 °C. Tepelným čerpadlem je ohřívána topná voda až na 55 °C.
Tepelné čerpadlo IVT:	<u>IVT Optima</u>
Dodávané výkony:	Topný výkon 4 – 7,5 kW
Příklad použití:	Vytápění menšího rodinného domu, ohřev TUV, ohřev vody v bazénu
Výhody:	Nižší pořizovací cena, rychlá a levná instalace
Nevýhody:	Nižší topný faktor, kratší životnost v porovnání s čerpadly země-voda, hlučnost, pokles výkonu při nízkých venkovních teplotách
Zajímavé údaje:	Topný faktor při venkovní teplotě -7 °C a teplotě vody v topném systému 35 °C je 2,8
Poznámka:	Tepelné čerpadlo je vhodné kombinovat s vnitřní jednotkou Combi Compact

4.7. Tepelná čerpadla, typ země/voda - vrty

Teplo obsažené v zemské kůře se využívá nepřímo, získává se pomocí výměníku tepla (kolektoru) a přenáší se cirkulačním okruhem do výparníku tepelného čerpadla pomocí teplotnosné nemrznoucí kapaliny. Nemrznoucí směs odpovídá všem požadavkům na ochranu životního prostředí. Oběh teplotnosné kapaliny zajišťuje oběhové čerpadlo, teplotnosná kapalina se ve výparníku ochlazuje a v hlubinném vrtu se znovu ohřívá. Výměník je obvykle zhotoven z plastových trubek nebo hadic, které jsou umístěné ve vrtu nebo několika vrtech hlubokých 40 až 150 metrů vzdálených od sebe alespoň 10 metrů

4.7.1. Specifika vrtů

Pro ohřev teplotnosné kapaliny primárního okruhu tepelného čerpadla je v případě vrtů využívána geotermální energie Země. Do každého vrtu jsou nainstalovány vždy dvě polyetylenové smyčky ve tvaru U, pomocí kterých je cirkulací nemrznoucí směsi odebíráno teplo z okolního masivu.

Odběr tepla ze země pomocí vrtů je výkonnostně výhodnější, než řešení pomocí plošného kolektoru v hloubkách do 2 metrů, neboť vrt je během roku teplotně stabilnější. Ve vrtu nedochází k tak výrazným výkyvům teplot vlivem změn počasí v jednotlivých ročních obdobích. Vrty jsou však administrativně i technicky náročnější na realizaci a tím i výrazně dražší – za 1 metr vrtu včetně kolektoru zaplatíme přibližně 1.000,- Kč. Hloubka vrtu závisí na požadovaném výkonu tepelného čerpadla a na místních geologických podmínkách.

Vrty lze v letních měsících výhodně využít pro klimatizování budov. Musí však k tomu být přizpůsobena otopná/chladicí soustava (vzduchotechnika) i tepelné čerpadlo. Díky opačnému chodu tepelného čerpadla tak, že se v letních měsících teplo vrací do vrtu, vrty se regenerují, proběhne jejich odmražení a teplo se v nich naakumuluje pro další využití v topné sezóně během zimních měsíců. Do vrtů lze také přes tepelný výměník „ukládat“ letní energetické přebytky ze slunečních kolektorů.

4.7.2. Dimenzování výkonu tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo typu země/voda je výhodné dimenzovat na pokrytí přibližně 70% tepelné ztráty objektu. V případě zvýšené potřeby energie v kratších obdobích velmi nízkých teplot se spíná náhradní zdroj, obvykle elektrokotel (bivalentní uspořádání, některá tepelná čerpadla mají elektrokotel zabudovaný). U nízkoenergetických domů s malou tepelnou ztrátou se vyplatí i monovalentní soustava, tedy vytápění pouze tepelným čerpadlem.

4.7.3. Vliv počasí na teplotu vrtů

Svrchních 10 až 15 metrů vrtu při povrchu je ovlivňováno změnou venkovních teplot. Úhrnná hloubka vrtů by tedy měla být vypočtena bez těchto svrchních 10 metrů. Z tohoto hlediska je tedy lépe projektovat menší počet hlubších vrtů. Na druhé straně musí být provedené limitování hydraulickým odporem v sondách a příkony instalovaných oběhových čerpadel.

4.7.4. Vzdálenosti vrtů

Vrty pro odběr tepla ze země situujeme ve vzdálenosti alespoň 10m (resp. 10% jejich délky) od sebe, aby nedocházelo ke vzájemnému vychlazování. Není možné zaručit provedení vrtu v ideální kolmici k povrchu. Mírná šikmost vrtů může způsobit, že se sondy dvou sousedních vrtů k sobě v hloubce přiblíží. I z tohoto důvodu je nutné dodržet minimální rozestupy. Pro vzdálenost vrtů není stanovena žádná maximální hodnota. Kolem vrtu by však mělo být dodrženo 5m ochranné pásmo (od okolních vedení, od základů budov, od hranice pozemku).

4.7.5. Geotermický stupeň

Potřebná délka sond závisí kromě požadovaného výkonu tepelného čerpadla a tepelné vodivosti hornin také na teplotním poli Země. Geotermický stupeň udává hloubku v metrech, při které teplota pod povrchem vzroste o 1°C. Geotermický stupeň leží v intervalu 15-50 m/°C. Obvyklá hodnota činí 30-33 m/°C.

4.7.6. Provádění vrtů

Vrty pro umístění vertikálních sond se vrtají bezjádrově s minimálními průměry 120-140 mm. Drť je vynášena stlačeným vzduchem na povrch. Pro odstranění prachového znečištění se drť smáčí vodou. Po 24 hodinách se dá v příznivých geologických podmínkách odvrát 100 i více metrů.

4.7.7. Vystrojení vrtu

Po samotném vyvrtání je do vrtu zasunuta smyčka plastového kolektoru, resp. dvě U smyčky zatížené závažím. Poté je provedena injektáž vrtu bentonitem tak, aby byl zabezpečen lepší tepelný přenos mezi sondou a masivem a také k zacelení dutin, neboť vrtáním byly propojeny jednotlivé zvodnělé vrstvy. Pomocí injektáže je zamezeno vyvěrání spodních vod.

4.8. Vrtná souprava

K provádění vrtů je obvykle využita vrtná souprava na nákladním automobilu, nebo je možné využít menší vrtné soupravy na pásech. Vyvrtaná navlhčená drť je odváděna do připraveného kontejneru. [11]

Tabulka č. 10
Přehled tepelné vodivosti [11]

Hornina	Tep. vodivost (W/m K)	Získ. výkon (W/m)	Vrt na kW top. výkonu (m) (top. faktor 3)
Suché nezpevněné horniny	1,5	20	33
Pevné horniny nebo vodou nasycené	1,5 – 3,0	50	13
Pevné horniny s vysokou tep. vodivostí	3,0	70	9,5
Štěrký a písky, suché	0,4	20	33
Štěrký a písky, zvodnělé	1,8 – 2,4	55 - 65	10 – 12
Hlíny a jíly, vlhké	1,7	30 - 40	17 – 22
Vápenec, masivní	2,8	45 - 60	11 – 15
Pískovec	2,3	55 - 65	10 – 12
Žuly	3,4	55 - 70	9,5 – 12
Čediče	1,7	35 - 55	12 – 19
Ruly	2,9	60 - 70	9,5 – 11

Obrázek č. 10

Přehled systémů využití tepelných čerpadel [10]



5. VÝZNAM ODPADNÍHO TEPLA PRO NAŠI ENERGETIKU

5.1. Význam odpadního tepla

Pro zvýšení úspor energie jsou jako investiční podpora navržena typová technická opatření, zejména podpora snižování spotřeby energie budov neziskového sektoru prostřednictvím energeticky výhodnějšího pláště budov a efektivnějších systémů distribuce energií. Využití odpadního tepla je důležitou součástí oblasti hospodaření s energií. Oblast intervence využití odpadního tepla zahrnuje investiční podporu realizací, které využijí odpadní teplo, jako např. teplo z technologických procesů na vytápění, nebo pro výrobu el. energie.

5.2. Využití odpadního tepla – elektrárna Temelín

Při plánování elektrárny se uvažovalo o řadě možností, jak využít odpadní teplo, které tvoří většinu celkového výkonu elektrárny a je většinou bez užitku vypouštěno. Uvažovalo se o využití tepla pro zemědělství a rybníkářství, o vytápění řady okolních obcí, především části Českých Budějovic. Okolí Temelína však bohužel není příliš vhodné pro využití odpadního tepla k vytápění pro nízkou hustotu osídlení. Již v roce 1987 byla EGP Praha zpracována studie, z níž vyplynulo, že reálné je využití jen přibližně 1/3 dosažitelného výkonu Temelína, ovšem za cenu vysokých investičních nákladů. Prozatím se proto podařilo uskutečnit pouze vytápění Týna nad Vltavou. Na konci 80. let, v době, kdy se Temelín začínal stavět, se uvažovalo mj. o využití odpadního tepla pro chov ryb. [12]

5.3. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla

Při výrobě elektřiny spalováním fosilních paliv nebo biomasy vždy vzniká teplo. Principem kogenerace, tj. kombinované výroby tepla a elektrické energie, je toto teplo využít a zvýšit tak účinnost využití paliv. Při výrobě elektřiny v současných velkých tepelných (uhelných a jaderných) elektrárnách se využije zhruba 32 % energie obsažené v palivu; zbytek bez užitku odchází do vzduchu chladicími věžemi. Na druhé straně u nás existují tisíce městských výtopen a větších kotelen, které z uhlí vyrábějí pouze teplo, ačkoli by mohly zároveň produkovat i elektřinu.

V teplárnách a jiných kogeneračních zařízeních, kde se teplo vyrábí společně s elektřinou, je spotřeba paliv na jednotku vyrobené energie nižší. Tomu odpovídá i snížení emisí škodlivin v globálním měřítku. Kogeneraci lze velmi dobře využít ke zvýšení efektivity malých zdrojů a k decentralizaci výroby elektřiny, která s sebou nese také snížení ztrát v elektrorozvodné síti a vyšší bezpečnost dodávek. Výpadek jednoho menšího zdroje nemá významný vliv. [13]

5.4. Zařízení pro využití odpadního tepla

S rostoucími cenami energií se stává stále aktuálnější snaha o úsporu nákladů za vytápění. Úspory topných nákladů lze dosáhnout především zabráněním úniku tepla z vytápěných objektů, například opatřením obvodových zdí tepelnou izolací a výměnou oken a dveří. Obvykle následuje vybavení otopných soustav regulací, která zabrání zbytečnému přetápění. Dalším důležitým krokem je zvyšování účinnosti primárních zdrojů tepla a získávání tepla, které druhotně vzniká při technologických procesech.

5.5. Využití horkých spalin

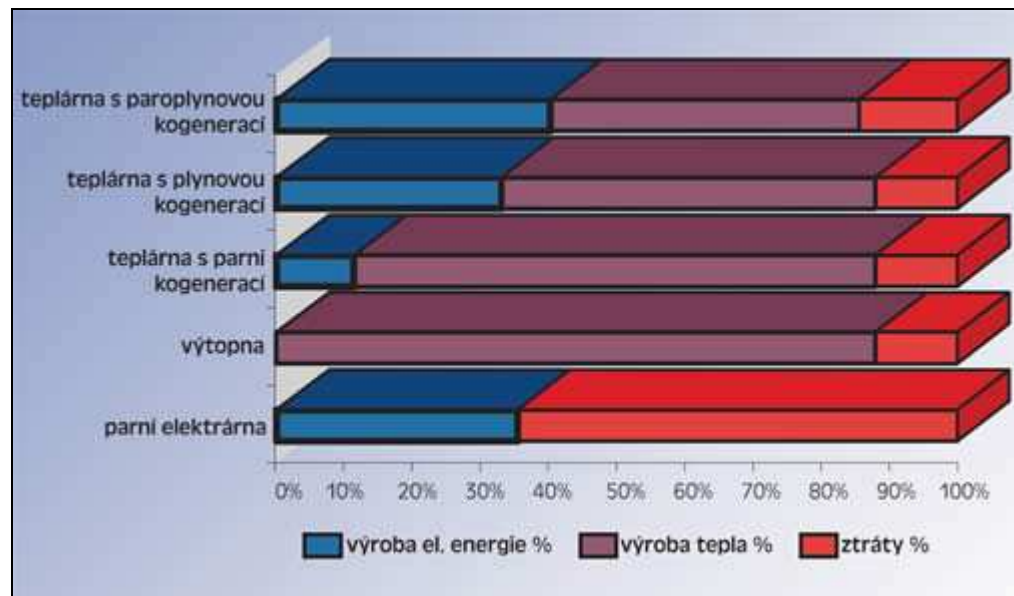
Jednou z možností snižování nákladů je využití odpadního tepla, které vzniká jednak při provozu primárních tepelných zdrojů, jako jsou například plynové kotle, jednak při provozu technologických zařízení, která jsou určena k tepelnému zpracování výrobků - žíhací pece, sušárny, keramické pece. Všechna tato zařízení produkují teplé spaliny, které odchází do komína, nebo ohřátý vzduch, který mnohdy není dále využíván a bez užitku je vypouštěn do okolního prostředí. Mnohé stávající plynové kotle i některé plynové kotle nové konstrukce nejsou dosud vybaveny ekonomizérem pro využití spalin. Spaliny poté odcházející do komína bez dalšího využití s teplotou překračující 200°C. Vřazením ekonomizéru do proudu spalin vznikne dodatečná teplosměnná plocha, jejímž prostřednictvím lze využít odpadní teplo například k předehřevu vratné vody nebo k ohřevu teplé užitkové vody.

5.6. Využití odpadního tepla chladicích agregátů.

Teplo odebrané výrobkům a chlazeným prostorům chladicími agregáty je v mnoha případech bez dalšího využití odváděno do kondenzátorů umístěných na střeše budovy, kde je předáváno okolnímu vzduchu. V potravinářské výrobě je zároveň velká spotřeba teplé užitkové vody, jednak pro oplach surovin před jejich vstupem do výrobního procesu, jednak pro oplach výrobní a manipulační techniky, přepravek, mytí podlah apod. Tato užitková voda je v mnohých výrobních ohřívána v zásobníkových nebo průtokových ohřívacích připojených na zdroj tepla, kterým je většinou plynový kotel. Vzhledem k tomu, že chladivo vycházející z kompresoru běžně dosahuje teploty 70 – 80°C, ve výjimečných případech dokonce překračuje 100°C, lze odpadní teplo z chladicího agregátu poměrně jednoduchým zařízením využít pro ohřev teplé užitkové vody (TUV). Toto se projeví sníženou spotřebou plynu, el. energie nebo jiného primárního zdroje tepla. V letních měsících, kdy chladicí agregáty běží na vyšší výkon lze tímto způsobem pokrýt ohřev TUV zcela. [14]

Obrázek č. 11

Rozdělení tepla přivedeného v palivu na výrobu elektřiny, tepla a tepelné ztráty v jednotlivých typech kombinované a oddělené výroby [13]



Obrázek č. 12

kombinované výroby tepla a elektrické energie [13]



6. OPERAČNÍ PROGRAM

Dne 15. listopadu 2006 byl projednán a schválen vládou ČR Operační program životního prostředí. OP ŽP rozpracovává prioritu "Ochrana a zlepšení kvality ŽP" prioritní osy "Životní prostředí a dostupnost" Národního rozvojového plánu pro období 2007 - 2013, jejímž cílem je zlepšení kvality životního prostředí jako nutného předpokladu atraktivnosti a konkurenceschopnosti státu a jeho regionů při využití inovačních efektů politiky životního prostředí pro udržitelný rozvoj. Navazuje na prioritu "Životní prostředí a dostupnost dopravy" Národního strategického referenčního rámce ČR 2007-10013 (NSRR).

Operační program životní prostřední obsahuje celkem 9 prioritních os, z nichž úspor energie se týká prioritní osa 3 - Udržitelné využívání zdrojů energie. Globálním cílem prioritní osy je podpora obnovitelných zdrojů energie a využití úspor energie přispívajících k udržitelnému rozvoji společnosti. Realizace tak přispívá k naplňování jak Národního lisabonského programu 2005 - 2008, tak Státní politiky životního prostředí 2004 - 2010. Mezi prioritní opatření patří maximalizace energetické a materiálové efektivity a racionálního využití zdrojů. Důraz bude kladen na zvyšování účinnosti užití energie, využití obnovitelných zdrojů energie, využití druhotných energetických zdrojů v průmyslu, rozvoj energetického využití odpadů a výrobu tepla z biomasy.

Udržitelné využívání obnovitelných zdrojů energie (dále jen "OZE") a realizace úspor energie přispívá k šetrnému využívání přírodních zdrojů, diverzifikaci nabídky energie a snižování energetické náročnosti a tím k udržitelnému rozvoji. Ve svém důsledku pomáhá ke snižování zátěže životního prostředí neboť vyšším využíváním OZE a realizací úspor energie lze nahradit spalování fosilních paliv (neobnovitelných zdrojů) se všemi negativními vlivy. Oblasti podpory jsou v souladu s prioritami Státní politiky životního prostředí schválené usnesením vlády České republiky č. 38/2001 a Státní energetické koncepce schválené usnesením vlády ČR č. 211 ze dne 10. března 2004. Prioritami jsou vyšší využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie, maximální energetické a elektroenergetické efektivity a prosazování úspor.

Oblast podpory prioritní osy s označením 3. 2. - Realizace úspor energie a využití odpadního tepla je zaměřena na úspory energie v oblasti konečné spotřeby energie, zejména energie na vytápění objektů nepodnikatelské sféry. [15]

7. TEPELNÝ TOK

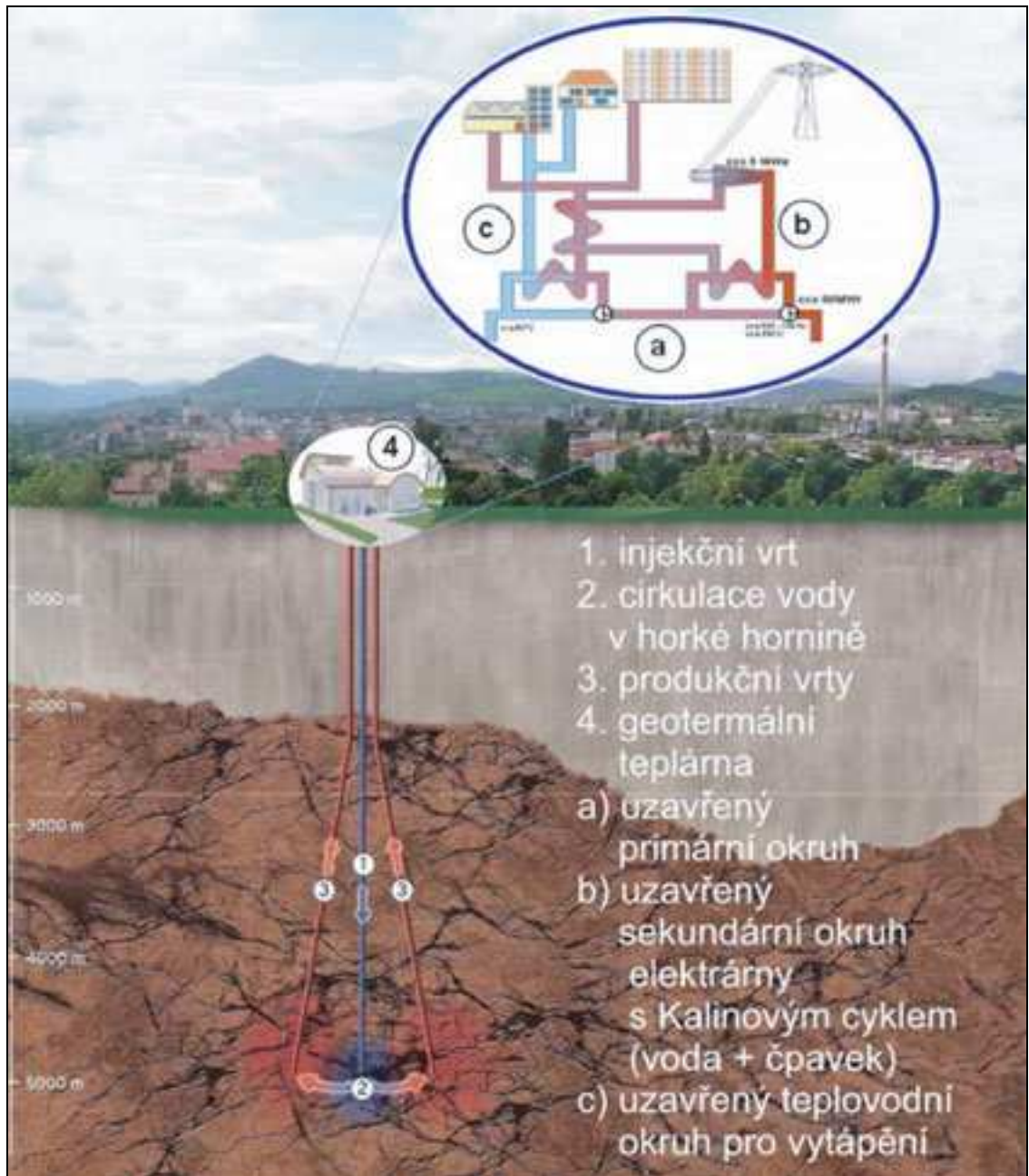
Tento termín patří v geotermice k nejužívanějším, neboť jeho hodnota vyjadřuje množství tepla, které prochází jednotkou plochy za jednotku času. Tepelný tok vyjadřujeme v hodnotách $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$. Dříve se tepelný tok vyjadřoval v jednotkách $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, někdy i v HFU (tj. Heat Flow Units).

Z hodnoty tepelného toku lze částečně odvodit rychlost růstu teploty s hloubkou. Neříká však nic o původu tepla. V geotermice je hodnota tepelného toku nesmírně důležitým indikátorem, a to nejen z hlediska využití geotermální energie, nýbrž i z hlediska geofyziky a obecně i geologie. Hodnotu tepelného toku lze konfrontovat s geologickými i geofyzikálními údaji, což prozradí mnoho o složení hlubších pater zemské kůry i o celkovém geologickém vývoji. Z hlediska využití geotermální energie jsou potenciální možnosti hlavně tam, kde je vysoká hodnota tepelného toku, což znamená v místech, kde jsou v malých hloubkách pod povrchem zvýšené teploty.

Na zemském povrchu je rozmezí hodnot tepelného toku, až na výjimky, mezi 30 a 120 $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$. Střední hodnota, vypočítaná z několika desítek tisíc měření, je 70 $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$. Kolem činných sopek, výronů horkých vod, může však být číslo mnohem vyšší. Uvedenou střední hodnotu najdeme v geologických a geofyzikálních kompendiích i ve speciálních příručkách.

Obecně platí, že na stabilních částech zemské kůry, hlavně na štítech a platformách, včetně starých orogénů, je hodnota tepelného toku nižší. Naopak v mladých orogénech, částech zemské kůry s aktivním vulkanismem a silnou seizmicitou, jsou hodnoty vyšší. Je však celá řada výjimek, hlavně v případech, kde jsou oživeny starší části zemské kůry mladou tektonikou a případně i neovulkanismem, tj. třetihorní a čtvrtohorní sopečnou činností. Příkladem takové reaktivované kůry s vyššími hodnotami tepelného toku je v Českém masivu Podkrušnohoří. Rottové zóny, tj. reaktivovaná pásma se silnější seizmickou i vulkanickou činností a znaky rozpínání kůry, mají obvykle vysoké hodnoty tepelného toku. Platí to jak pro pevninské, tak oceánské Rottové zóny. Vztahy mezi tepelným tokem a mocností zemské kůry jsou zřetelné – mocnější zemská kůra znamená nižší hodnoty tepelného toku. Oceánská kůra vykazuje v průměru vyšší hodnoty tepelného toku než kontinenty a hodnota tepelného toku roste od starších částí kůry k riftům na středoocéánských hřbetech se současným vulkanismem. Vysoké hodnoty tepelného toku jsou i na poruchových zónách, tzv. transformních zlomech. [16]

Obrázek č. 13
 Schéma projektu využití metody HDR v Litoměřicích [20]



8. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

8.1. Geologie, hydrogeologie

- křídové sedimenty – převážně pískovce (cenoman) a slínovce (turon) mocnost 220 m, omezené zvodnění při povrchu, významnější zvodnění cenomanu, teplota vody 14 °C
- permokarbonská pánevní struktura – převážně jílovce s polohami a vložkami pískovců a prachovců mocnost cca 775 m, minimální zvodnění, vysoká mineralizace, celková mocnost sedimentů cca 1000 m
- podloží tvořeno granitoidními horninami (granodiority)

8.2. Strukturní geologie

- jihovýchodní okraj vulkanického komplexu Českého středohoří
- hlavní osa synklinály České křídové pánve
- s-j orientován relikty permokarbonské pánve
- jz-sv orientovaný ohárecký rift
- tektonické porušení kadomské, kaledonské, hercynské a alpské [17]

8.3. Perspektivnost lokality

Tato lokalita je perspektivní ze tří hledisek: Jednak se nachází v blízkosti třetihorních vulkánů Českého středohoří, které hřály okolí i hlubiny ještě před několika milióny let. Za druhé leží v blízkosti litoměřického zlomu, jednoho z nejvýznamnějších zlomů v Českém masívu, podle něhož vystupují z hloubek Země látky a energie. A za třetí, jako zlatá rybka, se zde podle předpokladu někde hluboko nachází žulová tělesa s hřejícími radionuklidy. [18]

9. LITOMĚŘICKÝ ZLOM

9.1. Geologický vývoj

Geologický vývoj oblasti Českého středohoří je velmi složitý. Spolu s hnědouhelnými pánvemi a Doupovskými horami vznikalo na styku dvou regionálně významných geologicky odlišných jednotek Českého masivu (1. krušnohorská-durynská oblast; 2. tepelsko-barrandienská oblast). Jde o třetihorní vulkanické pohoří, jehož předchůdce zde existoval pochopitelně mnohem dříve.

9.2. Starohory (stáří 2 500 – 600 mil. let) a prvohory (stáří 600 – 225 mil. let)

9.2.1. Krystalinikum

V podloží vyvřelých a usazených hornin jsou v Českém středohoří zastoupeny přeměněné horniny a hlubinné vyvřeliny, řazené obvykle k tzv. krušnohorskému krystaliniku. To je přítomno téměř pod celým Českým středohořím až po linii Děčín – Česká Lípa. Na jihovýchodním okraji Středohoří je odděluje od tepelsko-barrandienské oblasti litoměřický zlom. Na území CHKO ČS vystupuje krystalinikum na povrch pouze v Oparenském údolí, v České bráně a ostrůvkovitě na dalších několika málo místech. Potvrzení o stavbě této jednotky pod Středohořím poskytují úlomky hornin, které se objevují v přírodních drahách vulkánů, a údaje z hlubokých vrtů. Povrch krystalinika, skrytý v hloubce pod mladšími horninami, je velmi členitý. Jeho nejnižší známá úroveň je 1 230 m pod hladinou moře (zjištěna vrtem u Volfartic); nejvyšší úroveň je dána výchozem rul na kótě 487 m u Milešova (výškový rozdíl větší než 1 700 m). Horninové složení: středně zrnité muskoviticko-biotitické typy ortorul, částečně pararul a migmatitů.

Zajímavé je složení krystalinika v jihozápadní části Středohoří mezi Třebenicemi a Měrunicemi. V podloží se zde nacházejí tělesa ultrabazických (silně zásaditých) hornin – tzv. peridotitů, které jsou matečnou horninou pyropu (českého granátu). Čedičové magma, které tyto horniny při explozi prorazilo, jejich úlomky vyneslo k povrchu.

9.2.2. Permokarbon

Jedná se o pouze menší výskyty hornin tohoto stáří, které jsou denudačními zbytky původně rozsáhlejšího pokryvu (slepence, arkózovité pískovce, resp. jemnozrné pískovce). Produktem kyselého vulkanismu v karbonu jsou ryolitové tufy. Těleso teplického ryolitu je pod sedimentární výplní severočeské pánve a zasahuje k údolí Bíliny. Jedná se o hluboce

erodovaný zbytek kaldery, která byla hlavním centrem ryolitového vulkanismu v Českém masivu. Výchozy ryolitových tufů v Oparenském údolí jsou samostatným výskytem. Pod křídovými horninami pokračují jihozápadně od Lovosic přes Třebívlice do okolí Třtěna. V okolí litoměřického zlomu došlo k jejich rozlámání na bloky.

9.3. Druhoohory (stáří 225 – 70 mil. let).

Za jednu z nejvýznamnějších etap geologického vývoje Českého středohoří je považováno období svrchní křídy. Vznikl zde několik stovek až tisíc metrů mocný pokryv usazenin, tvořící podklad třetihorního vulkanosedimentárního komplexu. V období před 97 - 85 mil. lety existovalo v prostoru Českého masivu mělké moře. K záplavě došlo po výrazném celosvětovém zdvihu mořské hladiny v cenomanu (nejstarší stupeň svrchní křídy). V turonu a coniacu (další, mladší stupně svrchní křídy) bylo uloženo 400 - 900 m sedimentů, které jsou tvořeny v jihozápadní části Středohoří vápnitými jílovcí, slínovci (opukami) a jílovitými vápenci (těženy dnes již mimo CHKO ČS - u Úpohlav - jako cementárenské suroviny). V severovýchodní části území se pak jedná převážně o pískovce, neboť zároveň docházelo k poklesům mořského dna (nejvíce na severovýchodě oblasti) a do deprese směřoval přísun písčitého materiálu z lužického ostrova, kde vznikal zvětráváním žul. Zpevněné pískovce byly dříve hojně těženy na stavební kámen. V oblasti Českého středohoří tedy existují ve druhohorách dva typy vývoje: pískovcový lužický a nepískovcový oherský.

V mladším coniacu až santonu docházelo k postupnému změlčování mořské pánve a k jejímu zaplňování písčným materiálem. V celém Středohoří se vytvořilo mocné těleso písků s vložkami jílovců, které se zachovalo v nesouvislých denudačních zbytcích o maximální mocnosti 150 - 200 m. Ty byly dříve často těženy v pískovnách a využívány jako stavební, sklářské, brusné i slévárenské písky.

Po skončení křídové sedimentace nastalo období rozlámání křídového pokryvu podél zlomů do řady ker. Při nastupující sopečné činnosti byly křídové sedimenty ve styku s tělesy vulkanitů tepelně přeměněny. Zároveň došlo k jejich vyzdvižení průnikem těles vulkanitů, a to až o několik stovek metrů.

9.4. Třetihory (stáří 70 – 1 (?) mil. let)

Výsledkem geologického vývoje v třetihorách jsou jednak sopečné České středohoří, jednak sedimentární Mostecká pánev. Před vznikem vulkanosedimentárního komplexu

docházelo k odnosu křídových hornin. Zároveň teplé a vlhké klima přispělo k zvětvování, místy i k prokřemenění původního povrchu. Vznikly tvrdé křemence (na jihozápadě oblasti zv. slunáky).

Na Mostecku a na Lounsku zasahují do Středohoří okrajově třetihorní pánevní sedimenty. Charakteristické znaky mají zejména porcelanity. Jsou to sedimenty pánevní výplně s uhelnou příměsí. Vlivem eroze došlo k odkrytí a k zemnímu požáru (oxidace uhelné složky). Zbylá hmota byla vypálena. Vznikly tak velmi tvrdé a pestře vybarvené horniny. Těžily se např. u Dobřic, kde je také ponechán ukázkový profil. Používaly se ke zpevnění cest a jako podsypový materiál pro důlní dráhy.

Vulkanosedimentární komplex Českého středohoří byl vytvořen v období před 40 až 16 mil. lety. Vulkanismus je vázán na oherský rift, vulkanicko-tektonickou zónu, vzniklou jako odezva alpínských horotvorných pochodů. V prvních etapách docházelo pravděpodobně k odplyňování hlubokého sopečného krbu podél hluboko zasahujících zlomových zón. Vznikaly přitom silně explozivní vulkány - maary. Jsou známy hlavně z oblastí podél litoměřického zlomu. Později se vytvořila deprese a bylo tak více možností pro výstup magmatu podél zlomových linií až na povrch. Vznikly početné výlevy olivinických čedičů. V riftové depresi docházelo ke styku žhavých láv s vodním prostředím. Docházelo přitom k jejich přeměně a k rozpadu a vznikly tak velké objemy úlomkového materiálu. Tyto nesoudržné horniny byly různě přemísťovány gravitací a rozplavováním.

V další etapě vznikl složený vulkán. Tefrity a jejich tufy využily ke svému výstupu některé již dříve existující přírodní dráhy a také nové, vzniklé v souvislosti s pokračujícími tektonickými pohyby. Převládala produkce tufů nad méně rozsáhlými výlevy láv. Pokračovalo druhotné přemísťování nesoudržného materiálu. Vznikala podpovrchová tělesa čedičových a trachytických hornin, která vnikala do podloží i do povrchových sopečných produktů při průběhu obou etap vulkanické aktivity. Další tektonické pohyby měly za následek opětný výstup olivinických čedičových magmat. Koncem třetihor počíná intenzivní erozní činnost.

9.5. Čtvrtohory (stáří 1 (?) mil. let – dosud)

Období je charakterizováno značnými klimatickými změnami, které se odrazily i ve vlivu na utváření dnešního vzhledu krajiny (pravidelné střídání glaciálů a interglaciálů – dob ledových a meziledových). Pro České středohoří je důležitý zejména vývoj labského údolí, které patří k velmi významným prvkům krajiny severních Čech. V různých výškách se v údolí Labe zachovaly říční uloženiny z různých období starších čtvrtohor. Plošný rozsah říčních teras však není velký. Během čtvrtohor zde prohloubil tok Labe své údolí asi o 100 m.

Zvláště období přechodu chladných period v teplejší vzrostlo v řečištích množství tekoucí vody. S tím byl spojen transport sedimentů od písku až po velké balvany vulkanitů. Pokud voda dospěla do území s menším sklonem nebo plochým reliéfem, pak se tyto sedimenty ukládaly ve formě výplavových vějířů. Tak vznikly i granátonosné písčité akumulace v okolí Podsedic a Třebívlic.

Ve stadiálech, nejchladnějších obdobích čtvrtohor, vítr unášel velké množství prachu, vznikajícího zvětráváním hornin. Převládaly západní větry, proto jsou prachové uloženiny v nejmocnějších vrstvách zachovány na východních úbočích v závětrí vyvýšenin. Vznikly tak spraše a sprašové hlíny, jejichž vrstvy dosahují mocnosti i přes 20 m. Tyto tzv. eolické sedimenty bývají využívány jako cihlářské suroviny. [19]

10. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRŮZKUMNÝCH PRACÍ V LITOMĚŘICÍCH

Obrázek č. 14

Detailní pohled na vrtnou soupravu [20]



Obrázek č. 15

Vrtná hlavice, jedna z nejnákladnějších součástí vrtného komplexu [20]



Obrázek č. 16

Detail ústí vrtu v Litoměřicích v současné době. Horní střední část slouží k odběru ohřáté vody. Boční vstup slouží pro vhánění studené vody do vrtu. [25]



Obrázek č. 17

Pohled na zaschlé minerály z vypouštěné ohřáté vody z vrtu v Litoměřicích [25]



10.1. Stratigrafický profil vrtu v Litoměřicích

- 0 – 15 metrů navážka
- 15 – 25 metrů kvartér pleistocén
- 25 – 90 metrů svrchní křída / střední turon
- 90 – 165 metrů svrchní křída / spodní turon
- 165 – 190 metrů svrchní křída / cenoman
- 190 – 460 metrů permokarbon / svrchní červené souvrství - líňské
- 460 – 500 metrů svrchní karbon / svrchní šedé souvrství - slánské
- 500 – 600 metrů svrchní karbon / spodní červené souvrství – týnecké
- 600 – 780 metrů svrchní karbon / spodní šedé souvrství - kladenské
- 780 – 900 metrů křemenný porfyr
- 900 – 2111,2 metrů svor, bez známek kontaktní metamorfózy - obr. č. 18

Obrázek č. 18

Pohled na vzorek svoru z průzkumného vrtu v Litoměřicích [25]



10.2. Zkušební vrt

Geotermální a vrtné aspekty využití geotermální energie pro výrobu elektrické energie a tepla pro městskou aglomeraci Litoměřice se řeší postupnými kroky. Realizace geofyzikálních prací a jejich vyhodnocení umožnila projektovat a situovat ověřovací vrt s projektovanou hloubkou 2500 m.

Projekt geologických prací využívá nové podklady geologické, geofyzikální a geotermální, hlavně pokud se týká hlubších struktur Českého masívu. Projekt vychází z širšího posouzení využitelnosti regionální struktury Českého masívu pro geotermální účely a vede ke stanovení geotermálního potenciálu oblasti města Litoměřic. Projekt dále zahrnuje návrh vrtně-technického řešení a orientační cenové údaje.

Zkušební vrt umožnil ověření teoretických geologických předpokladů. Jeho realizací se výrazně sníží riziko související s geotermálním projektem.

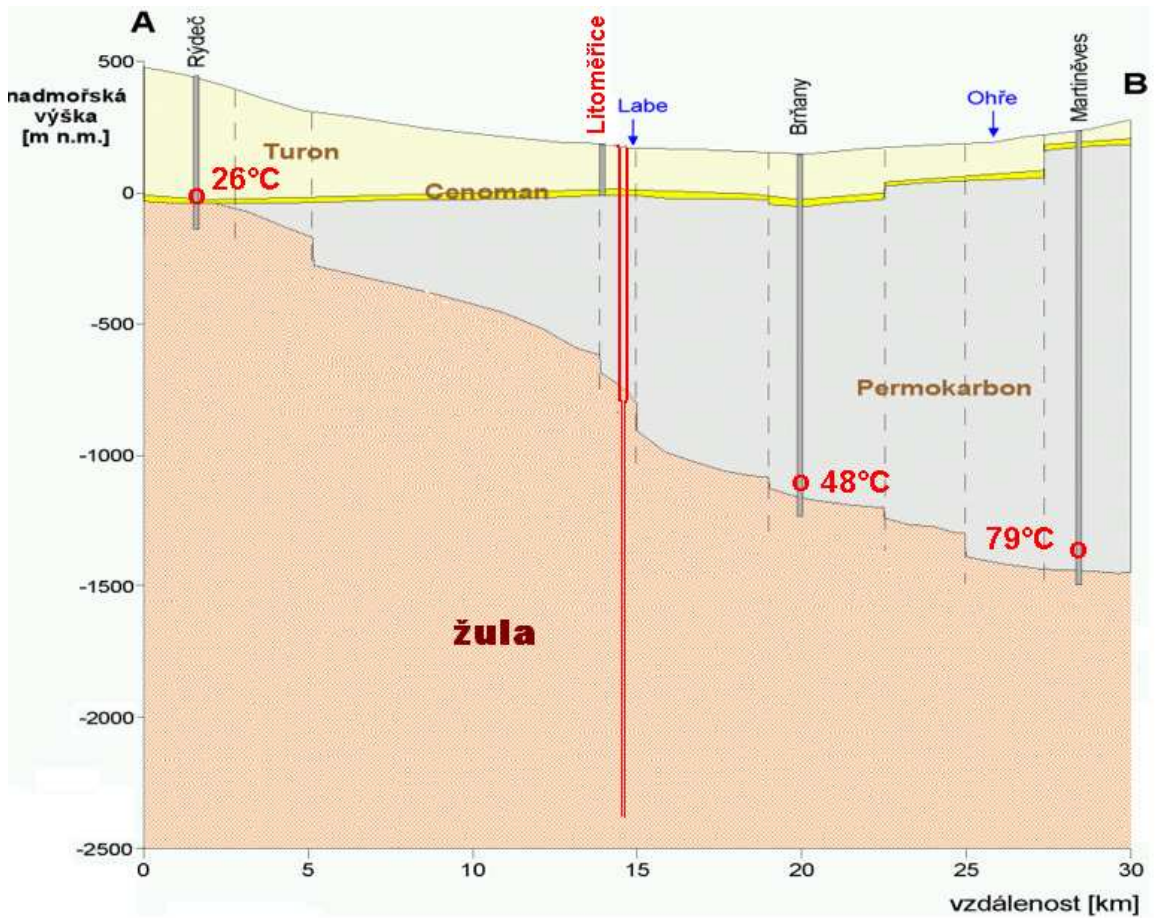
Tento vrt začal být hlouben 21. listopadu 2006 v Jiříkových kasárnách na předměstí Litoměřic. Nese označení PVGT – LT 1. V současné době je hloubka vrtu 2111, 2 metrů s průměrem vrtu při jeho ústí 0,156 m a teplota u dna vrtu činí 63,4°C. Středem vrtu je umístěna trubka o průměru 78/67 mm sloužící k odběru ohřáté vody. Toto je zřejmé i z obrázku č.16, kde je zřejmý výstup pro ohřátou vodu v horní střední části ústí vrtu. Boční vstup ústí vrtu poté slouží pro vhánění studené vody. Středová trubka musí být přibližně do 800 m tepelně izolována za účelem snížení tepelných ztrát vzniklé nízkou teplotou horniny, která se v této hloubce pohybuje v rozmezí 10 – 20 °C. V prostorách vrtu v místech, kde byla vypouštěna ohřátá voda z vrtu je zřejmý nános minerálů – obr. č.17

Vrt realizuje firma INGEO a.s. Žilina. Pražská společnost Geomedia s.r.o., která je řešitel projektu je i příjemcem státních dotací. Geomedia s.r.o čerpá zkušenosti z Francie, Švýcarska, Austrálie, Rakouska a Německa.

V rámci České republiky jde o pilotní projekt tohoto druhu, kdy zkušenosti z litoměřického projektu bude možno využít při případné realizaci projektů tohoto druhu v celé České republice. Realizace takových projektů v současné době jsou připravovány ve městech Lovosice, Chrastava, Dobruška, Liberec, Teplice a Kadaň.

Obrázek č. 19

Schéma zahajovacího zkušebního vrtu [8]



Obrázek č. 20

Ukázka množství energie [8]

Pod ČR je velkým zdrojem tepla žulový blok Českého masivu. Horká žula má v sobě obrovské množství energie. Pro představu, ochlazení kvádry žuly s objemem 1 km³ o 40°C poskytuje takové množství energie (elektřina + teplo), které stačí pro město Litoměřice na 30 let.



10.3. Technologie výroby tepla a elektrické energie

Je velmi pravděpodobné, že Litoměřice budou pro výrobu tepla a elektrické energie používat tzv. Kalinův cyklus, kdy se tepelná energie na bázi výměňkové stanice pomocí technologie Kalina přemění na elektrickou.

10.4. Kalinův cyklus

Kalinův cyklus se skládá z jednotlakové kotle na odpadní teplo, kde probíhá vypařování a přehřívání směsi, mezichladiče, který hradí deficit ve spotřebě tepla a je umístěn mezi středotlakým a nízkotlakým dílem turbíny, a destilačního a kondenzačního subsystému, v němž pracovní látka vstupuje ve stavu suchých nasycených par a kondenzuje v širokém rozsahu teplot. Z výměňkové stanice poté proudí elektřina do sítě a ohřátá voda do podzemních rozvodů tepla.

Teplá voda je v horním výměníku ochlazována a je vedena zpět do podzemního výměníku. V tomto případě se bude využívat kogeneračních jednotek. Zdrojem tepla pro kogenerační jednotku je geotermální energie získaná systémem hlubinných vrtů. Kogenerace v překladu znamená společnou výrobu tepla a elektrické energie.

Pro cirkulaci tepla v podzemním výměníku je zapotřebí medium – voda, která Litoměřicích bude čerpána z Labe. Vody je ve větším množství zapotřebí z počátku, neboť voda poté v zařízení cirkuluje a nedochází k nežádoucím vedlejším účinkům. [20]

11. EKONOMICKÉ PARAMETRY ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ

11.1. Využití hydroenergetického potenciálu

ČR, která leží v oblasti pramenů a horního povodí řek nemá zvlášť příznivé podmínky pro využití vodní energie. Vodní elektrárny vybudované na řekách s velmi kolísavými průtoky vody a malými spády, vykazují nízké roční využití. Podle statistických údajů vyplývá, že dosud je využíváno zhruba 75 [%] vodní energie. To představuje do budoucna potenciální rezervu pro doplňkovou výrobu elektrické energie. Značný počet míst pro stavbu malých vodních elektráren leží v chráněných krajinných oblastech. Nejčtenějším typem jsou i pro budoucnost malé vodní elektrárny průtočné a derivační. Oblast návrhových parametrů je pokryta základními typy turbín, obvykle používaných v malých vodních elektrárnách (Pelton, Francis, Kaplan, Bánki, aplikace čerpadel ve funkci vodních turbín) v různých modifikacích. Odhaduje se, že je možné ještě vybudovat několik set malých vodních elektráren.

11.2. Větrná energie

Podmínky pro využívání větru nejsou v ČR příznivé. Na většině území je průměrná rychlost větru nižší než 4 [m/s], což je nejnižší hranice pro hospodárné užití pro větrné elektrárny. Uvádí se, že ekonomicky využívat větrnou energii lze tam, kde bude roční produkce alespoň 800 [kWh/m²], což znamená, že střední rychlost větru ve výšce 10 [m] nad zemí musí být vyšší než 4,5 [m/s], ve výšce 30 [m] přibližně 5,7 [m/s]. Odhaduje se, že při dodržení zákonů o ochraně přírody a povolovacím řízením v regionech by bylo možné postavit cca 1000 až 1200 větrných elektráren s malými výkony.

11.3. Využívání biomasy

Biomasu lze použít přímo jako palivo pro výrobu tepla, pro výrobu bioplynu a dřevoplynu, pro výrobu kapalných paliv. Odpady jsou ukládány na skládky, část recyklována, část spalována. Skládkový plyn ze skládek odpadu, čistíren odpadních vod, lze využívat pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Stále více se rozšiřuje pěstování rostlin pro energetické účely, včetně rychle rostoucích dřevin (osazování bývalých složišť popela a důlních výsypek, využívání nadbytečné zemědělské půdy).

11.4. Sluneční energie

Sluneční záření, které je využíváno buď okamžitě v primární podobě elektromagnetického záření, nebo později, vyzářené již dříve a určitým způsobem po jeho přeměně uložené v jiný druh energie. Střední teplota povrchu Slunce je 5712 [K]. Země je vzdálena od Slunce 150 milionů km. Při této vzdálenosti je intenzita ozáření 1,353 [kW/m²] (solární konstanta).

Energii vyzařovanou sluncem lze využívat pasivně i aktivně. Použití fotovoltaických článků patří k aktivnímu využití slunce a patří k velmi perspektivním zdrojům energie. Využití solární energie se v současné době zajišťuje dvěma směry.

Výroba autonomních elektrických spotřebičů využívajících jak přímou solární energii, tak i energii akumulovanou v lokálních akumulátorech (není třeba připojení na elektrickou síť), spojení solárního systému jako doplněk k současné distribuční elektrické síti.

Do této oblasti OZE patří i sluneční kolektory, které mohou mít různou formu (teplovzdušné, kapalinové, kolektory s Fresnelovými čočkami, vakuové kolektory). Tyto zdroje mají významné regionální a lokální uplatnění pro dodávky tepla.

11.5. Geotermální energie

Využití geotermální energie je omezeno na příznivé lokality země, kde horký tok magma vystupuje blíže k povrchu země, zvyšuje se teplota, což umožňuje využití geotermální energie hlubinnými vrty. Takovéto lokality se ve světě vyskytují vzácně, při dosahování vyšších teplot je možné v některých případech zajistit výrobu elektřiny přímo parou z podzemních zásobníků nebo použít systém s uvolňovači páry (z horké vody). Výzkum se zabývá využitím suchých ložisek horkých hornin, do kterých se čerpá voda a pára se odebírá druhým vrtem.

Izočáry tepelného toku z nitra země v ČR jsou v mezích 50 až 80 [mW/m²], což jsou hodnoty nedostatečné pro výrobu elektřiny z geotermální energie., umožňují však ve vhodných lokalitách využít teplou vodu k vytápění.

11.6. Odhad růstu celosvětové energie

Lze předpokládat, že ČR bude v této problematice dodržovat světový trend. Podíl velkých elektrárenských bloků na výrobě elektřiny bude klesat ve prospěch kogeneračních jednotek a obnovitelných zdrojů s menšími výkony. [21]

11.7. Jaderná energie

V současné době patří tento způsob získávání energie k velmi diskutabilním otázkám. Odpůrci namítají, že tento způsob je pro životní prostředí nebezpečný a nešetrný. Naopak druhá strana uvádí, že se jedná o ekonomicky stabilní a bezpečný způsob jak získávat energii. V současné době Nezávislá energetická komise vedená předsedou Akademie věd Václavem Pačesem označila jadernou energii za jednu z možných variant řešení předpokládané energetické krize.

Tabulka č. 11

Potenciál výroby elektrické energie ze slunce [27]

Potenciál	Plocha celkem m ²	inst. Výkon MWe	Výroba GWhe/rok
Technický	210 000 000	22 000	23 000
Dostupný	50 200 000	5 300	5 500

Tabulka č. 12

Potenciál využití tepelné sluneční energie [27]

Potenciál	Plocha celkem m ²	Výroba TJ/rok
Technický	13 000 000	25 000
Dostupný	9 000 000	17 000

Tabulka č. 13

Energetický potenciál biomasy pěstované biomasy v ČR [27]

Druh potenciálu	Produkce biomasy (tis. Tun)	Energie (PJ)
Ekonomický (r.2004)	2 738	41
Dostupný	9 037	136
Využitelný	13 693	205
Technický	18 348	275
Teoretický	27 385	411

Tabulka č. 14

Potenciál využití bioplynu [27]

Potenciál	Celkem	
Technický	Bioplyn (tis. m ³)	1 510 600
	tj. energie (PJ)	33
Dostupný	Bioplyn (tis. m ³)	625 000
	tj. energie (PJ)	16
	Elektřina (GWh)	1 200

Tabulka č. 15

Potenciál lesní biomasy [27]

Druh potenciálu	Energie (PJ)
Technický	77,6
Dostupný	44,8

Tabulka č. 16

Potenciál vodní energie [27]

Potenciál	Roční výroba (GWh)	Výkon (MW)	Počet elektráren
Teoretický	13 100	-	-
Využitelný	2 280	1 134	1 618
Z toho MVE	1 115	398	1 610
Využitý	1 850	1 004	1 188
Z toho MVE	705	268	1 180
Nevyužitý (pouze MVE)	410	130	430
Repowering (technologická obměna)	40	15	200

Tabulka č. 17

Technický potenciál výroby elektrické energie z větrné energie [27]

Rychlost větru (m/s)	Instalovaný výkon (MW)	Předpokládaná výroba (GWh/rok)
4,1 – 5,0	2 571	2 236
4,6 – 5,0	2 368	2 053
5,1 – 6,0	8 208	12 312
> 6,0	888	1 776
Celkem technický	11 667	16 324
Celkem dostupný	3 000	4 000

Tabulka č. 18

Technický a dostupný potenciál využití geotermální energie (v instalovaném výkonu) [27]

Druh energie (MW)		Technický (MW)	Dostupný	Poznámka
Elektřina	Hydrotermální > 130°C	300	100	Jeden vrt představuje výkon cca 10 MW
	Suché teplo hornin	35 000	3 400	Jedna lokalita představuje výkon cca 4 MW, je zapotřebí 2 vrtů
Teplo	Hydrotermální < 130°C	250	25	Využití vázáno na vybrané lokality
	Energie mělkého horninového prostředí	30 000	4 000	Energie využitelná tepelnými čerpadly; dostupný potenciál by vyžadoval zdroje elektřiny až o inst. Výkonu 1 000MW

Tabulka č. 19

Současné využití energie z obnovitelných zdrojů v ČR [26]

Druh obnovitelných zdrojů energie	Elektřina (GWh)	Tepelná energie (PJ)
Větrná energie (VěE)	4	-
Vodní energie (MVE <10MW)	750	-
Velké VE (>10 MW) bez přečerpávacích elektráren	1 165	-
Solární tepelné systémy	-	0,4
Fotovoltaické systémy	0,03	-
Geotermální energie vč. Energie prostředí (tepelná čerpadla)	0	0,2
Energie biomasy	420	22
Biopaliva motorová	-	2,5
Celkem	2 339	25,1

12. DISKUZE A ZÁVĚR

12.1 Diskuze

V České republice byla geotermální energie do doby nedávno minulé spjata především s lázeňstvím (Karlovy Vary) a využíváním pro rekreační a sportovní účely jako tomu je např. v Ústí nad Labem, kde je geotermální teplo využíváno pro termální koupaliště. Nemalým důvodem je i fakt, že se v ČR nevyskytují tak vysoko teplotní zdroje jako například na Islandu či v jiném vulkanicky aktivním území.

Provedenými studiemi bylo zjištěno, že i v ČR jsou vhodné lokality, které by bylo možné v budoucnosti využít pro výrobu elektrické energie metodou Hot Dry Rock. Jednou z překážek pro výrobu takto získané energie je vysoká investiční nákladnost a dlouhodobá návratnost.

Po provedených studiích bylo v Litoměřicích přistoupeno ke geotermálnímu projektu, neboť právě Litoměřice leží v blízkosti litoměřického zlomu, jednoho z nejvýznamnějších zlomů v Českém masívu, jehož vlastnosti jsou vhodné k využití metody Hot Dry Rock. Jedná se o první pilotní projekt takového typu v ČR. Z patnácti set stránkové zprávy členů řídicího výboru vyplynulo, že měření potvrdilo reálnou možnost využití geotermálního potenciálu Země v Litoměřicích a z odborného hlediska již nic nebrání v realizaci projektu. Opět i zde jsou nemalé problémy a financováním a dotacemi uvedeného projektu. V případě, že se tento projekt podaří zrealizovat, mohlo by být zkušeností s hloubením vrtů a okolností s tím spojené, využito pro další projekty v České republice. Dalšími městy, které uvažují o stejném způsobu využívání geotermálního tepla jsou města Liberec, Lovosice, Chrastava, Dobruška, N.M. pod Smrkem, Teplice a Kadaň.

Po případném zrealizování projektu se uvažuje, že tento zdroj by mohl dodávat 10 – 15 MW tepelného výkonu a 4 MW elektrického výkonu. To by představovalo snížení spotřeby fosilních paliv asi o jednu čtvrtinu. Rovněž spotřeba vody, která je zapotřebí zejména při spouštění systému, je vyřešena, neboť se v blízkosti vrtu nachází řeky Labe a Ohře. V tomto směru má využití geotermální energie v Litoměřicích perspektivu a v budoucnosti přinese velký přínos zejména na vliv životního prostředí ve městě a okolí snížením emisí a prašnosti, které produkuje místní výtopna na hnědé uhlí.

Po provedených studiích v Litoměřicích by nemělo při spouštění elektrárny dojít k otřesům půdy, jako se tomu stalo ve švýcarské Basileji, kde tlakové zkoušky vyvolaly menší otřesy půdy. Odpovídá tomu i struktura zmapovaného podloží.

Vrt má dle výpočtů asi 20 ti letou návratnost. Důležitou otázkou je tedy i životnost geotermální elektrárny a kapacita geotermálního rezervoáru. Jednou z variant jak prodloužit životnost elektrárny v případě vyčerpání geotermální energie z rezervoáru je další prohloubení vrtu.

Výhodou geotermální energie je, že zdroje mohou dodávat tepelnou i elektrickou energii 24 hodin denně po dobu několik desítek let a přitom jsou regulovatelné podle okamžitých potřeb. Jsou bezpečné, plně automatizované a zajišťují bezpečnost v zásobování území daného regionu a státu energií, oproti jaderné energii, kde v případě selhání lidského faktoru hrozí rozsáhlé nebezpečí a dlouhodobé poškození životního prostředí a života člověka vůbec.

Osobně se proto přikláním a jsem zastáncem využívání geotermální energie a věřím, že se tento zdroj bude řadit mezi významné zdroje energie v České republice a že využíváním tohoto zdroje dojde k alespoň mírnému zlepšení životního prostředí.

12.2. Závěr

Množství geotermální energie, které by se mohlo využít, je mnohem větší, než celkové množství energetických zdrojů, které využívají jako základ ropu, uhlí a zemní plyn. Proto by měl být geotermální energii kladen větší význam a měla by být dodržována prioritní osa 3 - operačního programu s důrazem na zvyšování účinnosti užití energie, využití obnovitelných zdrojů energie, využití druhotných energetických zdrojů v průmyslu, rozvoj energetického využití odpadů a výrobu tepla z biomasy.

13. Seznam použité literatury

- 1) <http://klarik.blogger.cz/GEOTERMALNI-energie>
- 2) [http://www.env.cz/osv/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/\\$file/planeta4_korektura3.pdf](http://www.env.cz/osv/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/$file/planeta4_korektura3.pdf)
- 3) http://www.our-energy.com/cz/geotermalni_energie.html
- 4) http://www.kmd-trinec.cz/index.php?cat=nahled_clanek&class=u&id=79
- 5) <http://www.severskelisty.cz/kaleido/kale0296.htm>
- 6) http://cestovani.idnes.cz/kamcatka-chce-vyuzivat-skrytou-silu-vulkanu-fnj-igsvet.asp?c=A000907095828igsvet_hop
- 7) Bulletin SEV/ VSE, 1998, č. 8, s. 48 - 49
- 8) <http://sustainable.cz/gtelm02.htm>
- 9) Vlastimil Myslil – Michal Stibitz GEOMEDIA s.r.o.
- 10) IVT - tepelná čerpadla
- 11) http://www.envi.cz/show.php?ida=18&ids=22&par=tepelna_cerpadla
- 12) Jaderná elektrárna Temelín - Wikipedie, otevřená encyklopedie
- 13) EkoWATT - Kogenerace - kombinovaná výroba elektřiny a tepla
- 14) index.html
- 15) Kraj Vysočina – oficiální internetové stránky kraje Vysočina
- 16) [http://www.env.cz/osv/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/\\$file/planeta4_korektura3.pdf](http://www.env.cz/osv/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/$file/planeta4_korektura3.pdf)
- 17) www.geomedia.cz
- 18) http://www.aquasana.cz/Aquasana_soubory/11.9.2007/3/Geotermalni.doc
- 19) V.Cajz a kol. /1996/: Geologická a přírodovědná mapa Českého středohoří)
- 20) http://www.casopisstavebnictvi.cz/metoda-hot-dry-rock-v-litomericich_N82
- 21) http://zeme.sopka.cz/zeme_detail.php?idZeme=109
- 22) foto: www.or.is
- 23) foto: www.fisik-kemi.ffw.dk
- 24) <http://www.kamchatka2005.wz.cz/malytrek.htm>
- 25) vlastní zdroj
- 26) Asociace pro využití obnovitelných zdrojů
- 27) Projekt ministerstva životního prostředí VaV/320/10/03