

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 – Řez půdním profilem

1x A4

## NÁVRH VYTÁPĚCÍ A CHLADÍCÍ SOUSTAVY VČETNĚ ZÁKLADNÍCH VÝPOČTŮ

Akce:	<b>Vinařství Na Kopečku</b> Vrch Leskoun, 671 76 Olbramovice
Část dokumentace:	D.1.4 Technika prostřední staveb
Profesní díl:	D.1.4.a-b Vytápění a chlazení
Stupeň dokumentace:	-
Zadavatel:	<b>125DPM - Diplomová práce</b> Katedra technických zařízení budov FSv ČVUT v Praze, Thákurova 7/2077 166 29 Praha 6 - Dejvice
Vedoucí projektu:	<b>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</b>
Projektant profesní části:	<b>Bc. Lucie Janovičová</b> Haštalská 758/23 110 00 Praha 1 – Staré město Tel: 725 543 747
Datum:	ZS 2019/2020



**OBSAH:**

1. Výpočet roční potřeby tepla na vytápění
2. Výpočet výkonu na přípravu TV
3. Návrh otopných těles
4. Návrh fancoilů
5. Návrh zdroje tepla pro vytápění a chlazení
6. Návrh akumulční nádoby
  - 6.1 Akumulační nádoba otopné vody
  - 6.2 Akumulační nádoba chladícího média
7. Výpočet zemních sond
  - 7.1 Vrtné pole č. 1 (V1)
  - 7.2 Vrtné pole č. 2 (V2)
  - 7.3 Vrtné pole č. 3 (V3)
8. Návrh pojistného a zabezpečovacího zařízení
  - 8.1 Návrh pojistného ventilu
  - 8.2 Návrh expanzní nádoby
9. Výpočet tepelné izolace potrubí
  - 9.1 Výpočet tepelné izolace – rozvodu topné vody
  - 9.2 Výpočet tepelné izolace – rozvodu chladícího média

## 1. VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

### Potřebné vstupní údaje

Venkovní výpočtová teplota	$t_e = -12 \text{ °C}$
Délka otopného období	$d = 226 \text{ dnů}$
Průměrná teplota během otopného období	$t_{es} = 3,9 \text{ °C}$
Tepelná ztráta objektu	$Q_c = 80,3 \text{ kW}$
Průměrná vnitřní výpočtová teplota	$t_{is} = 16,6 \text{ °C}$

### Roční potřeba energie na vytápění

$$Q_{\text{VYT},r} = [(24 \times Q_c \times \varepsilon \times D) / (t_{is} - t_e)] \times 3,6 \times 10^{-3}$$

$$Q_{\text{VYT},r} = [(24 \times 80,3 \times 0,83 \times 2870,2) / (16,6 - (-12))] \times 3,6 \times 10^{-3}$$

$$Q_{\text{VYT},r} = 577,9 \text{ GJ/rok, tj. } 160,6 \text{ MWh/rok}$$

### Pomocný výpočet - Počet denostupňů

$$D = d \times (t_{is} - t_{es}) \text{ [K.den]}$$

$$D = 226 \times (16,6 - 3,9) \text{ [K.den]}$$

$$D = 2870,2 \text{ K.den}$$

### Pomocný výpočet – Opravného součinitele

$$\varepsilon = (e_1 \times e_t \times e_d) / (n_o \times n_r) \text{ [-]}$$

$$\varepsilon = (0,85 \times 0,90 \times 1,00) / (0,97 \times 0,95) \text{ [-]}$$

$$\varepsilon = 0,83017$$

Celková roční potřeba energie na vytápění je 160,6 MWh/rok = 578 GJ/rok.

## 2. VÝPOČET VÝKONU NA PŘÍPRAVU TV

Pro hygienická zázemí (WC návštěvníci, WC a sprchy zaměstnanci, úklidová místnost) a pro byt vinaře a apartmán, který má sloužit pro ubytování zaměstnanců vinařství, popř. brigádníků je navržen centrální ohřev TV. Při výpočtu potřebného výkonu pro přípravu TV je počítáno s variantou, že by byt vinaře a apartmán pro zaměstnance do budoucna mohly být využívány jako apartmány pro hosty vinařství. TV je připravována v nepřímotopném zásobník TV Regulus RBC 500 o užitém objemu 500 litrů s integrovaným elektrickým topným tělesem (typ ETT-A-12,0) sloužícím pro dohřátí TV na požadovanou teplotu min. 55°C a pro možnost termické dezinfekce (60-80°C) kvůli legionelle. Velikost zásobníku byla navržena na základě odborného odhadu, v případě, že by zásobník v extrémním případě nepokryl potřebované množství bude využita TV z druhého zásobníku určeného pro výrobní provozy - sanitaci a crossflow filtr. Tento zásobník TV Regulus RBC 750 má užitém objemu 748 litrů a voda je v něm ohřívána odpadním teplem vznikajícím při chlazení tepelným čerpadlem, popř. integrovaným elektrickým topným tělesem (typ ETT-A-9,0).

V přípravě k degustační místnosti a kuchyni na přípravu drobných pokrmů je uvažován lokální ohřev TV, vzhledem k předpokládané malé spotřebě vody v těchto prostorách a neekonomické délce případných rozvodů TV. V každé uvedené místnosti bude instalován elektrický průtokový ohříváč TV, který bude umístěn pod odběrným místem – dřezem.

### a) Potřeba TV za časovou periodu $V_{2p}$

$n' = (5+5) = 10$  osob (zaměstnanci - výrobní + návštěvnícká část)

$n'' = 6 = 6$  osob (zaměstnanci – kancelář v 1.NP)

$n''' = (2+ 2) = 4$  osoby (byt vinaře + apartmán)

$V_{os'} = 30$  l/osobu den (zaměstnanci s nutností využití sprchy na pracovišti)

$V_{os''} = 10$  l/osobu den (zaměstnanci bez nutnosti využití sprchy na pracovišti)

$V_{os'''} = 60$  l/osobu den (obyvatelé apartmánů)

$$V_{2p} = V_{os} * n \text{ [l/den]}$$

$$V_{2p} = 30 * 10 + 10 * 6 + 60 * 4 \text{ [l/den]}$$

$$V_{2p} = 600 \text{ l/den} = \underline{0,600 \text{ m}_3/\text{den}}$$

### b) Potřeba tepla odebraného z ohříváče $E_{2p}$

$$E_{2p} = E_{2t} + E_{2z} \text{ [Wh/den]}$$

Teoretické teplo na ohřátí množství  $V_{2p}$

$$E_{2t} = V_{2p} * \rho * c * (t_2 - t_1) \text{ [Wh/den]}$$

$$c = 4182 \text{ J/(kg*K)} = 1,163 \text{ Wh/(kg*K)}$$

$$E_{2t} = 0,60 * 1000 * 1,163 * (45 - 10) \text{ [Wh/den]}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (hustota vody)}$$

$$E_{2t} = 24 423 \text{ Wh/den} = \underline{24,423 \text{ kWh/den}}$$

$$t_1 = 10^\circ\text{C} \text{ (teplota studené vody)}$$

$t_2 = 45^\circ\text{C}$  (teplota teplé vody – ohřátá otopnou vodou, dohřev na teplotu min. 55°C zajistí elektrická patrona integrovaná do zásobníku TV)

Teplo ztracené při ohřevu a dopravě

$$E_{2z} = E_{2z} * Z \text{ [Wh/den]} \quad z = 0,5 \text{ [-]}$$

$$E_{2t} = 24,423 * 0,5 \text{ [Wh/den]}$$

$$E_{2t} = \underline{12,212 \text{ kWh/den}}$$

$$E_{2p} = 24,423 + 12,212 \text{ [Wh/den]}$$

$$E_{2p} = \underline{36,635 \text{ kWh/den}}$$

**c) Výkon potřebný pro přípravu TV**

$$Q_{TV,h} = E_{2p}/24 \text{ [kW]}$$

$$Q_{TV,h} = 36,635/24 \text{ [kW]}$$

$$Q_{TV,h} = \underline{1,53 \text{ kW} \doteq 1,6 \text{ kW}}$$

**Výkon potřebný pro přípravu TV (na teplotu 45°C) je 1,6 kW.**

Poznámka:

Výpočet výkonu pro přípravu TV byl proveden z důvodu navržení potřebného výkonu tepelných čerpadel s pokrytím přípravy TV pro hygienická zázemí a 2 případné budoucí apartmány pro hosty vinařství, proto nebyl počítán celkový výkon potřebný pro přípravu TV na požadovanou min. teplotu 55°C.

### 3. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Pro vytápění místností hygienického zázemí a pár dalších zvolených místností jsou navržena otopná tělesa od firmy Korado. Jedná se o desková otopná tělesa Radik v provedení Ventil Kompakt, Plan a Vertikal, trubková otopná tělesa Koralux v provedení Linear a nakonec designová otopná tělesa Koratherm v provedení Vertikal. Model Koratherm Aquapanel a Koralux Linear Max-M jsou doplněna o elektrické topné těleso Z-KT7R-0300 s integrovaným regulátorem teploty a o výkonu 300 W, pro možnost jeho využití bez závislosti na provozu otopné soustavy, např. pro sušení ručníku apod.

Otopná tělesa byla navržena dle modelu v příslušném programu pro výběr tělesa a přepočet tepelných výkonů RADIK, Koralux nebo Koratherm, který je k dispozici na stránkách výrobce v sekci u jednotlivých modelů otopných těles.

Zdroj: <https://www.korado.cz/podpora-a-nastroje/software-a-konfiguratory/radik-vyber-telesa-a-prepocet-tepelnych-vykonu.html>

V následujících 3 tabulkách jsou uvedeny všechny navržená otopná tělesa včetně jejich základních parametrů a místa umístění.

### Tabulka navržených designových otopných těles Koratherm

TYP A PŘÍJEMNÝ TĚLES	ROZMĚR (VÝŠKAxDĚLKA [mm])	VÝKON (1 KS)	POČET [KS]	UMÍSTĚNÍ
KORATHERM K20A AQUAPANEL	1510x600	336 W	1	N1.08A - APARTMÁN - KOUPELNA
KORATHERM K20A AQUAPANEL	1510x750	416 W	1	N1.09A - BYT VINAŘE - KOUPELNA
KORATHERM K20VM VERTIKAL - M	1600x662	635 W	3	N1.19 - GALERIE NAD TANKOVNOU

### Tabulka navržených deskových otopných těles Radik

TYP A PŘÍJEMNÝ TĚLES	ROZMĚR (VÝŠKAxDĚLKA [mm])	VÝKON (1 KS)	POČET [KS]	UMÍSTĚNÍ
RADIK 21 VK	500x700	276 W	1	P1.17- SKLAD HOT. VÝROBKŮ
RADIK 22 VK	400x700	265 W	1	N1.07 - WC ZAMĚŠTNANCI
RADIK 22 VK	600x700	365 W	1	N1.06 - ŠATNA 1.NP
RADIK 22 VK	700x800	468 W	1	P1.05 - ŠATNA ZAMĚŠTNANCI
RADIK 22 VKL	400x500	253 W	1	P1.08 - TECHNICKÁ MÍSTNOST
RADIK 22 VKL	500x700	316 W	1	N1.10 - ÚKLIDOVÁ KOMORA
RADIK 22 VKL	600x600	312 W	1	P1.03 - WC ZAMĚŠTNANCI
RADIK 22 VKL	600x1000	521 W	1	P1.07 - ÚKLIDOVÁ KOMORA
RADIK 33 VKL	600x1100	816 W	2	P1.02 - KANCELÁŘ
RADIK 33 VKL	600x1200	889 W	1	P1.07 - LABORATOŘ
RADIK 11 PLAN VK	500x500	135 W	1	N1.04 - WC BEZBARIER.
RADIK 22 PLAN VK	600x1000	511 W	1	N1.01B - PŘÍPRAVNA
RADIK 22 PLAN VKL	600x700	358 W	1	N1.05 - WC MUŽI
RADIK 11 PREMIUM	1650x500	335 W	1	N1.02 - WC ZAMĚŠTNANCI
RADIK 11 PREMIUM	1650x500	335 W	1	N1.03 - WC ŽENY
RADIK 22 PREMIUM	1800x500	617 W	1	N1.08 - BYT APARTMÁN - POKOJ
RADIK 22 PREMIUM	2000x700	933 W	1	N1.09 - BYT VINAŘE - POKOJ

### Tabulka navržených trubkových otopných těles Koralux

TYP A PŘÍJEMNÝ TĚLES	ROZMĚR (VÝŠKAxDĚLKA [mm])	VÝKON (1 KS)	POČET [KS]	UMÍSTĚNÍ
KORALUX LINEAR MAX - M	1810x750	460 W	1	P1.04 - SPRCHA ZAMĚŠTNANCI
KORALUX LINEAR MAX - M	1810x750	460 W	1	N1.07 - SPRCHA ZAMĚŠTNANCI

## 4. NÁVRH FANCOILŮ

Pro chlazení/vytápění objektu jsou navrženy 3 druhy fancoilů. Pro degustační místnost, prodejnu s barem a kancelář v 1.NP jsou navrženy kazetové fancoily SKYSTAR. Do výrobních a technických prostor, kanceláře v 1.PP, laboratoře a na ochoz nad tankovou halou byly navrženy podstropní fancoily Carisma CRSO nebo Carisma CRC, v opláštěném provedení do 1.NP, kanceláře a laboratoře a v neopláštěném provedení do zbylých prostor nacházejících se v 1.PP.

Fancoily byly navrženy v návrhovém softwaru FC Sabiana ve verzi 283 na maximální tepelnou zátěž jednotlivých místností v rámci celého roku. Návrhový software pro účely zpracování této diplomové práce poskytla firma Hydronic Systems Prague s.r.o. (Ing. Daniel Benda). Tento software na rozdíl od tabulek, uvedených na stránkách výrobce, umožňuje navrhnutí fancoilů pro teplotu vstupního vzduchu jinou než +27 °C (suchý teploměr) a +19°C (mokrý teploměr) a pro různé teploty topné a chladící vody, samozřejmě s určitými teplotními omezeními.

V následující tabulce jsou uvedeny všechny navrhované fancoily včetně základních informací.

**FANCOILY – 1.PP**

TYP	CHLAZENÍ/VYTÁPĚNÍ	STANDARDNÍ ROZSAH VÝKONU [W]	VÝKON NA STŘEDNÍ OTÁČKY [W]	PROVEDENÍ	UMÍSTĚNÍ
CRC 13 MV	CHLADÍČÍ VÝKON	613 až 922	819	2 TRUBKA	P1.02, P1.06
	-	-	-		
CRC 74 IV-IO	CHLADÍČÍ VÝKON	853 až 1266	1065	2 TRUBKA	P1.09
	-	-	-		
CRC 33 IV-IO	CHLADÍČÍ VÝKON	1162 až 1687	1305	2 TRUBKOVÝ	P1.13
	-	-	-		
CRC 33+1 IV-IO	CHLADÍČÍ VÝKON	1162 až 1687	1305	4 TRUBKOVÝ	P1.13
	TOPNÝ VÝKON	905 až 1272	1005		
CRC 73+1 IV-IO	CHLADÍČÍ VÝKON	1194 až 1996	1711	4 TRUBKA	P1.01
	TOPNÝ VÝKON	1609 až 2296	1980		
CRSO 33	CHLADÍČÍ VÝKON	2069 až 2577	2354	2 TRUBKA	P1.16
	-	-	-		
CRSO 33+1	CHLADÍČÍ VÝKON	2069 až 2577	2354	4 TRUBKA	P1.16
	TOPNÝ VÝKON	2297 až 2820	2585		
CRSO 43	CHLADÍČÍ VÝKON	2467 až 3616	3084	2 TRUBKOVÝ	P1.01
	-	-	-		
CRSO 44	CHLADÍČÍ VÝKON	1472 až 2231	1880	2 TRUBKA	P1.17
	-	-	-		

**FANCOILY – 1.NP**

TYP	CHLAZENÍ/VYTÁPĚNÍ	STANDARDNÍ ROZSAH VÝKONU [W]	VÝKON NA STŘEDNÍ OTÁČKY [W]	PROVEDENÍ	UMÍSTĚNÍ
CRC 13 MV	CHLADÍČÍ VÝKON	613 až 922	819	2 TRUBKOVÝ	N1.08, N1.09
	-	-	-		
CRC 34 MV	TOPNÝ VÝKON	1323 až 2964	1892	2 TRUBKOVÝ	N1.12
	-	-	-		
CRC 93 MV	CHLADÍČÍ VÝKON	918 až 1317	1171	2 TRUBKOVÝ	N1.15
	-	-	-		
CRC 13+1 MV	CHLADÍČÍ VÝKON	1155 až 1897	1631	4 TRUBKOVÝ	N1.16
	TOPNÝ VÝKON	262 až 420	361		
CRC-ECM 24+1 MV	CHLADÍČÍ VÝKON	851 až 1879	1472	4 TRUBKOVÝ	N1.19
	TOPNÝ VÝKON	379 až 758	609		
SK-ECM-MB 14	CHLADÍČÍ VÝKON	1844 až 2709	2160	4 TRUBKOVÝ	N1.14
	TOPNÝ VÝKON	1105 až 1610	1286		
SK-ECM-MB 26	CHLADÍČÍ VÝKON	2068 až 3765	2746	4 TRUBKOVÝ	N1.01, N1.18
	TOPNÝ VÝKON	855 až 1370	1066		

**5. NÁVRH ZDROJE PRO VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ**

Jako zdroj tepla/chladu je navržena kaskáda tří tepelných čerpadel IVT GEO. Kaskádu tvoří dvě tepelné čerpadla IVT GEO G248, která jsou primárně určená pro pokrytí potřeby tepla/chladu pro prostory objektu vinařství a na přípravu TV (výkon je zanedbatelný – pouze 1,6 kW). Posledním tepelným čerpadlem v kaskádě je tepelné čerpadlo IVT GEO G264, které je primárně navrženo pro pokrytí potřeby chladu a tepla pro vinařskou technologii (řízenou fermentací).

Celková potřeba tepla a chladu je pro tento objekt poměrně vyvážená, ale i přesto je pro návrh zdroje vždy primární chlazení z důvodu výrobního charakteru objektu – vinařský provoz. Tepelná čerpadla jsou navržena tak, aby na 100 % pokryla celkovou potřebu tepla i chladu.

Elektrokotel jako doplňkový zdroj tepla nebyl navržen z důvodu, že je nutné pokrýt 100 % potřebu chladu a tím pádem je i splněná podmínka 100% pokrytí tepla, vzhledem k vyváženým požadavkům na celkovou potřebu chladu a tepla. Jako záložní zdroj tepla je navrženo elektrické topné těleso integrované do akumulární nádrže topné vody o výkonu



12 kW a jako záložní zdroj pro přípravu TV je navrženo elektrické topné těleso integrované do zásobníku TV o výkonu 12kW. Vzhledem k tomu, že je navržena kaskáda tří tepelných čerpadel je možná současná porucha více než jednoho tepelného čerpadla velice nepravděpodobná.

Tepelná čerpadla č.1 a č.2 IVT GEO G248 jsou navržena na 100 % pokrytí tepelné ztráty objektu a přípravu TV pro hygienická zázemí a apartmány. Při návrhu bylo počítáno s teplotou primáru 0°C a s teplotou sekundáru 45°C (otopné vody). Celkový topný výkon obou tepelných čerpadel pro uvedené parametry je 94 kW (potřebný výkon je 81,9 kW). Výkon je větší z důvodu nutnosti 100% pokrytí potřeby chladu pro chlazení prostor objektu stejnými zdroji. Potřeba chladu objektu pro měsíc srpen je 74,1 kW (měsíc srpen je kritický, a tedy určující pro návrh zdroje chladu). Celkový chladicí výkon obou tepelných čerpadel je 81,2 kW pro teplotu primáru 5°C a pro teplotu sekundáru 45°C. Potřebná teplota chladicího média je 6°C, takže se jedná o navržení na straně bezpečnosti.

Tepelné čerpadlo č.3 IVT GEO G264 je navrženo na 100 % pokrytí potřeby chladu a tepla pro vinařskou technologii - ohřev/chlazení tanků (systém řízeného kvašení). Z důvodu možnosti tzv. vymražování moštu, kdy jsou potřeba i minusové teploty chladicího média, je zvolena teplota primáru pro chlazení 0°C, stejně jako pro ohřev tanků. V normálním režimu jsou tanky chlazeny chladícím médiem s teplotním spádem 6/10°C, a proto je zde rezerva i pro případné napojení dalších tanků na systém řízené fermentace. Teplota sekundáru je v obou případech 45°C. Celkový chladicí výkon pro uvedené parametry je 46,7 kW (potřebný 45 kW) a topný výkon je 64,7 kW (potřebný 30 kW). Odpadní teplo, které činí 34,7 kW a více bude využito pro ohřev TV pro výrobu (sanitace a crossflow filtr) a pro regeneraci vrtů. V případě, že by nebyla nutnost chodu tepelných čerpadel č.1 a č.2 na chlazení, bude se odpadní teplo podílet i na pokrytí tepelné ztráty objektu.

Všechna navržena tepelná čerpadla jsou dvoukompresorová.

#### **Důležité parametry navržených tepelných čerpadel:**

**IVT GEO G 248** - topný výkon (0/45°C) 47,0 kW, elektrický příkon 13,1 kW  
- chladicí výkon (5/45°C) 40,6 kW, elektrický příkon 12,8 kW

**IVT GEO G 264** - topný výkon (0/45°C) 64,7 kW, elektrický příkon 18,0 kW  
- chladicí výkon (0/45°C) 46,7 kW, elektrický příkon 18,0 kW

Celkový chladicí výkon všech tří tepelných čerpadel je 127,9 kW a celkový topný výkon je 158,7 kW.

#### **Poznámka:**

Návrh byl proveden na základě parametrů tepelných čerpadel a pokynů pro návrh tepelných čerpadel uvedených na stránkách výrobce v zóně pro projektanty a techniky.

Zdroj: *Zóna pro projektanty a techniky – Geo G222-G280* - Provozní parametry TČ,  
*internetový odkaz:* <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/geo-g222-g280> .

## 6. NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDOBY

### 6.1. Akumulační nádoba otopné vody

Výpočet objemu akumulace:

- 10 až 15 litrů na 1 kW topného výkonu
- Celkový topný výkon tepelných čerpadel – 158,7kW
- $158,7 \times (10 \text{ až } 15) = 1587 - 2381$  litrů

Zvolena akumulace otopné vody Regulus PS 2000 N+ o objemu 2005 litrů.

### 6.2. Akumulační nádoba chladícího média

Výpočet objemu akumulace:

- 10 až 15 litrů na 1 kW chladícího výkonu
- Celkový chladící výkon tepelných čerpadel – 127,9 kW
- $127,9 \times (10 \text{ až } 15) = 1279 - 1919$  litrů

Zvolena akumulace chladícího média Regulus PS 2000 N+ o objemu 2005 litrů.

## 7. VÝPOČET ZEMNÍCH SOND

Tepelná čerpadla budou odebírat primární teplo z trojice vrtných polí. Pro každé tepelné čerpadlo je zvoleno samostatné vrtné pole. Tento výpočet slouží pouze jako orientační, vzhledem k velkým požadovaným výkonům je nutné navrhnout vrtná pole na základě realizování průzkumných vrtů a s využitím analytických simulačních programů.

### 7.1. Vrtané pole č.1 (V1)

Vrtané pole číslo 1 je primárně určené pro tepelné čerpadlo 1 – IVT GEO G248.

Výpočet potřebné délky zemních sond:

- podloží: žula (od hloubky 3,5 metru)
- měrný odebíraný výkon pro 1m hloubky  $q_e = 0,055$  kW/m
- topný výkon tepelného čerpadla  $Q_H = 47,0$  kW
- elektrický příkon tepelného čerpadla  $P_{EL} = 13,2$  kW
- chladící výkon  $Q_o$  [kW]
- potřebná délka zemních sond  $L$  [m]
  
- Výpočet
- $Q_o = Q_H - P_{EL} = 47,0 - 13,2 = 33,8$  kW
- $L = Q_o / q_e = 33,8 / 0,055 = 615$  m

Navrhuji 5 hlubinných vrtů, každý o délce 125 m.

## 7.2. Vrtné pole č.2 (V2)

Vrtné pole číslo 2 je primárně určené pro tepelné čerpadlo 2 – IVT GEO G248.

Výpočet potřebné délky zemních sond:

- podloží: žula (od hloubky 3,5 metru)
- měrný odebíraný výkon pro 1m hloubky  $q_e = 0,055$  kW/m
- topný výkon tepelného čerpadla  $Q_H = 47,0$  kW
- elektrický příkon tepelného čerpadla  $P_{EL} = 13,2$  kW
- chladicí výkon  $Q_o$  [kW]
- potřebná délka zemních sond  $L$  [m]

○ Výpočet

- $Q_o = Q_H - P_{EL} = 47,0 - 13,2 = 33,8$  kW
- $L = Q_o / q_e = 33,8 / 0,055 = 615$  m

**Navrhuji 5 hlubinných vrtů, každý o délce 125 m.**

## 7.3. Vrtné pole č.3 (V3)

Vrtné pole číslo 3 je primárně určené pro tepelné čerpadlo 3 – IVT GEO G264.

Výpočet potřebné délky zemních sond:

- podloží: žula (od hloubky 3,5 metru)
- měrný odebíraný výkon pro 1m hloubky  $q_e = 0,055$  kW/m
- topný výkon tepelného čerpadla  $Q_H = 64,7$  kW
- elektrický příkon tepelného čerpadla  $P_{EL} = 18,0$  kW
- chladicí výkon  $Q_o$  [kW]
- potřebná délka zemních sond  $L$  [m]

○ Výpočet

- $Q_o = Q_H - P_{EL} = 64,7 - 18,0 = 46,7$  kW
- $L = Q_o / q_e = 46,7 / 0,055 = 849$  m

**Navrhuji 6 hlubinných vrtů, každý o délce 142 m.**

**Celkem je navrženo 16 hlubinných vrtů o celkové délce 2102 m rozdělených do tří vrtných polí.**

Poznámka:

Měrný odebíraný výkon pro 1m hloubky zemní sondy byl zvolen na základě tabulky udávající parametry pro dimenzování hloubky vrtu. Pro žulu se měrný výkon pohybuje v rozmezí 55 až 70 W/m. V příloze č.1– *Řez půdním profilem*, která je součástí této návrhové a výpočtové části je na řezu půdním profilem znázorněné geologické složení zeminy včetně hloubky podzemní vody.

## 8. NÁVRH POJISTNÉHO A ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Topný systém musí být zabezpečen dle ČSN 06 0830 a to proti zvýšení tlaku nad nejvyšší dovolený přetlak a na tlakové změny vyvolané objemovou roztažností.

### 8.1. Návrh pojistného ventilu

Výpočet vychází z ČSN 06 0830 - Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení a řeší návrh pojistného ventilu a pojistného potrubí jako ochrany proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku.

Proti zvýšení tlaku nad nejvyšší dovolený přetlak je otopný systém zabezpečen 3 pojistnými ventily, které jsou umístěny vždy po jednom na výstupech hlavního rozvodu otopné vody z jednotlivých tepelných čerpadel. Mezi pojišťovacím ventilem a tepelným čerpadlem nesmí být osazeny žádné uzavírací armatury.

Pro výpočet všech tří pojistných ventilů byl využit výpočtový program na stránkách TZB-info v sekci Tabulky a výpočty – Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla. Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla>

Potřebné vzorce pro výpočet:

průřez sedla pojistného ventilu je stanoven ze vztahu:	$S_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}}$	[mm <sup>2</sup> ]	... pro vodu
	$S_0 = \frac{Q_p}{\alpha_w \cdot K}$	[mm <sup>2</sup> ]	... pro páru
kde pojistný výkon	$Q_p = 2 \cdot Q_n$	[kW]	... pro výměníky skupiny A2
	$Q_p = Q_n$	[kW]	... pro ostatní zdroje

vnitřní průměr pojistného potrubí:	$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p}$	[mm]	... pro případ kdy nemůže dojít k vývinu páry
	$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p}$	[mm]	... pro případ kdy dochází k vývinu páry

Konstanta  $K$  [kW.mm<sup>-2</sup>] je závislá na stavu syté vodní páry a určí se podle následující tabulky:

$p_{ot}$ [kPa]	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000
$K$ [kW.mm <sup>-2</sup> ]	0,5	0,67	0,82	0,97	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,83	1,97	2,1	2,37	2,64	2,91	3,18

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla>

a) Výpočet pojistných ventilů pro "tepelná čerpadla č. 1 a č.2"

Vzhledem k tomu, že navržená tepelná čerpadla č. 1 a č.2 mají stejný jmenovitý topný výkon, bude proveden pouze jeden výpočet pojistného ventilu a pojistného potrubí.

Výstup z výpočtového programu:

Zdroj tepla:	Skupina:	Teplotní interval [°C]	vstup do PV	výstup z PV
<input checked="" type="radio"/> výměník tepla	<input checked="" type="radio"/> A1	$T_1 < 100$	voda	voda
<input type="radio"/> kotel	<input type="radio"/> A2	$100 < T_1 < t_{2x}$	voda	směs
	<input type="radio"/> A3	$100 \leq t_{2x} \leq T_1$	pára	pára
	B		pára	pára

$T_1$  - výpočtová teplota ohřívací vody na vstupu  
 $t_{2x}$  - teplota ohřívání vody na mezi odparu při tlaku  $p_{ot}$

Výpočtové parametry pojistných ventilů: <span style="float: right;">DUCO MEIBES ▾</span>							
jmenovitá světlost	DN [mm]	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"
nejmenší průtočný průřez	$S_0$ [mm <sup>2</sup> ]	113	176	380	804	1017	1589
výtokový součinitel	$\alpha_w$ [-]	0,444	0,565	0,684	0,693	0,549	0,576

**Poznámka:** Přednastavené hodnoty průtočného průřezu a výtokového součinitele můžete změnit a výpočet se provede znovu pro Vámi zadané hodnoty.

$P_{ot} =$	<input type="text" value="250"/> kPa	... otevírací přetlak pojistného ventilu
$Q_n =$	<input type="text" value="56,2"/> kW	... jmenovitý výkon zdroje tepla
$S_0 =$	<input type="text" value="16"/> mm <sup>2</sup>	... vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu
	<input 3="" 4"="" type="text" value="1/2" x=""/> KD	... navržený pojistný ventil
$S_0 =$	<input type="text" value="113"/> mm <sup>2</sup>	... skutečný průřez sedla navrženého pojistného ventilu
$d_1 =$	<input type="text" value="14"/> mm	... minimální vnitřní průměr vstupního pojistného potrubí
$d_2 =$	<input type="text" value="14"/> mm	... minimální vnitřní průměr výstupního pojistného potrubí

**Poznámka:** Na vypočtený vnitřní průměr pojistného potrubí se v případě napojení pohlížejte pouze orientačně. Dimenze potrubí musí vyhovovat podmínce, aby tlaková ztráta pojistného potrubí před pojistným ventilem nepřesáhla hodnotu  $0,03 \cdot p_{ot}$  a celková ztráta pojistného potrubí nepřesáhla hodnotu  $0,10 \cdot p_{ot}$ .

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla>

Navržen pojistný ventil DUCO MEIBES 1/2" x 3/4" KD.

b) Výpočet pojistného ventilu pro "tepelné čerpadlo č. 3"

Výstup z výpočtového programu:

Zdroj tepla:	Skupina:	Teplotní interval [°C]	vstup do PV	výstup z PV
<input checked="" type="radio"/> výměník tepla	<input checked="" type="radio"/> A1	$T_1 < 100$	voda	voda
<input type="radio"/> kotel	<input type="radio"/> A2	$100 < T_1 < t_{2x}$	voda	směs
	<input type="radio"/> A3	$100 \leq t_{2x} \leq T_1$	pára	pára
	B		pára	pára

$T_1$  - výpočtová teplota ohřívací vody na vstupu  
 $t_{2x}$  - teplota ohřívání vody na mezi odparu při přetlaku  $p_{ot}$

Výpočtové parametry pojistných ventilů: DUCO MEIBES ▾							
jmenovitá světlost	DN [mm]	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"
nejmenší průřez	$S_0$ [mm <sup>2</sup> ]	113	176	380	804	1017	1589
výtokový součinitel	$\alpha_w$ [-]	0,444	0,565	0,684	0,693	0,549	0,576

Poznámka: Přednastavené hodnoty průřezu a výtokového součinitele můžete změnit a výpočet se provede znovu pro Vámi zadané hodnoty.

$P_{ot} =$	250 ▾ kPa	... otevírací přetlak pojistného ventilu
$Q_n =$	64,7 kW	... jmenovitý výkon zdroje tepla
$S_0 =$	18 mm <sup>2</sup>	... vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu
	1/2" x 3/4" KD	... navržený pojistný ventil
$S_0 =$	113 mm <sup>2</sup>	... skutečný průřez sedla navrženého pojistného ventilu
$d_1 =$	15 mm	... minimální vnitřní průměr vstupního pojistného potrubí
$d_2 =$	15 mm	... minimální vnitřní průměr výstupního pojistného potrubí

Poznámka: Na vypočtený vnitřní průměr pojistného potrubí se v případě napojení pohlíží pouze orientačně. Dimenze potrubí musí vyhovovat podmínce, aby tlaková ztráta pojistného potrubí před pojistným ventilem nepřesáhla hodnotu  $0,03 \cdot p_{ot}$  a celková ztráta pojistného potrubí nepřesáhla hodnotu  $0,10 \cdot p_{ot}$

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla>

Navržený pojistný ventil DUCO MEIBES 1/2" x 3/4" KD.

## 8.2. Návrh expanzních nádob

Proti změnám vyvolaným objemovou roztažností musí být topný systém a systém chlazení zabezpečen tlakovou expanzní nádobou.

Pro návrh expanzní nádoby topného systému je možné využít výpočtový program na stránkách TZB-info v sekci Tabulky a výpočty – Tlaková expanzní nádoba. Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/60-tlakova-expanzni-nadoba>

Vzhledem k faktu, že v systému chlazení není chladícím médiem voda, ale nemrznoucí směs - voda + propylenglycol 35%, která má jiné fyzikální vlastnosti než voda, je nutné provést ruční výpočet, výpočtový program na stránkách TZB info nelze použít, vzhledem rozdílným fyzikálním vlastnostem vody a chladícího média (směs voda+propylenglykol 35%). Tyto fyzikální vlastnosti mohou zásadně ovlivnit vypočtený objem expanzní nádoby viz. článek na stránkách TZB info o fyzikálních vlastnostech nemrznoucích směsí, přístupný na: <https://vytapani.tzb-info.cz/6899-fyzikalni-vlastnosti-nemrznoucich-smesi-a-navrhovani-soustav>

Velikost expanzní nádoby není možné navrhnout z důvodu chybějících údajů o celkovém objemu vody v otopné soustavě. Chybí údaj objemu vody v duplikátorových pláštích tanků a objem vody v průmyslových fancoilech v místnostech P.10, P1.11, P1.12, P1.13, P.14, které nemohly být navrženy z důvodu velmi specifických požadavků na tyto prostory, vyžadující pro návrh speciální software, který je licencovaný a proto ho žádná z oslovených firem nebyla ochotna poskytnout ani pro účely zpracování této diplomové práce. Z těchto důvodů je navržen pouze typ expanzní nádoby vhodný pro tuto otopnou a chladící soustavu bez určení jejího objemu.

Pro otopnou soustavu i soustavu chlazení navrhuji expanzní nádobu Flamco Flexcon Top. Tato řada expanzních nádob je vhodná i pro směsi vody a glykolu až do koncentrace 50%. Vyhovuje tedy navrženému chladícímu médiu, kterým je směs vody a propylenglykolu 35%. Expanzní nádoby jsou v objemech 110 až 1000 litrů, maximální provozní tlak 10,0 barů.

Typ	Objem [l]	Přednastavený tlak [bar]	Rozměry			Syst. příp. (D)	Hmotnost [kg]	###	Objednáací číslo
			A [mm]	B [mm]	Ø C [mm]				
Flexcon Top 110	110	3,0	484	784	360	R 1*	27,3	8	16106
Flexcon Top 140	140	3,0	484	950	360	R 1*	31,6	8	16136
Flexcon Top 200	200	3,0	600	960	450	R 1*	35,4	8	16196
Flexcon Top 300	300	3,0	600	1330	450	R 1*	57,1	6	16296
Flexcon Top 425	425	3,0	790	1180	610	R 1*	84,9	1	16416
Flexcon Top 600	600	3,0	790	1540	610	R 1*	105,8	1	16596
Flexcon Top 800	800	3,0	790	1888	610	R 1*	133,7	1	16796
Flexcon Top 1000	1000	3,0	790	2268	610	R 1*	155,1	1	16896

Zdroj: <https://flamcogroup.com/cz/catalog/expanzni-systemy/expanzni-nadoby/flexcon-top/flexcon-top-110-1000/groups/g+c+p+a+view>


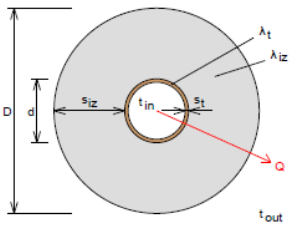
## 9. VÝPOČET TEPELNÉ IZOLACE POTRUBÍ

Potrubí musí být zaizolována dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. Pro izolování potrubí rozvodu otopné vody byla navržena tepelná izolace ROCKWOOL PIPO ALS. Pro izolování potrubí chladicího média byla navržena tepelná izolace ARMACELL AF/ARMAFLEX.

### 9.1. Výpočet tepelné izolace – rozvodu otopné vody

Výpočet tloušťky tepelné izolace rozvodů otopné vody byl proveden ve výpočtovém programu na stránkách TZB-info v sekci Tabulky a výpočty – tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu. Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubu-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>

Na ukázkou je níže uveden jeden výstup z výpočtového programu pro návrh tepelné izolace potrubí rozvodu otopné vody ( $\Phi 22 \times 1,0$ , materiál potrubí měď, tepelná izolace Rockwool Pipa ALS), teplota otopné vody  $45^\circ\text{C}$ ). Pro zbylé průměry potrubí jsou vypočtené tloušťky tepelné izolace vypsány níže.

<p><b>Izolace - <a href="#">podrobné technické informace</a></b></p> <p>ROCKWOOL &gt; PIPO/PIPO ALS</p> <p>Rozměry izolace - tl. 25</p> <p>Tloušťka <math>s_{iz} = 25</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_{iz} = 0.036</math> W / m K</p>	 <p>Řezaná potrubní pouzdra z minerální vlny pro izolaci potrubních rozvodů, kaširovaná hliníkovou fólií.</p> <p>Rozsah provozních teplot: od <math>15^\circ\text{C}</math> do <math>250^\circ\text{C}</math></p>								
<p><b>Trubka</b></p> <p>Měď</p> <p>Rozměry trubky - 22x1</p> <p>Průměr <math>d = 22</math> mm</p> <p>Tloušťka stěny <math>s_t = 1</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_t = 372</math> W / m K</p>									
 <p><math>D = d + 2 s_{iz} = 72</math> mm</p>	<p><b>Potrubí</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Teplota média</td> <td><math>t_{in} = 45</math> °C</td> </tr> <tr> <td>Teplota v okolí potrubí</td> <td><math>t_{out} = 20</math> °C</td> </tr> <tr> <td>Relativní vlhkost vzduchu</td> <td><math>\rho_h = 65</math> % <span style="color: red;">???</span></td> </tr> <tr> <td>Teplota rosného bodu</td> <td><math>t_w = 13.6</math> °C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Součinitele přestupu tepla</p> <p>na vnějším povrchu <math>\alpha_e = 10</math> W / m<sup>2</sup> K</p> <p>Délka potrubí <math>l = 1</math> m</p>	Teplota média	$t_{in} = 45$ °C	Teplota v okolí potrubí	$t_{out} = 20$ °C	Relativní vlhkost vzduchu	$\rho_h = 65$ % <span style="color: red;">???</span>	Teplota rosného bodu	$t_w = 13.6$ °C
Teplota média	$t_{in} = 45$ °C								
Teplota v okolí potrubí	$t_{out} = 20$ °C								
Relativní vlhkost vzduchu	$\rho_h = 65$ % <span style="color: red;">???</span>								
Teplota rosného bodu	$t_w = 13.6$ °C								
<p>Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)</p> <p>Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí</p> <p>Povrchová teplota izolovaného potrubí</p> <p>Tepelná ztráta potrubí bez izolace</p> <p>Tepelná ztráta potrubí s izolací</p> <p>Energetická úspora izolovaného potrubí</p>	<p>DN 20 - DN 32 <math>\Rightarrow U_{o,193/2007} = 0.18</math> W / m K</p> <p><math>U_o = 0.178 \leq 0.18</math> W / m K <math>\Rightarrow</math> VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007</p> <p><math>t_{p,iz} = 22^\circ\text{C} &gt; t_w \Rightarrow</math> na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci</p> <p><math>q_p = 17.3</math> W/m</p> <p><math>q_{iz} = 4.4</math> W/m</p> <p>74 %</p>								
<p>Sřední spotřeba izolace</p>	<p>0.1477 m<sup>2</sup> - platí pro plošnou izolaci</p>								



<u>Vnější průměr trubky x tloušťka stěny [mm]</u>	<u>Tloušťka tepelné izolace</u>
8x1,0	25 mm
10x1,0	25 mm
12x1,0	25 mm
15x1,0	25 mm
18x1,0	30 mm
22x1,0	30 mm
28x1,5	30 mm
35x1,5	40 mm
42x1,5	40 mm
54x2,0	40 mm
64x2,0	40 mm
76,1x2,0	50 mm

## 9.2. Výpočet tepelné izolace – rozvodu chladícího média

Pro výpočet tloušťky tepelné izolace rozvodů chladícího média byly využity podklady výrobce navržené tepelné izolace v kombinaci s výše uvedeným výpočtovým programem. Materiálem potrubí chladícího média je měď.

Zdroj: [https://www.isool.cz/tl\\_files/isool/DATA/Armacell/AF%20Armaflex%20CZ.pdf](https://www.isool.cz/tl_files/isool/DATA/Armacell/AF%20Armaflex%20CZ.pdf)

<u>Vnější průměr trubky x tloušťka stěny [mm]</u>	<u>Tloušťka tepelné izolace (typ izolace)</u>
10x1,0	15,5 mm (hadice AF-4)
12x1,0	16,0mm (hadice AF-4)
15x1,0	17,0 mm (hadice AF-4)
18x1,0	17,5 mm (hadice AF-4)
22x1,0	18,0 mm (hadice AF-4)
28x1,5	19,0 mm (hadice AF-4)

---

35x1,5	19,5 mm (hadice AF-4)
42x1,5	20,5 mm (hadice AF-4)
54x2,0	28,5 mm (hadice AF-5)
64x2,0	29,0 mm (hadice AF-5)
76,1x2,0	30,0 mm (hadice AF-5)
88,9x2,5	30,5 mm (hadice AF-5)
108,0x2,5	31,0 mm (hadice AF-5)

## PŘÍLOHA Č.1 – ŘEZ PŮDNÍM PROFILEM

