

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta elektrotechnická**

**Katedra elektroenergetiky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Využití geotermální energie v České republice**

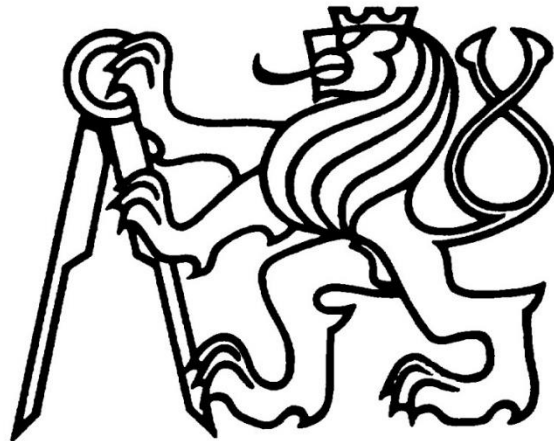
**Martin MACH**

**2018**

**České vysoké učení technické v Praze**

**Fakulta elektrotechnická**

**Katedra elektroenergetiky**



**Bakalářská práce**

**Využití geotermální energie v České republice**

**Utilization of geothermal energy in the Czech Republic**

**Martin Mach**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika

Vedoucí práce: Vít Klein, Ph.D.

prosinec 2018 ČVUT v Praze

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Mach** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **457031**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Využití geotermální energie v České republice**

Název bakalářské práce anglicky:

**Utilization of geothermal energy in the Czech Republic**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Rešerše stávajících metod a technologií pro využití geotermální energie
- 2) Přehled současného stavu využívání geotermální energie v ČR
- 3) Zhodnocení potenciálu území ČR z hlediska využití geotermální energie
- 4) Přehled legislativy týkající se využití geotermální energie
- 5) Ekonomické zhodnocení konkrétního projektu zaměřeného na geotermální energii

Seznam doporučené literatury:

- [1] DIPIPO, Ronald. Geothermal power plants: principles, applications, case studies, and environmental impact. 3rd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, c2012. ISBN 978-008-0982-06-9.
- [2] PETRÁŠ, Dušan. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. Bratislava: Jaga, 2008. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [3] DUFKA, Jaroslav. Vytápění netradičními zdroji tepla: biomasa - tepelná čerpadla - solární systémy. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-079-2.
- [4] BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. Alternativní zdroje energie. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02802-X.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D., katedra elektroenergetiky FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **01.02.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **08.01.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 20. 12. 2018

---

Martin Mach

## **Poděkování**

Děkuji Vítu Kleinovi, Ph.D., za odborné rady a připomínky k této práci, za morální podporu a cenné rady ohledně mého životního směřování. Dále bych touto formou rád poděkoval zaměstnancům Zoologické zahrady Ústí nad Labem za poskytnutí informací pro poslední část této práce a celkovou spolupráci.

## **Abstrakt:**

Bakalářská práce pojednává o využití geotermální energie v České republice. Práce nejdříve vysvětluje pojem geotermální energie a popisuje metody jejího využití. V další části se zabývá potenciálem geotermální energie na území České republiky. Práce též obsahuje přehled související legislativy a také současného stavu využití. Poslední část je zaměřena na projekt související s využitím geotermální energie v Zoologické zahradě Ústí nad Labem a uvádí ekonomické zhodnocení tohoto projektu.

## **Klíčová slova:**

geotermální energie, přímé využití geotermální energie, nepřímé využití geotermální energie, tepelná čerpadla, HDR, potenciál geotermální energie

## **Abstract:**

Bachelor thesis discusses the utilization of geothermal energy in the Czech Republic. First of all thesis explains geothermal energy in general and describes methods for its utilization. In the next part deals with geothermal energy potential of the Czech Republic territory. Thesis also includes an overview of related legislation and current status of exploitation as well. The last part is focused on project related to geothermal energy utilization in Ústí nad Labem Zoological Garden and presents economic evaluation of this project.

## **Keywords:**

geothermal energy, direct utilization of geothermal energy, indirect utilization of geothermal energy, heat pumps, HDR, potential of geothermal energy

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Uvedení do problematiky geotermální energie.....</b>	<b>14</b>
2.1	Struktura planety Země.....	14
2.1.1	Litosférický obal Země.....	16
2.2	Geotermální energie.....	18
2.3	Teplo .....	18
2.3.1	Přenos tepla .....	18
2.4	Termofyzikální parametry .....	19
2.4.1	Geotermický stupeň.....	19
2.4.2	Tepelný tok.....	20
2.4.3	Teplotní a geotermický gradient.....	21
2.4.4	Tepelná vodivost hornin .....	22
2.5	Zdroje geotermální energie .....	23
2.5.1	Zemská kůra jako zdroj energie .....	23
2.5.2	Klasifikace zdrojů geotermální energie.....	24
<b>3</b>	<b>Možnosti využití geotermální energie.....</b>	<b>28</b>
3.1	Přímé využití.....	28
3.2	Nepřímé využití .....	29
3.3	Geotermální systémy .....	33
3.3.1	Hydrotermální systémy .....	33
3.3.2	Geotlaké systémy.....	36
3.3.3	Magmatické systémy .....	37
3.3.4	Systémy horkých suchých hornin.....	38
3.4	Technologie pro výrobu elektrické energie .....	42
3.4.1	Technologie suché páry (Dry-Steam).....	43
3.4.2	Technologie mokré páry (Flash-Steam) .....	45
3.4.3	Binární cyklus (Binary-Cycle) .....	49
3.4.3.1	Organický Rankinův cyklus .....	50
3.4.3.2	Kalinův cyklus.....	52
3.5	Geotermální vytápny .....	53
3.6	Tepelná čerpadla .....	54
3.6.1	Princip funkce tepelných čerpadel.....	56
3.6.2	Topný faktor tepelného čerpadla .....	57
3.6.3	Monovalentní a bivalentní provoz tepelného čerpadla.....	58
3.6.4	Teplonosné látky (chladiwa) tepelných čerpadel .....	58
3.6.5	Průmyslové využití tepelných čerpadel.....	59
3.6.6	Zdroje energie pro tepelná čerpadla .....	59
3.6.6.1	Tepelná čerpadla typu voda-voda.....	60
3.6.6.2	Tepelná čerpadla typu země-voda.....	63

<b>4</b>	<b>Geotermální energie na území ČR.....</b>	<b>67</b>
4.1	Tepelný tok na území ČR .....	67
4.2	Potenciál geotermální energie na území ČR.....	69
4.2.1	Potenciál nízkoteplotní geotermální energie .....	70
4.2.2	Potenciál vysokoteplotní geotermální energie.....	74
4.3	Stav využití geotermální energie na našem území.....	78
4.3.1	Záměr skupiny ČEZ na využití geotermální energie.....	81
4.3.2	Projekt geotermální energie v Litoměřicích .....	81
4.3.3	Záměr vybudování geotermálního zdroje v Tanvaldu.....	83
4.3.4	Využití geotermální energie v Děčíně .....	84
4.3.5	Využití tepelných čerpadel na VŠB – TU Ostrava.....	85
4.3.6	Využití tepelných čerpadel v areálu Zoo Praha.....	86
4.4	Legislativa a podpora ve vztahu ke geotermální energii .....	87
4.4.1	Základní legislativa týkající se využití geotermální energie .....	87
4.4.2	Podpora využití geotermální energie ze strany České republiky .....	92
4.4.2.1	Státní program na podporu úspor energie .....	93
4.4.2.2	Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost ....	93
4.4.2.3	Integrovaný regionální operační program .....	94
4.4.2.4	Operační program Životní prostředí.....	95
4.4.2.5	Kotlíková dotace.....	95
4.4.2.6	Nová zelená úsporám .....	96
4.4.3	Podpora využití geotermální energie ze strany Evropské unie .....	98
4.4.3.1	Evropský fond pro regionální rozvoj.....	99
4.4.3.2	Program NER 300 .....	100
<b>5</b>	<b>Využití geotermální energie v Zoo Ústí nad Labem .....</b>	<b>101</b>
5.1	Základní informace .....	101
5.2	Časový sled událostí .....	101
5.3	Výchozí stav před realizací projektu .....	102
5.3.1	Systém zásobování teplem .....	103
5.3.2	Systém zásobování elektrickou energií .....	107
5.3.3	Systém zásobování zemním plynem .....	108
5.4	Projekt využití geotermální energie .....	108
5.4.1	Charakteristika geotermálního zdroje.....	108
5.4.2	Navrhované varianty .....	109
5.4.2.1	Varianta 1 .....	109
5.4.2.2	Varianta 2 .....	110
5.4.2.3	Varianta 3 .....	112
5.4.2.4	Varianta 4 .....	115
5.4.3	Porovnání variant.....	118
5.4.4	Upravená varianta pro realizaci – projekt pro stavení řízení.....	121
5.4.4.1	Zásobování teplem .....	122



5.4.4.2	Zásobování elektrickou energií .....	124
5.4.4.3	Zásobování zemním plynem .....	125
5.4.4.4	Vybrané výstupy týkající se projektu pro stavební řízení .....	125
5.4.5	Realizace projektu .....	128
5.5	Zhodnocení projektu .....	131
5.5.1	Ekonomické zhodnocení .....	132
5.5.1.1	Ekonomické úspory .....	132
5.5.1.2	Vybraná ekonomická kritéria .....	137
5.5.2	Energetické zhodnocení.....	142
5.5.3	Zhodnocení vlivu na životní prostředí.....	145
<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>147</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použité literatury a pramenů .....</b>	<b>149</b>
7.1	Tištěné prameny.....	149
7.2	Elektronické a internetové zdroje .....	150

## Seznam obrázků

Obrázek 2.1	– Řez Zemí od jádra k exosféře .....	14
Obrázek 2.2	– Mapa litosférických desek .....	16
Obrázek 2.3	– Pohyb litosférických desek a jeho důsledky .....	17
Obrázek 3.1	– Instalovaný výkon geotermálních elektráren ve světě v roce 2015 .....	31
Obrázek 3.2	– Státy s geotermálními elektrárnami v provozu nebo ve fázích vývoje v roce 2015 .....	32
Obrázek 3.3	– Přirozený cyklus hydrotermálního systému .....	34
Obrázek 3.4	– Princip artéské studny .....	35
Obrázek 3.5	– Schématický průřez geotlakého rezervoáru .....	36
Obrázek 3.6	– Nákres využití systému HDR .....	39
Obrázek 3.7	– Nákres využití systému HFR .....	41
Obrázek 3.8	– Zjednodušené uspořádání elektrárny fungující na principu suchých par ...	44
Obrázek 3.9	– T-s diagram tepelného oběhu elektrárny fungující na principu suchých par .....	45
Obrázek 3.10	– Zjednodušené uspořádání elektrárny fungující na principu single-flash ..	46
Obrázek 3.11	– T-s diagram tepelného oběhu elektrárny fungující na principu single-flash .....	47
Obrázek 3.12	– Zjednodušené uspořádání elektrárny fungující na principu double-flash .	48
Obrázek 3.13	– T-s diagram tepelného oběhu elektrárny fungující na principu double-flash .....	48
Obrázek 3.14	– Zjednodušené uspořádání elektrárny využívající binární cyklus .....	50
Obrázek 3.15	– Zjednodušené uspořádání elektrárny typu ORC s rekuperačním předehříváním .....	51
Obrázek 3.16	– T-s diagram tepelného oběhu elektrárny ORC s rekuperačním předehříváním .....	52
Obrázek 3.17	– Zjednodušené schéma typické elektrárny s Kalinovým cyklem .....	53

Obrázek 3.18 – Princip geotermální výtopny .....	54
Obrázek 3.19 – Princip funkce tepelného čerpadla .....	57
Obrázek 3.20 – Principiální uspořádání systému tepelného čerpadla voda-voda (hloubkový systém) .....	61
Obrázek 3.21 – Horizontální kolektory TČ pro využívání povrchových vod .....	61
Obrázek 3.22 – Uspořádání vrtů pro systém voda-voda .....	63
Obrázek 3.23 – Principiální uspořádání systému TČ země-voda (zemní kolektory) .....	65
Obrázek 3.24 – Principiální uspořádání systému TČ země-voda (hlubinné sondy) .....	66
Obrázek 4.1 – Tepelný tok na území České republiky .....	68
Obrázek 4.2 – Výskyt lázní a horkých pramenů a perspektivních lokalit pro využití geotermální energie .....	74
Obrázek 5.1 – Schéma rozvodu tepla po areálu zoo (výchozí stav) .....	104
Obrázek 5.2 – Schéma rozdělení areálu zoo pro jednotlivé stanice s TČ (varianta 4) .....	117
Obrázek 5.3 – Schéma rozdělení areálu zoo pro jednotlivé stanice s TČ (projekt pro stavební řízení).....	124

## Seznam tabulek

Tabulka 2.1 – Tepelná vodivost vybraných hornin .....	23
Tabulka 2.2 – Přehled klasifikace zdrojů geotermální energie podle teploty (část první) .....	25
Tabulka 2.3 – Přehled klasifikace zdrojů geotermální energie podle teploty (část druhá) .....	25
Tabulka 3.1 – Státy s nejvyšším instalovaným tepelným výkonem v roce 2015 (přímé využití) .....	29
Tabulka 3.2 – Státy s nejvyšším instalovaným elektrickým výkonem v roce 2015 (nepřímé využití) .....	30
Tabulka 3.3 – Technologie geotermálních elektráren dle instalovaného výkonu v roce 2015 .....	42
Tabulka 3.4 – Porovnání základních technologií pro přeměnu geotermální energie .....	43
Tabulka 4.1 – Tepelný tok v různých geologických jednotkách ČR .....	68
Tabulka 4.2 – Vývoj a struktura konečné spotřeby energie v domácnostech dle optimalizovaného scénáře ASEK .....	72
Tabulka 4.3 – Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny z OZE dle optimalizovaného scénáře ASEK .....	78
Tabulka 4.4 – Odhad roční dodávky tepelných čerpadel na český trh .....	80
Tabulka 5.1 – Procentuální rozdělení ztrát v systému zásobování teplem .....	106
Tabulka 5.2 – Soubor energeticky úsporných opatření navržených auditem z roku 2001 .....	106
Tabulka 5.3 – Základní charakteristika geotermálního zdroje tepla .....	109
Tabulka 5.4 – Přehled stanic pro zásobování teplem (varianta 2) .....	111
Tabulka 5.5 – Přibližná bilance spotřeb energie pro účely vytápění (varianta 2) .....	112
Tabulka 5.6 – Přehled stanic pro zásobování teplem (varianta 3) .....	113
Tabulka 5.7 – Přibližná bilance spotřeb energie pro účely vytápění (varianta 3) .....	114
Tabulka 5.8 – Přehled stanic pro zásobování teplem (varianta 4) .....	115
Tabulka 5.9 – Přibližná bilance spotřeb energie pro účely vytápění (varianta 4) .....	116

Tabulka 5.10 – Porovnání bilance spotřeb energie pro účely vytápění variant 2 až 4 .....	118
Tabulka 5.11 – Změny spotřeb energií pro účely vytápění variant 2 až 4.....	118
Tabulka 5.12 – Porovnání jednotlivých variant z hlediska vlivu na životní prostředí .....	119
Tabulka 5.13 – Výsledné ekonomické hodnocení jednotlivých variant řešení .....	120
Tabulka 5.14 – Přehled stanic pro zásobování teplem (projekt pro stavební řízení) .....	123
Tabulka 5.15 – Změny v zásobování energií předpokládané projektem pro stavební řízení .....	126
Tabulka 5.16 – Předpokládané roční úspory po realizaci projektu pro stavební řízení.....	126
Tabulka 5.17 – Výstupy ekonomického hodnocení varianty 4 a projektu pro stavební řízení .....	127
Tabulka 5.18 – Základní provozní parametry nového systému zásobování teplem .....	130
Tabulka 5.19 – Přehled instalovaných TČ a elektrokotlů .....	131
Tabulka 5.20 – Vybrané hodnoty ekonomických parametrů po realizaci projektu (2006 až 2017) .....	136
Tabulka 5.21 – Vybrané hodnoty ekonomických parametrů před realizací projektu (1999 až 2003) .....	136
Tabulka 5.22 – Náklady projektu rozdělené podle odpisových skupin .....	138
Tabulka 5.23 – Výsledky ekonomického hodnocení realizovaného projektu .....	141
Tabulka 5.24 – Vybrané hodnoty energetických parametrů po realizaci projektu (2006 až 2017) .....	144
Tabulka 5.25 – Vybrané hodnoty energetických parametrů před realizací projektu (1999 až 2003) .....	144
Tabulka 5.26 – Změny emisí znečišťujících látek .....	145

## Seznam grafů

Graf 4.1 – Odhad roční dodávky tepelných čerpadel na český trh .....	80
Graf 5.1 – Skutečné a fiktivní náklady za nákup energie v letech 2006 až 2017 .....	134
Graf 5.2 – Úspory nákladů za nákup energie v letech 2006 až 2017 .....	135
Graf 5.3 – Skutečné a fiktivní spotřeby energie v letech 2006 až 2017 .....	143
Graf 5.4 – Úspory energie v letech 2006 až 2017 .....	143

## Seznam příloh

Příloha 1 – Schématická geologická mapa ČR.....	160
Příloha 2 – Mapa Zoo Ústí nad Labem.....	161
Příloha 3 – Seznam objektů areálu Zoo Ústí nad Labem (výchozí stav).....	162
Příloha 4 – Seznam objektů areálu Zoo Ústí nad Labem (projekt pro stavební řízení).....	163
Příloha 5 – Ekonomické hodnocení navržených opatření (varianta 4).....	164
Příloha 6 – Ekonomické hodnocení navržených opatření (projekt pro stavební řízení).....	169
Příloha 7 – Spotřeby elektrické energie a související náklady pro roky 2008 až 2017 .....	174
Příloha 8 – Spotřeby energie a související náklady pro roky 1999 až 2005 .....	175
Příloha 9 – Výpočet úspor nákladů za nákup energie v letech 2006 až 2017.....	176

Příloha 10 – Výpočet vybraných ekonomických kritérií projektu (bez zohlednění dotace)	177
Příloha 11 – Výpočet vybraných ekonomických kritérií projektu (se zohledněním dotace)	179
Příloha 12 – Výpočet vybraných ekonomických kritérií projektu (předpoklad do roku 2030)	181
Příloha 13 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2008	184
Příloha 14 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2009	185
Příloha 15 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2010	186
Příloha 16 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2011	187
Příloha 17 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2012	188
Příloha 18 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2013	189
Příloha 19 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2014	190
Příloha 20 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2015	191
Příloha 21 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2016	192
Příloha 22 – Údaje získané z faktur za elektrickou energii z roku 2017	193

## Seznam zkratk

ASEK	Aktualizace státní energetické koncepce
ASŘTP	Automatizovaný systém řízení technologických procesů
AV ČR	Akademie věd České republiky
CCS	Carbon Capture and Storage (zachytávání a ukládání oxidu uhličitého)
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČLR	Čínská lidová republika
ČR	Česká republika
DPH	Daň z přidané hodnoty
EAN	European Article Number (evropské číslo obchodní položky)
EIA	Environmental Impact Assessment (posouzení vlivu na životní prostředí)
ERDF	European Regional Development Fund (Evropský fond pro regionální rozvoj)
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
HDR	Hot Dry Rock (horké suché horniny)
HFR	Hot Fractured Rock (horké rozpukané horniny)
HFU	Heat Flow Unit (jednotka tepelného toku)
IROP	Integrovaný regionální operační program
IRR	Internal Rate of Return (vnitřní výnosové procento)
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
MaR	Měření a regulace
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí

nn	Nízké napětí
NPV	Net Present Value (čistá současná hodnota)
NZÚ	Nová zelená úsporám
OMP	Odběrné a předávací místo
OP PIK	Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
OPŽP	Operační program životního prostředí
ORC	Organic Rankin Cycle (organický Rankinův cyklus)
OTE	Operátor trhu s elektřinou
OZE	Obnovitelné zdroje energie
RD	Rodinný dům
RINGEN	Research Infrastructure for Geothermal Energy (infrastruktura pro výzkum geotermální energie)
SBS	Státní báňská správa
SFŽP ČR	Státní fond životního prostředí České republiky
SO	Stavební objekt
SRN	Spolková republika Německo
SZT	Soustava zásobování tepelnou energií
TČ	Tepelné čerpadlo
TKO	Tuhý komunální odpad
TRT	Thermal Response Test (test tepelné odezvy)
TS	Transformátorová stanice
TV	Teplá voda
USA	Spojené státy americké
ÚT	Ústřední topení
vn	Vysoké napětí
VS	Výměňiková stanice
VŠ	Vysoká škola
ZZZK	Zvláštní zásah do zemské kůry
ŽP	Životní prostředí

## 1 Úvod

Mnoho lidí si dnes neuvědomuje, jak je energetika pro jejich životy důležitá. Nejrozvinutější části našeho světa se v průběhu minulého století staly zcela závislé na fosilních palivech. Na území České republiky se spotřeba elektrické energie rozšířila i do nejdlehlších míst a mnoho obyvatel dnes považuje dodávku elektrické a tepelné energie za samozřejmost. Spotřeba energie v České republice i přes stagnující vývoj populace neustále roste. Stejně tak roste spotřeba energie v celosvětovém měřítku.

Energetické trilema hovoří o vztahu mezi spolehlivostí dodávky energie, její dostupností a udržitelností. Najít přijatelný poměr mezi těmito třemi požadavky patří mezi největší výzvy 21. století. V posledních letech stále více slyšíme o klimatické změně, tento pojem má zásadní vliv na energetickou politiku Evropské unie. Ať už v důsledku emocí nebo racionality, Evropská unie hledá nové zdroje energie, jejichž využití by bylo bezpečné a udržitelné.

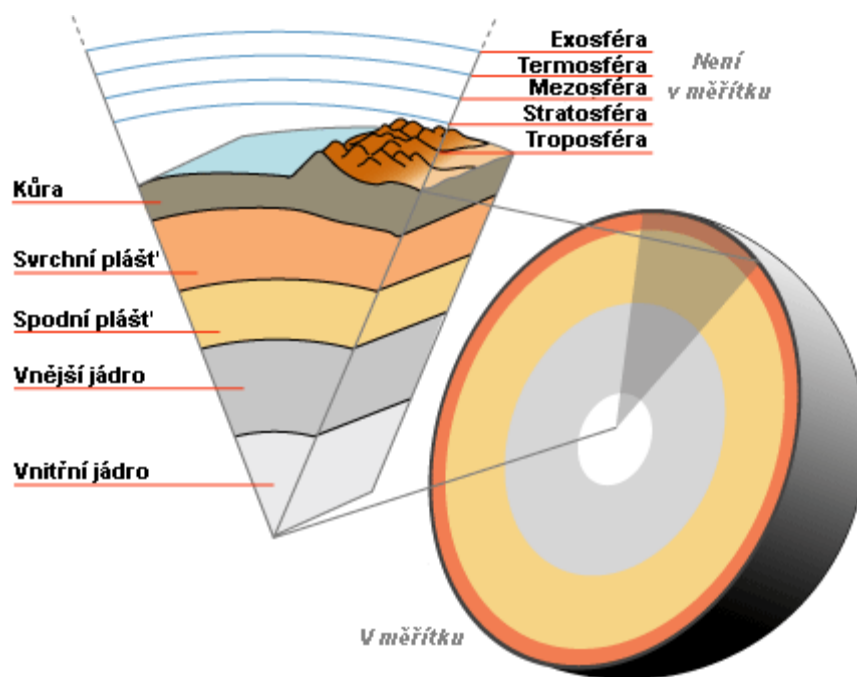
Česká republika se stejně jako mnohé státy Evropské unie v současné době nachází na rozcestí. Většinu energie v České republice získáváme z fosilních paliv, zejména z uhlí. Tlak ze strany Evropské unie na potlačení využití této suroviny se však neustále stupňuje. Z dlouhodobého hlediska je nejistá i budoucnost české jaderné energetiky. Jaké zdroje energie tedy v budoucnu zajistí naše energetické potřeby? Zůstaneme u využití fosilních paliv? Budeme zvyšovat využití obnovitelných zdrojů energie? Lze vůbec nahradit fosilní paliva obnovitelnými zdroji energie? To jsou otázky, které budou v následujících dekádách stále více nabírat na významu.

O geotermální energii v České republice téměř vůbec neslyšíme. Pokud zmíníme pojem obnovitelné zdroje energie, mezi prvními věcmi, které si v mysli představíme, jsou fotovoltaické moduly nebo větrné turbíny. Tato práce si klade za hlavní cíl poskytnout čtenáři ucelený pohled na pro nás neobvyklý obnovitelný zdroj energie – geotermální energii.

## 2 Uvedení do problematiky geotermální energie

### 2.1 Struktura planety Země

Studiem seismických vln je dokázáno, že vnitřek naší planety není homogenní. Země je namísto toho složena z několika vrstev s měnící se tloušťkou i složením. Vnější část zemského tělesa tvoří zemská kůra. Směrem do středu Země dále rozlišujeme zemský plášť a zemské jádro. Studovat jednotlivé části zemského tělesa není možné přímo. V současné době nejhlubšími vrty pronikáme pouze do nejsvrchnější části zemského povrchu, konkrétně do hloubky pouze 11 km v rámci průzkumu ložisek ropy a zemního plynu. Studium hlubších částí naší planety je prováděno sledováním průběhu a rychlosti seismických vln, chováním zemského tělesa jako planety nebo studiem meteoritů a jiných vesmírných těles.<sup>1</sup>



Obrázek 2.1 – Řez Zemí od jádra k exosféře<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SMITH, Roger, ed. *Encyclopedia of geology*. Chicago: Fitzroy Dearborn, c1999. s. 152. ISBN 1-57958-188-9. MYSLIL, Vlastimil, Zdeněk KUKAL, Karel POŠMOURNÝ a Václav FRYDRYCH. Geotermální energie: Ekologická energie z hlubin Země - současné možnosti využívání. *Planeta*. Ministerstvo životního prostředí ČR Praha, 2007, XV(4). s. 4-5. ISSN 1801-6898. Dostupné také z: [https://prvnigeotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bc01/geotermalni\\_energie\\_myslil\\_4.pdf](https://prvnigeotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bc01/geotermalni_energie_myslil_4.pdf)

<sup>2</sup> Průřez Země a její atmosféry s českými popisky. In: *Wikimedia Commons* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2005 [cit. 2018-03-3]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pr%C5%AF%C5%99ez\\_Zem%C3%AD.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pr%C5%AF%C5%99ez_Zem%C3%AD.png)

Nejsvrchnější část zemské struktury tvoří zemská kůra s mocností (tloušťkou) od 5 km pod oceánskými dny až do 70 km pod nejvyššími pohořími kontinentů. Rozeznáváme dva typy zemské kůry, kontinentální (mocnost 30 až 70 km) a oceánskou s menší mocností (5 až 15 km). V České republice má zemská kůra mocnost v rozmezí 30 až 34 km.<sup>3</sup>

Zemská kůra je složena převážně z krystalických hornin, jedná se hlavně o minerály nízké hustoty, ze kterých převažuje křemen ( $\text{SiO}_2$ ) a živce<sup>4</sup>. Kontinentální kůra je vytvořena z usazených hornin tzv. sedimentů a hornin přetvářených v důsledku působení okolního prostředí tzv. metamorfovaných hornin. Oceánská kůra je tvořena nezpevněnými sedimenty, pod nimiž jsou sedimenty zpevněné, v některých případech sedimentární vrstva chybí a je nahrazena magmatickou horninou. Teploty se v zemské kůře pohybují pod 1 000 °C.<sup>5</sup>

Zemským pláštěm nazýváme pevnou případně plastickou vrstvu nacházející se pod zemskou kůrou do hloubky až 2 900 km. Hranice kůry a pláště je nespojitá, tvoří ji tzv. Mohorovičičova diskontinuita. Blíže k zemské kůře se nachází oblast svrchního pláště (do 600 km od povrchu Země), zatímco blíže k zemskému jádru rozeznáváme spodní plášť v hloubce 600 až 2 900 km od povrchu. Část svrchního pláště v hloubkách 80 až 120 km tvoří vrstva s pozorovaným zpomalením seismických vln, předpokládá se, že je tvořena horninami v poloplastickém stavu a je příčinou pohybu litosférických desek. Zemskou kůru společně s částí svrchního pláště zpomalující seismické vlny nazýváme litosféra. Se zvyšující se hloubkou dochází ke zvyšování tlaku a změnám v minerálech, složení zemského pláště je proto nehomogenní. Teploty se pohybují pod 1 000 °C ve vrstvě svrchního pláště až k 3 500 °C ve vrstvě spodního pláště.<sup>6</sup>

Samotné zemské jádro se dělí na dvě části a je silně magnetické. Předpokládá se, že je složeno ze slitin železa a niklu. Vnější jádro v hloubce 2 900 až 4 980 km od povrchu je kvůli extrémně vysokému tlaku v tekutém stavu. Vnitřní jádro v hloubce 4 980 až 6 370 km pod povrchem je naopak v pevném stavu. V oblasti vnitřního jádra jsou nejvyšší teploty mezi 4 000 až 4 700 °C, zatímco ve vnější části se teplota pohybuje mezi 3 500 až 4 000 °C.<sup>7</sup>

---

<sup>3</sup> SMITH, pozn. 1, s. 152

MYSLIL et al., pozn. 1, s. 4-5

<sup>4</sup> Crust (geology). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2018-03-3]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Crust\\_\(geology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Crust_(geology))

<sup>5</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 5

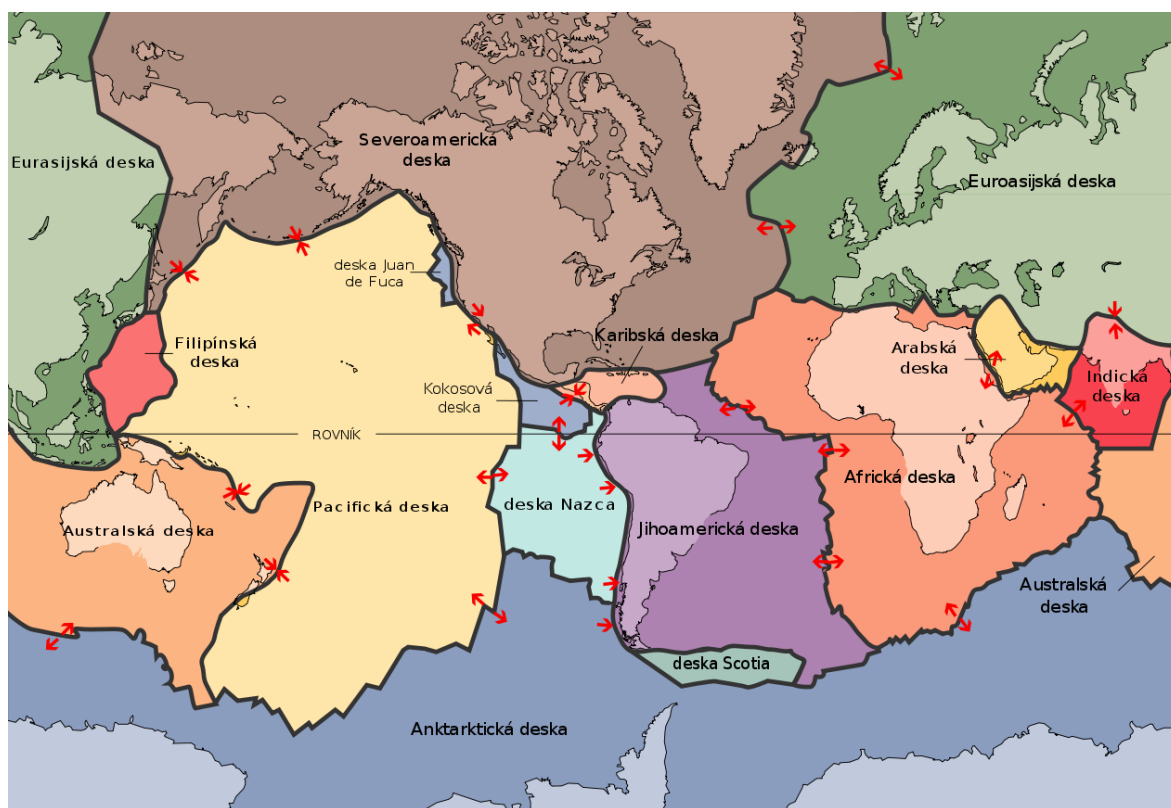
<sup>6</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 5

<sup>7</sup> DŘÍMAL, Petr. *Teplné čerpadlo a geotermální energie: Učebnice Průmyslové ekologie 2. díl* [online]. Brno: Střední průmyslová škola elektrotechnická a informačních technologií [cit. 2018-03-5]. s. 85-86. Dostupné z: [https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/7467/mod\\_resource/content/1/Pro%20u%C4%8Ditele%20-%20Tepln%C3%A9%20%C4%8Derpadlo%20a%20geoterm%C3%A1ln%C3%AD%20energie.pdf](https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/7467/mod_resource/content/1/Pro%20u%C4%8Ditele%20-%20Tepln%C3%A9%20%C4%8Derpadlo%20a%20geoterm%C3%A1ln%C3%AD%20energie.pdf)



## 2.1.1 Litosférický obal Země

Zemská kůra je rozdělena na mohutné části, jež nazýváme litosférické (tektonické) desky. Ty se pohybují po žhavé spodní struktuře Země tzv. astenosféře a unášejí s sebou kontinenty i oceány. V dnešní době rozlišujeme sedm velkých a deset malých litosférických desek.<sup>8</sup>



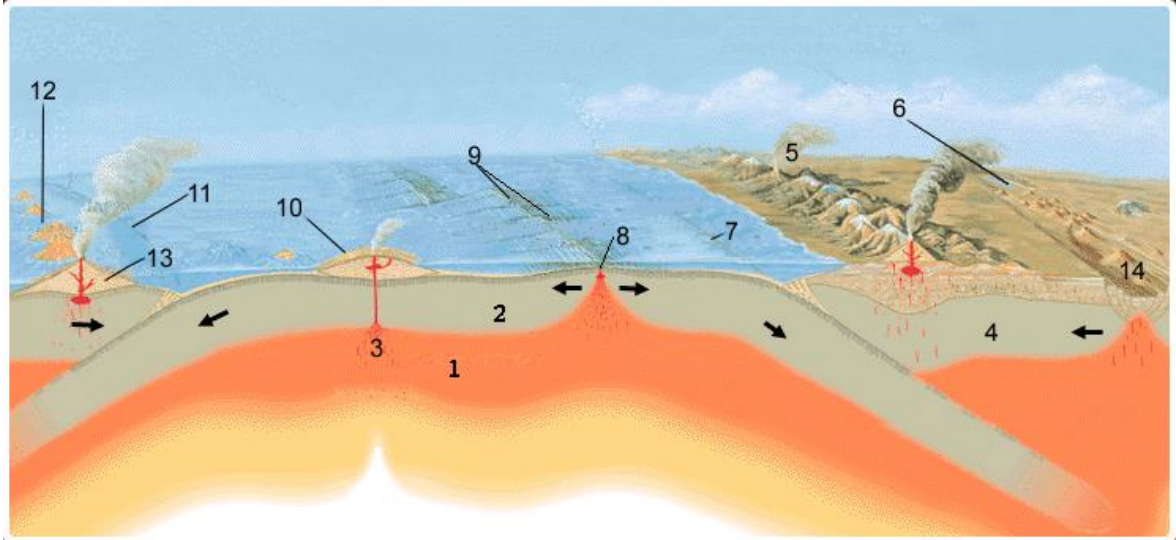
Obrázek 2.2 – Mapa litosférických desek<sup>9</sup>

Pohyb litosférických desek má několik různých projevů. V případě proudění magmatického materiálu k zemskému povrchu se desky od sebe vzdalují, chladnoucí magma tuhne a vytváří hřbety tzv. riftové zóny. Tento proces je typický pro dna oceánů, příkladem je Středoatlantský hřbet, jehož nejvyšší vrcholy vystupují nad hladinu v podobě ostrovů. Jestliže žhavotekuté hmoty proudí směrem do zemského nitra, litosférické desky se pohybují proti sobě. Dochází k jejich kolizi nebo podsouvání tenčí oceánské desky pod desku kontinentální tzv. subdukci. Kolizí dvou desek nastává jejich zvrásnění a vytváří se řetězce pohoří v zóně srážky. Při procesu subdukce dochází k tavení podsouvající se oceánské desky

<sup>8</sup> DUPRÉ, Ben, ed. *Velká rodinná encyklopedie*. Praha: Svojtka & Co., 2003. s. 134. ISBN 80-7237-653-5.

<sup>9</sup> Mapa tektonických desek. In: *Eduportál Technia* [online]. [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://edu.technia.cz/sites/default/files/podrobnosti/insert/82-2.png>

a tvorbě sopečného pohoří. Pokud se litosférické desky míjejí, vznikají tzv. transformační pásma. V těchto pásmech vzájemným třením desek vzniká napětí, které se uvolňuje zemětřesením. Příkladem transformačního pásma je kalifornský Svatoondřejský zlom.<sup>10</sup>



Obrázek 2.3 – Pohyb litosférických desek a jeho důsledky<sup>11</sup>

Vysvětlivky k obrázku 2. 3:

1. Plastická část zemského pláště
2. Oceánská kůra
3. Roztavené hmoty pod sopkou
4. Kontinentální zemská kůra
5. Sopečné pohoří
6. Zaplavení příkopové propadliny
7. Oceánský příkop
8. Rift
9. Oceánský hřbet
10. Sopka
11. Oceánský příkop
12. Sopečný ostrovní oblouk
13. Sopka
14. Příkopová propadlina (prasknutí desky a její rozdělení na dvě vzdalující se desky)

<sup>10</sup> DUPRÉ, Ben, ed. *Velká rodinná encyklopedie*. Praha: Svojtka & Co., 2003. s. 134. ISBN 80-7237-653-5.

<sup>11</sup> Tectonic plate boundaries. In: *Wikimedia Commons* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATectonic\\_plate\\_boundaries2.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATectonic_plate_boundaries2.png)

## 2.2 Geotermální energie

Samotné slovo „geotermální“ pochází ze spojení dvou řeckých slov znamenající Zemi „geo“ a teplo „therme“. Jedná se o projev tepelné energie zemského jádra, která vzniká mimo jiné v důsledku jaderných reakcí v nitru Země a působením slapových sil. Pojem geotermální energie také zahrnuje energii, která se akumuluje na zemském povrchu v důsledku působení slunečního záření. Mezi hlavní indikátory výskytu geotermální energie patří sopečná aktivita, častá seismická aktivita nebo také výskyt gejzírů, horkých pramenů a fumarol. Obecným projevem výskytu je vysoká hodnota tepelného toku. Geotermální energii řadíme mezi obnovitelné zdroje energie (OZE).<sup>12</sup>

## 2.3 Teplo

Teplo je termodynamickou veličinou, která charakterizuje přenos energie mezi makroskopickými systémy. Lze ho chápat jako energetický projev pohybu částic hmoty, který je dán kinetickou energií, přičemž čím je těleso teplejší, tím rychleji se jeho částice pohybují. Pokud nejsou tělesa v tepelné rovnováze, energie ve formě tepla proudí z těles o vyšších teplotách na tělesa s teplotami nižšími. Zahřívání různých látek se projevuje různým chováním, toto chování popisujeme měrnou tepelnou kapacitou (specifickým teplem). Hodnota měrné tepelné kapacity je závislá na stavu hmoty a tlaku.<sup>13</sup>

### 2.3.1 Přenos tepla

K výměně energie přenosem tepla dochází mezi tělesy při jejich přímém kontaktu vlivem teplotního rozdílu. Teplo proudí z míst teplejších do míst chladnějších, například ze zemského povrchu je tepelná energie vyzařována směrem do atmosféry. Přenos tepla může probíhat třemi způsoby, a to kondukcí (vedením), konvekcí (prouděním) a radiací (sáláním). Vliv přenosu tepla radiací je v zemské kůře zanedbatelný, prakticky dominuje přenos kondukcí a konvekcí.

Přenos tepla kondukcí spočívá ve vzájemném působení částic dvou těles. Částice teplejšího tělesa mají větší kinetickou energii. Při srážkách částic teplejšího a chladnějšího tělesa dochází k předávání části kinetické energie. Vlivem toho dochází k zahřívání

---

<sup>12</sup> VOBOŘIL, David. Geotermální energie. *OEnergetice* [online]. 2015 [cit. 2018-03-05].

Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/geotermalni-energie/>

ŠKORPÍK, Jiří. Využití tepla Země. *Transformační technologie* [online]. Brno: Jiří Škorpík, 2014, [cit. 2018-03-05].

ISSN 1804-8293. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/08.html>

<sup>13</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 6

chladnějšího tělesa, zatímco teplejší těleso se naopak ochlazuje. Částice se přitom nepřemísťují, pouze kmitají kolem svých rovnovážných poloh. Tento jev trvá až do potlačení teplotního rozdílu, tedy do vyrovnání teplot obou těles. Přenos tepla kondukcí je typický pro pevné látky.<sup>14</sup>

V prostředí zemské kůry dominovaném horninami má přenos kondukcí značný význam. Zemská kůra však není zcela homogenní a obsahuje množství tekutin, pronikajících rozpukanými horninami. Je zřejmé, že na efektivitu přenosu tepla v zemské kůře bude mít podstatný vliv tepelná vodivost hornin.

Přenos tepla konvekcí neboli prouděním, nastává v případě, že se do pohybu dostanou celé hmotné celky. Konvekce tak u pevných látek není možná. Naopak je typická pro tekutiny. Při zahřívání tekutiny zpravidla klesá její hustota. V gravitačním poli se tak setkáváme s tím, že ohřáté části tekutiny stoupají, zatímco chladnější části klesají.<sup>15</sup>

Zatímco pevné struktury hornin mohou působit jako tepelné izolanty, tekutiny, především ve formě podzemních vod, zajišťují efektivní přenos tepla. V zemské kůře se setkáváme jak s přenosem tepla směrem od jádra k povrchu, zřetelným geotermálními anomáliemi, tak i ve směru opačném daném působením vnějších sil.

## **2.4 Termofyzikální parametry**

Níže popsané veličiny se používají pro hodnocení tepelného pole Země a k popisu konkrétních geotermálních struktur. Množství zemského tepla popisujeme tepelným tokem. Pro šíření zemského tepla je důležitým parametrem tepelná vodivost hornin. Změnu teploty s hloubkou charakterizujeme geotermickým stupněm a geotermickým gradientem.

### **2.4.1 Geotermický stupeň**

Je definován jako svislá vzdálenost od zemského povrchu v metrech, se kterou se teplota zvýší o 1 °C. Směrem do centra Země se teplota zvyšuje, teploty v samotném zemském jádře se pohybují mezi 3 500 až 4 700 °C. Při stanovování geotermického stupně je nutno zohledňovat tzv. neutrální pásmo. Tímto pásmem nazýváme oblast nacházející se blízko zemského povrchu, ve které se teploty nemění a jsou ovlivňovány vnějšími vlivy, není zde přírůstek tepla ze slunečního záření ani z hlubin Země.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 6

<sup>15</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 6

<sup>16</sup> BLAŽKOVÁ, Miroslava. *Metodika k hodnocení geotermálního potenciálu v modelovém území Podkrušnohoří*. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2010. s. 38. Dostupné také z: [https://prvnigeotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcb01/metodika\\_ujep\\_4.pdf](https://prvnigeotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcb01/metodika_ujep_4.pdf)

V oblasti našich zeměpisných šířek se jedná o pásmo ve hloubce od 3 do 10 m, nicméně hloubka této neutrální (intaktní) vrstvy je závislá na mnoha faktorech např. na tepelné vodivosti hornin a zemin, hloubce podloží i hloubce hladiny podzemní vody apod. Průměrná hodnota geotermického stupně je 33 m, což znamená, že při dosažení 100 metrové hloubky se teplota zvýší o přibližně 3 °C. Tato průměrná hodnota je však některými odborníky v poslední době zpochybňována, a to z toho důvodu, že měření byla prováděna převážně v tektonicky aktivních oblastech se sopečnou činností. V takových oblastech může být geotermický stupeň i pouhých 5 m, obdobnou hodnotu bychom mohli stanovit i v některých hnědouhelných pánvích. Naopak na stabilních geologických štítech a v oblastech s absencí sopečné činnosti roste jeho hodnota až do 100 m. Nárůst teploty je ovlivněn zejména tepelnou vodivostí hornin, prouděním podzemních vod nebo tektonikou.<sup>17</sup>

#### 2.4.2 Tepelný tok

Tepelný tok  $\phi$  je definován jako množství tepla  $Q$  procházející plochou za jednotku času  $\tau$  podle rovnice 1. Jednotkou tepelného toku je  $J.s^{-1}$  odpovídající jednotce watt. Kvůli obtížnému určování velikosti plochy geotermálních struktur se používá veličina plošná hustota tepelného toku  $\vec{q}$ . Jedná se o vektorovou veličinu definovanou jako tepelný tok připadající na jednotku průmětu plochy  $S$  do roviny kolmé k vektoru plošné hustoty tepelného toku. Vztah mezi tepelným tokem a hustotou tepelného toku udává rovnice 2.<sup>18</sup>

$$\phi = \frac{dQ}{d\tau} \quad [W; J; s] \quad (1)$$

$$\phi = \int_{(S)} \vec{q} \cdot d\vec{S} \quad [W; W \cdot m^{-2}; m^2] \quad (2)$$

V české i zahraniční literatuře se běžně při zmínkách o tepelném toku uvádí jednotka  $W.m^{-2}$ . Nejčastěji v hodnotách  $mW.m^{-2}$ . Starší udávanou jednotkou je  $cal.cm^{-2}.s^{-1}$ . Můžeme

---

<sup>17</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 7 a 11

<sup>18</sup> NOŽIČKA, Jiří. *Základy termomechaniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. s. 131. ISBN 80-01-02409-1.

PETRÁŠ, Dušan, et al. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. s. 108-109. ISBN 978-80-8076-069-4.

také narazit na jednotku HFU (Heat Flow Unit),  $1 \text{ HFU} = 1.10^{-6} \text{ cal.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$  <sup>19</sup>, což se rovná  $41,84 \text{ mW.m}^{-2}$  (počítáno s převodním vztahem  $1 \text{ cal}_{\text{th}} = 4,184 \text{ J}$ ).

Tepelný tok je vůbec jeden z nejsledovanějších parametrů z pohledu geotermální energetiky. Na zemském povrchu se pohybuje běžně v rozmezí 30 až  $120 \text{ mW.m}^{-2}$ . Střední hodnota byla stanovena na základě několika desítek tisíc měření na  $70 \text{ mW.m}^{-2}$ , nicméně stejně jako průměrná hodnota geotermického stupně je v současné době toto číslo často zpochybňováno tvrzením, že měření byla prováděna převážně v oblastech, které mají předpoklady výskytu vyšší hodnoty tepelného toku. Obecně platí, že tepelný tok je ve stabilních částech zemské kůry nižší, než ve vulkanicky činných oblastech. Perspektivní jsou pro nás oblasti s vysokou hodnotou tepelného toku. <sup>20</sup>

Jestliže bychom uvažovali průměrnou hodnotu povrchového tepelného toku  $50 \text{ mW.m}^{-2}$ , pak pouze na plochu souše Země, kterou představuje přibližně  $149 \text{ milionů km}^2$ , připadá teoreticky  $7,45 \text{ TW}$  vyzářeného výkonu. To odpovídá ročnímu množství energie o velikosti  $65,262 \text{ TWh}$ . Naproti tomu celosvětová produkce elektrické energie v roce 2017 činila přibližně  $25\,551 \text{ TWh}$  <sup>21</sup>.

### 2.4.3 Teplotní a geotermický gradient

Teplotní gradient je definován jako poměr přírůstku teploty vůči vzdálenosti mezi izotermními plochami podle rovnice 3. Představuje růst teploty v daném místě. Rozměr teplotního gradientu je  $\text{K.m}^{-1}$ .

$$\text{grad } T = \frac{dT}{dx} \quad [\text{K} \cdot \text{m}^{-1}; \text{K}; \text{m}] \quad (3)$$

Geotermický gradient je odvozenou veličinou, jedná se o vertikální gradient teploty v zemské kůře. Udává přírůstek teploty na jednotku hloubky. Vyjadřuje se v jednotkách  $\text{K.m}^{-1}$  nebo  $^{\circ}\text{C.m}^{-1}$ , ale udává se i na kilometr hloubky. Jeho hodnota se pohybuje v rozmezí zhruba  $0,01$  až  $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C.m}^{-1}$ . <sup>22</sup>

---

<sup>19</sup> DIPIPO, Ronald. *Geothermal power plants: principles, applications, case studies, and environmental impact*. 3rd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, c2012. s. 30. ISBN 978-008-0982-06-9.

<sup>20</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 7-8

<sup>21</sup> BP P.L.C. *BP Statistical Review of World Energy 2018*. London, 2018. 67th edition. s. 46. Dostupné také z: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>

<sup>22</sup> BLAŽKOVÁ, pozn. 16, s. 38  
PETRÁŠ et al., pozn. 18, s. 108

Výrazně vyšších hodnot 50 až 70 °C na kilometr hloubky dosahuje v oblastech s aktivní sopečnou činností, s menší mocností zemské kůry a v tzv. riftových strukturách. Naopak ve starých a pevných strukturách jako jsou pevninské štíty, dosahuje hodnot mezi 10 až 15 °C na kilometr hloubky. Průměrná hodnota se pohybuje okolo 30 °C na kilometr.<sup>23</sup>

#### 2.4.4 Tepelná vodivost hornin

Souvislost mezi plošnou hustotou tepelného toku  $\vec{q}$  a teplotním gradientem  $\text{grad } T$  je dána Fourierovým zákonem podle rovnice 4, součinitel úměrnosti  $\lambda$  je tepelná vodivost s jednotkou  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .<sup>24</sup>

$$\vec{q} = -\lambda \text{ grad } T \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}; \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \text{K} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (4)$$

Míra s jakou je hornina schopna vést teplo je určena jejím součinitelem tepelné vodivosti. Horniny jsou obecně špatnými vodiči tepla. Hodnoty jejich součinitele tepelné vodivosti závisí mimo jiné na obsahu vody a struktuře i textuře horniny. Strukturou je v geologii vyjadřován tvar, velikost a vývoj horniny, texturou je popisováno prostorové uspořádání minerálů v hornině. Se zvyšujícím se obsahem vody v hornině tepelná vodivost roste, naopak klesá s rostoucí pórovitostí.<sup>25</sup>

Mezi horniny s nejlepší tepelnou vodivostí patří křemen  $\lambda = 8,4 [\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$  a usazeniny s jeho vysokým obsahem. Naopak nejnižší hodnoty vykazují jíly a jílovce (0,4 až 0,8  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ). Průměrné hodnoty pro horniny běžné v zemské kůře se pohybují mezi 2,1 až 4,2  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .<sup>26</sup>

---

<sup>23</sup> VOBOŘIL, David. Geotermální energie. *OEnergetice* [online]. 2015 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/geotermalni-energie/>

<sup>24</sup> NOŽIČKA, Jiří. *Základy termomechaniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. s. 132. ISBN 80-01-02409-1.

<sup>25</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 9

<sup>26</sup> BLAŽKOVÁ, pozn. 16, s. 40

Tabulka 2.1 – Tepelná vodivost vybraných hornin <sup>27</sup>

Hornina	Tepelná vodivost $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Křemen	8,4
Čedič	2,9 – 4,2
Mramor	3,0 – 3,5
Žula	3,1
Porfyr, Břidlice	1,7
Pískovec	0,9 – 1,7
Vápenec	1,2 – 1,4
Jíly a jílovce	0,4 – 0,8

## 2.5 Zdroje geotermální energie

Zdroji geotermální energie označujeme takovou část geotermální energie zemské kůry, kterou lze za pomoci v současnosti dostupných technologií ekonomicky efektivně těžit a využívat pro účely energetické, průmyslové, zemědělské, balneotechnické nebo rekreačně-rehabilitační. <sup>28</sup>

### 2.5.1 Zemská kůra jako zdroj energie

Je jisté, že v nitru naší planety se nachází velké množství tepelné energie, problém je že při současných možnostech dokážeme využít energii vyzářenou pouze do nejsvrchnějších částí zemské kůry. Nejhlubší doly na světě se nacházejí v hloubce 3 až 4 km (zlatonosné doly v Jihoafrické republice) <sup>29</sup>. Nejhlubší vrty se používají pro průzkum ložisek nerostných surovin a mají hloubku do 11 km <sup>30</sup>. Absolutně nejhlubším vrtem je Kolský superhluboký vrt v Murmanské oblasti (Ruská federace) s hloubkou 12 262 m <sup>31</sup>.

Mezi prvotní zdroje geotermální energie, které způsobují ohřev námi dostupné zemské kůry, patří jednak původní teplo zemského tělesa, které zbylo z doby jeho vzniku. Rozpad radioaktivních prvků uvnitř zemského jádra, především uranu, který je zdrojem zhruba 60 %

<sup>27</sup> BLAŽKOVÁ, pozn. 16, s. 40

Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. *TZB-info* [online]. [cit. 2018-03-09]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu#18>

<sup>28</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 18, s. 106

<sup>29</sup> List of deepest mines. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_deepest\\_mines](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_deepest_mines)

<sup>30</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 5

<sup>31</sup> Kola Superdeep Borehole. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kola\\_Superdeep\\_Borehole](https://en.wikipedia.org/wiki/Kola_Superdeep_Borehole)



tepelné energie Země od jejího počátku. Vedle uranu  $^{235}\text{U}$  a  $^{238}\text{U}$  přispívá thorium  $^{235}\text{Th}$  a radioaktivní draslík  $^{40}\text{K}$ . Transport tepla směrem k zemskému povrchu probíhá převážně za pomoci výstupu křemičitanové taveniny – magmatu. Magma chladne v tzv. magmatických krbech představujících hlavní zdroj geotermálního tepla. Zemská kůra je ve svrchních 2 až 4 kilometrech pórovitá nebo rozpukaná kvůli meteorické vodě (voda z dešťových srážek vsakující se do povrchu), přičemž souvislé akumulace vod v hornině tzv. zvodně (rezervoáry) mohou být odděleny nepropustnými horninami. Pokud se magma setkává s vodou, dochází k jejímu ohřívání a stoupání k povrchu pod tlakem, zatímco na její místo proudí chladná voda z okolí. Magma je tak takovouto cirkulací ochlazováno. Přítomnost magmatického krbu na povrchu indikují horké prameny či gejzíry. Dále probíhají v zemské kůře fyzikálně chemické reakce, patří mezi ně např. oxidace nebo rekrystalizace minerálů. Dalším prvotním zdrojem je pohyb tektonických desek, při kterém dochází k přeměnám energie kinetické na tepelnou. Zajímavý zdroj tvoří energie slapových sil, které mimo jiné způsobují zvedání a klesání zemské kůry, hladin oceánů a moří v důsledku gravitačního působení Měsíce na Zemi. Kvantitativní posouzení příspěvku energie slapových sil je však obtížné a přisuzuje se mu proto pouze teoretický význam. Jako poslední zdroj geotermální energie uvádím tepelnou energii získanou slunečním zářením, ta ovlivňuje pouze samotný zemský povrch s minimální částí pod ním. V oblasti našich zeměpisných šířek teplo slunečního záření proniká do hloubek pouze několika jednotek metrů, přičemž se jedná o energii v řádu setin  $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ .<sup>32</sup>

Obecně tedy můžeme mluvit o přírodním smíšeném zdroji energie, který je ve větší míře tvořen geotermálními toky z hlubin Země. V oblastech samotné zemské kůry jsou nejdostupnějšími zdroji fluidy, které v zemské kůře cirkulují. Těmito fluidy jsou myšleny plyny, vodní páry a podzemní vody. Také můžeme využít tepla samotných hornin.

## **2.5.2 Klasifikace zdrojů geotermální energie**

Klasifikace zdrojů geotermální energie bývá různá, podle autorů i odlišných hledisek. Mimo dělení podle fyzikálních a chemických vlastností lze zdroje dělit i např. vzhledem ke geologickým procesům zapříčiňujících jejich vznik. Nejjednodušší rozdělení je na zdroje vulkanické a nevulkanické. Z pohledu přenosu tepla lze zdroje geotermální energie obecně rozdělit<sup>33</sup> takto:

---

<sup>32</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 10

VOBOŘIL, pozn. 22

<sup>33</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 18, s. 106

- *Hydrotermální zdroje* – přenos tepla směrem k povrchu je zajištěn pomocí geotermálních vod nebo par.
- *Teplo suchých hornin* – přenos tepla směrem k povrchu je zajištěn pomocí obyčejné vody cirkulující přes uměle vytvořený štěrbinový tepelný výměník mezi dvěma hloubkovými vrty.

Jedno ze základních rozdělení hydrotermálních zdrojů je podle teploty, na zdroje vysokoteplotní, středně teplotní a nízkoteplotní. Hranice mezi jednotlivými intervaly se pro různé informační zdroje liší. Konvence neexistuje ani u českojazyčných pramenů. Klasifikace zdrojů geotermální energie podle teploty vybranými autory jsou uvedeny v tabulkách 2.2 a 2.3.

*Tabulka 2.2 – Přehled klasifikace zdrojů geotermální energie podle teploty (část první)* <sup>34</sup>

Klasifikace zdrojů	Autor		
	Muffler – Cataldi (1978)	Hochstein (1990)	Benderitter – Cormy (1990)
Nízkoteplotní	do 90 °C	do 125 °C	do 100 °C
Středněteplotní	90 – 150 °C	125 – 225 °C	100 – 200 °C
Vysokoteplotní	nad 150 °C	nad 225 °C	nad 200 °C

*Tabulka 2.3 – Přehled klasifikace zdrojů geotermální energie podle teploty (část druhá)* <sup>35</sup>

Klasifikace zdrojů	Autor	
	Mavrickij et al. (1977)	Haenel et al. (1988)
Nízkoteplotní	do 70 °C	do 150 °C
Středněteplotní	70 – 100 °C	-
Vysokoteplotní	nad 200 °C	nad 150 °C

Zdroje mající teploty nad 200 °C se nacházejí výhradně ve vulkanicky aktivních oblastech, v Evropě je najdeme pouze na Islandu, Azorských ostrovech, v Itálii a Řecku.

---

<sup>34</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 18, s. 106

<sup>35</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 18, s. 106

Hranice 150 °C souvisí s využitím pro výrobu elektrické energie. Nejběžnější jsou zdroje s teplotou nižší než 150 °C, takové zdroje je možné najít i v místech s větší mocností zemské kůry nebo stabilních strukturách a využívají se především pro účely vytápění.<sup>36</sup>

Hydrotermální zdroje můžeme dále charakterizovat podle zastoupení geotermální vody a geotermální páry. Zdroje dělíme na jednofázové v kapalně, nebo plynné fázi a dvoufázové s převládáním geotermální vody, nebo páry. O převládající fázi rozhoduje teplota a tlak vzhledem k přírodním podmínkám. Z geotermálních struktur je možné získat horkou vodu, směs vody a páry, vlhkou páru a dokonce i suchou nebo prohřátou páru. Nízkoteplotní zdroje jsou vždy představovány geotermální vodou. U jednofázových středněteplotních a vysokoteplotních zdrojů tvořených vodou se teplota pohybuje v rozmezí od 125 do 225 °C. Struktury s geotermální parou jsou vždy klasifikovány jako vysokoteplotní.<sup>37</sup>

Jestliže se bavíme přímo o zdroji geotermálních vod, důležitý klasifikační parametr představuje vydatnost. Vydatnost je množství geotermální vody získávané z geotermálního zdroje čerpáním nebo volným vytékáním udávané v jednotkách  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$  nebo  $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ . Při průzkumu zdrojů pomocí zemních vrtů je nutné na základě dlouhodobého sledování pečlivě vyhodnotit možnosti exploatace (těžby) geotermálních vod. Pokud se odebíraná geotermální voda nevrací zpět do původního rezervoáru reinjektážním vrtem, je možné čerpat pouze omezené a zároveň obnovované (dynamické) množství. Jestliže by docházelo k exploataci neobnovovaného (statického) množství geotermální vody, je nutné exploataci omezit. V případě reinjektáže do původního geotermálního prostředí není třeba uplatňovat omezení exploatace.<sup>38</sup>

Zdroje geotermálních vod z hlediska vydatnosti dělíme<sup>39</sup> na zdroje s:

- *Nepatrnou vydatností* – do 1 [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ].
- *Velmi malou vydatností* – od 1 do 5 [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ].
- *Malou vydatností* – od 5 do 10 [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ].
- *Střední vydatností* – od 10 do 25 [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ].
- *Velkou vydatností* – od 25 do 50 [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ].
- *Velmi velkou vydatností* – nad 50 [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ].

---

<sup>36</sup> MYSLIL et al., pozn. 1, s. 10

<sup>37</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 18, s. 107

<sup>38</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 18, s. 109

<sup>39</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 18, s. 109

Podle teploty vody naměřené na hlavě vrtu se zdroje geotermálních vod v zahraničí i u nás klasifikují<sup>40</sup> na zdroje:

- *Nízkoteplotní* – s povrchovou teplotou nad 100 °C (rezervoárová nad 130 °C).
- *Středněteplotní* – s povrchovou teplotou od 100 °C do 150 °C (rezervoárová od 130 °C do 180 °C).
- *Vysokoteplotní* – s povrchovou teplotou nad 150 °C (rezervoárová nad 180 °C).

---

<sup>40</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 18, s. 109

## 3 Možnosti využití geotermální energie

### 3.1 Přímé využití

Přímé využívání geotermálního tepla se datuje již do období antiky. V současné době se využívá v různých formách v podstatě po celém světě. Vzhledem k přírodním projevům ve formě horkých pramenů, gejzírů apod. se po tisíciletí využívá k rekreačním a lázeňským účelům.

Přímo můžeme využívat geotermální vodu i páru. Teplota rozhoduje o aplikaci. Geotermální pára o teplotách 100 až 190 °C se využívá například pro výrobu papíru, sušení ryb a zemědělských plodin, destilaci nápojů, praní a sušení vlny. Geotermální voda o nižších teplotách se mimo vytápění budov, bazénů a lázní dá používat například pro vytápění skleníků za účelem pěstování potravin, k chovu ryb nebo vyhřívání chodníků a silnic v zimních obdobích.<sup>41</sup>

Podle světových statistických přehledů z roku 2015 jsou v přímém využívání co do instalovaného tepelného výkonu jasnou dominantou tepelná čerpadla s 49 898 MW<sub>t</sub>, přičemž v roce 2010 bylo instalováno 33 134 MW<sub>t</sub>, v roce 1995 pouze 1 854 MW<sub>t</sub>. Oproti tomu kategorie zahrnující rekreační a lázeňské účely je na druhém místě s 9 140 MW<sub>t</sub>. Nejvýznamnější státy z pohledu instalovaného tepelného výkonu jsou vypsány v tabulce 3.1, oproti nim bylo v ČR v roce 2015 instalováno přibližně 305 MW<sub>t</sub>. Jestliže se však instalovaný tepelný výkon začne vztahovat k počtu obyvatel, v mezinárodním žebříčku jasně vedou menší, především skandinávské, země. Nejvýznamnějšími pěti státy pro tento případ v roce 2015 byly Island, Švédsko, Finsko, Norsko a Švýcarsko.<sup>42</sup>

Pro zajímavost 90 % všech budov na Islandu je vytápěno pomocí geotermální energie, 20 % veškerých budov ve Švédsku využívá k vytápění tepelná čerpadla a ve Švýcarsku je instalováno zhruba 90 000 geotermálních tepelných čerpadel, což představuje dvě tepelná čerpadla na každý km<sup>2</sup>.<sup>43</sup>

---

<sup>41</sup> MYSLIL, Vlastimil, Zdeněk KUKAL, Karel POŠMOURNÝ a Václav FRYDRYCH. Geotermální energie: Ekologická energie z hlubin Země - současné možnosti využívání. *Planeta*. Ministerstvo životního prostředí ČR Praha, 2007, **XV**(4). s. 17-18. ISSN 1801-6898. Dostupné také z:

[https://prvni-geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcbc01/geotermalni\\_energie\\_myslil\\_4.pdf](https://prvni-geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcbc01/geotermalni_energie_myslil_4.pdf)

<sup>42</sup> LUND, John a Tonya BOYD. Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review. *Geothermics*. Elsevier, 2016, **60**, 66-93. s. 84-86. DOI: 10.1016/j.geothermics.2015.11.004. ISSN 0375-6505.

Dostupné také z: <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.11.004>

<sup>43</sup> LUND a BOYD, pozn. 42, s. 90

V roce 2015 využívalo geotermální energii přímo 82 zemí světa, odhadovaný instalovaný tepelný výkon je 70 323 MW<sub>t</sub>, to představuje téměř 45 % nárůst oproti statistickým hodnotám z roku 2010.<sup>44</sup>

Tabulka 3.1 – Státy s nejvyšším instalovaným tepelným výkonem v roce 2015 (přímé využití)<sup>45</sup>

Stát	Instalovaný tepelný výkon [MW <sub>t</sub> ]
ČLR	17 870
USA	17 416
Švédsko	5 600
Turecko	2 886
SRN	2 849
Francie	2 347
Japonsko	2 186
Island	2 040

Je nepopíratelné, že se značně zvyšuje zájem o tepelná čerpadla. Protože přímé využití zahrnuje jak vysokoteplotní tak nízkoteplotní zdroje, je daleko rozšířenější než výroba elektrické energie z geotermálních zdrojů. Do přímého využití se započítávají také kogenerační provozy geotermálních elektráren. Obecně platí, že v zemích v klimaticky teplejších oblastech se využívá geotermální energie spíše k výrobě elektřiny, zatímco v zemích s chladnějším podnebím spíše k vytápění.

### 3.2 Nepřímé využití

Nepřímé využití geotermální energie pro generaci elektrické energie je oproti přímému využití technologicky mnohem náročnější a je spojeno se značnými náklady. Geotermální elektrárny musí být vhodně umístěny vzhledem ke geotermálnímu zdroji, což je spojeno s důkladným geologickým průzkumem a vyhodnocením technologických a především ekonomických možností. Představa udržitelného rozvoje a změna energetické politiky u mnohých vyspělých států však dává naději na větší podíl využívání geotermální energie k výrobě el. energie. Perspektivní jsou lokality poblíž hranic litosférických desek a geotermálních anomálií, nicméně rozvoj metod jako je například HDR se snaží potenciální

<sup>44</sup> LUND a BOYD, pozn. 42, s. 80

<sup>45</sup> LUND a BOYD, pozn. 42, s. 84

možnosti geotermální energie rozšířit. Jasnou výhodnou geotermálních elektráren oproti ostatním obnovitelným zdrojům je konstantní dodávka do elektrické sítě. Nejvýznamnější technologie pro generování elektrické energie z geotermálních zdrojů jsou popsány v podkapitole 3.4.

Nejstarší geotermální elektrárna byla postavena již v roce 1904 ve městě Lardarello na Apeninském poloostrově. Vodní pára je zde čerpána z hloubky zhruba 3 000 m a zajišťuje elektrický výkon 545 MW<sub>e</sub>. Nejvíce elektrické energie z geotermální páry se získává v oblasti známé jako The Geysers, nedaleko San Franciska. Tohoto geotermální pole, rozkládajícího se zhruba na 117 km<sup>2</sup>, využívá 18 geotermálních elektráren čerpajících páru s teplotou kolem 250 °C z více než 350 vrtů. Z některých vrtů dokonce uniká pára takovou silou, že se je nepodařilo uzavřít. Geotermální pole The Geysers zajišťují v současné době výkon 835 MW<sub>e</sub>.<sup>46</sup>

V roce 2015 se instalovaný elektrický výkon z geotermálních zdrojů odhadoval na 12 635 MW<sub>e</sub> s roční produkcí 73 549 GWh, což představuje 16 % nárůst oproti roku 2010. Pro rok 2020 se očekává navýšení až na 21 443 MW<sub>e</sub>. V Asii pravděpodobně dojde ke zvýšení instalovaného výkonu téměř na dvojnásobek oproti roku 2015, v Africe se očekává zvýšení skoro na trojnásobek. V tabulce 3.2 je vypsáno pět států s nejvyšším instalovaným elektrickým výkonem v roce 2015, Islandu se připisovalo 665 MW<sub>e</sub>. Evropským lídrem v nepřímém využití je Itálie s instalovanými 916 MW<sub>e</sub> v roce 2015. Ze sousedních zemí je v tomto ohledu nejdále Německo s pouhými 27 MW<sub>e</sub> pro rok 2015.<sup>47</sup>

Tabulka 3.2 – Státy s nejvyšším instalovaným elektrickým výkonem v roce 2015 (nepřímé využití)<sup>48</sup>

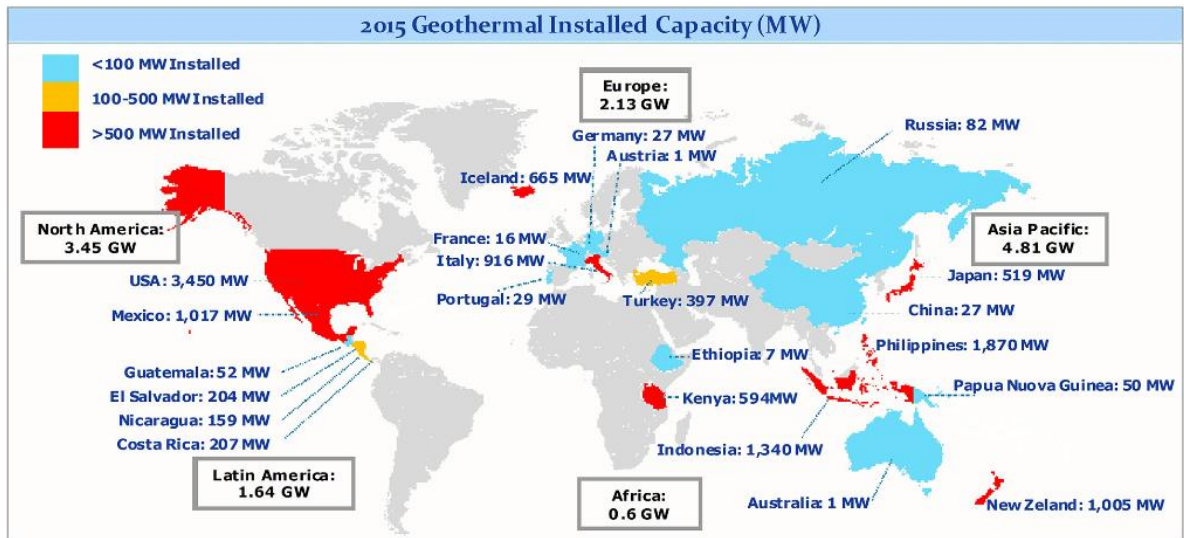
Stát	Instalovaný elektrický výkon [MW <sub>e</sub> ]
USA	3 450
Filipíny	1 870
Indonésie	1 340
Mexiko	1 017
Nový Zéland	1 005

<sup>46</sup> MYSLIL et al., pozn. 41, s. 18

The Geysers geothermal field is the largest producer of geothermal electricity in the world. In: *California Energy Commission* [online]. State of California, 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://www.energy.ca.gov/tour/geysers/>

<sup>47</sup> LUND a BOYD, pozn. 42, s. 80-81

<sup>48</sup> LUND a BOYD, pozn. 42, s. 81



Obrázek 3.1 – Instalovaný výkon geotermálních elektráren ve světě v roce 2015 <sup>49</sup>

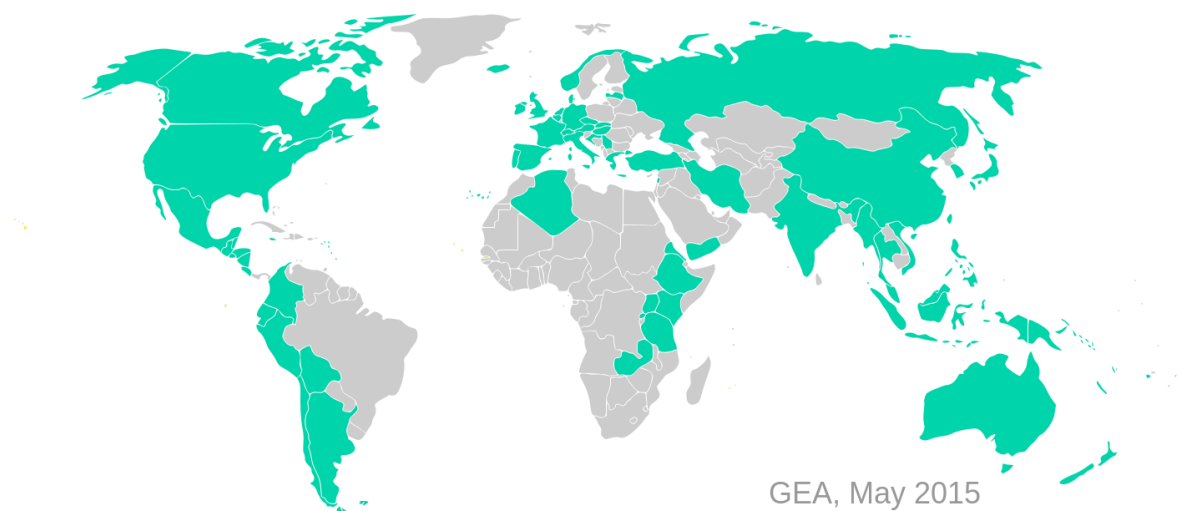
Podle jiného zdroje by celosvětový instalovaný výkon mohl v roce 2020 dosáhnout až 17,6 GW<sub>e</sub>. Po celém světě bylo v roce 2015 velké množství geotermálních projektů v různých fázích vývoje. Například v Evropě bylo více než 140 projektů ve 20 různých zemích, ve vedení s Tureckem s téměř 60 projekty na přímé využití geotermální energie, následovaným SRN a Islandem s 10 projekty. V Africe vidíme obdivuhodný nárůst v oblasti Východoafrického riftu vedený Keňou s 20 projekty (jedním již v provozu) a 10 projekty v různých fázích vývoje v Etiopii i Ugandě. Za zmínku stojí oblast Jižní Ameriky, kde i přes nulový instalovaný výkon v roce 2015 bylo evidováno okolo 100 geotermálních projektů v rámci zemí na západní straně kontinentu, v čele s Chile s 50 projekty v rané fázi. Pro souhrnnou představu slouží obrázek 3.2 s vyznačenými zeměmi, které již geotermální energii pro výrobu energie využívají nebo dochází teprve k rozvoji tohoto záměru. <sup>50</sup>

Poznámka: Obrázek 3.2 je z grafických důvodů uveden na další straně této práce.

<sup>49</sup> LUND a BOYD, pozn. 42, s. 82

<sup>50</sup> ROMITTI, Yasmin. *The International Geothermal Market At a Glance*. Geothermal Energy Association, 2015, 2 s. Dostupné také z: [http://geo-energy.org/reports/2015/Int'lMarketataGlanceMay2015Final5\\_14\\_15.pdf](http://geo-energy.org/reports/2015/Int'lMarketataGlanceMay2015Final5_14_15.pdf)





Obrázek 3.2 – Státy s geotermálními elektrárnami v provozu nebo ve fázích vývoje v roce 2015<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> World map of geothermal power countries installed and developing. In: *Wikimedia Commons* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2015 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World\\_map\\_of\\_geothermal\\_power\\_countries\\_installed\\_and\\_developing.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_map_of_geothermal_power_countries_installed_and_developing.svg)

### 3.3 Geotermální systémy

Geotermálním systémem označujeme zdroj, ze kterého je geotermální energie dále využitelná. Jednotlivé systémy naznačují, jakým způsobem může být energie získávána.

Členění geotermálních systémů je značné a liší podle různých autorů a hledisek. Jedno z nejprostších dělení je na systémy, ve kterých geotermální energie vzniká v blízkosti vulkanických těles, nebo velkých hloubkách 5 až 10 km či se jedná o systémy hydrotermální. U prvních dvou jmenovaných se setkáváme s tím, že máme k dispozici velké množství tepla, nicméně jeho získávání je technicky náročné.<sup>52</sup>

Z hlediska fyzikálních a chemických vlastností lze geotermální systémy rozdělit<sup>53</sup> na čtyři typy:

- *Hydrotermální systémy* – systémy s geotermální vodou nebo geotermální párou.
- *Systémy horkých suchých hornin* – vyznačují se absencí výskytu geotermální vody.
- *Geotlaké systémy* – tvoří je struktury s mocnou sedimentární výplní obsahující zvodně s vysokým tlakem.
- *Magmatické systémy* – systémy tvořené magmatem uloženým relativně blízko zemského povrchu.

#### 3.3.1 Hydrotermální systémy

Jsou to takové systémy, ve kterých je přirozeným přenašečem tepla geotermální voda, geotermální pára, nebo jejich směs. Přítomnost hydrotermálního zdroje může být znatelná už na samém zemském povrchu, samovolně vytékajícími horkými prameny, gejzíry a podobnými anomáliemi.

Rozlišujeme hydrotermální systémy s vysokou tepelnou entalpií, které zahrnují systémy s vysokým tlakem vody, jež obsahují přehřátou vodu nebo vodní páru. Dále na hydrotermální systémy s nižší tepelnou entalpií, obsahující zvodně s horkou vodou (nad 100 °C) nebo teplou vodou (40 až 100 °C), či zvodně nízkoteplotní (25 až 40 °C), zahrnují také termální prameny s teplotou vody nad 20 °C.<sup>54</sup>

---

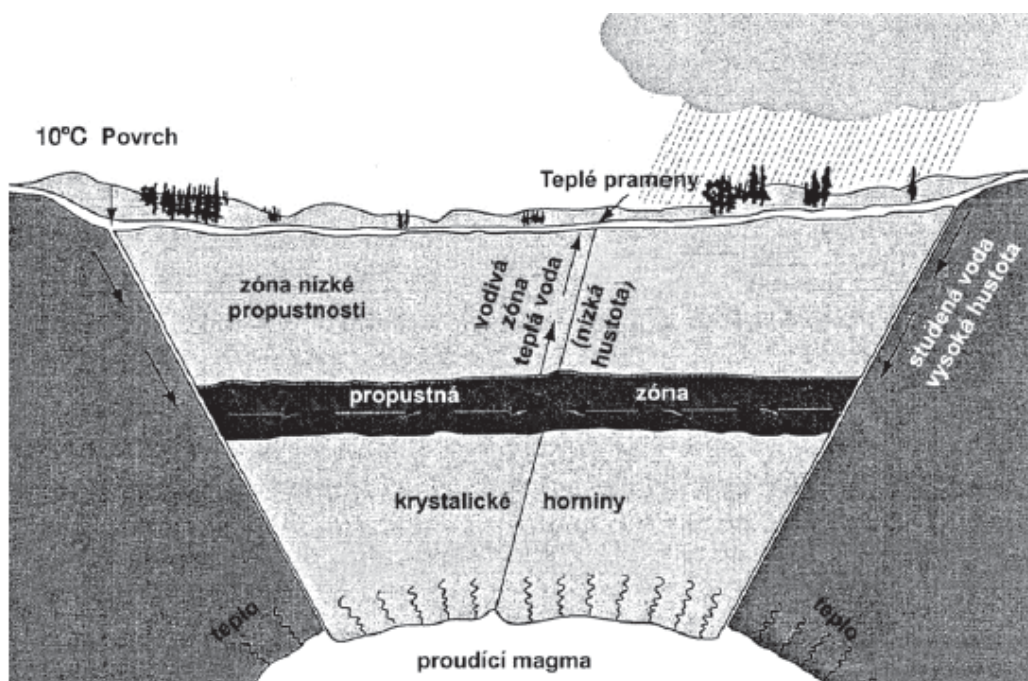
<sup>52</sup> BLAŽKOVÁ, Miroslava. *Metodika k hodnocení geotermálního potenciálu v modelovém území Podkrušnohoří. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2010. s. 42. Dostupné také z: [https://prvni-geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcb01/metodika\\_ujep\\_4.pdf](https://prvni-geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcb01/metodika_ujep_4.pdf)*

<sup>53</sup> ŠPIČKOVÁ, Iveta, Jana ŠTURCOVÁ a Martina ŠUDŘICHOVÁ. *Využití geotermální energie. Praha, 2010. s. 10-11. Dostupné také z: [https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti\\_geotermalni\\_energie.pdf](https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti_geotermalni_energie.pdf)*

<sup>54</sup> BLAŽKOVÁ, pozn. 52, s. 43

Do zvodní představující geotermální rezervoáry se hloubí jímací vrty. Zvodně mohou být obecně uzavřené nebo otevřené. Pokud je zvodně uzavřená, nebo by bylo její přirozené doplňování vzhledem k exploataci nedostačující, je nutné zajistit, aby se kapacita zdroje nezmenšovala, jak již bylo řečeno v oddílu 2.5.2 v odstavci o vydatnosti geotermálních vod. Pro dlouhodobé využití hydrotermálního systému musí být zajištěn opakující se cyklus proudění studené vody k ohřáté hornině.

V přírodě je tento cyklus umožněn zlomy a prasklinami v zemské kůře. Přes propustnou vrstvu se studená dešťová voda dostává až k nepropustným horninám, následně se ohřívá a snižuje se její hustota. Poté může stoupat směrem k povrchu, čímž dochází k poklesu tlaku, až může dojít k dosažení bodu varu a vzniku páry, která se projeví na povrchu geotermálními anomáliemi.<sup>55</sup>



Obrázek 3.3 – Přirozený cyklus hydrotermálního systému<sup>56</sup>

Hlavními rysy využitelného hydrotermálního systému jsou<sup>57</sup>:

- Velký zdroj tepla.
- Propustné podloží.
- Zásoba geotermální vody.
- Krycí vrstva nepropustné horniny.
- Spolehlivý doplňovací mechanismus.

<sup>55</sup> DIPIPO, Ronald. Geothermal power plants: principles, applications, case studies, and environmental impact. 3rd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, c2012. s. 10-11. ISBN 978-008-0982-06-9.

<sup>56</sup> MYSLIL et al., pozn. 41, s. 16

<sup>57</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 10

Speciálním případem hydrotermálního zdroje jsou tzv. artéské pánve (studně). Voda z těchto zdrojů se nijak neliší od jiných podzemních vod, až na své geologické uložení. Zvodeň je shora i zdola omezena nepropustnou horninou. Její podzemní hladina je napjatá a tlačí na nepropustnou vrstvu tzv. artézský strop hydrostatickým tlakem. Po navrtání dochází k samovolnému proudění vody k zemskému povrchu až do vyrovnání tlaku.<sup>58</sup>

Největší artéská pánev se nachází v Austrálii (Velká artéská pánev), kde představuje obrovský zdroj podzemní vody<sup>59</sup>. V České republice se nachází artéská voda na mnoha místech. Nejznámější jsou artéské studny v Českých Budějovicích, jejichž voda se používá pro výrobu piva.



Obrázek 3.4 – Princip artéské studny<sup>60</sup>

Nedávno bylo při hloubení vrtů pro systémy horkých suchých hornin v Evropě a Austrálii zjištěno, že v hloubkách 2 500 až 4 000 m i hlouběji se mohou nacházet hlubinné hydrotermální rezervoáry. Díky své hloubce obsahují hlubinné hydrotermální (deep hydrothermal) zvodně fluídy s příhodnou teplotou i v oblastech normálního geotermálního gradientu. Například, pokud má geotermální gradient v dané oblasti průměrnou hodnotu 30 °C na km, pak fluídy v hloubce 4 km mají teplotu od 120 do 140 °C. Tyto hlubinné zdroje mohou být využity pro přímé vytápění budov a jiné nízkoteplotní aplikace. Oproti hydrotermálním zdrojům v menších hloubkách, se využívání hlubinných zdrojů vyznačuje

<sup>58</sup> RUBÍN, Josef. Co je to artéská studně?. In: *Český rozhlas* [online]. 1997, 9. ledna 2003 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.rozhlas.cz/priroda/porady/zprava/59697>

<sup>59</sup> Great Artesian Basin. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2018-03-21].

Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Great\\_Artesian\\_Basin](https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Artesian_Basin)

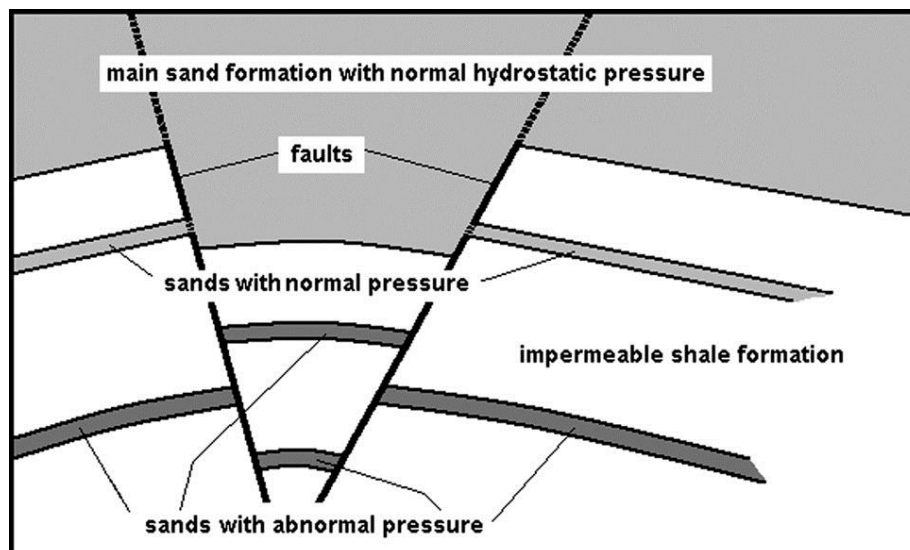
<sup>60</sup> PROCHÁZKOVÁ, Eva. *Podpovrchová voda* [online]. In: Zlín, 28. 7. 2013 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3067210/>

vyššími náklady, nicméně s finanční podporou státu může být tento zdroj úspěšně využíván, i když se dříve považoval za zcela neekonomický.<sup>61</sup>

### 3.3.2 Geotlaké systémy

Potenciální energetický zdroj, který nazýváme „geotlak“ (geopressure) se nachází podél západního a severního pobřeží Mexického zálivu. Během těžby ropy a zemního plynu byly poblíž pobřeží států Texas a Louisiana nalezeny sedimentární vrstvy ukrývající fluidy s vysokým tlakem tzv. geotlaké rezervoáry.<sup>62</sup>

Postupné usedání sedimentů způsobilo zhutnění horninových vrstev, nicméně došlo i k vytvoření strmých vyústění, což znamenalo tvorbu izolovaných částí s těžkým nadložím a žádnými možnostmi rozptýlení zátěže do okolí viz obrázek 3.5.<sup>63</sup>



Obrázek 3.5 – Schématický průřez geotlakého rezervoáru<sup>64</sup>

Vysvětlivky k obrázku 3.5 (volně přeloženo):

Main sand formation with normal hydrostatic pressure – Hlavní písečná vrstva pod normálním hydrostatickým tlakem

Faults – Zlomy

Sands with abnormal pressure – Písečné vrstvy pod abnormálním tlakem

Impermeable shale formation – Nepropustný útvar jílové břidlice

<sup>61</sup> DIIPPO, pozn. 55, s. 15-16

<sup>62</sup> DIIPPO, pozn. 55, s. 12

<sup>63</sup> DIIPPO, pozn. 55, s. 12

<sup>64</sup> DIIPPO, pozn. 55, s. 13

S dnešními těžebními technologiemi je možné z těchto rezervoárů těžit, což dříve kvůli vysokému tlaku nebylo možné. Existují tři důvody, proč jsou tyto systémy pro nás atraktivní. Zaprvé je zde velmi vysoký tlak využitelný pro pohánění turbíny a čerpání mechanické energie. Zadruhé, vysoké teploty a možnosti získání tepelné energie. Zatřetí, rozpuštěný metan, který můžeme spalovat pro získání energie, nebo prodávat. Nicméně aby byla těžba z tohoto systému ekonomicky výhodná, je nutné aby geotlaký rezervoár splňoval šest kritérií.<sup>65</sup>

- Fluidy mají dostatečně vysokou teplotu (větší než 230 °C).
- Ve fluidech je rozpuštěno dostatečné množství metanu.
- Vysokotlaká vrstva písku je dostatečně silná, ale propustná.
- Písečný útvar je ohraničen zlomem, který není příliš rozpraskaný.
- Může být zaručeno, že nedojde k propadání země.

### 3.3.3 Magmatické systémy

Magmatické systémy se vážou k ambicióznímu způsobu získávání geotermální energie přímo z magmatu.

Princip spočívá v navrtání struktury obsahující žhavé magma, které se nachází dostatečně blízko zemského povrchu. Vrtem se následně pod velkým tlakem začne pumpovat studená voda, která magma přemění v skelný materiál, mající tendenci popraskat v důsledku způsobeného tepelného šoku. Jestliže pumpující vodu, ohřívající se o povrch popraskaného ztuhlého magmatu, dokážeme čerpat zpět na povrch, může být použita v elektrárnách využívajících Rankinův cyklus.<sup>66</sup>

Realizace popsaného konceptu je technicky velice náročná. Spojené státy se pochopením a možnostmi využití magmatických systému zabývaly již v 70. a 80. letech, přičemž bylo realizováno několik výzkumných projektů s provedením vrtných prací. Změnou energetické politiky v 90. letech však bylo od dalších fází projektů upuštěno a realizované vrty dnes slouží pro geologické sledování. Tyto projekty sice pomohly s pochopením konkrétních magmatických systémů, ale nedošlo výraznému pokroku v technologii hloubení vrtů. Od té doby pravděpodobně nedošlo k dalším pokusům těžit geotermální energii obsaženou přímo v magmatických strukturách.<sup>67</sup>

---

<sup>65</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 13

<sup>66</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 14

<sup>67</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 14-15

### 3.3.4 Systémy horkých suchých hornin

Tyto systémy jsou známé pod označením **HDR** (Hot Dry Rock). Jak název napovídá, označují systémy u kterých je teplo zakonzervováno přímo v horninách. V určité hloubce pod povrchem se nacházejí prakticky suché horniny. Nadloží těchto hornin způsobuje velký tlak znemožňující vznik větších dutin a pórů ve struktuře horniny, což zabraňuje přístupu kapaliny.<sup>68</sup>

Při záměru využívat tyto systémy je nutné vytvořit v těchto horninách prostor fungující jako výměník – umělý geotermální rezervoár. Rozrušení hornin se provádí pomocí hydraulického lámání, chemickým, nebo trhavinovým lámáním. Následně je do vytvořeného prostoru vrtem přiváděna voda, která přejímá teplo z povrchu okolních hornin. Díky vysokému tlaku (do 165 MPa) zůstává ohřátá voda v kapalném stavu a může být následně čerpána druhým vrtem do tepelného výměníku na povrchu. Hloubky vrtů se pohybují mezi 5 až 6 km, teploty v těchto hloubkách dosahují zpravidla 180 až 220 °C, čímž překračují hraniční teplotu 150 °C a jsou vhodné pro výrobu elektrické energie.<sup>69</sup>

Základním modelem jsou dva vrty spojené jednou širokou puklinou. Nejprve se realizuje první vrt a v dané hloubce se vytvoří puklina. Podle směru pukliny se navrtá druhý vrt. Vzdálenost obou vrtů bývá okolo 1 km. V praxi se běžně používá větší počet vrtů spojených více puklinami, v takovém případě musí být vrty vzdáleny nejméně 300 m. Ekonomicky nejvýhodnější je vytvoření deseti puklin pro dva vrty.<sup>70</sup>

Rozlišujeme mezi produkční vrtem, kterým čerpáme médium směrem k povrchu, a vrtem injekčním, kterým naopak vodu vháníme zpět do prostoru geotermálního rezervoáru. Poměr produkčních a injekčních vrtů je 3:2 až po 5:2 dle konkrétních podmínek.<sup>71</sup>

---

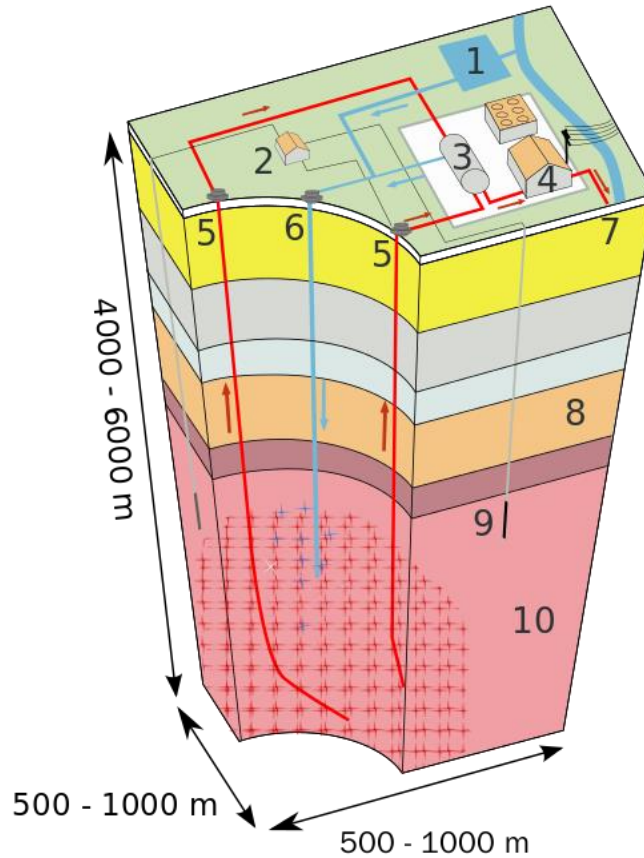
<sup>68</sup> MYSLIL et al., pozn. 41, s. 16

<sup>69</sup> MOTLÍK, Jan, et al. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice*. Praha: ČEZ, 2007. s. 148. ISBN 978-80-239-8823-9.

MASTNÝ, Petr, et al. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. s. 113. ISBN 978-80-01-04937-2.

<sup>70</sup> MYSLIL et al., pozn. 41, s. 17

<sup>71</sup> MASTNÝ et al., pozn. 69, s. 113



Obrázek 3.6 – Náskres využití systému HDR <sup>72</sup>

Vysvětlivky k obrázku 3. 6:

1. Nádrž studené vody
2. Čerpadlo
3. Tepelný výměník
4. Strojovna s turbínou
5. Produkční vrt
6. Injekční vrt
7. Teplá voda pro dálkové vytápění
8. Porézní sedimenty
9. Vrt pro sledování
10. Horká hornina

Nevýhodou tohoto systému je únik vody, může být až  $10 \text{ l.s}^{-1}$ . Dále také možnost menší seismické aktivity při rozrušování hornin, které se mohou projevit i na povrchu. Zatím největší zaznamenané zemětřesení v souvislosti s hloubením vrtů pro systém HDR bylo ve

<sup>72</sup> EGS diagram. In: *Wikimedia Commons* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EGS\\_diagram.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EGS_diagram.svg)



švýcarském Basileji v roce 2006. Klasifikováno bylo hodnotou 3,4 Richterovy stupnice, následně byl projekt výstavby na žádost místních úřadů zrušen. Zpravidla jsou však zemětřesení vznikající v souvislosti HDR malá a nezpůsobují škody.<sup>73</sup>

Výhodou metody využití HDR je že může být uplatněna v podstatě kdekoliv, i pro menší hloubky. Je zcela nezávislá na klimatu a neovlivňuje životní prostředí tvorbou skleníkových plynů a jiných polutantů. Může představovat decentralizovaný zdroj energie, který lze rovnoměrně rozmístit a zvýšit tak energetickou bezpečnost státu. Z pohledu produkce tepla je prokázáno, že ochlazení 1 km<sup>3</sup> horniny zemské kůry o 100 °C umožní provoz tepelné elektrárny s výkonem 30 MW elektrické energie po dobu 30 let.<sup>74</sup>

Podle modelových projektů a výzkumu byly na uplatnění systému HDR formulovány tyto požadavky<sup>75</sup>:

- Hloubka umělého geotermálního rezervoáru by neměla být větší než 5 km, s ohledem na možnosti technologie a nákladů spojených s vrtnými pracemi.
- Teplota v zásobníku tepla musí být vyšší než 180 °C, pro efektivní přeměnu tepla na el. energii.
- Plocha výměníku by neměla být větší než 3 km<sup>2</sup>.
- Systém puklin v horninách by měl být otevřen přibližně na 1,5 mm.
- Poměr mezi maximálním a minimálním horninovým napětím by neměl být větší než 0,75, pro stabilitu systému a přijatelné ztráty cirkulované vody.
- Minimální množství cirkulovaného média je 78 l.s<sup>-1</sup>, nejvhodnější jsou tři shodné instalace výměníků o ploše 1 km<sup>2</sup> a cirkulací 25 l.s<sup>-1</sup> vody.

V poslední době se zvláště vyčleňují systémy horkých rozpukaných hornin. Označují se zkratkou **HFR** (Hot Fractured Rock). Tyto systémy také využívají tepla suchých hornin, ale zahrnují pouze horniny, které jsou již částečně přirozeně rozpukány. Propojení vrtů hydraulickými metodami je vyžadováno jen v omezené míře, navíc je snadnější. Systémy HFR jsou proto charakterizovány nižšími náklady na rozrušování hornin oproti HDR. V ČR

---

<sup>73</sup> GABBATT, Adam. Swiss geothermal power plan abandoned after quakes hit Basel. *The Guardian* [online]. Guardian News and Media Limited or its affiliated companies, 15 Dec 2009 [cit. 2018-03-25].

Dostupné z: <https://www.theguardian.com/world/2009/dec/15/swiss-geothermal-power-earthquakes-basel>

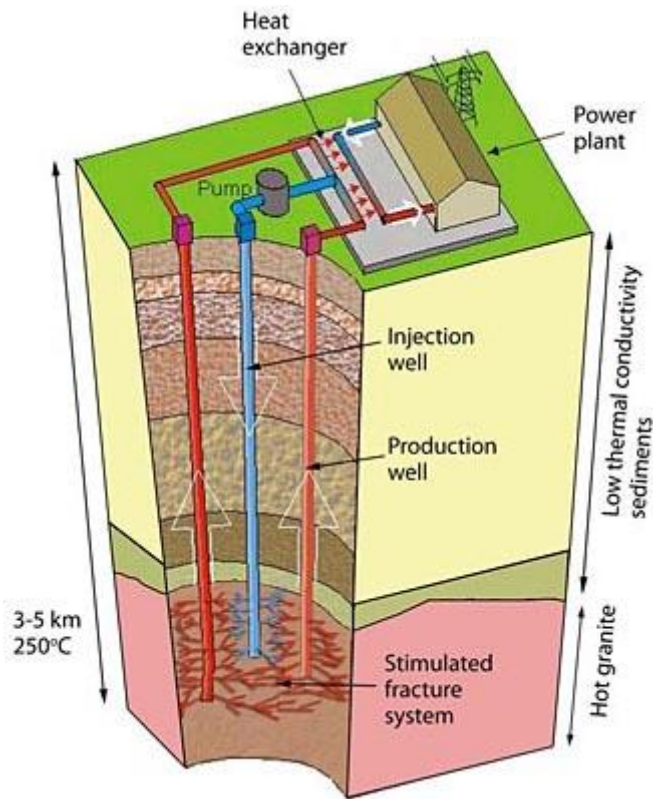
MYSLIL et al., pozn. 41, s. 17

<sup>74</sup> MOTLÍK et al., pozn. 69, s. 148

MYSLIL et al., pozn. 41, s. 17

<sup>75</sup> MYSLIL et al., pozn. 41, s. 17

se k systému HFR řadí přírodní výstup termálních, minerálních a proplyněných vod v Karlových Varech.<sup>76</sup>



Obrázek 3.7 – Nákres využití systému HFR<sup>77</sup>

Vysvětlivky k obrázku 3. 7 (volně přeloženo):

Heat exchanger – Tepelný výměník

Power plant – Elektrárna

Injection well – Injekční vrt

Production well – Produkční vrt

Stimulated fracture system – Stimulovaný popraskaný systém

Low thermal conductivity sediments – Sedimenty s nízkou tepelnou vodivostí

Hot granite – Horký granit

<sup>76</sup> MYSLIL et al., pozn. 41, s. 17

<sup>77</sup> Diagram source. In: Ontario Association of Architects [online]. Ontario: Advanced Thermal Solutions [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.oaa.on.ca/oaamedia/uploads/fig1.jpg>

### 3.4 Technologie pro výrobu elektrické energie

Jestliže bychom porovnávali technologie pro nepřímé využití geotermální energie podle celkového instalovaného elektrického výkonu, pak na základě souhrnné statistiky z roku 2015 zjistíme následující. Nejvíce elektrické energie produkují technologie mokré páry (single, double, triple flash), které dohromady zahrnují zhruba 7 755 MW<sub>e</sub> v 17 zemích na různých kontinentech. Následuje je historicky nejstarší technologie suchých par, která je využívána Spojenými státy, Itálií, Indonésií a Japonskem. Nižšího celkového instalovaného výkonu dosahují binární technologie, které byly v roce 2015 využívány ve 21 zemích. Na konci žebříčku se nacházejí protitlaké a hybridní technologie.<sup>78</sup>

Nejvýznamnější technologie jsou blíže popsány v následujících oddílech. V budoucnu můžeme očekávat nárůst využití i díky rozvoji metody využití HDR systémů popsané v oddílu 3.3.4. Tabulka 3.3 poskytuje informace o celkovém instalovaném výkonu geotermálních elektráren s různými technologiemi a byla sestavena na základě dat uvedených ve statistice z roku 2015. Tabulka s označením 3.4 uvádí teploty geotermálních rezervoárů a účinnosti nejvýznamnějších technologií pro nepřímé využití geotermální energie.

Tabulka 3.3 – Technologie geotermálních elektráren dle instalovaného výkonu v roce 2015<sup>79</sup>

Typ technologie elektrárny		Celkový instalovaný výkon [MW <sub>e</sub> ]	Celkový instalovaný výkon [%]
Technologie suché páry	Dry-Steam	2 863	22,74
Technologie mokré páry	Single-Flash	5 079	40,34
	Double-Flash	2 544	20,20
	Triple-Flash	132	1,05
Binární cyklus	Binary Cycle	1 790	14,22
Protitlaké	Back Pressure	181	1,44
Hybridní	Hybrid	2	0,02
<b>Celkem</b>		12 591	100,00

<sup>78</sup> LUND a BOYD, pozn. 42, s. 83

<sup>79</sup> LUND a BOYD, pozn. 42, s. 83

Tabulka 3.4 – Porovnání základních technologií pro přeměnu geotermální energie<sup>80</sup>

Typ technologie elektrárny		Teplota geotermálního rezervoáru [°C]	Účinnost energetické přeměny [%]
Technologie suché páry	Dry-Steam	180 – 300+	50 – 65
Technologie mokré páry	Single-Flash	200 – 260	30 – 35
	Double-Flash	240 – 320	35 – 45
Základní binární cyklus	Basic Binary Cycle	125 – 165	25 – 45

### 3.4.1 Technologie suché páry (Dry-Steam)

Aby mohly být klasické parní turbíny poháněny geotermální párou, musí být její teplota v rozmezí 180 až 300 a více °C. Takových zdrojů je však málo, větší naleziště geotermální suché páry jsou jen v Larderello a poli The Geysers. Menší rezervoáry se nacházejí v Japonsku, Indonésii, Novém Zélandu a ve Spojených státech. Odhaduje se, že pouze 5 % všech hydrotermálních zdrojů obsahuje suchou páru s teplotou vyšší než 200 °C. Využití suché páry je však snadné oproti jiným technologiím, navíc má tato technologie oproti ostatním nejvyšší účinnost energetické přeměny, udávané mezi 50 až 65 %.<sup>81</sup>

Produkčním vrtem se přes hlavní uzávěr přivádí geotermální pára. Obvykle prochází čištěním separátorem pro odstranění částecek hmot, které může pára z hlubin obsahovat. Následně vstupuje do potrubního systému elektrárny a použije se rovnou pro pohon turbíny. Před strojnou je umístěn bezpečnostní ventil, pro nouzové odvedení páry v případě problému s turbínou. Využitá pára může být po expanzi v turbíně vypuštěna do okolní atmosféry, takový způsob se však jeví jako nešetrný k životnímu prostředí. V oběhu elektrárny se zpravidla využívá kondenzátoru a chladicí věže. Geotermální pára většinou obsahuje nekondenzovatelné plyny, především sulfan (H<sub>2</sub>S), oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) nebo metan (CH<sub>4</sub>), ty se izolují v kondenzátoru a jsou odstraněny pomocí vakuových čerpadel a ejektorů. Pokud je není možné dále využít je nutno s nimi nakládat jako s odpady. Veškerý kondenzát je pak vstříkovan zpět do rezervoáru pro dosažení relativní rovnováhy v geotermálním systému.<sup>82</sup>

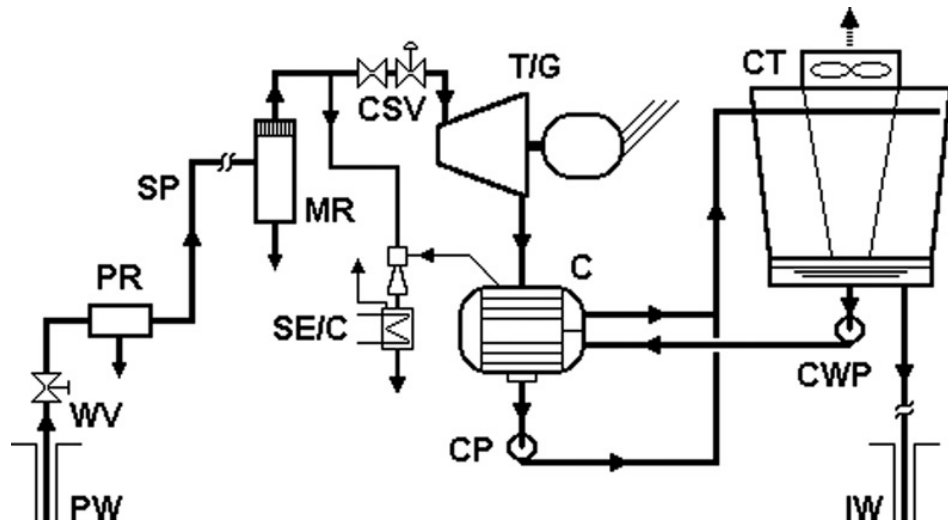
Zjednodušené schéma uspořádání elektrárny využívající princip suché páry je na obrázku 3.8. Na obrázku 3.9 je T-s diagram tepelného oběhu, parametry páry získané

<sup>80</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 185

<sup>81</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 132 a 185

<sup>82</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 138 a 147

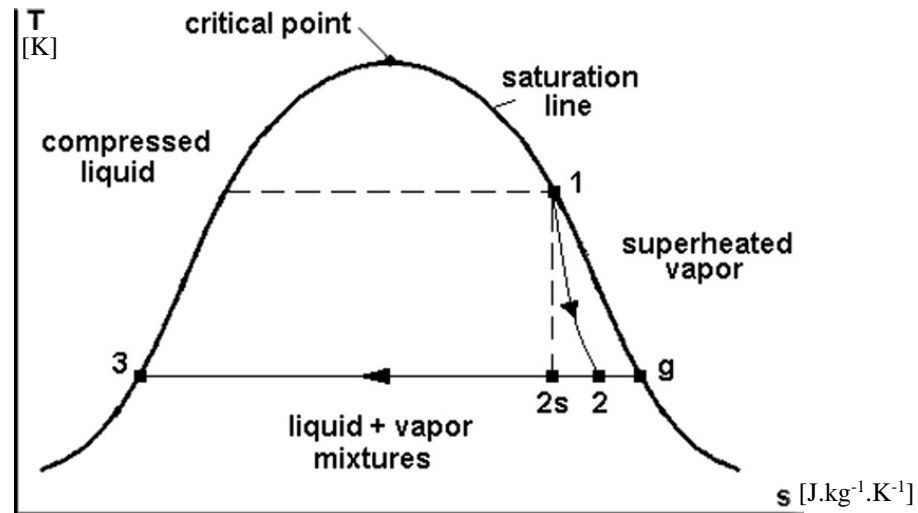
z produkčního vrtu odpovídají bodu 1, následně dochází k expanzi páry na lopatkách turbíny 1-2 (2s ideální průběh) a kondenzaci páry 2-3.



Obrázek 3.8 – Zjednodušené uspořádání elektrárny fungující na principu suchých par<sup>83</sup>

Vysvětlivky k obrázku 3.8: PW – produkční vrt, WV – ventil vrtu, PR – odlučovač částic, SP – parní potrubí, MR – odlučovač vlhkosti, SE/C – ejektor/kondenzátor, CSV – kontrolní a uzavírací ventil, T/G – turbína/generátor, C – kondenzátor, CP – čerpadlo kondenzátu, CWP – čerpadlo chladicí vody, CT – chladicí věž, IW – injekční vrt

<sup>83</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 140



Obrázek 3.9 – T-s diagram tepelného oběhu elektrárny fungující na principu suchých par <sup>84</sup>

Vysvětlivky k obrázku 3.9 (volně přeloženo):

- Compressed liquid – Stlačená tekutina
- Critical point – Kritický bod
- Saturation line – Mez sytosti
- Superheated vapor – Přehřátá pára
- Liquid + vapor mixtures – Směs vody a páry

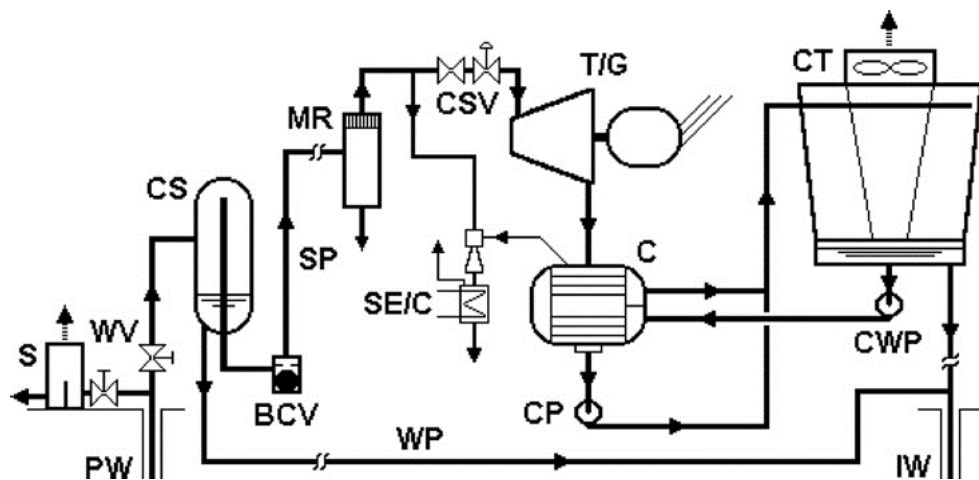
### 3.4.2 Technologie mokré páry (Flash-Steam)

Existuje hned několik typů elektráren využívající mokré páry a jejich kombinací. Nejprve byl zaveden princip **single-flash** využívající hydrotermální rezervoáry s teplotou 200 až 260 °C. Slovní spojení single-flash indikuje, že odebírané fluidy prošly jedním procesem přechodu natlakované vody do směsi vody a páry v důsledku snížení tlaku. V zahraniční literatuře je tento proces nazýván „flashing“. Tento proces může nastat v několika případech. Jednak přímo v rezervoáru, jestliže fluidy pronikají skrze propustný útvar s následným snížením tlaku. V produkčním vrtu, kdekoli od vstupu až po ústí vrtu na povrchu v důsledku ztrát tlaku třením a změnou hydrostatických poměrů, nebo přívodem do cyklonového separátoru v blízkosti hlavy vrtu. Z pohledu elektrárny je důležité kde k flash procesu dojde. Z hlediska pochopení termodynamického procesu je to však irelevantní. Podstatou technologie je změna fáze termální vody v důsledku snížení tlaku. Procesem získaná pára je pak využita k pohonu parní turbíny a generátoru. Zbytek oběhu je obdobný jako u elektráren využívajících suchou páru. Zjednodušené uspořádání elektrárny je znázorněno na obrázku 3.10. Jestliže je použit cyklonový separátor, musí být umístěn v

<sup>84</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 141

blízkosti hlavy vrtu. Elektrárna typu single-flash s výkonem 30 MW obvykle potřebuje 5 až 6 produkčních vrtů a 2 až 3 injekční vrt. T-s diagram je na obrázku 3.11, z bodu 1 přecházíme do bodu 2, odebírané termální vodě se snižuje tlak a separuje se na páru 2-4 a kondenzát 2-3. Pára expanduje a odevzdává energii turbíně pohánějící generátor 4-5. Následně ochlazená pára kondenzuje a vrací se zpět ke geotermálnímu zdroji.<sup>85</sup>

Výhodou tohoto principu oproti suché páře je využití četnějšího hydrotermálního zdroje s nižší teplotou. Účinnost přeměny energie je však nízká, udává se 30 až 35 %<sup>86</sup>. Single-flash technologie je na světě z pohledu instalovaného výkonu nejrozšířenější, v roce 2015 bylo instalováno 5 079 MW<sub>e</sub><sup>87</sup>.



Obrázek 3.10 – Zjednodušené uspořádání elektrárny fungující na principu single-flash<sup>88</sup>

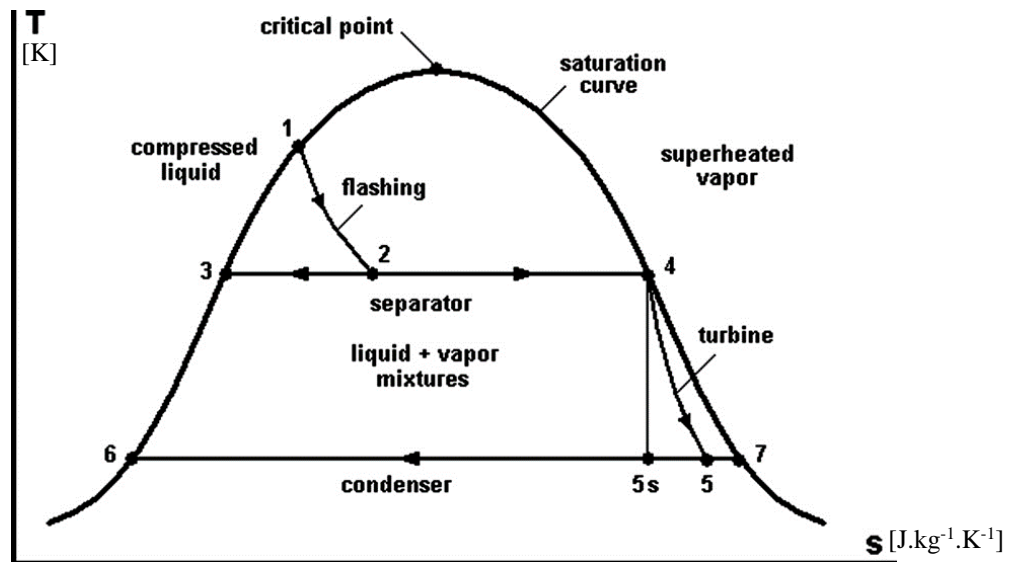
Vysvětlivky k obrázku 3.10: PW – produkční vrt, WV – ventil vrtu, S – tlumič, CS – cyklonový separátor, BCV – zpětný kulový ventil, SP – parní potrubí, MR – odlučovač vlhkosti, SE/C – ejektor/kondenzátor, CSV – kontrolní a uzavírací ventil, WP – vodovodní potrubí, T/G – turbína/generátor, C – kondenzátor, CP – čerpadlo kondenzátu, CWP – čerpadlo chladicí vody, CT – chladicí věž, IW – injekční vrt

<sup>85</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 82 a 92

<sup>86</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 185

<sup>87</sup> LUND a BOYD, pozn. 42, s. 83

<sup>88</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 87



Obrázek 3.11 – T-s diagram tepelného oběhu elektrárny fungující na principu single-flash <sup>89</sup>

Vysvětlivky k obrázku 3.11 (volně přeloženo):

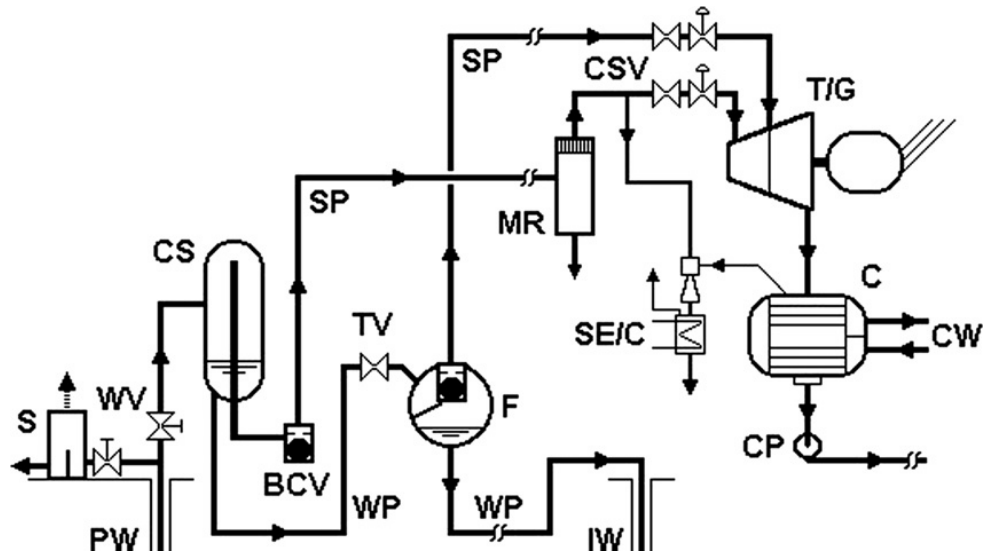
- Compressed liquid – Stlačená tekutina
- Critical point – Kritický bod
- Flashing – Flash proces
- Saturation curve – Mez sytosti
- Separator – Separace
- Superheated vapor – Přehřátá pára
- Liquid + vapor mixtures – Směs vody a páry
- Turbine – Expanze v turbíně
- Condenser – Kondenzace

Vylepšení výše popsané systému představují elektrárny typu **double-flash**. Oproti uspořádání single-flash mohou produkovat o 15 až 25 % více elektrické energie při využívání stejného zdroje. Vylepšený systém je však složitější a nákladnější, nicméně vyšší výkon v tomto případě opodstatňuje rozvoj v tomto směru. Technologie je podobná jako single-flash, rozdílem je druhý flash proces, kterým se získává pára z vody již oddělně separátorem. Voda odloučená separátorem má teplotu typicky 150 až 170 °C. Pára získaná z druhého flash procesu má samozřejmě nižší tlak, než pára ze separátoru. Využívají se proto turbíny rozdělené na vysokotlaký a nízkotlaký díl, vhodné jsou i dvoutělesové turbíny. Kondenzátor můžeme být jeden společný pro obě části turbíny, nebo mohou být dva. Voda zbylá po průchodu flash jednotkou se dodává zpět do rezervoáru injekčním vrtem, stejně jako veškerý další kondenzát. <sup>90</sup>

<sup>89</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 92

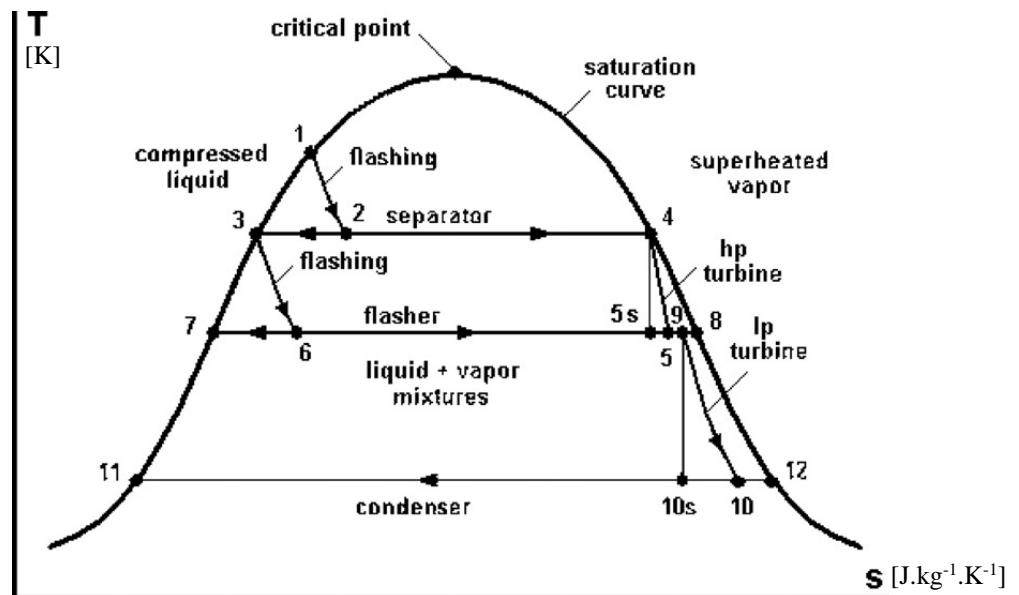
<sup>90</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 112-115





Obrázek 3.12 – Zjednodušené uspořádání elektrárny fungující na principu double-flash <sup>91</sup>

Vysvětlivky k obrázku 3.12: PW – produkční vrt, WV – ventil vrtu, S – tlumič, CS – cyklonový separátor, BCV – zpětný kulový ventil, SP – parní potrubí, WP – vodovodní potrubí, TV – škrtkovací ventil, F – flash jednotka, MR – odlučovač vlhkosti, CSV – kontrolní a uzavírací ventil, SE/C – ejektor/kondenzátor, T/G – turbína/generátor, C – kondenzátor, CP – čerpadlo kondenzátu, CWP – čerpadlo chladicí vody, IW – injekční vrt



Obrázek 3.13 – T-s diagram tepelného oběhu elektrárny fungující na principu double-flash <sup>92</sup>

<sup>91</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 114

<sup>92</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 115

Vysvětlivky k obrázku 3.13 (volně přeloženo):

- Compressed liquid – Stlačená tekutina
- Critical point – Kritický bod
- Flashing – Flash proces
- Saturation curve – Mez sytosti
- Separator – Separace
- Superheated vapor – Přehřátá pára
- Liquid + vapor mixtures – Směs vody a páry
- Hp turbine – Expanze ve vysokotlakém dílu turbíny
- Lp turbine – Expanze v nízkotlakém dílu turbíny
- Condenser – Kondenzace

Pro zvýšení produkce mohou být single-flash elektrárny doplněny double-flash blokem. Obě části elektrárny čerpají fluidy ze stejné geotermální oblasti. Separátor single-flash bloku pak dodává odloučenou vodu společně se separátorem double-flash do třetího bloku elektrárny obsahující flash jednotku generující páru pro další turbínu. Takto doplněné elektrárny jsou nazývány jako integrované single a double flash elektrárny. Existují i kombinované single a double flash elektrárny, které využívají hydrotermální zdroje s teplotou vyšší než 240 °C. V takovém případě zahrnuje elektrárna stejné první dva bloky, jen třetí blok obsahuje dvě za sebou umístěné flash jednotky. Obě konfigurace lze označit jako **triple-flash**. Výhodou je, že pro třetí blok elektrárny nemusí být vytvořen produkční vrt. Systém je značně složitější a nákladnější, nicméně geotermální zdroj je oproti předchozím flash technologiím nejvíce využit. <sup>93</sup>

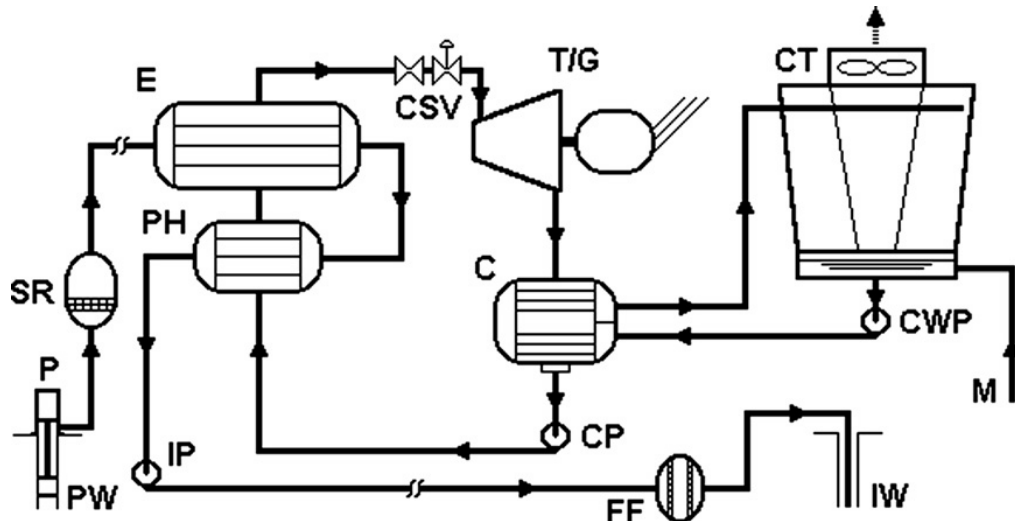
### 3.4.3 Binární cyklus (Binary-Cycle)

Technologie binárního cyklu využívá hydrotermální zdroje teplotami mezi 125 až 165 °C, které jsou mnohem rozšířenější než vysokoteplotní zdroje využitelné technologiemi mokřých a suchých par. Účinnost přeměny energie je 25 až 45 %. Z pohledu termodynamiky mají vzhledem k výše popsaným technologiím nejbližší ke konvenčním fosilním elektrárnám. Elektráren využívající binární cyklus je na světě nejvíce, nicméně z hlediska instalovaného výkonu je překonávají ostatní technologie. Několik stávajících flash elektráren bylo dokonce doplněno bloky využívající binární cyklus. Binární technologie využívají uzavřeného oběhu. Horká voda se čerpá z produkčního vrtu a ve výparníku předává teplo predehřáté pracovní látce s nízkou teplotou varu. Odpařovaná pracovní látka expanduje a pohání turbínu s generátorem, následně mění fázi v kondenzátoru a vrací se zpět

---

<sup>93</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 185-188

do výparníku. Na kondenzátor se váže jiný tepelný okruh než na čerpanou termální vodu z vrtu, proto jsou tyto elektrárny vhodné pro kombinovaný provoz výroby elektrické energie a tepla.<sup>94</sup>



Obrázek 3.14 – Zjednodušené uspořádání elektrárny využívající binární cyklus<sup>95</sup>

Vysvětlivky k obrázku 3.14: PW – produkční vrt, P – čerpadlo, SR – odlučovač písku, E – výparník, PH – předehřívák, IP – čerpadlo injekčního vrtu, CSV – kontrolní a uzavírací ventil, T/G – turbína/generátor, C – kondenzátor, CP – čerpadlo kondenzátu, CWP – čerpadlo chladicí vody, CT – chladicí věž, M – úprava vody, FF – filtr, IW – injekční vrt

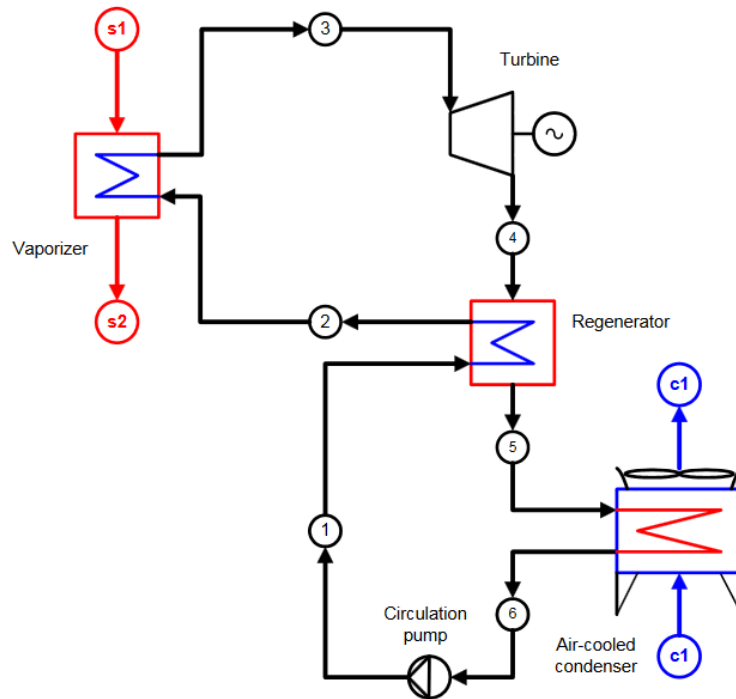
### 3.4.3.1 Organický Rankinův cyklus

Elektrárny typu **ORC** (Organic Rankin Cycle) pracují s organickými pracovními médii, jako je například neopentan nebo n-pentan. Produkčním vrtem (popisek s1 v obrázku 3.15) se čerpá geotermální voda o relativně nízké teplotě a předává teplo pracovní látce v tepelném výměníku. Poté je injektována zpět do země (s2). Pracovní látka se odpařuje (3) a následně expanduje v turbíně. Pára vystupující z turbíny (4) může být použita k předehřátí kondenzovaného pracovního média, nebo může putovat rovnou do kondenzátoru (5). Zkapalněné pracovní médium (6) se následně čerpá zpět k výparníku přímo, nebo přes předehřívák (regenerator). Kondenzující pára předává teplo vodě nebo vzduchu v dalším

<sup>94</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 152-154 a 188

<sup>95</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 154

okruhu (c1). Tento typ elektráren tak může sloužit i pro účely vytápění. Účinnost elektrárny se přehříváním mírně zvýší, zároveň se také sníží nároky na geotermální zdroj.<sup>96</sup>

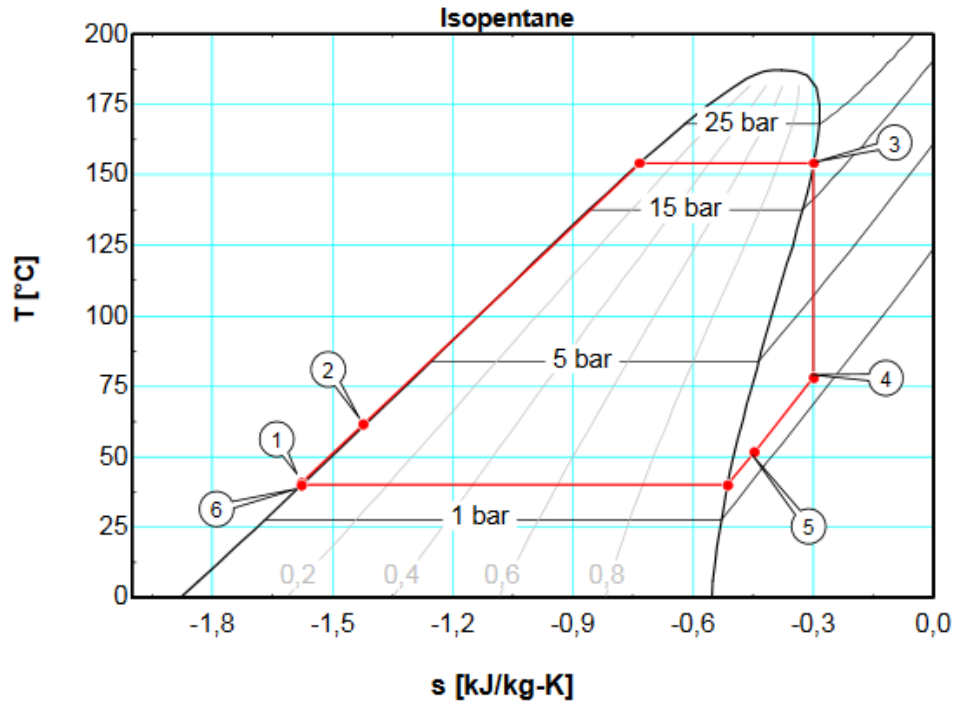


Obrázek 3.15 – Zjednodušené uspořádání elektrárny typu ORC s rekuperačním přehříváním<sup>97</sup>

<sup>96</sup> MOTLÍK et al., pozn. 69, s. 148

VALDIMARSSON, Páll. Geothermal power plant cycles and main components. *Short Course on Geothermal Drilling, Resource Development and Power Plants*, organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, 2011. Dostupné také z: <https://orkustofnun.is/gogn/unu-gtp-sc/UNU-GTP-SC-12-35.pdf>

<sup>97</sup> VALDIMARSSON, pozn. 96, s. 6



Obrázek 3.16 – T-s diagram tepelného oběhu elektrárny ORC s rekuperačním předehříváním <sup>98</sup>

### 3.4.3.2 Kalinův cyklus

Kalinův cyklus využívá směsi amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) a vody ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Tato pracovní látka je v technologii známá již dlouho, ale ještě nikdy předtím nebyla využita při výrobě elektrické energie. Existuje několik verzí s různou teplotou vypařování a kondenzace pracovní směsi. Složení se může v průběhu cyklu měnit a směs se tak může vypařovat při různých teplotách. Všechny verze Kalinova cyklu využívají rekuperace tepla obsaženého v páře opouštějící turbínu. Možná výhoda využití rekuperačních výměníků, která ve výsledku znamená nižší náklady na kondenzátor a chladič věž se musí srovnávat prodražením daným rekuperačními výměníky. Vyšší účinnost, která oproti ORC může být vyšší o 10 až 20 %, naopak vede k nižším provozním nákladům. <sup>99</sup>

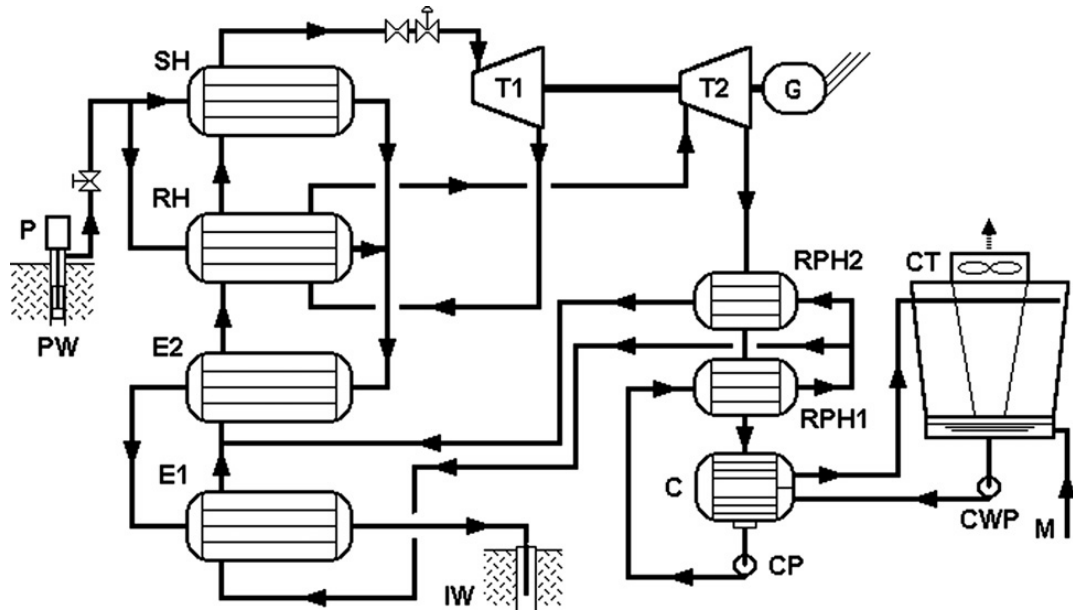
Pro použitou směs je možné použít klasické parní turbíny s těsněním proti úniku amoniaku. Navíc vyšší měrná tepelná kapacita směsi oproti ORC umožňuje použít výměníky s menšími teplotnými plochami. <sup>100</sup>

<sup>98</sup> VALDIMARSSON, pozn. 96, s. 6

<sup>99</sup> DIPIPO, pozn. 55, s. 170-171

WALL, Göran; CHUANG, Chia-Chin; ISHIDA, Masaru. Exergy study of the Kalina cycle. *Analysis and design of energy systems: analysis of industrial processes*, 1989, 10.3: 73-77. Dostupné také z: <http://www.exergy.se/ftp/kalina.pdf>

<sup>100</sup> MOTLÍK et al., pozn. 69, s. 148



Obrázek 3.17 – Zjednodušené schéma typické elektrárny s Kalinovým cyklem <sup>101</sup>

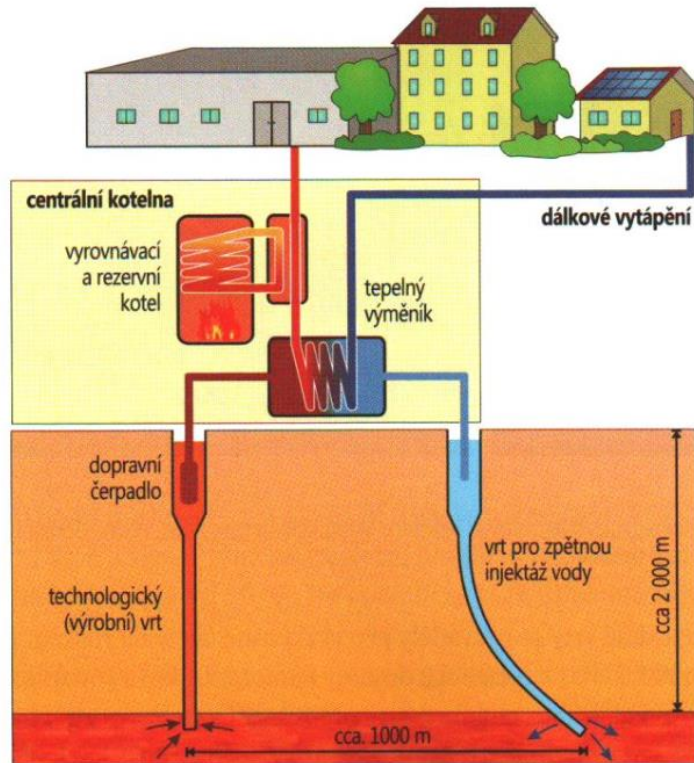
Vysvětlivky k obrázku 3.17: PW – produkční vrt, P – čerpadlo, SH – hlavní výparník, RH – ohřívač, E2 – výparník 2, E1 – výparník 1, T1 – vysokotlaká turbína, T2 – nízkotlaká turbína, G – generátor, IW – injekční vrt, RPH2 – rekuperační výměník 2, RPH1 – rekuperační výměník 1, C – kondenzátor, CP – čerpadlo kondenzátu, CWP – čerpadlo chladicí vody, CT – chladičí věž, M – úprava vody

### 3.5 Geotermální výtopny

Geotermální výtopny vyžívají hydrotermálních zdrojů, převážně zdroje geotermální vody. Z navrtaného hydrotermálního rezervoáru se produkčním vrtem čerpá horká voda. Protože čerpaná voda často obsahuje velký počet minerálních solí spolu s přírodně radioaktivními nečistotami, nevyužívá se jako teplonosná látka. Místo toho termální voda předává své teplo v tepelném výměníku a ochlazená se vrací zpět do rezervoáru injekčním vrtem. Teplonosná látka, odebírající teplo termální vodě, pak zajišťuje dodávku tepelné energie z centrálního zdroje do místa spotřeby. <sup>102</sup>

<sup>101</sup> DIPIPPPO, pozn. 55, s. 170

<sup>102</sup> QUASCHNING, Volker. *Renewable energy and climate change*. Hoboken, N.J.: Wiley, c2010. s. 215-216. ISBN 978-0-470-74707-0.



Obrázek 3.18 – Princip geotermální výtopy<sup>103</sup>

Postačující hloubka vrtů pro výtopy je do 2 km, protože pro účely vytápění stačí nižší teploty geotermálních zdrojů pod 100 °C. Regulaci zajišťuje vyrovnávací a rezervní kotel. Vyrovnávací kotel může pomáhat pokrýt poptávku při špičkovém odběru. Rezervní kotel zajišťuje, aby byla zajištěna smluvená dodávka tepla i v případě problému s čerpáním termálních vod.<sup>104</sup>

### 3.6 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla (TČ) jsou moderní a energeticky hospodárné zdroje tepelné energie, které umožňují využívat teplo s nízkým tepelným potenciálem z okolního prostředí. Zdroje pro TČ označujeme jako nízkopotenciální, nebo nízkoteplotní, jelikož se jim odebírá pouze malé množství tepla a jejich teplota se sníží pouze o několik stupňů.<sup>105</sup>

<sup>103</sup> DRÍMAL, Petr. *Tepelné čerpadlo a geotermální energie: Učebnice Průmyslové ekologie 2. díl* [online]. Brno: Střední průmyslová škola elektrotechnická a informačních technologií [cit. 2018-03-5]. s. 98. Dostupné z: [https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/7467/mod\\_resource/content/1/Pro%20u%C4%8Ditele%20-%20Tepeln%C3%A9%20%C4%8Derpadlo%20a%20geoterm%C3%A1ln%C3%AD%20energie.pdf](https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/7467/mod_resource/content/1/Pro%20u%C4%8Ditele%20-%20Tepeln%C3%A9%20%C4%8Derpadlo%20a%20geoterm%C3%A1ln%C3%AD%20energie.pdf)

<sup>104</sup> QUASCHNING, pozn. 102, s. 215-216

<sup>105</sup> DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla: [biomasa - tepelná čerpadla - solární systémy]*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. s. 65. ISBN 80-7300-079-2.

Tepelná čerpadla se používají k ohřevu či předehřevu topné vody, přípravě teplé vody nebo teplovzdušnému vytápění, přičemž některé typy se za určitých podmínek mohou použít i k ochlazení daného prostředí. Zajímavé uplatnění nacházejí TČ v průmyslových provozech. Při své činnosti neprodukují žádné škodlivé látky, nicméně spotřebovávají elektrickou energii, která může pocházet z neobnovitelných zdrojů. Kladný vliv na životní prostředí se tedy vztahuje zejména na využití energie z okolního prostředí. Zajímavá jsou tepelná čerpadla především z ekonomického hlediska, protože odebíraná energie prostředí není zpoplatněna a náklady na pokrytí spotřeby elektrické energie při provozu jsou v průměru o 65 % nižší než při vytápění elektrickou energií. Považují se také za relativně spolehlivé s malými nároky na obsluhu a údržbu.<sup>106</sup>

Petráš et al. uvádějí, že v evropské energetické statistice se do kategorie geotermální energie nezařazuje využívání TČ a místo toho jsou všechny typy zařazeny pod pojem energie prostředí<sup>107</sup>. Nicméně existují TČ, které geotermální energii využívají a to ať už jako hlavní nebo vedlejší získávanou formu energie. V české i anglické literatuře můžeme narazit na nejednoznačnou kategorizaci z hlediska zdroje energie, přičemž striktní zařazení pod pojem energie prostředí považují za zavádějící. Příjemným překvapením je, že na našem trhu existují firmy, které si toto uvědomují a snaží se svým zákazníkům problematiku jasně specifikovat, viz<sup>108</sup>.

### **Základní rozdělení tepelných čerpadel<sup>109</sup>:**

Podle typu pohonu:

- kompresorová (s pístovým, rotačním nebo šroubovým kompresorem)
- turbokompresorová
- absorpční

Podle druhu pohonné energie, poháněné:

- elektrickou energií
- plynem
- kapalnými palivy

---

<sup>106</sup> DUFKA, pozn. 102, s. 59

BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. s. 66. ISBN 80-01-02802-X.

<sup>107</sup> PETRÁŠ, Dušan, et al. *Nizkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. s. 28. ISBN 978-80-8076-069-4.

<sup>108</sup> Princip tepelného čerpadla. *GEROTop* [online]. [cit. 2018-03-29].

Dostupné z: <http://www.gerotop.cz/geotermalni-energie>

Tepelná čerpadla - primární okruhy. *GE-TRA* [online]. 2009 [cit. 2018-03-29].

Dostupné z: <https://www.ge-tra.cz/problematiky/tepelna-čerpadla-primarni-okruhy>

<sup>109</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 66



Podle zdroje ze kterého se teplo získává:

- z vody
- ze vzduchu
- ze země

Podle teplonosné a otopné látky na tepelná čerpadla:

- voda-voda
- voda-vzduch
- vzduch-voda
- vzduch-vzduch
- země-voda

### 3.6.1 Princip funkce tepelných čerpadel

U tepelných čerpadel se zdá, že pracují proti podstatě dané II. termodynamickým zákonem, definujícím, že tepelná energie nemůže samovolně přecházet z prostředí s nižší teplotou do prostředí s teplotou vyšší. Tepelná čerpadla však pro svou funkci potřebují hnací energii pro provoz kompresoru, teplo se tedy nepřenáší samovolně.<sup>110</sup>

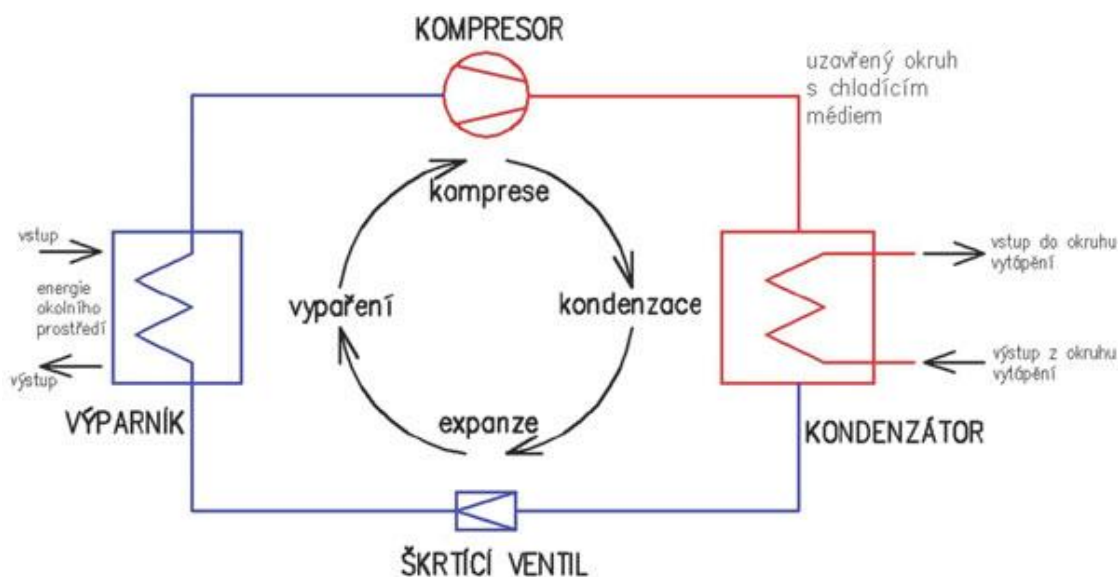
Každé tepelné čerpadlo obsahuje čtyři základní části – výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní (škrťací) ventil. Ve výparníku dochází k předávání tepla z okolí a odpařování teplonosné látky (často označované jako chladivo), kterou bývá nejčastěji kapalina. Následně dochází ke kompresi odsátých par teplonosné látky na vyšší pracovní tlak, čímž dojde ke zvýšení teploty. V kondenzátoru se přenášené teplo předává do dalšího okruhu obsahujícím další ohřívanou látku, nejčastěji vodu, která se použije například k vytápění nebo ohřevu teplé vody. Tím dochází ke snižování teploty a změně skupenství z plynného na kapalné. Následuje roztahování a prudké snížení tlaku a tím i teploty teplonosné látky v expanzním ventilu. Tím je cyklus uzavřen a teplonosná látka se znovu dostává do výparníku a je schopna znovu přijmout teplo z okolí. Hovoříme o tzv. obráceném Clausius-Rankinově cyklu, který je levotočivý, zatímco u klasického Clausius-Rankinově cyklu jsou tepelné oběhy pravotočivé.<sup>111</sup>

---

<sup>110</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 66

<sup>111</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 66-67

DUFKA, pozn. 102, s. 60

Obrázek 3.19 – Princip funkce tepelného čerpadla <sup>112</sup>

### 3.6.2 Topný faktor tepelného čerpadla

Je bezrozměrný parametr, udávající kolikrát větší je získaný výkon (získaná energie) oproti příkonu (vynaložené energii) potřebného k provozu TČ. Značí se řeckým písmenem epsilon. Jedná se o skutečný průměrný topný faktor pro celé topné období. V příkonu je zahrnuta nejen energie potřebná k pohonu kompresoru, ale i energie potřebná např. pro pohon ventilátoru nebo čerpadla. V čitateli výrazu je průměrná hodnota topného výkonu, charakterizující předávané teplo, jehož hodnota se může měnit podle klimatických podmínek a jiných vnějších vlivů. <sup>113</sup>

$$\varepsilon = \frac{Q_{T\check{c}}}{P_{T\check{c}}} \quad [-; W; W] \quad (5)$$

kde:

- $\varepsilon$  je topný faktor tepelného čerpadla
- $Q_{T\check{c}}$  je topný výkon tepelného čerpadla
- $P_{T\check{c}}$  je (elektrický) příkon potřebný k provozu tepelného čerpadla

<sup>112</sup> PETR, Mastný. Princip funkce tepelného čerpadla. In: *Časopis stavebnictví* [online]. Praha [cit. 2018-04-01].

Dostupné z: [https://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/Image/0711\\_12\\_special/23\\_obr2.jpg](https://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/Image/0711_12_special/23_obr2.jpg)

<sup>113</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 68

Čím je nižší vstupní teplota, tj. teplota prostředí ze kterého nízkopotenciální teplo odebíráme, a vyšší teplota na výstupní straně při které teplo spotřebováváme, tím je topný faktor nižší. Snižuje se účinnost a možnosti aplikace TČ. Naopak se zvyšující se teplotou zdroje a snižující se výstupní teplotou TČ se hodnota topného faktoru zvyšuje. Běžně se pohybuje mezi hodnotami 2,5 až 4. To znamená, že díky jedné kWh elektrické energie, se získá 2,5 až 4 kWh tepelné energie. Za extrémních teplot může dosahovat topný faktor hodnot 1,5 nebo naopak 5,5.<sup>114</sup>

### 3.6.3 Monovalentní a bivalentní provoz tepelného čerpadla

Je zřejmé, že v zimních obdobích, kdy jsou vyšší nároky na vytápění, se odebírá teplo z méně příhodného prostředí, zvláště u TČ odebírajících teplo ze vzduchu. Snižuje se topný výkon a tedy i tepelný faktor a účinnost celého systému. Tepelné čerpadlo proto v takových podmínkách nemusí být schopno zajistit požadovanou dodávku tepelné energie.<sup>115</sup>

Řešením může být předimenzovaný systém s jedním TČ, který by dosáhl plného topného výkonu pouze v průběhu několika dnů za topné období. Takovýto systém by byl ale příliš nákladný. Proto se TČ v tzv. monovalentním provozu, kdy jsou jediným zdrojem tepla v daném objektu, používají zřídka za speciálních podmínek.<sup>116</sup>

V praxi bývá mnohem běžnější tzv. bivalentní provoz TČ, kdy je připojen další zdroj tepla. Ten může s TČ v určitém rozsahu teplot pracovat paralelně, případně se za nízkých teplot stát jediným zdrojem tepla. Oblíbeným záložním zdrojem k TČ bývá elektrokotel nebo plynový kotel. Existují řešení, kdy je kotel přímo zabudován v jednom krytu s tepelným čerpadlem.<sup>117</sup>

### 3.6.4 Teplonosné látky (chladiiva) tepelných čerpadel

Zhruba do 90. let minulého století se standardně používaly jednosložkové látky. Dnes teplonosnými látkami bývají nejčastěji speciální chladicí chemické směsi ve formě kapaliny. Zpravidla se jedná o látky nemrznoucí. Množství chladiva musí být v celém topném období stejné, přičemž by nemělo být potřeba je vyměňovat a už vůbec ne doplňovat (únik teplonosné látky ze svého okruhu představuje havarijný stav). V dnešní době jsou na chladiva kladeny vysoké nároky převážně z ekologického hlediska. Nejčastěji se používají chladicí

---

<sup>114</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 68

DUFKA, pozn. 102, s. 61

<sup>115</sup> DUFKA, pozn. 102, s. 61

<sup>116</sup> DUFKA, pozn. 102, s. 62-64

<sup>117</sup> DUFKA, pozn. 102, s. 62-64

kapaliny s označením R 134 A, R 290 a R 407 C. Detailní přehled s podrobnými informacemi k chladivům TČ nabízí knižní monografie autorů Petráše et al. <sup>118</sup>

### **3.6.5 Průmyslové využití tepelných čerpadel**

Zajímavou oblastí použití tepelných čerpadel jsou průmyslové závody. Tepelná čerpadla se zde mohou využívat jednak pro již zmíněné účely jako u malých objektů, jako jsou rodinné domy (RD), tedy k ohřevu teplé vody a vytápění. Mimo průmyslové objekty a RD je toto uplatnění možné i například v institucionálních budovách či obchodních střediscích. Princip tepelných čerpadel používaných ve velkých a malých objektech je obdobný. Získávané teplo lze využít pro nejrůznější technologické procesy, typicky v potravinářském a dřevozpracujícím průmyslu nebo zemědělství. Takovéto systémy bývají často spojovány s dalšími alternativními zdroji, pro zvýšení účinnosti. Můžeme například kombinovat solárními kolektory s využitím energie prostředí nebo energie geotermální. Dalším využitelným teplem je teplo odpadní, vznikající právě především v průmyslových provozech. Takové systémy jsou označovány jako recyklačně energeticky úsporné. Pořízení TČ pro zajištění dodávky tepla velkým budovám a objektům s velkou spotřebou tepelné energie nebo velkou produkcí odpadního tepla může představovat značné finanční úspory. Podnikům tak mohou TČ pomoci snížit rizika představované nestabilními cenami různých forem energie. <sup>119</sup>

### **3.6.6 Zdroje energie pro tepelná čerpadla**

Nezákladnější rozdělí zdrojů tepelné energie TČ je na systémy získávající tepelnou energii ze vzduchu, vody a země. Systémy využívající na primární straně vzduch v této práci nepopisují, protože se jedná buď o venkovní vzduch (energie prostředí) nebo o vzduch oteplený odpadním teplem. Blíže popíší systémy voda-voda, země-voda. Systém voda-vzduch funguje z hlediska zdroje na stejném principu jako voda-voda, hlavní rozdíl je v použití získaného tepla pro teplotně vzdušné vytápění.

---

<sup>118</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 68

DUFKA, pozn. 102, s. 60 a 64

<sup>119</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 85-86

### 3.6.6.1 Tepelná čerpadla typu voda-voda

Konkrétními zdroji tepla může být voda <sup>120</sup>:

- Oteplená odpadní (čističky odpadních vod, technologické procesy) o běžné teplotě (20 ÷ 25) °C,
- povrchová (říční toky, rybníky, jezera), běžná teplota (0 ÷ 18) °C,
- podzemní podpovrchová (studny), běžná teplota (8 ÷ 12) °C,
- podzemní hlubinná (vrty), v malých hloubkách teplota (10 ÷ 13) °C.

Povrchové zdroje jako jsou jezera a řeky představují dobré zásobníky tepla, nicméně teplota vody je v průběhu roku nestálá a může v zimních měsících klesat i pod 4 °C což je nevhodné pro klasická TČ. Problémem může být i čistota povrchových vod. <sup>121</sup>

Jedna z možných konfigurací kolektorů je na obrázku 3.20. Nevýhodou horizontálních kolektorů oproti vertikálně orientovaným vrtům a studnám je, že zabírají značnou plochu.

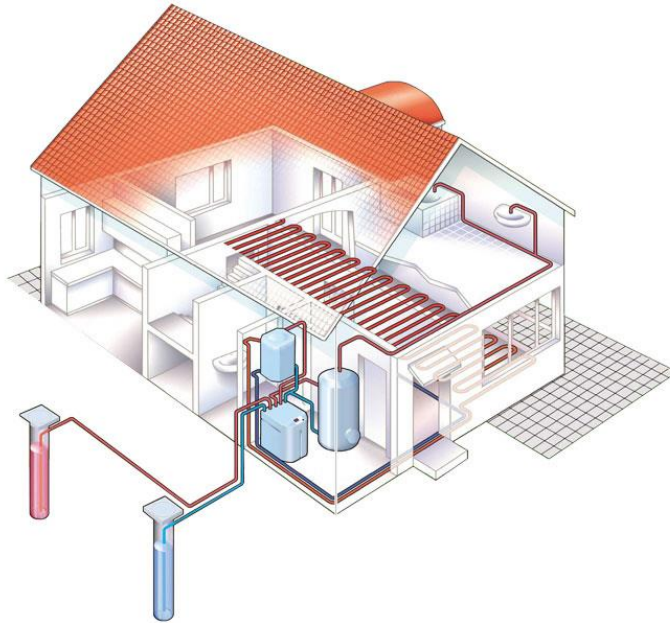
Podzemní voda získávaná ze studní nebo hlubších zvodní má velkou výhodu v teplotní stabilitě v průběhu celého roku, avšak teplotní stabilita vody je podmíněna dosažením určité hloubky. Díky teplotní stabilitě můžeme dosáhnout příznivého topného faktoru nezávislého na venkovní teplotě. Zdroje podzemních vody nejsou všude k dispozici v dostatečném množství, je nezbytné odborně posoudit vydatnost konkrétního zdroje. Je vhodné, někdy i nutné, čerpanou vodu po ochlazení vracet zpět do podzemního oběhu. Podzemní voda také musí dosahovat potřebné kvality, vyšší obsah látek jako železa, manganu, síranů, uhličitánů a plynů je nežádoucí. Výhodné je, že ke zjištění vydatnosti a chemických vlastností, lze využít stávajících studní. <sup>122</sup>

---

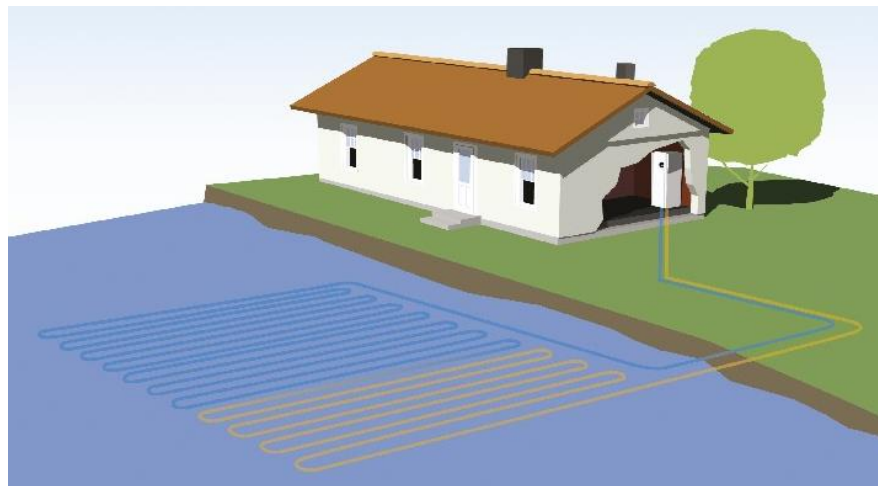
<sup>120</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 74

<sup>121</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 74-75

<sup>122</sup> MYSLIL et al., pozn. 41, s. 23



Obrázek 3.20 – Principiální uspořádání systému tepelného čerpadla voda-voda (hloubkový systém) <sup>123</sup>



Obrázek 3.21 – Horizontální kolektory TČ pro využívání povrchových vod <sup>124</sup>

Hloubka studny musí odpovídat požadovanému tepelnému výkonu. Nejhodnější bývá hloubka okolo 10 m, kde bývají teploty mezi 10 až 12 °C. V oblastech bez geotermálních anomálií je teplota vody v hloubce 15 m přibližně neměnná a má hodnotu  $10 \pm 1$  °C. Hloubka vrtů je závislá také na hladině spodní vody. <sup>125</sup>

<sup>123</sup> POJAR, Petr. In: *Ceskestavby.cz* [online]. 2011 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z:

[https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-3\\_voda-voda-podzemni.jpg](https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-3_voda-voda-podzemni.jpg)

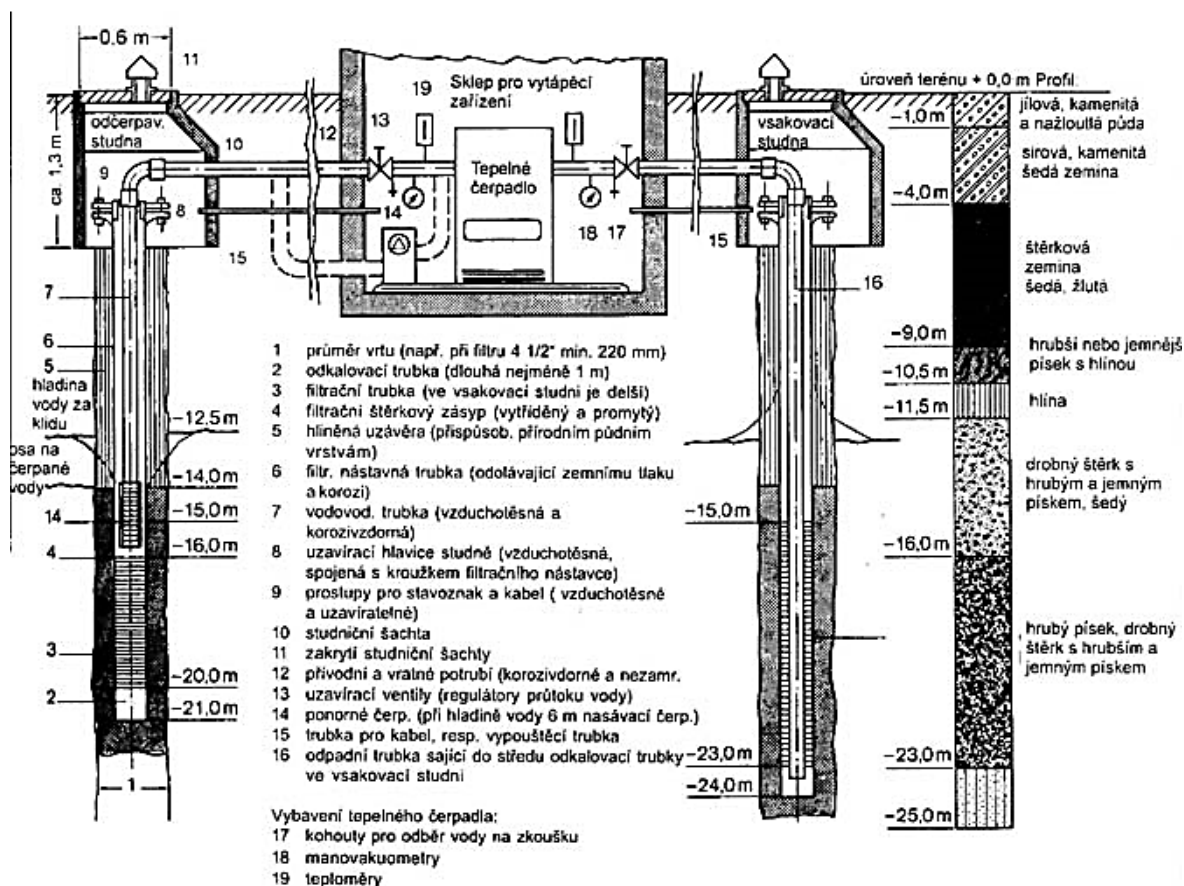
<sup>124</sup> In: *Enerfinplus.cz* [online]. [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: [https://www.enerfinplus.cz/files/tepelna\\_cerpadla\\_-\\_princip\\_a\\_realizace/kreslen-vodni-plocha.jpg](https://www.enerfinplus.cz/files/tepelna_cerpadla_-_princip_a_realizace/kreslen-vodni-plocha.jpg)

<sup>125</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 107, s. 149  
DUFKA, pozn. 102, s. 65-67

V blízkosti daného objektu se vytvoří dvě studny (nebo dva vrty) výkop (nebo vývrtem). V praxi se ukazuje, že požadovaná hloubka studní je mezi 5 až 15 m. Ze sací (jímací, odčerpávací, zdrojové) studny se odebírá voda představující zdroj tepla, po jehož předání TČ se vrací ochlazená zpět do země pomocí studny vsakovací (vratné, přepadové). Vzájemná vzdálenost studní se doporučuje nejméně 15 m. Voda se při provozu systému nesmí ze sací studny vyčerpat, musí mít dostatečný přítok, provádí se několikadenní čerpací zkouška, obvykle třídenní. Navíc je potřeba ověřit, že se ochlazená voda nevrací zpět do okruhu přes sací studnu. V případě příznivých vodních poměrů je možné zřídit namísto vsakovací studny jednodušší vsakovací šachtu, není-li nařízeno, že se voda musí vracet zpět do stejné hloubky. O povolení využití vody musí uživatel požádat příslušný vodohospodářský úřad. Pokud pozemek neleží v oblasti ochranného pásma vodního zdroje nebo nedochází ke změnám kvality a množství spodní vody, tedy nežádoucí ovlivňování ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb. (tzv. vodní zákon), neměly by vzniknout žádné problémy se získáním povolení k využívání.<sup>126</sup>

---

<sup>126</sup> DUFKA, pozn. 102, s. 67  
BROŽ, pozn. 106, s. 74-75

Obrázek 3.22 – Uspořádání vrtů pro systém voda-voda <sup>127</sup>

U hlubinných vrtů zpravidla dosahujeme mnohem větších hloubek. Podmínkou je opět dostatečná přítomnost vody (provádí se obvykle třídení čerpací zkouška) s teplotou vyhovující požadavkům tepelného čerpadla. Musíme brát zřetel na cenu hloubení studní a vrtů, která se zvyšuje se zvětšující se hloubkou. Cena se také odvíjí od průměru vrtu, který se pohybuje okolo 230 mm. <sup>128</sup>

### 3.6.6.2 Tepelná čerpadla typu země-voda

Tato tepelná čerpadla odebírají energii přímo z půdy. Výhodné jsou pro stabilní teplotní úroveň půdy a všeobecnou dostupnost zdroje o neomezené tepelné kapacitě. Tepelná čerpadla země-voda si tak v průběhu celého roku zachovávají výhodný poměr energie dodané a získané. Nevýhodou jsou vyšší investiční náklady zapříčiněné náročnou technickou realizací výměníku pod zemským povrchem. Zdrojem energie je jednak sluneční

<sup>127</sup> Uspořádání studní. In: *Tzb.fsv.cvut.cz* [online]. Katedra technických zařízení budov ČVUT Fakulta stavební [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/images/podklady/9/ studny.jpg>

<sup>128</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 74-75



záření dopadající na zemský povrch (výhradně v malých hloubkách) a ve větší míře geotermální energie z hlubin země, hovoříme proto o smíšeném zdroji.<sup>129</sup>

Dělíme je na dvě skupiny:

- se zemními kolektory
- s hloubkovými sondami

V případech TČ, získávajících teplo pomocí zemních kolektorů je ideální hloubka mezi 1,2 a 1,5 m, ve kterých je země dostatečně teplá pro provoz TČ. V takovéto hloubce převažuje teplo naakumulované slunečním zářením, přestupem tepla ze vzduchu nebo tepla pocházejícího od dešťových srážek. Příspěvek tepelné energie z hlubších vrstev je zanedbatelný. Zda je půda pro energetické využití vhodná určují především klimatické poměry a termofyzikální parametry, jako jsou například objemová tepelná kapacita a tepelná vodivost, které jsou značně závislé na složení půdy a její kvalitě. Obecně lze tvrdit, že akumulační schopnost a tepelná vodivost je tím lepší, čím je v půdě více vody a minerálů a čím méně obsahuje vzduchových pórů. Kolektor (zemní jímač) se nachází těsně pod povrchem země a pro zajištění vytápění plochy objektu je potřeba zhruba 2 až 3 krát větší plocha, ve které jsou rozloženy svazky trubek představující zemní jímač. Trubky pro zemní kolektory se vyrábějí ze síťovaného polyetylenu. Pro uspořádání kolektoru se používají různé geometrické struktury, často kolektor vytváří jednoduchou (pravoúhlou) smyčku, složitější meandrovité uspořádání nebo má tvar šroubovice.<sup>130</sup>

Výsledná délka kolektoru by neměla být, kvůli hydraulickým ztrátám, delší než 100 m. Jestliže by nebylo dosaženo požadovaného tepelného toku, je možné řadit více okruhů paralelně k sobě. K vytápění RD by měl stačit výkop dlouhý 50 až 100 m. Uvádí se, že pro získání 1 kW tepelného výkonu je potřeba výkop dlouhý přibližně 6 m. Vnitřní průměr trubek se volí u kratších okruhů 20 mm, u delších okruhů 25 mm. Rozteč trubek se pohybuje mezi 0,5 až 1 m. Na přečerpávaný tepelný tok ze zeminy má největší vlivy hloubka uložení kolektoru, vlastnosti zeminy a rozteč trubek. V kolektorech proudí nemrzoucí směs, nejvíce se zmiňuje solanka a voda obsahující glykol.<sup>131</sup>

---

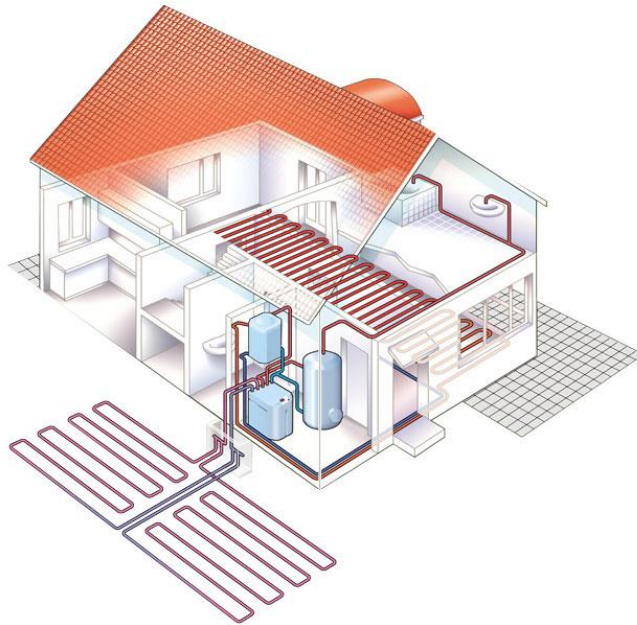
<sup>129</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 76

PETRÁŠ et al., pozn. 107, s. 146

<sup>130</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 76-81

<sup>131</sup> DUFKA, pozn. 102, s. 70

BROŽ, pozn. 106, s. 79

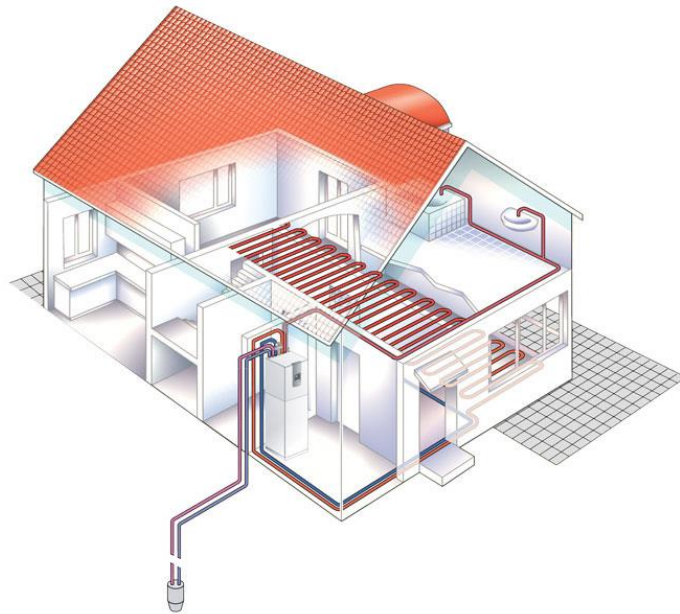


Obrázek 3.23 – Principiální uspořádání systému TČ země-voda (zemní kolektory) <sup>132</sup>

Druhým způsobem je využití tepla půdy za pomoci vertikálních hloubkových půdních vrtů. Vrtý se provádějí v těsné blízkosti budovy, přičemž u nových staveb může být vrt i v půdorysu budovy. Obvyklé jsou dva až tři hloubkové vrtý (sondy), tvořené svazkem souvislých měděných trubek s plastovým povlakem zamezující korozi. Sondy by měly být ve vzdálenosti 5 m od sebe a mezera mezi nimi bývá vyplněna jílem. Průměr vrtů bývá až 150 mm. Hloubky vrtů pro hloubkové sondy jsou 40 až 150 m. S větší hloubkou se používají trubky o větším vnitřním průměru (25 mm do hloubky 75 m, 32 mm do hloubky 150 m). Tepelný výkon závisí na hloubce vrtu a vlastnostech zeminy nebo horniny. Uvádí se, že pro získání 1 kW tepelného výkonu je potřeba vrt hluboký přibližně 18 m, záleží samozřejmě na daných geologických podmínkách. <sup>133</sup>

<sup>132</sup> POJAR, Petr. In: *Ceskestavby.cz* [online]. 2011 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: [https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-1\\_zeme-voda-zemni-kolektory.jpg](https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-1_zeme-voda-zemni-kolektory.jpg)

<sup>133</sup> BROŽ, pozn. 106, s. 81-82  
PETRÁŠ et al., pozn. 107, s. 148  
DUFKA, pozn. 102, s. 70



Obrázek 3.24 – Principiální uspořádání systému TČ země-voda (hlubinné sondy) <sup>134</sup>

System země-voda je možné uplatnit v podstatě kdekoliv. Horizontální uspořádání je spojeno s menší náročností výkopových prací, ale oproti vertikálním vrtům zabírá větší plochu pozemku. Vždy je nutné odborné posouzení vybrané lokality a pečlivý návrh systému pro pokrytí energetických potřeb.

---

<sup>134</sup> POJAR, Petr. In: *Ceskestavby.cz* [online]. 2011 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: [https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-2\\_zeme-voda-schema-hlubinneho-vrtu.jpg](https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-2_zeme-voda-schema-hlubinneho-vrtu.jpg)

## 4 Geotermální energie na území ČR

### 4.1 Tepelný tok na území ČR

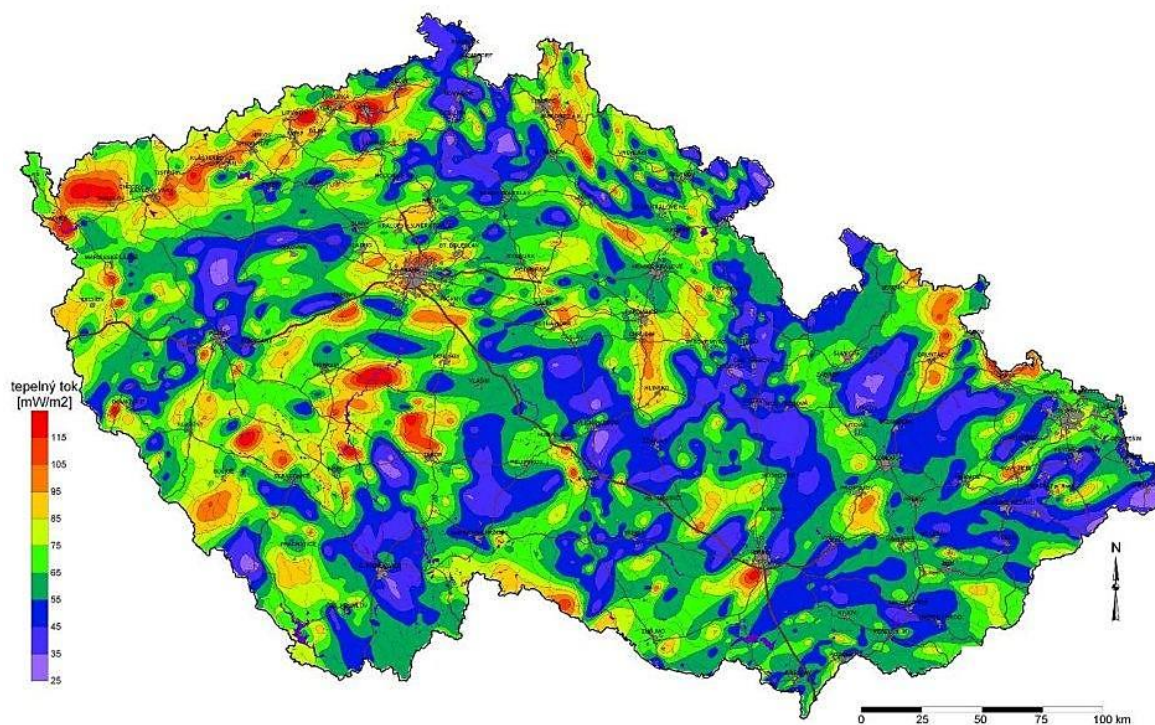
Největší základní geologickou jednotkou na našem území je Český masiv, který se rozkládá na celém území Čech a zasahuje na území Moravy a Slezska přibližně k pomyslné čáře Brno-Ostrava, kde začínají Západní Karpaty. V rámci geomorfologie se území ČR člení do mnoha dalších hierarchických úrovní. Pro názornost je v příloze 1 schématická geologická mapa.

Pro celý Český masiv je průměrná hodnota tepelného toku  $68 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . Ve stabilních částech s vyšší mocností zemské kůry jsou hodnoty tepelného toku nižší. Nejnižší tepelný tok je v Jeseníkách a v oblasti tzv. třebíčského plutonu. Vyšších hodnot dosahuje tepelný tok směrem k okrajovým částem Českého masivu, převážně pak v místech jeho zlomů. Příhodná je oblast české křídové pánve s průměrným tepelným tokem až  $80 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . U Mělníka se nachází lokální anomálie s hodnotami 80 až  $90 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ , danými větším přínosem tepla ze svrchního pláště. Zvýšené hodnoty jsou také v Podkrkonoší a celé severozápadní části Českého masivu. Hodnoty na Karlovarsku a Teplicku mohou převyšovat až  $100 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ , přičemž hodnoty přes  $80 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$  pokrývají celé Krušné hory. Perspektivní je také oblast styku Českého masivu a Západních Karpat. Zvýšené hodnoty až do  $83 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$  jsou také v oblasti ostravsko-karbonského uhelného revíru.<sup>135</sup>

Na obrázku 4.1 vidíme, že tepelný tok je na našem území rozložen spíše nerovnoměrně. Nejvíce zajímavé jsou oblasti v okolí Krušných hor, obecně jsou oblasti s vyšším tepelným tokem spíše v Čechách. Méně příhodných oblastí je v kraji Vysočina, dále také v částech Pardubického a Olomouckého kraje. V tabulce 4.1 jsou uvedeny hodnoty tepelného toku pro různé geologické jednotky.

---

<sup>135</sup> MYSLIL, Vlastimil, Zdeněk KUKAL, Karel POŠMOURNÝ a Václav FRYDRYCH. Geotermální energie: Ekologická energie z hlubin Země - současné možnosti využívání. *Planeta*. Ministerstvo životního prostředí ČR Praha, 2007, **XV**(4). s. 8. ISSN 1801-6898. Dostupné také z: [https://prvni.geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcbc01/geotermalni\\_energie\\_myslil\\_4.pdf](https://prvni.geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcbc01/geotermalni_energie_myslil_4.pdf)



Obrázek 4.1 – Tepelný tok na území České republiky <sup>136</sup>

Tabulka 4.1 – Tepelný tok v různých geologických jednotkách ČR <sup>137</sup>

Geologická jednotka	Tepelný tok	
	Rozmezí [mW.m <sup>-2</sup> ]	Střední hodnota [mW.m <sup>-2</sup> ]
Český masiv – stabilní česká část	43 – 71	53,4
Český masiv – stabilní moravská část	21 – 41	31,2
Moldanubikum – celkově	21 – 71	40,4
Krušné hory	58 – 185	81,8
Oherský prolom	45 – 121	94,3
Saxoturingikum – celkově	45 – 185	90,8
Předkarbonské jednotky	31 – 72	54,1
Permokarbon a křída	52 – 92	67,9
Barrandien – celkově	31 – 96	63,3
Hornoslezská pánev	55 – 92	69,6
Moravikum – celkově	45 – 92	66,2

<sup>136</sup> Tepelný tok na území České republiky. In: *OEnergetice* [online]. 2015 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/wp-content/uploads/2015/05/tepeltok-725x465.jpg>

<sup>137</sup> MYSLIL et al., pozn. 135, s. 8

## 4.2 Potenciál geotermální energie na území ČR

Geotermální potenciál jednotlivých částí České republiky je značně proměnlivý vzhledem ke geologickým, geotermálním a hydrologickým podmínkám. Při hodnocení určitého území je nutné rozdělení na oblasti využitelné pro hromadné zásobování teplem nebo výrobu elektrické energie a oblasti využitelné pouze lokálně v rámci jednotlivých objektů. Je zřejmé, že jsme omezeni zástavbou a přírodními poměry. V minulosti byl již počítán potenciál pro potřeby energetických studií i pro záměry realizace projektů pro využití geotermální energie, a to v rámci krajů, okresů i na úrovni obcí. Stanovením potenciálu využití geotermální energie se v rámci výzkumu a vývoje precizně zabýval projekt MŽP č. 630/3/99 „Možnosti využití geotermální energie pro energetické účely“, který prezentoval nové možnosti ČR pro využívání geotermální energie. Následně byly na našem území vytipovány desítky lokalit vhodných jak pro výrobu elektrické energie, tak i pro vytápění ve větším rozsahu.<sup>138</sup>

Využitelný geotermální potenciál území České republiky je ve čtyřech kategoriích podle primárního zdroje stanoven následovně<sup>139</sup>:

- Energie z hydrotermálních zdrojů vysoké teploty (>130 °C) pro výrobu elektrické energie:
  - Odhad potenciálu – zdroje s celkovým výkonem 10 MW
- Energie tepla hornin (suché zemské teplo) vysoké teploty (>130 °C) pro výrobu elektrické energie:
  - Odhad teoretického potenciálu při uvažování produkce tepla hornin z 1 km<sup>3</sup> zdroji s výkonem až 30 MW po dobu přibližně 30 let je 2 385 900 MW
  - Využitelný potenciál při hloubkách vrtů do 5 km ve vybraných lokalitách, 847 lokalit s výkonem 4 MW – zdroje s celkovým výkonem 3 388 MW
- Energie z hydrotermálních zdrojů vyšší teploty (<130 °C) pro získávání tepla:
  - Odhad potenciálu – zdroje s celkovým výkonem 25 MW
- Energie pro nízkoteplotní systémy (tepelná čerpadla):
  - Odhad potenciálu – primární zdroj horniny, výkon 8 750 MW
  - Odhad potenciálu – primární zdroj podzemní voda, výkon 2 390 MW

---

<sup>138</sup> MYSLIL et al., pozn. 135, s. 21 a 25

<sup>139</sup> BLAŽKOVÁ, Miroslava. *Metodika k hodnocení geotermálního potenciálu v modelovém území Podkrušnohoří*. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2010. s. 19-20. Dostupné také z: [https://prvni-geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcb01/metodika\\_ujep\\_4.pdf](https://prvni-geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcb01/metodika_ujep_4.pdf)

Pro výrobu elektrické energie tedy současnými technologiemi existuje využitelný potenciál zhruba 3 400 MW. Pro účely získávání tepla nízkoteplotními zdroji je využitelný potenciál zhruba 11 165 MW.

Hydrotermální zdroje s teplotami vhodnými pro generaci elektrické energie se na našem území téměř nenacházejí. Přesto je na našem území značný teoretický potenciál systémů HDR, které mohou sloužit k výrobě elektrické energie i tepla.

Česká republika má podstatný potenciál primárních zdrojů o nižší teplotě. Pro jejich využití se uplatňují tepelné výměníky pro rozsah teplot 40 až 70 °C, nebo tepelná čerpadla pro nižší teploty. Rozložení zemského tepla v zemské kůře je v hloubkách 1 až 2 km značně nepravidelné, každou potenciální lokalitu je proto nutné důkladně posoudit. Potenciál závisí na technických, geologických i hydrotermálních možnostech dané lokality a jeho stanovení podléhá multikriteriální analýze.<sup>140</sup>

#### 4.2.1 Potenciál nízkoteplotní geotermální energie

Dlouhou tradici u nás má využívání termálních vod pro lázeňské účely. Nejteplejší prameny v ČR se nacházejí na Karlovarsku, jejich teplota je až 72 °C a mají velkou vydatnost, bez umělého čerpání až 40 l.s<sup>-1</sup>, v Teplicích dosahují teploty termálních pramenů 42 °C s vydatností 40 l.s<sup>-1</sup><sup>141</sup>. Tyto prameny je možné využívat k ohřevu užitkové vody. Hydrotermální zdroje s nižší teplotou, 20 až 35 °C, se nacházející v oblastech Jáchymova, Jánských Lázní, Bludova, Velkých Losin a Teplic na Bečvou<sup>142</sup>, není je možno používat přímo k vytápění, ale jsou využitelné tepelnými čerpadly.

Podzemní geotermální rezervoáry na našem území většinou nesplňují požadavky na teplotu, přiměřenou hloubku nebo vzdálenost k místu spotřeby. Potenciální místa dalšího rozvoje jsou v oblasti vídeňské pánve a moravské karpatské předhlubně, kde geotermální voda dosahuje teplot 50 až 70 °C<sup>143</sup>. Využití hydrotermálních zdrojů je v ČR obecně značně omezené, většina je vhodná spíše pro balneotechnické využití, převážná část je navíc chráněná<sup>144</sup>.

---

<sup>140</sup> MYSLIL et al., pozn. 135, s. 21-22

<sup>141</sup> BURDA, Jiří, Jan HOLEČEK, Pavel BÍLÝ, Petr NOVÁK a Hana SEMÍKOVÁ. TECHNOLOGICKÁ AGENTURA ČR. *Metodika stanovení podmínek ochrany při využívání tepelné energie zemské kůry: Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2015*. 1. 2015. s. 24. Dostupné také z: [www.geology.cz/extranet/vav/vyznamne-vysledky-vyzkumu/metodiky/metodika-holecek-2015.pdf](http://www.geology.cz/extranet/vav/vyznamne-vysledky-vyzkumu/metodiky/metodika-holecek-2015.pdf)

<sup>142</sup> BURDA et al., pozn. 141, s. 24

<sup>143</sup> VOBOŘIL, David. Geotermální energie. *OEnergetice* [online]. 2015 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/geotermalni-energie/>

<sup>144</sup> PETRÁŠ, Dušan, et al. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. s. 115. ISBN 978-80-8076-069-4.

Nízkopotenciální energie nejsvrchnějších částí povrchové zemské kůry a mělkých podzemních vod využitelná tepelnými čerpadly je dostupná v podstatě na celém území ČR<sup>145</sup>. Vytápění tepelnými čerpadly má bezesporu kladný dopad na životní prostředí oproti jiným způsobům vytápění. Rozšířením TČ můžeme dosáhnout útlumu spalování pevných paliv na úrovni RD i větších objektů. Vhodné by bylo jejich rozšíření především na Ostravsku pro zmírnění znečištění ovzduší pevnými částicemi. Rozšíření TČ je vzhledem ke zvýšeným koncentracím benzo[a]pyrenu vhodné po celé oblasti Slezska, severní a východní části Moravy a územích krajů Středočeského a Královehradeckého. Životní prostředí ČR je v současné době zatěžováno především z lokálních topenišť. Největší podíl na emisích benzo[a]pyrenu mají přitom právě lokální topeniště domácností, v roce 2015 97,3 %<sup>146</sup>. Technologie spojené s TČ, včetně vrtných prací, jsou v dnešní době zvládnuty. Jejich širšímu rozšíření v domácnostech však brání vyšší pořizovací náklady oproti jiným technologiím pro vytápění.

Jedním z cílů Státní energetické koncepce, respektive její aktualizované verze (ASEK), je maximální odklon od využití uhlí v decentrální výrobě tepla a jeho nahrazování zemním plynem, biomasou, tepelnými čerpadly a solárními systémy. Zároveň by se měla zajistit vyšší účinnost užití el. energie pro potřeby vytápění, náhradami přímotopných a akumulčních systémů tepelnými čerpadly. Obecným záměrem ASEK je podporovat využívání tepelných čerpadel v teplotních systémech.<sup>147</sup>

Vývoj energetiky do roku 2040 v rámci tzv. optimalizovaného scénáře ASEK počítá se záměnami elektrického vytápění a přípravy teplé vody (TV) za tepelná čerpadla. Očekává se rozvoj menších decentralizovaných zdrojů využívající TČ a zemní plyn. Dramatický rozpad soustavy zásobování teplem (SZT) se dle ASEK však neočekává.<sup>148</sup>

Trendy využití zdrojů energie pro spotřebu v domácnostech není snadné předpovídat. Neočekávám však, že by mělo docházet k širšímu využívání TČ jestliže nebude jejich rozšíření dostatečně podporováno ze strany státu. V případě požadavku na co nejnižší pořizovací náklady nemohou systémy s TČ bez dotační podpory konkurovat ostatním metodám vytápění, především pokud se jedná o systémy vytápění využívající fosilní paliva. Například v případě porovnání s křovými kamny s teplovodním výměníkem tepla mohou

---

<sup>145</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 144, s. 115

<sup>146</sup> ČHMÚ. Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem v roce 2015. In: *Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika: Grafická ročenka 2016* [online]. 2016 [cit. 2018-10-16]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/IV2\\_BaP\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/IV2_BaP_CZ.html)

<sup>147</sup> ČR. *Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky, 2014. s. 67-69. Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52041/59168/618616/priloha001.pdf>

<sup>148</sup> MPO, pozn. 147, s. 103



být pořizovací náklady na systém s TČ i více než dvojnásobné. Obdobně pokud bychom srovnávali TČ typu voda-země a voda-voda s TČ využívající venkovní vzduch, které jsou realizací méně náročné. Oproti systémům využívající spalování dřeva, nebo uhlí mají TČ řadu výhod např. jednoduchou obsluhu a neexistující potřebu skladování paliva, avšak jedná se o komplexnější systémy vyžadující kvalifikovanou kontrolu. Tepelná čerpadla se jeví jako výhodnější řešení oproti čistě elektrickému vytápění, nicméně v porovnání se zemním plynem rozhoduje hlavně cena komodit. Tepelná čerpadla navíc nepředstavují řešení k úplné energetické soběstačnosti a znamenají pouze snížení míry závislosti na dodávce el. energie, nepochybně ale vytvářejí úspory roční nakupované energie.

Tabulka 4.2 – Vývoj a struktura konečné spotřeby energie v domácnostech dle optimalizovaného scénáře ASEK <sup>149</sup>

Konečná spotřeba energie v domácnostech								
Zdroj	Jednotka	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Černé uhlí	PJ	2,2	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Hnědé uhlí	PJ	21,1	15,8	9,2	2,6	1,8	1,8	1,8
Brikety	PJ	4,8	3,9	4,9	4,9	3,9	3,9	3,9
Koks	PJ	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Zemní plyn	PJ	96,9	88,0	80,1	75,4	75,0	74,4	73,7
Biomasa	PJ	48,5	53,3	57,9	62,4	61,2	60,4	60,6
<b>TČ</b>	<b>PJ</b>	<b>1,2</b>	<b>2,6</b>	<b>4,6</b>	<b>6,2</b>	<b>7,8</b>	<b>9,4</b>	<b>11,0</b>
Kolektory	PJ	0,3	0,6	1,1	2,4	2,8	4,0	4,0
Elektřina	PJ	54,1	51,5	51,4	52,4	52,8	52,1	51,9
SZT	PJ	50,1	49,2	47,3	44,7	42,0	41,1	40,1
<b>Celkem</b>	<b>PJ</b>	<b>279,9</b>	<b>268,5</b>	<b>260,1</b>	<b>254,6</b>	<b>250,9</b>	<b>250,7</b>	<b>250,6</b>

Zajímavé jsou TČ také v kombinaci s dalšími způsoby získávání energie ať už OZE nebo zdroji spalujícími fosilní paliva viz geotermální projekt v Děčíně. Rozšiřování využití TČ je žádoucí i v rámci velkých objektů jako jsou například obchodní centra, rezidenční nebo administrativní centra. Například obchodní centra u nás využívají OZE minimálně, přitom se jedná o objekty zabírající ve městech značnou plochu a zpravidla mají velké ploché střechy využitelné fotovoltaickými moduly. Zajímavá je i možnost využití odpadního tepla z průmyslových procesů, z principu je však v takových případech potřeba velkého náhradního zdroje tepla pro případ zastaveného provozu. Další oblastí potenciálního rozvoje

<sup>149</sup> MPO, pozn. 147, s. 102

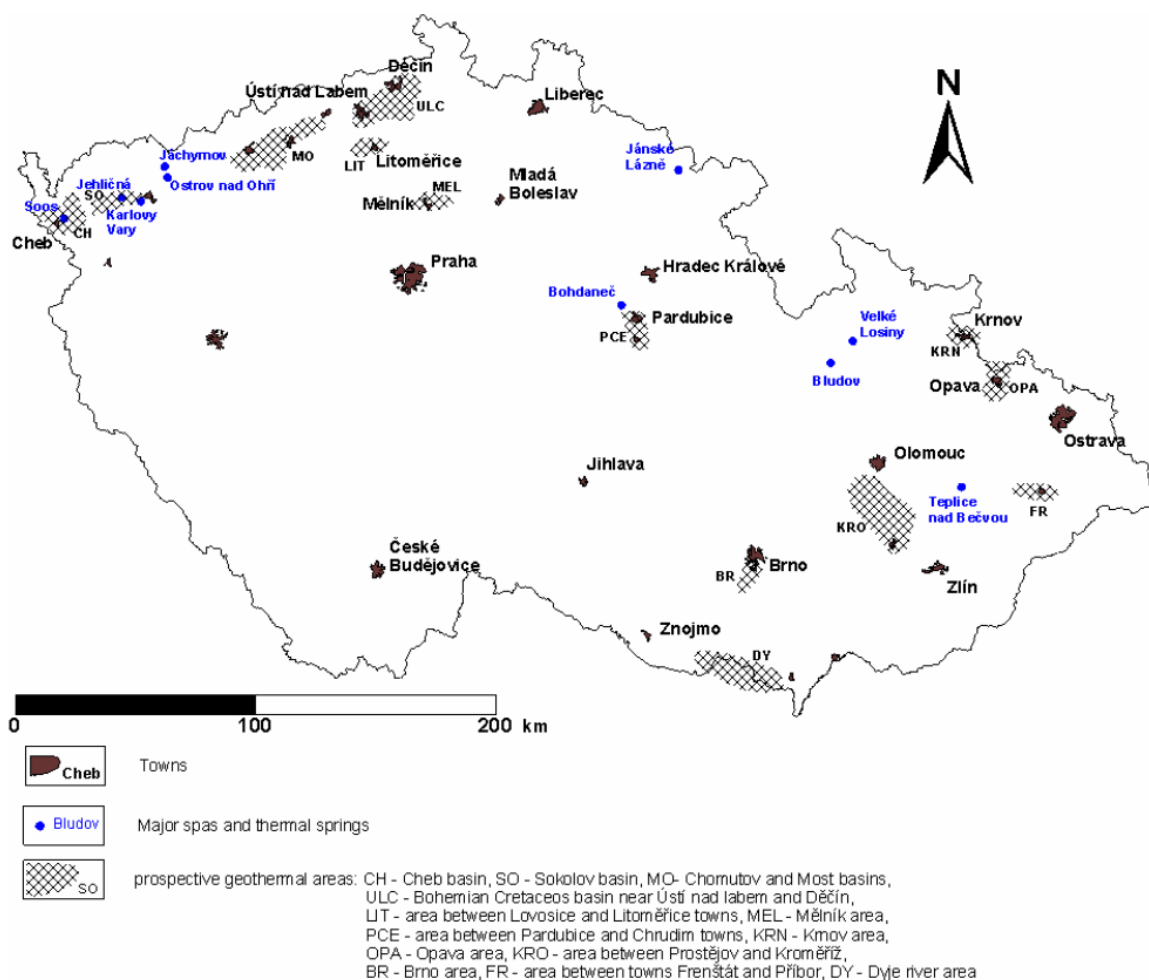
využití geotermální energie je zemědělství a využití v rekreačních zařízeních jako jsou např. aquaparky. Realizace alternativních systémů vytápění nebo získávání el. energie vždy závisí na rozhodnutí investora, který se přiklání především k nízkonákladovým, bezrizikovým a prověřeným řešením. Firem nabízejících samotná TČ nebo jejich instalaci je u nás mnohem více než na přelomu století, avšak velkých projektů využívajících TČ je na našem území stále málo.

Významnou složkou nákladů pro realizaci systémů využívajících geotermální energii jsou náklady spojené z vrtnými pracemi. V případě velkých nízkoteplotních zdrojů geotermální energie využívajících hlubinné vrtů se jedná o vrtné hloubky v řádek několika stovek metrů, jež představují náklady v řádu jednotek milionů Kč. Velký potenciál energie pro menší potřeby využitelný TČ leží již v hloubkách v řádech desítek metrů. Proti rozšíření nepůsobí pouze vysoké pořizovací náklady, ale též nejistoty spojené s analýzou potenciálního zdroje a návrhem nového vytápěcího systému, které soukromé investory odrazují. Výhodnou je mimo provoz šetrný k životnímu prostředí i to, že technologie pro využití geotermální energie nekladou velké nároky na prostor a nezatěžují okolní prostředí hlukem (mimo období realizace vrtů).

Novým problémem pro budoucí rozšíření využití geotermální energie na našem území je stav vodních zdrojů. Rok 2018 je ojedinělý v tom, že je v řadě již pátým rokem sucha a vysokých teplot. Jedním z projevů klimatické změny na našem území je deficit srážek, ten je patrný v teplých i chladných částech roku a má vliv na stav podzemních vod. Podzemní vody se v rámci ročních cyklů dostatečně nedoplňují a dochází k jejich úbytku. Stav podzemních vod není širokou veřejností i státem věnována dostatečná pozornost a problém je nebezpečně podceňován. Na mnoha místech naší republiky došlo v tomto roce k vyprázdnění studní a poklesu průtoků či dokonce vyschnutí vodních toků. Tento problém nemá vliv jen na zajištění vody obyvatelstvu a „malou“ energetiku, ale je nebezpečím i pro velké systémové zdroje energie. Je proto nanejvýš nutné aby se při těžbě podzemní vody pro energetické účely dbalo na zachování místních hydrologických poměrů. Vzhledem k současnému trendu, lze v následujících dekádách očekávat změnu vodohospodářské politiky státu směrem ke striktnějším pravidlům nebo dokonce omezením využívání podzemních vod.

#### 4.2.2 Potenciál vysokoteplotní geotermální energie

Na území Českého masivu a částech Západních Karpat je z dříve jmenovaných geotermálních systémů prakticky využitelný pouze systém HDR. Teoreticky je možné geotermální energii ze systémů HDR využívat kdekoli na našem území. Odhad teoretického potenciálu energie hornin vysoké teploty ( $>130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) pro výrobu elektrické energie je obrovských 2 385 900 MW. Myslíl et al. však zdůrazňují, že technicky dostupný energetický potenciál lze na základě zahraničních zkušeností odhadovat pouze na 2 %<sup>150</sup>. To představuje zhruba 47 700 MW. Mluvíme tu tedy o potenciálním zdroji elektrické energie, jehož dvě setiny teoretického potenciálu představují dvojnásobek instalovaného výkonu v elektrizační soustavě ČR.



Obrázek 4.2 – Výskyt lázní a horkých pramenů a perspektivních lokalit pro využití geotermální energie<sup>151</sup>

<sup>150</sup> MYSLIL et al., pozn. 135, s. 21

<sup>151</sup> MYSLIL, Vlastimil, Michal STIBITZ a Václav FRYDRYCH. *Geothermal energy potential of Czech Republic*. Proceedings of the World Geothermal Congress, Antalya, Turkey, 2005. s. 7. Dostupné také z: <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2005/0177.pdf>

Vysvětlivky k obrázku 4.2 (volně přeloženo):

Towns – Města

Major spas and thermal springs – Hlavní oblasti lázní a termálních pramenů

Prospective geothermal areas – Perspektivní geotermální oblasti

Prakticky využitelný potenciál technologie HDR je limitován třemi základními požadavky<sup>152</sup>:

- dostatečný zdroj vody pro transport energie
- umístění mimo chráněné oblasti
- přítomnost odpovídající spotřeby elektrické energie a tepla

V roce 2005 byl odhadnut potenciál pro 17 geotermálních elektráren s výkonem do 140 MW a 23 elektráren s výkonem 190 MW. Mnoho potenciálních míst je v krajích podél severozápadní hranice se SRN. V oblasti Chebské a Sokolovské pánve je prostor pro dva zdroje, v prostoru Chomutovské a Mostecké pánve až pro tři. V okolí Ústí nad Labem a Děčína je odhadnut potenciál pro dvě geotermální elektrárny. Slibnou oblastí pro jednu až dvě elektrárny je prostor mezi městy Lovosice – Litoměřice. Geologická struktura pro alespoň jednu elektrárnu je též vhodná v okolí města Mělník a mezi městy Pardubice a Chrudim. Pro obě oblasti mezi městy Prostějov – Kroměříž a Frenštát – Příbor jsou vhodné podmínky alespoň pro jeden velký geotermální zdroj s vrtly hlubšími než 4 km.<sup>153</sup>

Další zdroje hovoří o identifikaci minimálně 60 lokalit vhodných pro výrobu elektrické energie s celkovým výkonem okolo 250 MW a tepla pro vytápění s výkonem přibližně 2 000 MW. Po provedení doplňkového průzkumu se v roce 2007 předpokládala možnost vybudování elektráren o celkovém výkonu 3 200 MW. Potenciální možnosti geotermálních zdrojů na bázi HDR počítají s hloubkami vrtů okolo 5 km, příznivý tepelný gradient je 30 K.km<sup>-1</sup>.<sup>154</sup>

---

<sup>152</sup> MYSLIL et al., pozn. 151, s. 3

<sup>153</sup> MYSLIL et al., pozn. 151, s. 3-4

<sup>154</sup> MOTLÍK, Jan, et al. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice*. Praha: ČEZ, 2007. s. 149. ISBN 978-80-239-8823-9.

Na našem území se může uvažovat o několika desítkách velkých geotermálních zdrojů využívajících metodu HDR s provozem v režimu kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET). Díky podstatě HDR metody existují možnosti vytvoření četného množství lokálních zdrojů tepla, přičemž tepelné přebytky by se mohly využívat k výrobě el. energie. Menší zdroje s KVET jsou vhodné pro potřeby menších i větších měst. Pro výrobu elektřiny je nutné využít technologie binárního cyklu, protože pracovnímu médium po výstupu z podzemních výměníků nebude mít vhodné parametry pro klasický Rankinův cyklus<sup>155</sup>.

V současné době není na našem území v provozu žádný zdroj, který by generoval el. energii pomocí energie geotermální. Od přelomu století se objevilo několik projektů pro vytvoření HDR zdroje, ode všech však bylo upuštěno. Problémy HDR projektů jsou rentabilita a nejistoty spojené s výběrem vhodné lokality a zajištění dostatečné teploty média, analýza vhodné lokality z hlediska geologických podmínek navíc představuje značný finanční výdaj bez záruky kladného stanoviska. Pro HDR zdroje na našem území je nutné vybudovat vrty s maximální hloubkou v rozmezí 4 až 5 km, jeden vrt o této hloubce stojí<sup>156</sup> okolo 300 až 400 milionů Kč. Při výstavbě geotermálních elektráren práce spojené s tvorbou vrtu často přesahují 50 % z hodnoty celkových nákladů, jedná se proto o hlavní faktor ovlivňující investice<sup>157</sup>. Obecně je tak investování do HDR zdrojů značně rizikové.

I přes to si myslím, že by na našem území mělo dojít k rozvoji „velké“ geotermální energetiky. Problémem je, že o vybudování HDR elektráren se nepostarají soukromí investoři a polostátní společnost ČEZ se této investici též vyhýbá. Metoda HDR patří mezi složitější způsoby získávání geotermální energie a samotná hlubinná geotermální energie se získává příliš komplikovaně v porovnání s jinými OZE jako je sluneční a větrná energie. Zdroje využívající geotermální energii však naprosto překonávají ostatní OZE součinitelem ročního využití instalovaného výkonu, který se obecně<sup>158</sup> pohybuje mezi 60 až 90 %, v případě využití ORC pro systém HDR/HFR může jít o hodnotu až 95 %<sup>159</sup>. Díky vysokému součiniteli ročního využití mohou být zdroje využívající geotermální energii na

---

<sup>155</sup> MOTLÍK et al., pozn. 154, s. 148

<sup>156</sup> DOSTÁL, Dalibor. Geotermální energie zůstává v Česku na okraji, firmy a vědci to chtějí změnit [online]. 9. 11. 2017 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/cs/clanky/geotermalni-energie-zustava-v-cesku-na-okraji-firmy-a-vedci-to-chteji-zmenit--96779.html>

<sup>157</sup> SIGFÚSSON, Bergur a Andreas UIHLEIN. EUROPEAN COMMISSION. 2014 JRC Geothermal Energy Status Report: Technology, market and economic aspects of geothermal energy in Europe. EU: Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015. ISBN 978-92-79-44614-6. ISSN 1831-9424. Dostupné také z: [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93338/jrc%20geothermal%20report\\_final.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93338/jrc%20geothermal%20report_final.pdf)

<sup>158</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Geothermal energy [online]. In: OECD, 2018 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <https://www.iea.org/topics/renewables/geothermal/>

<sup>159</sup> SIGFÚSSON a UIHLEIN, pozn. 157, s. 47

území ČR použity v oblasti základního zatížení denního diagramu. Nebyl by navíc problém s jejich regulací a plánováním výroby.

Pro vybudování geotermálních zdrojů hovoří i fakt, že jejich potenciální umístění zahrnuje oblasti, kde se nachází mnoho uhelných elektráren, především v Ústeckém a Karlovarském kraji. Vývoj našeho energetického mixu je dnes velkou otázkou. Záměrem ASEK je postupný útlum výroby z uhelných elektráren a jejich nahrazení jadernými zdroji. V současné době však předpokládám, že tohoto cíle nedosáhneme buď vůbec, nebo alespoň ne ve stanoveném čase. Jestliže se zdráháme jít do rizikové investice ve formě dostavby jaderných elektráren, nevidím mnoho důvodů, proč by mělo dojít ke změně přístupu státu nebo společnosti ČEZ k investicím do geotermální energie. Rozvoj geotermálních zdrojů nám přitom může pomoci i z hlediska splnění kvót na podíl OZE v konečné spotřebě energie stanovených EU. V současné době již víme, že nesplníme cíle stanovené strategií Evropa 2020, která hovoří o podílu OZE ve výši 20 %. Pro splnění unijní cílů pro rok 2030 bude potřeba naši zdrojovou základnu využívající OZE rozšířit<sup>160</sup>. Je namístě očekávat, že tlak ze strany EU na rozšiřování OZE a útlum klasické energetiky se bude v následných desetiletích zvyšovat. Geotermální energie nám přitom nabízí řadu výhod, mimo vysoký součinitel ročního využití se jedná o perspektivní zdroj energie z hlediska energetické bezpečnosti. Vybudování těchto zdrojů může být poměrně rychlé, náročnost výstavby je ale vyšší než u stavby solárních, větrných nebo paroplynových elektráren. Na rozdíl od solárních a větrných elektráren razantně nezasahují do krajinného rázu a na povrchu zabírají malé plochy, oproti větrným elektrárnám navíc při provozu neprodukuje hluk. Velkým problémem mohou být ztráty vody mezi produkčním a injekčním vrtem, také existují rizika spojená se změnou tlakových poměrů v geologických strukturách.

Proti rozšíření zdrojů energie využívající HDR mimo zmíněná hlediska stojí též nezkušenost s provozováním zdroje stejného typu na našem území. Projekty na bázi HDR jsou v různých stádiích vývoje v jižním Německu, Mnichov se dokonce chce stát městem se systémem dálkového vytápění energií pocházející čistě z OZE a hlavní úloha je přikládána geotermální energii<sup>161</sup>. Potenciál geotermální energie suchých hornin na našem území bychom neměli nechávat bez využití.

---

<sup>160</sup> ČTK. Podíl OZE v ČR se musí zvýšit na 22,5 %, aby byl dosažen celoevropský cíl do roku 2030. *OEnergetice* [online]. 2018 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrany-cr/podil-oze-v-cr-se-musi-zvysit-na-225-aby-byl-dosazen-celoevropsky-cil-do-roku-2030/>

<sup>161</sup> *Geothermal energy in Germany: Future-oriented technology* Future-oriented technology for the development of future energy sources [online]. HERRENKNECHT VERTICAL. [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <https://www.herrenknecht-vertical.com/case-studies/geothermal-energy-projects-in-germany/>

Tabulka 4.3 – Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny z OZE dle optimalizovaného scénáře ASEK<sup>162</sup>

Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny z OZE								
OZE	Jednotka	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Biomasa	GWh	1 492,0	1 878,9	2 331,0	2 540,6	3 243,4	3 946,10	4 648,8
Bioplyn	GWh	634,6	2 754,0	3 121,2	3 416,0	3 696,0	3 976,00	4 256,0
Biologicky rozl. část TKO	GWh	35,6	91,2	138,1	310,0	425,2	425,2	425,2
Vodní elektrárny	GWh	2 789,5	2 475,6	2 522,7	2 524,5	2 526,2	2 528,00	2 529,7
Větrné elektrárny	GWh	335,5	647,2	1 013,8	1 328,4	1 598,4	1 945,80	2 291,4
Fotovolt. elektrárny	GWh	615,7	2 275,5	2 403,6	3 567,4	3 567,4	4 725,70	5 883,9
<b>Geotermál. energie</b>	GWh	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>18,4</b>	<b>55,2</b>	<b>69,0</b>	<b>92,0</b>	<b>138,0</b>
<b>Celkem</b>	GWh	<b>5 902,8</b>	<b>10 122,3</b>	<b>11 548,8</b>	<b>13 742,0</b>	<b>15 125,6</b>	<b>17 638,7</b>	<b>20 173,0</b>

### 4.3 Stav využití geotermální energie na našem území

Na našem území má dlouho tradici využívání geotermální energie ve formě termálních pramenů. V republice jsou desítky lázeňských center, především se jedná o Karlovy Vary, Luhačovice nebo Mariánské a Františkovy lázně.

Pro energetické účely se v ČR geotermální energie zatím využívá pouze nepřímo pomocí TČ. Záměry pro nepřímé využití pro získávání tepla a el. energie jsou v dnešní době stále ve stádiu analýz nebo příprav, nejdále v tomto ohledu je projekt v Litoměřicích, kde se v současné době buduje výzkumné centrum, jež by mělo vést k budoucímu využití geotermální energie pro zásobování města. Dalším významným projektem je záměr společnosti ENTERGEO, SE, Praha na vybudování geotermálního zdroje pro KVET ve městě Tanvald, společnost v současné době vede spor se stavebním úřadem ohledně získání územního rozhodnutí pro hlubinné vrty.

O přímém využití není příliš mnoho statistických informací. Tepelná čerpadla se zařazují obecně pod kategorii využití energie okolního prostředí. Typy TČ využívající spíše geotermální energii nejsou ze statistik vyčleňovány. Podle Asociace pro využití tepelných

<sup>162</sup> MPO, pozn. 147, s. 114

čerpadel <sup>163</sup> je v současné době na našem území v provozu více než 70 000 TČ všech typů. MPO vytvořilo několik statistických šetření dovozních a výrobních firem pro určení počtu a struktury tepelných čerpadel v ČR. Podle poslední statistiky <sup>164</sup> trhu dominují čerpadla typu vzduch-vzduch a zájem o tento typ v posledních letech exponenciálně narůstá. TČ typu vzduch-vzduchu v roce 2017 tvořila 89 % podíl trhu s tepelnými čerpadly a mezitím o ně stoupl zájem o 27 %, dodávky čerpadel typu voda-voda a země-voda oproti nim dlouhodobě stagnují. Celkový zájem o tepelná čerpadla je stále malý.

V posledních letech tvoří počet nově dokončených rodinných domů a bytů s instalovanými tepelnými čerpadly pouze 10 až 12 % podílu ze všech zkolaudovaných obytných jednotek <sup>165</sup>. Odhad celkové využití energie prostředí pro rok 2016 činí 4 441 843 GJ, došlo k pozoruhodnému nárůstu vzhledem k přelomu tisíciletí, poněvadž odhad pro rok 2003 činil pouhých 347 814 GJ <sup>166</sup>.

Z hlediska potenciálu jsou u nás TČ obecně využívána minimálně a za ostatními evropskými státy zaostáváme. Přesto v posledních letech sleduje nárůst počtu jejich instalací, obzvláště pro účely ohřevu vody. <sup>167</sup>

Poznámka: Tabulka 4.4 a graf 4.1 je z grafických důvodů uveden na další straně této práce.

---

<sup>163</sup> ASOCIACE PRO VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL. V ČR je v provozu více než 70 000 tepelných čerpadel různých výkonů a systémů: Tepelná čerpadla v popředí zájmu veřejnosti. *TZB-info* [online]. 2016 [cit. 2018-11-15]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13898-v-cr-je-v-provozu-vice-nez-70-000-tepelnych-cerpadel-ruznych-vykonu-a-systemu>

<sup>164</sup> ČR. *Výsledky statistických šetření: Tepelná čerpadla (energie prostředí)*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky, 2018. Dostupné také z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2018/7/Tepelna-cerpadla-2010-2017\\_1.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2018/7/Tepelna-cerpadla-2010-2017_1.pdf)

<sup>165</sup> MPO, pozn. 164

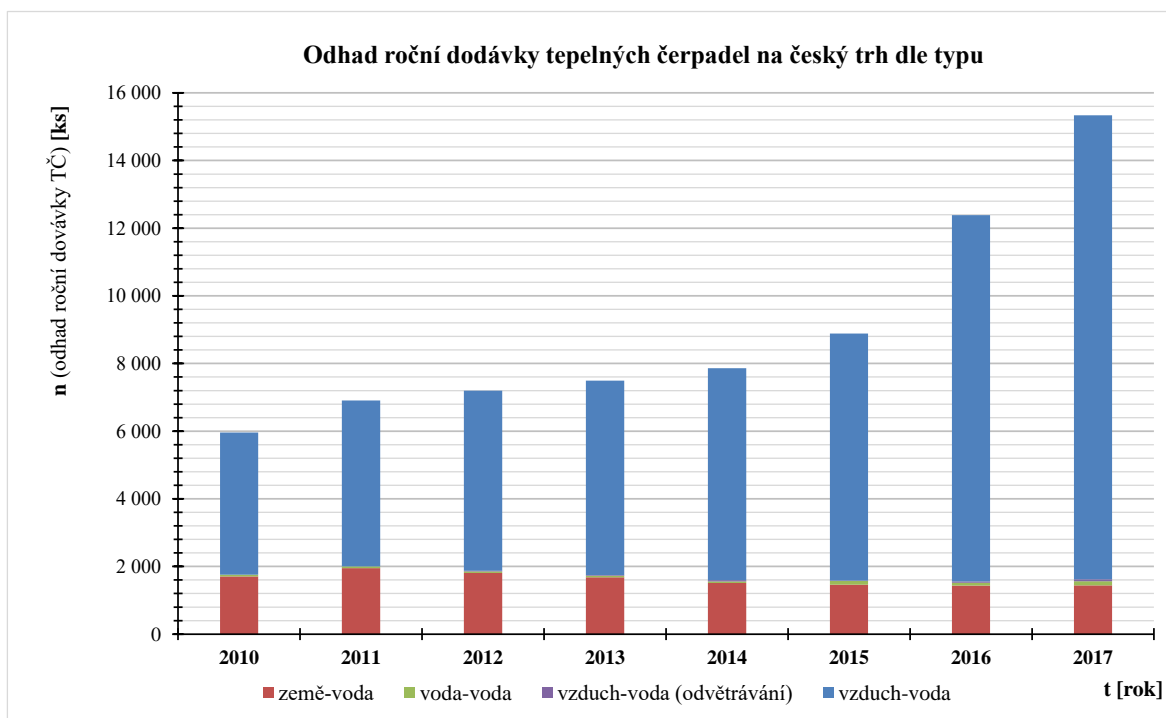
<sup>166</sup> ČR. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2016: Výsledky statistického zjišťování*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky, 2017. s. 56. Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2018/2/Obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2016.pdf>

<sup>167</sup> ASOCIACE PRO VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL. Budoucnost tepelných čerpadel v Evropě a v ČR. *TZB-info* [online]. 2018 [cit. 2018-12-09]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/18356-budoucnost-tepelnych-cerpadel-v-evrope-a-v-cr>



Tabulka 4.4 – Odhad roční dodávky tepelných čerpadel na český trh <sup>168</sup>

Odhad roční dodávky tepelných čerpadel na český trh [ks]					
Rok	Vzduch-voda	Vzduch- voda (odvětrávání)	Země-voda	Voda-voda	Celkem
2010	4 199	–	1 707	53	<b>5 959</b>
2011	4 908	–	1 951	50	<b>6 909</b>
2012	5 323	21	1 808	44	<b>7 196</b>
2013	5 752	15	1 679	49	<b>7 495</b>
2014	6 267	35	1 512	46	<b>7 860</b>
2015	7 304	11	1 463	107	<b>8 885</b>
2016	10 827	35	1 437	84	<b>12 383</b>
2017	13 718	60	1 440	121	<b>15 339</b>



Graf 4.1 – Odhad roční dodávky tepelných čerpadel na český trh <sup>169</sup>

<sup>168</sup> MPO, pozn. 164

<sup>169</sup> Sestaveno autorem na základě dat MPO viz. pozn. 164

#### 4.3.1 Záměr skupiny ČEZ na využití geotermální energie

Skupina ČEZ se v minulosti zabývala možností vybudování geotermální zdroje, který by zajišťoval energetické potřeby města Liberec. Mělo se jednat o pilotní projekt, který by prověřil možnosti využití geotermální energie na našem území. Teplo mělo být získáváno pomocí metody HDR z vrtů hlubokých 5 km.<sup>170</sup>

Uvažovalo se spíše o výrobě elektřiny, tepelné potřeby města měly být zajištěny ze spalovny bioodpadu. Celkové náklady na elektrárnu se odhadovaly na 1,2 miliardy Kč. A v roce 2009 byl vypsán tendr na zajištění průzkumný vrtu s cenou 250 milionů Kč. ČEZ se údajně v roce 2008 zajímal i o projekt geotermální elektrárny v Litoměřicích, radní města však nepřistoupili na požadavek vzdát se majoritního podílu ve společném podniku. V Liberci s přenecháním majoritního podílu společnosti ČEZ souhlasili, město mělo poskytnout pozemky a ČEZ by byl investorem.<sup>171</sup>

V roce 2011 spol. ČEZ projekt zastavila<sup>172</sup> s odůvodněním, že není výnosný oproti jiným projektům. Skupina ČEZ v současnosti neuvažuje o vstupu do oblasti geotermální energetiky a nerozvíjí žádný projekt<sup>173</sup>.

#### 4.3.2 Projekt geotermální energie v Litoměřicích

Litoměřice se již od roku 2000 zabývají možností využití hlubinné geotermální energie s cílem nahradit hnědouhelné zdroje tepla. Výsledky této iniciativy mají šanci být prvním projektem s využitím technologie HDR na našem území. Uvažuje se především o výrobě tepla pro SZT, druhořadým produktem může být elektrická energie. Ústí vrtů s veškerými prostory teplárny mají být umístěny v areálu bývalých kasáren. Záměr staví na využití Labe pro zajištění přenosového média a blízkosti místa spotřeby. Projekt je dlouhodobě podporován státními orgány, například prvotní terénní povrchový průzkum byl hrazen z prostředků MŽP. V roce 2007 byl dokončen průzkumný vrt PVGT-LT1 budovaný od roku

---

<sup>170</sup> PŘIBYL, Evžen. Využití geotermální energie pro výrobu elektrické energie. *Vytápění větrání instalace: Zpravodaj Společnosti pro techniku prostředí*. 2009, **2009**(5), 2. s. 209. ISSN 1210-1389. Dostupné také z: [www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2009-05\\_s207.pdf](http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2009-05_s207.pdf)

<sup>171</sup> ČTK. *E15: ČEZ plánuje první geotermální elektrárnu* [online]. 4. února 2009 [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz-obnovitelne-zdroje-energie/zpravy-z-tisku/e15-cez-planuje-prvni-geotermalni-elektrarnu>

<sup>172</sup> TRDLA, Martin. ČEZ stopl výstavbu geotermální elektrárny v Liberci, byla by drahá. *IDNES* [online]. 12. února 2011 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: [https://liberec.idnes.cz/cez-stopl-vystavbu-geotermalni-elektrarny-v-liberci-byla-by-draha-1cr-liberec-zpravy.aspx?c=A110210\\_135455\\_liberec-zpravy\\_alh](https://liberec.idnes.cz/cez-stopl-vystavbu-geotermalni-elektrarny-v-liberci-byla-by-draha-1cr-liberec-zpravy.aspx?c=A110210_135455_liberec-zpravy_alh)

<sup>173</sup> ČEZ. *Geotermální energie* [online]. In: ČEZ. [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/geotermalni-energie.html>

2006. Hloubka vrtu činí 2 111 m a teplota byla stanovena <sup>174</sup> na 64 °C, čímž došlo k potvrzení vhodnosti lokality. <sup>175</sup>

V první etapě projektu mají být vyvrtány další vrty do hloubky zhruba 5 km, které by umožnily další průzkum geologických struktur v této hloubce. Pro tvorbu podzemního výměníku tepla je potřeba vytvořit nejméně dva vrty. První etapa bude mít převážně vědecko-výzkumný charakter. Podílet se na ni mají odborníci z VŠ a vybraných ústavů AV ČR, včetně mnoha domácích i zahraničních odborných partnerů. <sup>176</sup>

Ve druhé etapě by mělo dojít k vytvoření třetího, případně i čtvrtého vrtu, který by zajistil větší průtok mezi injektážním vrtem a vrty produkčními. Dále má být vybudována nadzemní infrastruktura včetně všech potřebných technologií. V případě dostatku tepelné energie a pozitivních ekonomických předpokladů by mělo dojít i k výrobě elektřiny, ta by se měla získávat pomocí technologie ORC. Teoreticky by vybudovaný zdroj mohl mít tepelný výkon až 40 MW, reálná očekávání tepelného výkonu jsou nižší, v rozmezí 10 až 30 MW. <sup>177</sup>

V současné době výstavba výzkumné infrastruktury RINGEN (Research Infrastructure for Geothermal Energy), která v naší republice nemá obdoby, centrum se blíže zaměří na výzkum potenciálu geotermální energie a možnosti čerpání zemského tepla v hloubkách 3 až 5 km, přínosem bude i rozvoj a praktické testování nových technologií pro hloubení vrtů a stimulaci hornin potřebné pro tvorbu podzemních výměníků. Plnohodnotná činnost této infrastruktury bude zahájena koncem roku 2019. <sup>178</sup>

Náklady na realizaci centra RINGEN se do roku 2022 odhadují na celkem 250 milionů Kč, pokryty budou unijními a státními dotacemi. Náklady na vytvoření celého

---

<sup>174</sup> PŘIBYL, Evžen. Využití geotermální energie pro výrobu elektrické energie. *Vytápění větrání instalace: Zpravodaj Společnosti pro techniku prostředí*. 2009, **2009**(5), 2. s. 208. ISSN 1210-1389. Dostupné také z: [www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2009-05\\_s207.pdf](http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2009-05_s207.pdf)

<sup>175</sup> PRVNÍ GEOTERMÁLNÍ LITOMĚŘICE. *Jaký projekt připravují Litoměřice?* [online]. In: Litoměřice, 2013 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://prvni-geotermalni.cz/cz/otazky-a-odpovedi/jaky-je-hlavni-cil-projektu-a-jak-pomuze-lidem-v-litomerich>

MYSLIL et al., pozn. 151, s. 25-26

<sup>176</sup> PRVNÍ GEOTERMÁLNÍ LITOMĚŘICE. *Projekt "Geotermální energie Litoměřice"* [online]. In: Litoměřice, 2013 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://prvni-geotermalni.cz/cz/o-projektu/projekt-geotermalni-energie-litomerice>

PRVNÍ GEOTERMÁLNÍ LITOMĚŘICE, pozn. 174

<sup>177</sup> PRVNÍ GEOTERMÁLNÍ LITOMĚŘICE, pozn. 174

<sup>178</sup> PRVNÍ GEOTERMÁLNÍ LITOMĚŘICE. *V Litoměřicích bude zahájena výstavba centra pro výzkum geotermální energie* [online]. In: Litoměřice, 2017 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://prvni-geotermalni.cz/cz/aktualne/v-litomerich-bude-zahajena-vystavba-centra-pro-vyzkum-geotermalni-energie>

RINGEN. *Co je RINGEN* [online]. In: 2018 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://www.rin-gen.cz/cz/vyzkumna-infrastruktura/co-je-ringen-2>

systemu vrtů jsou odhadovány na 1,3 miliardy Kč. V případě příznivých výsledků by teploty v hloubkách okolo 5 km mohly být až 150 °C.<sup>179</sup>

Očekává se, že projekt RINGEN umožní získat dostatek informací i zkušeností pro možnosti širšího rozšíření využití HDR zdrojů na našem území. Výstupy první fáze projektu budou i doporučení k vyhodnocování potenciálních lokalit a schvalování nových projektů, předpokládají se i doporučení ke změnám stávající legislativy.<sup>180</sup>

#### 4.3.3 Záměr vybudování geotermálního zdroje v Tanvaldu

Ve městě Tanvald v Libereckém kraji se záměr vybudování geotermálního zdroje v současné době snaží prosadit společnost ENTERGEO, SE.

Společnost se již dříve pokoušela realizovat obdobný projekt v nedalekých Semilech, zde však narazila na odmítavý postoj zastupitelů města. Již od roku 2009 radnice hledala investora a do příprav vložila pět let a zhruba milion korun. V březnu 2013 se ve městě konalo referendum o záměru vybudování elektrárny, které ve výsledku nebylo kvůli malé účasti platné. Nicméně drtivá většina z odevzdaných hlasů byla proti projektu a zastupitelé se na základě toho rozhodli přípravu výstavby zastavit a změnili i územní plán, aby se plánovaná výstavba zabránilo. Občané se obávali hluku a otřesů, které by mohlo vrtání do 5 km hloubek způsobit.<sup>181</sup>

V Tanvaldu společnost chce vybudovat obdobnou geotermální elektrárnu využívající princip HDR s 5 km vrtů. Umístěna má být v areálu zkrachovalé textilky v blízkosti centra města. Společnost se však potýká s problémy v územním řízení. O vydání územního rozhodnutí usiluje již od prosince 2014. Místní stavební úřad vydal dvakrát zamítavé stanovisko a v obou případech firma uspěla s odvoláním u krajského úřadu. V říjnu 2017, napotřetí, bylo ze strany stavebního úřadu záměru vyhověno, nicméně došlo k odvolání podaným odpůrci stavby. Výkonný ředitel společnosti ENTERGEO, SE Zbyněk Šonka dlouhodobě schopnosti místních právních orgánů kritizuje s argumenty, že po čtyřech letech

---

<sup>179</sup> ČTK. V Litoměřicích vzniká unikátní výzkumné centrum geotermální energie. *OEnergetice* [online]. 2018 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/v-litomericich-vznika-unikatni-vyzkumne-centrum-geotermalni-energie/>

<sup>180</sup> DOSTÁL, pozn. 156

<sup>181</sup> ČTK. První česká geotermální elektrárna u Semil nebude: Lidé se báli otřesů při vrtání. *Hospodářské noviny* [online]. ČR: Economia, 1990, 3. 5. 2013 [cit. 2018-12-10]. ISSN 0862-9587. Dostupné z: <https://byznys.ihned.cz/c1-59809650-prvni-ceska-geotermalni-elektrarna-u-semil-nebude-lide-se-bali-otresu-pri-vrtani>

jednání nebyly schopny vydat platná rozhodnutí a svým jednáním překračují své pravomoci.<sup>182</sup>

V září 2018 vyval stavební úřad společnost ENTERGEO, SE k doplnění podkladů pro vydání územního rozhodnutí o umístění stavby a dále usnesením přerušil územní řízení do doby odstranění nedostatků. Společnost se ve stejném měsíci proti tomuto usnesení odvolala ke Krajskému úřadu Libereckého kraje.<sup>183</sup>

#### 4.3.4 Využití geotermální energie v Děčíně

Projekt využití geotermální energie v Děčíně představuje v současnosti největší uskutečněný projekt svého typu na našem území. Využívá tepla geotermální vody z hlubinného vrtu pomocí tepelných čerpadel, která dodávají teplo pro SZT zásobující pravobřežní část města. Hlubinný vrt byl zhotoven již v roce 1997 a stavba nového zdroje byla zahájena v říjnu 2000. Zdroj byl uveden do provozu v září roku 2002.<sup>184</sup>

Z vrtu hlubokého 545 m se odebírá geotermální vodu o teplotě 30 °C vystupující přirozeným tlakem, při plném výkonu se jedná až o 54 l.s<sup>-1</sup>. Následně se získaná voda ochlazuje v primárním okruhu dvou sériově řazených TČ s výkonem 2 x 3,28 MW<sub>t</sub>. Geotermální voda je jimi ochlazená na 10 °C, svůj tepelný potenciál předává čpavku, který slouží jako teplonosná látka meziokruhu TČ. Výstupní otopná voda je ohřívána z 55 až na 72 °C. Elektrický příkon TČ je 0,96 MW<sub>e</sub>, což představuje topný faktor 3,4. V případě potřeb vyššího tepelného výkonu se využívají plynové kotle s výkonem 2 x 16,5 MW<sub>t</sub>, které dokáží otopnou vodu dohřát až na 110 °C. Tyto kotle zároveň slouží jako záloha pro případ přerušení provozu geotermálního zdroje. Vychlazená geotermální voda po chemické úpravě splňuje požadavky na pitnou vodu a je ukládána v nádrži o objemu 500 m<sup>3</sup>, ze které je čerpána do městského vodovodu. Elektrické energie potřebná pro vlastní spotřebu teplárny a pohon oběhových čerpadel SZT se vyrábí ve dvou kogeneračních plynových motorech s parametry 0,8 MW<sub>e</sub> / 1,01 MW<sub>t</sub> a 1,94 MW<sub>e</sub> / 2,09 MW<sub>t</sub>. Ve špičkovém zatížení elektrické sítě dochází i k prodeji přebytečné elektrické energie. Kogenerační motory navíc dohřívají

---

<sup>182</sup> ČTK. Vznik geotermální elektrárny v Tanvaldu znovu zváží stavební úřad. *Info.cz: Energetika* [online]. 2001, 23. července 2018 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://www.info.cz/energetika/vznik-geotermalni-elektrarny-v-tanvaldu-znovu-zvazi-stavebni-urad-34502.html>

<sup>183</sup> Odvolání proti usnesení o přerušení územního řízení. In: *Oficiální stránky města Tanvald: Geotermální elektrárna* [online]. Tanvald, 25.09.2018 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://www.tanvald.cz/aktuality/geotermalnielektrarna/>

<sup>184</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 144, s. 193

MVV ENERGIE CZ. *Geotermální zdroj v Děčíně* [online]. In: Praha [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <http://www.mvv.cz/geotermalni-zdroj-v-decine.html>

část otopné vody na 90 °C. Tepelná čerpadla s kogeneračními jednotkami zajišťují dodávku tepla v letních měsících a na začátku i konci topné sezony. K vyrovnávání výkyvů odběru tepla slouží akumulární nádrž o objemu 800 m<sup>3</sup>. V zimních měsících pomáhají s dodávkou plynové kotle. Z celoroční spotřeby města dodají tepelná čerpadla zhruba jednu třetinu tepelné energie. Teplárna je navíc vybavena řídicím systémem, který zajišťuje plně automatizovaný provoz bez potřeby obsluhy.<sup>185</sup>

Celý projekt zahrnoval vybudování nového kogeneračního zdroje včetně hlubinného vrtu, distribuční soustavy a připojení k rozvodu pitné vody. Celkové investiční náklady projektu činily 531 milionů Kč. Nový zdroj využívající kombinaci geotermální energie a energie získané spalováním zemního plynu umožnil nahrazení původní hnědouhelné výtopny a několika uhelných kotelen. Kombinace s využitím geotermální energie znamená oproti vytápění čistě pomocí zemního plynu úsporu až 10 000 tun emisí CO<sub>2</sub> ročně, navíc se každý rok získá pitná voda v množství 1,1 milionu m<sup>3</sup>. Teplárna mimo dodávky tepla profituje i z prodeje vody a přebytečné elektrické energie. V roce 2012 se teplárna na základě ankety organizované Teplárenským sdružením ČR stala v kategorii hlasování novinářů projektem desetiletí, v kategorii energetických odborníků se umístila na druhé příčce.<sup>186</sup>

#### 4.3.5 Využití tepelných čerpadel na VŠB – TU Ostrava

Řešení realizované za účelem vytápění objektu auly a Centra informačních technologií Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava představuje zřejmě největší projekt využívající tepelná čerpadla typu země-voda s hlubinnými vrty. Čtyřpodlažní podsklepená budova auly zabírá plochu 3 917 m<sup>2</sup> a od konce roku 2006 využívá nový zdroj pro snížení nákladů za vytápění a chlazení budovy. Tepelná čerpadla, dodaná firmou IVT, s.r.o Praha, zajišťují ústřední vytápění a dodávku tepla pro vzduchotechniku, zatímco samotné zemní vrty představují zdroj chladu v letním období.<sup>187</sup>

Vyhlobeno bylo celkem 110 vrtů o průměrné hloubce 140 m. Vrty jsou rozmístěny v 5 sekcích po 22 vrtech, které se nacházejí především v prostorách parkoviště, celková zabraná

---

<sup>185</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 144, s. 193

MVV ENERGIE CZ, pozn. 184

<sup>186</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 144, s. 193

KUTLU, Pavla. *Geotermální zdroj v Děčíně je Projektem desetiletí* [online]. MVV ENERGIE CZ. Praha, 2012 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <http://www.mvv.cz/clanky-geotermalni-zdroj-v-decine-je-projektem-desetileti.html>

<sup>187</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 144, s. 191-192

VRTEK, Mojmir. *Tepelná čerpadla na VŠB – TU Ostrava. Vytápění větrání instalace: Zpravodaj Společnosti pro techniku prostředí*. 2011, 2011(3), 3. s. 118-120. ISSN 1210-1389. Dostupné také z: [www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2011-03\\_s118.pdf](http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2011-03_s118.pdf)

plocha je zhruba 8 000 m<sup>2</sup>. Dva vrtý jsou využívány pro potřeby měření, ostatní obsahují vždy dvě smyčky potrubí (DN 32) z polyetylénu. Celková délka potrubí je zhruba 70 000 m. Teplonosnou látkou je nemrznoucí směs na bázi vody a etylalkoholu. Samotný zdroj je tvořen deseti TČ zapojenými do kaskády s celkovým topným výkonem 700 kW, dodatkový zdroj tvoří pět elektrokotlů s výkonem 590 kW. Rezervou je výměňková stanice SZT. Systém dále využívá akumulční zásobníky otopné vody (2 x 4 000 l) a akumulční zásobníky teplé vody (2 x 2 000 l). Otopná soustava se skládá z podlahových těles (teplotní spád 55/45 °C) a vzduchotechniky (80/60 °C). V letním období je tepelná energie z objektu odváděna do zemních vrtů, využívá se chlazení objektu pomocí horninového masivu. V roce 2009 TČ dodala zhruba 1 636 GJ tepelné energie, 87 % do ústředního vytápění a zbytek pro potřeby vzduchotechniky, topný faktor byl okolo hodnoty 2,66.<sup>188</sup>

Realizace projektu probíhala mezi lety 2004 a 2006. Vrtné práce trvaly 90 dní a jen řádné naplnění primárního okruhu 18 000 l teplonosné látky s řádným odvzdušněním zabralo 21 dní. Kvůli velkému počtu zemních vrtů byl v rámci projektu proveden u nás vůbec první test tepelné odezvy hornin (TRT – Thermal Response Test), který testoval fyzikální přenosové vlastnosti hornin pro účely vyhodnocení míry možného vzájemného ovlivnění vrtů a stanovení jejich optimální hloubky. Test TRT byl proveden pracovníky švédské Lundské univerzity. V rámci projektu byl rovněž vybudován zkušební polygon pro monitorování teplot v hloubkách 20, 50, 100 a 140 m. Škola nyní celý systém využívá i pro odbornou praktickou výuku. Celkové investiční náklady projektu činily zhruba 66 milionů Kč. Až 80 % nákladů se podařilo zajistit pomocí dotací, téměř 44,7 milionů Kč poskytl Evropský fond pro regionální rozvoj a přibližně 6,4 milionu Kč přispěl SFŽP ČR.<sup>189</sup>

#### **4.3.6 Využití tepelných čerpadel v areálu Zoo Praha**

Pražská zoologická zahrada využívá od roku 2001 k vytápění čtyř pavilonů teplená čerpadla. Původně se uvažovalo o vytápění pomocí elektrokotlů. Celková koncepce využití TČ byla vypracována již v roce 1996 a realizace probíhala mezi lety od roku 1997 do roku 2001. Pavilony šelem, velkých želv, ptáků a dům goril od té doby využívají k vytápění podzemní vodu o teplotě 8 až 10 °C. Nízkoteplotní potenciál podzemní vody je čtyřmi tepelnými čerpadly s celkovým topným výkonem 187,4 kW využito k ohřevu topné vody na 50 °C. Roční spotřeba energie těchto čtyř pavilonů činí zhruba 2 765 GJ, přičemž TČ

---

<sup>188</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 144, s. 191-192  
VRTEK, pozn. 187, s. 118-120

<sup>189</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 144, s. 191-192  
VRTEK, pozn. 187, s. 118-120

zajišťují úsporu energie v hodnotě téměř 1 900 GJ oproti původnímu systému vytápění, což vede ke statisíčovým ročním úsporám provozních nákladů. Po povodních v roce 2002 prošly pavilony rekonstrukcí. Tepelná čerpadla zajišťují přívětivé podmínky mnoha exotickým živočichům, kteří jsou citliví na tepelné podmínky.<sup>190</sup>

Tepelných čerpadel využívá i další zoologická zahrada, v Ústí nad Labem. Využití TČ v ústecké zoo je popsáno v samostatné kapitole.

## 4.4 Legislativa a podpora ve vztahu ke geotermální energii

Legislativa týkající se geotermální energie je velice rozsáhlá a není možné ji plně popsat v rámci části této práce a možná ani ne v rámci celé závěrečné práce zaměřené čistě na legislativu. V první části této kapitoly jsou proto uvedeny základní informace k problematice realizace záměru na využití geotermální energie, dále jsem uvedl seznam nejdůležitějších legislativních dokumentů vztahujících se k této problematice. Ve druhé a třetí části této kapitoly jsem se zaměřil na formy podpory využití geotermální energie.

### 4.4.1 Základní legislativa týkající se využití geotermální energie

Množství relevantní legislativy k problematice geotermální energie je dáno způsobem využití této energie. Největší legislativní rámec se pochopitelně vztahuje k záměru na vybudování a provozování velkých výroben tepelné nebo elektrické energie, které na našem území vyžadují čerpání geotermálních vod vrty o hloubkách stovek metrů, či vrty pro využití suchého zemského tepla s hloubkou pohybující se v řádech jednotek kilometrů.

Dle výtahu z práce Petra Šponara (Praha 2005, Geotermální vrty, Uhlí Rudy, Geologický průzkum) uvedeném v článku Myslíla et. al.<sup>191</sup> se vzhledem k legislativě rozlišují čtyři základní případy využití geotermální energie:

- a) Geotermální energie vázaná na podzemní termální vodu, ze zdroje osvědčeného jako přírodní léčivý zdroj dle lázeňského zákona č. 164/2001 Sb. V takovém případě se realizace vrtů a využití těchto zdrojů nezahrnuje pod faktické využití geotermální energie a spadá pod lázeňskou činnost. Pro využití takového zdroje je potřeba získat povolení Ministerstva zdravotnictví.

---

<sup>190</sup> Čtyři instalovaná tepelná čerpadla v pražské ZOO. In: *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2018-12-10]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/1499-ctyri-instalovana-tepelna-čerpadla-v-prazske-zoo>  
ŠPIČKOVÁ, Iveta, Jana ŠTURCOVÁ a Martina ŠUDŘICHOVÁ. *Využití geotermální energie*. Praha, 2010. s. 17. Dostupné také z: [https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti\\_geotermalni\\_energie.pdf](https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti_geotermalni_energie.pdf)  
Pavilon velkých želv. *Zoopraha.cz* [online]. Praha [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://www.zoopraha.cz/zvirata-a-expozice/kam-v-zoo/pavilony/5813-pavilon-velkych-zelv>

<sup>191</sup> MYSLIL et al., pozn. 151, s. 28



- b) Geotermální energie vázaná na podzemní vody, které nejsou přírodními léčivými zdroji a vrty pro využití její energie jsou vodním dílem dle § 55 zákona č. 254/2001 Sb. (vodní zákon). Povolování využití spadá pod vodní zákon a legislativní proces spojený s povolením využití by měl být stejný, jako při zřizování studny.
- c) Geotermální energie vázaná na suché zemské teplo (teplo hornin), která není vázaná na zdroj podzemní vody, a je využívána technologickým médiem pomocí TČ. V takovém případě využití takového zdroje energie nespadá pod zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon. Pokud se zdroj využívá neprůmyslovým způsobem, jsou vrty a potřebná zařízení brána jako součást hlavní stavby nebo stavby vedlejší. Realizace takového zdroje je podmíněna stavebním řízením příslušného stavebního úřadu.
- d) Geotermální energie vázaná na suché zemské teplo (teplo hornin), která není vázána na zdroj podzemní vody, a využívá se průmyslovým způsobem, geotermální vrty těchto zdrojů této kategorie jsou tzv. zvláštním zásahem do zemské kůry (ZZZK) dle zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). Realizace takového zdroje spadá stěžejně pod zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti.

Základním předpokladem pro využití geotermální energie je určení vhodného místa geotermálního vrtu, pro jeho lokalizaci je třeba získat územní rozhodnutí vydané příslušným stavebním úřadem podle příslušných ustanovení zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Dále je nutné zajistit si souhlas vodoprávního úřadu dle § 17 vodního zákona č. 254/2001 Sb., který stanovuje, že k vrtům využívajícího energetického potenciálu podzemních vod, z nichž se neodebírá nebo nečerpá podzemní voda, musí být žadateli vydán souhlas. Souhlas vodoprávního úřadu je vhodně si zajistit i v případě záměru na využití pouze zemského suchého tepla. K samotnému povolení vodního díla, do kterého dle bodu c) zahrnujeme i TČ využívající podzemní vody, je potřeba vydání stavebního povolení k vodním dílům dle § 15 vodního zákona č. 254/2001 Sb. Tento zákon v § 18 uděluje právo na získání vyjádření vodoprávního úřadu k záměru umístění (změny, odstranění) stavby nebo provádění jiných činností, které mohou ovlivnit mimo jiné vodní poměry a energetický potenciál povrchových a podpovrchových vod.<sup>192</sup>

---

<sup>192</sup> ČR. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, částka 98. ISSN 1211-1244.  
ČR. Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 63. ISSN 1211-1244.

Podrobné informace vztažené k dokumentaci související se záměrem využití tepelných čerpadel jsou k nalezení ve vyhláškách stavebního zákona, především ve vyhlášce č. 499/2006 Sb. (vyhláška o dokumentaci staveb) a vyhlášce č. 503/2006 Sb. (vyhláška o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření). Další důležitou vyhláškou je vyhláška č. 590/2002 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla. Důležitým faktem je, že podle § 11 písm. b) vyhlášky č. 368/2004 Sb. o geologické dokumentaci se při vrtání vrtů pro realizaci staveb a jejich příslušenství týkající se TČ nepořizuje geologická dokumentace, jejíž obsah a náležitosti jsou stanoveny touto vyhláškou. Je však nutné dokumentovat nepředpokládané přítoky vody nebo neočekávané vývoje fyzikálních vlastností horninového prostředí, které by mohly mít vliv na bezpečnost práce nebo následné využití vrtu.<sup>193</sup>

Nejvíce složitá legislativní situace panuje ohledně průmyslového využití suchého zemského tepla, které se mimo stavební a vodní zákon váže především na horní zákon (zákon č. 44/1988 Sb.) a zákon o hornické činnosti (zákon č. 61/1988 Sb.) a jejich vyhlášky. Vynikající přehled o legislativě a legislativou stanovenými požadavky na problematiku spojenou s vrty ZZZK a zařízeními pro průmyslové využívání geotermální energie poskytuje příloha k závěrečné zprávě projektu „Metodika stanovení podmínek ochrany při využívání tepelné energie zemské kůry“ Technologické agentury ČR<sup>194</sup>, ze které jsem převážně čerpal informace k této legislativní oblasti. V přípravné fázi potenciálních HDR projektů je nutné vycházet též ze zákona č. 62/1988 Sb., České národní rady o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu (geologický zákon). Stanovení území pro geologický průzkum spadá pod MŽP a geologickým zákonem jsou určeny značné požadavky na projektování a provádění geologického průzkumu, například vyhláškou č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek. Pouze povolení samotného ZZZK se skládá ze souhlasu vodoprávního řádu a povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami dle vodního zákona, dále zjišťovacího řízení o posuzování vlivu na životní prostředí (proces EIA – Environmental Impact Assessment) vydávaného MŽP a

---

<sup>193</sup> ČR. Vyhláška č. 368/2004 Sb., o geologické dokumentaci. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2004, částka 120. ISSN 1211-1244.

<sup>194</sup> BURDA, Jiří, Jan HOLEČEK, Pavel BÍLÝ, Petr NOVÁK a Hana SEMÍKOVÁ. TECHNOLOGICKÁ AGENTURA ČR. *Metodika stanovení podmínek ochrany při využívání tepelné energie zemské kůry: Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2015*. 1. 2015. Dostupné také z: [www.geology.cz/extranet/vav/vyznamne-vysledky-vyzkumu/metodiky/metodika-holecek-2015.pdf](http://www.geology.cz/extranet/vav/vyznamne-vysledky-vyzkumu/metodiky/metodika-holecek-2015.pdf)

povolením hornické činnosti Státní báňskou správou (SBS) na základě zákona o hornické činnosti. SBS též dozoruje celou vlastní realizaci vrtů a organizace vykonávající záměr na vybudování vrtů musí mít oprávnění k hornické činnosti. Provozní náležitosti podléhají především již zmíněnému geologickému zákonu a zákonu o hornické činnosti. Provozní dokumentaci pro ZZZK dozoruje právě SBS.

Seznam vybraných zákonů vztahujících se k problematice využití geotermální energie účinných k 10. 12. 2018:

- Zákon č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon)
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)
- Zákon č. 61/1988 Sb., zákon České národní rady o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě
- Zákon č. 62/1988 Sb., zákon České národní rady o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu
- Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů
- Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)
- Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

Seznam vybraných vyhlášek vztahujících se k problematice využití geotermální energie účinných k 10. 12. 2018:

- Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla
- Vyhláška č. 78/1988 Sb., vyhláška Českého báňského úřadu o chráněných ložiskových územích a dobývacích prostorech
- Vyhláška č. 172/1992 Sb., vyhláška Českého báňského úřadu o dobývacích prostorech
- Vyhláška č. 104/1988 Sb., vyhláška Českého báňského úřadu o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem

- Vyhláška č. 15/1995 Sb., vyhláška Českého báňského úřadu o oprávnění k hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, jakož i k projektování objektů a zařízení, které jsou součástí těchto činností
- Vyhláška č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek
- Vyhláška č. 368/2004 Sb. o geologické dokumentaci
- Vyhláška č. 282/2001 Sb., vyhláška MŽP o evidenci geologických prací
- Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
- Vyhláška č. 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření
- Vyhláška č. 296/2015 Sb., o technicko-ekonomických parametrech pro stanovení výkupních cen pro výrobu elektřiny a zelených bonusů na teplo a o stanovení doby životnosti výroben elektřiny a výroben tepla z obnovitelných zdrojů energie (vyhláška o technicko-ekonomických parametrech)
- Vyhláška č. 408/2015 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou
- Vyhláška č. 9/2016 Sb., o postupech registrace podpor u operátora trhu a provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie (registrační vyhláška)
- Vyhláška č. 16/2016 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě
- Vyhláška č. 145/2016 Sb., o vykazování elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů a k provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie (vyhláška o vykazování energie z podporovaných zdrojů)
- Vyhláška č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů
- Vyhláška č. 37/2016 Sb., o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů
- Vyhláška č. 441/2012 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů
- Vyhláška č. 82/2011 Sb., o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny

#### 4.4.2 Podpora využití geotermální energie ze strany České republiky

Základem systematické podpory OZE v ČR je zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, který zapracovává a implementuje směrnici Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně dříve platných směrnic.

Podle § 2 odst. 1 písm. a) zákona č. 165/2012 Sb. se zdroje využívající geotermální energii zahrnují k OZE, navíc se na ně dle § 4 odst. 4 nestanovují požadavky na minimální účinnost užití. Forma podpory se uskutečňuje formou zelených bonusů nebo výkupních cen. Právo na podporu formou výkupních cen mají však pouze OZE využívající energii vody ve výrobnách o instalovaném výkonu do 10 MW a ostatní OZE ve výrobnách s instalovaným výkonem do 100 kW. Mimo podpory výroby elektrické energie z OZE, zákon definuje i podporu výroby tepelné energie z OZE formou tzv. provozní a investiční podpory. Provozní podpora se dle § 24 odst. 3 tohoto zákona vztahuje i na tepelnou energii dodanou do rozvodného tepelného zařízení SZT ze zařízení využívající geotermální energie s tepelným výkonem vyšším než 200 kW a splňující minimální účinnost užití energie stanovenou prováděcím právním předpisem. Rozsah a výši provozní podpory tepla stanoví Energetický regulační úřad (ERÚ) podle tohoto zákona v cenovém rozhodnutí. Investiční podpora tepla se dle § 25 zákona vztahuje na výstavbu výroben tepla z OZE stanovených tímto zákonem a též na výroby tepla složené z tepelných čerpadel, jestliže splňují ekologická kritéria daná rozhodnutím Evropské komise 2007/742/ES. Provozní podpora je realizována formou zeleného bonusu na teplo dle § 26 tohoto zákona. Investiční podpora se uskutečňuje pomocí programů podpory ze státních nebo evropských finančních prostředků nebo finančních prostředků pocházejících z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů.<sup>195</sup>

Dle Cenového rozhodnutí ERÚ č. 3/2018 ze dne 25. 9. 2018 uveřejněného v Energetickém regulačním věstníku, je stanovena podpora výroby elektřiny využitím geotermální energie pro výroby s datem uvedením do provozu od 1. 1. 2018 do 31. 12. 2018 výkupními cenami ve výši 3 356 Kč.MWh<sup>-1</sup> a zeleným bonusem ve výši 2 226 Kč.MWh<sup>-1</sup>. Pro výroby uvedené do provozu od 1. 1. 2019 do 31. 12. 2019 se jedná o výkupní ceny ve výši 3 290 Kč.MWh<sup>-1</sup> a zelené bonusy ve výši 2 160 Kč.MWh<sup>-1</sup>. Jedná se o poměrně vysoké částky, výroby elektřiny z geotermální energie mají stanovenou vyšší podporu než nové malé vodní elektrárny nebo větrné elektrárny. Podpora geotermální

---

<sup>195</sup> ČR. Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 59. ISSN 1211-1244.

energie je též dána při KVET pro výroby uvedené do provoz do 31. 12. 2015 s instalovaným výkonem do 5 MW<sub>e</sub> zeleným bonusem ve výši 45 Kč.MWh<sup>-1</sup>. Elektřina vyrobená při KVET z geotermálních zdrojů uvedených do provozu do 31. 12. 2019, jež je již podpořena formou výše uvedených výkupních cen a ročních zelených bonusů, nemá nárok na podporu elektřiny z KVET. Zelené bonusy na teplo jsou tímto cenovým rozhodnutím ERÚ stanoveny pouze pro výroby tepla z bioplynu.<sup>196</sup>

#### 4.4.2.1 Státní program na podporu úspor energie

Jedná se o program vyhlášený MPO, který má podporovat naplnění cílů stanovených Statní energetickou koncepcí a dosahování aktuálních cílů stanovených evropskou směrnicí č. 2012/27/EU o energetické účinnosti. Mimo energeticky úsporná opatření program zahrnuje i podporu energetického poradenství a zavádění energetického managementu nebo vzdělávací projekty orientované na úspory energie. Známější je pod svou zkratkou EFEKT a v současnosti běží již jeho několikáté kolo tzv. „Program EFEKT 2017 – 2021“. Program je určen pro žadatele specifikované v jednotlivých podprogramech programu EFEKT. K rozvoji využití geotermální energie může program EFEKT pomoci hlavně z hlediska nepřímého využití, typicky po přípravy realizace energeticky úsporných projektů na bázi tepelných čerpadel. Maximální dotace se pohybuje v řádech desetitisíců i statisíců Kč. Rozpočet programu pro období 2017 – 2021 je až 750 milionů Kč.<sup>197</sup>

#### 4.4.2.2 Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost

Program vyhlášený MPO známý pod zkratkou OP PIK je zřejmě nejvýznamnějším programem podpory tuzemských podnikatelů v období 2014 – 2020. Program je určen pro projekty realizované mimo území hl. města Prahy a je financován z Evropského fondu pro regionální rozvoj. Program cílí na podporu rozvoje a konkurenceschopnosti podnikatelských subjektů, dále na podporu aktivit vedoucí ke snižování energetické náročnosti a zvýšení podílu OZE i celkovému rozvoji energetického sektoru. Mimo podnikatelské subjekty mohou podporu využít i například výzkumné organizace, neziskové organizace či subjekty státní správy. Geotermální energii je podpora určitou měrou poskytnuta v prioritní ose „PO

---

<sup>196</sup> ERÚ. *Energetický regulační věstník*. Jihlava 26. 9. 2018: Energetický regulační úřad, 2018. Částka 6/2018. Dostupné také z: [http://www.eru.cz/documents/10540/4697359/ERV\\_6\\_2018.pdf/b19eac97-d73e-472d-8105-d4e119a69cb8](http://www.eru.cz/documents/10540/4697359/ERV_6_2018.pdf/b19eac97-d73e-472d-8105-d4e119a69cb8)

<sup>197</sup> MPO. EFEKT 2017 - 2021. In: *Informační portál MPO o podpoře energetických úspor a využití OZE* [online]. MPO, 2008 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/programy-podpory/54039>  
MPO. *Státní program na podporu úspor energie na období 2017 – 2021*. 2. Praha: MPO, 2016. Dostupné také z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/dotace-na-uspory-energie/program-efekt/2016/12/program\\_efekt\\_2017-2021\\_16\\_12\\_2016.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/dotace-na-uspory-energie/program-efekt/2016/12/program_efekt_2017-2021_16_12_2016.pdf)

3 – Účinné nakládání energií, rozvoj energetické infrastruktury a obnovitelných zdrojů energie, podpora zavádění nových, technologií v oblasti nakládání energií a druhotných surovin“.<sup>198</sup>

Jistou podporu geotermální energii představuje výzva IV pro úspory energie, v rámci které je podporována instalace OZE pro vlastní spotřebu podniku. Mimo zdroje využívající biomasu či sluneční energii mohou být pro přiznání podpory využita i tepelná čerpadla. Dotační podpora v této výzvě činí minimálně 300 tis. Kč a maximálně 400 milionů Kč. Mimo podpory hlavní části projektu je též možno získat podporu na energetický posudek, projektovou dokumentaci a na zpracování výborového řízení.<sup>199</sup>

V současné době existuje i otevřená výzva IV pro OZE, která však podporuje pouze malé vodní elektrárny a zdroje využívající biomasu a bioplyn. Geotermální energie a ostatní OZE nejsou touto výzvou podporovány.<sup>200</sup>

#### 4.4.2.3 Integrovaný regionální operační program

Program IROP je dalším operačním programem využívající prostředky z fondů EU. Program je vyhlášený Ministerstvem pro místní rozvoj a zaměřuje se na podporu projektů z celé škály oblastí zahrnující mimo jiné dopravu, zdravotnictví, kulturu, vzdělávání či eGovernment. V současné době jistým způsobem podporuje využití geotermální energie v rámci bytových domů prioritní osou „PO 2: Zkvalitnění veřejných služeb a podmínek života pro obyvatele regionů“. Konkrétně se jedná o výzvu č. 78 „Energetické úspory v bytových domech III“, o kterou mohou žádat vlastníci bytových domů, společenství vlastníků bytových jednotek a bytová družstva. Podpora se vztahuje na celé území ČR mimo hl. m. Prahu. V rámci 78. výzvy jsou podporovány mimo jiné výměny zdrojů tepla pro účely vytápění a přípravu teplé vody. Specifikem podporovaných projektů je, že jejich realizace nesmí být ukončena před podáním žádosti o podporu, což je v kontrastu například s programem Nová zelená úsporám.<sup>201</sup>

---

<sup>198</sup> CZECHINVEST. Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost. In: *Agentura pro podporu podnikání a investic* [online]. Praha: CzechInvest, 1994 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.czechinvest.org/cz/Sluzby-pro-male-a-stredni-podnikatele/Chcete-dotace/OP-PIK>

<sup>199</sup> Úspory energie – Výzva IV. In: *Agentura pro podporu podnikání a investic* [online]. Praha: CzechInvest, 1994 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.agentura-api.org/programy-podpory/uspory-energie/uspory-energie-vyzva-iv/>

<sup>200</sup> Obnovitelné zdroje energie – Výzva IV. In: *Agentura pro podporu podnikání a investic* [online]. Praha: CzechInvest, 1994 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.agentura-api.org/programy-podpory/obnovitelne-zdroje-energie/obnovitelne-zdroje-energie-vyzva-iv/>

<sup>201</sup> CRR. Integrovaný regionální operační program. In: *Centrum pro regionální rozvoj České republiky* [online]. Praha: CRR, 2011 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.crr.cz/cs/irop/>  
*Energetické úspory v bytových domech III: 78. výzva k předkládání žádostí o podporu z IROP*. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj České republiky. Dostupné také z: <https://irop.mmr.cz/getmedia/01408427-6624-41a1-9cc9-f6aacefbaebb/Text-78-vyzvy-IROP-v1.1.pdf.aspx?ext=.pdf>

#### 4.4.2.4 Operační program Životní prostředí

Operační program životního prostředí (OPŽP) je vyhlášen Ministerstvem životního prostředí a zprostředkován zejména Státním fondem životního prostředí ČR. Jedná se o komplexní program využívající prostředky evropských fondů pro ochranu a zlepšování životního prostředí v ČR. Geotermální energii jistým způsobem podporuje v rámci své 5. prioritní osy zabývající se energetickými úsporami. Prioritní osa 5 má dva specifické cíle, jednak se zaměřuje na dosažení vysokého energetického standardu nových veřejných budov a dále na snížení energetické náročnosti veřejných budov a zvýšení využití OZE. Dotační podpora z OPŽP může být získána pro výměnu zdroje tepla využívajícího spalování fosilních paliv nebo elektrickou energii pro vytápění, chlazení nebo přípravu teplé vody s výkonem nižším než 5 MW. Podporovanými zdroji jsou mimo tepelná čerpadla zařízení využívající biomasu, kondenzační kotle na zemní plyn nebo zařízení pro KVVET nebo chladu využívající OZE či zemní plyn. Příjemci podpory mohou být například kraje, obce, výzkumné a veřejnoprávní instituce, státní organizace či městské části hl. m. Prahy. Podpora se nevztahuje na majitele rodinných a bytových domů. V současné době se plánuje spuštění 121. výzvy v rámci specifického cíle snížení energetické náročnosti veřejných budov a zvýšení využití OZE, žádosti o podporu bude možné podávat od března 2019 a k dispozici budou finanční prostředky ve výši 4 miliard Kč.<sup>202</sup>

#### 4.4.2.5 Kotlíková dotace

Dotační program známý jako kotlíková dotace je vyhlášen MŽP v rámci OPŽP pro programové období 2014 – 2020. O finanční prostředky na výměny starých kotlů na pevná paliva s ručním přikládáním (nedosahujících parametrů 3. třídy dle ČSN EN 303-5:2013) mohou požádat majitelé RD. V současné době jsou již ukončeny první dvě výzvy k podání žádostí, nicméně očekává se zveřejnění další výzvy, která umožní výměnu až 35 tisíc kotlů do konce roku 2019. Dotace na výměnu kotle v předchozích výzvách dosahovala výše až 127,5 tisíce korun. Podporovanými zdroji jsou plynový kondenzační kotel, kotel na biomasu či automatický kombinovaný kotel a tepelné čerpadlo. Peníze mohli žadatelé použít též i na vybudování či rekonstrukci otopné soustavy, úpravy spalinových cest nebo zpracování

---

<sup>202</sup> SFŽP ČR. *Operační program Životní prostředí* [online]. In: *Sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/operacni-program-zivotni-prostredi/>  
SFŽP ČR. Snížit energetickou náročnost veřejných budov a zvýšit využití obnovitelných zdrojů energie. In: *Opzp.cz* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2015 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/podporovane-oblasti/5-1-snizit-energetickou-narocnost-verejnych-budov-a-zvysit-vyuziti-obnovitelnych-zdroju-energie?id=33>  
SFŽP ČR. OPŽP: Prioritní osa 5: Energetické úspory: 121. výzva. In: *Opzp.cz* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2015 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/vyzvy/121-vyzva>



potřebné dokumentace. Z TČ jsou podporovány typy země – voda, voda – voda i vzduch – voda s plynovým i elektrickým pohonem. Přidělování finanční podpory mají na starosti krajské úřady, které mohou i upravovat či rozšiřovat základní pravidla. Program se zaměřuje na snížení zátěže ŽP z lokálních topenišť a žadatelé z oblastí s nejvíce znečištěným ovzduším mohli získat i zvláštní finanční bonus ve výši 7,5 tisíce Kč. Podporu kotlíkovou dotací je navíc možné zkombinovat s programem Nová zelená úsporám. Celkové dosud vyhrazené prostředky činí více než 6,4 miliardy Kč.<sup>203</sup>

#### 4.4.2.6 Nová zelená úsporám

Státní program Nová zelená úsporám (NZÚ) se zaměřuje na podporu energetických úspor a rozšiřování OZE v rodinných a bytových domech. Program je vyhlášen MŽP a zprostředkován SFŽP ČR, financování je zajištěno z výnosů prodeje emisních povolenek. Hlavním cílem NZÚ je snížení zátěže na ŽP včetně snížení emisí skleníkových plynů. NZÚ také cílí na sociální přínosy ohleduplného rozvoje měst a obcí. Finanční podpora může být přiznána na renovace a nové stavby, využití solárních systémů nebo tepla z odpadní vody, rekuperaci tepla, tvorbu zelených střech či výměnu starých teplených zdrojů za kotle na biomasu nebo TČ. O podporu mohou žádat právnické i fyzické osoby, které vlastní nebo staví rodinné či bytové domy. Žádosti o podporu je možné podat do konce roku 2021, nebo do vyčerpání vyhrazených prostředků. V současnosti běží již třetí časově omezená výzva pro podání žádostí pro RD. V aktivním stavu jsou dále výzvy pro rekonstrukce bytových domů v Praze a výstavbu bytových domů v ČR.<sup>204</sup>

Právě efektivní využití zdrojů energie svým způsobem podporuje využití geotermální energie pomocí TČ pro RD. Konkrétně se jedná o oblast podpory „C – Efektivní využití zdrojů energie“, pro kterou je stanovena podpora výměny kotlů na pevná paliva (nedosahujících parametrů 3. třídy dle ČSN EN 303-5:2013), výměny lokálních topidel nebo systému elektrického vytápění za TČ. Podpora u čistě elektrického vytápění je možná pouze využitím tepelným čerpadlem s elektrickým pohonem. Výběr TČ s elektrickým či plynovým pohonem je omezen ekodesignem stanovenými parametry dle nařízení a směrnic

---

<sup>203</sup> SFŽP ČR. *Kotlíkové dotace* [online]. In: *Sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12].

Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/>

SFŽP ČR. *Kotlíkové dotace – 1. výzva* [online]. In: *Sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/kotlikove-dotace-1-vyzva/>

SFŽP ČR. *Kotlíkové dotace – 2. výzva* [online]. In: *Sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/kotlikove-dotace-2-vyzva/>

<sup>204</sup> SFŽP ČR. *O programu NZÚ* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018

[cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/o-programu/>

SFŽP ČR. *Přehled výzev NZÚ* [online]. In: *Zadosti-nzu.sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit.

2018-12-12]. Dostupné z: <https://zadosti-nzu.sfzp.cz/>

EU. Podporovány jsou TČ typu voda-voda, země-voda i vzduch-voda. Možné je jejich využití jak pro dodávku tepla pro vytápění i případně pro přípravu teplé vody. Mimo tepelných čerpadel jsou podporovány i kotle a krbová kamna na biomasu, plynové kondenzační kotle a napojení na tzv. účinnou soustavu zásobování tepelnou energií, kterou se rozumí SZT s podílem OZE vyšším než 50 % nebo využitím odpadní tepla či KVET. Výše dotací na výměnu zdroje tepla u RD se pohybuje v rozmezí 25 až 100 tisíc Kč. Výše podpory pro nový zdroj je přitom nejvyšší pro kotle na biomasu se samočinnou dodávkou paliva a právě pro TČ typu voda-voda, země-voda. Pro tyto tři typy zdroje výše podpory pro dům bez zateplení činí 80 tisíc Kč, v kombinaci se zateplením 100 tisíc Kč. Celkem NZÚ umožňuje RD získat nejvýše 350 tisíc Kč na nové zdroje energie. Podporováno je i zpracování odborného posudku a měření průvzdušnosti obálky budovy částkou 5 tisíc Kč.<sup>205</sup>

Majitelé RD mohou využít i tzv. zeleného bonusu, který odměňuje kombinaci dotace z NZÚ s dotací z 2. a 3. vlny tzv. kotlíkových dotací. Pro kombinaci nového zdroje s instalací solárních systému se jedná vždy o částku 10 tisíc Kč. Při kombinaci se zateplením se jedná o 20 tisíc korun pro všechny typy podporovaných nových zdrojů.<sup>206</sup>

Podpora se vztahuje na výměnu zdrojů i v bytových domech. Podporuje se výměna zdrojů spalujících fosilní paliva (nedosahujících 3. emisní třídy) a systémů pro elektrické vytápění používaných jako hlavní zdroje tepla. Dotace se v současné době však poskytuje pouze vlastníkům bytových domů na území hl. m. Prahy. Výše dotací na výměnu zdroje tepla u bytových jednotek se pohybuje v rozmezí 6 až 25 tisíc Kč. Pro TČ typu voda-voda a země-voda činí 25 či 21 tisíc Kč za bytovou jednotku dle zateplení. Uvedená výše podpory je nejvyšší v celé oblasti podpory „C – Efektivní využití zdrojů energie“ pro bytové domy, nicméně stejnými finančními prostředky je podpořeno napojení na účinnou soustavu zásobování tepelnou energií. Spolu s podporou využití efektivních zdrojů je podporováno i zpracování odborného posudku a zajištění technického dozoru.<sup>207</sup>

<sup>205</sup> SFŽP ČR. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu NZÚ: RD v rámci 3. výzvy k podávání žádostí*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018. s. 11-14. Dostupné také z:

[https://www.novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2018/09/18/1537271767\\_NZ%C3%9A\\_Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20C5%BEadatele%20RD%203-v%C3%BDzva\\_2018-09.pdf](https://www.novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2018/09/18/1537271767_NZ%C3%9A_Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20C5%BEadatele%20RD%203-v%C3%BDzva_2018-09.pdf)

SFŽP ČR. *NZÚ: Rodinné domy – zdroje energie* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>

<sup>206</sup> SFŽP ČR. *Dotacíní bonus* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/dotacni-bonus/>

<sup>207</sup> SFŽP ČR. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu NZÚ: Bytové domy v rámci 2. výzvy k podávání žádostí*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2016. s. 9-11. Dostupné také z: [https://www.novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2018/07/10/1531208631\\_Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20C5%BEadatele%20BD-zateplen%C3%AD-zdroje-sol%C3%A1ry-rekuperace%20\(2.1\).pdf](https://www.novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2018/07/10/1531208631_Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20C5%BEadatele%20BD-zateplen%C3%AD-zdroje-sol%C3%A1ry-rekuperace%20(2.1).pdf)

Žádost musí být podpořena doložením odborného posudku skládajícího se z energetického hodnocení přiložené projektové dokumentace. Program se snaží vyjít žadatelům vstříc možností vyřízení elektronické žádosti a úplným podáním přes internet. Kontrola žádosti by měla trvat 4 až 6 týdnů. V případě akceptování má žadatel 12 až 36 měsíců na doložení provedení podpořených opatření. Dotace se vyplácí zpětně.<sup>208</sup>

Dotační program NZÚ zvýhodňuje převážně TČ, zdroje využívající biomasu a SZT šetrnější k ŽP. Podpora typu tepelných čerpadel využívajících geotermální energii pomáhá ke zlepšení konkurenceschopnosti této oblasti vůči ostatním zdrojům energie. Kladně hodnotím hlavně využití peněz z prodeje emisních povolenek na program tohoto typu. Nová zelená úsporám je již v několikáté vlně svého působení a zdá se, že pro svoji atraktivitu dělá maximum. Žádost o podporu je možné podat před zahájením, v průběhu i po ukončení realizace projektového záměru. Vyplacení podpory po realizaci projektu podle mého názoru nepřispívá k vyššímu možnému zájmu o tento program, výše podpory na odborné posudky je nízká a míra nutnosti odborného poradenství, do které je žadatel přirozeně nucen, odrazuje část potenciálních žadatelů. Zda orgány dělají dostatek k popularizaci programu mezi občany je další otázkou. Česká republika má obecně podle mého názoru problém s obecným povědomím o nových zdrojích energie a problematice týkající se ŽP.

#### 4.4.3 Podpora využití geotermální energie ze strany Evropské unie

Evropská unie dlouhodobě podporuje výzkum a inovace v oblasti využití OZE. Cílem snah je řešení problémů klimatické změny a zajištění dostupné energie s důrazem na energetickou bezpečnost členských států. S vědomím předností geotermální energie EU dlouhodobě podporuje výzkum a rozvoj v oblasti geotermálních technologií, a to i pro přímé využití geotermálních zdrojů k výrobě elektrické energie. Mimo financování výzkumných projektů pro přímé i nepřímé využití, se unijní prostředky využívají i na snížení nákladů na exploataci a vrtné práce s úmyslem snížení vysokých investičních nákladů geotermálních projektů.<sup>209</sup>

Evropská unie zprostředkovává desítky platform pro čerpání financí na podporu výzkumu a rozvoje evropského energetického sektoru. Mezi nejvýznamnější prostředky

---

SFŽP ČR. NZÚ: *Bytové domy – zateplení a zdroje* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/bytove-domy-zatepleni-zdroje/>

<sup>208</sup> SFŽP ČR. NZÚ: *Krok za krokem* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/jak-na-to/krok-za-krokem/>

<sup>209</sup> EUROPEAN COMMISSION. Renewable Energy: Geothermal Energy. In: *Ec.europa.eu* [online]. EU [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/research/energy/index.cfm?pg=area&areaname=renewable\\_geothermal](https://ec.europa.eu/research/energy/index.cfm?pg=area&areaname=renewable_geothermal)

podpory pro využití geotermální energie patří Evropský fond pro regionální rozvoj a program NER 300. Mezi další významné platformy patří rámcový výzkumný program HORIZONT 2020, jen v rámci toho programu byly již zprostředkovány finance okolo 90 milionů eur do 37 rámcových projektů zabývajících se geotermální energií, 40 % těchto financí šlo do projektů zabývajících se metodami pro získávání geotermální energie na bázi HDR <sup>210</sup>. Potenciálně využitelnou platformou by mohl být fond „2020 European Fund for Energy, Climate Change and Infrastructure“ známý též jako „Marguerite Fund“.

#### 4.4.3.1 Evropský fond pro regionální rozvoj

Evropský fond pro regionální rozvoj (ERDF – European Regional Development Fund) je jedním ze strukturálních fondů EU a hlediska objemu peněz je ze všech největší. Fond je určen pro podporu projektů spadajících do oblasti inovací a výzkumu, digitální agendy, podpory malých a středně velkých podniků a do nízkouhlíkového hospodářství. Finance jsou rozdělovány podle regionů. Rozlišují se méně a více rozvinuté regiony a přechodné regiony. Dlouhodobým cílem ERDF je překonat rozdíl mezi členskými státy a posílit tak ekonomickou a sociální soudržnost unie. <sup>211</sup>

Česká republika se řadí mezi státy s méně rozvinutými regiony, výjimkou je hlavní město Praha. Stát má tedy nárok na získávání značného množství financí i pro rozvoj využití geotermální energie. Příмым důkazem je projekt na využití tepelných čerpadel ve VŠB – TU Ostrava, kde ERDF pokryl téměř 70 % investičních nákladů projektu. V současné době ERDF například zajišťuje financování předběžných studií projektu <sup>212</sup> zabývajících se možnostmi využití hlubinné geotermální energie v nejjihnější švédské provincii Skåne. Dalším příkladem je podpora v hodnotě 1,4 milionu liber (zhruba 1,6 milionu eur) projektu v anglickém hrabství Cornwall, kde se plánuje pomocí 1,5 km hlubokého vrtu získávat teplo pro potřeby bazénového komplexu ve městě Penzance <sup>213</sup>.

---

<sup>210</sup> EUROPEAN COMMISSION. Leadership in renewables: Geothermal energy: the impact of EU R&D funding. In: *Ec.europa.eu* [online]. EU, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z:

[https://ec.europa.eu/research/energy/images/infographics/geothermal\\_ig\\_2018.jpg](https://ec.europa.eu/research/energy/images/infographics/geothermal_ig_2018.jpg). Infographics.

<sup>211</sup> EUROPEAN COMMISSION. European Regional Development Fund. In: *Ec.europa.eu* [online]. EU [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/funding/erdf/](https://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/erdf/)

<sup>212</sup> RICHTER, Alexander. E.ON participating in study on deep geothermal energy in Sweden. *Thinkgeoenergy.com: Geothermal Energy News* [online]. ThinkGeoEnergy, 7 Feb 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.thinkgeoenergy.com/e-on-participating-in-study-on-deep-geothermal-energy-in-sweden/>

<sup>213</sup> European funding secures geothermal energy for Penzance's Jubilee Pool. In: *Cornwall and Isles of Scilly Growth Programme* [online]. Cornwall: Cornwall and Isles of Scilly Growth Programme, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.cornwallislesofscillygrowthprogramme.org.uk/european-funding-secures-geothermal-energy-penzances-jubilee-pool/>

#### 4.4.3.2 Program NER 300

Evropský program NER 300 se řadí mezi největší světové programy dotační podpory určené pro demonstrační nízkouhlíkové energetické projekty. Zaměřuje se především na projekty spojené s OZE a technologiemi pro zachytávání a ukládání oxidu uhličitého (CCS – Carbon Capture and Storage). Za řízení projektu je zodpovědná Evropská komise, která k vyhodnocení žádostí využívá odborných posudků Evropské investiční banky. V současné době NER 300 financuje 35 projektů, včetně 3 projektů zaměřených na geotermální energii.<sup>214</sup>

Konkrétně se jedná o projekt GEOSTRAS v severovýchodní Francii zaměřující se produkci elektřiny a tepla využitím přirozeného HFR systému, maximální investiční podpora by měla činit 16,8 milionu eur a dokončení se očekává v létě 2020.<sup>215</sup>

Dalším projektem je demonstrační projekt na vybudování geotermální elektrárny v jižním Maďarsku, elektrárna by měla využívat ORC k zajištění výkonu 8,9 MW<sub>e</sub> elektrické energie. Teplo se bude získávat z uměle vytvořeného HFR systému. Elektrárna by měla začít plně operovat na konci roku 2018, maximální investiční podpora projektu je stanovena na 39,3 milionu eur.<sup>216</sup>

Poslední podporovaný projekt zaměřený na geotermální energii je chorvatský projekt Geothermae pro využití ORC s výstupním výkonem minimálně 3,1 MW<sub>e</sub>, dlouhodobé plány hovoří o zajištění výkonu 18,6 MW<sub>e</sub> a 60 MW<sub>t</sub> v polovině roku 2019. Maximální investiční podpora by měla být 14,7 milionu eur. V Chorvatsku je v současné době největší elektrárna využívající ORC, geotermální elektrárna Velika Ciglena s instalovaným výkonem 17,5 MW<sub>e</sub> a její provoz byl zahájen v prosinci 2018.<sup>217</sup>

---

RICHTER, Alexander. Drilling work started on geothermal pool project in Penzance in Cornwall, UK. *Thinkgeoenergy.com: Geothermal Energy News* [online]. ThinkGeoEnergy, 5 Feb 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.thinkgeoenergy.com/drilling-work-started-on-geothermal-pool-project-in-penzance-in-cornwall-uk/>

<sup>214</sup> EUROPEAN COMMISSION. NER 300 programme. In: *Ec.europa.eu* [online]. EU [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300_en)

EUROPEAN COMMISSION. NER 300 - Overview. In: *Setis.ec.europa.eu* [online]. EU [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://setis.ec.europa.eu/NER300>

<sup>215</sup> EUROPEAN COMMISSION. *GEOSTRAS*. EU: Strategic Energy Technologies Information System, 2016. Public factsheet. Dostupné také z: [https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo\\_-\\_geostras\\_-\\_fr\\_-\\_2016\\_factsheet.pdf](https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo_-_geostras_-_fr_-_2016_factsheet.pdf)

<sup>216</sup> EUROPEAN COMMISSION. *South Hungarian EGS Demonstration*. EU: Strategic Energy Technologies Information System, 2016. Public factsheet. Dostupné také z: [https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo\\_-\\_south\\_hungarian\\_egs\\_demonstration\\_-\\_hu\\_-\\_2016\\_factsheet.pdf](https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo_-_south_hungarian_egs_demonstration_-_hu_-_2016_factsheet.pdf)

<sup>217</sup> EUROPEAN COMMISSION. *Geothermae*. EU: Strategic Energy Technologies Information System, 2016. Public factsheet. Dostupné také z: [https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo\\_-\\_geothermae\\_-\\_hr\\_-\\_2016\\_factsheet.pdf](https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo_-_geothermae_-_hr_-_2016_factsheet.pdf)

RICHTER, Alexander. The 17.5 MW Velika Ciglena geothermal power plant starts operation in Croatia. *Thinkgeoenergy.com: Geothermal Energy News* [online]. ThinkGeoEnergy, 12 Dec 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.thinkgeoenergy.com/the-17-5-mw-velika-ciglena-geothermal-power-plant-starts-operation-in-croatia/>

## 5 Využití geotermální energie v Zoo Ústí nad Labem

### 5.1 Základní informace

Zoo se nachází východně od centra města na svahu Mariánské skály nedaleko levého břehu řeky Labe (50° 39' 50.876" N, 14° 3' 40.49" E). Počátky ústecké Zoo sahají až do roku 1908, kdy byla ústeckým podnikatelem a ochráncem přírody Dr. h. c. Heinrichem Lumpem (\*1859, †1936) na pozemcích bývalé cihelny zřízena soukromá ptačí rezervace. Lumpe po zbytek svého života dbal na ochranu ptačí rezervace a blokoval výstavbu průmyslových podniků v jejím bezprostředním okolí. Po druhé světové válce byla rodina jeho syna odsunuta do Bavorska a park byl znárodněn. Ve druhé polovině 20. století postupně vznikala moderní zoologická zahrada, až do podoby v jaké ji můžeme vidět dnes.<sup>218</sup>

V roce 2017 tvořily expozice plochu okolo 25 ha a návštěvníci se mohli těšit na 1 520 zvířat 235 různých živočišných druhů<sup>219</sup>. Areál je tvořen velkým počtem volných výběhů a několika pavilony, převážně pak menšími objekty s velkými rozestupy, viz příloha 2. Charakteristickým znakem je, že výškový rozdíl mezi dolní a horní částí zoo je zhruba 100 m. Mimo kulturní význam, který pro město Ústí nad Labem zoo má, rovněž představuje prostor pro výzkum a odbornou přípravu v rámci mnoha oborů. Zároveň je ústecká Zoo zapojena do mnoha projektů a kampaní na ochranu přírody s mezinárodním působením.<sup>220</sup>

### 5.2 Časový sled událostí

Na konci minulého století byla vedením Zoo Ústí nad Labem zamýšlena úprava struktury stávajícího systému vytápění. Problémem byly relativně vysoké náklady za tepelnou energii získávanou ze soustavy zásobování teplem (SZT). Jednou z myšlenek bylo využití nízkopotenciální geotermální energie. V prosinci roku 1999 provedl znalec pro těžbu a ochranu podzemních vod RNDr. Jan Kněžek (Infrageologie) posouzení vlivu těžby nedalekého lomu Mariánská skála na zamýšlený geotermální vrt. Výsledek posudku podpořil<sup>221</sup> záměr provedení hlubinného vrtu, který byl následně v období mezi listopadem

---

<sup>218</sup> Zoologická zahrada Ústí nad Labem. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 4. 7. 2017 [cit. 2018-10-21]. Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Zoologick%C3%A1\\_zahrada\\_%C3%9A%C3%AD\\_nad\\_Labem](https://cs.wikipedia.org/wiki/Zoologick%C3%A1_zahrada_%C3%9A%C3%AD_nad_Labem)

110 let Lumpeparku. *Zoousti.cz* [online]. 2018 [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <https://www.zoousti.cz/110-let-lumpeparku>

<sup>219</sup> UNIE ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH ZOOLOGICKÝCH ZAHRAD. *Výroční zpráva UCSZOO za rok 2017* [online]. In: UCSZOO[UNIE ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH ZOOLOGICKÝCH ZAHRAD]. Červenec 2018 [cit. 2018-10-21]. s. 43. Dostupné z: [http://www.zoo.cz/media/files/zoo\\_vyrocní\\_zpráva\\_2017\\_web.pdf](http://www.zoo.cz/media/files/zoo_vyrocní_zpráva_2017_web.pdf)

<sup>220</sup> Ochránářské projekty. *Zoousti.cz* [online]. [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <https://www.zoousti.cz/ochranarske-projekty>

<sup>221</sup> KNĚŽEK, Jan. INFRAGEOLOGIE. *Posouzení vlivu těžby v lomu mariánská skála na nový geotermální vrt v ZOO Ústí nad Labem*. Ústí nad Labem, 1999.

roku 2000 a březnem 2001 realizován firmou Stavební geologie – GEOSAN, s. r. o., Nučice. Závěrečnou zprávu s vyhodnocením vrtu vypracovala firma AQUATEST a. s. Praha v květnu 2001. Ve druhé polovině roku 2001 byla firmou CHEMING, a. s., Ústí nad Labem vypracována dokumentace obsahující čtyři varianty návrhu na využití geotermální vody pro vytápění objektů zoo za pomoci teplovzdušných souprav s částečným využitím tepelných čerpadel. Došlo by ke snížení odběru tepla ze systému SZT, přičemž návrh předpokládal souběžný provoz nového systému a stávajících výměňkových stanic v nejchladnějších zimních obdobích. Souběžně byl v srpnu 2001 firmou Tebodin Czech Republic, s. r. o., Praha zpracován energetický audit Zoo Ústí nad Labem na základě § 9 zákona č. 406/2000 Sb., zákona o hospodaření energií, a vyhlášky MPO č. 213/2001 Sb., vydávající podrobnosti náležitostí energetického auditu. V návaznosti na dokumentaci předloženou firmou CHEMING, a. s., byl v lednu roku 2002 firmou Tebodin Czech Republic, s. r. o., vypracován energetický audit k žádosti o finanční podporu ze Státního fondu životního prostředí ČR (SFŽP ČR), který obsahoval řadu oponentních návrhů. Návrh řešení byl vypracován ve variantách 2 až 4. Přičemž byla doporučena varianta č. 4, která jako jediná z variant navrhovala úplné odpojení od SZT. Předpokládala se ekologizace provozu zoo a hlavně snížení provozních nákladů. Zadání zpracování projektu pro stavební povolení předcházela celá řada jednání, ve kterých byly specifikovány doplňující požadavky na zvýšení dodávek tepla v důsledku plánovaného rozvoje zoo. Konečný projekt (dále v textu označován pouze jako „projekt“) vytvořený na základě doporučené varianty č. 4 byl realizován ve dvou etapách mezi lety 2004 a 2005. Odpojení od soustavy zásobování teplem proběhlo v dubnu 2005.<sup>222</sup>

### 5.3 Výchozí stav před realizací projektu

V areálu se nacházely převážně menší objekty nepravidelného půdorysu sloužící k ustájení a chovu zvířat. Dále se zde nacházely objekty se čtvercovým půdorysem (administrativní budova, provozní budovy apod.). Budovy jsou převážně jednopodlažní bez suterénu, administrativní budova je čtyřpodlažní s jedním podzemním podlažím. Objekty mají buď sedlovou, nebo plochou střechu. Celková zastavěná plocha byla spočtena na

---

<sup>222</sup> DOLEŽAL, Michal. TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Zhodnocení efektu projektu využití geotermální energie pro vytápění ZOO v Ústí nad Labem*. Praha, 2007. s. 14-20. č. dokumentu 5596-900-1/2KX-01. Dostupné také z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/2196>

MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Vyjádření energetického auditora k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. s. 11-12. č. dokumentu 4947-000-2/2-KA 02.

7 983 m<sup>2</sup>, náležitý obestavěný prostor tvořil 43 055 m<sup>3</sup> viz příloha 3. Areál je provozován celoročně, přičemž existují specifické teplotní požadavky vzhledem k chovu živočichů z různých oblastí původu.<sup>223</sup>

### 5.3.1 Systém zásobování teplem

Do areálu bylo dodáváno teplo ve formě mírně přehřáté středotlaké páry ze soustavy zásobování tepelnou energií (SZT) města Ústí nad Labem. Primárním zdrojem tepla byla Teplárna Trmice ve vlastnictví společnosti Dalkia International (dnes ve vlastnictví ČEZ, a. s.)<sup>224</sup>. Pára byla přiváděna vnější přípojkou ze systému SZT do prostoru první výměňkové stanice VS 1 (objekt 21), dále pak byla dvěma parovody dopravována do výměňkových stanic VS 2 (obj. 10) a VS 3 (obj. 30). Ze středotlaké páry o teplotě 200 až 220 °C a tlaku 0,7 MPa (vracející se kondenzát měl teplotu 50 °C)<sup>225</sup> byla ve výměňkách připravována topná teplá voda s teplotním spádem max. 80/60 °C. Topná teplá voda byla následně třemi systémy rozváděna od VS dále po areálu směrem do jednotlivých objektů, viz příloha 3 a obr. 5.1.<sup>226</sup>

Výměňkové stanice<sup>227</sup>:

- VS 1 – instalována v horní části zoo (obj. 21 „Horní vstup“), zásobovala teplem objekty 15, 17, 19, 20 a 21. V prostoru VS1 se nacházela parní přípojka na SZT s měřicím zařízením na straně přiváděné páry i na straně vraceného kondenzát a tři vertikální protiproudé výměňky. Pára se odtud též dále rozváděla do zbylých VS.
- VS 2 – instalována ve střední části zoo (obj. 10 „Exotarium“), tato stanice zásobovala teplem střední a dolní část areálu, konkrétně dodávala teplo objektům 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13 a 14. VS 2 obsahovala dva protiproudé výměňky tepla.
- VS 3 – instalována v horní části zoo (obj. 30 „Kuchyně krmiva“), zásobovala teplem objekty ve své bezprostřední blízkosti tj. objekty 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 a 31. VS 3 obsahovala jeden protiproudý výměňky tepla.

---

<sup>223</sup> MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. s. 6-7. č. dokumentu 5033-000-2/2-KA 02.

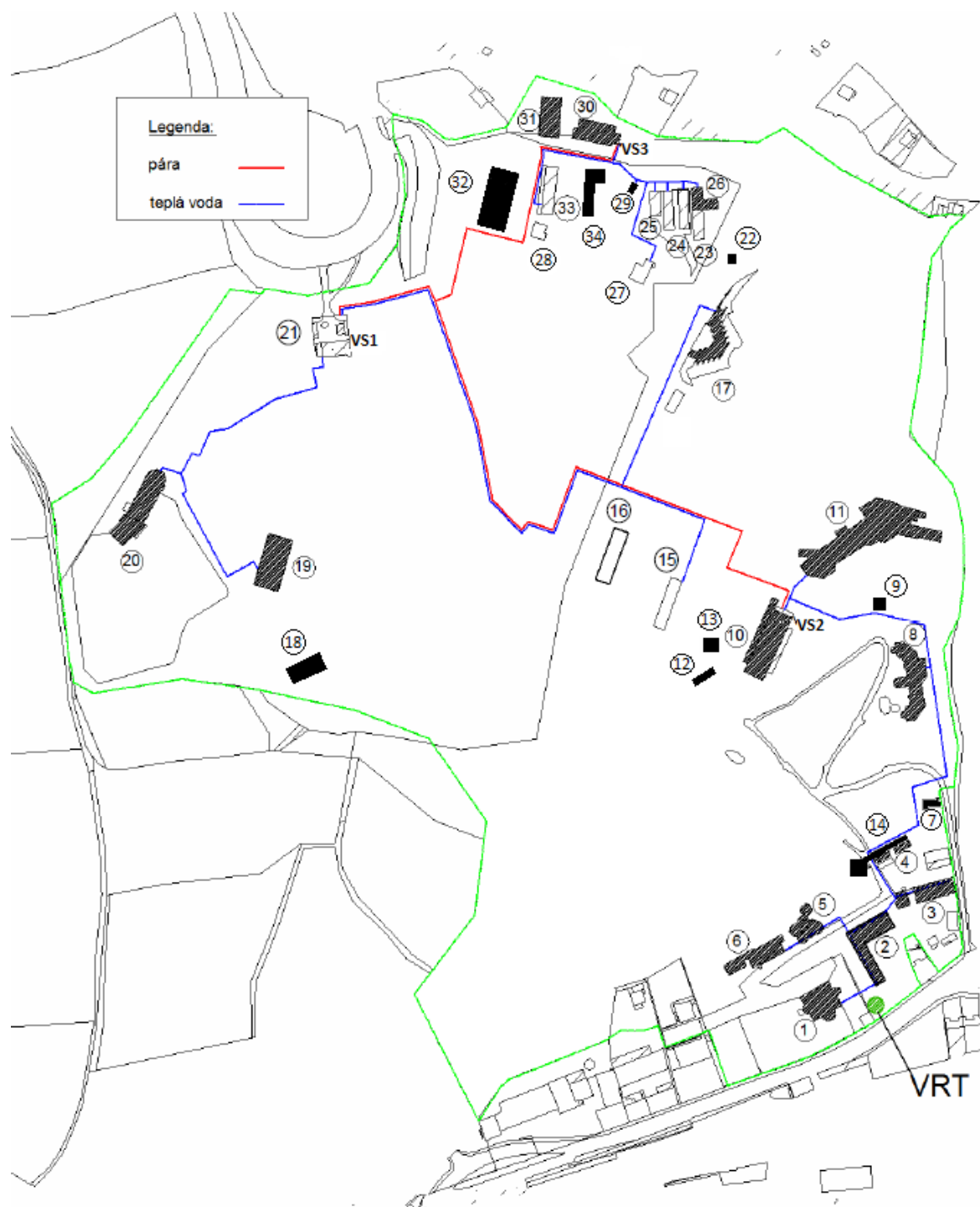
<sup>224</sup> ČEZ. Trmice [online]. In: ČEZ [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrarny/cr/trmice.html>

<sup>225</sup> MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Energetický audit: Zoologická zahrada Ústí nad Labem*. Praha, 2001. s. 9. č. dokumentu 2-KA-01.

<sup>226</sup> MAREŠ a kol., pozn. 223, s. 8

<sup>227</sup> MAREŠ a kol., pozn. 223, s. 8  
MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 9





Obrázek 5.1 – Schéma rozvodu tepla po areálu zoo (výchozí stav) <sup>228</sup>

Celoročně byl provozován parní rozvod VS 1 – VS 3 (délka 200 m), protože ve VS 3 se pára v malém množství používala i pro ohřev varných kotlů v kuchyni krmiva (obj. 30). Parní rozvod VS 1 – VS 2 (délka 335 m) byl provozován pouze v topném období. Parní rozvody byly vedeny převážně podzemními kanály, rozvod k VS 3 byl z části nadzemní.

<sup>228</sup> DOLEŽAL, pozn. 222, s. 11

Parní rozvody byly izolovány minerální vlnou s povrchovou úpravou ve formě pozinkovaného plechu, Al fólie, lepenky nebo pěnové izolace, tloušťka izolace se pohybovala v rozmezí 20 až 30 mm. Dopravu topné teplé vody z jednotlivých výměnkových stanic k vytápěným objektům zajišťovaly podzemní i nadzemní rozvody s nuceným oběhem, rozvody byly izolovány minerální vlnou s povrchem ve formě izolovaného plechu. Zařízení ve VS byla izolována minerální vlnou s Al fólií, pozinkovaným plechem, sádrovou omítkou nebo papírem, tloušťka izolace se pohybovala v rozmezí 20 až 35 mm. Ve vytápěných objektech se používala různá topná tělesa (litinové článkové radiátory, konvektory, hladké a žebrované registry, deskové radiátory, teplovzdušné jednotky), v některých objektech se též nacházelo podlahové vytápění, které však vzhledem ke špatnému stavu nebylo provozováno. Teplovodné systémy z VS 1, VS 2, VS 3 se provozovaly pouze v topné sezóně.<sup>229</sup>

Pro vytápění, případně temperování některých malých objektů se využívala elektrická energie, konkrétně v obj. 9, 16, 18 a 33. Někdy také docházelo k využití přenosných přímotopných elektrických spotřebičů k doplňkovému vytápění podle aktuální potřeby. Elektrická energie se též využívala k decentralizované přípravě teplé vody (TV) v průtokových nebo akumulacích ohřívacích. Mimo elektřinu se pro přípravu TV využívalo také zemního plynu (obj. 1 a 4). Hlavní spotřeba TV byla v objektech 4, 20, a 30.<sup>230</sup>

Výkon parní přípojky byl přibližně 1 MW (přibližně 1,5 t.h<sup>-1</sup> páry). Roční spotřeba tepla ze SZT se pohybovala zhruba mezi 10 000 a 12 000 GJ.r<sup>-1</sup>, teplo získávané z elektrické energie pro účely vytápění bylo odhadnuto na 200 až 300 GJ.r<sup>-1</sup>, vše v závislosti na klimatických podmínkách v konkrétním roce.<sup>231</sup>

Systém zásobování teplem vykazoval velké tepelné ztráty, nejvíce se na nich podílely parní rozvody VS 1 – VS 2 a VS 1 – VS 3. Relativně malá množství tepla byla dopravována na větší vzdálenosti potrubím s převážně malou světlostí, mimo celkovou délku rozvodů (přibližně 1 800 m) se na ztrátách tepla podílel špatný technický stav vybraných úseků distribučního systému (rozvody vedené nad zemí, podzemní rozvody izolované minerální vlnou s lepenkou) a nedostatečná tloušťka izolačního materiálu. Části potrubí a armatury ve VS nebyly vůbec izolovány, nebo byla jejich izolace poškozena. Dalším problémem byla absence ekvitermní regulace ve VS 2 a VS 3. Ekvitermní regulace byla využívána pouze ve VS 1, některé budovy vytápěné z VS 2 nicméně byly ekvitermně regulovány až v daných

---

<sup>229</sup> MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 9 a 11, 13

MAREŠ a kol., pozn. 222, s. 9-11

<sup>230</sup> MAREŠ a kol., pozn. 223, s. 8-9

<sup>231</sup> MAREŠ a kol., pozn. 222, s. 9

místech objektů. Celkové tepelné ztráty byly energetickým auditem stanoveny přibližně na  $3\,950\text{ GJ}\cdot\text{r}^{-1}$  v rozvodech tepla a  $450\text{ GJ}\cdot\text{r}^{-1}$  ve VS. Ztráty tak představovaly až 40 % z odebíraného množství tepla, přičemž k jejich tvorbě docházelo převážně v distribuci.<sup>232</sup>

Tabulka 5.1 – Procentuální rozdělení ztrát v systému zásobování teplem<sup>233</sup>

Část systému zásobování teplem	Podíl na celkových ztrátách tepla [%]
Parní rozvod VS 1 – VS 2	34
Parní rozvod VS 1 – VS 3	15
Teplovodní rozvody	41
Výměníkové stanice	10

Energetický audit z roku 2001 obsahoval<sup>234</sup> soubor potenciálních opatření, která měla snížit ztráty nebo spotřebu tepla. Například bylo doporučeno odstavovat v letním období i parní rozvod VS 3 a nahradit parní ohřev kotlů v kuchyni krmiva ohřevem elektrickým, protože ztráty v parním rozvodu VS 1 – VS 3 výrazně převyšovaly množství tepla využitého ve VS 3 pro technologické účely. Jedním z navržených opatření byla instalace tepelných čerpadel o výkonu 600 kW, využívající nízkopotenciální energii z vody podzemního vrtu.

Tabulka 5.2 – Soubor energeticky úsporných opatření navržených auditem z roku 2001<sup>235</sup>

Popis opatření	Úspory		Náklady na realizaci [tis. Kč]
	tepla [GJ.r <sup>-1</sup> ]	nákladů [tis. Kč.r <sup>-1</sup> ]	
Instalace nového zařízení pro technologický ohřev (elektrický ohřev)	260	28	40
Zaizolování rozvodů tepla, armatur a výměníků ve VS 2 a VS 3	147	36	121
Instalace ekvitermní regulace do VS 2 a VS 3	255	62	200
Rekonstrukce nevyhovujících rozvodů tepla – 130 m	207	51	234
Rekonstrukce nevyhovujících rozvodů tepla – 250 m	287	70	1 375
Rekonstrukce nevyhovujících rozvodů tepla	597	178	9 600
Využití geotermální energie	1 073	754	10 200

<sup>232</sup> MAREŠ a kol., pozn. 222, s. 11

MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 13

<sup>233</sup> MAREŠ a kol., pozn. 222, s. 11

<sup>234</sup> MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 14-17

<sup>235</sup> MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 17

TČ by zajišťovala dodávku topné vody pro objekty napájené stanicí VS 2, stávající systém stanice VS 2 by byl zachován i po realizaci úsporného opatření a působil by jako záloha pro nejméně chladnější období. Toto úsporné opatření představovalo největší úspory nákladů na nákup tepla, zároveň však vyžadovalo nejvyšší investiční náklady.

### 5.3.2 Systém zásobování elektrickou energií

Elektrická energie byla dodávána z distribuční sítě pomocí transformátorové stanice Severočeské energetiky, a. s. (činnost společnosti byla později ukončena a její části včleněny do subjektů Skupiny ČEZ). Z transformátoru s převodem napětí 22/0,4 kV a jmenovitým zdánlivým výkonem 400 kVA je el. energie předávána síti nízkého napětí, jejíž velikost je vzhledem k charakteru areálu značná. Kompenzace účinníku je prováděna pomocí kondenzátorových baterií na sekundární straně transformátoru.<sup>236</sup>

Spotřebiče elektriny patřila především el. topidla, ohřivače TV, světelné zdroje, čerpadla, chladicí technika a nejrůznější jednoúčelová zařízení. Největší příkon měly pohony, dále pak tepelné spotřebiče a svítidla. Podle provedeného energetického auditu by neměla smysl výměna či rekonstrukce stávajících spotřebičů, protože byly v relativně dobrém stavu a instalace energeticky úspornějších zařízení by neměla výrazný vliv.<sup>237</sup>

Roční spotřeba<sup>238</sup> elektrické energie se mezi lety 1999 a 2003 pohybovala zhruba mezi 590 a 640 MWh, v průběhu let docházelo pouze k mírnému nárůstu spotřeby. Během dne byla spotřeba rovnoměrná. Měsíční spotřeba byla nejvyšší v zimních měsících, nejnižší naopak v letních. Smlouvené čtvrt hodinové technické maximum (150 kW) bylo v roce 2000 překročeno v prosinci o 6 kW, v dalších letech došlo k jeho navýšení na 160 kW v roce 2001 a na 190 kW v roce 2003.<sup>239</sup>

Energetickým auditem byla pro rok 2000 mimo jiné provedena analýza obchodních podmínek, stávající sazba byla označena za nejhodnější. Dále bylo konstatováno, že systém zásobování el. energie je dostatečně dimenzován s potenciálem připojení dalších spotřebičů, přičemž transformátor je v průměru zatěžován do 50 % svého jmenovitého výkonu. Bylo navrženo zaměřit se na světelné zdroje, konkrétně na postupnou výměnu dožitých zářivkových trubec za energeticky úspornější a zároveň zintenzivnit údržbu a čištění osvětlovaných těles.<sup>240</sup>

---

<sup>236</sup> MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 18

<sup>237</sup> MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 18 a 20

<sup>238</sup> DOLEŽAL, pozn. 222, s. 27

<sup>239</sup> MAREŠ a kol., pozn. 222, s. 9-10

MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 19-22

<sup>240</sup> MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 23-25

### 5.3.3 Systém zásobování zemním plynem

Areál byl pomocí dvou přípojek napojen na nízkotlaký rozvod zemního plynu místního distributora. Zemní plyn byl přes plynoměry veden k průtočným nebo zásobníkovým ohřívačům TV v objektech č. 1 a 4 ve spodní části areálu. K jiným účelům se zemní plyn nevyužíval. Roční odběr byl minimální, v roce 2000 činil zhruba 4 300 m<sup>3</sup>, roční náklady za nákup zemního plynu tvořily zhruba 23 tisíc Kč. Stávající technický stav spotřebičů byl vyhodnocen jako dobrý. Nízkotlaké rozvody však neumožňovaly výrazné zvýšení spotřeby zemního plynu.<sup>241</sup>

## 5.4 Projekt využití geotermální energie

V návaznosti na vybudování geotermálního vrtu a vyhodnocení jeho potenciálu mezi lety 2000 a 2001 byla v září roku 2001 vydána firmou CHEMING, a. s., Ústí nad Labem studie (č. 34685 050) zabývající se možnostmi využití termální vody z vybudovaného vrtu. Byly navrženy čtyři varianty řešení (A až D) lišící se kompozicí objektů vytápěných pomocí termální vody. V lednu roku 2002 byl vypracován firmou Tebodin Czech Republic, s. r. o., Praha energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR, který v návaznosti na návrh firmy CHEMING, a. s., předkládá čtyři varianty řešení využití termální vody. Přičemž varianta 1 představuje řešení navrhované společností CHEMING ve čtyřech subvariantách (A až D), zatímco varianty 2, 3 a 4 byly vypracovány společností Tebodin Czech Republic. K realizaci byla nakonec zvolena varianta 4 přizpůsobená dodatečným požadavkům předloženým zadavatelem – Zoo Ústí nad Labem.

### 5.4.1 Charakteristika geotermálního zdroje

Hlubinný vrt využívaný Zoo Ústí nad Labem můžeme označit jako zdroj hydrotermální, obsahující nízkoteplotní geotermální vodu. Dle informací uvedených v podkapitole 3.3.1 můžeme dále říci, že se jedná o hydrotermální systém artéského charakteru obsahující nízkoteplotní rezervoár (25 až 40 °C). Rezervoár není ve své hloubce zcela uzavřen a dochází k přítokům termální vody z okolního prostředí. Podle členění geotermálních zdrojů z hlediska vydatnosti uvedeného v podkap. 2.5.2 se jedná o zdroj se střední vydatností (10 až 25 l.s<sup>-1</sup>). S jistotou můžeme hovořit o zdroji nízkopotenciální tepelné energie.

Vrt byl vybudován firmou Stavební geologie – GEOSAN, s. r. o., Nučice mezi říjnem roku 2000 a březnem 2001. Vyhodnocení vrtu provedla firma AQUATEST a. s. Praha.

---

<sup>241</sup> MAREŠ a kol., pozn. 222, s. 10  
MAREŠ a kol., pozn. 225, s. 26

Mimo jiné byla provedena 30 denní hydrodynamická zkouška ověřující vydatnost, cílem bylo dosažení tzv. kvaziustáleného proudění podzemní vody při konstantním odběru, přičemž se sledovaly parametry měřené pozorovacími vrty ČHMÚ v okolí, aby se vyhodnotila možná interakce s okolními prostory. Dále byla provedena sada laboratorních analýz pro stanovení jakosti vody.<sup>242</sup>

Tabulka 5.3 – Základní charakteristika geotermálního zdroje tepla<sup>243</sup>

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hloubka vrtu	[m]	515
Hloubka přítoků termální vody	[m]	400 – 470
Hloubka hlavního přítoku termální vody	[m]	409 – 414
Vydatnost vrtu	[l.s <sup>-1</sup> ]	12
Teplota termální vody na hlavě vrtu	[°C]	32

#### 5.4.2 Navrhované varianty

Níže jsou popsány varianty projektu pro využití geotermálního zdroje tepla navržené energetickým auditem k žádosti o podporu ze SFŽP ČR vydaným firmou Tebodin Czech Republic na začátku roku 2002.

##### 5.4.2.1 Varianta 1

Tato varianta, vypracovaná v roce 2001 společností CHEMING, a. s., Ústí nad Labem, navrhovala rozvod termální vody po areálu zoo a rozsáhlé využití teplovzdušného vytápění pomocí souprav voda – vzduch, dále mělo být využito dvou až tří kusů TČ s výkonem 50 kW. Počítalo se s průtokem termální vody v množství 6,5 l.s<sup>-1</sup> a teplotním spádem 32/22 °C (termální voda/topná voda).<sup>244</sup>

Varianta je rozdělena na čtyři subvarianty A až D, které se liší množstvím objektů napojených na plánovaný rozvod. Některé druhořadé objekty nejsou napájeny z rozvodu termální vody vůbec, kvůli velké vzdálenosti nebo nízké spotřebě. Navrženy byly čtyři páteřní trasy<sup>245</sup>:

- Trasa a – rozvod v dolní části areálu v blízkosti vrtu (napájení obj. 1, 2, 3, 4, 5, 6).
- Trasa b – rozvod do střední východní části areálu (napájení obj. 8, 10, 11).

<sup>242</sup> NAKLÁDAL, Vratislav. AQUATEST. ZOO - Ústí nad Labem zajištění zdroje termální podzemní vody: Projekt - geologická část. Praha, 2000. s. 6.

<sup>243</sup> MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR. Praha, 2002. s. 14. č. dokumentu 4738-00-2/2-KA-01.

<sup>244</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 18 a 41

<sup>245</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 18

- Trasa c1 – rozvod do horní východní části areálu (napájení obj. 17, 30, 31, 33).
- Trasa c2 – rozvod do střední západní části areálu (napájení obj. 15, 16, 19, 20).

Stávající systém zásobování tepelnou energií ze SZT měl být zachován, přičemž za nižších venkovních teplot se předpokládal souběžný provoz stávajícího systému vytápění pomocí VS a nového systému vytápění pomocí termální vody. TČ měla být instalována v obj. 6, 8 a 19.<sup>246</sup>

Vyhodnocení společnosti Tebodin Czech Republic kritizovalo malé využití tepla z termální vody, které by mělo za následek nutnost souběhu navrhovaného systému se stávajícím prakticky po celou dobu topného období. Ztráty tepla ve stávajícím systému vytápění, které byly hlavním důvodem úvah o změně systému, by tak byly sníženy minimálně. Dále bylo vysloveny pochybnosti o celé myšlence teplovzdušného vytápění objektů zoo. Ve vybraných objektech by nemohly být teplovzdušné soupravy vůbec instalovány nebo provozovány kvůli např. nedostatečnému prostoru nebo přítomnosti živočichů citlivými na hlukovou zátěž. Mimo kritiku energetických výpočtů a jiných nesrovnalostí ve vypracované studii navíc existovaly opodstatněné předpoklady vysoké ceny nízkoteplotních vzdušných souprav a provozních problémů.<sup>247</sup>

#### 5.4.2.2 Varianta 2

Varianta 2, vypracovaná firmou Tebodin Czech Republic, na rozdíl od předchozí varianty, nenavrhovala žádný páteří rozvod termální vody po areálu zoo. Termální voda měla být v množství  $3,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  čerpána od vrtu do objektu 2, kde by byl instalován nový zdroj tepla v podobě až 3 ks TČ s výkonem 160 kW a případně jednoho elektrokotle o výkonu 100 kW pro špičkový odběr tepla, který by zároveň představoval částečnou zálohu. Tento nový zdroj tepla měl pokrýt zásobování teplem pro objekty ve spodní a částečně střední východní části areálu, konkrétně až po obj. 12, 13, 14 včetně. Nový zdroj by tedy zásoboval teplem obj. 1 až 14. Struktura stávajícího systému zásobování teplem ze SZT by byla v podstatě zachována. Horní část areálu by byla dále zásobena z VS 1 a VS 3, avšak VS 2 by představovala pouze zálohu a v běžném provozu nového zdroje by nebyla používána. Odstaven by byl pouze parovod VS 1 – VS 2, který ve výchozím stavu způsoboval nejvyšší ztráty. Dále bylo navrženo rekonstruovat systémy vytápění jednotlivých objektů pro využití topné vody s nižším teplotním spádem až  $55/40 \text{ }^\circ\text{C}$ , případně  $60/45 \text{ }^\circ\text{C}$  v závislosti na

---

<sup>246</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 18-22

<sup>247</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 41

konkrétních parametrech TČ. Mimo pořízení TČ, elektrokotle a ostatních čerpadel, by bylo nutno vybudovat krátkou přípojku pro termální vodu od obj. 2 k hlavě geotermálního vrtu, nn přípojku směrem od trafostanice k novému zdroji tepla a dále rekonstruovat část rozvodu topné vody v úseku od obj. 2 k obj. 4. Navíc bylo navrženo umístit v prostoru zdroje zařízení pro navrácení ochlazené termální vody vsakovacím vrtem zpátky do země. Varianta též předpokládala nahrazení parních varných kotlů za elektrické kotle, díky čemuž by v letních obdobích docházelo k odstavování VS 3. <sup>248</sup>

Tabulka 5.4 – Přehled stanic pro zásobování teplem (varianta 2) <sup>249</sup>

Označení stanice	Připojené objekty	Zdroj energie	Přibližný instalovaný výkon [kW]	Roční spotřeba tepla [GJ.r <sup>-1</sup> ]
VS 1	15, 16, 17, 19, 20, 21	SZT	900	1 556
VS 3	23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33	SZT	600	1 975
TČ	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14	Geotermální	580	4 107
Celkem	-	-	2 080	7 638

Tato varianta předpokládala pokles odběru tepla ze SZT z rozmezí přibližně 10 000 až 12 000 GJ.r<sup>-1</sup> na hodnotu zhruba 3 530 GJ.r<sup>-1</sup>. Přibližně o 20 % větší množství tepla by dodával geotermální vrt. Díky nižším maximálním teplotám topné vody by došlo k poklesu ztrát v jejích rozvodech. Odstavením parního rozvodu VS 1 – VS 2 by navíc došlo k velkému poklesu celkových ztrát parních rozvodů. <sup>250</sup>

<sup>248</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 24-26

<sup>249</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 28

<sup>250</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 27 a 42



Tabulka 5.5 – Přibližná bilance spotřeb energie pro účely vytápění (varianta 2) <sup>251</sup>

Parametr	Jednotka	Hodnota
Spotřeba tepla ze SZT	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	3 530
Spotřeba tepla z geotermálního vrtu	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	2 935
Spotřeba tepla pro vytápění el. energií	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	240
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	66
Spotřeba el. energie pro TČ	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	1 170
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	325
Spotřeba el. energie ostatních zařízení souvisejících s vytápěním	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	176
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	49
Celková spotřeba tepla ze SZT a geotermálního vrtu	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	6 465
Celková spotřeba el. energie pro účely vytápění	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	1 586
Celková spotřeba energie pro účely vytápění	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	8 051

Nutností dodávky el. energie pro provoz zařízení nového zdroje by došlo ke zvýšení její spotřeby, při uvažování stávající průměrné roční spotřeby 615 MWh, přibližně o 30 %. Varianta číslo 2 navrhovala využití zhruba 53 % (345 kW) tepelného výkonu geotermálního zdroje. Celkový tepelný výkon geotermálního zdroje byl odhadován na 650 kW. <sup>252</sup>

### 5.4.2.3 Varianta 3

Třetí varianta navrhuje realizovat páteřní rozvod termální vody, který by zásoboval teplem spodní a střední část areálu. V souladu s výchozím stavem by zůstal pouze systém VS 3, zásobující horní východní část areálu. Stejně jako ve variantě 2 by byl vybudován zdroj tepla v obj. 2 složený z TČ a záložního elektrokotle. Tento nový zdroj označený jako TČ 1 by zásoboval pouze spodní část areálu, na rozdíl od druhé varianty ve které zásoboval i střední východní část. Střední východní část areálu měla mít obdobný samostatný zdroj TČ 2 umístěný v prostoru obj. 10, namísto výměňkové stanice VS 2. Kvůli roztroušenému umístění objektů v západní části areálu, bylo navrženo vybudovat samostatné stanice TČ 3 až TČ 6 obsahující vždy tepelné čerpadlo a záložní elektrokotel v obj. 15, 16, 19, 20, a vytvořit tak decentralizovaný systém zásobování teplem pro západní křídlo zoo. Mělo dojít k instalaci zásobní nádrže termální vody v obj. 10, která by poskytovala zásobování jak pro TČ 2, tak i pro další stanice směrem na západ. Varianta navrhovala odstavení VS 1 a VS 2, napájení horní východní části z VS 3 mělo být zachováno. <sup>253</sup>

<sup>251</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 27

<sup>252</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 42

<sup>253</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 28-29 a 32-34

Tabulka 5.6 – Přehled stanic pro zásobování teplem (varianta 3) <sup>254</sup>

Označení stanice	Připojené objekty	Zdroj energie	Přibližný instalovaný výkon [kW]	Roční spotřeba tepla [GJ.r <sup>-1</sup> ]
VS 3	17, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33	SZT	600	2 154
TČ 1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14	Geotermální	330	2 267
TČ 2	8, 10, 11, 12, 13	Geotermální	300	1 839
TČ 3	15	Geotermální	22	99
TČ 4	16	Geotermální	24	107
TČ 5	19	Geotermální	100	450
TČ 6	20	Geotermální	75	343
Celkem	-	-	1 451	7 259

Termální voda by byla z vrtu čerpána do rozvodů termální vody směřujících ke stanici TČ 1, počítalo se s odběrem 1,8 l.s<sup>-1</sup>. V obj. 2 by byla umístěna i další čerpadla pro samostatné čerpání termální vody podzemním potrubím do obj. 10, přičemž by se musela vypořádat s výškovým rozdílem okolo 33 m. V obj. 10 by se mimo zařízení stanice TČ 2 nacházela i zásobní nádrž termální vody. Z této nádrže by byla napájena stanice TČ 2 s předpokládaným odběrem 1,7 l.s<sup>-1</sup>, dále by se z nádrže čerpadly rozváděla termální voda dalším podzemním rozvodem z obj. 10 do obj. 20, odbočky z tohoto rozvodu by napájely obj. 15, 16 a 19. Odběr termální vody pro stanice TČ 3 až TČ 6 byl odhadován na 1,2 l.s<sup>-1</sup>. Výškový rozdíl rozvodu termální vody mezi obj. 10 – 20 činí zhruba 66 m. Všechny navržené podzemní rozvody termální vody měly být předizolovány. Počítalo se i s rezervou odebírané vody pro zamýšlené koupání živočichů v obj. 19 a možností napojení dalších objektů zoo. <sup>255</sup>

Vytápěcí systémy měly být rekonstruovány, případně doplněny, aby umožňovaly provoz s teplotním spádem topné vody 55/40 °C. V případě objektů napájených ze stanic TČ 3 až TČ 6 se mělo jednat o spád 55/45 °C. Snížení teplotní spádu topné vody, oproti původnímu spádu 80/60 °C, by představovalo snížení ztrát rozvodech teplé vody. Varianta navrhovala odpojení VS 1 a nahrazení VS 2 novým zdrojem. Dodávky tepla z VS 3 měly být v topné sezóně zachovány, nově měl být k této stanici připojen obj. 17, avšak v letním období by byla stanice odstavena díky nahrazení parních varných kotlů za elektrické. K významné úspoře tepla by došlo zejména odstavením parního rozvodu VS 1 – VS 2. Z

<sup>254</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 36

<sup>255</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 32-34 a 42

rozložení objektů v areálu si lze všimnout, že teplo ze SZT by zásobovalo pouze horní východní část areálu, kde se objekty nacházejí relativně blízko u sebe. Roztroušené objekty ve střední části by byly napájeny ze zásobníku termální vody, zatímco objekty koncentrované ve spodní části areálu by byly napájeny vodou přímo z geotermálního vrtu. Elektrickou energií by byl nově vytápěn obj. 21 (původně VS 1). Mimo obj. 21, by byl el. energií vytápěn (nebo temperován) i obj. 9, 18 a 22. <sup>256</sup>

Tabulka 5.7 – Přibližná bilance spotřeb energie pro účely vytápění (varianta 3) <sup>257</sup>

Parametr	Jednotka	Hodnota
Spotřeba tepla ze SZT	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	2 155
Spotřeba tepla z geotermálního vrtu	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	3 645
Spotřeba tepla pro vytápění el. energií	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	160
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	44
Spotřeba el. energie pro TČ	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	1 460
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	405
Spotřeba el. energie ostatních zařízení souvisejících s vytápěním	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	220
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	61
Celková spotřeba tepla ze SZT a geotermálního vrtu	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	5 800
Celková spotřeba el. energie pro účely vytápění	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	1 840
Celková spotřeba energie pro účely vytápění	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	7 640

Varianta 3 předpokládala pokles odběru tepla ze SZT na hodnotu zhruba 2 155 GJ.r<sup>-1</sup>, větší množství tepla měl dodávat geotermální vrt za pomoci TČ. Bylo navrhováno spotřebovávat větší množství tepelné energie z vrtu než ze SZT, v předchozí variantě je tomu opačně. Využíváno mělo být zhruba 70 % (454 kW) z celkového tepelného výkonu geotermálního zdroje, který byl odhadován na 650 kW <sup>258</sup>.

<sup>256</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 30-34 a 42-43

<sup>257</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 35

<sup>258</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 43

#### 5.4.2.4 Varianta 4

Poslední vypracovaná varianta je z velké části shodná s variantou 3, ze které vychází. Rozdílem je návrh úplného odpojení od SZT. Mimo šesti navržených stanic s tepelnými čerpadly a záložním elektrokotlem, měly být vybudovány další dvě stanice jako náhrada za VS 3 v horní části areálu. Obj. 17 měl mít samostatnou stanici TČ 7, objekty zásobované z VS 3 měly být nově zásobeny stanicí TČ 8. Koncepce řešení opět obsahovala návrh páteřního rozvodu termální vody. Nádrž termální vody v obj. 10 měla zásobit i horní část areálu, což znamenalo jiné dimenzování rozvodu termální vody od obj. 10 k obj. 15 a 16. Odbočka měla být za obj. 16, směrem k obj. 17 (TČ 7) a dále až do obj. 30 (TČ 8).<sup>259</sup>

Varianta 4 též doporučovala rekonstrukci stávajících systému vytápění na nízkoteplotní spád topné vody 55/40 °C a předpokládala výměnu parních varných kotlů v obj. 30 za kotle elektrické. Dále bylo předpokládáno, že při volbě této varianty budou překročeny výkonové parametry stávajícího transformátoru a bude nutno provést jeho výměnu za transformátor s vyšším výkonem (630 kVA) a doplnit zařízení pro kompenzaci účinníku.<sup>260</sup>

Tabulka 5.8 – Přehled stanic pro zásobování teplem (varianta 4)<sup>261</sup>

Označení stanice	Připojené objekty	Zdroj energie	Přibližný instalovaný výkon [kW]	Roční spotřeba tepla [GJ.r <sup>-1</sup> ]
TČ 1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14	Geotermální	330	2 267
TČ 2	8, 10, 11, 12, 13	Geotermální	300	1 839
TČ 3	15	Geotermální	22	99
TČ 4	16	Geotermální	24	107
TČ 5	19	Geotermální	100	450
TČ 6	20	Geotermální	75	343
TČ 7	17	Geotermální	56	263
TČ 8	23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33	Geotermální	250	1 926
Celkem	-	-	1 157	7 294

<sup>259</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 36-37

<sup>260</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 36 a 39

<sup>261</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 40

Tabulka 5.9 – Přibližná bilance spotřeb energie pro účely vytápění (varianta 4) <sup>262</sup>

Parametr	Jednotka	Hodnota
Spotřeba tepla ze SZT	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	0
Spotřeba tepla z geotermálního vrtu	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	5 070
Spotřeba tepla pro vytápění el. energií	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	160
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	44
Spotřeba el. energie pro TČ	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	2 010
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	560
Spotřeba el. energie ostatních zařízení souvisejících s vytápěním	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	310
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	86
Celková spotřeba tepla ze SZT a geotermálního vrtu	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	5 070
Celková spotřeba el. energie pro účely vytápění	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	2 480
Celková spotřeba energie pro účely vytápění	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	7 550

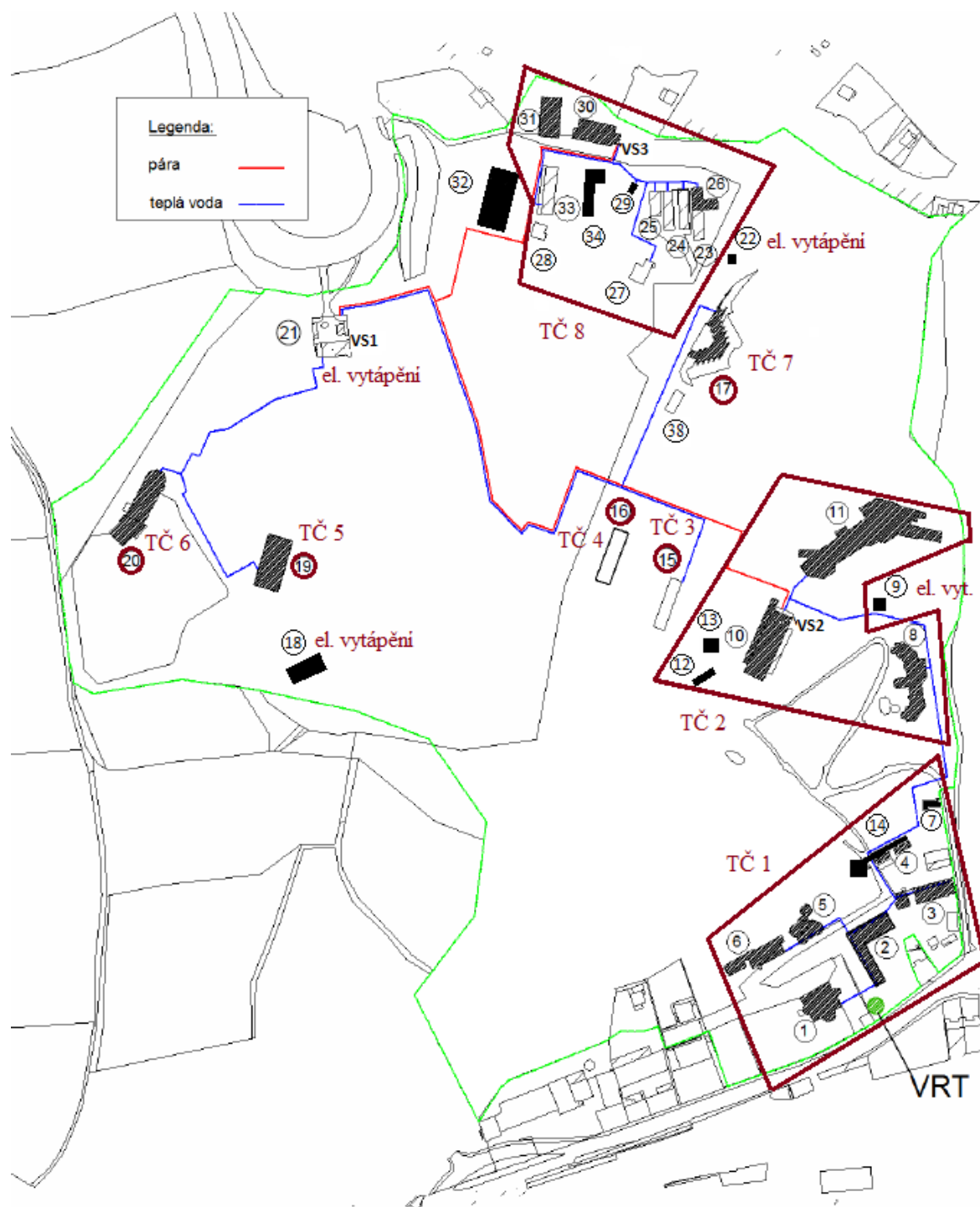
Varianta byla postavena na možnosti úplného odpojení od SZT a přechodu na vytápění geotermální energií z termální vody pomocí TČ. Došlo by ke zrušení veškerých parních rozvodů, změnou parametrů topné vody by také došlo ke zmírnění tepelných ztrát v jejích rozvodech. Stávající VS by byly zrušeny. Zásobování částí areálu s vyšší koncentrací budov by zajišťovaly tři stanice s tepelnými čerpadly a elektrokotlem, jedná se o část horní (stávající napájení z VS 3), střední východní (VS 2) a spodní. Další objekty nacházející se mimo tyto části by měly vlastní decentralizované stanice. <sup>263</sup>

Geotermální vrt měl být využíván v podstatě na maximum svého tepelného výkonu za předpokladu odběru 6,5 l.s<sup>-1</sup> termální vody. Až 95 % (620 kW) z jeho celkového tepelného výkonu (650 kW) mělo být využito pro roční zisk tepelné energie v množství 5 070 GJ.r<sup>-1</sup>. Zbývajících 5 % měly být pokryty tepelné ztráty v rozvodech termální vody. Na druhou stranu tato varianta představovala největší navýšení spotřeby elektrické energie pro potřeby vytápění. Mimo dalších stanic oproti variantě 3 je nutno zohlednit potřebu čerpadel s vyšším výkonem. Zásah do systému výchozího stavu je také v této variantě největší a je zřejmé, že investice při výběru varianty 4 by byla na rozdíl od předešlých variant nákladnější. <sup>264</sup>

<sup>262</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 40

<sup>263</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 43

<sup>264</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 43



Obrázek 5.2 – Schéma rozdělení areálu zoo pro jednotlivé stanice s TČ (varianta 4) <sup>265</sup>

<sup>265</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 59

### 5.4.3 Porovnání variant

Pro přehlednost jsem sestavil tabulka 5.10 srovnávající varianty zpracované společností Tebodin Czech Republic. Varianta 1, zpracovaná společností CHEMING, a. s. není z důvodu nedostatku dat ve srovnání zahrnuta. V návaznosti na tab. 5.10 uvádím tab. 5.11, prezentující předpokládanou změnu spotřeb tepla a elektrické energie pro účely vytápění. Jako referenční hodnoty pro porovnání spotřeb el. energie a tepla v tab. 5.11 jsem zvolil mediány rozmezí ročních spotřeb tepla z SZT (10 000 až 12 000 GJ.r<sup>-1</sup>) a elektřiny využívané pro potřeby vytápění (200 až 300 GJ.r<sup>-1</sup>).

Tabulka 5.10 – Porovnání bilance spotřeb energie pro účely vytápění variant 2 až 4

Parametr	Jednotka	Hodnoty pro jednotlivé varianty		
		Var. 2	Var. 3	Var. 4
Spotřeba tepla ze SZT	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	3 530	2 155	0
Spotřeba tepla z geotermálního vrtu	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	2 935	3 645	5 070
Spotřeba el. energie pro TČ	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	1 170	1 460	2 010
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	325	405	560
Celková spotřeba el. energie pro účely vytápění	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	1 586	1 840	2 480
	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	440	511	689
Celková spotřeba energie pro účely vytápění	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	8 051	7 640	7 550

Tabulka 5.11 – Změny spotřeb energií pro účely vytápění variant 2 až 4

Parametr	Jednotka	Hodnoty pro jednotlivé varianty			Referenční hodnoty spotřeb
		Var. 2	Var. 3	Var. 4	
Změna spotřeby tepla odebíraného ze SZT	[GJ.r <sup>-1</sup> ]	-7 470	-8 845	-11 000	11 000
	[%]	-68	-80	-100	100
Změna spotřeby elektrické energie pro účely vytápění	[MWh.r <sup>-1</sup> ]	+371	+442	+620	69
	[%]	+538	+640	+889	100

V rámci Energetického auditu k žádosti o podporu ze SFŽP ČR bylo prezentováno i hodnocení jednotlivých variant řešení z hlediska jejich vlivu na životní prostředí. Výsledné porovnání uvádím v následující tabulce.

Tabulka 5.12 – Porovnání jednotlivých variant z hlediska vlivu na životní prostředí<sup>266</sup>

Varianta	Emise [t.rok <sup>-1</sup> ]						
	tuhé	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	CO <sub>2</sub>	Celkem
Výchozí stav	0,209	7,426	2,251	0,901	0,253	1 118,42	1 129,46
Varianta 1	0,274	7,066	2,123	0,743	0,228	1 012,13	1 022,56
Varianta 2	0,274	5,844	1,745	0,541	0,180	804,14	812,72
Varianta 3	0,284	4,882	1,445	0,368	0,141	633,77	640,89
Varianta 4	0,319	3,582	1,034	0,101	0,085	338,79	343,91

Oproti výchozímu stavu představovaly všechny navrhované varianty šetrnější provoz produkcí nižšího množství látek znečišťujících životní prostředí. Snížení odběru tepla ze zdroje SZT – Teplárny Trmice a substituce tohoto zdroje geotermálním vrtem znamenalo značné omezení produkce znečišťujících látek.

Při využití geotermální zdroje v maximální možné míře, navrhovaném variantou 4, by došlo k největšímu poklesu emisí. Nový systém zásobování teplem by se svým provozem podílel na tvorbě emisí spojených s produkcí elektrické energie získávané z distribuční soustavy, která by zajišťovala provoz navrhovaných TČ a pomocných zařízení. Nepatrný přínos na tvorbu škodlivých by i nadále měla nízká spotřeba zemního plynu. Z pohledu životního prostředí byla nejvhodnějším řešením právě varianta 4, při jejím provozu se očekávala celková produkce emisí nižší o 785,55 t.rok<sup>-1</sup> (70 %) oproti původnímu systému zásobování teplem.

Společnost Tebodín v Energetickém auditu k žádosti o podporu ze SFŽP ČR provedla též ekonomické hodnocení<sup>267</sup> jednotlivých variant pro období 15 let provozu, začínajícího rokem 2003. Byly vypočteny hodnoty předpokládaných úspor, kumulovaného toku hotovosti, diskontovaných čistých úspor, diskontovaného kumulovaného toku hotovosti a mimo jiné i diskontovaný tok hotovosti, čistá současná hodnota (NPV), vnitřní výnosové procento (IRR) a reálná doba návratnosti. Základními předpoklady pro výpočty byly ceny energií na počátku výpočtového období ve výši 258,50 Kč.GJ<sup>-1</sup> za teplo ze SZT a 1,92 Kč.kWh<sup>-1</sup> za el. energii, meziroční růst cen energií byl stanoven na 4 %. Dále bylo počítáno s 9 % hodnotou diskontu. Shrnutí výsledků ekonomického hodnocení prezentuje následující tabulka, výpočty byly provedeny bez započtení daní či případných dotací.

<sup>266</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 56

<sup>267</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 45-53



Tabulka 5.13 – Výsledné ekonomické hodnocení jednotlivých variant řešení <sup>268</sup>

Parametr	Jednotka	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Investiční náklady	tis. Kč	15 920	13 860	19 970	25 120
Čistá současná hodnota (NPV)	tis. Kč	-6 875,4	1 397,0	1 345,7	1 829,5
Vnitřní výnosové procento (IRR)	%	-1,1	11,0	10,3	10,4
Reálná doba návratnosti investice	let	nesplatí se	12	13	13

Z porovnávaných variant společnost Tebodín v Energetickém auditu k žádosti o podporu ze SFŽP ČR doporučila <sup>269</sup> realizovat variantu číslo 4, která předpokládala maximální využití tepla z geotermálního zdroje a úplné odpojení od SZT. Díky souhrnné změně výchozího neefektivního systému vytápění se u této varianty předpokládala nejnižší výsledná roční spotřeba energie pro potřeby vytápění i nejnižší ztráty v systému, dále tato varianta vykazovala nejvyšší roční úspory nakupované energie. Zároveň měla tato varianta nejmenší předpokládaný provozní vliv na životní prostředí. Nevýhodou představovala vyšší závislost na elektrické energii, protože varianta 4 znamenala nejvyšší navýšení spotřeb el. energie vzhledem k ostatním variantám.

Varianta číslo 1 byla vyhodnocena jako ekonomicky neefektivní, na rozdíl od zbylých variant. Varianty 2 a 3 vycházejí z hlediska NPV a IRR podobně, nicméně jejich řešení plně nevyužívá možností geotermální zdroje a namísto toho zachovávají část systému zásobování teplem na bázi SZT, tato skutečnost se silně projevuje ve výši odhadovaných investičních nákladů jednotlivých variant.

<sup>268</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 51

<sup>269</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 57

#### 5.4.4 Upravená varianta pro realizaci – projekt pro stavení řízení

Vybranou variantou pro přípravu projektu pro stavební řízení byla varianta 4 (viz podkapitola 5.4.2.4) zpracovaná spol. Tebodín Czech Republic, navrhuující úplné odpojení od SZT a maximální využití geotermální energie z hlubinného vrtu.

Řešení dle varianty 4 předpokládalo <sup>270</sup>:

- Vybudování páteřního rozvodu geotermální vody ze spodní části areálu směrem k obj. 10. Zásobování všech objektů Zoo Ústí nad Labem tepelnou energií z geotermální vody vyjma obj. 9, 18, 21 a 22 vytápěných el. energií.
- Vybudování 8 stanic s TČ pro získání tepla z geotermální vody páteřního rozvodu a jejímu předání do systémů topné vody. Viz tabulka 5.8 obsahující přehledem jednotlivých stanic.
- Rekonstrukci stávajících otopných systému pro provoz topné vody při nízkém teplotním spádu 55/40 °C.
- Výměnu parních varných kotlů v obj. 30 za kotle elektrické.
- Vybudování hlubinného vrtu pro navrácení využitě geotermální vody zpět do podzemních struktur v souladu s vodním zákonem č. 254/2001 Sb. a podmínkami vodoprávního řádu.

Po přiklonění k variantě číslo 4 proběhla řada jednání předcházející zadání zpracování projektu pro stavební povolení. Představitelé Zoo Ústí nad Labem specifikovali dodatečné požadavky, které znamenaly navýšení spotřeb tepla v rámci rozvoje zoo. <sup>271</sup>

Dodatečné požadavky byly následující <sup>272</sup>:

- Pokrytí navýšené spotřeby tepla po vybudování objektu nového slonince rozšířením a rekonstrukcí obj. 19 v horní části zoo.
- Připojení vjezdové vrátnice ve spodní části areálu na systém zásobování teplem (ze stanice v obj. 2) a skleníků v horní části areálu.
- Navýšení interiérových teplot, tedy i spotřeb tepla, v některých budovách z důvodu změny skladby zvířat.
- Vytvoření rezervy v kapacitě zdrojů pro plánovaný rozvoj zoo, především v horní části areálu.

---

<sup>270</sup> MAREŠ a kol., pozn. 243, s. 63

<sup>271</sup> MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODÍN CZECH REPUBLIC. *Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. s. 5. č. dokumentu 5033-000-2/2-KA 02.

<sup>272</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 5

Projektový záměr akce byl nazván „Využití obnovitelných zdroj energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“. Projekt pro stavební řízení vycházející koncepčně z varianty číslo 4 byl vypracován během roku 2002 firmou CHEMING, a. s., Ústí nad Labem.<sup>273</sup>

Obsah projektu byl následující<sup>274</sup>:

- a) Objekty pro čerpání a rozvod termální vody
  - SO 06 úprava zhlaví geotermálního vrtu,
  - SO 16 tlaková čerpací stanice,
  - SO 07, 08, 09 rozvody tlakové vody,
  - SO 10 vsakovací studny v horní části zoo.
- b) Zdroje a rozvody tepla
  - SO 01 až 05 stanice s TČ č. 1 až 5,
  - SO 11 až 15 teplovodní rozvody a úpravy ÚT v připojených obj.
- c) Zdroje a rozvody elektřiny
  - SO 24 úpravy stávající trafostanice TS 1,
  - SO 26 nová trafostanice TS 2,
  - SO 25 přípojka vn 22 kV,
  - SO 17, 18, 19 kabelové rozvody nn.
- d) Automatizovaný systém řízení technologických procesů (ASŘTP)
  - SO 21, 22, 23 slaboproudé rozvody a zařízení ASŘTP.
- e) Ostatní
  - SO 20 komunikace a zpevněné plochy,
  - SO 27, 28 přípojka vody z Dobčtic a úpravy hydroforové stanice.

#### 5.4.4.1 Zásobování teplem

Většina objektů zoo měla být vytápěna prostřednictvím stanic s tepelnými čerpadly, respektive pomocí termální vody původem z hlubinného vrtu ve spodní části areálu. Seznam jednotlivých objektů je v příloze č. 4. Projekt navrhoval<sup>275</sup> vybudování pěti stanic s tepelnými čerpadly typu voda-voda doplněnými elektrokotli (bivalentní zdroj) v obj. 2, 10, 38, 30 a 19. Oproti návrhům varianty 4, se ke stanici TČ 1 připojily i objekty 39 – vrátnice a 41 – dolní vstup (nacházejí se vedle vrtu, před objektem 1). TČ 2 byla z hlediska

---

<sup>273</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 4

<sup>274</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 16

<sup>275</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 16-17

připojených objektů projektována beze změny. Stanice TČ 3 měla napájet objekty, které původně měly mít vlastní stanice s TČ (obj. 15, 16, 17 – původně TČ 3, 4, 7), navíc měl být připojen obj. 22 a 38. Nová stanice TČ 4 přebírala úlohu TČ 8 z varianty 4 s tím, že se přidal ve výchozím stavu nevytápěný obj. 34. Poslední stanice TČ 5 zahrnovala objekty, které podle varianty 4 měly mít vlastní stanice TČ 5 a TČ 6. Elektrickou energií měly být vytápěny objekty 9, 18, 21, 37 a 42.

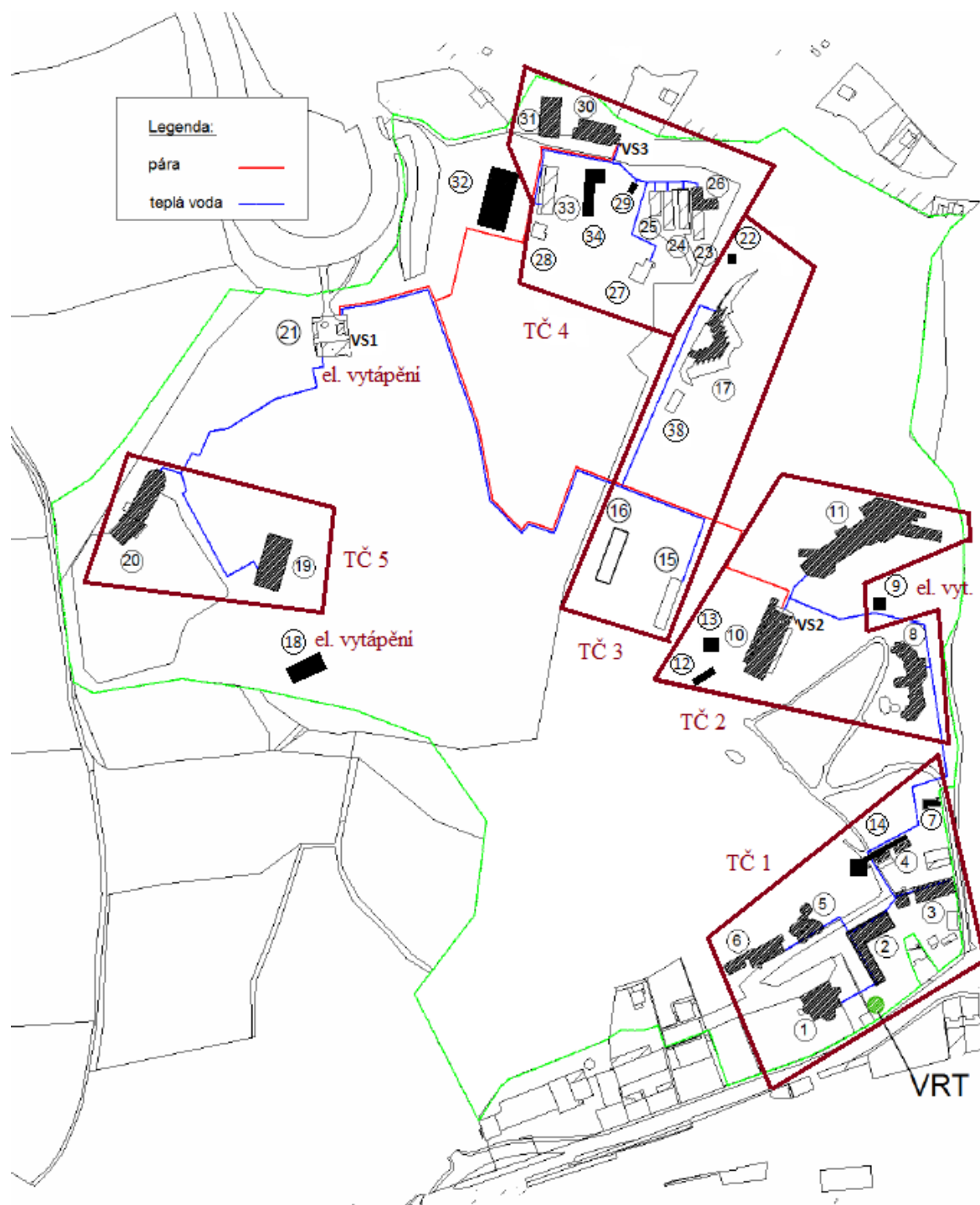
Tabulka 5.14 – Přehled stanic pro zásobování teplem (projekt pro stavební řízení) <sup>276</sup>

Informace	Jednotka	TČ 1	TČ 2	TČ 3	TČ 4	TČ 5	Celkem
Připojené objekty	[-]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 39, 41	8, 10, 11, 12, 13	15, 16, 17, 22, 38	23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34	19, 20	-
Max. odběr termální vody	[l.s <sup>-1</sup> ]	2,7	2,4	0,9	3,0	3,0	12
Jmenovitý instalovaný výkon TČ	[kW]	295	260	102	330	316	1 303
El. příkon TČ	[kW]	53	47	18	60	81	259
Tepelný zisk z termální vody	[kW]	242	213	84	270	235	1 044
El. příkon elektrokotle	[kW]	96	96	32	96	96	416

Termální voda o teplotě  $32 \pm 1$  °C měla být odebírána ve vyšším množství, a to 12 l.s<sup>-1</sup>. Dále měla být rozváděna do pěti stanic předizolovaným potrubím uloženým v zemi. Každá nová stanice měla mít okruh topné vody, kterým by napájela přidružené objekty. Systém topné vody měl být rekonstruován (případně dobudován) tak, aby využíval teplotního spádu 55/40 °C, namísto původních 80/60 °C. Snížení teplotního spádu rovněž vyžadovalo rekonstrukci otopných soustav s nutností rozšíření nebo výměny otopných ploch v jednotlivých objektech. V případě rozvodů topné vody měly být využity původní rozvody s novou izolací, případně vybudovány nové s předizolovaným potrubím uloženým v zemi. Plánovaná rekonstrukce nenavrhovala změny původního systému ohřevu TV. <sup>277</sup>

<sup>276</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 17

<sup>277</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 17



Obrázek 5.3 – Schéma rozdělení areálu zoo pro jednotlivé stanice s TČ (projekt pro stavební řízení)

#### 5.4.4.2 Zásobování elektrickou energií

Nahrazení dodávek ze SZT teplem z geotermálního vrtu pomocí stanic s TČ znamenalo zvýšení spotřeby elektrické energie. Namísto původní myšlenky výměny transformátoru ve stanici TS 1, projekt navrhoval vybudování nové trafostanice TS 2 vyzbrojenou transformátorem se jmenovitým zdánlivým výkonem 630 kVA. Nová trafostanice měla být

vybudována v horní části zoo v tehdy nevyužívaném obj. 38 – olejové hospodářství. Projekt zahrnoval vybudování vn přípojky využívající napěťovou hladinu 22 kV. Původní stanice TS 1 v dolní části areálu měla být zachována.<sup>278</sup>

#### 5.4.4.3 Zásobování zemním plynem

Projekt se nijak nezabýval výchozím stavem systému zásobování zemním plynem, který byl využíván průtočnými nebo zásobníkovými ohříváči TV v objektech č. 1 a 4 ve spodní části areálu.<sup>279</sup>

#### 5.4.4.4 Vybrané výstupy týkající se projektu pro stavební řízení

Informace pro tvorbu této kapitoly jsem čerpal z auditu k projektu pro stavební řízení vypracovaného spol. Tebodín Czech Republic. Níže uvedené údaje byly tedy obsaženy v dokumentaci projektu pro stavební řízení a v souvisejícím auditu.

Očekával se odběr tepla z termální vody ve výši 8 700 GJ.r<sup>-1</sup>, přičemž celková roční spotřeba tepla z TČ se předpokládala ve výši 10 630 GJ.r<sup>-1</sup>. Celková spotřeba energií celého areálu měla dosahovat zhruba 13 782 GJ.r<sup>-1</sup>, a to včetně tepla z termální vody. Tedy vstupy veškeré elektrické energie a zemního plynu měly po realizaci projektu ročně činit zhruba 5 082 GJ.r<sup>-1</sup>, oproti tomu v roce 2002 činil součet vstupů energie SZT, el. sítě a rozvodu zemního plynu zhruba 14 222 GJ.r<sup>-1</sup>, viz tabulka 5.15.<sup>280</sup>

Využití tepla z geotermálního zdroje představovalo značnou úsporu provozních nákladů, díky drastickému snížení množství nakupované energie. Projekt pro stavební řízení se nicméně oproti variantě 4 lišil svým pojetím a rozsahem. Zatímco varianta 4 měla čistě nahradit výchozí systém vytápění, projekt pro stavební řízení představoval oproti výchozímu stavu rozvoj. Projekt pro stavební řízení zahrnoval mimo vybudování vlastního systému pro využití geotermálního zdroje i přidružené úkoly jako byla úprava teplotních podmínek ve vybraných pavilonech či úprava komunikací, do projektu byla zahrnuta i s projektem nesouvisející vodovodní přípojka z Dobětic (část města Ústí nad Labem). Zahnutí rozvojových záměrů zoo do projektu pro stavební řízení navýšilo investiční náklady. Projekt obsahoval i souhrnnou rekonstrukci vytápěcího systému budov, která by bez ohledu na změnu systému vytápění musela být jednou realizována, avšak tato položka prodražila<sup>281</sup> projekt zhruba o 14 milionů Kč. Tyto skutečnosti se negativně projevíly ve výpočtech

---

<sup>278</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 18

<sup>279</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 12 a 18

<sup>280</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 20

<sup>281</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 29

ekonomické efektivity prezentovaných energetickém auditu k projektu pro stavební řízení publikovaným spol. Tebodin v srpnu 2003. Toto ekonomické hodnocení uvádím v příloze 6, společně s výpočtem bez zahrnutí dotace poskytnuté SFŽP ČR ve výši 7 625 tisíc Kč publikovaným ve vyjádření energetického auditora k projektu pro stavební řízení. Příloha 5 obsahuje ekonomické hodnocení varianty číslo 4 prezentované v energetickém auditu k žádosti o podporu ze SFŽP ČR.

Tabulka 5.15 – Změny v zásobování energií předpokládané projektem pro stavební řízení<sup>282</sup>

Parametr	Před realizací projektu		Po realizaci projektu	
	energie [GJ.r <sup>-1</sup> ]	náklady [tis. Kč]	energie [GJ.r <sup>-1</sup> ]	náklady [tis. Kč]
Vstupy energií a paliv	14 222	4 315	5 082	2 444
Celková spotřeba energií	14 222	4 315	13 782	2 444
Spotřeba energie na vytápění a ohřev TV	7 944	2 265	11 332	1 444
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	1 878	913	1 918	932
Ztráty energie ve zdrojích a distribuci	4 400	1 137	532	68

Tabulka 5.16 – Předpokládané roční úspory po realizaci projektu pro stavební řízení

Parametr	Stav po realizaci projektu		Úspora	
	energie [GJ.r <sup>-1</sup> ]	náklady [tis. Kč]	energie [GJ.r <sup>-1</sup> ]	náklady [tis. Kč]
Vstupy energií a paliv	5 082	2 444	9 140	1 871
Celková spotřeba energií	13 782	2 444	440	1 871
Spotřeba energie na vytápění a ohřev TV	11 332	1 444	-3 388	821
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	1 918	932	-40	-19
Ztráty energie ve zdrojích a distribuci	532	68	3 868	1 069

<sup>282</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 20

Dodatečné požadavky na projekt způsobily negativní vyhodnocení ekonomické efektivity. Ekonomické zhodnocení bylo v energetickém auditu projektu provedeno obdobně jako v auditu k žádosti o podporu ze SFŽP ČR. Zhodnocení<sup>283</sup> se vázalo opět na dobu provozu 15 let (2003 až 2017) a počítalo se i se stejnou hodnotou diskontu a meziročním růstem cen. Na počátku výpočtového období se předpokládala jednotková cena tepla ve výši 300 Kč.GJ<sup>-1</sup>, zhruba o 50 Kč, více než v auditu k podpoře ze SFŽP ČR, a za elektrickou energii cenu ve výši 1,75 Kč.kWh<sup>-1</sup>, o 17 haléřů nižší cena za kWh oproti auditu k podpoře ze SFŽP ČR. Následující tabulka uvádí základní výstupy z ekonomických hodnocení prezentovaných spol. Tebodín. Ve stanoveném 15 letém období provozu se neočekávalo, že bude investice do projektu návratná. Nicméně při výpočtu bez zahrnutí nákladů na rekonstrukci systémů otopných systému budov měl být projekt stejně jako varianta 4 ekonomicky příznivý.

Tabulka 5.17 – Výstupy ekonomického hodnocení varianty 4 a projektu pro stavební řízení<sup>284</sup>

Parametr	Jednotka	Varianta 4	Projekt pro stavební řízení		
			se zahrnutím dotace		bez zahrnutí dotace
			s rekon. ot. sys.	bez rekon. ot. sys.	
Investiční náklady	tis. Kč	25 120	35 306,0	21 306,0	35 306,0
Čistá současná hodnota (NPV)	tis. Kč	1 829,5	-6 476,9	6 367,1	-5 456,3
Vnitřní výnosové procento (IRR)	%	10,4	4,2	29,9	5,9
Reálná doba návratnosti investice	let	13	nesplatí se	8	nesplatí se
<b>Poznámka:</b> Výstupy pro stavební řízení se započtením dotace jsou uvedeny ve dvou formách, včetně a bez zahrnutí nákladů na rekonstrukci otopného systému ve výši zhruba 14 milionů Kč.					

<sup>283</sup> MAREŠ a kol., pozn. 271, s. 24-27

<sup>284</sup> Tabulka vytvořena autorem na základě zdrojů:

MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. s. 26-27. č. dokumentu 5033-000-2/2-KA 02.

MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR*. Praha, 2002. s. 50. č. dokumentu 4738-00-2/2-KA-01.

MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Vyjádření energetického auditora k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. s. 20. č. dokumentu 4947-000-2/2-KA 02



#### 5.4.5 Realizace projektu

Prováděcí projekt byl nakonec vyhotoven v upraveném provedení oproti projektu pro stavební řízení. Pro snížení tepelných ztrát byl vybudován cirkulační okruh upravené vody, který slouží k přenosu tepla ze spodní části areálu do stanic zásobujících teplem zbytek areálu. Termální voda není rozváděna po areálu, jak bylo původně plánováno, ale pouze do stanice TČ 1, kde se nachází dva deskové výměníky pro přenos tepla mezi termální vodou z vrtu a vodou proudící v cirkulačním okruhu. Z cirkulačního okruhu je napájeno celkem pět stanic obsahující tepelná čerpadla a záložní elektrokotel.

Projekční práce provedla firma CHEMING, a. s., Ústí nad Labem, generálním zhotovitelem byla společnost Skanska CZ a. s. Praha, tepelná čerpadla dodala firma IVT Tepelná čerpadla s.r.o. Praha. Na provedení se též podílela firma MARTIA a. s. a ELTE, s. r. o., Ústí nad Labem. Realizační práce byly rozděleny do dvou etap, přičemž stavební povolení bylo vydáno již v červnu roku 2003. Oficiální zahájení stavby se uskutečnilo v březnu 2004.

První etapa se zabývala spodní částí zoo, byla realizována stanice TČ 1 s výměníky tepla pro termální vodu, pěti TČ a jedním elektrokotlem, dále akumulární nádrže, rozvody a prvky pro měření a regulaci (MaR), vše pro zásobování přilehlých objektů teplem. Dále byly vybudovány rozvody topné vody a otopné systémy v přilehlých objektech. První etapa byla uvedena do provozu již na začátku listopadu 2004.<sup>285</sup>

Ve druhé etapě byly vybudovány zbylé čtyři stanice TČ 2 – TČ 5 s veškerou potřebnou infrastrukturou a technologií. Byly instalovány 19 kusů TČ a 4 záložní elektrokotle, akumulární nádrže, rozvody a prvky pro měření a regulaci. Dále byly vybudovány či rekonstruovány potřebné rozvody topné vody a otopné systémy. Zhotovena byla i zamýšlená trafostanice TS 2. Druhá etapa byla uvedena do provozu na počátku prosince 2005.<sup>286</sup>

Po jistou dobu realizace projektu tedy areál fungoval v kombinovaném provozu starého systému využívající SZT a geotermálního zdroje. K úplnému odpojení od SZT došlo v dubnu roku 2005.<sup>287</sup>

Hlubinný vrt v současné době dodává 12 l.s<sup>-1</sup> termální vody s teplotou 32 °C rozvodem přes obj. 2, kde se nachází první stanice nového systému zásobování teplem. Po předání

---

<sup>285</sup> DOLEŽAL, Michal. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Zhodnocení efektu projektu využití geotermální energie pro vytápění ZOO v Ústí nad Labem*. Praha, 2007. s. 20. č. dokumentu 5596-900-1/2KX-01. Dostupné také z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/2196>

<sup>286</sup> DOLEŽAL, pozn. 285, s. 20

<sup>287</sup> DOLEŽAL, pozn. 285, s. 22

energie ve výměnících se termální voda, ochlazená <sup>288</sup> na 14 až 9 °C, jistou dobu od dokončení projektu navracela zpět do země díky realizovanému vsakovacímu vrtu. V současné době je však s vědomím a povolením vodohospodářských orgánů ochlazená voda z geotermálního zdroje vypouštěna do Labe, kvůli obavám, které vyvolávalo podmáčení půdy v okolí vsakovacího vrtu.

Cirkulačním okruhem bylo dosaženo snížení tepelných ztrát oproti původnímu řešení rozvodu termální vody s vyšší teplotou. Výhodou je i to, že geotermální voda se vyskytuje v minimální části rozvodů. Cirkulační okruh <sup>289</sup> pracuje s teplotním spádem 30/15 °C a jeho délka přesahuje 2 000 m, tento okruh je zajímavostí projektu vzhledem ke své délce i značným výškovým rozdílům částí areálu ústecké zoo. Výstupní teplota z tepelných čerpadel je díky použitému bezfreonovému chladivu R 134 A až 65 °C, což má pomoci dosažení vysokého topného faktoru. Otopné systémy byly rekonstruovány na provoz s projektovaným teplotním spádem topné vody 55/40 °C, ve vytápěných objektech bylo nutno rekonstruovat staré rozvody ústředního topení a místo starých radiátorů instalovat nové deskové radiátory s větší otopnou plochou. <sup>290</sup>

Realizované stanice:

- TČ 1 – umístění v obj. 2, připojeny obj. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 39 a 41.
- TČ 2 – umístění v obj. 10, připojeny obj. 8, 11, 12, 13 a 42.
- TČ 3 – umístění v obj. 38, připojeny obj. 15 a 17.
- TČ 4 – umístění v obj. 30, připojeny obj. 23, 24, 25, 26, 31.
- TČ 5 – umístění v obj. 21, připojeny obj. 19 a 20.

---

<sup>288</sup> PETRÁŠ, Dušan, et al. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. s. 192. ISBN 978-80-8076-069-4.

<sup>289</sup> BLÁHA, Marek. Netradiční instalace tepelných čerpadel IVT: Vytápění areálu ZOO Ústí nad Labem. *TZB-info* [online]. 10. 11. 2004 [cit. 2018-11-20]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2231-netradicni-instalace-tepelnych-čerpadel-ivt>

<sup>290</sup> PETRÁŠ et al., pozn. 288, s. 192

SKANSKA. *Skanska Stavba roku ABF 2006: Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu ZOO Ústí nad Labem*. Praha, 2005.

Tabulka 5.18 – Základní provozní parametry nového systému zásobování teplem <sup>291</sup>

Médium	Jmenovitý teplotní spád [°C]	Maximální přetlak [MPa]
Termální voda (primární okruh)	32/17	1,2
Topná voda pro tepelná čerpadla (sekundární okruh – meziokruh)	30/15	1,6
Topná voda pro vytápění (terciární okruh)	55/40	0,4

Provoz nového zdroje je plně automatizován, bez trvalé obsluhy, vyžadován je pouze občasný dohled. Systém MaR vyhodnocuje aktuální potřebu topného výkonu podle venkovní teploty, čímž byly sníženy požadavky na velikost akumulčních nádrží. V okamžiku vzniku potřeby tepla jsou nejdříve řídicím systémem postupně spínána kaskádově řazená TČ a v případě nedostatečného topného výkonu je připnut elektrokotel, respektive jeho stupně. Tepelná čerpadla byla navržena tak aby pokryla spotřebu až do venkovní teploty -6 °C, nižší venkovní teplota je podnětem řídicímu systému pro sepnutí elektrokotle. Každá stanice je vybavena panelem MaR, který zajišťuje základní i havarijní optickou a akustickou signalizaci. V případě poruchy a odstavení TČ mohou být využity elektrokotle na svém plném výkonu. Nový systém též obsahuje řadu pojistných ventilů nastavených na maximální hodnoty přetlaku. Pro vyrovnání změn objemové roztažnosti vody slouží expanzní nádoby. Pokud by došlo k situaci, při které by z otopného systému vracela voda s teplotou vyšší než 45 °C, dojde k automatickému odstavení TČ na dobu 15 minut. <sup>292</sup>

Zdroje tepla v realizovaných stanicích <sup>293</sup>:

- TČ IVT Greenline G22 s topným výkonem 32 – 42 kW.
- TČ IVT Greenline G26 s topným výkonem 37 – 49 kW.
- Elektrokotel Kopřiva s topným výkonem 30 – 120 kW.

<sup>291</sup> PETR, Jalůvka. SKANSKA. *Technická zpráva Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo: Skutečné provedení 5/06*. Praha, 2004. s. 3.

<sup>292</sup> PETR, Jalůvka. SKANSKA. *Technická zpráva Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo: Skutečné provedení 5/06*. Praha, 2004. s. 5-6.

<sup>293</sup> TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Výsledky realizovaného projektu pro využití geotermální energie: 2. Konference AEA*. Praha, 2006.

Tabulka 5.19 – Přehled instalovaných TČ a elektrokotlů<sup>294</sup>

Stanice	TČ Greenline G22		TČ Greenline G26		Elektrokotel	
	počet [ks]	topný výkon [kW]	počet [ks]	topný výkon [kW]	počet [ks]	topný výkon [kW]
TČ 1	2	64 – 84	3	111 – 147	1	120
TČ 2	1	32 – 42	4	148 – 196	1	90
TČ 3	2	64 – 84	0	0	1	30
TČ 4	4	128 – 168	2	74 – 98	1	90
TČ 5	4	128 – 168	2	74 – 98	1	90
Celkem	13	416 – 546	11	407 – 539	5	420

Většina hlavní technologie, včetně třífázových TČ, využívá nn síť s napětovou hladinou 400 V. Pro zajištění potřebného příkonu byla vedle TČ 3 v obj. 38 realizována nová trafostanice TS 2 vyzbrojená transformátorem se jm. zdánlivým výkonem 630 kVA.

Stavba byla dokončena v září 2005, přičemž již v dubnu tohoto roku byl areál Zoo Ústí nad Labem odpojen od SZT. Po provedení důkladných topných zkoušek byl kompletní nový systém zásobování teplem na začátku prosince 2005 uveden do provozu.

## 5.5 Zhodnocení projektu

V této podkapitole prezentuji metodiku a výsledky vytvořeného ekonomického a energetického zhodnocení. Detailní data související s tvorbou těchto zhodnocení jsou uváděna v přílohách této práce, důležité výstupy jsou rovněž uvedeny i v následujících podkapitolách. V hodnocení se opírám o stav před realizací projektu (1999 až 2003) a po realizaci projektu (2006 až 2017), přechodné období realizace projektového řešení mezi lety 2004 a 2005 jsem ve zhodnoceních neuvažoval. V poslední části této podkapitoly uvádím též ekologické hodnocení, jehož část je založena na výpočtech provedených spol. Tebodin Czech Republic v roce 2007.

<sup>294</sup> TEBODIN CZECH REPUBLIC, pozn. 293

### 5.5.1 Ekonomické zhodnocení

V rámci ekonomického zhodnocení jsem vyhodnotil ekonomické účinky realizovaného projektu. První částí jsem se zaměřil na stanovení ekonomických úspor. Ve druhé části jsem zhodnotil projekt z hlediska vybraných ekonomických kritérií zjištěných na základě vypočtených ekonomických úspor.

#### 5.5.1.1 Ekonomické úspory

Použitá metodika výpočtu ekonomických úspor je založena na porovnání provozních nákladů nového systému zásobování teplem vzhledem k předpokládaným tzv. fiktivním nákladům, které by vznikly při zachování původního systému zásobování teplem bez realizace jakýkoliv úprav topného systému zoo. Úspory nákladů jsem vypočetl pro rozmezí let 2006 až 2017, tedy od roku prvního plného provozu nového systému až po poslední rok, pro který byla k dispozici úplná potřebná data. Výpočty byly provedeny bez zohlednění DPH a daně z elektřiny.

Pro stanovení provozních nákladů jsem vycházel ze spotřeb jednotlivých forem energie. Archiv účetního oddělení Zoo Ústí nad Labem mi umožnil získat informace z faktur za el. energii z let 2008 až 2017, faktury z dřívějších let již nejsou k dispozici. Získané údaje uvádím v přílohách, první tabulka v každé z těchto příloh obsahuje odběr el. energie a příslušné náklady v jednotlivých měsících. Náklady jsou rozděleny na regulované položky a komoditu. Do regulovaných položek patří platby za systémové služby, podporu výkupu el. energie z OZE, činnost OTE nebo za rezervovanou kapacitu a její překročení či nedodržení účinníku apod. Do nákladů za komoditu patří platby za dodávku elektrické energie. Náklady jsou vždy uvedeny bez DPH a daně z elektřiny. Tabulky jsou rozděleny podle odběrných míst. První odběrné místo označované často jako „areál zoo“ (EAN OMP xxx194) zahrnuje dodávku pro potřeby běžných objektů zoo. Další dvě odběrná místa (EAN OMP xxx442 a xxx281) zahrnují dodávku energie pro stanice TČ 1 a TČ 2 až TČ 5, tedy pro samotná tepelná čerpadla a pro ostatní podpůrná zařízení systému zásobování teplem. Pod první tabulkou těchto příloh je vždy uvedena součtová tabulka, která obsahuje součet odběrných míst pro potřeby nového systému zásobování teplem označeného jako „geotermální zdroj“ a úplný součet pro celou zoo. K dispozici nebyly faktury se za prosinec 2010 a červen 2016, údaje pro tyto měsíce byly odhadnuty a v tabulkách jsou zvýrazněny viz dané přílohy. Na základě údajů získaných z těchto faktur byla vytvořena souhrnná tabulka (příloha 7) s

celkovými hodnotami odběrů energie a nákladů pro jednotlivé roky, odebíraná energie je uvedena i v přepočtených hodnotách v GJ.

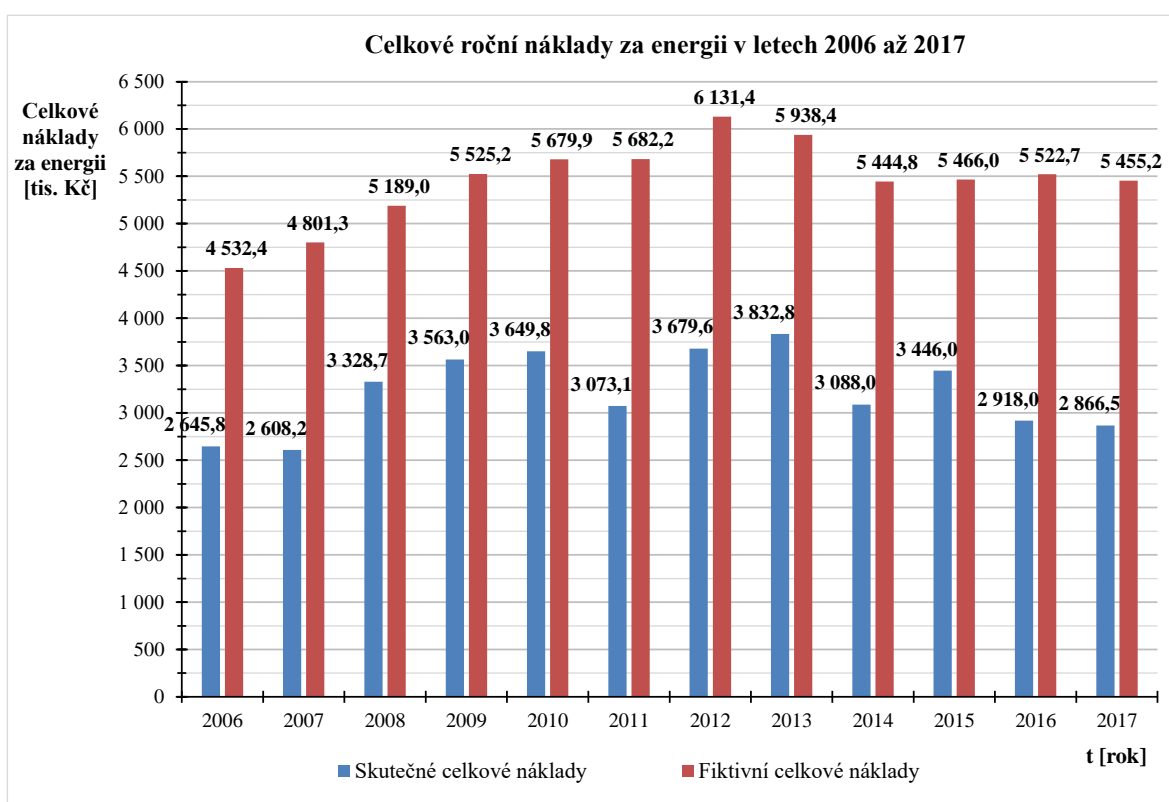
Protože Zoo Ústí nad Labem neměla k dispozici data pro roky předcházející roku 2008, jak spotřeb el. energie stanic s TČ, tak i spotřeb tepla z původního systému využívající SZT, nebyla jiná možnost než vyjít z údajů zveřejněných společností Tebodin Czech Republic v rámci dokumentu „Zhodnocení efektu projektu využití geotermální energie pro vytápění Zoo Ústí nad Labem“ z roku 2007. Z tohoto dokumenty byly získány spotřeby energií a z let 1999 až 2007 a jednotkové ceny za energie. Údaje pro rok 2007 byly v tomto dokumentu dopočteny<sup>295</sup>, protože byly známy údaje jen pro období ledna až října tohoto roku. Převzaté údaje pro roky 1999 až 2005 jsou uvedeny v tabulce v příloze 8. Převzatými daty jsou spotřeby tepla a elektrické energie v řádcích č. 1 až 7 a dále jednotkové ceny za energie v řádcích č. 9 a 10. Ostatní údaje v této tabulce byly vypočteny. Náklady byly stanoveny na základě uvedených spotřeb a jednotkových cen energií viz příloha 8.

Samotný výpočet ekonomických úspor je prezentován v příloze 9. Údaje o spotřebách pro chybějící roky 2006 a 2007 byly převzaty z dříve zmiňovaného dokumentu spol. Tebodin, stejně tak jako jednotkové ceny za energie, ze kterých byly pro tyto roky dopočteny náklady. Údaje o spotřebách a nákladech vycházejí ze získaných informací z faktur z let 2008 až 2017. Spotřeba el. energie pro potřeby vytápění (2008 až 2017) je v této tabulce rovna odběru el. energie z odběrných míst zásobujících stanice s tepelnými čerpadly, zatímco spotřeba energie pro ostatní potřeby je rovna odběru z odběrného místa zásobujících zbytek areálu zoo. Samotný výpočet úspor vychází z rozdílu mezi náklady za spotřebovanou elektrickou energii celého areálu po realizaci projektu a fiktivních nákladů při zachování původního systému. Fiktivní spotřeba tepla ze SZT byla stanovena na hodnotu  $11\,289\text{ GJ.rok}^{-1}$ , jedná se o průměrnou hodnotu spotřeby tepla ze SZT z let 1999 až 2003. Druhou složkou celkové fiktivní spotřeby energie zoo jsou spotřeby el. energie pro účely nesouvisející s vytápěním. Fiktivní náklady za nákup energie byly pro roky 2006 a 2007 stanoveny výpočtem z jednotkových cen energií. Pro zbylé roky byly fiktivní náklady za nákup tepla ze SZT vypočteny pomocí skutečných jednotkových cen za teplo ze SZT Ústí nad Labem. Fiktivní náklady za el. energii se rovnají nákladům za spotřebu el. energie nesouvisející s vytápěním. Pro informaci byly dopočteny jednotkové ceny za el. energii v letech 2008 až 2017 jako podíl celkových nákladů a celkové spotřebované el. energie.

---

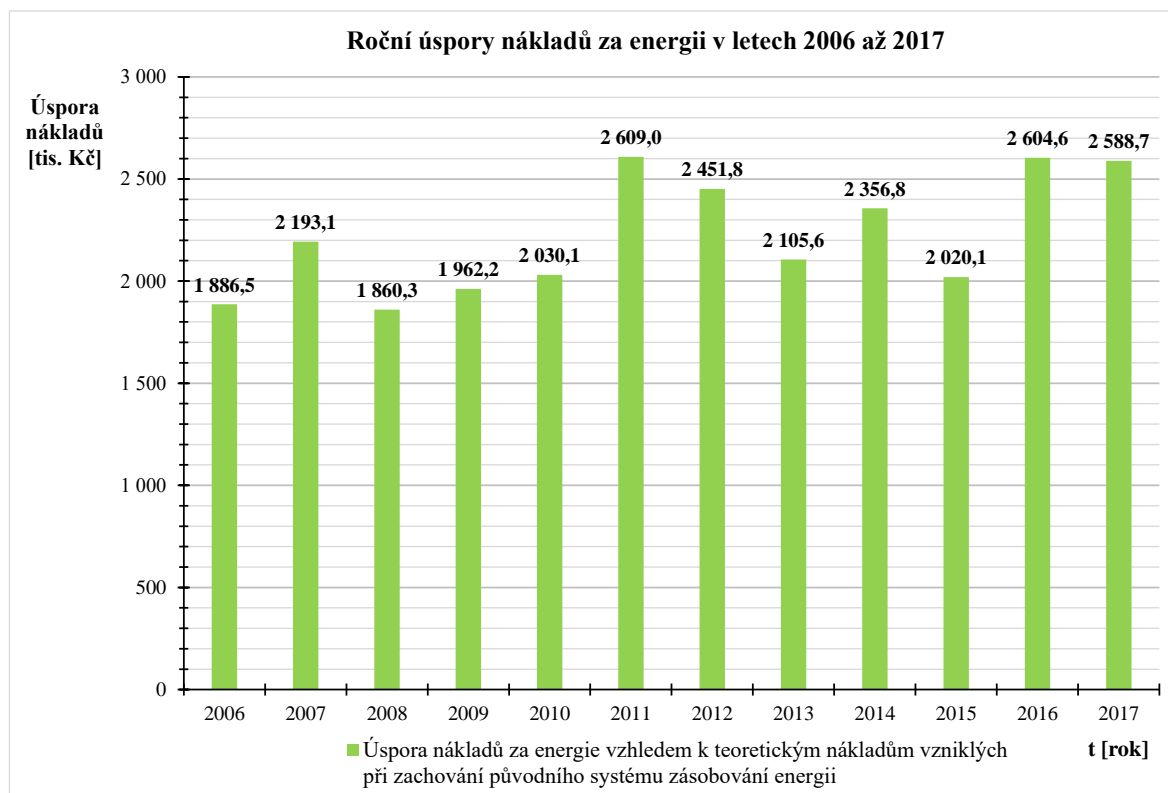
<sup>295</sup> DOLEŽAL, Michal. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Zhodnocení efektu projektu využití geotermální energie pro vytápění ZOO v Ústí nad Labem*. Praha, 2007. s. 26. č. dokumentu 5596-900-1/2KX-01. Dostupné také z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/2196>

Samotná úspora nákladů je rozdílem celkových fiktivních a skutečných nákladů. Výsledné hodnoty týkající se úspor uvádím v následujících grafech.



Graf 5.1 – Skutečné a fiktivní náklady za nákup energie v letech 2006 až 2017<sup>296</sup>

<sup>296</sup> Vytvořeno autorem na základě údajů uvedených v tabulkách z přílohy 9



Graf 5.2 – Úspory nákladů za nákup energie v letech 2006 až 2017 <sup>297</sup>

Realizace projektu nesporně vedla ke značným ročním úsporám nákladů za nákup energie. Oproti teoretickým fiktivním nákladům se finanční úspory pohybují okolo výše 40 %, což představuje částku okolo 2 222 tis. Kč ročně. V posledních dvou letech se úspory pohybovaly dokonce okolo 47 % (2 600 tis. Kč). Vypočtené úspory jsou velice proměnlivé vzhledem k variabilitě vstupních údajů. Trend celkové spotřeby energie je v pozorovaném období mírně rostoucí, celkové skutečné náklady však nemají výraznou vzrůstající ani klesající tendenci. Celkové fiktivní náklady, které jsou vázány na jednotkové ceny, též nemají výrazný rostoucí či klesající trend. V následující tabulce jsou uvedeny minimální, maximální a průměrné hodnoty nákladů a finančních úspor pro sledované období 2008 až 2017.

<sup>297</sup> Vytvořeno autorem na základě údajů uvedených v tabulkách z přílohy 9



Tabulka 5.20 – Vybrané hodnoty ekonomických parametrů po realizaci projektu (2006 až 2017) <sup>298</sup>

Parametr	Jednotka	Průměr	Minimum	Maximum
Jednotková cena za teplo ze SZT	Kč.GJ <sup>-1</sup>	337,9	289,8	368,1
Jednotková cena za el. energii	Kč.GJ <sup>-1</sup>	680,6	504,4	779,8
Fiktivní náklady za nákup tepla ze SZT	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	3 815,1	3 271,7	4 155,7
Fiktivní náklady za nákup el. energie	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	1 632,2	1 354,9	1 975,7
Fiktivní celkové náklady	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	5 447,4	4 801,3	6 131,4
Skutečné náklady z nákup el. energie pro účely vytápění	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	1 392,8	1 406,2	2 050,1
Skutečné náklady z nákup el. energie pro ostatní účely	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	1 394,3	1 354,9	1 975,7
Skutečné celkové náklady	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	3 225,0	2 608,2	3 832,8
Úspora nákladů	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	2 222,4	1 860,3	2 609,0
Úspora nákladů	%	40,89	35,46	47,45

Tabulka 5.21 – Vybrané hodnoty ekonomických parametrů před realizací projektu (1999 až 2003) <sup>299</sup>

Parametr	Jednotka	Průměr	Minimum	Maximum
Jednotková cena za teplo ze SZT	Kč.GJ <sup>-1</sup>	247,2	233,3	266,4
Jednotková cena za el. energii	Kč.GJ <sup>-1</sup>	581,3	557,7	612,3
Náklady za nákup tepla ze SZT	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	2 792,9	2 387,3	3 093,0
Náklady za nákup el. energie	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	1 299,5	1 185,1	1 401,6
Celkové náklady	tis. Kč.rok <sup>-1</sup>	4 092,4	3 670,0	4 393,2

Jestliže bychom porovnali extrémní a průměrné hodnoty nákladů období před realizací a po realizaci projektu uvedené v předchozích tabulkách, můžeme si všimnout, že celkové náklady v průměru poklesly téměř na polovinu. V průběhu sledovaného období došlo ke značnému zvýšení jednotkové ceny za teplo ze SZT, fiktivní náklady za teplo ze SZT jsou tak znatelně vyšší, než skutečné náklady v období před realizací projektu. Projekt pro stavební řízení předpokládal po realizaci celkové náklady na energii ve výši 2 444 tis. Kč ročně, což je znatelně méně vzhledem ke skutečným celkovým nákladům za energii po realizaci projektu. Předpokládané provozní náklady nového systému jsou oproti skutečným nákladům podhodnoceny.

Je však nutné si uvědomit, že použitá metodika má několik úskalí. Vypočtené provozní náklady neobsahují náklady spojené se servisem a údržbou zařízení nového systému.

<sup>298</sup> Sestaveno autorem na základě údajů uvedených v tabulkách z příloh 7 a 9

<sup>299</sup> Sestaveno autorem na základě údajů uvedených v tabulce z přílohy 8

Namísto toho vycházejí striktně z nákladů za spotřebu energie získaných z faktur pro jednotlivá odběrná místa, protože hodnoty nákladů na servis a údržbu nebyly v úplné formě k dispozici, ve spotřebách energie pro účely vytápění též nejsou zahrnuty spotřeby případného dotápění přímotopy. Tato omezení výsledné hodnoty úspor zveličují, reálné úspory tak jsou ve skutečnosti nižší. Dalším faktorem ovlivňující vypovídající hodnotu provedených ekonomických výpočtů je zjednodušený způsob stanovení fiktivních nákladů za teplo z SZT, který vychází z průměrné spotřeby tepla ze SZT z období před realizací projektu a není tedy vázán na konkrétní klimatické podmínky v daných rocích sledovaného období.

### **5.5.1.2 Vybraná ekonomická kritéria**

V průběhu let před realizací projektu bylo vytvořeno několik ekonomických hodnocení zamýšleného záměru. Několik těchto hodnocení publikovaných v dokumentech společnosti Tebodin Czech Republic je uvedeno v přílohách této práce. Mým cílem bylo vytvořit podobné hodnocení, jehož výstupem by byla stejná ekonomická kritéria, konkrétně NPV a IRR, na jejichž základě bychom mohli zhodnotit realizovaný projekt po několika letech provozu. Hodnocení je založeno na výše stanovených ročních úsporách nákladů za nákup energie a zaměřuje se plně na samotný projekt bez ohledu na efektivitu způsobu zajištění finančních prostředků pro jeho realizaci nebo vliv daní. Vytvořené ekonomické zhodnocení vychází z metodiky použité spol. Tebodin Czech Republic a též z vyhlášky o energetickém auditu a energetickém posudku č. 480/2012 Sb. Výstupy z této části ekonomického hodnocení jsou uvedeny v přílohách 10 až 12, použitá metodika je okomentována dále v této podkapitole obsahující i zamyšlení nad výstupy hodnocení.

Investiční náklady projektu zahrnují finanční prostředky vynaložené pro realizaci projektu. Především se jedná o náklady za konkrétní technologie a zařízení, potřebné stavební a montážní práce nebo náklady vynaložené pro vytvoření související projektové dokumentace. Účetní oddělení Zoo Ústí nad Labem mi poskytlo informace o vynaložených nákladech projektu prostřednictvím pořizovacích cen tří položek hmotného majetku spadajících do odlišných odpisových skupin. Všechny tyto položky jsou účetně odepisovány lineární metodou. Součet pořizovacích cen všech tří účetních položek ve svém hodnocení pokládám za celkové investiční náklady, jedná se o částku 63 319,7 tis. Kč. Pro zjednodušení výpočtu předpokládám jejich vynaložení v roce 2006, první rok po dokončení projektu.

Tabulka 5.22 – Náklady projektu rozdělené podle odpisových skupin <sup>300</sup>

Odpisová skupina	Doba odepisování	Datum zařazení	Pořizovací cena [Kč]	Výše měsíčního odpisu [Kč]	Roční odpisy celkem [Kč]
3	15	10. 1. 2006	21 144 291,50	117 528,00	1 410 336,00
4	30	1. 1. 2007	37 888 314,50	105 141,00	1 261 692,00
5	50	1. 1. 2007	4 287 115,52	7 146,00	85 752,00

Ekonomické hodnocení je provedeno na základě finančního efektu způsobeného realizací projektu. Realizací projektu došlo ke znatelné změně ročních nákladů za nákup energie, díky čemuž každý rok dochází ke tvorbě určité finanční úspory, vzhledem k teoretickým fiktivním nákladům, které by byly vynakládány v případě neuskutečnění projektového řešení. Finanční úspory představují rozdíl odhadnutých teoretických fiktivních provozních nákladů a skutečných provozních nákladů v daném roce, způsob jejich stanovení je uveden v předchozí podkapitole.

Základem výpočtu vybraných ekonomických kritérií byl výpočet toku hotovosti. Tok hotovosti v mém hodnocení představuje rozdíl finančních úspor a investičních výdajů. Ekonomická kritéria byla vypočítána bez i se zahrnutím dotace. Daně a odpisy nebyly zohledňovány. Z hlediska toku hotovosti je dotace na straně příjmů.

Tok hotovosti se pro daný rok hodnocení vypočte dle rovnice číslo 6, případně 7:

$$CF_t = U_t - IN_t = (FN_t - SN_t) - IN_t \quad (6)$$

$$CF_t = U_t + D_t - IN_t = (FN_t - SN_t) + D_t - IN_t \quad (7)$$

kde:

$CF_t$	tok hotovosti v roce t	[Kč]
$U_t$	finanční úspora v roce t	[Kč]
$IN_t$	investiční náklady v roce t	[Kč]
$D_t$	dotace v roce t	[Kč]
$FN_t$	fiktivní provozní náklady v roce t	[Kč]
$SN_t$	skutečné provozní náklady v roce t	[Kč]
t	rok	[-]

<sup>300</sup> Sestaveno autorem na základě informací poskytnutých Zoo Ústí nad Labem

V návaznosti na předchozí rovnice se pro dané roky hodnocení vypočte kumulovaný tok hotovosti dle rovnice číslo 8:

$$CCF_t = \sum_{t=1}^{Th} CF_t \quad (8)$$

kde:

$CCF_t$	kumulovaný tok hotovosti v roce t	[Kč]
$CF_t$	tok hotovosti v roce t	[Kč]
Th	doba hodnocení	[-]
t	rok	[-]
r	diskontní činitel	[-]

Pro stanovení NPV a IRR je nutné využít tzv. diskontování, které slouží k přepočtení hotovostních toků z různých časových období na současnou hodnotu. Pro provedení diskontování se používá diskontní činitel, respektive jeho procentní vyjádření tzv. diskont. Diskont představuje procentní výnos investice do projektu se stejnou mírou rizika. V provedeném hodnocení byl použit diskont ve výši 4 %, který se používá <sup>301</sup> pro energetické posudky podle § 9a odst. 1 písm. e) zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Uvažovaný diskont je nižší než v ekonomických hodnoceních provedených spol. Tebodín, ve kterých byl diskont uvažován ve výši 9 %. Ekonomické ukazatele jsou v mém hodnocení diskontovány k prvnímu roku provozu nového systému zásobování tepelnou energií, tedy k roku 2006.

Diskontovaný tok hotovosti se pro daný rok hodnocení vypočte:

$$DCF_t = \frac{CF_t}{r^t} = \frac{CF_t}{(1+p)^t} \quad (9)$$

Na základě rovnice č. 9 lze vypočítat diskontovaný kumulovaný tok hotovosti:

$$CDCF_t = \sum_{t=1}^{Th} \frac{CF_t}{r^t} = \sum_{t=1}^{Th} \frac{CF_t}{(1+p)^t} \quad (10)$$

kde:

$DCF_t$	diskontovaný tok hotovosti v roce t	[Kč]
$CDCF_t$	diskontovaný kumulovaný tok hotovosti v roce t	[Kč]
$CF_t$	tok hotovosti v roce t	[Kč]

<sup>301</sup> ČR. Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. In: Sbírnka zákonů. 2012, částka 182. ISSN 1211-1244. příloha č. 5.

Th	doba hodnocení	[-]
t	rok	[-]
r	diskontní činitel	[-]
p	diskont	[%]

Čistá současná hodnota vyjadřuje hodnotu všech finančních toků souvisejících s projektem vynaloženým v různém čase. Obecně se stanoví <sup>302</sup> pomocí diskontovaného toku hotovosti a investičních nákladů podle rovnice 11.

$$NPV = \sum_{t=1}^{Th} \frac{CF_t}{r^t} - IN = \sum_{t=1}^{Th} \frac{CF_t}{(1+p)^t} - IN \quad (11)$$

kde:

NPV	čistá současná hodnota	[Kč]
CF <sub>t</sub>	tok hotovosti v roce t	[Kč]
IN	celkové investiční náklady projektu	[Kč]
Th	doba hodnocení	[-]
t	rok	[-]
r	diskontní činitel	[-]
p	diskont	[%]

Vnitřní výnosové procento je parametr, který popisuje rentabilitu projektu, respektive vložených finančních prostředků potřebných k jeho realizaci. Jedná se o takovou diskontní míru, při které je rozdíl kumulovaného diskontovaného toku hotovosti a celkových investičních nákladů roven nule. Vztahuje se k době hodnocení projektu, korektněji k době jeho životnosti. Vnitřní výnosové procento se vypočte <sup>303</sup> z podmínky dané rovnicí 12.

$$0 = \sum_{t=1}^{Th} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - IN \quad (12)$$

kde:

CF <sub>t</sub>	tok hotovosti v roce t	[Kč]
IN	celkové investiční náklady projektu	[Kč]
IRR	vnitřní výnosové procento	[%]
Th	doba hodnocení	[-]
t	rok	[-]

<sup>302</sup> Vyhláška č. 480/2012 Sb., pozn. 236, příloha č. 5.

<sup>303</sup> Vyhláška č. 480/2012 Sb., pozn. 236, příloha č. 5.

Tabulky a grafické výstupy vztahující se k této podkapitole prezentují v přílohách číslo 10 až 12. V příloze č. 12 jsem vypočetl NPV a IRR pro dobu hodnocení 25 let za předpokladu, že by výše roční finanční úspory za nákup energie v letech 2018 až 2030 byla stejná jako v roce 2017. Následující tabulka uvádí vypočtená ekonomická kritéria pro jednotlivé případy hodnocení.

Tabulka 5.23 – Výsledky ekonomického hodnocení realizovaného projektu <sup>304</sup>

Parametr	Jednotka	Hodnoty		
Doba hodnocení	let	12	12	25
Dotace zahrnuta do výpočtů	-	ne	ano	ano
Čistá současná hodnota (NPV)	tis. Kč	-40 250,0	-32 918,3	734,4
Vnitřní výnosové procento (IRR)	%	-12,40	-10,82	0,64

Na základě provedeného hodnocení projektu, konstatuji, že projekt je po 12 letech provozu ztrátový a doposud svým ročním ekonomických přínosem nekompenzoval vynaložené investiční náklady. Pro dobu hodnocení 12 let, pro kterou byly dostupné relevantní vstupní hodnoty, má NPV stále zápornou hodnotu. Realizovaný projekt musí generovat roční úspory energií alespoň po dobu dalších 13 let, jestliže má dosáhnout kladného ekonomického efektu. To navíc platí pouze pro předpoklad, ve kterém výpočty zohledňují obdrženu dotaci. Při prognóze do roku 2030 jsem v letech 2018 až 2030 předpokládal roční finanční úspory nákladů za nákup energie ve výši 2 588,7 tis. Kč, což je více než jaká je průměrná úspora nákladů v období dosavadního provozu (2 222,4 tis. Kč). Pořizovací cena majetku s dobrou odepisování 15 let (3 odpisová skupina) přitom činila 21 144 291,50 Kč. Je zřejmé, že před rokem 2030 (první rok s kladnou čistou současnou hodnotu) budou muset být vynaloženy další finanční prostředky pro pořízení majetku, u něhož dojde k překročení jeho technické životnosti. Otázkou je, zda nebude muset dojít k pořízení nových tepelných čerpadel před rokem 2030, protože prodejci často uvádějí dobu životnosti tepelných čerpadel okolo 20 let. Oproti projektu pro stavební řízení jsou investiční náklady téměř dvojnásobné. Za zmínku stojí i fakt, že předpokládané hodnoty NPV v ekonomických hodnoceních (doba hodnocení 15 let) vypracovaných před realizací projektu nebyly natolik vysoké vzhledem k investičním nákladům. Projekt pro stavební řízení byl společností Tebodín Czech Republic hodnocen jako ztrátový (doba hodnocení 15 let), i přes to se Zoo Ústí nad Labem rozhodla projekt realizovat. Prováděcí projekt se však

<sup>304</sup> Sestaveno autorem na základě příloh 10 až 12

vzhledem k projektu pro stavební řízení značně prodražil. Na základě vypracovaného ekonomického hodnocení nemohu předpokládat, že by výše ročních finančních úspor v budoucnu byla natolik vysoká, aby se projekt ukázal jako ziskový.

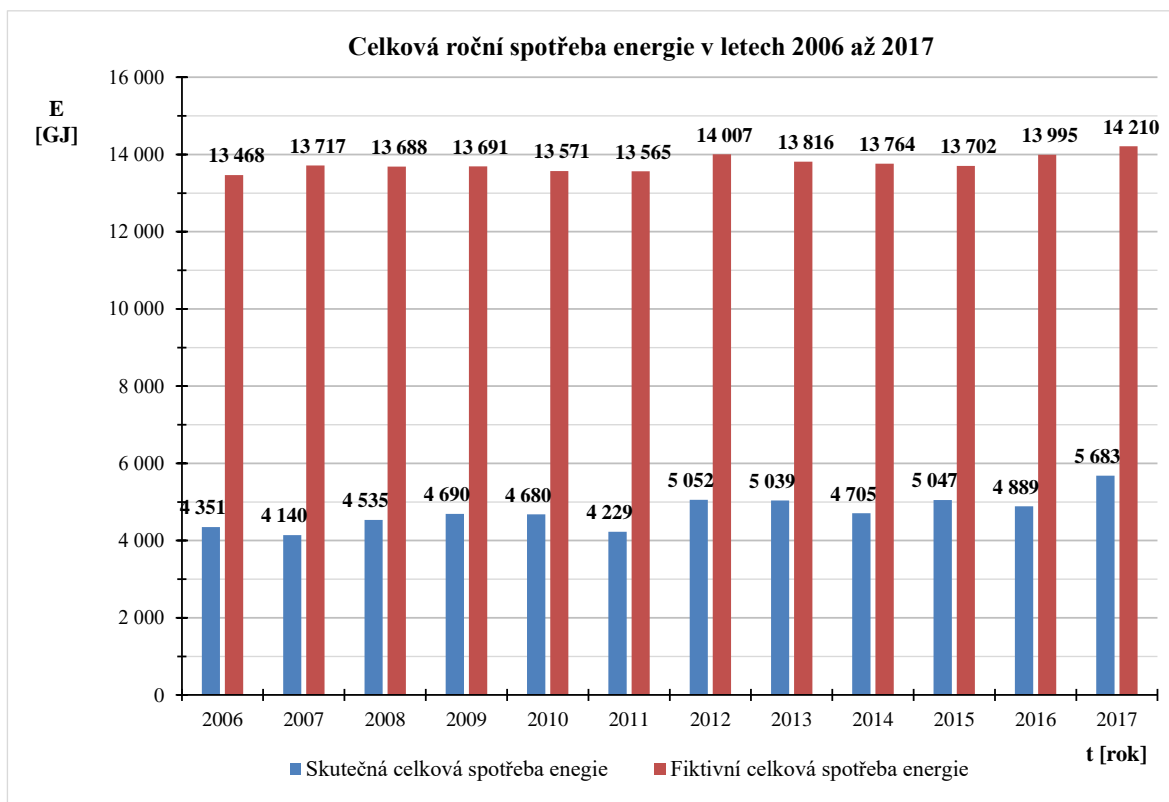
### **5.5.2 Energetické zhodnocení**

Energetické zhodnocení bylo vytvořeno na základě stanovení energetických úspor, které jsou představovány rozdílem skutečně spotřebované energie a tzv. fiktivních spotřeb energie, které by vznikly při zachování původního systému zásobování teplem bez realizace jakýkoliv částí projektového řešení. Úspory energie byly stanoveny pro rozmezí let 2006 až 2017, tedy od roku prvního plného provozu nového systému až po poslední rok, pro který byla k dispozici úplná potřebná data.

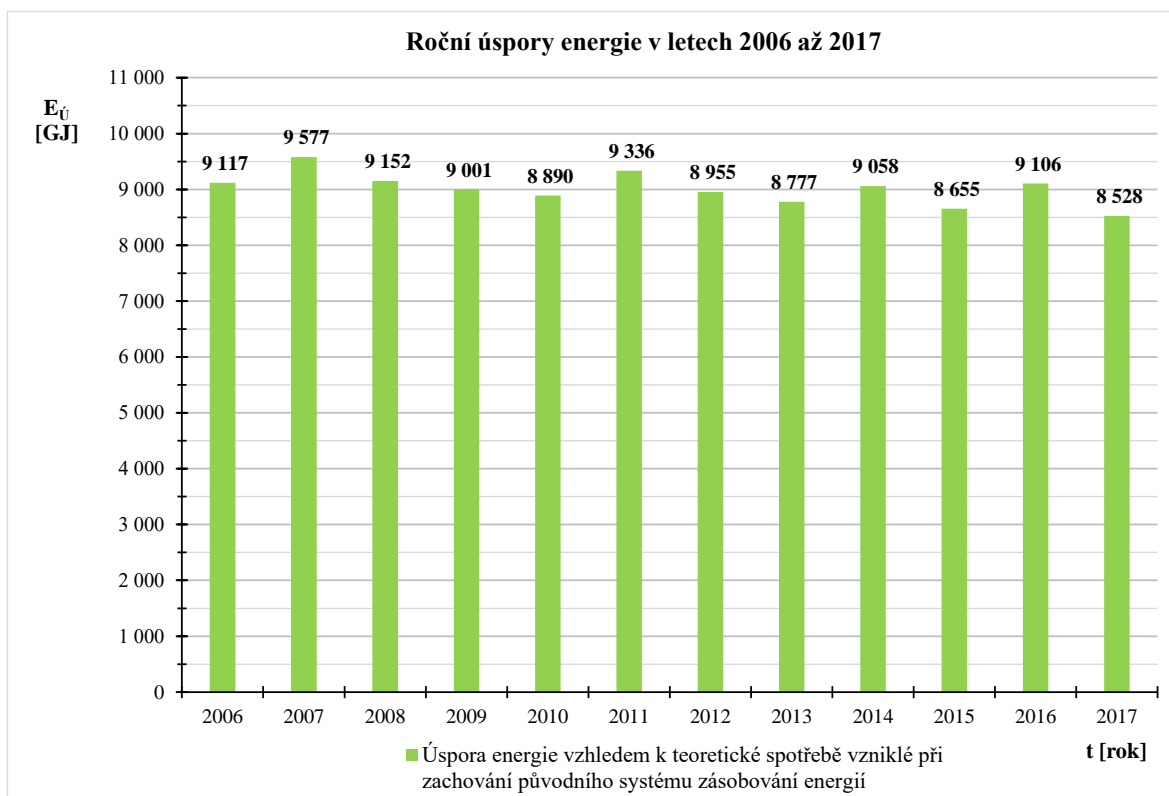
Spotřeby energie v jednotlivých letech byly zjištěny pomocí faktur za elektrickou energii z let 2008 až 2017 (viz podkapitola 5.5.1.1). Pro roky 2006 a 2007, byly spotřeby energie zjištěny z výpočtů energetických a ekonomických efektů prováděcího projektu publikovaných společností Tebodin v roce 2007, protože jiné souvislé údaje nebyly k dispozici. Informace získané z faktur (viz přílohy) shrnuje tabulka v příloze 7, ve které jsou uvedeny celkové hodnoty odběrů energie v MWh a přepočtené hodnoty v GJ. Odběr elektrické energie pro účely vytápění zahrnuje dodávky z odběrných míst EAN OMP xxx442 a xxx281, které zásobují stanice s TČ, a poskytují tedy energii pro funkci samotných tepelných čerpadel i ostatních podpůrných zařízení nového systému zásobování teplem. Odběr elektrické energie pro ostatní účely zahrnuje dodávku energie ze třetího odběrného místa EAN OMP xxx194, které zajišťuje dodávku el. energie do provozních budov a pavilonů zoo.

Pro výpočet úspor byla stanovena průměrná hodnota spotřeby tepla zoo ze SZT z let 1999 až 2003, která byla považována za teoretickou spotřebu tepla ze SZT při zachování původního energetického systému. Tato fiktivní spotřeba tepla ze SZT byla stanovena na hodnotu 11 289 GJ.rok<sup>-1</sup>. Spolu se skutečnou spotřebou elektrické energie pro účely nesouvisející s vytápěním tvoří fiktivní celkovou spotřebu energie v daném roce.

Energetické úspory jsou pak dány rozdílem těchto teoretických fiktivních spotřeb a skutečně spotřebovaného množství energie. Výpočet úspor energie je součástí výpočtu ekonomického hodnocení prezentovaného v příloze 9. Výsledné hodnoty týkající se energetických úspor uvádím v následujících tabulkách a grafech.



Graf 5.3 – Skutečné a fiktivní spotřeby energie v letech 2006 až 2017 <sup>305</sup>



Graf 5.4 – Úspory energie v letech 2006 až 2017 <sup>306</sup>

<sup>305</sup> Vytvořeno autorem na základě údajů uvedených v tabulkách z přílohy 9

<sup>306</sup> Vytvořeno autorem na základě údajů uvedených v tabulkách z přílohy 9



Tabulka 5.24 – Vybrané hodnoty energetických parametrů po realizaci projektu (2006 až 2017)<sup>307</sup>

Parametr	Jednotka	Průměr	Minimum	Maximum
Fiktivní spotřeba tepla ze SZT	GJ.rok <sup>-1</sup>	11 289	11 289	11 289
Fiktivní spotřeba el. energie	GJ.rok <sup>-1</sup>	2 477	2 275	2 921
Fiktivní celková spotřeba energie	GJ.rok <sup>-1</sup>	13 766	13 565	14 210
Skutečná spotřeba el. energie pro účely vytápění	GJ.rok <sup>-1</sup>	2 277	1 712	2 762
Skutečná spotřeba el. energie pro ostatní účely	GJ.rok <sup>-1</sup>	2 477	2 275	2 921
Skutečné celková spotřeba energie	GJ.rok <sup>-1</sup>	4 753	4 140	5 683
Úspora spotřebované energie	GJ.rok <sup>-1</sup>	9 013	8 528	9 577
Úspora spotřebované energie	%	65,50	60,01	69,82

Tabulka 5.25 – Vybrané hodnoty energetických parametrů před realizací projektu (1999 až 2003)<sup>308</sup>

Parametr	Jednotka	Průměr	Minimum	Maximum
Spotřeba tepla ze SZT	GJ.rok <sup>-1</sup>	11 289	10 137	11 965
Spotřeba el. energie	GJ.rok <sup>-1</sup>	2 234	2 125	2 298
Spotřeba el. energie pro účely vytápění (odhad)	GJ.rok <sup>-1</sup>	45	45	45
Spotřeba el. energie pro ostatní účely	GJ.rok <sup>-1</sup>	2 189	2 080	2 253
Celková spotřeba energie	GJ.rok <sup>-1</sup>	13 524	12 389	14 256

Vypočtené energetické úspory dokazují značné snížení spotřeby energie. Nemůžeme však zapomenout, že převážná část spotřebované energie není ve výpočtech zřetelná, protože se jedná o energii získávanou z geotermálního vrtu. Nicméně úspora energie, která by byla jinak odebírána ze SZT a distribuční sítě el. energie je v průměru 9 000 GJ.rok<sup>-1</sup>, procentně se úspory energie pohybují mezi 60 a 70 % což je pozoruhodné. Skutečná celková spotřeba energie se dokonce v průměru pohybuje pod hodnotou očekávanou projektem pro stavební řízení, která byla ve výši 5 082 GJ.rok<sup>-1</sup>. Trend spotřeby energií pro vytápění i ostatní účely v období po realizaci projektu je mírně rostoucí.

Velká část energie ze SZT dodávaná do původního systému se projevila ve formě energetických ztrát, zejména v rozvodech tepla. Realizované řešení z principu nemůže dosahovat obdobné výše ztrát a lze ho považovat za systém s mnohem energeticky efektivnějším provozem. Zoo nyní využívá vlastní zdroj tepla a velmi se snížilo celkové

<sup>307</sup> Sestaveno autorem na základě údajů uvedených v tabulkách z příloh 7 a 9

<sup>308</sup> Sestaveno autorem na základě údajů uvedených v tabulce z přílohy 8

množství energie odebírané od externích dodavatelů. Avšak nový systém vytápění je stále vázán na el. energii, jejíž spotřeba se oproti původnímu systému zásobování teplem zvýšila. Snížení celkové odebírané energie má mimo roční ekonomické úspory na nákupu energie zejména podstatné pozitivní ekologické důsledky.

Negativní vlastností použité metodiky je, že průměrná spotřeba tepla ze SZT z období před realizací projektu, tvořící hlavní složku celkové fiktivní spotřeby energie, není vázána na konkrétní klimatické podmínky v daných rocích sledovaného období.

Při provozu nového systému se vyskytl problém s překračováním čtvrt hodinového maxima odebírané el. energie, způsobené automatickým spínáním záložních elektrokotlů. Došlo proto k omezení činnosti řídicího systému a spínání elektrokotlů je v současné době prováděno obsluhou technickými pracovníky zoo, též se někdy využívá dotápění pomocí elektrických přímotopů.

### 5.5.3 Zhodnocení vlivu na životní prostředí

V roce 2007 bylo společností Tebodin Czech Republic prezentováno hodnocení vlivu na ŽP<sup>309</sup> v rámci zhodnocení efektu toho projektu. Vycházelo z výpočtu emisí vznikajících při spalování fosilních paliv v Teplárně Trmice, která představovala pro zoo prvotní zdroj tepla dodávaného do SZT. Emisní zátěž, na které se současný provoz podílí, byla stanovena na základě emisních faktorů, které jsou dosahovány při výrobě el. energie v systémových zdrojích podle nařízení vlády č. 352/2002 Sb. a vyhlášky č. 425/2004 Sb. kterou se změnilo znění vyhlášky č. 213/2001 Sb. Tyto legislativní dokumenty již nejsou v současné době platné, byly zrušeny vyhláškou č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, přesto výsledky výpočtu uvádím.

Tabulka 5.26 – Změny emisí znečišťujících látek<sup>310</sup>

Emise	Jednotka	Výchozí stav	Stav po realizaci	Číselný rozdíl	Procentní rozdíl
Tuhé	t.rok <sup>-1</sup>	0,0588	0,0850	-0,0262	-44,56 %
SO <sub>2</sub>	t.rok <sup>-1</sup>	2,7024	1,2400	1,4624	54,11 %
NO <sub>x</sub>	t.rok <sup>-1</sup>	1,2162	0,9588	0,2574	21,16 %
CO	t.rok <sup>-1</sup>	0,1382	0,0521	0,0861	62,30 %
CO <sub>2</sub>	t.rok <sup>-1</sup>	1 282,3646	499,7694	782,5952	61,03 %

<sup>309</sup> DOLEŽAL, pozn. 295, s. 24

<sup>310</sup> DOLEŽAL, pozn. 295, s. 25

Přechodem na systém využívající převážně geotermální energii došlo ke značnému omezení produkce látek zatěžující životní prostředí. Dle výpočtů společnosti Tebodin se jedná zejména o pokles v produkci oxidů uhlíku a síry. Vždy platí, že environmentální dopady provozu systému využívající TČ jsou závislé na způsobu výroby el. energie potřebných pro funkci tohoto systému. Provoz nového zdroje energie Zoo Ústí nad Labem lze považovat za zcela šetrný k ŽP, pouze pokud by byla dodávaná el. energie generována ve zdrojích šetrných k ŽP, což vzhledem k energetickému mixu ČR nelze uvažovat. I přesto má projekt významné dopady z tohoto hlediska. Došlo k výraznému poklesu dodávek energie spojených s využitím fosilních paliv, v případě tepelné energie k úplnému přerušení. Pozitivně hodnotím přebudování původního systému zejména kvůli neefektivitě jeho provozu, která se projevovala vysokými ztrátami energie. Využití geotermálního zdroje způsobilo značné omezení spotřeby energie pocházející z fosilních paliv a současný provoz zoo je proto výrazně šetrnější k životnímu prostředí. I přes ekonomické aspekty projektu, nový zdroj Zoo Ústí nad Labem představuje jedno z mála řešení využití geotermální energie na našem území a unikátností svého technického řešení dodal nové a cenné zkušenosti s tímto OZE. Realizované řešení bylo na základě soutěže vyhlášeno ekologickou stavbou roku 2005.

V rámci projektu byl realizován vsakovací vrt pro odtok ochlazené geotermální vody zpět do země. V průběhu provozu nového systému začalo docházet k podmáčení půdy v okolí vsakovacího vrtu, načež bylo vyjednáno povolení od místních vodohospodářských orgánů, jehož důsledkem je vypouštění ochlazené vody do řeky Labe. Mělo by dojít k vyřešení problému s vsakovacím vrtem, aby bylo možné získávanou vodu opět navracet do podzemních prostor. Rizikem současného stavu je narušení vodní rovnováhy současného zdroje, které by mohlo vést až k jeho v nevratnému znehodnocení. Vypouštění podzemní vody do řeky, jež ústí do Severního moře, není jednak udržitelným řešením a zároveň není v zájmu ochrany vodních zdrojů našeho území.

## 6 Závěr

Česká republika má značně omezené možnosti využití geotermální energie pomocí dnes nejrozšířenějších technologií pro přímé využití. Možnosti rozvoje využití geotermální energie pro výrobu el. energie poskytuje výhradně metoda HDR, pro kterou má však území ČR obrovský potenciál. Energetické využití geotermálních zdrojů je obecně velice složité, proto bude vždy méně atraktivní vzhledem k využití ostatních OZE nebo neobnovitelných zdrojů energie.

Geotermální energie oproti energii z ostatních OZE nabízí zdroje elektrické energie s vysokým součinitelem ročního využití instalovaného výkonu a nezávislostí na stavu počasí. Díky tomu mohou výroby el. energie využívající metody HDR pokrývat základní oblast v diagramu zatížení. Výhodné je, že se potenciální oblasti jejich umístění kryjí s oblastmi výskytu dnešních uhelných elektráren. Metoda HDR má potenciál nahradit přinejmenším část systémových zdrojů elektrické a tepelné energie využívajících uhlí. Výroby elektřiny a tepla využívajících geotermální energii by představovaly zdroje energie šetrné k životnímu prostředí a zdroje nesnižující energetickou bezpečnost státu. Výhody využití geotermální energie pomocí metody HDR představují racionální předpoklady pro jejich rozvoj.

Využití geotermální energie pomocí metody HDR má však řadu nevýhod. Hlavním problémem jsou ceny vrtných prací. Vrty pro dosažení potřebného energetického potenciálu suchých hornin musí být na našem území hluboké mezi 4 až 5 km, vrtné práce proto představují hlavní složku celkových investičních nákladů a společně s nejistotami spojenými se zajištěním dostatečných energetických parametrů odrazují od investování do velkých zdrojů využívajících geotermální energii. Mimo to, legislativa týkající se těchto zdrojů je komplikovaná a související povolovací procesy se týkají mnoha orgánů státní správy. Konkrétní projekty dokazují, že se v mnoha případech lokální orgány státní správy nedokáží správně jednat v rámci povolovacích procesů. Proti rozvoji vybudování geotermálních výroben působí též neinformovanost obyvatelstva a chybějící zkušenosti s metodou HDR na našem území. Dalším problémem je spotřeba vody vzhledem ke ztrátám v podzemních strukturách. Očekávám, že v následujících dekádách může představovat zajištění dostatečného množství vody značný problém, což bude dále limitovat potenciální oblasti výstavby geotermálních výroben elektřiny nebo tepla. Kvůli výše uvedeným nevýhodám, v blízké budoucnosti nedojde k masivnímu rozšíření geotermálních výroben elektrické nebo tepelné energie.

Česká republika by měla podporovat tvorbu demonstračních projektů, nadále rozvíjet výzkum zabývající se využitím geotermální energie pomocí metody HDR na našem území a maximálně přitom využívat možnosti finanční podpory ze strany EU a zkušeností ze zahraničí. Geotermální energie má potenciál zvyšovat podíl OZE v energetickém mixu ČR.

Území ČR má značný potenciál pro nepřímé využití geotermální energie pomocí tepelných čerpadel typu země-voda a voda-voda. Širšímu rozšíření tepelných čerpadel však brání vysoké pořizovací ceny vzhledem k ostatním způsobům vytápění nebo ohřevu teplé vody. Rozšíření tepelných čerpadel je v současné době dostatečně podporováno pomocí dotačních programů, které zvyšují jejich konkurenceschopnost. Jejich rozšíření, i přes značnou dotační podporu, nelze očekávat u nejchudších vrstev obyvatelstva, proto nedojde k jejich rozšíření v oblastech s největší mírou znečištění ovzduší. Trendy rozšíření TČ na našem území dokazují, že nejvíce oblíbená jsou tepelná čerpadla typu vzduch-voda, zatímco rozšíření ostatních typů v ČR stagnuje. Současné dotační programy zvýhodňují právě TČ typu voda-voda a země-voda. Bezpečnou investici vzhledem ke klimatickým změnám představují spíše systémy typu země-voda. Je klíčové, aby nedocházelo k neudržitelnému čerpání geotermálních vod a byly respektovány přírodní bilance. Současná legislativa ve vztahu k využití geotermální energie pomocí tepelných čerpadel podle mého názoru nijak neomezuje nebo nekomplikuje jejich rozšíření. Mimo rodinné domy je rozšíření tepelných čerpadel vhodné zejména u velkých budov, jako jsou například budovy administrativní a rekreační. Projekt využití TČ ve VŠB – TU Ostrava dokazuje, že veřejné instituce mohou k rozvoji tohoto záměru využít ohromné finanční prostředky z fondů EU.

Projekt zahrnující využití geotermální energie pro účely vytápění v Zoologické zahradě Ústí nad Labem je na základě provedeného ekonomického hodnocení ztrátový. Investice vynaložené ve vztahu k tomuto projektu se s vysokou pravděpodobností nevrátí. Zavedení tepelných čerpadel mělo kladný dopad na množství nakupované energie a životní prostředí, nicméně generované roční úspory za nákup energií jsou příliš malé na to, aby investice byla zisková nebo alespoň pokryla celkové investiční náklady. Kdyby vynaložené investiční náklady byly ve výši předpokládané projektem pro stavební řízení, mohly provozní úspory po 15 letech provozu nového systému zásobování teplem pokrýt vynaložené investiční náklady. Takřka zdvojnásobení investičních nákladů oproti projektu pro stavební řízení však zamezilo jakémukoliv pozitivnímu ekonomickému efektu. Rád bych ale podotknul, že projekt nepředstavuje pouze záměnu původního zdroje tepelné energie a čtenář by si na základě jeho ekonomického hodnocení neměl utvářet celkovou představu o využití geotermální energie tepelnými čerpadly.

## 7 Seznam použité literatury a pramenů

### 7.1 Tištěné prameny

- [1] BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02802-X.
- [2] ČR. Vyhláška č. 368/2004 Sb., o geologické dokumentaci. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2004, částka 120. ISSN 1211-1244.
- [3] ČR. Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. In: *Sbírka zákonů*. 2012, částka 182. ISSN 1211-1244.
- [4] ČR. Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 59. ISSN 1211-1244.
- [5] ČR. Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 63. ISSN 1211-1244.
- [6] ČR. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, částka 98. ISSN 1211-1244.
- [7] DIPIPO, Ronald. *Geothermal power plants: principles, applications, case studies, and environmental impact*. 3rd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, c2012. ISBN 978-008-0982-06-9.
- [8] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla: [biomasa - tepelná čerpadla - solární systémy]*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-079-2.
- [9] DUPRÉ, Ben, ed. *Velká rodinná encyklopedie*. Praha: Svojtka & Co., 2003. ISBN 80-7237-653-5.
- [10] KNĚŽEK, Jan. *INFRAGEOLOGIE. Posouzení vlivu těžby v lomu mariánská skála na nový geotermální vrt v ZOO Ústí nad Labem*. Ústí nad Labem, 1999.
- [11] MAREŠ, Miroslav a kol. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. č. dokumentu 5033-000-2/2-KA 02.
- [12] MAREŠ, Miroslav a kol. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR*. Praha, 2002. č. dokumentu 4738-00-2/2-KA-01.
- [13] MAREŠ, Miroslav a kol. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Energetický audit: Zoologická zahrada Ústí nad Labem*. Praha, 2001. č. dokumentu 2-KA-01.
- [14] MAREŠ, Miroslav a kol. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Vyjádření energetického auditora k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. č. dokumentu 4947-000-2/2-KA 02.

- [15] MASTNÝ, Petr, et al. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [16] MOTLÍK, Jan, et al. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice*. Praha: ČEZ, 2007. ISBN 978-80-239-8823-9.
- [17] NAKLÁDAL, Vratislav. AQUATEST. *ZOO - Ústí nad Labem zajištění zdroje termální podzemní vody: Projekt - geologická část*. Praha, 2000.
- [18] NOŽIČKA, Jiří. *Základy termomechaniky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02409-1.
- [19] PETR, Jalůvka. SKANSKA. *Technická zpráva Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo: Skutečné provedení 5/06*. Praha, 2004.
- [20] PETRÁŠ, Dušan, et al. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [21] QUASCHNING, Volker. *Renewable energy and climate change*. Hoboken, N.J.: Wiley, c2010. ISBN 978-0-470-74707-0.
- [22] SKANSKA. *Skanska Stavba roku ABF 2006: Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu ZOO Ústí nad Labem*. Praha, 2005.
- [23] SMITH, Roger, ed. *Encyclopedia of geology*. Chicago: Fitzroy Dearborn, c1999. ISBN 1-57958-188-9.

## 7.2 Elektronické a internetové zdroje

- [1] 110 let Lumpeparku. *Zoousti.cz* [online]. 2018 [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <https://www.zoousti.cz/110-let-lumpeparku>
- [2] ASOCIACE PRO VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL. Budoucnost tepelných čerpadel v Evropě a v ČR. *TZB-info* [online]. 2018 [cit. 2018-12-09]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/18356-budoucnost-tepelnych-cerpadel-v-evrope-a-v-cr>
- [3] ASOCIACE PRO VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL. V ČR je v provozu více než 70 000 tepelných čerpadel různých výkonů a systémů: Tepelná čerpadla v popředí zájmu veřejnosti. *TZB-info* [online]. 2016 [cit. 2018-11-15]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13898-v-cr-je-v-provozu-vice-nez-70-000-tepelnych-cerpadel-ruznych-vykonu-a-systemu>
- [4] BLÁHA, Marek. Netradiční instalace tepelných čerpadel IVT: Vytápění areálu ZOO Ústí nad Labem. *TZB-info* [online]. 10. 11. 2004 [cit. 2018-11-20]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2231-netradicni-instalace-tepelnych-cerpadel-ivt>

- [5] BLAŽKOVÁ, Miroslava. *Metodika k hodnocení geotermálního potenciálu v modelovém území Podkrušnohoří*. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2010. Dostupné také z: [https://prvni.geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcb01/metodika\\_ujep\\_4.pdf](https://prvni.geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcb01/metodika_ujep_4.pdf)
- [6] BP P.L.C. *BP Statistical Review of World Energy 2018*. London, 2018. 67th edition. Dostupné také z: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>
- [7] BURDA, Jiří, Jan HOLEČEK, Pavel BÍLÝ, Petr NOVÁK a Hana SEMÍKOVÁ. TECHNOLOGICKÁ AGENTURA ČR. *Metodika stanovení podmínek ochrany při využívání tepelné energie zemské kůry: Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2015*. 1. 2015. Dostupné také z: [www.geology.cz/extranet/vav/vyznamne-vysledky-vyzkumu/metodiky/metodika-holecek-2015.pdf](http://www.geology.cz/extranet/vav/vyznamne-vysledky-vyzkumu/metodiky/metodika-holecek-2015.pdf)
- [8] CRR. Integrovaný regionální operační program. In: *Centrum pro regionální rozvoj České republiky* [online]. Praha: CRR, 2011 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.crr.cz/cs/irop/>
- [9] Crust (geology). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2018-03-3]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Crust\\_\(geology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Crust_(geology))
- [10] CZECHINVEST. Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost. In: *Agentura pro podporu podnikání a investic* [online]. Praha: CzechInvest, 1994 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.czechinvest.org/cz/Sluzby-pro-male-a-stredni-podnikatele/Chcete-dotace/OP-PIK>
- [11] ČEZ. *Geotermální energie* [online]. In: ČEZ. [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/geotermalni-energie.html>
- [12] ČEZ. *Trmice* [online]. In: ČEZ [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrarny/cr/trmice.html>
- [13] ČHMÚ. Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem v roce 2015. In: *Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika: Grafická ročenka 2016* [online]. 2016 [cit. 2018-10-16]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/IV2\\_BaP\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/IV2_BaP_CZ.html)
- [14] ČR. *Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky, 2014. Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52041/59168/618616/priloha001.pdf>
- [15] ČR. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2016: Výsledky statistického zjišťování*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky, 2017. Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2018/2/Obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2016.pdf>



- [16] ČR. *Výsledky statistických šetření: Tepelná čerpadla (energie prostředí)*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky, 2018. Dostupné také z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2018/7/Tepelna-cerpadla-2010-2017\\_1.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2018/7/Tepelna-cerpadla-2010-2017_1.pdf)
- [17] ČTK. *E15: ČEZ plánuje první geotermální elektrárnu* [online]. 4. února 2009 [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz-obnovitelne-zdroje-energie/zpravy-z-tisku/e15-cez-planuje-prvni-geotermalni-elektrarnu>
- [18] ČTK. Podíl OZE v ČR se musí zvýšit na 22,5 %, aby byl dosažen celoevropský cíl do roku 2030. *OEnergetice* [online]. 2018 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrarny-cr/podil-oze-v-cr-se-musi-zvysit-na-225-aby-byl-dosazen-celoevropsky-cil-do-roku-2030/>
- [19] ČTK. První česká geotermální elektrárna u Semil nebude: Lidé se báli otřesů při vrtání. *Hospodářské noviny* [online]. ČR: *Economia*, 1990, 3. 5. 2013 [cit. 2018-12-10]. ISSN 0862-9587. Dostupné z: <https://byznys.ihned.cz/c1-59809650-prvni-ceska-geotermalni-elektrarna-u-semil-nebude-lide-se-bali-otresu-pri-vrtani>
- [20] ČTK. V Litoměřicích vzniká unikátní výzkumné centrum geotermální energie. *OEnergetice* [online]. 2018 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/v-litomicich-vznika-unikatni-vyzkumne-centrum-geotermalni-energie/>
- [21] ČTK. Vznik geotermální elektrárny v Tanvaldu znovu zváží stavební úřad. *Info.cz: Energetika* [online]. 2001, 23. července 2018 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://www.info.cz/energetika/vznik-geotermalni-elektrarny-v-tanvaldu-znovu-zvazi-stavebni-urad-34502.html>
- [22] Čtyři instalovaná tepelná čerpadla v pražské ZOO. In: *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2018-12-10]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/1499-ctyri-instalovana-tepelna-cerpadla-v-prazske-zoo>
- [23] Diagram source. In: *Ontario Association of Architects* [online]. Ontario: Advanced Thermal Solutions [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.oaa.on.ca/oaamedia/uploads/fig1.jpg>
- [24] DOLEŽAL, Michal. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Zhodnocení efektu projektu využití geotermální energie pro vytápění ZOO v Ústí nad Labem*. Praha, 2007. č. dokumentu 5596-900-1/2KX-01. Dostupné také z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/2196>
- [25] DOSTÁL, Dalibor. Geotermální energie zůstává v Česku na okraji, firmy a vědci to chtějí změnit [online]. 9. 11. 2017 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/cs/clanky/geotermalni-energie-zustava-v-cesku-na-okraji-firmy-a-vedci-to-chteji-zmenit--96779.html>

- [26] DŘÍMAL, Petr. *Tepelné čerpadlo a geotermální energie: Učebnice Průmyslové ekologie 2. díl* [online]. Brno: Střední průmyslová škola elektrotechnická a informačních technologií [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: [https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/7467/mod\\_resource/content/1/Pro%20u%C4%8Ditele%20-%20Tepeln%C3%A9%20%C4%8Derpadlo%20a%20geoterm%C3%A1ln%C3%AD%20energie.pdf](https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/7467/mod_resource/content/1/Pro%20u%C4%8Ditele%20-%20Tepeln%C3%A9%20%C4%8Derpadlo%20a%20geoterm%C3%A1ln%C3%AD%20energie.pdf)
- [27] *Energetické úspory v bytových domech III: 78. výzva k předkládání žádostí o podporu z IROP*. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj České republiky. Dostupné také z: <https://irop.mmr.cz/getmedia/01408427-6624-41a1-9cc9-f6aacefbaebb/Text-78-vyzvy-IROP-v1.1.pdf.aspx?ext=.pdf>
- [28] ERÚ. *Energetický regulační věstník*. Jihlava 26. 9. 2018: Energetický regulační úřad, 2018. Částka 6/2018. Dostupné také z: [http://www.eru.cz/documents/10540/4697359/ERV\\_6\\_2018.pdf/b19eac97-d73e-472d-8105-d4e119a69cb8](http://www.eru.cz/documents/10540/4697359/ERV_6_2018.pdf/b19eac97-d73e-472d-8105-d4e119a69cb8)
- [29] EUROPEAN COMMISSION. European Regional Development Fund. In: *Ec.europa.eu* [online]. EU [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/funding/erdf/](https://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/erdf/)
- [30] EUROPEAN COMMISSION. *GEOSTRAS*. EU: Strategic Energy Technologies Information System, 2016. Public factsheet. Dostupné také z: <https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo - geostras - fr - 2016 factsheet.pdf>
- [31] EUROPEAN COMMISSION. *Geothermae*. EU: Strategic Energy Technologies Information System, 2016. Public factsheet. Dostupné také z: <https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo - geothermae - hr - 2016 factsheet.pdf>
- [32] EUROPEAN COMMISSION. Leadership in renewables: Geothermal energy: the impact of EU R&D funding. In: *Ec.europa.eu* [online]. EU, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/research/energy/images/infographics/geothermal\\_ig\\_2018.jpg](https://ec.europa.eu/research/energy/images/infographics/geothermal_ig_2018.jpg). Infographics.
- [33] EUROPEAN COMMISSION. NER 300 - Overview. In: *Setis.ec.europa.eu* [online]. EU [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://setis.ec.europa.eu/NER300>
- [34] EUROPEAN COMMISSION. NER 300 programme. In: *Ec.europa.eu* [online]. EU [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300_en)
- [35] EUROPEAN COMMISSION. Renewable Energy: Geothermal Energy. In: *Ec.europa.eu* [online]. EU [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/research/energy/index.cfm?pg=area&areaname=renewable\\_geothermal](https://ec.europa.eu/research/energy/index.cfm?pg=area&areaname=renewable_geothermal)
- [36] EUROPEAN COMMISSION. *South Hungarian EGS Demonstration*. EU: Strategic Energy Technologies Information System, 2016. Public factsheet. Dostupné také z: [https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo - south\\_hungarian\\_egs\\_demonstration - hu - 2016 factsheet.pdf](https://setis.ec.europa.eu/system/files/geo - south_hungarian_egs_demonstration - hu - 2016 factsheet.pdf)

- [37] European funding secures geothermal energy for Penzance's Jubilee Pool. In: *Cornwall and Isles of Scilly Growth Programme* [online]. Cornwall: Cornwall and Isles of Scilly Growth Programme, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.cornwallislesofscillygrowthprogramme.org.uk/european-funding-secures-geothermal-energy-penzances-jubilee-pool/>
- [38] GABBATT, Adam. Swiss geothermal power plan abandoned after quakes hit Basel. *The Guardian* [online]. Guardian News and Media Limited or its affiliated companies, 15 Dec 2009 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/world/2009/dec/15/swiss-geothermal-power-earthquakes-basel>
- [39] *Geothermal energy in Germany: Future-oriented technology* [online]. HERRENKNECHT VERTICAL. [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <https://www.herrenknecht-vertical.com/case-studies/geothermal-energy-projects-in-germany/>
- [40] Great Artesian Basin. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Great\\_Artesian\\_Basin](https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Artesian_Basin)
- [41] Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. *TZB-info* [online]. [cit. 2018-03-09]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu#t18>
- [42] In: *Enerfinplus.cz* [online]. [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: [https://www.enerfinplus.cz/files/tepelna\\_cerpadla\\_-\\_princip\\_a\\_realizace/kreslen-vodni-plocha.jpg](https://www.enerfinplus.cz/files/tepelna_cerpadla_-_princip_a_realizace/kreslen-vodni-plocha.jpg)
- [43] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Geothermal energy [online]. In: OECD, 2018 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <https://www.iea.org/topics/renewables/geothermal/>
- [44] Kola Superdeep Borehole. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kola\\_Superdeep\\_Borehole](https://en.wikipedia.org/wiki/Kola_Superdeep_Borehole)
- [45] KUTLU, Pavla. *Geotermální zdroj v Děčíně je Projektem desetiletí* [online]. MVV ENERGIE CZ. Praha, 2012 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <http://www.mvv.cz/clanky-geotermalni-zdroj-v-decine-je-projektem-desetileti.html>
- [46] List of deepest mines. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_deepest\\_mines](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_deepest_mines)
- [47] LUND, John a Tonya BOYD. Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review. *Geothermics*. Elsevier, 2016, **60**, 66-93. DOI: 10.1016/j.geothermics.2015.11.004. ISSN 0375-6505. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.11.004>
- [48] Mapa tektonických desek. In: *Eduportál Techmania* [online]. [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/sites/default/files/podrobnosti/insert/82-2.png>

- [49] MPO. EFEKT 2017 - 2021. In: *Inforamční portál MPO o podpoře energetických úspor a využití OZE* [online]. MPO, 2008 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/programy-podpory/54039>
- [50] MPO. *Státní program na podporu úspor energie na období 2017 – 2021*. 2. Praha: MPO, 2016. Dostupné také z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/dotace-na-uspory-energie/program-efekt/2016/12/program\\_efekt\\_2017-2021\\_16\\_12\\_2016.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/dotace-na-uspory-energie/program-efekt/2016/12/program_efekt_2017-2021_16_12_2016.pdf)
- [51] MVV ENERGIE CZ. *Geotermální zdroj v Děčíně* [online]. In: Praha [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <http://www.mvv.cz/geotermalni-zdroj-v-decine.html>
- [52] MYSLIL, Vlastimil, Michal STIBITZ a Václav FRYDRYCH. *Geothermal energy potential of Czech Republic*. Proceedings of the World Geothermal Congress, Antalya, Turkey, 2005. Dostupné také z: <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2005/0177.pdf>
- [53] MYSLIL, Vlastimil, Zdeněk KUKAL, Karel POŠMOURNÝ a Václav FRYDRYCH. *Geotermální energie: Ekologická energie z hlubin Země - současné možnosti využívání. Planeta*. Ministerstvo životního prostředí ČR Praha, 2007, XV(4). ISSN 1801-6898. Dostupné také z: [https://prvni-geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcbc01/geotermalni\\_energie\\_myslil\\_4.pdf](https://prvni-geotermalni.cz/upload/4084e9a33cc28c0fe8e25501a8bcbc01/geotermalni_energie_myslil_4.pdf)
- [54] *Obnovitelné zdroje energie – Výzva IV*. In: *Agentura pro podporu podnikání a investic* [online]. Praha: CzechInvest, 1994 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.agentura-api.org/programy-podpory/obnovitelne-zdroje-energie/obnovitelne-zdroje-energie-vyzva-iv/>
- [55] *Odvolání proti usnesení o přerušení územního řízení*. In: *Oficiální stránky města Tanvald: Geotermální elektrárna* [online]. Tanvald, 25.09.2018 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://www.tanvald.cz/aktuality/geotermalnielektrarna/>
- [56] *Ochranařské projekty*. *Zoousti.cz* [online]. [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <https://www.zoousti.cz/ochranarske-projekty>
- [57] PETR, Mastný. *Princip funkce tepelného čerpadla*. In: *Časopis stavebnictví* [online]. Praha [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: [https://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/Image/0711\\_12\\_special/23\\_obr2.jpg](https://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/Image/0711_12_special/23_obr2.jpg)
- [58] POJAR, Petr. In: *Ceskestavby.cz* [online]. 2011 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: [https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-3\\_voda-voda-podzemni.jpg](https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-3_voda-voda-podzemni.jpg)
- [59] POJAR, Petr. In: *Ceskestavby.cz* [online]. 2011 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: [https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-1\\_zeme-voda-zemni-kolektory.jpg](https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-1_zeme-voda-zemni-kolektory.jpg)
- [60] POJAR, Petr. In: *Ceskestavby.cz* [online]. 2011 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: [https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-2\\_zeme-voda-schema-hlubinneho-vrtu.jpg](https://i.ceskestavby.cz/clanky/odstavce/20148-540476-2_zeme-voda-schema-hlubinneho-vrtu.jpg)

- [61] Princip tepelného čerpadla. *GEROtop* [online]. [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <http://www.gerotop.cz/geotermalni-energie>
- [62] PROCHÁZKOVÁ, Eva. *Podpovrchová voda* [online]. In: Zlín, 28. 7. 2013 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3067210/>
- [63] Průřez Země a její atmosféry s českými popisky. In: *Wikimedia Commons* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2005 [cit. 2018-03-3]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pr%C5%AF%C5%99ez\\_Zem%C3%AD.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pr%C5%AF%C5%99ez_Zem%C3%AD.png)
- [64] PRVNÍ GEOTERMÁLNÍ LITOMĚŘICE. *Jaký projekt připravují Litoměřice?* [online]. In: Litoměřice, 2013 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://prvni-geotermalni.cz/cz/otazky-a-odpovedi/jaky-je-hlavni-cil-projektu-a-jak-pomuze-lidem-v-litomerich>
- [65] PRVNÍ GEOTERMÁLNÍ LITOMĚŘICE. *Projekt "Geotermální energie Litoměřice"* [online]. In: Litoměřice, 2013 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://prvni-geotermalni.cz/cz/o-projektu/projekt-geotermalni-energie-litomerice>
- [66] PRVNÍ GEOTERMÁLNÍ LITOMĚŘICE. *V Litoměřicích bude zahájena výstavba centra pro výzkum geotermální energie* [online]. In: Litoměřice, 2017 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://prvni-geotermalni.cz/cz/aktualne/v-litomerich-bude-zahajena-vystavba-centra-pro-vyzkum-geotermalni-energie>
- [67] PŘIBYL, Evžen. Využití geotermální energie pro výrobu elektrické energie. *Vytápění větrání instalace: Zpravodaj Společnosti pro techniku prostředí*. 2009, **2009**(5), 2. ISSN 1210-1389. Dostupné také z: [www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2009-05\\_s207.pdf](http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2009-05_s207.pdf)
- [68] RICHTER, Alexander. Drilling work started on geothermal pool project in Penzance in Cornwall, UK. *Thinkgeoenergy.com: Geothermal Energy News* [online]. ThinkGeoEnergy, 5 Feb 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.thinkgeoenergy.com/drilling-work-started-on-geothermal-pool-project-in-penzance-in-cornwall-uk/>
- [69] RICHTER, Alexander. E.ON participating in study on deep geothermal energy in Sweden. *Thinkgeoenergy.com: Geothermal Energy News* [online]. ThinkGeoEnergy, 7 Feb 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.thinkgeoenergy.com/e-on-participating-in-study-on-deep-geothermal-energy-in-sweden/>
- [70] RICHTER, Alexander. The 17.5 MW Velika Ciglena geothermal power plant starts operation in Croatia. *Thinkgeoenergy.com: Geothermal Energy News* [online]. ThinkGeoEnergy, 12 Dec 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.thinkgeoenergy.com/the-17-5-mw-velika-ciglena-geothermal-power-plant-starts-operation-in-croatia/>
- [71] RINGEN. *Co je RINGEN* [online]. In: 2018 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://www.rin-gen.cz/cz/vyzkumna-infrastruktura/co-je-ringen-2>
- [72] ROMITTI, Yasmin. *The International Geothermal Market At a Glance*. Geothermal Energy Association, 2015, 2 s. Dostupné také z: [http://geo-energy.org/reports/2015/Int'lMarketataGlanceMay2015Final5\\_14\\_15.pdf](http://geo-energy.org/reports/2015/Int'lMarketataGlanceMay2015Final5_14_15.pdf)

- [73] RUBÍN, Josef. Co je to artéská studně?. In: *Český rozhlas* [online]. 1997, 9. ledna 2003 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.rozhlas.cz/priroda/porady/zprava/59697>
- [74] SFŽP ČR. *Dotační bonus* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/dotacni-bonus/>
- [75] SFŽP ČR. *Kotlíkové dotace – 1. výzva* [online]. In: *Sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/kotlikove-dotace-1-vyzva/>
- [76] SFŽP ČR. *Kotlíkové dotace – 2. výzva* [online]. In: *Sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/kotlikove-dotace-2-vyzva/>
- [77] SFŽP ČR. *Kotlíkové dotace* [online]. In: *Sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/>
- [78] SFŽP ČR. *NZÚ: Bytové domy – zateplení a zdroje* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/bytove-domy-zatepleni-zdroje/>
- [79] SFŽP ČR. *NZÚ: Krok za krokem* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/jak-na-to/krok-za-krokem/>
- [80] SFŽP ČR. *NZÚ: Rodinné domy – zdroje energie* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>
- [81] SFŽP ČR. *O programu NZÚ* [online]. In: *Novazelenausporam.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/o-programu/>
- [82] SFŽP ČR. *Operační program Životní prostředí* [online]. In: *Sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/operacni-program-zivotni-prostredi/>
- [83] SFŽP ČR. OPŽP: Prioritní osa 5: Energetické úspory: 121. výzva. In: *Opzp.cz* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2015 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/vyzvy/121-vyzva>
- [84] SFŽP ČR. *Přehled výzev NZÚ* [online]. In: *Zadosti-nzu.sfzp.cz*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://zadosti-nzu.sfzp.cz/>
- [85] SFŽP ČR. Snížit energetickou náročnost veřejných budov a zvýšit využití obnovitelných zdrojů energie. In: *Opzp.cz* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2015 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/podporovane-oblasti/5-1-snizit-energetickou-narocnost-verejnych-budov-a-zvysit-vyuziti-obnovitelnych-zdroju-energie?id=33>

- [86] SFŽP ČR. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu NZÚ: RD v rámci 3. výzvy k podávání žádostí*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018. Dostupné také z: [https://www.novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2018/09/18/1537271767\\_NZ%C3%9A\\_Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20C5%BEadatele%20RD%203-v%C3%BDzva\\_2018-09.pdf](https://www.novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2018/09/18/1537271767_NZ%C3%9A_Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20C5%BEadatele%20RD%203-v%C3%BDzva_2018-09.pdf)
- [87] SFŽP ČR. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu NZÚ: Bytové domy v rámci 2. výzvy k podávání žádostí*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2016. Dostupné také z: [https://www.novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2018/07/10/1531208631\\_Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20C5%BEadatele%20BD-zateplen%C3%AD-zdroje-sol%C3%A1ry-rekuperace%20\(2.1\).pdf](https://www.novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2018/07/10/1531208631_Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20C5%BEadatele%20BD-zateplen%C3%AD-zdroje-sol%C3%A1ry-rekuperace%20(2.1).pdf)
- [88] Schématická geologická mapa ČR. In: *ELUC: Základy regionální geologie České republiky* [online]. [cit. 2018-11-11]. Dostupné z: [https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/18558/content\\_Ceskymasiv.jpg](https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/18558/content_Ceskymasiv.jpg)
- [89] SIGFÚSSON, Bergur a Andreas UIHLEIN. EUROPEAN COMMISSION. 2014 JRC Geothermal Energy Status Report: Technology, market and economic aspects of geothermal energy in Europe. EU: Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015. ISBN 978-92-79-44614-6. ISSN 1831-9424. Dostupné také z: [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93338/jrc%20geothermal%20report\\_final.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93338/jrc%20geothermal%20report_final.pdf)
- [90] ŠKORPÍK, Jiří. Využití tepla Země. *Transformační technologie* [online]. Brno: Jiří Škorpík, 2014, [cit. 2018-03-05]. ISSN 1804-8293. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/08.html>
- [91] ŠPIČKOVÁ, Iveta, Jana ŠTURCOVÁ a Martina ŠUDŘICHOVÁ. *Využití geotermální energie*. Praha, 2010. Dostupné také z: [https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti\\_geotermalni\\_energie.pdf](https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti_geotermalni_energie.pdf)
- [92] TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Výsledky realizovaného projektu pro využití geotermální energie: 2. Konference AEA*. Praha, 2006.
- [93] Tectonic plate boundaries. In: *Wikimedia Commons* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATectonic\\_plate\\_boundaries2.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATectonic_plate_boundaries2.png)
- [94] Tepelná čerpadla - primární okruhy. *GE-TRA* [online]. 2009 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <https://www.ge-tra.cz/problematiky/tepelna-cerpadla-primarni-okruhy>
- [95] Tepelný tok na území České republiky. In: *OEnergetice* [online]. 2015 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/wp-content/uploads/2015/05/tepeltok-725x465.jpg>
- [96] The Geysers geothermal field is the largest producer of geothermal electricity in the world. In: *California Energy Commission* [online]. State of California, 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://www.energy.ca.gov/tour/geysers/>

- [97] TRDLA, Martin. ČEZ stopl výstavbu geotermální elektrárny v Liberci, byla by drahá. *IDNES* [online]. 12. února 2011 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: [https://liberec.idnes.cz/cez-stopl-vystavbu-geotermalni-elektrarny-v-liberci-byla-by-draha-1cr-/liberec-zpravy.aspx?c=A110210\\_135455\\_liberec-zpravy\\_alh](https://liberec.idnes.cz/cez-stopl-vystavbu-geotermalni-elektrarny-v-liberci-byla-by-draha-1cr-/liberec-zpravy.aspx?c=A110210_135455_liberec-zpravy_alh)
- [98] UNIE ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH ZOOLOGICKÝCH ZAHRAD. *Výroční zpráva UCSZOO za rok 2017* [online]. In: UCSZOO[UNIE ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH ZOOLOGICKÝCH ZAHRAD]. Červenec 2018 [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: [http://www.zoo.cz/media/files/zoo\\_vyrocní\\_zprava\\_2017\\_web.pdf](http://www.zoo.cz/media/files/zoo_vyrocní_zprava_2017_web.pdf)
- [99] Úspory energie – Výzva IV. In: *Agentura pro podporu podnikání a investic* [online]. Praha: CzechInvest, 1994 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.agentura-api.org/programy-podpory/uspory-energie/uspory-energie-vyzva-iv/>
- [100] Uspořádání studní. In: *Tzb.fsv.cvut.cz* [online]. Katedra technických zařízení budov ČVUT Fakulta stavební [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: [http://tzb.fsv.cvut.cz/images/podklady/9/\\_studny.jpg](http://tzb.fsv.cvut.cz/images/podklady/9/_studny.jpg)
- [101] VALDIMARSSON, Páll. Geothermal power plant cycles and main components. *Short Course on Geothermal Drilling, Resource Development and Power Plants*, organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, 2011. Dostupné také z: <https://orkustofnun.is/gogn/unu-gtp-sc/UNU-GTP-SC-12-35.pdf>
- [102] VOBOŘIL, David. Geotermální energie. *OEnergetice* [online]. 2015 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/geotermalni-energie/>
- [103] VRTEK, Mojmir. Tepelná čerpadla na VŠB – TU Ostrava. *Vytápění větrání instalace: Zpravodaj Společnosti pro techniku prostředí*. 2011, **2011**(3), 3. ISSN 1210-1389. Dostupné také z: [www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2011-03\\_s118.pdf](http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2011-03_s118.pdf)
- [104] WALL, Göran; CHUANG, Chia-Chin; ISHIDA, Masaru. Exergy study of the Kalina cycle. *Analysis and design of energy systems: analysis of industrial processes*, 1989, 10.3: 73-77. Dostupné také z: <http://www.exergy.se/ftp/kalina.pdf>
- [105] World map of geothermal power countries installed and developing. In: *Wikimedia Commons* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2015 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World\\_map\\_of\\_geothermal\\_power\\_countries\\_installed\\_and\\_developing.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_map_of_geothermal_power_countries_installed_and_developing.svg)
- [106] Zoo Ústí nad Labem. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?x=14.0591473&y=50.6660106&z=17>
- [107] Zoologická zahrada Ústí nad Labem. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 4. 7. 2017 [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Zoologick%C3%A1\\_zahrada\\_%C3%9Ast%C3%AD\\_nad\\_La\\_bem](https://cs.wikipedia.org/wiki/Zoologick%C3%A1_zahrada_%C3%9Ast%C3%AD_nad_La_bem)







Zdroj: Zoo Ústí nad Labem. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?x=14.0591473&y=50.6660106&z=17>

Název objektu	Číslo objektu	Zastavěná plocha [m <sup>2</sup> ]	Obestavěný prostor [m <sup>3</sup> ]	Způsob vytápění	Označení VS
Správní budova	1	350	5 670	SZT	2
Provozní budova	2	490	2 702	SZT	2
Dílny dopravy	3	240	1 050	SZT	2
Šatny, jídelna	4	220	1 430	SZT	2
Lachtani	5	60	210	SZT	2
Lidoopi	6	320	1 280	SZT	2
Pelikáni	7	30	90	SZT	2
Opičárna	8	230	960	SZT	2
Stáj anoa	9	64	180	el.	-
Exotárium	10	504	3 679	SZT	2
Šelminec	11	702	5 578	SZT	2
Obchůdek	12	50	130	SZT	2
WC	13	42	126	SZT	2
Domek vodní ptáci	14	18	47	SZT	2
Antilopy	15	190	570	SZT	1
Zebry	16	205	675	el.	-
Velbloudinec	17	420	1 570	SZT	1
Koliba	18	220	960	el.	-
Gazelinec	19	1 035	4 150	SZT	1
Sloninec	20	380	1 870	SZT	1
Horní vstup	21	24	138	SZT	1
Poníci	22	60	165	el.	-
Skleník 1	23	108	410	SZT	3
Skleník 2, 3	24	100	380	SZT	3
Skleník 4	25	60	228	SZT	3
Obj. zahradnictví	26	115	462	SZT	3
Byt. domek Skalka	27	154	375	SZT	3
Byt. domek Luňák	28	160	912	SZT	3
Byt. domek zoolog	29	45	126	SZT	3
Kuchyň krmiva	30	240	1 120	SZT	3
Zimoviště	31	330	2 250	SZT	3
Seník	32	594	2 850	nevytápěné	-
Odchovna papoušků	33	48	100	el.	-
Ustájení koní a velbloudinec	34	175	612	nevytápěné	-
<b>Celkem</b>	-	<b>7 983</b>	<b>43 055</b>	-	-

Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR. Praha, 2002. s. 11. č. dokumentu 4738-00-2/2-KA-01.

Název objektu	Číslo objektu	Zastavěná plocha [m <sup>2</sup> ]	Obestavěný prostor [m <sup>3</sup> ]	Zdroj tepla (před realizací)	Zdroj tepla (po realizaci)
Správní budova	1	350	5 670	VS 2	TČ 1
Provozní budova	2	490	2 702	VS 2	TČ 1
Dílny dopravy	3	240	1 050	VS 2	TČ 1
Šatny, jídelna	4	220	1 430	VS 2	TČ 1
Lachtani	5	60	210	VS 2	TČ 1
Lidoopi	6	320	1 280	VS 2	TČ 1
Vodní ptáci	7	30	90	VS 2	TČ 1
Opičárna+Lengua	8	230	960	VS 2	TČ 2
Stáj anoa	9	64	180	elektrická en.	elektrická en.
Exotárium	10	504	3 680	VS 2	TČ 2
Šelminec	11	702	5 578	VS 2	TČ 2
Obchůdek	12	50	130	VS 2	TČ 2
WC	13	42	126	VS 2	TČ 2
Babirusy	14	18	47	VS 2	TČ 1
Antilopy	15	190	570	VS 2	TČ 3
Zebry	16	205	675	el.	TČ 3
Oslárna	17	420	1 570	VS 1	TČ 3
Koliba	18	220	960	elektrická en.	elektrická en.
Gazelinec vč. slonů	19	1 035	4 150	VS 1	TČ 5
Sloninec bez slonů	20	380	1 870	VS 1	TČ 5
Horní vstup	21	24	138	VS 1	elektrická en.
Ponici	22	60	165	nevytápěn	TČ 3
Skleník 1	23	108	410	VS 3	TČ 4
Skleník 2, 3	24	100	380	VS 3	TČ 4
Skleník 4	25	60	228	VS 3	TČ 4
Obj. zahradnictví	26	115	462	VS 3	TČ 4
Byt. domek Luňák	27	160	912	VS 3	TČ 4
Byt. domek Skalka	28	154	375	VS 3	TČ 4
Byt. domek zoolog	29	45	126	VS 3	TČ 4
Kuchyně krmiva	30	240	1 120	VS 3	TČ 4
Zimoviště	31	330	2 250	VS 3	TČ 4
Seník	32	594	2 850	nevytápěn	nevytápěn
Odchovna papoušků	33	48	100	VS 3	TČ 4
Ustájení koní a velbloudinec	34	175	612	VS 3	TČ 4
Nosorožci (součást obj. č. 20)	35	-	-	VS 1	TČ 5
Žirafy (součást obj. č. 20)	36	-	-	VS 1	TČ 5
Pštrosi	37	20	55	elektrická en.	elektrická en.
Olajové hospodářství	38	78	234	nevytápěn	TČ 3
Vrátnice	39	12	24	elektrická en.	elektrická en.
Trafostanice TS 1	40	36	144	nevytápěn	nevytápěn
Dolní vstup	41	36	110	VS 2	TČ 1
Mravenečník	42	20	60	elektrická en.	elektrická en.
Kočkovité šelmy	43	28	96	nevytápěn	nevytápěn
<b>Celkem</b>	-	<b>8 213</b>	<b>43 779</b>	-	-

Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. *Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. s. 19. č. dokumentu 5033-

4738-900-2/2-KA-01  
revize 0  
leden 2002  
strana 45

Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR

## 4 Ekonomické hodnocení navržených opatření

### 4.1 Metodika výpočtu ekonomické efektivity

Ekonomické hodnocení je obecně prováděno na bázi porovnání finančních efektů plynoucích z realizace hodnoceného opatření a finančních nároků spojených s realizací navrženého úsporného opatření.

Opatření lze z hlediska nároků na finanční zdroje rozdělit na:

**A/ beznákladová**

**B/ nákladová** - realizovaná v rámci oprav a údržby  
- investiční akce

Všechna opatření realizovaná bez nároků na finanční zdroje tzv. *beznákladová opatření* vedoucí k úsporám energie a nákladů s tím spojených jsou vždy ekonomicky efektivní. Jedná se zejména o organizační opatření, zlepšení obchodních smluv, úsporné chování spotřebitelů apod. Ekonomický efekt těchto opatření tedy je kvantifikován vyšší úspor nákladů na energii.

Opatření vyžadující finanční prostředky je nezbytné vždy vyhodnotit na základě kritérií ekonomické efektivity. Jak již bylo výše řečeno, tato opatření jsou rozdělena na dvě skupiny.

První skupina opatření je tvořena *opatřeními nízkonákladovými*, které lze realizovat v rámci oprav a údržby zařízení a jsou financována z provozních prostředků.

Druhá skupina opatření zahrnuje tzv. *vysokonákladová opatření*, která jsou založena na realizaci rekonstrukce či náhrady málo efektivních stávajících energetických zařízení a vyžadují vynaložení investičních nákladů spojených s pořízením nově instalovaných zařízení či stavebních úprav.

U nákladových opatření se vychází z hodnocení přínosu z jejich realizace na hospodářský výsledek hospodářského subjektu, tj. jeho zisku resp. nákladů a toku hotovosti.

Pro hodnocení ekonomické efektivity opatření se používají zejména **kritéria** založená na diskontování. Jedná se o kritéria:

**čisté současné hodnoty** – net present value NPV,

**vnitřního výnosového procenta** – internal rate of return IRR,

**dynamické doby návratnosti** – dynamic pay back period.

Tato kritéria jsou založena na:

stanovení ročních čistých toků hotovosti,

přepočtu různodobých čistých toků na současnou hodnotu pomocí diskontního činitele.

**Čistý tok hotovosti** (cash flow) v daném roce se pro opatření navržená a hodnocená v rámci energetického auditu stanovuje takto:

*A/ nízkonákladová opatření*

**Cash flow (CF) = Úspory (U) – Mimořádné náklady na opravy a údržbu spojené s dosažením úspor energie (NPM)**

kde: Úspory (Ú) se stanoví jako rozdíl ročních provozních nákladů před a po realizaci opatření, přičemž jejich výše se opakuje po dobu trvání realizovaného opatření,

4738-900-2/2-KA-01

revize 0

leden 2002

strana 46

Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR

Mimořádné provozní náklady (NPM) jsou jednorázové provozní náklady vyvolané realizací předmětného opatření v rámci mimořádných opravárenských a údržbových činností.

*B/ Vysokonákladová opatření*

**Cash flow (CF) = Úspory (U) – Investiční náklady (NI)**

Kde: Úspory (U) - reprezentují změnu provozních nákladů vyvolaných realizací opatření a stanoví se jako rozdíl provozních nákladů před realizací a po realizaci opatření,  
Investiční náklady (NI) – náklady kapitálového charakteru spojené s pořízením energetických zařízení a stavebních konstrukcí.

Hodnocení je možné provádět dvěma způsoby a to z pohledu:

- **projektu**, kdy se posuzuje efektivnost celkových vložených finančních zdrojů a nezkoumá se způsob jejich zajištění a ani se nezahrnuje vliv daní na ekonomický efekt,
- **investora**, kdy se posuzuje efektivnost vložených prostředků respektující způsob financování a vliv daní.

Na základě toho pak kritériální ukazatele současné hodnoty čistého toku hotovosti lze stanovit pomocí těchto výpočetních vztahů:

*Hledisko projektu*

a) nízkonákladová opatření

$$DCF = \sum_{t=1}^{T_h} (U_t - NPM_t) \cdot r^{-t} \quad (27)$$

b) vysokonákladová opatření

$$DCF = \sum_{t=1}^{T_h} (U_t - NI_t) \cdot r^{-t} \quad (28)$$

*Hledisko investora*

a) nízkonákladová opatření

$$DCF = \sum_{t=1}^{T_h} (U_t - NPM_t - D_{zt}) \cdot r^{-t} \quad (29)$$

b) vysokonákladová opatření

$$DCF = \sum_{t=1}^{T_h} (U_t - NI_t - NU_t + NICZ_t - NSP_t + D_t - D_{zt}) \cdot r^{-t} \quad (30)$$

Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR. Praha, 2002. s. 46. č. dokumentu 4738-00-2/2-KA-01.*

4738-900-2/2-KA-01

revize 0

leden 2002

strana 47

Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR

Vnitřní výnosové procento se obecně vypočte ze vztahu

$$DCF = \sum_{t=1}^{T_h} CF_t \cdot (1 + p_t)^{-t} = 0 \quad (31)$$

Dynamická doba návratnosti investice se pak vypočte z rovnice

$$DCF = \sum_{t=1}^{T_h} CF_t \cdot r^{-t} = 0 \quad (32)$$

Význam použitých symbolů je následující:

DCF	- diskontovaný tok hotovosti
U	- úspory nákladů vlivem realizace hodnoceného opatření
NPM	- mimořádné provozní náklady spojené s realizací provozních opatření v auditovaném systému výroby, distribuce a užití energie
NI	- investiční náklady celkem, které je nutné vynaložit na realizaci navrženého opatření
D	- dotace investičního záměru
D <sub>z</sub>	- daň ze zisku
NSP	- splátky investičního úvěru
NICZ	- cizí kapitálové zdroje jako bankovní úvěry, obligace apod.
NU	- úroky z úvěrů
r	- diskontní činitel pro který platí $r = 1 + p$ , kde p je diskontní míra
T <sub>h</sub>	- doba hodnocení

Pro správné pochopení a interpretaci výše uvedených ukazatelů se ještě stručně zmíníme o obsahové náplni jednotlivých komponent těchto kritérií.

*Investiční náklady* – zahrnují všechny náklady kapitálového charakteru, které je nezbytné vynaložit za účelem opatření energetických zařízení a zabezpečení jejich provozu. Mají charakter jednorázových nákladů a jsou dlouhodobě vázány. Vynaložením těchto nákladů si investor zajišťuje pořízení stálých aktiv (hmotný a nehmotný investiční majetek) a pracovního kapitálu (např. zásoby) nutného k zajištění provozu pořizované investice. Jedná se zejména o náklady spojené s koupí a montáží technologických zařízení a stavebních konstrukcí a zpracování projektové dokumentace.

*Provozní náklady* - zahrnují náklady spojené s provozem auditovaného systému a obsahují zejména: spotřebu přímého a nepřímého materiálu, paliv a energie, služby zahrnující zejména náklady na opravy a údržbu, dopravu a spoje atd., osobní náklady tvořené souhrnem mezd, pojištění, odměn a ostatních osobních nákladů, ostatní náklady, které zahrnují zejména daně a poplatky a ostatní provozní náklady.

*Mimořádné provozní náklady* – reprezentují náklady spojené opatřeními navrženými auditorem ve stávajícím energetickém systému v rámci provozně - technických opatření. Jedná se zejména o spotřebu materiálu, služeb, osobních nákladů a dalších provozních nákladů, které je nezbytné vynaložit za účelem realizace předmětného opatření.

*Úspory* – lze vyjádřit dvojitým způsobem a to buď jako rozdíl provozních nákladů před realizací opatření a po realizaci opatření, nebo jako úsporu paliv a energie vynásobené jednotkovými cenami za nákup.

4738-900-2/2-KA-01

revize 0

leden 2002

strana 48

## Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR

*Diskontovaný tok hotovosti* – tvoří rozdíly příjmů a výdajů v jednotlivých letech hodnoceného období navrženého projektu úspor energie vynásobené příslušným diskontním činitelem za účelem přepočtu na současnou hodnotu. DCF se vyjadřuje za účelem stanovení ekonomické efektivity jednak celkového kapitálu použitého k financování úsporného projektu bez ohledu na poskytovatele kapitálu, jednak kapitálu vloženého pouze investorem. Jedná se pak o hodnocení z pohledu projektu a hodnocení z pohledu investora.

*Úroky* - z úvěrů závisí na podílu bankovních úvěrů na celkových investičních nákladech, které je nutné vynaložit na realizaci navržených úsporných opatření, výši úrokové míry a doby splácení úvěru. Splácení úvěrů se provádí různým způsobem jako např. individuálně, rovnoměrně či anuitně. Ve výpočtech z hlediska projektu se převážně používá anuitního splácení a při hodnocení z hlediska investora se používá rovnoměrného splácení.

*Odpisy* – patří do nákladů, které však nejsou výdaji neboť zůstávají k dispozici firmě a jejich použití je možné pro různé účely (např. pro splácení investičních úvěrů). Vliv odpisů se bezprostředně projevuje v základně pro výpočet daně ze zisku a z hlediska cash flow je na straně příjmů. Propočet odpisů se provádí pomocí odpisových sazeb pro jednotlivé odpisové skupiny. Výše těchto sazeb je definována zákonem o dani z příjmů. Při propočtech ekonomické efektivity se nejčastěji používá rovnoměrného odepisování.

*Daň ze zisku (příjmu)* – se stanovuje jako součin sazby daně z příjmu (u podniků činí v současné době 31%) a tzv. základny daně ze zisku. Tato základna se stanoví jako rozdíl zisku před zdaněním korigovaná o připočitatelné a odpočitatelné položky. Jednou z důležitých odpočitatelných položek je odpočet 10% ze vstupní hodnoty nově pořizované investice zařazené do odpisové skupiny 1, 2 a 3. Tento odpočet se provádí v prvním roce provozu předmětného zařízení.

*Dotace* – představují finanční zdroje poskytnuté zejména státem na podporu určitých programů, kterými jsou např. státní programy na podporu úspor energie a ekologizace provozu různých technologií. V rámci toku hotovosti jsou zahrnuty na straně příjmů.

*Diskontní činitel* – slouží k přepočtu různodobých příjmů a výdajů ke stejnému časovému okamžiku a jejich vzájemnému porovnání. Diskontní činitel se stanovuje jako součet jedničky a diskontní sazby. Výše diskontní sazby se v zásadě odvíjí buď od nákladovosti kapitálu nebo od očekávané míry výnosnosti.

#### 4.2 Výchozí předpoklady

Všechny výpočty byly provedeny na bázi těchto předpokladů:

Název parametru	Měr. jednotka	Hodnota
Diskontní činitel	%	9
Doba porovnání	roky	15
Cena tepla	Kč.GJ <sup>-1</sup>	258,50
Cena el. energie	Kč.kWh <sup>-1</sup>	1,92
Meziroční eskalace cen	%	4

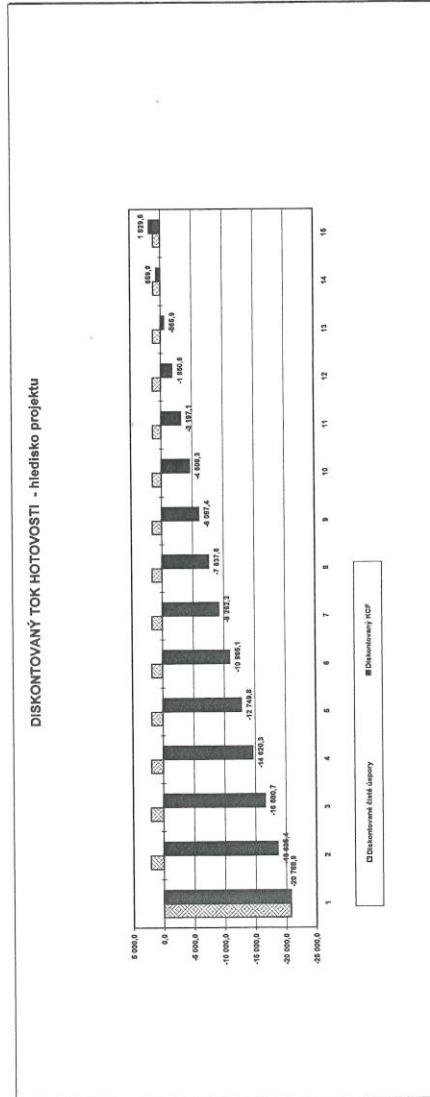
Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR. Praha, 2002. s. 48. č. dokumentu 4738-00-2/2-KA-01.*



**Energetický audit projektu "Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu v ZOO Ústí nad Labem"**

/ rok /

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Název projektu:															
Hledisko "projekt" - bez daní	25 120,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(1) Investiční náklady celkem	3 097,0	3 220,9	3 340,7	3 483,7	3 633,1	3 788,0	3 918,7	4 075,5	4 238,5	4 408,0	4 584,3	4 767,7	4 958,4	5 156,8	5 362,0
(2) Provozní náklady před realizací projektu	636,9	662,4	688,9	716,4	745,1	774,9	805,9	838,1	871,6	906,5	942,8	980,5	1 019,7	1 060,9	1 102,9
(3) Provozní náklady po realizaci projektu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(4) Dotace	2 460,1	2 558,5	2 660,9	2 767,3	2 878,0	2 993,1	3 112,8	3 237,4	3 366,8	3 501,5	3 641,6	3 787,2	3 938,7	4 096,3	4 260,1
(5) Hrubé úspory (2)-(3)+(4)	-22 859,8	2 656,5	2 660,9	2 767,3	2 878,0	2 993,1	3 112,8	3 237,4	3 366,8	3 501,5	3 641,6	3 787,2	3 938,7	4 096,3	4 260,1
(6) Čistě úspory (5)-(1)	-20 769,9	-20 101,4	-17 440,5	-14 673,2	-11 795,2	-8 802,1	-5 688,2	-2 451,9	914,9	4 416,5	8 058,0	11 845,3	15 784,0	19 880,3	24 140,4
(7) Kumulovaný tok hotovosti	-20 769,9	2 153,5	2 054,7	1 860,4	1 670,5	1 794,7	1 702,8	1 824,7	1 850,2	1 479,1	1 411,2	1 346,5	1 284,7	1 225,8	1 189,6
(8) Diskontované čisté úspory	-20 788,9	-18 638,4	-16 980,7	-14 826,3	-12 749,8	-10 985,1	-9 262,3	-7 837,5	-6 607,4	-5 693,3	-4 917,1	-4 260,6	-3 711,1	-3 259,9	-2 899,5
(9) Diskontovaný kumulovaný tok hotovosti	1,04														
Index růstu cen	9,2%														
Diskontní sazba	1 829,5														
Čistá současná hodnota (NPV)	10,4														
Vnitřní výnosové procento (IRR)	13,0														
Doba návratnosti investice	7,3														
Ukazatel ziskovosti (PI)															



Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Energetický audit k žádosti o podporu ze SFŽP ČR. Praha, 2002. s. 50. č. dokumentu 4738-00-2/2-KA-01.*

4947-900-2  
revize 0  
srpen 2003  
strana 24 z 32

Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu ZOO Ústí nad Labem“

## 6 Ekonomické hodnocení navržených opatření

Ekonomické hodnocení je obecně prováděno na bázi porovnání finančních efektů plynoucích z realizace hodnoceného opatření a finančních nároků spojených s realizací navrženého úsporného opatření.

Pro hodnocení ekonomické efektivity opatření se používají zejména **kritéria** založená na diskontování. Jedná se o kritéria:

**čisté současné hodnoty** – net present value NPV,  
**vnitřního výnosového procenta** – internal rate of return IRR,  
**dynamické doby návratnosti** – dynamic pay back period.

Tato kritéria jsou založena na:

- stanovení ročních čistých toků hotovosti,
- přepočtu různodobých čistých toků na současnou hodnotu pomocí diskontního činitele.

**Čistý tok hotovosti** (cash flow) v daném roce se pro opatření navržená a hodnocená v rámci energetického auditu stanovuje takto:

$$\text{Cash flow (CF)} = \text{Úspory (U)} - \text{Investiční náklady (NI)}$$

kde: Úspory (U) - reprezentují změnu provozních nákladů vyvolaných realizací opatření a stanoví se jako rozdíl provozních nákladů před realizací a po realizaci opatření,  
Investiční náklady (NI) – náklady kapitálového charakteru spojené s pořízením energetických zařízení a stavebních konstrukcí.

Hodnocení je provedeno z pohledu **projektu**, kdy se posuzuje efektivnost celkových vložených finančních zdrojů.

Na základě toho pak kritériální ukazatele současné hodnoty čistého toku hotovosti lze stanovit pomocí těchto výpočetních vztahů:

$$DCF = \sum_{t=1}^{T_h} (U_t - NI_t) \cdot r^{-t} \quad (9)$$

Význam použitých symbolů je následující

DCF - diskontovaný tok hotovosti  
U - úspory nákladů vlivem realizace hodnoceného opatření  
NI - investiční náklady celkem, které je nutné vynaložit na realizaci navrženého opatření  
r - diskontní činitel pro který platí  $r = 1 + p$ , kde p je diskontní míra  
 $T_h$  - doba hodnocení

Pro správné pochopení a interpretaci výše uvedených ukazatelů se ještě stručně zmíníme o obsahové náplni jednotlivých komponent těchto kritérií.

**Investiční náklady** – zahrnují všechny náklady kapitálového charakteru, které je nezbytné vynaložit za účelem opatření energetických zařízení a zabezpečení jejich provozu. Mají charakter jednorázových

4947-ZOOCheming/os.číslo

Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. TEBODIN CZECH REPUBLIC. Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“. Praha, 2003. s. 24. č. dokumentu 5033-000-2/2-KA 02.

4947-900-2  
revize 0  
srpen 2003  
strana 25 z 32

Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu ZOO Ústí nad Labem“

nákladů a jsou dlouhodobě vázány. Vynaložením těchto nákladů si investor zajišťuje pořízení stálých aktiv (hmotný a nehmotný investiční majetek) a pracovního kapitálu (např. zásoby) nutného k zajištění provozu pořizované investice. Jedná se zejména o náklady spojené s koupí a montáží technologických zařízení a stavebních konstrukcí a zpracování projektové dokumentace.

*Úspory* – lze vyjádřit dvojím způsobem a to buď jako rozdíl provozních nákladů před realizací opatření a po realizaci opatření, nebo jako úsporu paliv a energie vynásobené jednotkovými cenami za nákup.

*Diskontovaný tok hotovosti* – tvoří rozdíly příjmů a výdajů v jednotlivých letech hodnoceného období navrženého projektu úspor energie vynásobené příslušným diskontním činitelem za účelem přepočtu na současnou hodnotu. DCF se vyjadřuje za účelem stanovení ekonomické efektivity jednak celkového kapitálu použitého k financování úsporného projektu bez ohledu na poskytovatele kapitálu, jednak kapitálu vloženého pouze investorem. Jedná se pak o hodnocení z pohledu projektu a hodnocení z pohledu investora.

*Dotace* – představují finanční zdroje poskytnuté zejména státem na podporu určitých programů, kterými jsou např. státní programy na podporu úspor energie a ekologizace provozu různých technologií. V rámci toku hotovosti jsou zahrnuty na straně příjmů.

*Diskontní činitel* – slouží k přepočtu různodobých příjmů a výdajů ke stejnému časovému okamžiku a jejich vzájemnému porovnání. Diskontní činitel se stanovuje jako součet jedničky a diskontní sazby. Výše diskontní sazby se v zásadě odvíjí buď od nákladovosti kapitálu nebo od očekávané míry výnosnosti.

#### VÝCHOZÍ PŘEDPOKLADY

Všechny výpočty byly provedeny na bázi těchto předpokladů:

Název parametru	Měr. jednotka	Hodnota
Diskontní činitel	-	1,09
Doba porovnání	roky	15
Cena tepla	Kč.GJ <sup>-1</sup>	300
Cena el. energie	Kč.kWh <sup>-1</sup>	1,75
Meziroční eskalace cen	%	4

Výpočet ekonomické efektivity byl proveden jednak s respektováním celkových investičních nákladů stanovených projektem, jednak s respektováním investičních nákladů projektu snížených o investice spojené s rekonstrukcí dosavadního vytápěcího systému, která by musela být provedena nezávisle na hodnoceném projektu využití tepelných čerpadel.

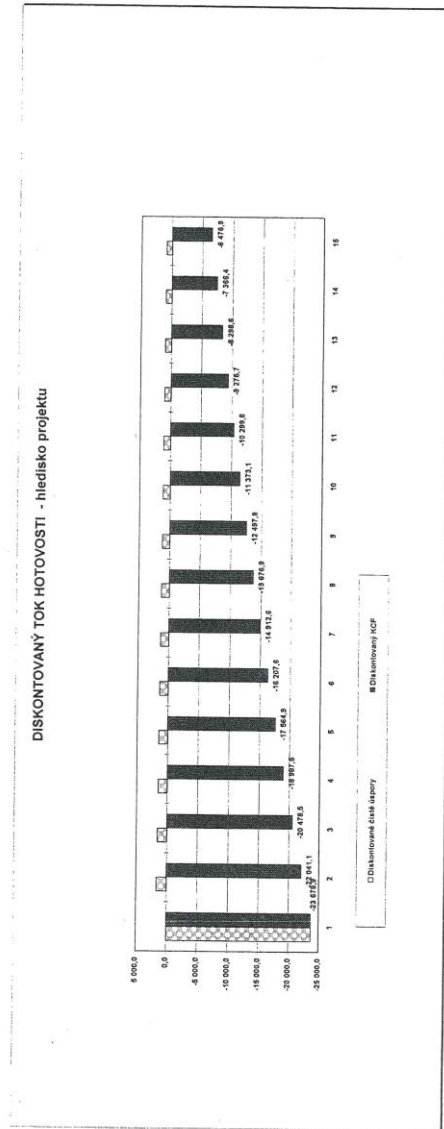
Výsledky jsou prezentovány v následujících tabulkách a grafech.

4947-ZOOcheming/os.číslo

Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. s. 25. č. dokumentu 5033-000-2/2-KA 02.

**Energetický audit projektu "využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu v ZOO Ústí nad Labem"**

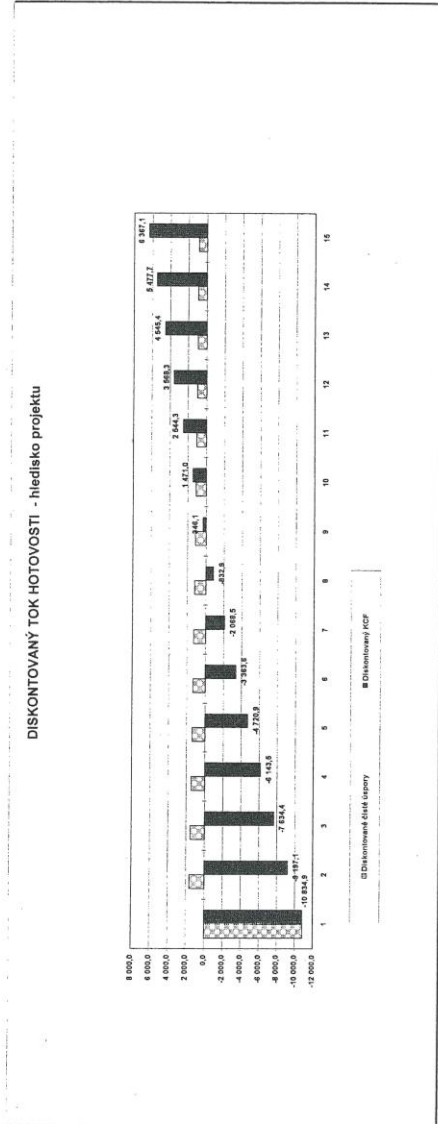
Název projektu: Projektové řešení Chemingu a.s.	tř. Kč /															
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
(1) Investiční náklady celkem	35 306,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
(2) Provozní náklady před realizací projektu	4 315,0	4 487,6	4 667,1	4 853,8	5 047,9	5 248,9	5 459,9	5 676,2	5 905,4	6 141,6	6 387,3	6 642,7	6 908,5	7 184,8	7 472,2	
(3) Provozní náklady po realizaci projektu	2 444,0	2 541,8	2 643,4	2 749,2	2 859,1	2 973,5	3 092,4	3 216,1	3 344,8	3 478,6	3 617,7	3 762,4	3 912,9	4 069,4	4 232,2	
(4) Dotace	7 825,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
(5) Hrubé úspory (2)-(3)+(4)	9 486,0	1 945,8	2 023,7	2 104,6	2 189,8	2 274,4	2 357,4	2 442,1	2 530,6	2 623,0	2 709,5	2 800,3	2 895,5	3 115,4	3 240,0	
(6) Čisté úspory (5)+(1)	-25 810,0	-1 845,8	-2 023,7	-2 104,6	-2 189,8	-2 274,4	-2 357,4	-2 442,1	-2 530,6	-2 623,0	-2 709,5	-2 800,3	-2 895,5	-3 115,4	-3 240,0	
(7) Kumulovaný tok hotovosti	0,0	-1 845,8	-3 871,6	-5 976,2	-8 165,0	-10 449,4	-12 827,8	-15 300,2	-17 867,6	-20 529,0	-23 286,3	-26 140,6	-29 092,1	-32 141,5	-35 290,5	
(8) Diskontované čisté úspory	0,0	1 037,8	1 582,6	1 451,0	1 422,6	1 357,3	1 255,1	1 235,6	1 179,0	1 124,9	1 073,3	1 024,1	977,1	932,3	889,5	
(9) Diskontovaný kumulovaný tok hotovosti	0,0	-18 387,8	-16 805,1	-15 364,5	-14 066,9	-12 911,5	-11 899,2	-11 012,6	-10 247,9	-9 587,9	-9 017,3	-8 538,8	-8 152,7	-7 852,4	-7 638,9	
Index růstu cen	1,04															
Diskontní sazba	9,0%															
Čistá současná hodnota (NPV)	-6 472,9															
Vnitřní výnosová procenta (IRR)	4,2															
Doba návratnosti investice																
Ukazatel ziskovosti (PI)	-15,3															



Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. TEBOCIN CZECH REPUBLIC. Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“. Praha, 2003. s. 26. č. dokumentu 5033-000-2/2-KA 02.

**Energetický audit projektu "Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu v ZOO Ústí nad Labem"**

Název projektu: Projektové řešení Chemingu a.s.	tis. Kč /														
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Průběh projektu** bez daní															
Bez nákladů na rekonstrukci obvodního systému															
(1) Investiční náklady celkem	21 395,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(2) Provozní náklady před realizací projektu	4 315,0	4 487,6	4 853,8	5 047,9	5 249,9	5 459,9	5 678,2	5 905,4	6 141,8	6 397,3	6 642,7	6 908,5	7 184,8	7 472,2	
(3) Provozní náklady po realizaci projektu	2 444,0	2 848,4	2 749,2	2 898,1	2 973,5	3 092,4	3 216,1	3 344,8	3 478,8	3 617,7	3 762,4	3 912,9	4 089,4	4 232,2	
(4) Dotace	7 625,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(5) Hrubé úspory (2)-(3)+(4)	9 496,0	1 845,8	2 022,7	2 104,6	2 198,8	2 276,4	2 307,4	2 482,1	2 590,6	2 663,0	2 709,9	2 860,3	2 895,5	3 115,4	3 240,0
(6) Čistá úspory (5)-(1)	-11 810,0	1 845,8	2 022,7	2 104,6	2 198,8	2 276,4	2 307,4	2 482,1	2 590,6	2 663,0	2 709,9	2 860,3	2 895,5	3 115,4	3 240,0
(7) Kumulovaný tok hotovosti	-11 810,0	-9 864,2	-7 840,5	-5 735,9	-3 547,1	-1 270,7	1 096,7	3 658,8	6 119,4	8 782,4	11 552,0	14 432,3	17 427,8	20 643,2	23 783,1
(8) Diskontované čisté úspory	-10 834,9	1 637,8	1 582,6	1 491,0	1 422,6	1 357,3	1 295,1	1 235,6	1 179,0	1 124,9	1 073,3	1 024,1	977,1	932,3	889,5
(9) Diskontovaný kumulovaný tok hotovosti	-10 834,9	-9 187,1	-7 534,4	-5 943,5	-4 720,9	-3 963,6	-2 968,5	-2 232,9	-1 654,1	-1 121,0	-654,3	-254,3	388,3	4 546,4	8 387,1
Index růstu cen		1,04													
Diskontní sazba		8,0%													
Čistá současná hodnota (NPV)															
Vnitřní výnosové procento (IRR)															
Doba návratnosti investice															
Ukazatel ziskovosti (PI)															

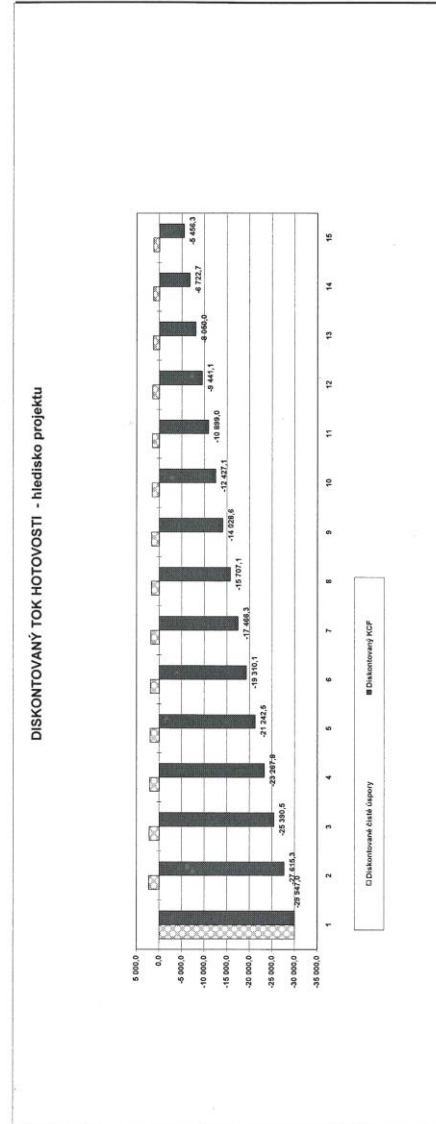


Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. *TEBODIN CZECH REPUBLIC. Audit k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“*. Praha, 2003. s. 27. č. dokumentu 5033-000-2/2-KA 02.

**Energetický audit projektu "Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu v ZOO Ústí nad Labem"**

Název projektu: **Projektové řešení Chemingu a.s.**  
Hledisko "projektu": *bez období*

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
(1) Investiční náklady celkem	35 306,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(2) Provozní náklady před realizací projektu	3 597,1	3 740,9	3 890,5	4 046,2	4 208,0	4 376,4	4 551,4	4 733,5	4 922,8	5 119,7	5 324,5	5 537,5	5 759,0	5 989,4	6 228,9
(3) Provozní náklady po realizaci projektu	933,3	970,6	1 009,5	1 049,8	1 091,8	1 135,5	1 180,9	1 228,2	1 277,3	1 328,4	1 381,5	1 436,8	1 494,2	1 554,0	1 616,2
(4) Dotace	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(5) Hrubé úspory (2)-(3)+(4)	2 663,8	2 770,3	2 881,1	2 996,4	3 116,2	3 240,9	3 370,5	3 505,3	3 645,5	3 791,4	3 943,0	4 100,7	4 264,8	4 435,4	4 612,8
(6) Čisté úspory (5)-(1)	-32 642,2	-27 703,3	-28 811,1	-29 964,4	-31 162,2	-32 409,3	-33 705,3	-35 053,3	-36 455,3	-37 914,4	-39 430,0	-41 007,7	-42 648,8	-44 354,4	-46 128,9
(7) Kumulovaný tok hotovosti	-32 642,2	-29 871,9	-26 980,8	-23 984,4	-20 878,2	-17 657,3	-14 326,8	-10 781,5	-7 115,9	-3 324,6	618,4	4 719,2	8 983,9	13 419,3	18 032,1
(8) Diskontované čisté úspory	-29 847,0	-27 517,7	-25 224,8	-22 977,7	-20 772,4	-18 607,4	-16 480,8	-14 391,7	-12 332,4	-10 300,0	-8 292,6	-6 307,1	-4 342,8	-2 418,4	-500,4
(9) Diskontovaný kumulovaný tok hotovosti	-29 847,0	-27 815,3	-25 390,5	-22 267,8	-19 310,1	-16 466,3	-13 707,1	-11 028,6	-8 427,1	-5 889,0	-3 401,1	-944,1	805,0	1 722,7	2 856,3
Index růstu cen	1,04														
Diskontní sazba	9,0%														
Čistá současná hodnota (NPV)	-5 456,3														
Vnitřní výnosové procento (IRR)	5,9														
Doba návratnosti investice	neaplatí se														
Ukazatel ziskovosti (PI)	-75,5														



Zdroj: MAREŠ, Miroslav a kol. **TEBODIN CZECH REPUBLIC**. Vyjádření energetického auditora k projektu pro stavební řízení „Využití obnovitelných zdrojů energie a ekologizace provozu Zoo Ústí nad Labem“. Praha, 2003. s. 20. č. dokumentu 4947-000-2/2-KA 02.

**Odběr el. energie a související náklady (2008 až 2017)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Číslo řádku	Parametr	Jednotka	Hodnoty pro jednotlivé roky (zaokrouhлено)									
			2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Odběr el. energie pro účely vytápění	MWh	594	636	666	543	649	698	620	732	606	767
2	Odběr el. energie pro ostatní účely	MWh	666	667	634	632	755	702	687	670	752	811
3	Celkový odběr el. energie	MWh	1 260	1 303	1 300	1 175	1 403	1 400	1 307	1 402	1 358	1 579
4	Odběr el. energie pro účely vytápění (přepočet)	GJ	2 137	2 289	2 399	1 954	2 335	2 512	2 231	2 634	2 183	2 762
5	Odběr el. energie pro ostatní účely (přepočet)	GJ	2 398	2 402	2 281	2 275	2 718	2 527	2 474	2 413	2 706	2 921
6	Celkový odběr el. energie (přepočet)	GJ	4 535	4 690	4 680	4 229	5 052	5 039	4 705	5 047	4 889	5 683
7	Celkové náklady za odběr pro účely vytápění	tis. Kč	1 579,0	1 700,7	1 797,5	1 406,2	1 704,0	2 050,1	1 508,0	1 960,7	1 495,7	1 511,6
8	Celkové náklady za odběr pro ostatní účely	tis. Kč	1 749,7	1 862,3	1 852,3	1 667,0	1 975,7	1 782,7	1 580,0	1 485,3	1 422,4	1 354,9
9	Celkové náklady za odběr el. energie	tis. Kč	3 328,7	3 563,0	3 649,8	3 073,1	3 679,6	3 832,8	3 088,0	3 446,0	2 918,0	2 866,5

Zdroj:

Údaje z faktur za elektrickou energii z let 2008 až 2017 – interní materiály Zoologické zahrady Ústí nad Labem (řádky 1 až 3 a 7 až 9)

Vlastní přepočet (řádky 4 až 6)

**Spotřeby energie a související náklady (1999 až 2005)** (náklady uvedy bez DPH a daně z elektriny - ekologické daně)

Číslo řádku	Parametr	Jednotka	Původní systém zásobování energií (teplo ze SZT + el. energie)					Kombinovaný provoz (teplo ze SZT a TČ + el. energie)	
			1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	Spotřeba tepla ze SZT	GJ	11 390	10 137	11 958	11 965	10 997	10 161	4 561
2	Spotřeba el. energie	GJ	2 125	2 252	2 298	2 208	2 289	2 218	2 685
3	Spotřeba el. energie na vytápění	GJ	45	45	45	45	45	140	833
4	Spotřeba el. energie na ostatní účely	GJ	2 080	2 207	2 253	2 163	2 244	2 078	1 852
5	Celková spotřeba energie	GJ	13 515	12 389	14 256	14 173	13 286	12 379	7 246
6	Jednotková cena za teplo ze SZT	Kč.GJ <sup>-1</sup>	233,3	235,5	242,3	258,5	266,4	269,8	279,2
7	Jednotková cena za el. energii	Kč.GJ <sup>-1</sup>	557,7	569,6	577,8	588,9	612,3	608,3	615,0
8	Náklady za nákup tepla ze SZT	tis. Kč	2 657,3	2 387,3	2 897,4	3 093,0	2 929,6	2 741,4	1 273,4
9	Náklady za nákup el. energie	tis. Kč	1 185,1	1 282,7	1 327,8	1 300,3	1 401,6	1 349,2	1 651,3
10	Celkové náklady	tis. Kč	3 842,4	3 670,0	4 225,2	4 393,2	4 331,2	4 090,6	2 924,7

Ukázka výpočtů (rok 1999):

$$\text{Náklady za nákup tepla ze SZT} = \text{Spotřeba tepla ze SZT} \cdot \text{Jednotková cena za teplo ze SZT} = 11\,390 \cdot 233,3 \cdot 10^{-3} (\text{tis. Kč}) \cong 2\,657,3 (\text{tis. Kč})$$

$$\text{Náklady za nákup el. energie} = \text{Spotřeba el. energie} \cdot \text{Jednotková cena za el. energii} = 2\,125 \cdot 557,7 \cdot 10^{-3} (\text{tis. Kč}) \cong 1\,185,1 (\text{tis. Kč})$$

$$\text{Celkové náklady} = \text{Náklady za nákup tepla ze SZT} + \text{Náklady za nákup el. energie} = 2\,657,3 + 1\,185,1 (\text{tis. Kč}) \cong 3\,842,4 (\text{tis. Kč})$$

Zdroj:

DOLEŽAL, Michal. TEBODIN CZECH REPUBLIC. Zhodnocení efektu projektu využití geotermální energie pro vytápění ZOO v Ústí nad Labem.

Praha, 2007. s. 27. č. dokumentu 5596-900-1/2KX-01. Dostupné také z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/2196> (řádky 1 až 7)

Vlastní výpočet (řádky 8 až 10)



**Výpočet úspor nákladů za nákup energie (2006 až 2017)** (náklady uvedy bez DPH a daně z elektřiny - ekologické daně)

Pořadové číslo	Parametr	Jednotka	Nový systém zásobování energií (teplo z TČ + el. energie)											
			2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Spotřeba tepla ze SZT	GJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Spotřeba el. energie	GJ	4 351	4 140	4 535	4 690	4 680	4 229	5 052	5 039	4 705	5 047	4 889	5 683
3	Spotřeba el. energie na vytápění	GJ	2 172	1 712	2 137	2 289	2 399	1 954	2 335	2 512	2 231	2 634	2 183	2 762
4	Spotřeba el. energie na ostatní účely	GJ	2 179	2 428	2 398	2 402	2 281	2 275	2 718	2 527	2 474	2 413	2 706	2 921
5	Spotřeba energie na vytápění	GJ	2 172	1 712	2 137	2 289	2 399	1 954	2 335	2 512	2 231	2 634	2 183	2 762
6	Celková spotřeba energie	GJ	4 351	4 140	4 535	4 690	4 680	4 229	5 052	5 039	4 705	5 047	4 889	5 683
7	Fiktivní spotřeba tepla ze SZT	GJ	11 289	11 289	11 289	11 289	11 289	11 289	11 289	11 289	11 289	11 289	11 289	11 289
8	Fiktivní spotřeba el. energie	GJ	2 179	2 428	2 398	2 402	2 281	2 275	2 718	2 527	2 474	2 413	2 706	2 921
9	Fiktivní celková spotřeba energie	GJ	13 468	13 717	13 688	13 691	13 571	13 565	14 007	13 816	13 764	13 702	13 995	14 210
10	Úspora spotřebované energie	GJ	9 117	9 577	9 152	9 001	8 890	9 336	8 955	8 777	9 058	8 655	9 106	8 528
11	Úspora spotřebované energie	%	67,69	69,82	66,87	65,74	65,51	68,82	63,93	63,53	65,81	63,17	65,07	60,01
12	Jednotková cena za teplo ze SZT	Kč.GJ <sup>-1</sup>	284,1	289,8	304,7	324,5	339,1	355,7	368,1	368,1	342,3	352,6	363,2	363,2
13	Jednotková cena za el. energii	Kč.GJ <sup>-1</sup>	608,1	630,0	734,0	759,7	779,8	726,7	728,3	760,6	656,3	682,8	596,9	504,4
14	Fiktivní náklady za nákup tepla ze SZT	tis. Kč	3 207,3	3 271,7	3 439,3	3 662,8	3 827,7	4 015,2	4 155,7	4 155,7	3 864,8	3 980,8	4 100,3	4 100,3
15	Fiktivní náklady za nákup el. energie	tis. Kč	1 325,0	1 529,6	1 749,7	1 862,3	1 852,3	1 667,0	1 975,7	1 782,7	1 580,0	1 485,3	1 422,4	1 354,9
16	Fiktivní celkové náklady	tis. Kč	4 532,4	4 801,3	5 189,0	5 525,2	5 679,9	5 682,2	6 131,4	5 938,4	5 444,8	5 466,0	5 522,7	5 455,2
17	Skutečné celkové náklady	tis. Kč	2 645,8	2 608,2	3 328,7	3 563,0	3 649,8	3 073,1	3 679,6	3 832,8	3 088,0	3 446,0	2 918,0	2 866,5
18	Úspora nákladů za nákup energie	tis. Kč	1 886,5	2 193,1	1 860,3	1 962,2	2 030,1	2 609,0	2 451,8	2 105,6	2 356,8	2 020,1	2 604,6	2 588,7
19	Úspora nákladů za nákup energie	%	41,62	45,68	35,85	35,51	35,74	45,92	39,99	35,46	43,29	36,96	47,16	47,45

Ukázka výpočtů (číselně pro rok 2006):

$Fiktivní\ celková\ spotřeba\ energie = Fiktivní\ spotřeba\ tepla\ ze\ SZT + Fiktivní\ spotřeba\ el.\ energie = 11\ 289 + 2\ 179\ (GJ) = 13\ 468\ (GJ)$

$Úspora\ spotřebované\ energie = Fiktivní\ celková\ spotřeba\ energie - Celková\ spotřeba\ energie = 13\ 468 - 4\ 351\ (GJ) = 9\ 117\ (GJ)$

$Úspora\ spotřebované\ energie = \frac{Úspora\ spotřebované\ energie}{Fiktivní\ celková\ spotřeba\ energie} \cdot 100\ (\%) = \frac{9\ 117}{13\ 468} \cdot 100\ (\%) \cong 67,69\ (\%)$

$Fiktivní\ náklady\ za\ nákup\ tepla\ ze\ SZT = Fiktivní\ spotřeba\ tepla\ ze\ SZT \cdot Jednotková\ cena\ za\ teplo\ ze\ SZT = 11\ 289 \cdot 284,1 \cdot 10^{-3}\ (tis.\ Kč) \cong 3\ 207,3\ (tis.\ Kč)$

$Fiktivní\ náklady\ za\ nákup\ el.\ energie = Fiktivní\ spotřeba\ el.\ energie \cdot Jednotková\ cena\ za\ el.\ energii = 2\ 179 \cdot 608,1 \cdot 10^{-3}\ (tis.\ Kč) \cong 1\ 325,0\ (tis.\ Kč)$

$Fiktivní\ celkové\ náklady = Fiktivní\ náklady\ za\ nákup\ tepla\ ze\ SZT + Fiktivní\ náklady\ za\ nákup\ el.\ energie = 3\ 207,3 + 1\ 325,0\ (tis.\ Kč) \cong 4\ 532,4\ (tis.\ Kč)$

pozn.: výpočet fiktivních nákladů za nákup el. energie je platný pouze pro roky 2006 a 2007, pro zbylé roky jsou uvedeny hodnoty nákladů na základě faktur za el. energii

$Úspora\ nákladů\ za\ nákup\ energie = Fiktivní\ celkové\ náklady - Skutečné\ celkové\ náklady = 4\ 532,4 - 2\ 645,8\ (tis.\ Kč) \cong 1\ 886,5\ (tis.\ Kč)$

$Úspora\ nákladů\ za\ nákup\ energie = \frac{Úspora\ nákladů\ za\ nákup\ energie}{Fiktivní\ celkové\ náklady} \cdot 100\ (\%) = \frac{1\ 886,5}{4\ 532,4} \cdot 100\ (\%) \cong 41,62\ (\%)$

Zdroj:

DOLEŽAL, Michal. TEBODIN CZECH REPUBLIC. Zhodnocení efektu projektu využití geotermální energie pro vytápění ZOO v Ústí nad Labem.

Praha, 2007. s. 27. č. dokumentu 5596-900-1/2KX-01. Dostupné také z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/2196> (řádky 1 až 5 a 12, 13 pro roky 2006 a 2007)

Vlastní výpočty a údaje zjištěné z faktur za elektrickou energii Zoologické zahrady Ústí nad Labem, jednotkové ceny za teplo ze SZT pro roky 2008 až 2017 zjištěny od zástupce magistrátu města Ústí nad Labem

**Výpočet vybraných ekonomických kritérií realizovaného projektu** (počítáno bez DPH a daně z elektřiny - ekologické daně)

Číslo řádku	Položka	Jednotka	Hodnoty v jednotlivých letech provozu											
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
			2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Investiční náklady celkem	tis. Kč	63 319,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Fiktivní provozní náklady	tis. Kč	4 532,4	4 801,3	5 189,0	5 525,2	5 679,9	5 682,2	6 131,4	5 938,4	5 444,8	5 466,0	5 522,7	5 455,2
3	Skutečné provozní náklady	tis. Kč	2 645,8	2 608,2	3 328,7	3 563,0	3 649,8	3 073,1	3 679,6	3 832,8	3 088,0	3 446,0	2 918,0	2 866,5
4	Dotace	tis. Kč	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Úspory provozních nákladů	tis. Kč	1 886,5	2 193,1	1 860,3	1 962,2	2 030,1	2 609,0	2 451,8	2 105,6	2 356,8	2 020,1	2 604,6	2 588,7
6	Tok hotovosti	tis. Kč	-61 433,2	2 193,1	1 860,3	1 962,2	2 030,1	2 609,0	2 451,8	2 105,6	2 356,8	2 020,1	2 604,6	2 588,7
7	Kumulovaný tok hotovosti	tis. Kč	-61 433,2	-59 240,1	-57 379,8	-55 417,6	-53 387,5	-50 778,5	-48 326,7	-46 221,1	-43 864,2	-41 844,2	-39 239,5	-36 650,9
8	Diskontovaný tok hotovosti	tis. Kč	-59 070,4	2 027,7	1 653,8	1 677,3	1 668,6	2 062,0	1 863,1	1 538,6	1 655,9	1 364,7	1 691,9	1 616,9
9	Diskontovaný kumulovaný tok hotovosti	tis. Kč	-59 070,4	-57 042,7	-55 388,9	-53 711,7	-52 043,0	-49 981,1	-48 118,0	-46 579,4	-44 923,5	-43 558,8	-41 866,9	-40 250,0
10	Diskontní číselník	-	1,04											
11	Čistá současná hodnota (NPV)	tis. Kč	-40 250,0											
12	Vnitřní výnosové procento (IRR)	%	-12,40											

Ukázka výpočtů (číselně pro rok 2007 – druhý rok hodnocení, řádky č. 6 až 9):

$$CF_2 = U_2 - IN_2 = (FN_2 - SN_2) - IN_2 = (4 801,3 - 2 608,2) - 0 \text{ (tis. Kč)} \cong 2 193,1 \text{ (tis. Kč)}$$

$$CCF_2 = \sum_{t=1}^{Th=2} CF_t = -61 433,2 + 2 193,1 \text{ (tis. Kč)} \cong -59 240,1 \text{ (tis. Kč)}$$

$$DCF_2 = \frac{CF_2}{r^2} = \frac{CF_2}{(1+p)^2} = \frac{2 193,1}{(1+0,04)^2} \text{ (tis. Kč)} \cong 2 027,7 \text{ (tis. Kč)}$$

$$CDCF_2 = \sum_{t=1}^{Th=2} \frac{CF_t}{r^t} = \sum_{t=1}^{Th=2} \frac{CF_t}{(1+p)^t} = DCF_1 + DCF_2 = -59 070,4 + 2 027,7 \text{ (tis. Kč)} \cong -57 042,7 \text{ (tis. Kč)}$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{Th=12} \frac{CF_t}{r^t} - IN \quad (\text{platí obecně, jestliže } CF \text{ nezohledňuje } IN) \quad NPV = \sum_{t=1}^{Th=12} \frac{CF_t}{r^t} \quad (\text{platí, jestliže jsou } IN \text{ již zohledněny v } CF)$$

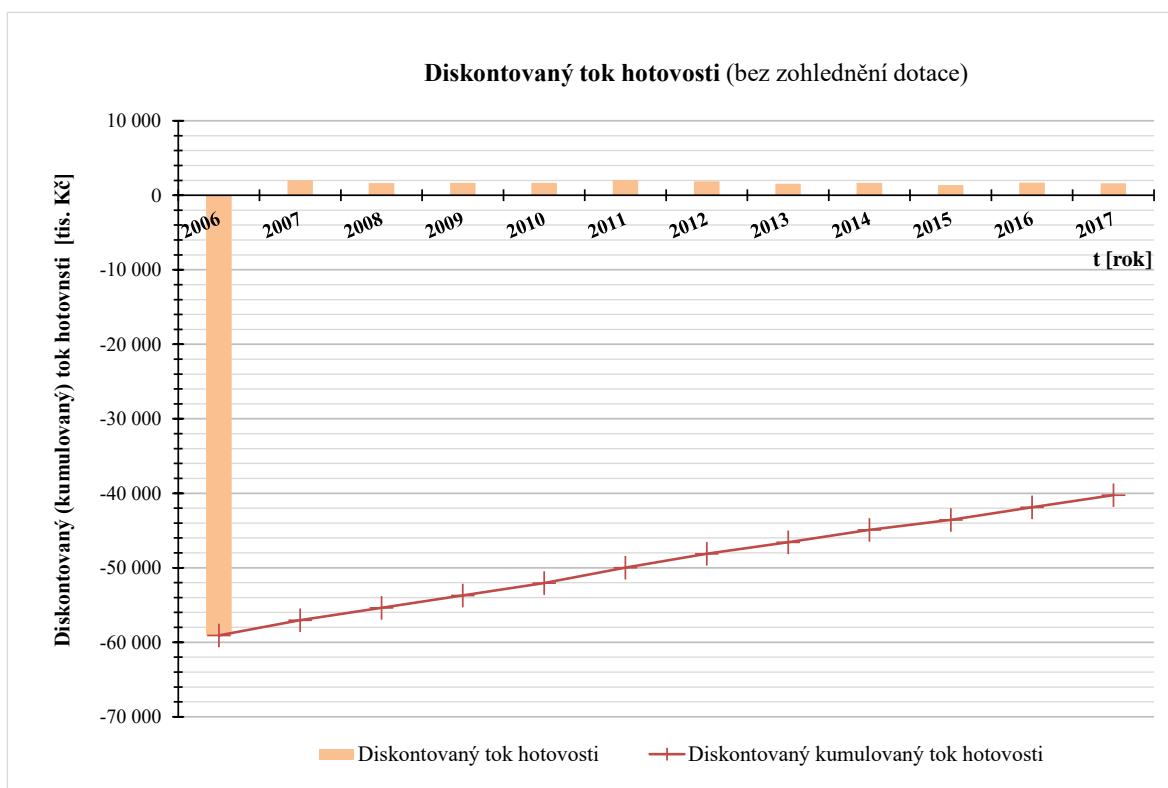
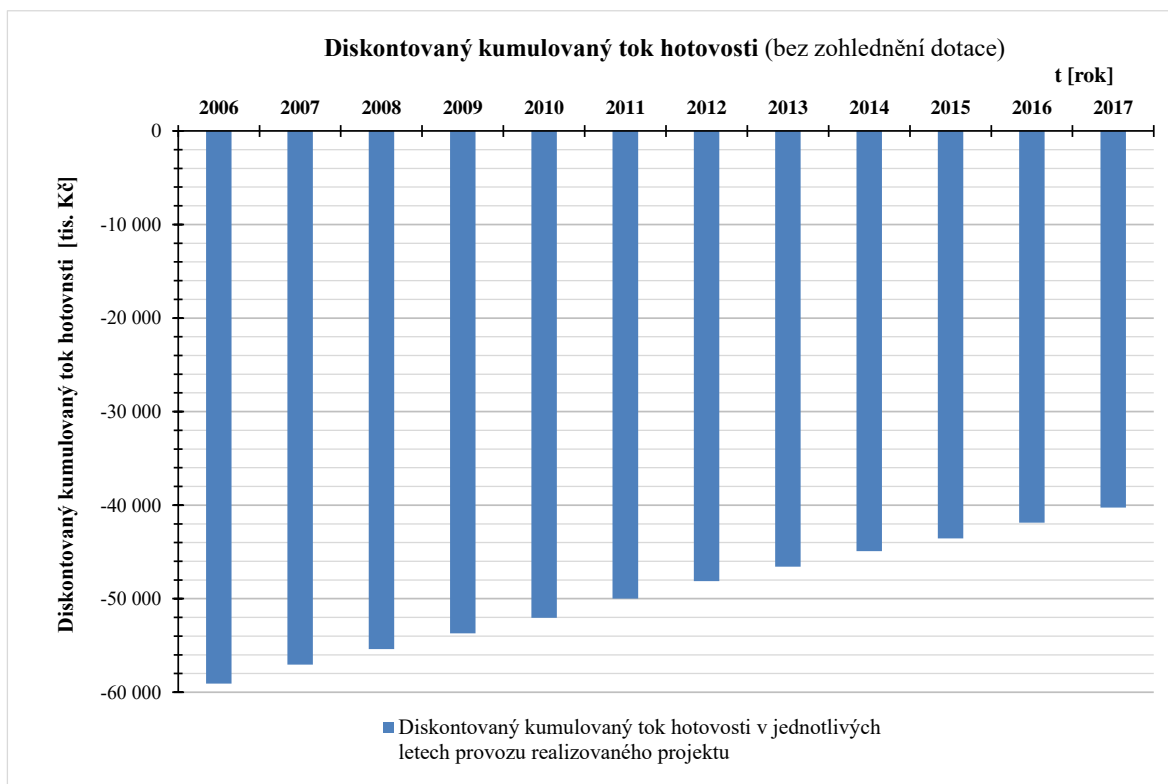
$$NPV = \sum_{t=1}^{Th=12} \frac{CF_t}{r^t} = -40 250,0 \text{ (tis. Kč)}$$

$$IRR = -12,40 \% \quad (\text{vypočteno pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel})$$

Vysvětlivky k výpočtům:

CCF <sub>t</sub>	kumulovaný tok hotovosti v roce t	[Kč]
CDCF <sub>t</sub>	diskontovaný kumulovaný tok hotovosti v roce t	[Kč]
CF <sub>t</sub>	tok hotovosti v roce t	[Kč]
DCF <sub>t</sub>	diskontovaný tok hotovosti v roce t	[Kč]
FN <sub>t</sub>	fiktivní provozní náklady v roce t	[Kč]
IN	celkové investiční náklady projektu	[Kč]
IN <sub>t</sub>	investiční náklady v roce t	[Kč]
IRR	vnitřní výnosové procento	[%]
NPV	čistá současná hodnota	[Kč]
p	diskont	[%]
r	diskontní číselník	[-]
SN <sub>t</sub>	skutečné provozní náklady v roce t	[Kč]
t	rok	[-]
Th	doba hodnocení	[-]
U <sub>t</sub>	finanční úspora v roce t	[Kč]

Zdroj: Vlastní výpočty na základě informací v rádcích č. 2 a 3 (viz příloha č. 9) a řádku č. 1 (informace od Zoologické zahrady Ústí nad Labem)



**Výpočet vybraných ekonomických kritérií realizovaného projektu** (počítáno bez DPH a daně z elektřiny - ekologické daně)

Číslo řádku	Položka	Jednotka	Hodnoty v jednotlivých letech provozu											
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
			2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Investiční náklady celkem	tis. Kč	63 319,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Fiktivní provozní náklady	tis. Kč	4 532,4	4 801,3	5 189,0	5 525,2	5 679,9	5 682,2	6 131,4	5 938,4	5 444,8	5 466,0	5 522,7	5 455,2
3	Skutečné provozní náklady	tis. Kč	2 645,8	2 608,2	3 328,7	3 563,0	3 649,8	3 073,1	3 679,6	3 832,8	3 088,0	3 446,0	2 918,0	2 866,5
4	Dotace	tis. Kč	7 625,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Úspory provozních nákladů	tis. Kč	1 886,5	2 193,1	1 860,3	1 962,2	2 030,1	2 609,0	2 451,8	2 105,6	2 356,8	2 020,1	2 604,6	2 588,7
6	Tok hotovosti	tis. Kč	-53 808,2	2 193,1	1 860,3	1 962,2	2 030,1	2 609,0	2 451,8	2 105,6	2 356,8	2 020,1	2 604,6	2 588,7
7	Kumulovaný tok hotovosti	tis. Kč	-53 808,2	-51 615,1	-49 754,8	-47 792,6	-45 762,5	-43 153,5	-40 701,7	-38 596,1	-36 239,2	-34 219,2	-31 614,5	-29 025,9
8	Diskontovaný tok hotovosti	tis. Kč	-51 738,7	2 027,7	1 653,8	1 677,3	1 668,6	2 062,0	1 863,1	1 538,6	1 655,9	1 364,7	1 691,9	1 616,9
9	Diskontovaný kumulovaný tok hotovosti	tis. Kč	-51 738,7	-49 711,0	-48 057,2	-46 379,9	-44 711,3	-42 649,4	-40 786,2	-39 247,7	-37 591,8	-36 227,1	-34 535,2	-32 918,3
10	Diskontní činitel	-	1,04											
11	Čistá současná hodnota (NPV)	tis. Kč	-32 918,3											
12	Vnitřní výnosové procento (IRR)	%	-10,82											

Ukázka výpočtů (číselně pro rok 2007 – druhý rok hodnocení, řádky č. 6 až 9):

$$CF_2 = U_2 + D_2 - IN_2 = (FN_2 - SN_2) + D_2 - IN_2 = (4 801,3 - 2 608,2) + 0 - 0 \text{ (tis. Kč)} \cong 2 193,1 \text{ (tis. Kč)}$$

$$CCF_2 = \sum_{t=1}^{Th=2} CF_t = -53 808,2 + 2 193,1 \text{ (tis. Kč)} \cong -51 615,1 \text{ (tis. Kč)}$$

$$DCF_2 = \frac{CF_2}{r^2} = \frac{CF_2}{(1+p)^2} = \frac{2 193,1}{(1+0,04)^2} \text{ (tis. Kč)} \cong 2 027,7 \text{ (tis. Kč)}$$

$$CDCF_2 = \sum_{t=1}^{Th=2} \frac{CF_t}{r^t} = \sum_{t=1}^{Th=2} \frac{CF_t}{(1+p)^t} = DCF_1 + DCF_2 = -51 615,1 + 2 027,7 \text{ (tis. Kč)} \cong -49 587,4 \text{ (tis. Kč)}$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{Th=12} \frac{CF_t}{r^t} - IN \quad (\text{platí obecně, jestliže } CF \text{ nezohledňuje } IN) \quad NPV = \sum_{t=1}^{Th=12} \frac{CF_t}{r^t} \quad (\text{platí, jestliže jsou } IN \text{ již zohledněny v } CF)$$

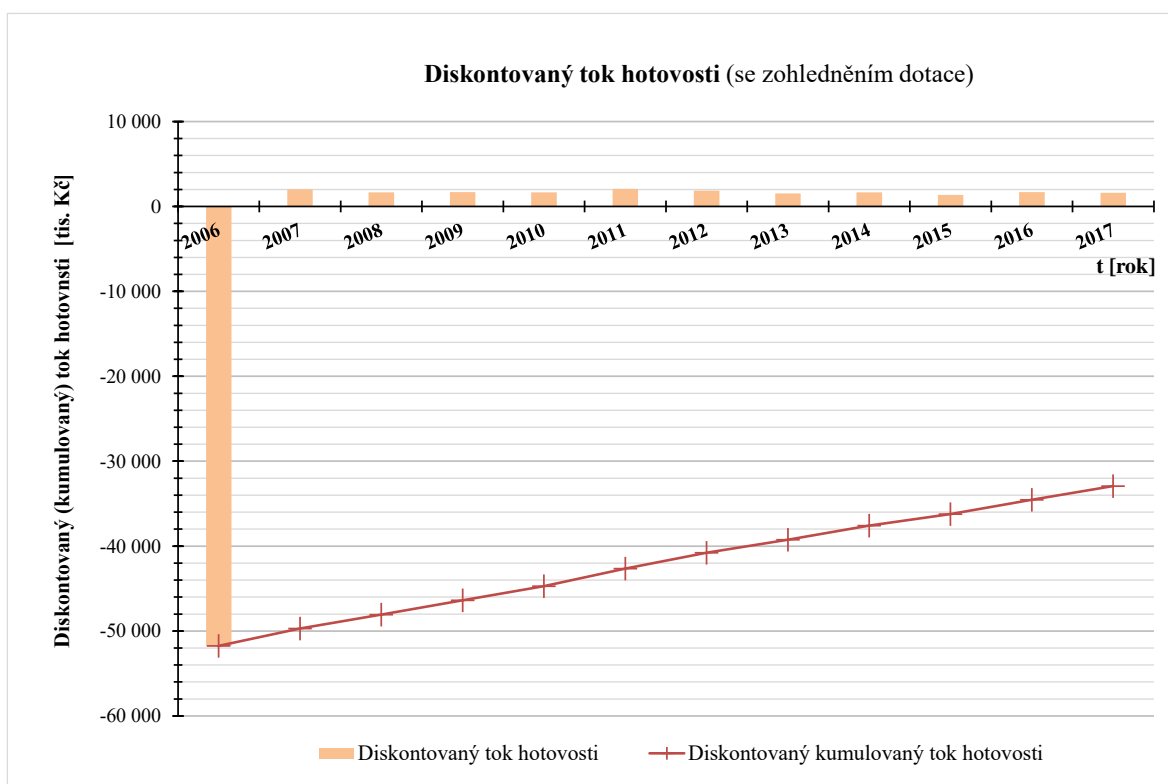
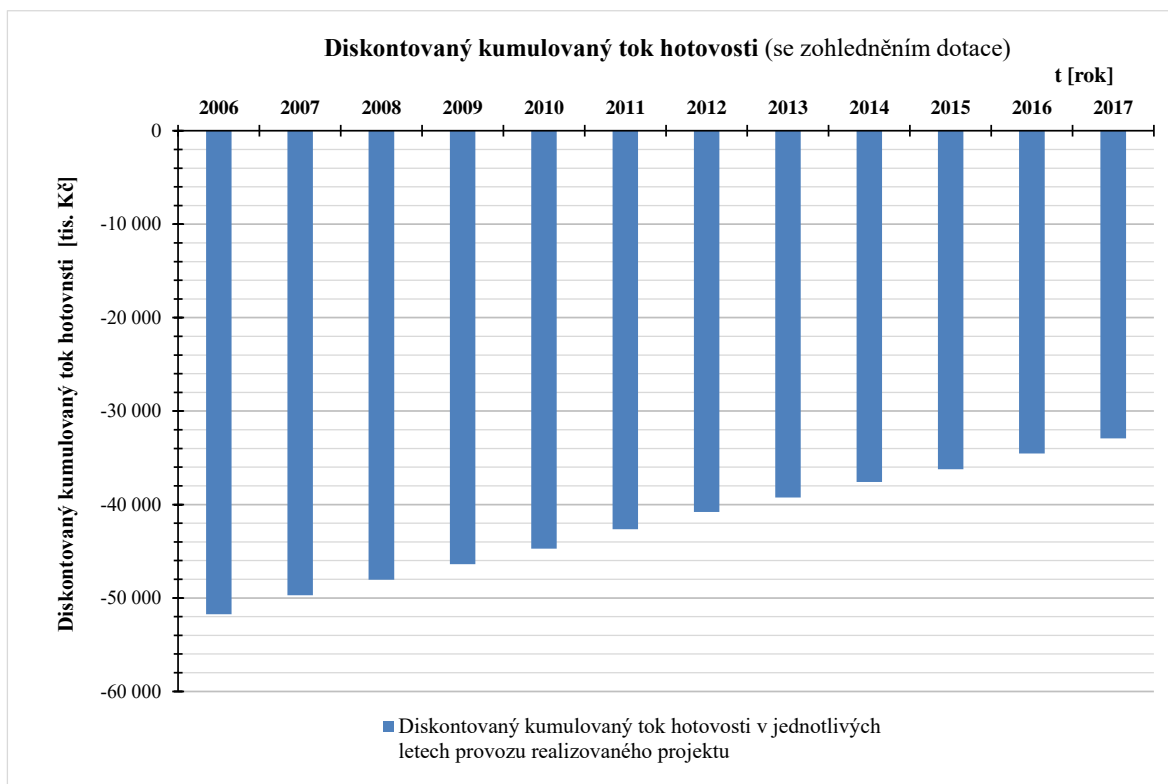
$$NPV = \sum_{t=1}^{Th=12} \frac{CF_t}{r^t} = -32 918,3 \text{ (tis. Kč)}$$

$$IRR = -10,82 \% \quad (\text{vypočteno pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel})$$

Vysvětlivky k výpočtům:

CCF <sub>t</sub>	kumulovaný tok hotovosti v roce t	[Kč]
CDCF <sub>t</sub>	diskontovaný kumulovaný tok hotovosti v roce t	[Kč]
CF <sub>t</sub>	tok hotovosti v roce t	[Kč]
DCF <sub>t</sub>	diskontovaný tok hotovosti v roce t	[Kč]
D <sub>t</sub>	dotace v roce t	[Kč]
FN <sub>t</sub>	fiktivní provozní náklady v roce t	[Kč]
IN	celkové investiční náklady projektu	[Kč]
IN <sub>t</sub>	investiční náklady v roce t	[Kč]
IRR	vnitřní výnosové procento	[%]
NPV	čistá současná hodnota	[Kč]
p	diskont	[%]
r	diskontní činitel	[-]
SN <sub>t</sub>	skutečné provozní náklady v roce t	[Kč]
t	rok	[-]
Th	doba hodnocení	[-]
U <sub>t</sub>	finanční úspora v roce t	[Kč]

Zdroj: Vlastní výpočty na základě informací v rádcích č. 2 a 3 (viz příloha č. 9) a řádku č. 1 a 4 (informace od Zoologické zahrady Ústí nad Labem)



## Výpočet vybraných ekonomických kritérií realizovaného projektu (předpoklad do roku 2030) - ČÁST PRVNÍ (počítáno bez DPH a daně z elektřiny - ekologické daně)

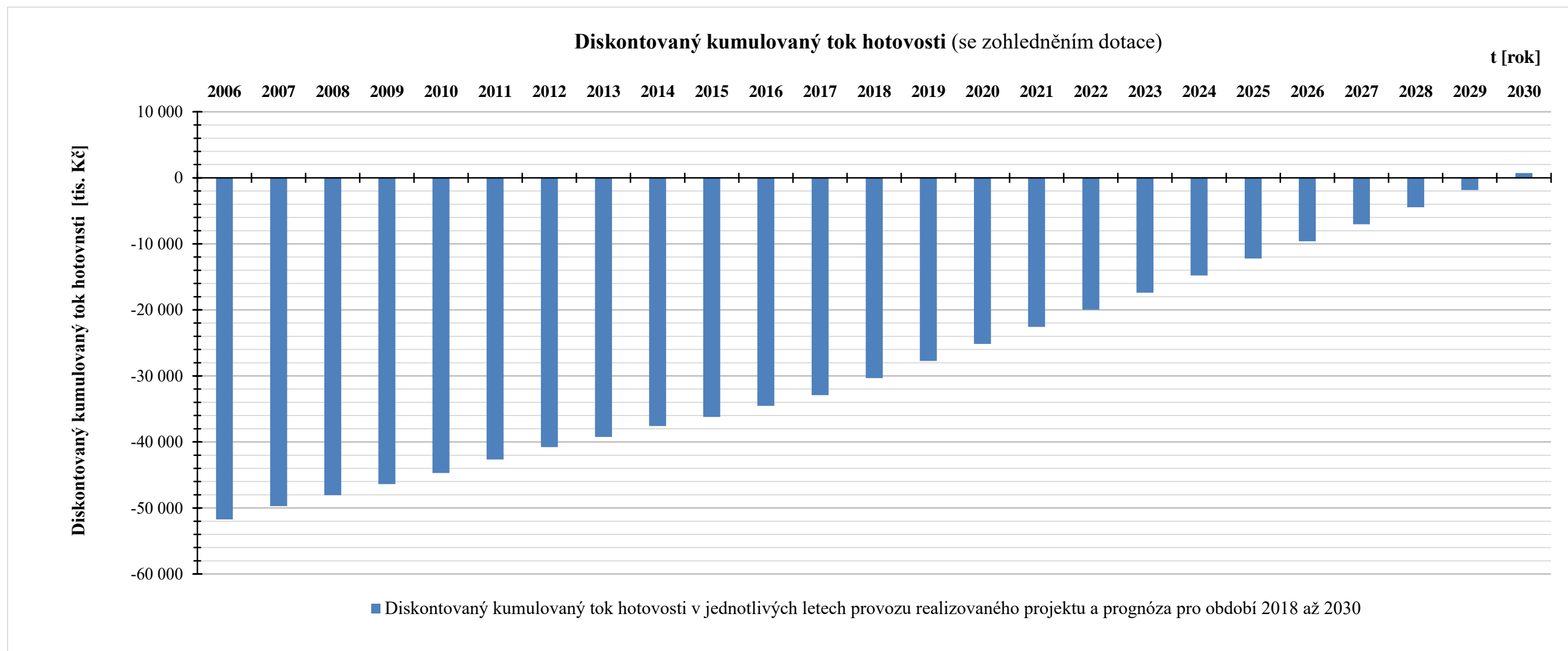
Pořadové číslo	Položka	Jednotka	Hodnoty v jednotlivých letech provozu											
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
			2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Investiční náklady celkem	tis. Kč	63 319,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Fiktivní provozní náklady	tis. Kč	4 532,4	4 801,3	5 189,0	5 525,2	5 679,9	5 682,2	6 131,4	5 938,4	5 444,8	5 466,0	5 522,7	5 455,2
3	Skutečné provozní náklady	tis. Kč	2 645,8	2 608,2	3 328,7	3 563,0	3 649,8	3 073,1	3 679,6	3 832,8	3 088,0	3 446,0	2 918,0	2 866,5
4	Dotace	tis. Kč	7 625,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Úspory provozních nákladů	tis. Kč	1 886,5	2 193,1	1 860,3	1 962,2	2 030,1	2 609,0	2 451,8	2 105,6	2 356,8	2 020,1	2 604,6	2 588,7
6	Tok hotovosti	tis. Kč	-53 808,2	2 193,1	1 860,3	1 962,2	2 030,1	2 609,0	2 451,8	2 105,6	2 356,8	2 020,1	2 604,6	2 588,7
7	Kumulovaný tok hotovosti	tis. Kč	-53 808,2	-51 615,1	-49 754,8	-47 792,6	-45 762,5	-43 153,5	-40 701,7	-38 596,1	-36 239,2	-34 219,2	-31 614,5	-29 025,9
8	Diskontovaný tok hotovosti	tis. Kč	-51 738,7	2 027,7	1 653,8	1 677,3	1 668,6	2 062,0	1 863,1	1 538,6	1 655,9	1 364,7	1 691,9	1 616,9
9	Diskontovaný kumulovaný tok hotovosti	tis. Kč	-51 738,7	-49 711,0	-48 057,2	-46 379,9	-44 711,3	-42 649,4	-40 786,2	-39 247,7	-37 591,8	-36 227,1	-34 535,2	-32 918,3

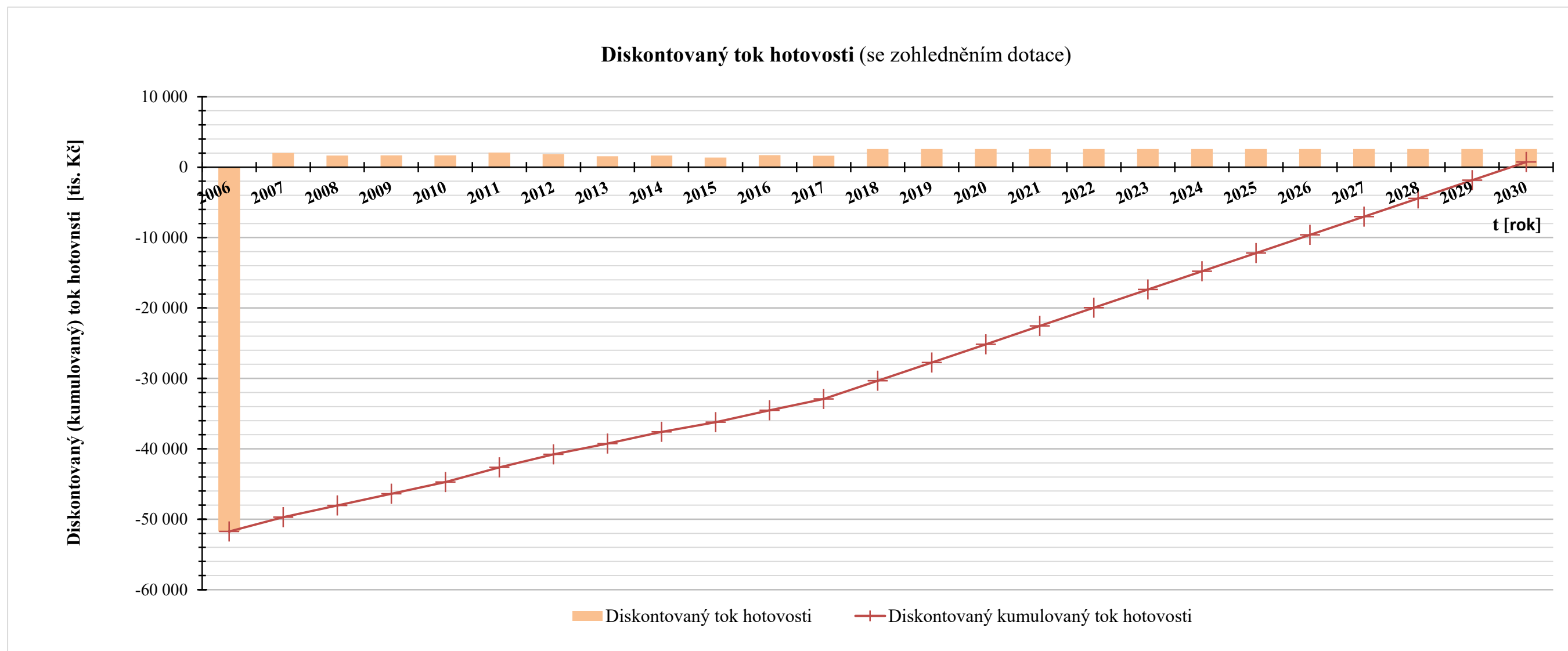
## Výpočet vybraných ekonomických kritérií realizovaného projektu (předpoklad do roku 2030) - ČÁST DRUHÁ (počítáno bez DPH a daně z elektřiny - ekologické daně)

Pořadové číslo	Položka	Jednotka	Předpoklad pro úsporu provozních nákladů ve stejné výši jako v roce 2017												
			13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
			2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	Investiční náklady celkem	tis. Kč	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Fiktivní provozní náklady	tis. Kč	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2	5 455,2
3	Skutečné provozní náklady	tis. Kč	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5	2 866,5
4	Dotace	tis. Kč	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Úspory provozních nákladů	tis. Kč	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7
6	Tok hotovosti	tis. Kč	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7
7	Kumulovaný tok hotovosti	tis. Kč	-26 437,2	-23 848,5	-21 259,8	-18 671,2	-16 082,5	-13 493,8	-10 905,2	-8 316,5	-5 727,8	-3 139,2	-50,5	2 038,2	4 626,8
8	Diskontovaný tok hotovosti	tis. Kč	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7	2 588,7
9	Diskontovaný kumulovaný tok hotovosti	tis. Kč	-30 329,6	-27 740,9	-25 152,3	-22 563,6	-19 974,9	-17 386,3	-14 797,6	-12 208,9	-9 620,3	-7 031,6	-4 442,9	-1 854,3	734,4
10	Diskontní činitel	-	1,04												
11	Čistá současná hodnota (NPV)	tis. Kč	734,4												
12	Vnitřní výnosové procento (IRR)	%	0,64												

Poznámka: princip výpočtů je stejný jako v příloze č. 11

Zdroj: Vlastní výpočty na základě informací v rádcích č. 2 a 3 (viz příloha č. 9) a řádku č. 1 a 4 (informace od Zoologické zahrady Ústí nad Labem)







**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2008**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	57,332	39 568,10	110 560,50	28,473	15 814,58	52 633,27	67,576	40 193,18	124 908,83
2	únor	55,699	39 040,12	107 559,62	19,125	13 150,66	35 368,98	47,630	36 240,67	88 135,08
3	březen	59,783	40 219,39	112 110,88	19,570	13 278,34	36 196,30	51,343	36 369,41	94 951,39
4	duben	59,404	40 026,29	115 314,84	15,239	10 691,73	28 181,90	36,731	29 263,77	67 934,95
5	květen	55,618	38 877,03	104 941,03	10,065	9 221,82	18 638,55	14,757	21 869,77	27 310,24
6	červen	51,326	37 626,18	99 663,21	5,073	5 075,29	9 377,63	7,359	12 014,44	13 611,05
7	červenec	53,194	38 178,64	105 880,52	5,414	5 171,71	10 007,29	4,558	10 056,72	8 417,49
8	srpen	54,157	38 442,12	104 713,22	3,280	4 562,92	6 064,68	0,297	7 340,23	539,59
9	září	53,174	38 223,85	104 191,08	7,990	8 620,74	14 786,24	18,079	20 312,42	33 458,08
10	říjen	55,551	39 029,13	107 703,70	18,107	11 508,46	33 504,80	42,816	31 560,67	79 240,57
11	listopad	53,714	38 601,80	101 019,46	20,732	13 609,23	38 321,51	55,038	37 593,74	101 779,07
12	prosinec	57,192	39 767,78	108 440,79	23,672	14 444,34	43 760,89	70,664	73 249,16	130 666,93
13	SOUČET	666,144	467 600,43	1 282 098,85	176,740	125 149,82	326 842,04	416,848	356 064,18	770 953,27

**Součtová tabulka (rok 2008)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)				součet (areál zoo + geotermální zdroj)			
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	57,332	39 568,10	110 560,50	96,049	56 007,76	177 542,10	233 549,86	153,381	95 575,86	288 102,60	383 678,46
2	únor	55,699	39 040,12	107 559,62	66,755	49 391,33	123 504,06	172 895,39	122,454	88 431,45	231 063,68	319 495,13
3	březen	59,783	40 219,39	112 110,88	70,913	49 647,75	131 147,69	180 795,44	130,696	89 867,14	243 258,57	333 125,71
4	duben	59,404	40 026,29	115 314,84	51,970	39 955,50	96 116,85	136 072,35	111,374	79 981,79	211 431,69	291 413,48
5	květen	55,618	38 877,03	104 941,03	24,822	31 091,59	45 948,79	77 040,38	80,440	69 968,62	150 889,82	220 858,44
6	červen	51,326	37 626,18	99 663,21	12,432	17 089,73	22 988,68	40 078,41	63,758	54 715,91	122 651,89	177 367,80
7	červenec	53,194	38 178,64	105 880,52	9,972	15 228,43	18 424,78	33 653,21	63,166	53 407,07	124 305,30	177 712,37
8	srpen	54,157	38 442,12	104 713,22	3,577	11 903,15	6 604,27	18 507,42	57,734	50 345,27	111 317,49	161 662,76
9	září	53,174	38 223,85	104 191,08	26,069	28 933,16	48 244,32	77 177,48	79,243	67 157,01	152 435,40	219 592,41
10	říjen	55,551	39 029,13	107 703,70	60,923	43 069,13	112 745,37	155 814,50	116,474	82 098,26	220 449,07	302 547,33
11	listopad	53,714	38 601,80	101 019,46	75,770	51 202,97	140 100,58	191 303,55	129,484	89 804,77	241 120,04	330 924,81
12	prosinec	57,192	39 767,78	108 440,79	94,336	87 693,50	174 427,82	262 121,32	151,528	127 461,28	282 868,61	410 329,89
13	SOUČET	666,144	467 600,43	1 282 098,85	593,588	481 214,00	1 097 795,31	1 579 009,31	1259,732	948 814,43	2 379 894,16	3 328 708,59

Zdroj: Interní materiály Zoologické zahrady Ústí nad Labem

**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2009**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	66,631	47 268,12	133 301,77	33,486	25 220,93	62 957,95	89,764	57 504,66	166 584,25
2	únor	56,235	43 005,27	114 415,74	29,488	17 498,25	56 032,97	72,337	44 113,30	136 401,31
3	březen	58,283	43 630,58	118 619,34	24,296	14 421,24	45 626,88	54,461	42 350,23	101 903,57
4	duben	53,585	42 007,64	109 729,19	8,078	8 025,42	15 093,03	31,825	33 855,38	58 344,34
5	květen	55,732	42 640,02	109 814,10	6,308	7 503,10	11 593,62	29,718	30 665,13	53 620,82
6	červen	53,619	42 028,26	111 425,88	2,247	4 772,28	4 105,91	15,302	21 146,31	28 101,23
7	červenec	55,962	42 678,38	115 345,21	0,399	4 199,30	690,84	4,058	11 965,67	7 442,64
8	srpen	52,582	41 645,75	107 650,43	0,066	4 147,10	121,61	2,676	9 711,98	5 046,33
9	září	52,629	41 662,35	107 825,94	0,131	5 813,77	301,01	2,054	15 451,35	3 949,46
10	říjen	56,849	42 942,19	112 970,08	14,823	11 572,30	27 731,22	36,145	31 027,50	66 517,34
11	listopad	49,633	40 872,11	97 980,57	20,039	14 659,45	37 161,46	51,321	39 842,24	94 463,01
12	prosinec	55,405	42 688,48	110 192,65	28,221	17 117,28	52 945,78	78,484	45 419,37	145 941,33
13	SOUČET	667,145	513 069,15	1 349 270,90	167,582	134 950,42	314 362,28	468,145	383 053,12	868 315,63

**Součtová tabulka (rok 2009)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)				součet (areál zoo + geotermální zdroj)			
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	66,631	47 268,12	133 301,77	123,250	82 725,59	229 542,20	312 267,79	189,881	129 993,71	362 843,97	492 837,68
2	únor	56,235	43 005,27	114 415,74	101,825	61 611,55	192 434,28	254 045,83	158,060	104 616,82	306 850,02	411 466,84
3	březen	58,283	43 630,58	118 619,34	78,757	56 771,47	147 530,45	204 301,92	137,040	100 402,05	266 149,79	366 551,84
4	duben	53,585	42 007,64	109 729,19	39,903	41 880,80	73 437,37	115 318,17	93,488	83 888,44	183 166,56	267 055,00
5	květen	55,732	42 640,02	109 814,10	36,026	38 168,23	65 214,44	103 382,67	91,758	80 808,25	175 028,54	255 836,79
6	červen	53,619	42 028,26	111 425,88	17,549	25 918,59	32 207,14	58 125,73	71,168	67 946,85	143 633,02	211 579,87
7	červenec	55,962	42 678,38	115 345,21	4,457	16 164,97	8 133,48	24 298,45	60,419	58 843,35	123 478,69	182 322,04
8	srpen	52,582	41 645,75	107 650,43	2,742	13 859,08	5 167,94	19 027,02	55,324	55 504,83	112 818,37	168 323,20
9	září	52,629	41 662,35	107 825,94	2,185	21 265,12	4 250,47	25 515,59	54,814	62 927,47	112 076,41	175 003,88
10	říjen	56,849	42 942,19	112 970,08	50,968	42 599,80	94 248,56	136 848,36	107,817	85 541,99	207 218,64	292 760,63
11	listopad	49,633	40 872,11	97 980,57	71,360	54 501,69	131 624,47	186 126,16	120,993	95 373,80	229 605,04	324 978,84
12	prosinec	55,405	42 688,48	110 192,65	106,705	62 536,65	198 887,11	261 423,76	162,110	105 225,13	309 079,76	414 304,89
13	SOUČET	667,145	513 069,15	1 349 270,90	635,727	518 003,54	1 182 677,91	1 700 681,45	1302,872	1 031 072,69	2 531 948,81	3 563 021,50

Zdroj: Interní materiály Zoologické zahrady Ústí nad Labem

**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2010**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	59,771	51 095,84	117 152,69	38,996	29 339,52	72 380,12	78,165	56 272,18	114 389,16
2	únor	50,977	47 430,89	102 788,55	36,832	28 453,69	70 157,95	64,067	50 230,51	120 948,44
3	březen	54,369	48 891,16	110 683,36	25,375	28 865,60	48 152,72	58,419	49 111,91	110 071,19
4	duben	49,711	46 944,90	99 870,63	14,316	11 623,16	25 973,08	42,086	39 007,21	77 003,77
5	květen	52,933	48 208,01	105 793,81	8,772	9 354,77	16 285,66	26,933	29 757,66	50 229,19
6	červen	54,366	48 742,74	110 977,63	0,920	4 558,21	1 838,71	2,138	10 362,27	4 209,47
7	červenec	51,049	47 382,74	101 749,03	0,383	4 932,57	735,51	1,236	9 090,31	2 373,41
8	srpen	52,831	48 103,88	107 997,91	0,348	4 897,53	667,49	1,102	8 921,28	2 138,39
9	září	50,829	47 351,94	102 810,00	11,207	12 578,80	20 836,93	16,161	12 578,80	20 836,93
10	říjen	50,265	47 281,97	99 011,73	21,459	16 127,65	39 292,03	51,553	42 461,68	94 107,14
11	listopad	50,645	47 489,44	101 854,27	20,211	17 201,11	38 003,18	51,016	45 800,00	95 615,09
12	prosinec*	55,921	49 510,09	113 142,25	26,071	19 670,98	49 332,78	68,672	51 423,87	129 341,69
13	SOUČET	633,667	578 433,60	1 273 831,86	204,890	187 603,59	383 656,16	461,548	405 017,68	821 263,87

\*Faktury za měsíc prosinec nebyly nalezeny. Pro odhadnutí chybějících dat byl pro jednotlivé OMP vypočten procentní nárůst hodnot mezi listopadem a prosincem roku 2009, který byl co se týče listopadových spotřeb podobný. Těmito procentními nárůsty byla poté vynásobena data z listopadu 2010. Výsledné součty dat z tohoto roku jsou proto zatíženy určitou chybou.

**Součtová tabulka (rok 2010)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)				součet (areál zoo + geotermální zdroj)			
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	59,771	51 095,84	117 152,69	117,161	85 611,70	186 769,28	272 380,98	176,932	136 707,54	303 921,97	440 629,51
2	únor	50,977	47 430,89	102 788,55	100,899	78 684,20	191 106,39	269 790,59	151,876	126 115,09	293 894,94	420 010,03
3	březen	54,369	48 891,16	110 683,36	83,794	77 977,51	158 223,91	236 201,42	138,163	126 868,67	268 907,27	395 775,94
4	duben	49,711	46 944,90	99 870,63	56,402	50 630,37	102 976,85	153 607,22	106,113	97 575,27	202 847,48	300 422,75
5	květen	52,933	48 208,01	105 793,81	35,705	39 112,43	66 514,85	105 627,28	88,638	87 320,44	172 308,66	259 629,10
6	červen	54,366	48 742,74	110 977,63	3,058	14 920,48	6 048,18	20 968,66	57,424	63 663,22	117 025,81	180 689,03
7	červenec	51,049	47 382,74	101 749,03	1,619	14 022,88	3 108,92	17 131,80	52,668	61 405,62	104 857,95	166 263,57
8	srpen	52,831	48 103,88	107 997,91	1,450	13 818,81	2 805,88	16 624,69	54,281	61 922,69	110 803,79	172 726,48
9	září	50,829	47 351,94	102 810,00	27,368	25 157,60	41 673,86	66 831,46	78,197	72 509,54	144 483,86	216 993,40
10	říjen	50,265	47 281,97	99 011,73	73,012	58 589,33	133 399,17	191 988,50	123,277	105 871,30	232 410,90	338 282,20
11	listopad	50,645	47 489,44	101 854,27	71,227	63 001,11	133 618,27	196 619,38	121,872	110 490,55	235 472,54	345 963,09
12	prosinec	55,921	49 510,09	113 142,25	94,743	71 094,85	178 674,46	249 769,31	150,664	120 604,93	291 816,71	412 421,65
13	SOUČET	633,667	578 433,60	1 273 831,86	666,438	592 621,27	1 204 920,02	1 797 541,29	1300,105	1 171 054,86	2 478 751,88	3 649 806,75

**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2011**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	56,943	64 823,38	83 592,32	31,289	30 934,55	44 770,96	67,327	66 171,66	96 354,76
2	únor	51,676	61 504,31	75 860,37	27,433	28 586,05	39 251,62	56,473	61 855,35	65 831,82
3	březen	53,424	60 963,02	78 426,43	22,339	25 487,14	32 010,64	50,735	54 550,41	72 657,19
4	duben	50,685	57 376,33	74 839,97	11,498	15 438,40	16 488,11	27,609	39 241,06	39 554,41
5	květen	52,618	61 920,55	77 243,22	4,195	9 531,21	6 012,75	10,483	22 175,18	15 017,71
6	červen	50,464	61 802,53	74 081,15	0,472	4 543,93	671,48	1,033	6 097,95	1 477,23
7	červenec	53,630	62 252,19	78 728,84	0,461	2 717,88	655,51	1,254	4 606,85	1 788,75
8	srpen	54,490	62 840,24	79 991,32	0,481	2 799,84	682,10	1,269	4 830,87	1 812,67
9	září	54,217	60 555,20	79 590,56	0,291	5 827,96	413,72	1,026	18 292,46	1 464,49
10	říjen	54,295	61 812,45	79 705,06	15,667	17 976,95	22 430,82	33,698	45 704,28	48 250,04
11	listopad	48,573	59 812,15	71 305,16	24,522	23 981,98	35 086,90	56,457	57 120,27	80 804,30
12	prosinec	50,973	63 114,51	74 828,36	28,867	29 459,43	41 305,02	67,789	66 449,56	96 983,11
13	SOUČET	631,988	738 776,86	928 192,76	167,515	197 285,32	239 779,63	375,153	447 095,90	521 996,48

**Součtová tabulka (rok 2011)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)			součet (areál zoo + geotermální zdroj)				
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	56,943	64 823,38	83 592,32	98,616	97 106,21	141 125,72	238 231,93	155,559	161 929,59	224 718,04	386 647,63
2	únor	51,676	61 504,31	75 860,37	83,906	90 441,40	105 083,44	195 524,84	135,582	151 945,71	180 943,81	332 889,52
3	březen	53,424	60 963,02	78 426,43	73,074	80 037,55	104 667,83	184 705,38	126,498	141 000,57	183 094,26	324 094,83
4	duben	50,685	57 376,33	74 839,97	39,107	54 679,46	56 042,52	110 721,98	89,792	112 055,79	130 882,49	242 938,28
5	květen	52,618	61 920,55	77 243,22	14,678	31 706,39	21 030,46	52 736,85	67,296	93 626,94	98 273,68	191 900,62
6	červen	50,464	61 802,53	74 081,15	1,505	10 641,88	2 148,71	12 790,59	51,969	72 444,41	76 229,86	148 674,27
7	červenec	53,630	62 252,19	78 728,84	1,715	7 324,73	2 444,26	9 768,99	55,345	69 576,92	81 173,10	150 750,02
8	srpen	54,490	62 840,24	79 991,32	1,750	7 630,71	2 494,77	10 125,48	56,240	70 470,95	82 486,09	152 957,04
9	září	54,217	60 555,20	79 590,56	1,317	24 120,42	1 878,21	25 998,63	55,534	84 675,62	81 468,77	166 144,39
10	říjen	54,295	61 812,45	79 705,06	49,365	63 681,23	70 680,86	134 362,09	103,660	125 493,68	150 385,92	275 879,60
11	listopad	48,573	59 812,15	71 305,16	80,979	81 102,25	115 891,20	196 993,45	129,552	140 914,40	187 196,36	328 110,76
12	prosinec	50,973	63 114,51	74 828,36	96,656	95 908,99	138 288,13	234 197,12	147,629	159 023,50	213 116,49	372 139,99
13	SOUČET	631,988	738 776,86	928 192,76	542,668	644 381,22	761 776,11	1 406 157,33	1174,656	1 383 158,08	1 689 968,87	3 073 126,95

Zdroj: Interní materiály Zoologické zahrady Ústí nad Labem

**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2012**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	53,375	66 152,81	89 616,63	32,380	32 959,69	53 701,40	64,842	67 434,59	107 526,18
2	únor	61,219	69 873,90	102 786,70	36,905	35 865,91	61 196,60	74,465	77 004,28	125 611,27
3	březen	58,319	70 282,59	78 439,37	25,003	28 222,18	34 361,62	54,702	58 276,07	75 176,96
4	duben	58,020	74 871,47	78 094,92	20,955	22 096,39	28 798,46	45,955	61 910,29	63 155,96
5	květen	70,961	90 514,53	95 513,51	6,117	10 962,87	8 406,59	9,084	23 147,72	12 484,14
6	červen	68,375	86 109,71	92 032,75	0,334	4 202,04	459,01	1,128	6 021,80	1 550,21
7	červenec	67,806	84 608,05	91 266,88	0,415	2 725,27	570,33	1,149	4 483,24	1 579,07
8	srpen	67,244	86 112,69	90 510,42	0,464	2 787,32	637,97	1,218	4 550,70	1 673,90
9	září	66,372	77 234,30	89 336,71	2,426	8 559,93	3 334,06	5,627	20 884,38	7 733,18
10	říjen	58,494	70 381,91	78 732,92	19,481	21 154,97	26 772,74	44,307	53 631,94	60 891,11
11	listopad	58,985	71 044,83	79 393,81	26,809	25 856,18	36 843,60	56,972	63 847,60	78 296,62
12	prosinec	65,696	74 323,39	88 426,82	35,190	34 764,44	48 361,62	82,644	79 931,88	113 577,65
13	SOUČET	754,866	921 510,18	1 054 151,44	206,479	230 157,19	303 444,00	442,093	521 124,49	649 256,25

**Součtová tabulka (rok 2012)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)				součet (areál zoo + geotermální zdroj)			
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	53,375	66 152,81	89 616,63	97,222	100 394,28	161 227,58	261 621,86	150,597	166 547,09	250 844,21	417 391,30
2	únor	61,219	69 873,90	102 786,70	111,370	112 870,19	186 807,87	299 678,06	172,589	182 744,09	289 594,57	472 338,66
3	březen	58,319	70 282,59	78 439,37	79,705	86 498,25	109 538,58	196 036,83	138,024	156 780,84	187 977,95	344 758,79
4	duben	58,020	74 871,47	78 094,92	66,910	84 006,68	91 954,42	175 961,10	124,930	158 878,15	170 049,34	328 927,49
5	květen	70,961	90 514,53	95 513,51	15,201	34 110,59	20 890,73	55 001,32	86,162	124 625,12	116 404,24	241 029,36
6	červen	68,375	86 109,71	92 032,75	1,462	10 223,84	2 009,22	12 233,06	69,837	96 333,55	94 041,97	190 375,52
7	červenec	67,806	84 608,05	91 266,88	1,564	7 208,51	2 149,40	9 357,91	69,370	91 816,56	93 416,28	185 232,84
8	srpen	67,244	86 112,69	90 510,42	1,682	7 338,02	2 311,87	9 649,89	68,926	93 450,71	92 822,29	186 273,00
9	září	66,372	77 234,30	89 336,71	8,053	29 444,31	11 067,24	40 511,55	74,425	106 678,61	100 403,95	207 082,56
10	říjen	58,494	70 381,91	78 732,92	63,788	74 786,91	87 663,85	162 450,76	122,282	145 168,82	166 396,77	311 565,59
11	listopad	58,985	71 044,83	79 393,81	83,781	89 703,78	115 140,22	204 844,00	142,766	160 748,61	194 534,03	355 282,64
12	prosinec	65,696	74 323,39	88 426,82	117,834	114 696,32	161 939,27	276 635,59	183,530	189 019,71	250 366,09	439 385,80
13	SOUČET	754,866	921 510,18	1 054 151,44	648,572	751 281,68	952 700,25	1 703 981,93	1403,438	1 672 791,86	2 006 851,69	3 679 643,55

Zdroj: Interní materiály Zoologické zahrady Ústí nad Labem

**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2013**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	64,969	82 181,63	87 448,27	34,702	50 866,32	46 708,89	78,890	125 371,25	106 185,94
2	únor	57,088	72 312,78	76 840,45	31,123	48 012,45	41 891,56	76,295	116 871,70	102 693,07
3	březen	63,123	82 090,93	84 963,56	34,620	52 087,07	46 598,52	81,467	126 647,00	109 654,58
4	duben	57,034	76 322,39	61 311,55	22,765	42 640,28	24 472,38	51,537	101 405,77	55 402,28
5	květen	61,302	80 747,26	65 899,65	6,809	25 049,55	7 319,68	15,896	42 662,24	17 088,20
6	červen	58,253	88 344,66	62 621,98	3,004	19 443,68	3 229,30	9,573	45 696,21	10 290,98
7	červenec	57,478	92 875,27	61 788,85	0,332	2 736,34	356,90	1,355	4 706,35	1 456,63
8	srpen	56,568	85 258,20	60 810,60	0,338	2 752,15	363,35	1,243	4 554,82	1 336,23
9	září	56,939	76 205,63	61 209,43	8,049	34 355,18	8 652,68	16,582	54 636,57	17 825,65
10	říjen	55,286	85 612,87	59 432,45	17,019	25 205,80	18 295,43	35,274	68 647,40	37 919,55
11	listopad	54,440	75 964,10	58 523,00	23,265	31 326,91	25 009,88	55,486	75 173,97	59 647,45
12	prosinec	59,372	80 114,49	63 824,90	27,060	30 997,28	29 089,50	65,222	76 663,36	70 113,65
13	SOUČET	701,852	978 030,21	804 674,69	209,086	365 473,01	251 988,07	488,820	843 036,64	589 614,21

**Součtová tabulka (rok 2013)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)			součet (areál zoo + geotermální zdroj)				
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	64,969	82 181,63	87 448,27	113,592	176 237,57	152 894,83	329 132,40	178,561	258 419,20	240 343,10	498 762,30
2	únor	57,088	72 312,78	76 840,45	107,418	164 884,15	144 584,63	309 468,78	164,506	237 196,93	221 425,08	458 622,01
3	březen	63,123	82 090,93	84 963,56	116,087	178 734,07	156 253,10	334 987,17	179,210	260 825,00	241 216,66	502 041,66
4	duben	57,034	76 322,39	61 311,55	74,302	144 046,05	79 874,66	223 920,71	131,336	220 368,44	141 186,21	361 554,65
5	květen	61,302	80 747,26	65 899,65	22,705	67 711,79	24 407,88	92 119,67	84,007	148 459,05	90 307,53	238 766,58
6	červen	58,253	88 344,66	62 621,98	12,577	65 139,89	13 520,28	78 660,17	70,830	153 484,55	76 142,26	229 626,81
7	červenec	57,478	92 875,27	61 788,85	1,687	7 442,69	1 813,53	9 256,22	59,165	100 317,96	63 602,38	163 920,34
8	srpen	56,568	85 258,20	60 810,60	1,581	7 306,97	1 699,58	9 006,55	58,149	92 565,17	62 510,18	155 075,35
9	září	56,939	76 205,63	61 209,43	24,631	88 991,75	26 478,33	115 470,08	81,570	165 197,38	87 687,76	252 885,14
10	říjen	55,286	85 612,87	59 432,45	52,293	93 853,20	56 214,98	150 068,18	107,579	179 466,07	115 647,43	295 113,50
11	listopad	54,440	75 964,10	58 523,00	78,751	106 500,88	84 657,33	191 158,21	133,191	182 464,98	143 180,33	325 645,31
12	prosinec	59,372	80 114,49	63 824,90	92,282	107 660,64	99 203,15	206 863,79	151,654	187 775,13	163 028,05	350 803,18
13	SOUČET	701,852	978 030,21	804 674,69	697,906	1 208 509,65	841 602,28	2 050 111,93	1399,758	2 186 539,86	1 646 276,97	3 832 816,83

Zdroj: Interní materiály Zoologické zahrady Ústí nad Labem

**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2014**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	57,235	70 127,72	61 527,63	25,965	26 140,00	27 912,38	82,611	95 213,99	88 806,83
2	únor	56,415	69 502,17	60 646,13	22,148	24 942,50	23 809,10	65,366	70 494,70	70 268,45
3	březen	56,029	67 461,45	60 231,18	19,222	19 833,04	20 663,65	58,360	75 379,36	62 737,00
4	duběn	52,720	73 571,77	53 247,20	14,471	21 764,04	14 615,71	48,255	61 855,98	48 737,55
5	květen	55,389	74 132,87	55 942,89	11,616	26 366,47	11 732,16	36,526	77 907,39	36 891,26
6	červen	54,956	73 888,00	55 505,56	3,796	15 423,19	3 833,96	9,900	22 758,60	9 999,00
7	červenec	59,402	77 616,07	59 996,02	0,545	2 264,20	550,45	3,314	5 534,00	3 347,14
8	srpen	61,091	78 908,62	61 701,91	0,563	2 284,55	568,63	3,175	5 936,08	3 206,75
9	září	60,285	70 562,21	60 887,85	3,539	19 287,49	3 574,39	8,402	32 487,31	8 486,02
10	říjen	56,419	76 676,71	56 983,19	16,180	22 295,64	16 341,80	32,290	54 995,77	32 612,90
11	listopad	56,907	69 889,10	57 476,07	19,475	20 001,47	19 669,75	39,832	45 900,14	40 230,32
12	prosinec	60,459	72 447,13	61 063,59	32,666	36 947,66	32 992,66	61,501	78 251,10	62 116,01
13	SOUČET	687,307	874 783,82	705 209,22	170,186	237 550,25	176 264,64	449,532	626 714,42	467 439,23

**Součtová tabulka (rok 2014)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)				součet (areál zoo + geotermální zdroj)			
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	57,235	70 127,72	61 527,63	108,576	121 353,99	116 719,21	238 073,20	165,811	191 481,71	178 246,84	369 728,55
2	únor	56,415	69 502,17	60 646,13	87,514	95 437,20	94 077,55	189 514,75	143,929	164 939,37	154 723,68	319 663,05
3	březen	56,029	67 461,45	60 231,18	77,582	95 212,40	83 400,65	178 613,05	133,611	162 673,85	143 631,83	306 305,68
4	duběn	52,720	73 571,77	53 247,20	62,726	83 620,02	63 353,26	146 973,28	115,446	157 191,79	116 600,46	273 792,25
5	květen	55,389	74 132,87	55 942,89	48,142	104 273,86	48 623,42	152 897,28	103,531	178 406,73	104 566,31	282 973,04
6	červen	54,956	73 888,00	55 505,56	13,696	38 181,79	13 832,96	52 014,75	68,652	112 069,79	69 338,52	181 408,31
7	červenec	59,402	77 616,07	59 996,02	3,859	7 798,20	3 897,59	11 695,79	63,261	85 414,27	63 893,61	149 307,88
8	srpen	61,091	78 908,62	61 701,91	3,738	8 220,63	3 775,38	11 996,01	64,829	87 129,25	65 477,29	152 606,54
9	září	60,285	70 562,21	60 887,85	11,941	51 774,80	12 060,41	63 835,21	72,226	122 337,01	72 948,26	195 285,27
10	říjen	56,419	76 676,71	56 983,19	48,470	77 291,41	48 954,70	126 246,11	104,889	153 968,12	105 937,89	259 906,01
11	listopad	56,907	69 889,10	57 476,07	59,307	65 901,61	59 900,07	125 801,68	116,214	135 790,71	117 376,14	253 166,85
12	prosinec	60,459	72 447,13	61 063,59	94,167	115 198,76	95 108,67	210 307,43	154,626	187 645,89	156 172,26	343 818,15
13	SOUČET	687,307	874 783,82	705 209,22	619,718	864 264,67	643 703,87	1 507 968,54	1307,025	1 739 048,49	1 348 913,09	3 087 961,58

Zdroj: Interní materiály Zoologické zahrady Ústí nad Labem

**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2015**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	61,351	72 147,48	61 964,51	33,232	36 205,79	33 564,32	70,230	85 212,04	70 932,30
2	únor	54,839	67 622,89	55 387,39	34,720	47 522,84	35 067,20	72,155	101 529,40	72 876,55
3	březen	54,959	74 284,38	55 508,59	34,616	41 088,48	34 962,16	63,798	98 800,34	64 435,98
4	duben	52,387	70 581,58	52 910,87	29,024	51 239,16	29 314,24	54,725	108 403,49	55 272,25
5	květen	55,900	73 200,86	56 459,00	20,160	42 228,21	20 361,60	32,934	73 318,67	33 263,34
6	červen	57,859	68 077,94	58 437,59	3,122	18 291,30	3 153,22	9,594	32 924,65	9 679,84
7	červenec	55,869	72 998,65	56 427,69	0,167	7 432,65	168,67	5,863	9 805,15	5 921,63
8	srpen	53,025	70 620,09	5 355,25	0	1 636,51	0	5,547	9 181,25	5 602,47
9	září	52,343	72 108,31	52 866,43	8,722	26 435,19	8 809,22	26,079	56 000,99	26 339,79
10	říjen	56,945	76 172,16	57 514,45	17,045	20 781,47	17 215,45	48,849	110 124,70	49 337,49
11	listopad	55,246	67 885,83	55 798,46	19,352	19 594,35	19 545,62	56,647	106 525,41	57 213,47
12	prosinec	59,539	70 828,01	60 134,39	21,952	23 061,38	22 171,52	63,145	94 362,68	63 776,45
13	SOUČET	670,262	856 528,18	628 764,62	222,112	335 517,33	224 333,22	509,566	886 188,77	514 651,56

**Součtová tabulka (rok 2015)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)			součet (areál zoo + geotermální zdroj)				
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	61,351	72 147,48	61 964,51	103,462	121 417,83	104 496,62	225 914,45	164,813	193 565,31	166 461,13	360 026,44
2	únor	54,839	67 622,89	55 387,39	106,875	149 052,24	107 943,75	256 995,99	161,714	216 675,13	163 331,14	380 006,27
3	březen	54,959	74 284,38	55 508,59	98,414	139 888,82	99 398,14	239 286,96	153,373	214 173,20	154 906,73	369 079,93
4	duben	52,387	70 581,58	52 910,87	83,749	159 642,65	84 586,49	244 229,14	136,136	230 224,23	137 497,36	367 721,59
5	květen	55,900	73 200,86	56 459,00	53,094	115 546,88	53 624,94	169 171,82	108,994	188 747,74	110 083,94	298 831,68
6	červen	57,859	68 077,94	58 437,59	12,716	51 215,95	12 833,06	64 049,01	70,575	119 293,89	71 270,65	190 564,54
7	červenec	55,869	72 998,65	56 427,69	6,030	17 237,80	6 090,30	23 328,10	61,899	90 236,45	62 517,99	152 754,44
8	srpen	53,025	70 620,09	5 355,25	5,547	10 817,76	5 602,47	16 420,23	58,572	81 437,85	10 957,72	92 395,57
9	září	52,343	72 108,31	52 866,43	34,801	82 436,18	35 149,01	117 585,19	87,144	154 544,49	88 015,44	242 559,93
10	říjen	56,945	76 172,16	57 514,45	65,894	130 906,17	66 552,94	197 459,11	122,839	207 078,33	124 067,39	331 145,72
11	listopad	55,246	67 885,83	55 798,46	75,999	126 119,76	76 759,09	202 878,85	131,245	194 005,59	132 557,55	326 563,14
12	prosinec	59,539	70 828,01	60 134,39	85,097	117 424,06	85 947,97	203 372,03	144,636	188 252,07	146 082,36	334 334,43
13	SOUČET	670,262	856 528,18	628 764,62	731,678	1 221 706,10	738 984,78	1 960 690,88	1401,940	2 078 234,28	1 367 749,40	3 445 983,68

Zdroj: Interní materiály Zoologické zahrady Ústí nad Labem



**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2016**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	71,815	84 107,15	72 533,15	25,186	25 142,60	25 437,86	86,171	128 794,89	87 032,71
2	únor	65,082	62 124,72	65 732,80	21,785	22 981,01	22 002,85	0,000	31 866,82	-
3	březen	66,448	68 491,53	67 112,48	22,010	25 914,83	22 230,10	62,068	99 268,48	62 688,68
4	duben	58,880	61 938,17	48 517,12	17,240	33 895,33	14 205,76	47,306	79 786,05	38 980,14
5	květen	57,288	56 959,85	47 205,31	12,005	26 578,41	9 892,12	34,508	85 287,34	28 434,59
6	červen*	56,672	60 367,62	46 697,73	3,923	15 547,17	3 232,65	9,353	24 914,46	7 706,91
7	červenec	61,714	59 377,49	50 852,34	0	4 985,77	0	2,207	12 404,91	1 818,57
8	srpen	62,015	62 179,53	51 100,36	0	4 985,77	0	2,154	12 308,67	1 774,90
9	září	57,055	60 428,89	47 013,32	1,789	7 986,24	1 474,14	4,802	20 293,44	3 956,85
10	říjen	59,744	60 963,80	49 229,06	16,993	19 533,40	14 002,23	53,085	74 666,96	43 742,04
11	listopad	62,910	63 381,82	51 837,84	21,774	24 431,91	17 941,78	60,141	65 470,28	49 556,18
12	prosinec	71,919	64 953,06	59 261,06	25,941	28 603,04	21 375,04	76,010	79 905,79	62 632,24
13	SOUČET	751,542	765 273,63	657 092,57	168,646	240 585,48	151 794,53	437,805	714 968,09	388 323,81

\*Faktury pro OMP xxx442 a xxx281 za měsíc červen nebyly nalezeny. Pro odhadnutí chybějících dat byl pro jednotlivé OMP vypočtem procentní pokles hodnot mezi květnem a červnem roku 2014, který byl co se týče květnových spotřeb podobný. Těmito procentními poklesy byla poté vynásobena data z května 2016. Výsledné součty dat z tohoto roku jsou proto zatíženy určitou chybou.

**Součtová tabulka (rok 2016)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)				součet (areál zoo + geotermální zdroj)			
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	71,815	84 107,15	72 533,15	111,357	153 937,49	112 470,57	266 408,06	183,172	238 044,64	185 003,72	423 048,36
2	únor	65,082	62 124,72	65 732,80	21,785	54 847,83	22 002,85	76 850,68	86,867	116 972,55	87 735,65	204 708,20
3	březen	66,448	68 491,53	67 112,48	84,078	125 183,31	84 918,78	210 102,09	150,526	193 674,84	152 031,26	345 706,10
4	duben	58,880	61 938,17	48 517,12	64,546	113 681,38	53 185,90	166 867,28	123,426	175 619,55	101 703,02	277 322,57
5	květen	57,288	56 959,85	47 205,31	46,513	111 865,75	38 326,71	150 192,46	103,801	168 825,60	85 532,02	254 357,62
6	červen	56,672	60 367,62	46 697,73	13,276	40 461,62	10 939,56	51 401,18	69,948	100 829,24	57 637,29	158 466,53
7	červenec	61,714	59 377,49	50 852,34	2,207	17 390,68	1 818,57	19 209,25	63,921	76 768,17	52 670,91	129 439,08
8	srpen	62,015	62 179,53	51 100,36	2,154	17 294,44	1 774,90	19 069,34	64,169	79 473,97	52 875,26	132 349,23
9	září	57,055	60 428,89	47 013,32	6,591	28 279,68	5 430,99	33 710,67	63,646	88 708,57	52 444,31	141 152,88
10	říjen	59,744	60 963,80	49 229,06	70,078	94 200,36	57 744,27	151 944,63	129,822	155 164,16	106 973,33	262 137,49
11	listopad	62,910	63 381,82	51 837,84	81,915	89 902,19	67 497,96	157 400,15	144,825	153 284,01	119 335,80	272 619,81
12	prosinec	71,919	64 953,06	59 261,06	101,951	108 508,83	84 007,28	192 516,11	173,870	173 461,89	143 268,34	316 730,23
13	SOUČET	751,542	765 273,63	657 092,57	606,451	955 553,56	540 118,34	1 495 671,90	1357,993	1 720 827,19	1 197 210,91	2 918 038,10

**Záznamy z faktur za el. energii z roku 2017**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

EAN OMP		xxx194 (areál zoo)			xxx442 (TČ 1 - TS 1)			xxx281 (TČ 2 až TČ 5 - TS 2)		
		odběr	náklady		odběr	náklady		odběr	náklady	
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]
1	leden	80,124	66 022,18	66 635,10	34,763	26 281,85	28 644,71	80,104	77 977,25	66 005,70
2	únor	69,041	58 370,35	56 889,78	33,804	24 316,52	27 854,50	68,731	69 942,16	56 619,51
3	březen	69,679	56 563,37	57 415,50	30,790	23 922,82	25 370,96	67,492	70 371,86	55 613,41
4	duben	64,927	53 918,99	53 499,85	26,531	30 453,81	21 861,54	56,699	60 679,47	46 719,98
5	květen	66,174	54 141,09	54 527,38	11,249	16 002,42	9 269,18	27,399	60 570,72	22 576,78
6	červen	62,287	53 508,85	51 324,49	0	4 981,45	0	1,494	11 534,08	1 231,06
7	červenec	63,795	53 733,67	52 567,08	0	4 981,45	0	1,623	11 646,05	1 337,35
8	srpen	66,249	54 152,74	54 589,18	0	4 981,45	0	1,852	11 891,37	1 526,05
9	září	66,691	62 932,52	54 953,38	11,978	22 430,90	9 869,87	31,680	60 013,55	26 104,32
10	říjen	62,137	55 334,92	51 200,89	21,338	20 846,86	17 582,51	56,694	66 690,64	46 715,86
11	listopad	65,807	57 797,01	54 224,97	27,559	23 500,74	22 708,62	68,359	69 768,65	56 327,82
12	prosinec	74,463	59 198,51	61 357,51	28,238	25 429,46	23 268,11	78,808	80 282,79	64 937,79
13	SOUČET	811,374	685 674,20	669 185,11	226,250	228 129,73	186 430,00	540,935	651 368,59	445 715,63

**Součtová tabulka (rok 2017)**

(náklady uvedeny bez DPH a bez daně z elektřiny - ekologické daně)

Zásobovaná část		areál zoo			geotermální zdroj (stanice TČ1 - TČ5)				součet (areál zoo + geotermální zdroj)			
		odběr	náklady		odběr	náklady		celkové náklady	odběr	náklady		celkové náklady
		el. energie	regulované položky	komodita	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.	el. energie	regulované položky	komodita	reg. p. + kom.
číslo ř.	měsíc	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	leden	80,124	66 022,18	66 635,10	114,867	104 259,10	94 650,41	198 909,51	194,991	170 281,28	161 285,51	331 566,79
2	únor	69,041	58 370,35	56 889,78	102,535	94 258,68	84 474,01	178 732,69	171,576	152 629,03	141 363,79	293 992,82
3	březen	69,679	56 563,37	57 415,50	98,282	94 294,68	80 984,37	175 279,05	167,961	150 858,05	138 399,87	289 257,92
4	duben	64,927	53 918,99	53 499,85	83,230	91 133,28	68 581,52	159 714,80	148,157	145 052,27	122 081,37	267 133,64
5	květen	66,174	54 141,09	54 527,38	38,648	76 573,14	31 845,96	108 419,10	104,822	130 714,23	86 373,34	217 087,57
6	červen	62,287	53 508,85	51 324,49	1,494	16 515,53	1 231,06	17 746,59	63,781	70 024,38	52 555,55	122 579,93
7	červenec	63,795	53 733,67	52 567,08	1,623	16 627,50	1 337,35	17 964,85	65,418	70 361,17	53 904,43	124 265,60
8	srpen	66,249	54 152,74	54 589,18	1,852	16 872,82	1 526,05	18 398,87	68,101	71 025,56	56 115,23	127 140,79
9	září	66,691	62 932,52	54 953,38	43,658	82 444,45	35 974,19	118 418,64	110,349	145 376,97	90 927,57	236 304,54
10	říjen	62,137	55 334,92	51 200,89	78,032	87 537,50	64 298,37	151 835,87	140,169	142 872,42	115 499,26	258 371,68
11	listopad	65,807	57 797,01	54 224,97	95,918	93 269,39	79 036,44	172 305,83	161,725	151 066,40	133 261,41	284 327,81
12	prosinec	74,463	59 198,51	61 357,51	107,046	105 712,25	88 205,90	193 918,15	181,509	164 910,76	149 563,41	314 474,17
13	SOUČET	811,374	685 674,20	669 185,11	767,185	879 498,32	632 145,63	1 511 643,95	1578,559	1 565 172,52	1 301 330,74	2 866 503,26

Zdroj: Interní materiály Zoologické zahrady Ústí nad Labem