DIMENZOVÁNÍ GEOTERMÁLNÍCH VRTŮ NA ENERGETICKÉ POTŘEBY VYTÁPĚNÍ/CHLAZENÍ S DOSAZENÍM VÝSLEDKŮ THERMAL-RESPONSE-TESTU

ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA NKÚ
PRAHA 7 HOLEŠOVICE

INVESTOR:	Nejvyšší kontrolní úřad Jankovcova 2, 170 04 Praha 7
HIP PROJEKTU:	Masák & Partner, s.r.o. Gogolova 228/8, 118 00 Praha 1
ZHOTOVITEL:	GE-TRA s.r.o. Strakonická 714, 460 08 Liberec 8

OBSAH:

1. ÚVOD str. 2

2. VÝCHOZÍ PODKLADY str. 3-7

2. 1. Identifikační údaje
2. 2. Informace o stavbě
2. 3. Parametry průzkumných vrtů
2. 4. Výsledky TRT měření
2. 5. Energetické potřeby a účinnost COP/EER

3. POPIS SYSTÉMU PŘEDÁVÁNÍ TEPLA/CHLADU POMOCÍ GEOTERMÁLNÍCH VRTŮ str. 7

4. PODMÍNKY SIMULACE str. 8

5. VARIANTA A - 66 vrtů str. 9-11

5. 1. VAR A - Pokrytí spotřeb tepla a chladu geotermálními vrty 66x 140 m GF32
5. 2. VAR A - Výsledek EED simulace

6. VARIANTA B - 40 vrtů str. 12-14

6. 1. VAR B - Pokrytí spotřeb tepla a chladu geotermálními vrty 40x 140 m GF32
6. 2. VAR B - Výsledek EED simulace

7. VARIANTA C - 30 vrtů str. 15-17

7. 1. VAR C - Pokrytí spotřeb tepla a chladu geotermálními vrty 30x 140 m GF32
7. 2. VAR C - Výsledek EED simulace

8. ZÁVĚR str. 18-19

PŘÍLOHY:

Obrázek č. 1 - Koordinační situace str. 4
Obrázek č. 2 - Parametry průzkumných vrtů str. 5

Tabulka č. 1 - Celkové spotřeby tepla a chladu str. 6
Tabulka č. 2 - VAR A pokrytí spotřeb tepla a chladu str. 9
Tabulka č. 3 - VAR A výsledek EED simulace str. 10
Tabulka č. 4 - VAR B pokrytí spotřeb tepla a chladu str. 12
Tabulka č. 5 - VAR B výsledek EED simulace str. 13
Tabulka č. 6 - VAR C pokrytí spotřeb tepla a chladu str. 15
Tabulka č. 7 - VAR C výsledek EED simulace str. 16
Tabulka č. 8 - Shrnutí VAR A, B, C výsledek EED simulace str. 18

Graf č. 1 - Celkové spotřeby tepla a chladu str. 7
Graf č. 2 - VAR A pokrytí spotřeb tepla a chladu str. 9
Graf č. 3 - VAR A = Průřez střední teplotou provozní kapaliny po 50 letech provozu str. 11
Graf č. 4 - VAR A = Průřez střední teplotou provozní kapaliny po 50 letech provozu str. 11
Graf č. 5 - VAR B pokrytí spotřeb tepla a chladu str. 12
Graf č. 6 - VAR B = Průřez střední teplotou provozní kapaliny po 50 letech provozu str. 14
Graf č. 7 - VAR B = Průřez střední teplotou provozní kapaliny po 50 letech provozu str. 14
Graf č. 8 - VAR B pokrytí spotřeb tepla a chladu str. 15
Graf č. 9 - VAR C = Průřez střední teplotou provozní kapaliny po 50 letech provozu str. 17
Graf č. 10 - VAR C = Průřez střední teplotou provozní kapaliny po 50 letech provozu str. 17

1. ÚVOD

Tato zpráva posuzuje ziskovost primárního okruhu (geotermálních vrtů) akce „*Administrativní budova NKÚ*“. Řeší návrh technického provedení zdroje tepla/chladu (primárního okruhu) pro pokrytí energetických potřeb vytápění/chlazení. Objekt bude vytápět/chladit dvojice kompresorových jednotek. Pro odvod nebo získávání dodatečné energie budou kompresorové jednotky napojeny na systém vrtného pole a dvojici adiabatických chladičů.

Dimenzování bylo provedeno pomocí analytické simulace EED. Jako základ této výpočtové simulace sloužily dva průzkumné vrty vystrojené geotermální sondou PE-RC STRONG s vystrojením 4x 32x 3,0 mm do hloubky 150 m a 111 m vyhotovené vrtnou společností Stavební geologie - Geosan, s.r.o. (vrty budou plnohodnotnou součástí budoucího vrtného pole). Po ustálení teplot ve vrtu byly provedeny Thermal-Response-Testy (dále TRT měření), které změřily tepelnou kapacitu podloží (tepelná vodivost, neovlivněná teplota podloží a tepelný odpor).

Předpokládaná realizace primárního okruhu (geotermálních vrtů) je plánovaná v oblasti zelených ploch a v případě potřeby i pod administrativní budovou. Samotná administrativní budova je rozdělena podle nadzemních podlaží na podobjekt G a H.

Varianty výpočtu:

Varianta A - 66 vrtů
Vrtné pole je navrženo jak v zelených plochách, tak i pod budovou G a H. Celkem je počítáno se 66 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 9.240 m).

Varianta B - 40 vrtů
Vrtné pole je navrženo jak v zelených plochách, tak i částečně pod budovou G, kde nejsou navrženy piloty. Celkem je počítáno se 40 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 5.600 m).

Varianta C - 30 vrtů
Vrtné pole je navrženo pouze v zelených plochách. Celkem je počítáno se 30 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 4.200 m).

2. VÝCHOZÍ PODKLADY

Pro zpracování byly použity podklady uvedené níže:

A) Koordinační situace, řezy a půdorysy navrhované budovy
B) Geologický profil průzkumných vrtů
C) Technická zpráva k realizaci 2 průzkumných vrtů (pro TRT), vystrojení 4x 32x 3,0 mm do hloubky 150 a 111 m
D) Inženýrsko-geologický průzkum
E) TRT měření + vyhodnocení
F) Technická zpráva UTCH a VZT ve stupni DSP, upřesnění účinnosti COP/EER navržených jednotek
G) Rozdělení energetických potřeb vytápění/chlazení do jednotlivých měsíců
H) Mapy průměrných teplot, parametry kapaliny, katastrální mapy, mapy google…
I) Německá norma pro geotermii VDI4640
J) Konzultace se zadavatelem a investorem projektu

2. 1. Identifikační údaje

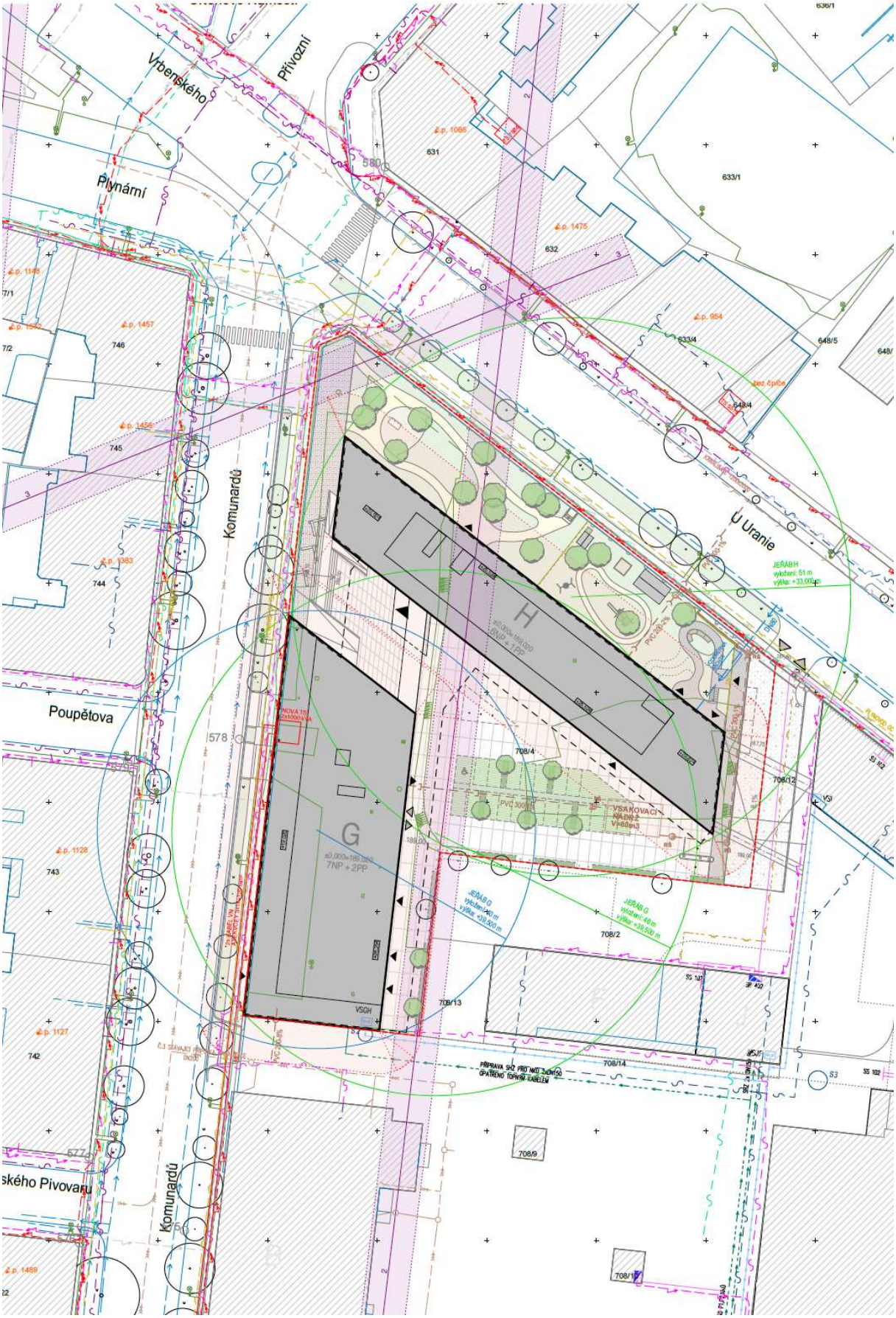
Název stavby:	*„Administrativní budova NKÚ“*
Místo stavby geotermálních vrtů:	
Adresa:	Areál bývalého Prvního pražského měšťanského pivovaru mezi ulicemi Komunardů a U Uranie, 170 00 Praha - Holešovice
Parcelní číslo:	708/4
Katastrální úřad:	Holešovice [730122]

2. 2. Informace o stavbě

Jedná se o dvě budovy propojené společným podzemním podlažím a spojovacím krčkem v úrovni 4 a 5NP. Podobjekt G má tvar pravoúhlého lichoběžníku a má dvě podzemní a 7 nadzemních podlaží. Podobjekt H je má tvar kosodélníku a má jedno podzemní a 6 nadzemních podlaží.

Garáže jsou pro obě budovy společné, vjezd do garáží je ze dvora do podobjektu G. V budovách se budou nacházet především kancelářské provozy NKÚ. V budově G bude v části 1NP umístěn gastro provoz sloužící pro veřejnost i zaměstnance NKÚ. V budově H budou druhé, třetí a část čtvrtého podlaží vyhrazeny prostorám Archivu PSP ČR a Parlamentní knihovně. Dále se v budově H nachází prostory dětské skupiny sloužící zaměstnancům NKÚ.

Obrázek č. 1 - Koordinační situace



2. 3. Parametry průzkumných vrtů

Obrázek č. 2 - Parametry průzkumných vrtů

TECHNICKÉ ÚDAJE ZEMNÍCH VRTŮ			
Termín provádění vrtných prací:		10.4. - 17.4.2018	
Technologie vrtání:		Rotačně příklepové	
Průměr vrtání :		Ø 125 mm	
Technické pažení:		V1 – Fe Ø 152 mm + 0,03 – 13,5 m V2 – Fe Ø 152 mm + 0,03 – 13,5 m	
Definitivní výstroj:		HD-PE RC 4x32x3mm	
Těsnění vrtů:		tlaková injektáž	
Vrtná souprava:		HVS 482 na pásovém podvozku	
Narážená hladina podzemní vody:		Cca 50 m,52 m	
Vrtmistr, vedoucí čety:		Hvízdal Václav	
Provozní technik:		Petr Hofman	
Vrt	**Hloubka vrtu (m):**	**Technické pažení (mm):**	**Průměr vrtání (mm):**
V1	150 m	Fe Ø 152 mm	125 mm
V2	111 m	Fe Ø 152 mm	125 mm

2. 4. Výsledky TRT měření

Po ustálení teplot ve vrtu byly provedeny TRT měření, které změřily tepelnou kapacitu podloží (tepelná vodivost, neovlivněná teplota podloží a tepelný odpor).

1) Průzkumný vrt o hloubce 150 m - hodnoty TRT měření:
- tepelná vodivost horniny 2,62 [W/(m*K)]
- neovlivněná teplota podloží 14,9 [K]
- tepelný odpor vrtu, injektáže a nejbližšího horninového prostředí - Rb = 0,069 [(m*K)/W]

2) Průzkumný vrt o hloubce 111 m - hodnoty TRT měření:
- tepelná vodivost horniny 2,11 [W/(m*K)]
- neovlivněná teplota podloží 13,7 [K]
- tepelný odpor vrtu, injektáže a nejbližšího horninového prostředí - Rb = 0,078 [(m*K)/W]

Průměrné hodnoty TRT měření z průzkumných vrtů:
- tepelná vodivost horniny 2,365 [W/(m*K)]
- neovlivněná teplota podloží 14,3 [K]
- tepelný odpor vrtu, injektáže a nejbližšího horninového prostředí - Rb = 0,0735 [(m*K)/W]

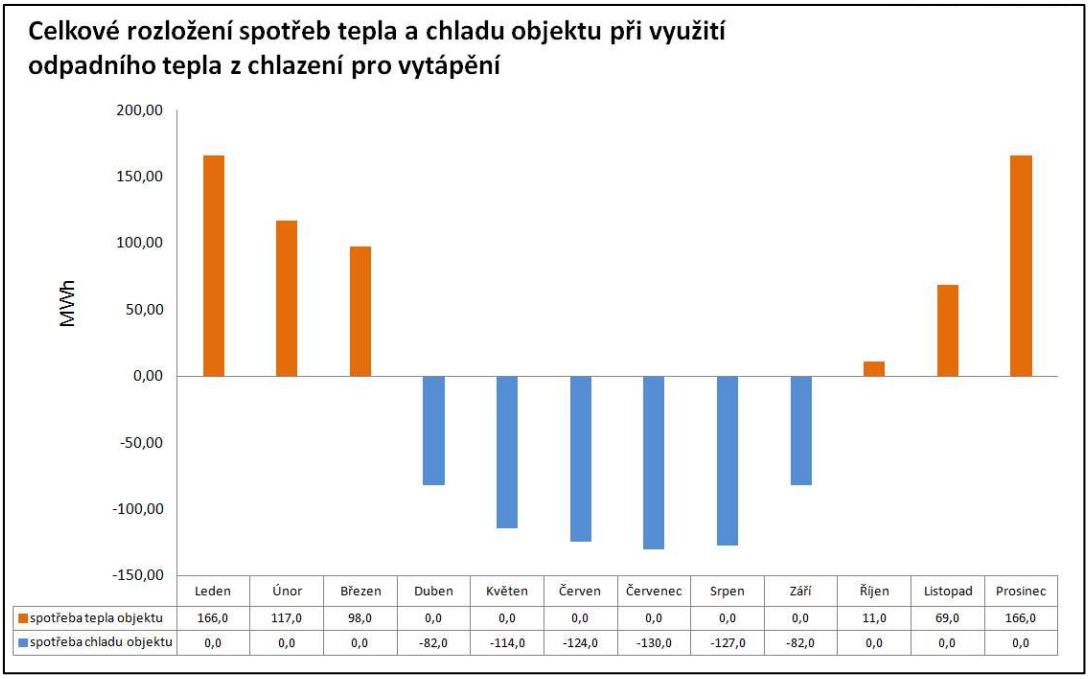
2. 5. Energetické potřeby a účinnost COP/EER

Důležitým údajem pro dimenzování vrtného pole jsou energetické potřeby vytápění/chlazení, ideálně rozdělených do jednotlivých měsíců, které mají být pokryty navrženými jednotkami společně s geotermálními vrty.

Tabulka č. 1 - Celkové spotřeby tepla a chladu

Celkové rozložení spotřeb tepla a chladu objektu při využití odpadního tepla z chlazení pro vytápění				
	spotřeba tepla objektu s využitím odpadního tepla		spotřeba chladu objektu na chlazení objektu s využitím odpadního tepla	
Měsíc	[MWh/rok]	[%]	[MWh/rok]	[%]
Leden	166,0	26,5%	0,0	0,0%
Únor	117,0	18,7%	0,0	0,0%
Březen	98,0	15,6%	0,0	0,0%
Duben	0,0	0,0%	82,0	12,4%
Květen	0,0	0,0%	114,0	17,3%
Červen	0,0	0,0%	124,0	18,8%
Červenec	0,0	0,0%	130,0	19,7%
Srpen	0,0	0,0%	127,0	19,3%
Září	0,0	0,0%	82,0	12,4%
Říjen	11,0	1,8%	0,0	0,0%
Listopad	69,0	11,0%	0,0	0,0%
Prosinec	166,0	26,5%	0,0	0,0%
Celkem [MWh/rok]	**627,0**	100,0%	**659,0**	100,0%

Graf č. 1 - Celkové spotřeby tepla a chladu



	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
spotřeba tepla objektu	166,0	117,0	98,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	69,0	166,0
spotřeba chladu objektu	0,0	0,0	0,0	-82,0	-114,0	-124,0	-130,0	-127,0	-82,0	0,0	0,0	0,0

Účinnost navržených kompresorových jednotek pro vytápění/chlazení (COP/EER) byly zadány následovně:

- účinnost vytápění COP = 5,6
- účinnost chlazení EER = 4,61

3. POPIS SYSTÉMU PŘEDÁVÁNÍ TEPLA/CHLADU POMOCÍ GEOTERMÁLNÍCH VRTŮ

U geotermálních vrtů se získává energie pomocí geotermálních zemních sond. Jedná se o uzavřený systém, v kterém jsou ve vrtech instalované tepelné výměníky v podobě geotermálních sond. Na konci potrubí je vratné U koleno. Pro větší efektivitu přenosu tepla je použito řešení PE-RC STRONG 4 x 32 x 3,0 mm.

Teplonosná kapalina v primárním okruhu odevzdává svoji teplotu chladivu, kterou následně znovu získává ohřátím v zemi. Teoretická teplota země ve 20 m je 10 °C a roste každých 30 m o 1°C – není ovlivněna vnější teplotou na povrchu. Proto můžeme mluvit o stálém zdroji tepla/chladu. Je však nutno dodat, že teplota v zemi se liší na počátku topné sezóny (září-říjen) od teploty na konci topné sezóny (březen-duben)…identicky se mění teplota v období chlazení. Proto je nutné počítat při výpočtu hloubky geotermálních vrtů i s délkou topné a chladící sezóny v místě instalace. Při získávání tepla/chladu prostřednictvím geotermálních vertikálních sond uložených ve vrtech se klade obzvlášť vysoký důraz na dimenzování a kvalitní vystrojení vrtů.

4. PODMÍNKY SIMULACE

TRT měření:

Průměrné hodnoty TRT měření z průzkumných vrtů:
- tepelná vodivost horniny 2,365 [W/(m*K)]
- neovlivněná teplota podloží 14,3 [K]
- tepelný odpor vrtu, injektáže a nejbližšího horninového prostředí - Rb = 0,0735 [(m*K)/W]

Vrtné pole - varianty výpočtu:

Varianta A - 66 vrtů
Vrtné pole je navrženo jak v zelených plochách, tak i pod budovou G a H. Celkem je počítáno se 66 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 9.240 m). Odhadovaná rozteč vrtů 10,7 m.

Varianta B - 40 vrtů
Vrtné pole je navrženo jak v zelených plochách, tak i částečně pod budovou G, kde nejsou navrženy piloty. Celkem je počítáno se 40 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 5.600 m). Odhadovaná rozteč vrtů 12,0 m.

Varianta C - 30 vrtů
Vrtné pole je navrženo pouze v zelených plochách. Celkem je počítáno se 30 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 4.200 m). Odhadovaná rozteč vrtů 11,0 m.

Společné zadání:

- vrtný průměr 127,43 mm (dle realizace průzkumných prací)
- injektážní směs ZEO-therm 1.2 = s tepelnou vodivostí 1,2 [W/(m * K)]
- pro výpočet bylo počítáno s teplonosnou kapalinou G-SFROST W+ na bázi monoetylenglykolu a glycerínu při +10°C (nezámrznost -15°C +/-2°C)
- předpokládané roční COP (účinnost) jednotek pro vytápění = 5,6
- přepokládané roční EER (účinnost) jednotek pro chlazení = 4,61
- dle požadavku zadavatele modelový výpočet zohledňuje časové období 50 let
- tabulkově je dána průměrná teplota média po 1 roce a 50 letech provozu
- minimální a maximální hodnota měsíčního průměru teploty média po 50 letech jsou uvedeny samostatně

Výsledek simulace odpovídá vstupním hodnotám dodaných zadavatelem. Pokud by došlo k úpravě vstupních dat (např. navýšení/ponížení energetických potřeb, změny režimu provozu kompresorových jednotek, úpravy vrtného pole atd.) je nutné změny konzultovat se zpracovatelem této zprávy a provést následnou aktualizaci.

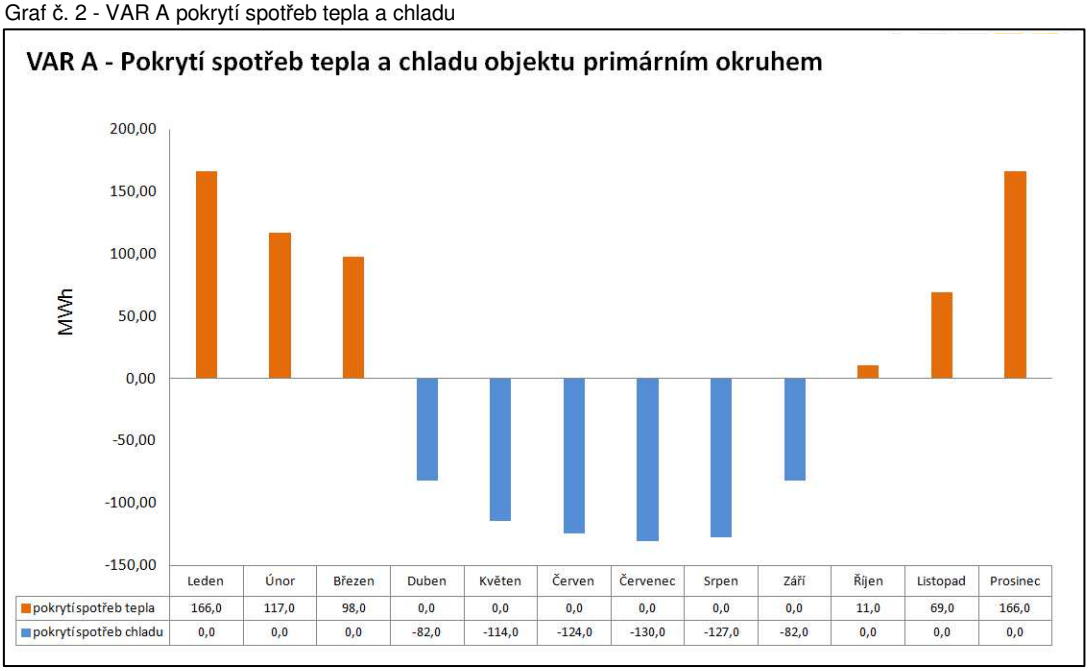
5. VARIANTA A - 66 vrtů

5. 1. VAR A - Pokrytí spotřeb tepla a chladu geotermálními vrty PE-RC STRONG 66x 140 m GF32 (celkem 9.240 m)

Tabulka č. 2 - VAR A pokrytí spotřeb tepla a chladu

VAR A - Pokrytí spotřeb tepla a chladu objektu primárním okruhem				
	pokrytí spotřeb tepla		pokrytí spotřeb chladu	
Měsíc	[MWh/rok]	[%]	[MWh/rok]	[%]
Leden	166,0	26,5%	0,0	0,0%
Únor	117,0	18,7%	0,0	0,0%
Březen	98,0	15,6%	0,0	0,0%
Duben	0,0	0,0%	82,0	12,4%
Květen	0,0	0,0%	114,0	17,3%
Červen	0,0	0,0%	124,0	18,8%
Červenec	0,0	0,0%	130,0	19,7%
Srpen	0,0	0,0%	127,0	19,3%
Září	0,0	0,0%	82,0	12,4%
Říjen	11,0	1,8%	0,0	0,0%
Listopad	69,0	11,0%	0,0	0,0%
Prosinec	166,0	26,5%	0,0	0,0%
Celkem [MWh/rok]	**627,0**	100,0%	**659,0**	100,0%

Graf č. 2 - VAR A pokrytí spotřeb tepla a chladu



5. 2. VAR A - Výsledek EED simulace

Tabulka č. 3 - VAR A výsledek EED simulace

VAR A standardní zatížení - výsledky po provedení simulace (provozní teploty)							
vrtné pole				střední teplota kapaliny (min./max. teploty)			
počet	hloubka	rozteč vrtů	vrtné pole celkem	teploty po 1 roce provozu		teploty po 50. roku provozu	
ks	m	m		minimální (leden)	maximální (srpen)	minimální (leden)	maximální (srpen)
66	140	10,7	9.240	**8,42 °C**	**24,47 °C**	**14,3 °C**	**30,01 °C**

Pro variantu s 66x á140 m geotermálními vrty leží minimální teplota při standardním zatížení po 50 letech přibližně na úrovni **+14,3 °C** (leden). V období kdy je maximální potřeba chlazení, stoupne teplota média v 50. roce provozu na maximálně **+30,01 °C** (srpen).

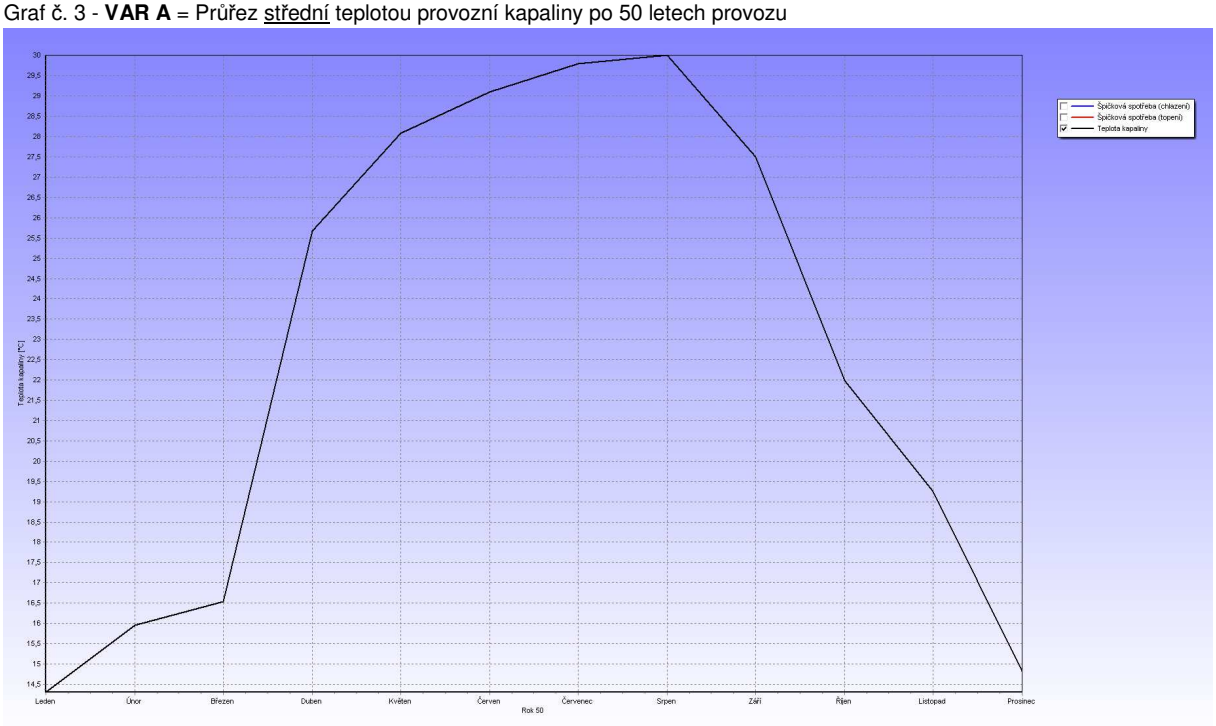
Hodnota střední teploty kapaliny je průměr mezi vstupem a výstupem z kompresorových jednotek do vrtů. Od uvedené hodnoty je nutné přičíst/odečíst teplotu odpovídající ½ hodnoty ΔT.

Př. Pokud bychom uvažovali v režimu vytápění s ΔT „4,0 K“ a s vypočtenou průměrnou teplotou kapaliny v režimu vytápění (po 50. roku provozu) 14,3 °C, skutečná teplota z vrtů do kompresorových jednotek je 16,3 °C a z kompresorových jednotek do vrtů 12,3 °C.

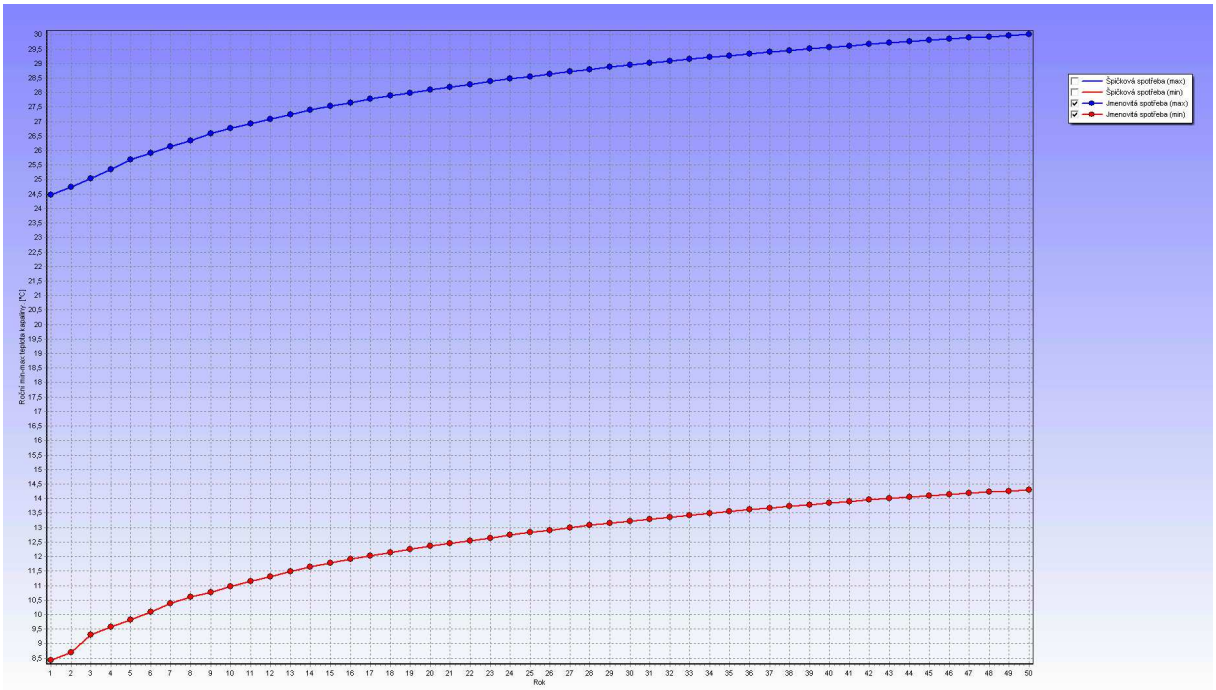
U vytápění nesmí teplota teplonosné kapaliny v primárním okruhu na vstupu klesnout pod 0 °C, pokud dojde k překročení, je nutné ponížit množství odebraného tepla ze země (snížit výkon kompresorových jednotek v režimu vytápění).

U chlazení nesmí teplota nemrznoucí kapaliny v primárním okruhu na vstupu překročit neovlivněno teplotu podloží o více jak 15 K (dle normy VDI4640), pokud dojde k překročení, je nutné ponížit množství tepla předávaného do země (snížit výkon kompresorových jednotek v režimu chlazení). U špičkového zatížení je možné se na vstupu krátkodobě dostat až o 20 K víc než je neovlivněná teplota podloží (dle normy VDI4640).

Graf č. 3 - **VAR A** = Průřez <u>střední</u> teplotou provozní kapaliny po 50 letech provozu



Graf č. 4 - **VAR A** = Vývoj maximální a minimální <u>střední</u> teploty kapaliny v 50 letech provozu



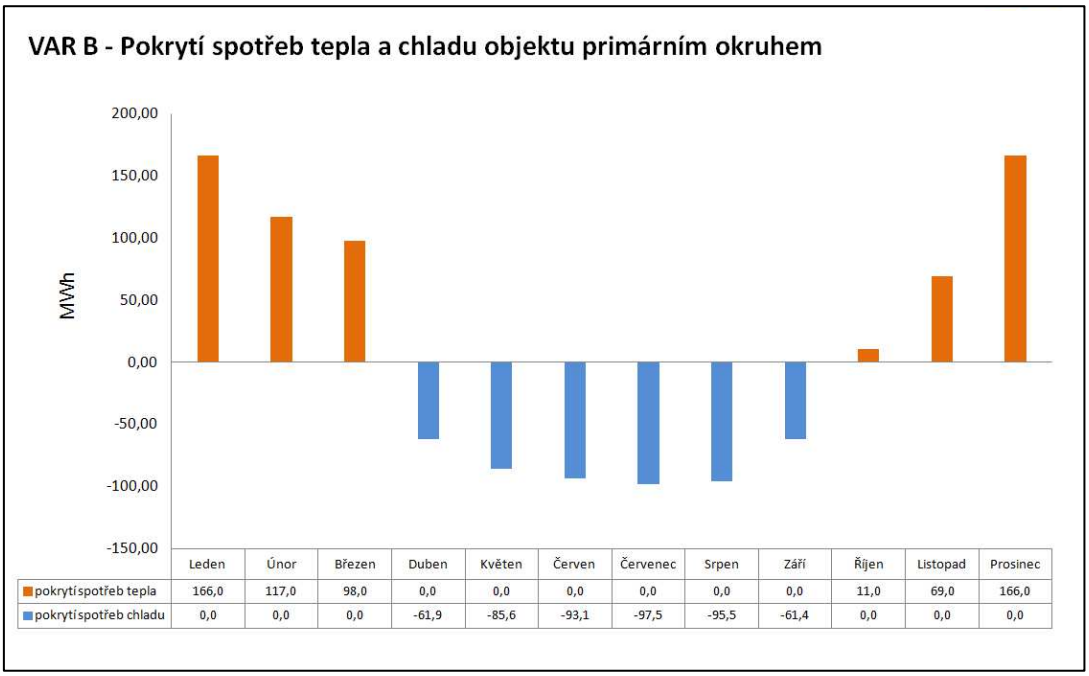
6. VARIANTA B - 40 vrtů

6. 1. VAR B - Pokrytí spotřeb tepla a chladu geotermálními vrty PE-RC STRONG 40x 140 m GF32 (celkem 5.600 m)

Tabulka č. 4 - VAR B pokrytí spotřeb tepla a chladu

VAR B - Pokrytí spotřeb tepla a chladu objektu primárním okruhem				
	pokrytí spotřeb tepla		pokrytí spotřeb chladu	
Měsíc	[MWh/rok]	[%]	[MWh/rok]	[%]
Leden	166,0	26,5%	0,0	0,0%
Únor	117,0	18,7%	0,0	0,0%
Březen	98,0	15,6%	0,0	0,0%
Duben	0,0	0,0%	61,9	12,5%
Květen	0,0	0,0%	85,6	17,3%
Červen	0,0	0,0%	93,1	18,8%
Červenec	0,0	0,0%	97,5	19,7%
Srpen	0,0	0,0%	95,5	19,3%
Září	0,0	0,0%	61,4	12,4%
Říjen	11,0	1,8%	0,0	0,0%
Listopad	69,0	11,0%	0,0	0,0%
Prosinec	166,0	26,5%	0,0	0,0%
Celkem [MWh/rok]	**627,0**	100,0%	**495,0**	100,0%

Graf č. 5 - VAR B pokrytí spotřeb tepla a chladu



6. 2. VAR B - Výsledek EED simulace

Tabulka č. 5 - VAR B výsledek EED simulace

VAR B standardní zatížení - výsledky po provedení simulace (provozní teploty)							
vrtné pole				střední teplota kapaliny (min./max. teploty)			
počet	hloubka	rozteč vrtů	vrtné pole celkem	teploty po 1 roce provozu		teploty po 50. roku provozu	
ks	m	m		minimální (leden)	maximální (srpen)	minimální (leden)	maximální (srpen)
40	140	12,0	5.600	**4,4 °C**	**27,0 °C**	**6,36 °C**	**28,92 °C**

Pro variantu se 40x á140 m geotermálními vrty leží minimální teplota při standardním zatížení po 50 letech přibližně na úrovni **+6,36 °C** (leden). V období kdy je maximální potřeba chlazení, stoupne teplota média v 50. roce provozu na maximálně **+28,92 °C** (srpen).

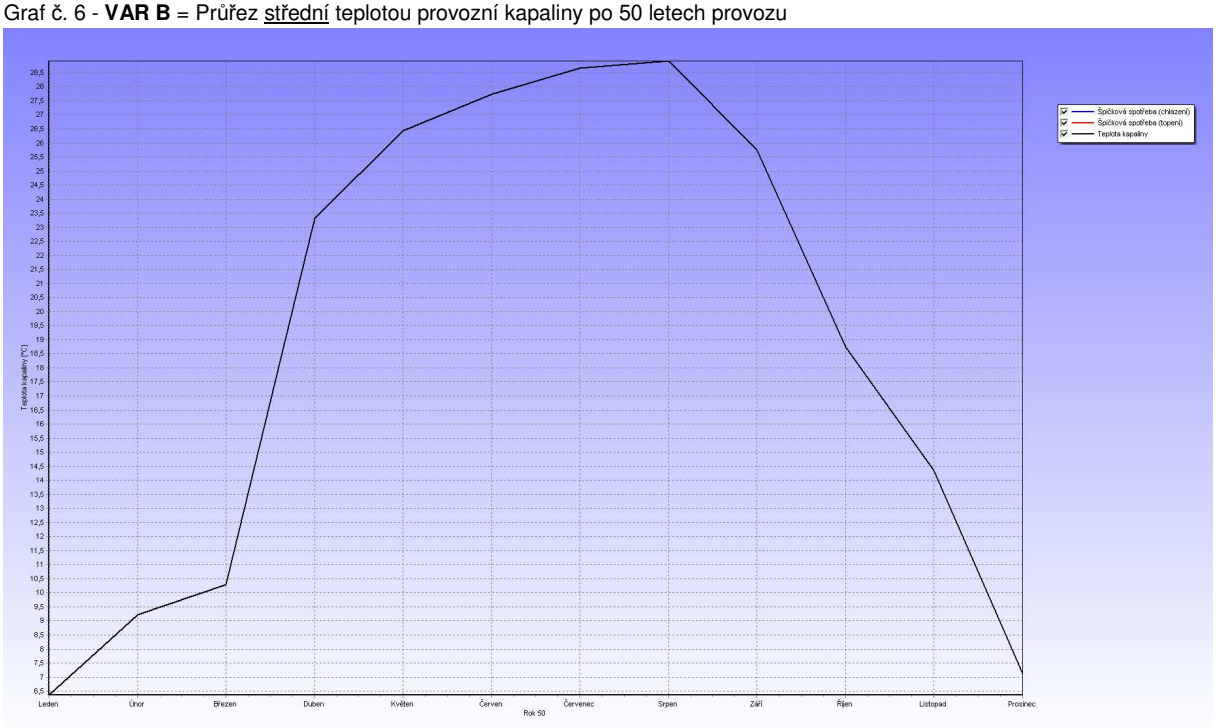
Hodnota střední teploty kapaliny je průměr mezi vstupem a výstupem z kompresorových jednotek do vrtů. Od uvedené hodnoty je nutné přičíst/odečíst teplotu odpovídající ½ hodnoty ΔT.

Př. Pokud bychom uvažovali v režimu vytápění s ΔT „4,0 K“ a s vypočtenou průměrnou teplotou kapaliny v režimu vytápění (po 50. roku provozu) 6,36°C, skutečná teplota z vrtů do kompresorových jednotek je 8,36 °C a z kompresorových jednotek do vrtů 4,36 °C.

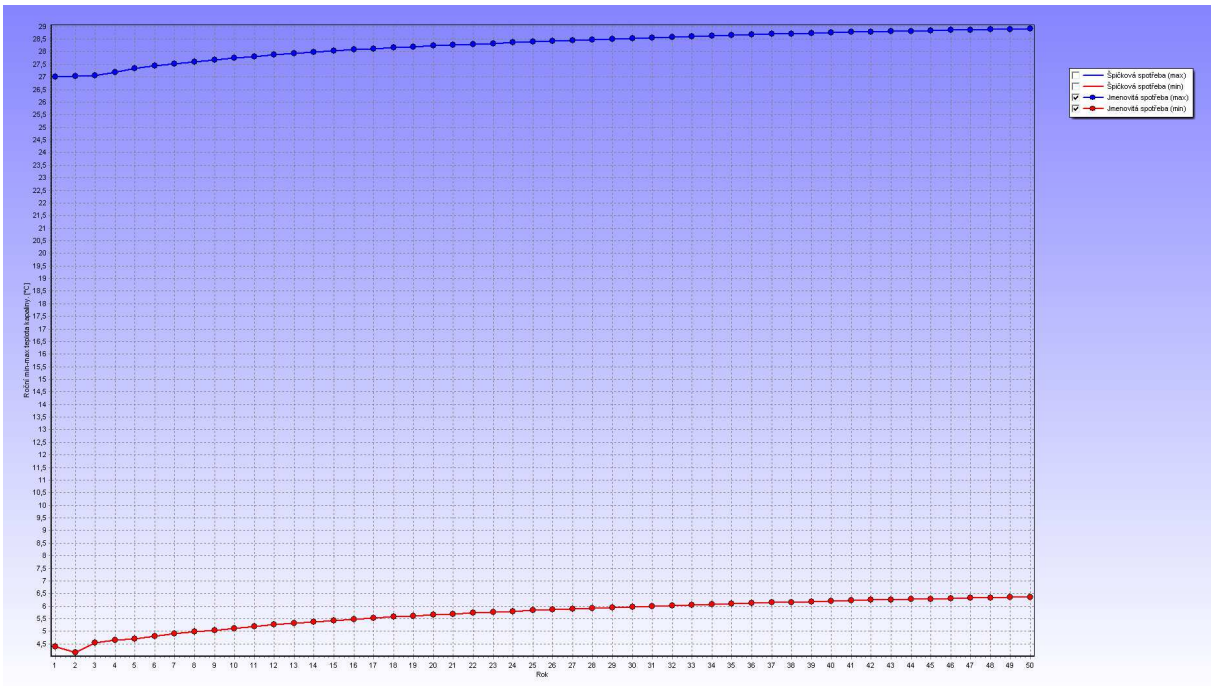
U vytápění nesmí teplota teplonosné kapaliny v primárním okruhu na vstupu klesnout pod 0 °C, pokud dojde k překročení, je nutné ponížit množství odebraného tepla ze země (snížit výkon kompresorových jednotek v režimu vytápění).

U chlazení nesmí teplota nemrznoucí kapaliny v primárním okruhu na vstupu překročit neovlivněno teplotu podloží o více jak 15 K (dle normy VDI4640), pokud dojde k překročení, je nutné ponížit množství tepla předávaného do země (snížit výkon kompresorových jednotek v režimu chlazení). U špičkového zatížení je možné se na vstupu krátkodobě dostat až o 20 K víc než je neovlivněná teplota podloží (dle normy VDI4640).

Graf č. 6 - **VAR B** = Průřez <u>střední</u> teplotou provozní kapaliny po 50 letech provozu



Graf č. 7 - **VAR B** = Vývoj maximální a minimální <u>střední</u> teploty kapaliny v 50 letech provozu



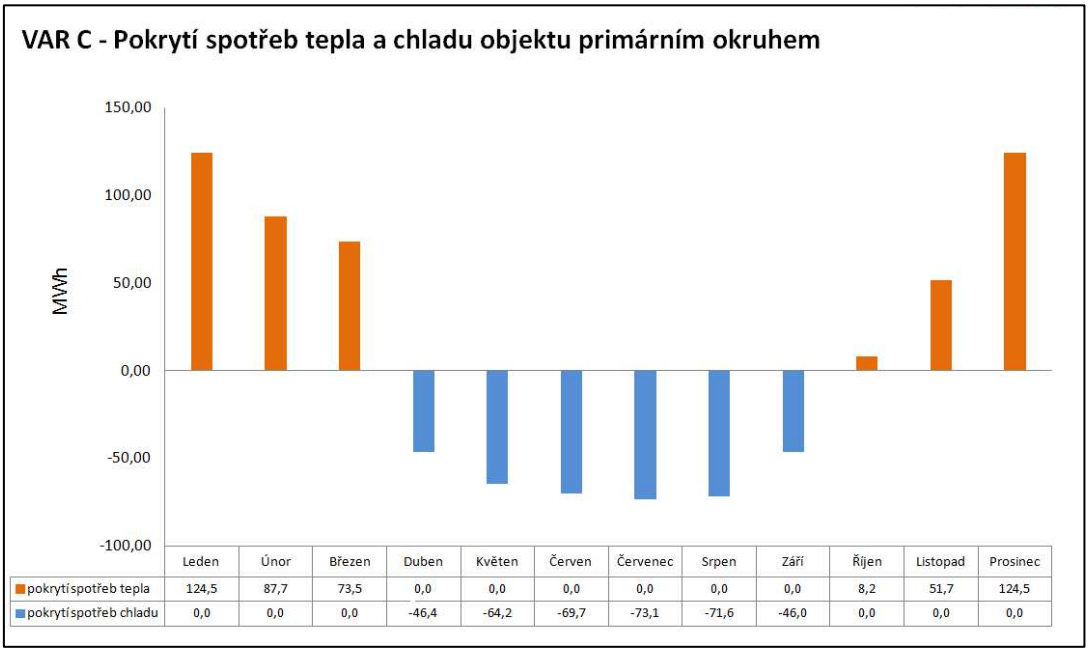
7. VARIANTA C - 30 vrtů

7. 1. VAR C - Pokrytí spotřeb tepla a chladu geotermálními vrty PE-RC STRONG 30x 140 m GF32 (celkem 4.200 m)

Tabulka č. 6 - VAR C pokrytí spotřeb tepla a chladu

VAR C - Pokrytí spotřeb tepla a chladu objektu primárním okruhem				
	pokrytí spotřeb tepla		pokrytí spotřeb chladu	
Měsíc	[MWh/rok]	[%]	[MWh/rok]	[%]
Leden	124,5	26,5%	0,0	0,0%
Únor	87,7	18,7%	0,0	0,0%
Březen	73,5	15,6%	0,0	0,0%
Duben	0,0	0,0%	46,4	12,5%
Květen	0,0	0,0%	64,2	17,3%
Červen	0,0	0,0%	69,7	18,8%
Červenec	0,0	0,0%	73,1	19,7%
Srpen	0,0	0,0%	71,6	19,3%
Září	0,0	0,0%	46,0	12,4%
Říjen	8,2	1,8%	0,0	0,0%
Listopad	51,7	11,0%	0,0	0,0%
Prosinec	124,5	26,5%	0,0	0,0%
Celkem [MWh/rok]	**470,0**	100,0%	**371,0**	100,0%

Graf č. 8 - VAR C pokrytí spotřeb tepla a chladu



7. 2. VAR C - Výsledek EED simulace

Tabulka č. 7 - VAR C výsledek EED simulace

VAR C standardní zatížení - výsledky po provedení simulace (provozní teploty)							
vrtné pole				střední teplota kapaliny (min./max. teploty)			
počet	hloubka	rozteč vrtů	vrtné pole celkem	teploty po 1 roce provozu		teploty po 50. roku provozu	
ks	m	m		minimální (leden)	maximální (srpen)	minimální (leden)	maximální (srpen)
30	140	11,0	4.200	**4,4 °C**	**27,02 °C**	**5,83 °C**	**28,46 °C**

Pro variantu se 30x á140 m geotermálními vrty leží minimální teplota při standardním zatížení po 50 letech přibližně na úrovni **+5,83 °C** (leden). V období kdy je maximální potřeba chlazení, stoupne teplota média v 50. roce provozu na maximálně **+28,46 °C** (srpen).

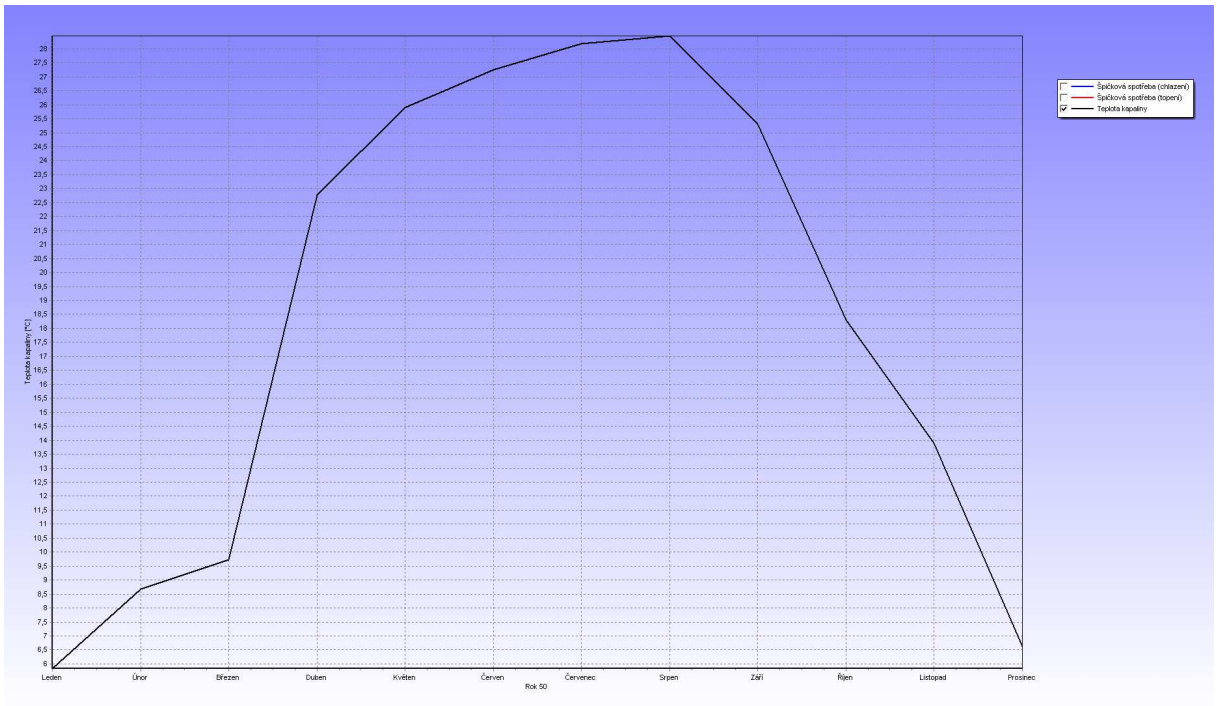
Hodnota střední teploty kapaliny je průměr mezi vstupem a výstupem z kompresorových jednotek do vrtů. Od uvedené hodnoty je nutné přičíst/odečíst teplotu odpovídající ½ hodnoty ΔT.

Př. Pokud bychom uvažovali v režimu vytápění s ΔT „4,0 K“ a s vypočtenou průměrnou teplotou kapaliny v režimu vytápění (po 50. roku provozu) 5,83°C, skutečná teplota z vrtů do kompresorových jednotek je 7,83 °C a z kompresorových jednotek do vrtů 3,83 °C.

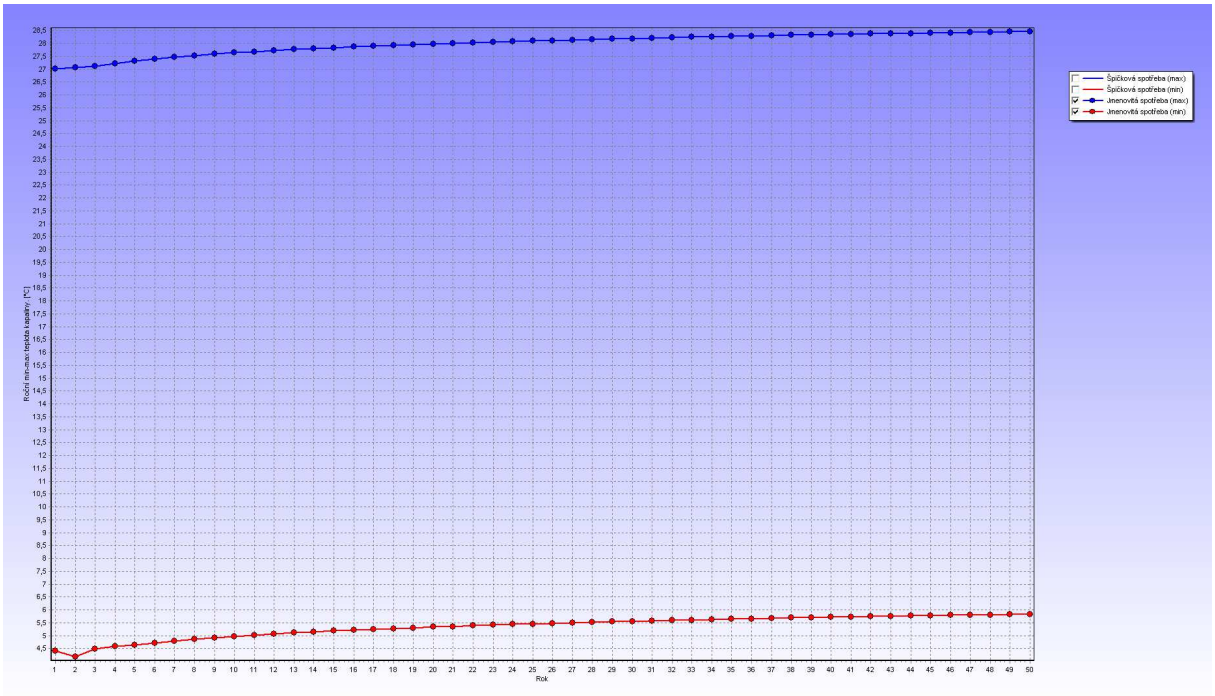
U vytápění nesmí teplota teplonosné kapaliny v primárním okruhu na vstupu klesnout pod 0 °C, pokud dojde k překročení, je nutné ponížit množství odebraného tepla ze země (snížit výkon kompresorových jednotek v režimu vytápění).

U chlazení nesmí teplota nemrznoucí kapaliny v primárním okruhu na vstupu překročit neovlivněno teplotu podloží o více jak 15 K (dle normy VDI4640), pokud dojde k překročení, je nutné ponížit množství tepla předávaného do země (snížit výkon kompresorových jednotek v režimu chlazení). U špičkového zatížení je možné se na vstupu krátkodobě dostat až o 20 K víc než je neovlivněná teplota podloží (dle normy VDI4640).

Graf č. 9 - **VAR C** = Průřez <u>střední</u> teplotou provozní kapaliny po 50 letech provozu



Graf č. 10 - **VAR C** = Vývoj maximální a minimální <u>střední</u> teploty kapaliny v 50 letech provozu



8. ZÁVĚR

Dimenzování bylo provedeno pomocí analytické simulace EED. Jako základ této výpočtové simulace sloužily dva průzkumné vrty vystrojené geotermální sondou PE-RC STRONG s vystrojením 4x 32x 3,0 mm do hloubky 150 m a 111 m vyhotovené vrtnou společností Stavební geologie - Geosan, s.r.o. (vrty budou plnohodnotnou součástí budoucího vrtného pole). Po ustálení teplot ve vrtu byly provedeny Thermal-Response-Testy (dále TRT měření), které změřily tepelnou kapacitu podloží (tepelná vodivost, neovlivněná teplota podloží a tepelný odpor).

Výsledky simulace:

Varianta A - 66 vrtů
Vrtné pole je navrženo jak v zelených plochách, tak i pod budovou G a H. Celkem je počítáno se 66 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 9.240 m). Maximalistická varianta A pokryje maximální zadané spotřeby tepla a chladu, tedy 627 MWh/rok pro vytápění a 659 MWh/rok pro chlazení.

Varianta B - 40 vrtů
Vrtné pole je navrženo jak v zelených plochách, tak i částečně pod budovou G, kde nejsou navrženy piloty. Celkem je počítáno se 40 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 5.600 m). Varianta B pokryje 627 MWh/rok spotřeby pro vytápění a 495 MWh/rok spotřeby pro chlazení.

Varianta C - 30 vrtů
Vrtné pole je navrženo pouze v zelených plochách. Celkem je počítáno se 30 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 4.200 m). Varianta C pokryje 470 MWh/rok spotřeby pro vytápění a 371 MWh/rok spotřeby pro chlazení.

Tabulka č. 8 - Shrnutí VAR A, B, C výsledek EED simulace

Standardní zatížení - výsledky po provedení simulace (provozní teploty)							
varianta	počet x hloubka vrtů	rozteč vrtů	vrtné pole celkem	střední teplota kapaliny (min./max. teploty)			
				teploty po 1 roce provozu		teploty po 50. roku provozu	
				minimální (leden)	maximální (srpen)	minimální (leden)	maximální (srpen)
A	66x á140 m	10,7 m	9.240 m	**8,42 °C**	**24,47 °C**	**14,30 °C**	**30,01 °C**
B	40x á140 m	12,0 m	5.600 m	**4,40 °C**	**27,00 °C**	**6,36 °C**	**28,92 °C**
C	30x á140 m	11,0 m	4.200 m	**4,40 °C**	**27,02 °C**	**5,83 °C**	**28,46 °C**

Minimální střední teplota po 50. roku provozu při standardním zatížení je počítána s rezervou pro pokrytí špičkového zatížení vytápění, které nebylo v době zpracování upřesněno.

Z hlediska pokrytí energetických spotřeb a celkové investici (viz samostatná příloha) za primární okruh nám nejlépe vychází varianta B se 40 geotermálními vrty s vystrojením 4x 32x 3,0 mm PE-RC STRONG a hloubkou 140 m (celkem 5.600 m). Zvolená varianta pokryje 100% spotřeb pro vytápění a 75% spotřeb pro chlazení.

Upozornění:

Posouzení roční výtěžnosti navrhovaného vrtného pole se provádí standardně provedením softwarové simulace EED, které nám poskytne orientační údaje o průběhu teplot ve vrtném poli. Údaje nelze v žádném případě brát jako závazné a přesně kopírující teploty při budoucím provozu vrtného pole pro systém vytápění a chlazení. Jedná se o natolik dynamický systém, při jehož provozu stačí upravit/změnit jednu-dvě proměnné a teploty se začínají lišit od následného provozu.

Výsledek simulace odpovídá vstupním hodnotám dodaných zadavatelem. Pokud by došlo k úpravě vstupních dat (např. navýšení/ponížení energetických potřeb, změny režimu provozu kompresorových jednotek, úpravy vrtného pole atd.) je nutné změny konzultovat se zpracovatelem této zprávy a provést následnou aktualizaci.

U vytápění nesmí teplota teplonosné kapaliny v primárním okruhu na vstupu klesnout pod 0 °C, pokud dojde k překročení, je nutné ponížit množství odebraného tepla ze země (snížit výkon kompresorových jednotek v režimu vytápění).

U chlazení nesmí teplota nemrznoucí kapaliny v primárním okruhu na vstupu překročit neovlivněno teplotu podloží o více jak 15 K (dle normy VDI4640), pokud dojde k překročení, je nutné ponížit množství tepla předávaného do země (snížit výkon kompresorových jednotek v režimu chlazení). U špičkového zatížení je možné se na vstupu krátkodobě dostat až o 20 K víc než je neovlivněná teplota podloží (dle normy VDI4640).

Tento dokument je primárně určen pro interní použití zadavatele projektové dokumentace a investora stavby.

V Liberci dne 4.6.2018

Vypracoval: Imrich Drapák

GE-TRA s.r.o.
Strakonická 714, 460 08 Liberec 8
Tel.: +420 485 134 308
Mobil: +420 775 289 323
imra.drapak@ge-tra.cz
www.ge-tra.cz