

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



B1. VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU
VÝPOČTY, TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:
Vedoucí práce:

Tomáš Pešek
prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

2021

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



B1. VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

VÝPOČTY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:

Vedoucí práce:

Tomáš Pešek

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

2021

OBSAH

1	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	5
1.1	NÁVRH SKLADEB KONSTRUKCÍ, VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ	5
1.2	POROVNÁNÍ POUŽITÝCH HODNOT U S NORMOVÝMI HODNOTAMI U	9
1.3	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	10
1.4	VÝPOČET VÝKONU PRO OHŘEV VZDUCHU VE VZT JEDNOTKÁCH.....	11
2	NÁVRH OTOPNÝCH PLOCH	13
2.1	NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	13
2.2	NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES	13
3	ZÁKLADNÍ ENERGETICKÉ VÝPOČTY	13
3.1	VÝPOČET PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY – ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘEV.....	13
3.2	TEPELNÁ ROČNÍ BILANCE	15
4	DIMENZOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY	17
5	NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA.....	18
5.1	TEPELNÉ ČERPADLO MITSUBISHI POWER 75.....	18
5.2	VÝMĚNÍK S ELEKTROKOTLEM ECO ONE HW 14E.....	19
6	NÁVRH TŘÍCESTNÝCH VENTILŮ	20
6.1	TŘÍCESTNÝ VENTIL PRO VĚTEV Č. 1: BYTOVÁ JEDNOTKA Č. 1	20
6.2	TŘÍCESTNÝ VENTIL PRO VĚTEV Č. 2: BYTOVÁ JEDNOTKA Č. 2	21
6.3	TŘÍCESTNÝ VENTIL PRO VĚTEV Č. 3: BYTOVÁ JEDNOTKA Č. 3	22
7	NÁVRH TERMOHYDRAULICKÉHO ROZDĚLOVAČE (THR).....	23
8	NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL.....	24
8.1	OBĚHOVÉ ČERPADLO PRO VĚTEV Č. 1: BYTOVÁ JEDNOTKA Č. 1.....	24
8.2	OBĚHOVÉ ČERPADLO PRO VĚTEV Č. 2: BYTOVÁ JEDNOTKA Č. 2.....	26
8.3	OBĚHOVÉ ČERPADLO PRO VĚTEV Č. 3: BYTOVÁ JEDNOTKA Č. 3.....	28
8.4	OBĚHOVÉ ČERPADLO PRO VĚTEV Č. 4 (ZTV)	30
9	NÁVRH POJISTNÉHO A ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ	32
9.1	NÁVRH POJISTNÉHO ZAŘÍZENÍ – POJISTNÉHO VENTILU	32
9.2	NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ – EXPANZNÍ NÁDOBA.....	33

10 NÁVRH IZOLACE POTRUBÍ..... 34

10.1 NÁVRH IZOLACE PLASTOVÉHO POTRUBÍ 34

10.2 NÁVRH IZOLACE MĚDĚNÉHO POTRUBÍ 34

1 Výpočet tepelných ztrát

1.1 Návrh skladeb konstrukcí, výpočet součinitelů prostupu tepla konstrukcí

Návrh skladeb a výpočet proveden pomocí tabulky.

Použité vzorce a veličiny:

- výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \Sigma R_i + R_{se}} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

- kde: R_{si} [(m²·K)/W] - tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu

ΣR_i [(m²·K)/W] - tepelný odpor materiálu (vrstvy)

R_{se} [(m²·K)/W] - tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu

- výpočet tepelného odporu materiálu:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

- kde: d_i [m] - tloušťka materiálu (vrstvy)

λ_i [W/(m·K)] - součinitel tepelné vodivosti materiálu (vrstvy)

1.1.1 Skladba S1: obvodová nosná stěna

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,130
1.	Baumit Ratio Slim - sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
2.	Heluz UNI 30 broušená	0,300	-	1,890
3.	Baumit StarContact - lepicí hmota	0,010	0,800	0,013
4.	Isover TF PROFi - tepelná izolace	0,150	0,035	4,286
5.	Baumit StarContact - stěrková hmota	0,006	0,800	0,008
6.	Baumit NanoporTop - povrchová úprava	0,004	0,700	0,006
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,040
$U_1 = 0,157$				W/(m²·K)

1.1.2 Skladba S2: vnitřní nosná stěna tl. 200 mm

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,130
1.	Baumit Ratio Slim - sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
2.	Heluz UNI 20 broušená	0,200	-	0,860
3.	Baumit Ratio Slim - sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,130
$U_2 = 0,867$				W/(m²·K)

1.1.3 Skladba S3: vnitřní nosná stěna tl. 300 mm

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,130
1.	Baumit Ratio Slim - sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
2.	Heluz UNI 30 broušená	0,300	-	1,890
3.	Baumit Ratio Slim - sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,130
$U_3 = 0,458$				W/(m ² ·K)

1.1.4 Skladba S4: vnitřní nenosná příčka

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,130
1.	Baumit Ratio Slim - sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
2.	Ytong Klasik	0,100	-	0,730
3.	Baumit Ratio Slim - sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,130
$U_4 = 0,977$				W/(m ² ·K)

1.1.5 Skladba S5: podlaha 1. NP (na terénu) – keramická dlažba

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,170
1.	Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010
2.	Cementová lepicí malta	0,005	-	-
3.	Cemex - anhydritová vrstva	0,060	1,800	0,033
4.	Deksepar - separační folie	0,001	-	-
5.	Isover EPS Grey 100 - tepelná izolace	0,140	0,031	4,516
6.	Geotextilie Filtek 300 g/m ² - separační vrstva	0,002	-	-
7.	Parafor Solo S - hydroizolace, protiradonová izolace	0,004	-	-
8.	ŽB - podkladní beton	0,150	1,430	0,105
9.	Štěrkový hutněný podsyp	0,100	-	-
10.	Zemina	-	-	-
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,000
$U_5 = 0,207$				W/(m ² ·K)

1.1.6 Skladba S6: podlaha 1. NP (na terénu) – laminátová nášlapná vrstva

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,170
1.	Laminátová nášlapná vrstva	0,010	-	0,070
2.	Isoboard - podložka	0,005	0,050	0,100
3.	Deksepar - separační folie	0,001	-	-
4.	Cemex - anhydritová vrstva	0,060	1,800	0,033
5.	Deksepar - separační folie	0,001	-	-
6.	Isover EPS Grey 100 - tepelná izolace	0,140	0,031	4,516
7.	Geotextilie Filtek 300 g/m ² - separační vrstva	0,002	-	-
8.	Parafor Solo S - hydroizolace, protiradonová izolace	0,004	-	-
9.	ŽB - podkladní beton	0,150	1,430	0,105
10.	Štěrkový hutněný podsyp	0,100	-	-
11.	Zemina	-	-	-
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,000
				$U_6 = 0,200$ W/(m ² ·K)

1.1.7 Skladba S7: podlaha 2. NP – keramická dlažba

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,170
1.	Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010
2.	Cementová lepicí malta	0,005	-	-
3.	Cemex - anhydritová vrstva	0,060	1,800	0,033
4.	Deksepar - separační folie	0,001	-	-
5.	Isover EPS Rigifloor 4000 - kročejová izolace	0,050	0,044	1,136
6.	Geotextilie Filtek 300 g/m ² - separační vrstva	0,002	-	-
7.	Prostý beton - zmonolitnění	0,020	1,230	0,016
8.	Dutinové ŽB stropní panely	0,200	1,200	0,167
9.	Vápenocementová omítka	0,015	0,330	0,045
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,100
				$U_7 = 0,596$ W/(m ² ·K)

1.1.8 Skladba S8: podlaha 2. NP – laminátová nášlapná vrstva

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,170
1.	Laminátová nášlapná vrstva	0,010	-	0,070
2.	Isoboard - podložka	0,005	0,050	0,100
3.	Cemex - anhydritová vrstva	0,060	1,800	0,033
4.	Deksepar - separační folie	0,001	-	-
5.	Isover EPS Rigifloor 4000 - kročejová izolace	0,050	0,044	1,136
6.	Geotextilie Filtek 300 g/m ² - separační vrstva	0,002	-	-
7.	Prostý beton - zmonolitnění	0,020	1,230	0,016
8.	Dutinové ŽB stropní panely	0,200	1,200	0,167
9.	Vápenocementová omítka	0,015	0,330	0,045
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,100
				$U_8 = 0,544$ W/(m ² ·K)

1.1.9 Skladba S9: strop 1. NP (pod nevytápěnou půdou)

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,100
1.	Sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
2.	Sádrokartonový podhled	0,0125	0,220	0,057
3.	Deksepar - parozábrana (PE fólie)	0,001	-	-
4.	SDK nosný rošt	0,050	-	-
5.	Isover Orsik - tepelná izolace	0,050	0,037	1,351
6.	Stropní trámy	0,200	-	-
7.	Isover Orsik - tepelná izolace	0,220	0,037	5,946
8.	OSB desky - 12,5 mm ve dvou směrech	0,025	0,150	0,167
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,100
				$U_9 = 0,129$ W/(m ² ·K)

1.1.10 Skladba S10: strop 2. NP (v podkroví)

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,100
1.	Sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
2.	Sádrokartonový podhled	0,0125	0,220	0,057
3.	Deksepar - parozábrana (PE fólie)	0,001	-	-
4.	SDK nosný rošt	0,050	-	-
5.	PAMatherm PIR desky - tepelná izolace	0,050	0,022	2,273
6.	Kleštiny	0,180	-	-
7.	Isover Orsik - tepelná izolace	0,180	0,037	4,865
8.	Deksepar - ochranná fólie	0,001	-	-
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,100
				$U_{10} = 0,135$ W/(m ² ·K)

1.1.11 Skladba S11: šikmá střecha

Pořadí	Typ vrstvy	d_i [m]	λ_i [W/(m·K)]	R_i [(m ² ·K)/W]
R_{si}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	-	-	0,100
1.	Sádrová omítka	0,010	0,600	0,017
2.	Sádrokartonový podhled	0,0125	0,220	0,057
3.	Deksepar - parozábrana (PE fólie)	0,001	-	-
4.	SDK nosný rošt	0,050	-	-
5.	PAMatherm PIR desky - tepelná izolace	0,050	0,022	2,273
6.	Krokve	0,160	-	-
7.	Isover Orsik - tepelná izolace	0,160	0,037	4,324
8.	Difuzní fólie - pojistná hydroizolace	0,001	-	-
9.	Kontralatě 40x60 mm + větraná mezera	0,040	-	-
10.	Střešní latě 40x60 mm	0,040	-	-
11.	Střešní krytina z betonových tašek	0,030	-	-
R_{se}	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	-	-	0,100
				$U_{11} = 0,146$ W/(m ² ·K)

1.1.12 Výplně otvorů

Součinitele prostupu tepla pro výplňové otvory byly zvoleny.

Označení	Typ výplně otvoru	Podlaží	Rozměr [m]	U [W/(m ² ·K)]
O1	okno	1. NP	1 x 1,4	0,9
O2	okno	1. NP	1,2 x 1,4	0,9
O3	střešní okno	2. NP	0,8 x 1,2	1,1
D1	dveře celodřevěné	1. a 2. NP	0,8 x 2,02	2
D2	dveře celodřevěné	1. a 2. NP	0,9 x 2,02	2
D3	dveře celodřevěné	1. NP	1 x 2,02	2
D4	dvěře vstupní	2. NP	1 x 2,02	1,2
D5	dvěře balónové	1. NP	1,8 x 2,3	0,9
D6	dvěře balónové	1. NP	2 x 2,3	0,9
D7	dvěře balónové	2. NP	2 x 2	0,9

1.2 Porovnání použitých hodnot U s normovými hodnotami U

Porovnání provedeno s doporučenými hodnotami součinitelů prostupu tepla $U_{rec,20}$ dle ČSN EN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov – požadavky.

1.2.1 Porovnání navržených hodnot U_i skladeb s normovými hodnotami $U_{rec,20}$

Skladba	navržený U [W/(m ² ·K)]	doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m ² ·K)]	vyhovuje/ nevyhovuje
S1: obvodová nosná stěna	0,157	0,20	vyhovuje
S2: vnitřní nosná stěna tl. 200 mm	0,867	0,90	vyhovuje
S3: vnitřní nosná stěna tl. 300 mm	0,458	0,90	vyhovuje
S4: vnitřní nenosná příčka	0,977	1,80	vyhovuje
S5: podlaha 1.NP (na terénu) - keramická dlažba	0,207	0,30	vyhovuje
S6: podlaha 1.NP (na terénu) - laminátová nášlapná vrstva	0,200	0,30	vyhovuje
S7: podlaha 2.NP - keramická dlažba	0,596	0,70	vyhovuje
S8: podlaha 2.NP - laminátová nášlapná vrstva	0,544	0,70	vyhovuje
S9: strop 1.NP (pod nevytápěnou půdou)	0,129	0,20	vyhovuje
S10: strop 2.NP (v podkrovní)	0,135	0,20	vyhovuje
S11: šikmá střecha	0,146	0,16	vyhovuje

1.2.2 Porovnání zvolených hodnot U výplní otvorů s normovými hodnotami $U_{rec,20}$

Označení	Typ výplně otvoru	zvolený U [$W/(m^2 \cdot K)$]	doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]	vyhovuje/ nevyhovuje
O1	okno	0,9	1,2	vyhovuje
O2	okno	0,9	1,2	vyhovuje
O3	střešní okno	1,1	1,1	vyhovuje
D1	dveře celodřevěné	2	2,3	vyhovuje
D2	dveře celodřevěné	2	2,3	vyhovuje
D3	dveře celodřevěné	2	2,3	vyhovuje
D4	dvěře vstupní	1,2	1,2	vyhovuje
D5	dvěře balónové	0,9	1,2	vyhovuje
D6	dvěře balónové	0,9	1,2	vyhovuje
D7	dvěře balónové	0,9	1,2	vyhovuje

1.3 Výpočet tepelných ztrát

Výpočet tepelných ztrát byl proveden v softwaru TechCON X, viz příloha.

V objektu uvažují se VZT jednotkami s rekuperací a ohřevem vzduchu na 20 °C. Tepelná ztráta větráním bude tedy pouze v koupelnách, do kterých bude přiváděn vzduch ze sousedních místností skrz mřížky umístěné ve dveřích. Výkon potřebný na ohřev vzduchu ve VZT jednotkách bude potřeba spočítat a přičíst k potřebnému výkonu na vytápění objektu.

Okrajové podmínky pro výpočet tepelných ztrát:

- venkovní výpočtová teplota (Český Krumlov): -18 °C
- teplota na nevytápěné půdě: -9 °C
- teplota zeminy: 3,5 °C
- vnitřní výpočtové teploty jednotlivých místností jsou uvedeny ve výkrese č. 1 a č. 2

1.4 Výpočet výkonu pro ohřev vzduchu ve VZT jednotkách

Poznámka: výpočet převzat z předmětu 125TZ02, ČVUT v Praze.

1.4.1 VZT jednotky v bytových jednotkách č. 1 a č. 3

A) Výpočet teploty vzduchu ve VZT jednotkách č. 1 a č. 3 po rekuperaci:

- průtok vzduchu: $V_{1,3} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$
- VZT jednotky budou navrženy na základě průtoku vzduchu
- návrh: Duplex 170 EC5

- max. průtok vzduchu: $V_{VZT} = 175 \text{ m}^3/\text{h}$
- účinnost rekuperace VZT jednotky: $\eta_{1,3} = 84,5 \%$

- exteriérová teplota vzduchu: $t_e = -18 \text{ }^\circ\text{C}$
- interiérová teplota vzduchu: $t_i = t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

pozn.: Teplota odváděného vzduchu z koupelen by měla být $24 \text{ }^\circ\text{C}$. Ve skutečnosti tomu tak nemusí být, uvažuj tedy s teplotou odváděného vzduchu $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

- rozdíl teplot exteriérového a interiérového vzduchu: $\Delta t = 38 \text{ }^\circ\text{C}$

Teplota vzduchu ve VZT jednotkách po rekuperaci:

$$t_2 = \frac{(\Delta t \cdot \eta_{1,3})}{100} + t_e = \frac{(38 \cdot 84,5)}{100} - 18 = 14,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

B) Výpočet výkonu ohřivače ve VZT jednotkách č. 1 a č. 3

- průtok vzduchu: $V_{1,3} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$
- interiérová teplota vzduchu: $t_i = t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- teplota vzduchu ve VZT jednotkách po rekuperaci: $t_2 = 14,1 \text{ }^\circ\text{C}$
- hustota vzduchu: $\rho = 1,25 \text{ kg}/\text{m}^3$
- měrná tepelná kapacita vzduchu: $C = 1010 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

Hmotnostní průtok:

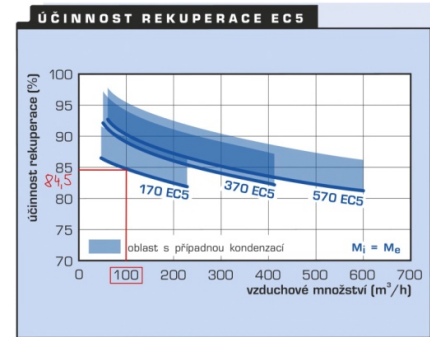
$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg}/\text{m}^3] \quad \rightarrow \quad m = \rho \cdot V \quad [\text{kg}/\text{h}]$$

$$m_{1,3} = \rho \cdot V_{1,3} = 1,25 \cdot 100 = 125 \text{ kg}/\text{h} = 0,0347 \text{ kg}/\text{s}$$

Výkon ohřivače ve VZT jednotkách č. 1 a č. 3:

$$Q_{1,3} = C \cdot m_{1,3} \cdot (t_1 - t_2) = 1010 \cdot 0,0347 \cdot (20 - 14,1) = 207 \text{ J}/\text{s}$$

$$\mathbf{Q_{1,3} = 207 \text{ W}}$$



1.4.2 VZT jednotka v bytové jednotce č. 2

A) Výpočet teploty vzduchu ve VZT jednotce č. 2 po rekuperaci:

- průtok vzduchu: $V_2 = 150 \text{ m}^3/\text{h}$
- VZT jednotky budou navrženy na základě průtoku vzduchu
- návrh: Duplex 170 ECS

- max. průtok vzduchu: $V_{VZT} = 175 \text{ m}^3/\text{h}$
- účinnost rekuperace VZT jednotky: $\eta_2 = 83,5 \%$

- exteriérová teplota vzduchu: $t_e = -18 \text{ }^\circ\text{C}$
- interiérová teplota vzduchu: $t_i = t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

pozn.: Teplota odváděného vzduchu z koupelen by měla být $24 \text{ }^\circ\text{C}$. Ve skutečnosti tomu tak nemusí být, uvažují tedy s teplotou odváděného vzduchu $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

- rozdíl teplot exteriérového a interiérového vzduchu: $\Delta t = 38 \text{ }^\circ\text{C}$

Teplota vzduchu ve VZT jednotce po rekuperaci:

$$t_2 = \frac{(\Delta t \cdot \eta)}{100} + t_e = \frac{(38 \cdot 83,5)}{100} - 18 = 13,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

B) Výpočet výkonu ohříváče ve VZT jednotce č. 2

- průtok vzduchu: $V_2 = 150 \text{ m}^3/\text{h}$
- interiérová teplota vzduchu: $t_i = t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- teplota vzduchu ve VZT jednotce po rekuperaci: $t_2 = 13,7 \text{ }^\circ\text{C}$
- hustota vzduchu: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- měrná tepelná kapacita vzduchu: $C = 1010 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$

Hmotnostní průtok:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg/m}^3] \quad \rightarrow \quad m = \rho \cdot V \quad [\text{kg/h}]$$

$$m_2 = \rho \cdot V_2 = 1,25 \cdot 150 = 187,5 \text{ kg/h} = 0,052 \text{ kg/s}$$

Výkon ohříváče ve VZT jednotce č. 2:

$$Q_2 = C \cdot m_2 \cdot (t_1 - t_2) = 1010 \cdot 0,052 \cdot (20 - 13,7) = 330 \text{ J/s}$$

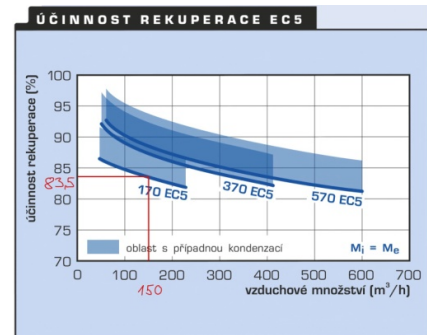
$$Q_2 = 330 \text{ W}$$

1.4.3 Celkový potřebný výkon pro ohříváče VZT jednotek:

- výkon ohříváče ve VZT jednotkách č. 1 a č. 3: $Q_{1,3} = 207 \text{ W}$
- výkon ohříváče ve VZT jednotce č. 2: $Q_2 = 330 \text{ W}$

Celkový potřebný výkon pro ohříváče VZT jednotek:

$$Q_{VZT} = 2 \cdot Q_{1,3} + Q_2 = 2 \cdot 207 + 330 = 744 \text{ W}$$



2 Návrh otopných ploch

2.1 Návrh podlahového vytápění

Návrh podlahové vytápění byl proveden v programu TechCON X, viz příloha.

2.2 Návrh otopných těles

Návrh otopných těles byl proveden v programu TechCON X, viz příloha.

3 Základní energetické výpočty

Poznámka: výpočet převzat z předmětu 125TZ01, ČVUT v Praze.

3.1 Výpočet přípravy teplé vody – zásobníkový ohřev

3.1.1 Potřeba teplé vody za časovou periodu V_{2p}

- časová perioda: $V_{2p} = 0,06 \text{ m}^3/(\text{osobu} \cdot \text{den})$

- počet osob: $n = 10$

$$\Sigma V_{2p} = V_{2p} \cdot n = 0,06 \cdot 10 = 0,6 \text{ m}^3/(\text{osobu} \cdot \text{den})$$

3.1.2 Potřeba tepla odebraného z ohříváče E_{2p}

- hustota vody: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

- měrná tepelná kapacita vody: $C = 1,163 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

- teplota studené vody: $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

- teplota teplé vody: $t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

Teoretické teplo pro ohřátí množství V_{2p} :

$$E_{2t} = V_{2p} \cdot \rho \cdot C \cdot (t_2 - t_1) = 0,6 \cdot 1000 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10)$$

$$E_{2t} = 31,401 \text{ kWh/den}$$

Teplo ztracené při ohřevu a dopravě teplé vody:

- ztráta tepla při ohřevu: $z = 0,5$

$$E_{2z} = E_{2t} \cdot z = 31,401 \cdot 0,5 = 15,7 \text{ kWh/den}$$

Potřeba tepla odebraného z ohříváče E_{2p} :

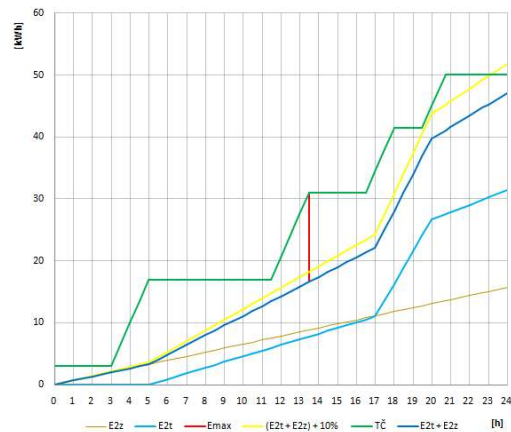
$$E_{2p} = E_{2t} + E_{2z} = 31,401 + 15,7 = 47,102 \text{ kWh/den}$$

3.1.3 Velikost zásobníku

- hustota vody: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- měrná tepelná kapacita vody: $C = 1,163 \text{ Wh/(kg}\cdot\text{k)}$
- teplota studené vody: $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- teplota teplé vody: $t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
- hodnota odečtena z grafu: $\Delta E_{\text{max}} = 14,384 \text{ kWh}$
- předpokládaný odběr teplé vody (dle ČSN 06 0320):

čas [h]	odběr TV
0:00 - 5:00	0 % E_{2t}
5:00 - 17:00	35 % E_{2t}
17:00 - 20:00	50 % E_{2t}
20:00 - 00:00	15 % E_{2t}

- graf znázorňující odběr a dodávku teplé vody v zásobníku:



Velikost zásobníku:

$$V_z = \frac{\Delta E_{\text{max}}}{\rho \cdot C \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{14384}{1000 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,275 \text{ m}^3$$

$$V_z = 275 \text{ l}$$

Návrh zásobníku teplé vody: Regulus RBC 300 HP, objem 276 l

3.2 Tepelná roční bilance

3.2.1 Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody

Nejprve nutno spočítat denní potřebu tepla na přípravu TV: $Q_{TV,d} = E_{2p}'$ [kWh/den]

- časová perioda: $V_{2p}' = 0,04 \text{ m}^3/(\text{osobu} \cdot \text{den})$

- počet osob: $n = 10$

$$\Sigma V_{2p}' = V_{2p}' \cdot n = 0,04 \cdot 10 = 0,4 \text{ m}^3/(\text{osobu} \cdot \text{den})$$

- hustota vody: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

- měrná tepelná kapacita vody: $C = 1,163 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

- teplota studené vody: $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

- teplota teplé vody: $t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

Teoretické teplo pro ohřátí množství V_{2p}' :

$$E_{2t}' = V_{2p}' \cdot \rho \cdot C \cdot (t_2 - t_1) = 0,4 \cdot 1000 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10)$$

$$E_{2t}' = 20,934 \text{ kWh/den}$$

Teplo ztracené při ohřevu a dopravě teplé vody:

- ztráta tepla při ohřevu: $z = 0,5$

$$E_{2z}' = E_{2t}' \cdot z = 20,934 \cdot 0,5 = 10,467 \text{ kWh/den}$$

Potřeba tepla odebraného z ohříváče E_{2p} :

$$E_{2p}' = E_{2t}' + E_{2z}' = 20,934 + 10,467 = 31,401 \text{ kWh/den}$$

$$Q_{TV,d} = E_{2p}' = 31,401 \text{ kWh/den}$$

Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody:

- počet dní za rok s teplotou $< 13 \text{ }^\circ\text{C}$, tj. počet dní otopného období: $d = 254$ dní
(ČSN EN 12831)

- součinitel zohledňující snížení potřeby teplé vody v létě: $0,8$

- teplota studené vody v létě: $t_{svl} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

- teplota studené vody v zimě: $t_{svz} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

- počet pracovních dní soustavy v roce: $N = 365$ dní

$$Q_{TV,r} = Q_{TV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TV,d} \cdot \frac{55 - t_{svl}}{55 - t_{svz}} \cdot (N - d)$$

$$Q_{TV,r} = 31,401 \cdot 254 + 0,8 \cdot 31,401 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 254) = 10206,6 \text{ kWh/rok}$$

$$Q_{TV,r} = 10,207 \text{ MWh/rok}$$

3.2.2 Roční potřeba tepla na vytápění (včetně ohřevu vzduchu ve VZT jednotkách) denostupňová metoda

Nejprve je nutno spočítat počet denostupňů D [K·den]:

- průměrná teplota v budově: $t_{i,s} = 19,6$ °C
- průměrná venkovní teplota v otopném období: $t_{e,s} = 3,5$ °C (ČSN EN 12831)
- počet dnů za rok s teplotou < 13 °C, tj. počet dní otopného období: $d = 254$ dní (ČSN EN 12831)

$$D = (t_{i,s} - t_{e,s}) \cdot d = (19,6 - 3,5) \cdot 254 = 4089 \text{ K·den}$$

Opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění, nesoučasnost, tepelné ztráty infiltrační:

- nesoučasnost tepelné ztráty infiltrační a tepelné ztráty prostupem: $e_i = 0,85$
- snížení teploty v místnosti během dne respektive noci: $e_t = 0,9$
- zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu: $e_d = 1$
- účinnost obsluhy respektive možnosti regulace soustavy: $\eta_o = 0,95$
- účinnost rozvodu vytápění: $\eta_r = 0,97$

$$\varepsilon = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_r} = \frac{0,85 \cdot 0,9 \cdot 1}{0,95 \cdot 0,97} = 0,83$$

Tepelná ztráta objektu (včetně potřebného výkonu na ohřev vzduchu ve VZT jednotkách) Q_c [kW]:

- tepelná ztráta prostupem: $Q_p = 5,327$ kW
- tepelná ztráta větráním: $Q_v = 0,570$ kW
- celkový potřebný výkon pro ohřivače VZT jednotek: $Q_{VZT} = 0,744$ kW

$$Q_c = Q_p + Q_v + Q_{VZT} = 5,327 + 0,570 + 0,744 = 6,641 \text{ kW}$$

Roční potřeba tepla na vytápění (včetně ohřevu vzduchu ve VZT jednotkách):

- průměrná teplota v budově: $t_{is} = 19$ °C
- vnější výpočtová teplota: $t_e = -18$ °C

$$Q_{VYT,r} = \frac{24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon D}{t_{is} - t_e} = \frac{24 \cdot 6,641 \cdot 0,83 \cdot 4089}{19 - (-18)} = 14619,7 \text{ kWh/hod}$$

$$Q_{VYT,r} = 14,620 \text{ MWh/hod}$$

3.2.3 Celková roční potřeba tepla

- roční potřeba tepla na ohřev teplé vody: $Q_{TV,r} = 10,207$ MWh/rok
- roční potřeba tepla na vytápění (včetně ohřevu vzduchu v VZT jednotkách):
 $Q_{VYT,r} = 14,620$ MWh/rok

$$Q_R = Q_{TV,r} + Q_{VYT,r} = 10,207 + 14,620 = 24,827 \text{ MWh/rok}$$

3.2.4 Roční potřeba elektrické energie

- celková roční potřeba tepla: $Q_R = 24,827$ MWh/rok

- sezónní topný faktor: $SCOP = 4,2$

$$B_R = \frac{Q_R}{SCOP} = \frac{24,827}{4,2} = 5,911 \text{ MWh/rok}$$

3.2.5 Přibližné roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody

- přibližná průměrná cena za kWh = 4,2 Kč

→ přibližné roční náklady R_C činí:

$$R_C = B_R \cdot 4,2 = 5911 \cdot 4,2 = 24780 \text{ Kč}$$

3.2.6 Potřebný výkon pro tepelné čerpadlo

Výkon potřebný na vytápění.

- tepelná ztráta objektu (včetně potřebného výkonu na ohřev vzduchu VZT jednotek)

$$Q_c = 6,641 \text{ kW}$$

$$Q_{VYT,h} = Q_c = 6,641 \text{ kW}$$

Výkon potřebný na přípravu teplé vody

- potřeba tepla odebraného z ohřívače: $E_{2p} = 47,102$

$$Q_{TV,h} = \frac{E_{2p}}{24} = \frac{47,102}{24} = 1,963 \text{ kW/h}$$

- pozn.: Při sestrovování grafu pro výpočet objemu zásobníku teplé vody jsem neuvažoval

s konstantní dodávkou energie pro ohřev teplé vody, tedy s 1,963 kW/h. Při sestrovování grafu jsem uvažoval s výkonem 7 kW/h. Tato hodnota je tedy rozhodující pro potřebný výkon na přípravu teplé vody.

$$Q_{TV,h} = 7 \text{ kW}$$

Potřebný výkon pro tepelné čerpadlo:

- pozn.: Při výpočtu výkonu tepelného čerpadla uvažuji, že výkon poskytnutý tepelným čerpadlem bude dodáván na vytápění nebo na přípravu teplé vody, proto:

$$Q_{PRIP} = \max(Q_{VYT,h}; Q_{TV,h}) = \max(6,641; 7)$$

$$Q_{PRIP} = 7 \text{ kW}$$

4 Dimenzování otopné soustavy

Dimenzování otopné soustavy bylo provedeno v programu TechCON X, viz příloha.

5 Návrh tepelného čerpadla

Maximální potřebný výkon pro tepelné čerpadlo: $Q_{PRIP} = 7 \text{ kW}$

Návrh: Tepelné čerpadlo vzduch/voda - Mitsubishi Power 75 (venkovní jednotka)

+

Výměník s elektrokotlem – ECO ONE HW 14E (vnitřní jednotka)

5.1 Tepelné čerpadlo Mitsubishi Power 75

Teplota otopné vody v soustavě je 37 °C

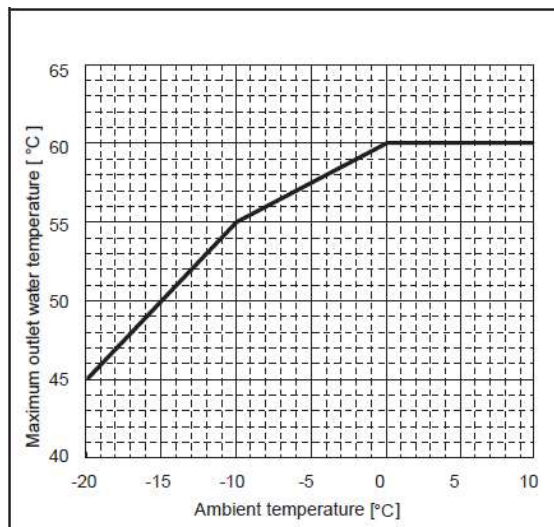
- Jmenovitý a maximální výkon tepelného čerpadla při teplotě otopné vody 40 °C:

(hodnoty převzaty z technického listu tepelného čerpadla)

Závislost výkonu na teplotě vnějšího vzduchu:

Teplota vzduchu [°C]	Jmenovitý výkon TČ [kW]	Maximální výkon TČ [kW]
-20	4,8	5,8
-15	5,2	7,1
-10	5,8	8,1
7	6,3	8,1
2	7,5	8,4
7	8,0	9,2
12	8,0	10,8
15	8,0	11,8
20	8,0	13,8

Závislost maximální teploty výstupní vody na teplotě vnějšího vzduchu:



5.2 Výměník s elektrokotlem ECO ONE HW 14E

- Elektrokotel slouží jako bivalentní zdroj tepelného čerpadla. Elektrokotel bude poskytovat primárně svůj výkon při poruše tepelného čerpadla nebo při velmi nízkých exteriérových teplotách, kdy by tepelné čerpadlo nebylo schopno dodat potřebný výkon.

- Výkon elektrokotle = 6 kW

- Mezi tepelným čerpadlem (venkovní jednotkou) a výměníkem s elektrokotlem (vnitřní jednotkou) v potrubí proudí chladivo, které ve výměníku předává energii otopné vodě proudící v otopné soustavě.

- Výkon výměníku = 14 kW

6 Návrh třícestných ventilů

Poznámka: návrh převzat od výrobce třícestných ventilů IMI Hydronic Engineering.

6.1 Třícestný ventil pro větev č. 1: bytová jednotka č. 1

Vstupní hodnoty:

- výkon: $Q_1 = 2488 \text{ W}$
- teplota přívodu: $t_1 = 37 \text{ °C}$
- teplota zpátečky: $t_2 = 31,3 \text{ °C}$
- tlaková ztráta větve: $\Delta p_1 = 6,541 \text{ kPa}$
- teplotní spád: $\Delta t_1 = t_2 - t_1 \text{ [°C]}$
 $\Delta t_1 = 37 - 31,3 = 5,7 \text{ °C}$

Výpočet hmotnostního průtoku:

- měrná tepelná kapacita vody: $C = 4186 \text{ J/(Kg·K)}$

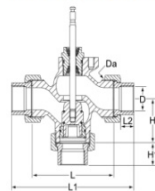
$$m_1 = \frac{Q_1 \cdot 3600}{C \cdot \Delta t_1} = \frac{2488 \cdot 3600}{4186 \cdot 5,7} = 375,4 \text{ l/h}$$

Výpočet Kv hodnoty třícestného ventilu:

$$Kv_1 = 0,01 \cdot \frac{m_1}{\sqrt{\Delta p_1}} = 0,01 \cdot \frac{375,4}{\sqrt{6,541}} = 1,47$$

Návrh: třícestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 15, $Kvs_1 = 2,5$

CV316 RGA (třícestný)



Vnitřní závity dle ISO 7

DN	D	Da	L	L1	L2	H	H1	Kvs	Kg	Objednací č.
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	0,63	0,9	60 330-115
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	1,25	0,9	60 330-215
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	1,6	0,9	60 330-315
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	2,5	0,9	60 330-415
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	4	0,9	60 330-515
20	Rp3/4	G1 1/4	75	127	15	41	67	5	1,4	60 330-120
20	Rp3/4	G1 1/4	75	127	15	41	67	6,3	1,4	60 330-220
25	Rp1	G1 1/2	80	138	17	45	74	8	1,7	60 330-125
25	Rp1	G1 1/2	80	138	17	45	74	10	1,7	60 330-225
32	Rp1 1/4	G2	120	184	19	55	89	12,5	3,4	60 333-132
32	Rp1 1/4	G2	120	184	19	55	89	16	3,4	60 333-232
40	Rp1 1/2	G2 1/4	130	198	19	60	94	20	4,0	60 333-140
40	Rp1 1/2	G2 1/4	130	198	19	60	94	25	4,0	60 333-240
50	Rp2	G2 3/4	150	222	24	65	101	31,5	5,7	60 333-150
50	Rp2	G2 3/4	150	222	24	65	101	40	5,7	60 333-250

Výpočet tlakové ztráty třícestného ventilu CV 316 RGA, DN 15, $Kvs_1 = 2,5$:

$$\Delta p_{v1} = \left(\frac{0,01 \cdot m_1}{Kvs_1} \right)^2 = \left(\frac{0,01 \cdot 375,4}{2,5} \right)^2 = 2,255 \text{ kPa}$$

6.2 Třícestný ventil pro větev č. 2: bytová jednotka č. 2

Vstupní hodnoty:

- výkon: $Q_2 = 3564 \text{ W}$
- teplota přívodu: $t_1 = 37 \text{ °C}$
- teplota zpátečky: $t_2 = 31,8 \text{ °C}$
- tlaková ztráta větve: $\Delta p_2 = 5,820 \text{ kPa}$
- teplotní spád: $\Delta t_2 = t_2 - t_1 \text{ [°C]}$
 $\Delta t_2 = 37 - 31,8 = 5,2 \text{ °C}$

Výpočet hmotnostního průtoku:

- měrná tepelná kapacita vody: $C = 4186 \text{ J/(K·K)}$

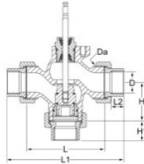
$$m_2 = \frac{Q_2 \cdot 3600}{C \cdot \Delta t_2} = \frac{3564 \cdot 3600}{4186 \cdot 5,2} = 589,4 \text{ l/h}$$

Výpočet Kv hodnoty třícestného ventilu:

$$Kv_2 = 0,01 \cdot \frac{m_2}{\sqrt{\Delta p_2}} = 0,01 \cdot \frac{589,4}{\sqrt{5,820}} = 2,44$$

Návrh: třícestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 15, $Kvs_2 = 4$

CV316 RGA (třícestný)



Vnitřní závity dle ISO 7

DN	D	Da	L	L1	L2	H	H1	Kvs	Kg	Objednací č.
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	0,63	0,9	60 330-115
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	1,25	0,9	60 330-215
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	1,6	0,9	60 330-315
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	2,5	0,9	60 330-415
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	4	0,9	60 330-515
20	Rp3/4	G1 1/4	75	127	15	41	67	5	1,4	60 330-120
20	Rp3/4	G1 1/4	75	127	15	41	67	6,3	1,4	60 330-220
25	Rp1	G1 1/2	80	138	17	45	74	8	1,7	60 330-125
25	Rp1	G1 1/2	80	138	17	45	74	10	1,7	60 330-225
32	Rp1 1/4	G2	120	184	19	55	89	12,5	3,4	60 333-132
32	Rp1 1/4	G2	120	184	19	55	89	16	3,4	60 333-232
40	Rp1 1/2	G2 1/4	130	198	19	60	94	20	4,0	60 333-140
40	Rp1 1/2	G2 1/4	130	198	19	60	94	25	4,0	60 333-240
50	Rp2	G2 3/4	150	222	24	65	101	31,5	5,7	60 333-150
50	Rp2	G2 3/4	150	222	24	65	101	40	5,7	60 333-250

Výpočet tlakové ztráty třícestného ventilu CV 316 RGA, DN 15, $Kvs_2 = 4$:

$$\Delta p_{v2} = \left(\frac{0,01 \cdot m_2}{Kvs_2} \right)^2 = \left(\frac{0,01 \cdot 589,4}{4} \right)^2 = 2,171 \text{ kPa}$$

6.3 Třícestný ventil pro větev č. 3: bytová jednotka č. 3

Vstupní hodnoty:

- výkon: $Q_3 = 2491 \text{ W}$
- teplota přívodu: $t_1 = 37 \text{ °C}$
- teplota zpátečky: $t_2 = 31,3 \text{ °C}$
- tlaková ztráta větve: $\Delta p_3 = 7,153 \text{ kPa}$
- teplotní spád: $\Delta t_3 = t_2 - t_1 \text{ [°C]}$
 $\Delta t_3 = 37 - 31,3 = 5,7 \text{ °C}$

Výpočet hmotnostního průtoku:

- měrná tepelná kapacita vody: $C = 4186 \text{ J/(K}\cdot\text{K)}$

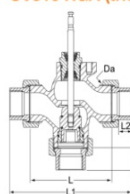
$$m_3 = \frac{Q_3 \cdot 3600}{C \cdot \Delta t_3} = \frac{2491 \cdot 3600}{4186 \cdot 5,7} = 375,8 \text{ l/h}$$

Výpočet Kv hodnoty třícestného ventilu:

$$Kv_3 = 0,01 \cdot \frac{m_3}{\sqrt{\Delta p_3}} = 0,01 \cdot \frac{375,8}{\sqrt{7,153}} = 1,41$$

Návrh: třícestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 15, $Kvs_3 = 2,5$

CV316 RGA (třícestný)



Vnitřní závity dle ISO 7

DN	D	Da	L	L1	L2	H	H1	Kvs	Kg	Objednací č.
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	0,63	0,9	60 330-115
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	1,25	0,9	60 330-215
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	1,6	0,9	60 330-315
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	2,5	0,9	60 330-415
15	Rp1/2	G1	62	114	13	40	66	4	0,9	60 330-515
20	Rp3/4	G1 1/4	75	127	15	41	67	5	1,4	60 330-120
20	Rp3/4	G1 1/4	75	127	15	41	67	6,3	1,4	60 330-220
25	Rp1	G1 1/2	80	138	17	45	74	8	1,7	60 330-125
25	Rp1	G1 1/2	80	138	17	45	74	10	1,7	60 330-225
32	Rp1 1/4	G2	120	184	19	55	89	12,5	3,4	60 333-132
32	Rp1 1/4	G2	120	184	19	55	89	16	3,4	60 333-232
40	Rp1 1/2	G2 1/4	130	198	19	60	94	20	4,0	60 333-140
40	Rp1 1/2	G2 1/4	130	198	19	60	94	25	4,0	60 333-240
50	Rp2	G2 3/4	150	222	24	65	101	31,5	5,7	60 333-150
50	Rp2	G2 3/4	150	222	24	65	101	40	5,7	60 333-250

Výpočet tlakové ztráty třícestného ventilu CV 316 RGA, DN 15, $Kvs_3 = 2,5$:

$$\Delta p_{v3} = \left(\frac{0,01 \cdot m_3}{Kvs_3} \right)^2 = \left(\frac{0,01 \cdot 375,8}{2,5} \right)^2 = 2,260 \text{ kPa}$$

7 Návrh termohydraulického rozdělovače (THR)

Poznámka: výpočet převzat z práce: Matematická simulace termohydraulického rozdělovače prof. Ing. Bašta Jiří, Ph.D. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

Návrh THR dle vnitřního průměru:

- doporučená rychlost proudění uvnitř THR: $v_{THR} = 0,1 \text{ m/s}$

- hmotnostní průtok (větev č. 0-A): $m_{0-A} = 1,014 \text{ m}^3/\text{h}$

- průtok uvnitř THR:

$$m = \frac{m_{0-A}}{3600} = \frac{1,014}{3600} = 0,000282 \text{ m}^3/\text{s}$$

- potřebný vnitřní průměr THR:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot m_{0-A}}{\pi \cdot v_{THR}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000282}{\pi \cdot 0,1}} = 0,06 \text{ m}$$

$$d = 60 \text{ mm}$$

Návrh: Termohydraulický rozdělovač Aquatech HVT32/x: $d_{THR} = 65 \text{ mm}$, $m_{THR} = 1,6 \text{ m}^3/\text{h}$

Rozměry												
Typ	DN	D	A	B	B1	C	C1	H	L	Q	P	E
HVT 25/x	25	50	-	80	280	92	267	340	260	1	24	-
HVT 32/x	32	65	-	100	360	116	344	440	280	1,6	40	-
HVT 40/x	40	80	-	120	440	140	420	540	300	2,4	60	-
HVT 50/x	50	100	400	150	550	175	525	670	320	4	90	I
HVT 65/x	65	150	400	180	780	212	747	930	360	8	180	II
HVT 80/x	80	200	400	240	940	280	900	1140	400	12	280	III
HVT 100/x	100	200	450	260	1060	310	1010	1280	420	20	450	IV
HVT 125/x	125	250	450	300	1300	362	1237	1540	520	30	700	V
HVT 150/x	150	300	450	360	1560	435	1485	1800	620	50	1200	VI

Posouzení dle vnitřního průměru:

$$d < d_{THR} \quad [\text{mm}]$$

$$60 < 65 \quad [\text{mm}] \quad \rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení dle průtoku THR:

$$m < m_{THR} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$1,014 < 1,6 \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

8 Návrh oběhových čerpadel

Poznámka: návrh proveden pomocí internetového nástroje výrobce Grundfos

8.1 Oběhové čerpadlo pro větev č. 1: bytová jednotka č. 1

8.1.1 Návrh oběhového čerpadla č. 1

Vstupní hodnoty:

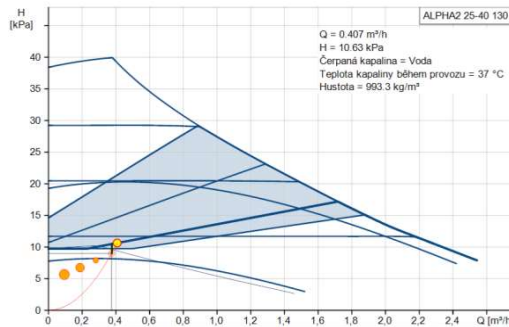
- hmotnostní průtok: $m_1 = 0,375 \text{ m}^3/\text{h}$
- tlaková ztráta větve č. 1: $\Delta p_1 = 6,541 \text{ kPa}$
- tlaková ztráta třicetného ventilu č. 1: $\Delta p_{v1} = 2,255 \text{ kPa}$
- tlaková ztráta větve č. 0-B: $\Delta p_{v0-B} = 0,231 \text{ kPa}$

Celková tlaková ztráta pro návrh oběhového čerpadla:

$$\Delta p_{\Sigma 1} = \Delta p_1 + \Delta p_{v1} + \Delta p_{v0-B} = 6,541 + 2,255 + 0,231$$

$$\Delta p_{\Sigma 1} = 9,027 \text{ kPa}$$

Návrh: oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2 25-40 130



Z grafu můžeme vidět, že oběhové čerpadlo není navrženo ideálně na požadovaný pracovní bod otopné soustavy. Rozdíl tlaků $\Delta p_{1,prac}$ mezi pracovním bodem otopné soustavy a pracovní křivkou čerpadla (v grafu vyznačeno zeleně) je potřeba vyregulovat pomocí redukčního ventilu.

- rozdíl tlaků: $\Delta p_{1,prac} = 1,624 \text{ kPa}$... odečteno z grafu

8.1.2 Návrh redukčního ventilu č. 1

Poznámka: návrh převzat od výrobce redukčních ventilů IMI Hydronic Engineering.

Vstupní hodnoty:

- hmotnostní průtok: $m_1 = 375,4 \text{ l/h}$
- rozdíl tlaků: $\Delta p_{1,prac} = 1,624 \text{ kPa}$
- dimenze potrubí větve č. 1: $DN = 25$

Výpočet Kv hodnoty redukčního ventilu:

$$Kv_1 = 0,01 \cdot \frac{m_1}{\sqrt{\Delta p_{1,prac}}} = 0,01 \cdot \frac{375,4}{\sqrt{1,624}} = 2,95$$

Návrh: regulační ventil STAD DN 25, PN 25, $Kv_1 = 2,95$, počet otáček = 1,8

Kv hodnoty

Otáčky	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.136	0.533	0.599	1.19	1.89	2.62
1	0.091	0.226	0.781	1.03	2.09	3.40	4.10
1.5	0.134	0.347	1.22	2.13	3.36	4.74	6.76
2	0.264	0.618	1.95	3.64	5.22	6.25	11.4
2.5	0.461	0.931	2.71	5.26	7.77	9.16	15.8
3	0.799	1.46	3.71	6.65	9.82	12.8	21.5
3.5	1.22	2.07	4.51	7.79	11.9	16.2	27.0
4	1.36	2.56	5.39	8.59	14.2	19.3	32.3

8.2 Oběhové čerpadlo pro větev č. 2: bytová jednotka č. 2

8.2.1 Návrh oběhového čerpadla č. 2

Vstupní hodnoty:

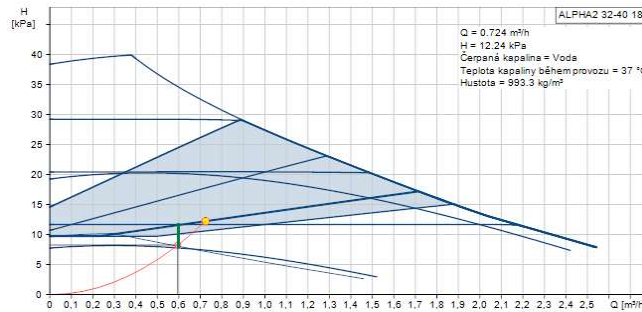
- hmotnostní průtok: $m_2 = 0,589 \text{ m}^3/\text{h}$
- tlaková ztráta větve č. 2: $\Delta p_2 = 5,820 \text{ kPa}$
- tlaková ztráta třicestného ventilu č. 2: $\Delta p_{v2} = 2,171 \text{ kPa}$
- tlaková ztráta větve č. 0-B: $\Delta p_{v0-B} = 0,231 \text{ kPa}$

Celková tlaková ztráta pro návrh oběhového čerpadla:

$$\Delta p_{\check{c}2} = \Delta p_2 + \Delta p_{v2} + \Delta p_{v0-B} = 5,820 + 2,171 + 0,231$$

$$\Delta p_{\check{c}2} = 8,222 \text{ kPa}$$

Návrh: oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2 32-40 180



Z grafu můžeme vidět, že oběhové čerpadlo není navrženo ideálně na požadovaný pracovní bod otopné soustavy. Rozdíl tlaků $\Delta p_{2,prac}$ mezi pracovním bodem otopné soustavy a pracovní křivkou čerpadla (v grafu vyznačeno zeleně) je potřeba vyregulovat pomocí redukčního ventilu.

- rozdíl tlaků: $\Delta p_{2,prac} = 3,588 \text{ kPa}$... odečteno z grafu

8.2.2 Návrh redukčního ventilu č. 2

Poznámka: návrh převzat od výrobce redukčních ventilů IMI Hydronic Engineering.

Vstupní hodnoty:

- hmotnostní průtok: $m_2 = 589,4$ l/h
- rozdíl tlaků: $\Delta p_{2,prac} = 3,588$ kPa
- dimenze potrubí větve č. 2: DN = 32

Výpočet Kv hodnoty redukčního ventilu:

$$Kv_2 = 0,01 \cdot \frac{m_2}{\sqrt{\Delta p_{2,prac}}} = 0,01 \cdot \frac{589,4}{\sqrt{3,588}} = 3,11$$

Návrh: regulační ventil STAD DN 32, PN 25, $Kv_2 = 3,11$, počet otáček = 1,4

Kv hodnoty

Otáčky	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.136	0.533	0.599	1.19	1.89	2.62
1	0.091	0.226	0.781	1.03	2.09	3.40	4.10
1.5	0.134	0.347	1.22	2.13	3.36	4.74	6.76
2	0.264	0.618	1.95	3.64	5.22	6.25	11.4
2.5	0.461	0.931	2.71	5.26	7.77	9.16	15.8
3	0.799	1.46	3.71	6.65	9.82	12.8	21.5
3.5	1.22	2.07	4.51	7.79	11.9	16.2	27.0
4	1.36	2.56	5.39	8.59	14.2	19.3	32.3

8.3 Oběhové čerpadlo pro větev č. 3: bytová jednotka č. 3

8.3.1 Návrh oběhového čerpadla č. 3

Vstupní hodnoty:

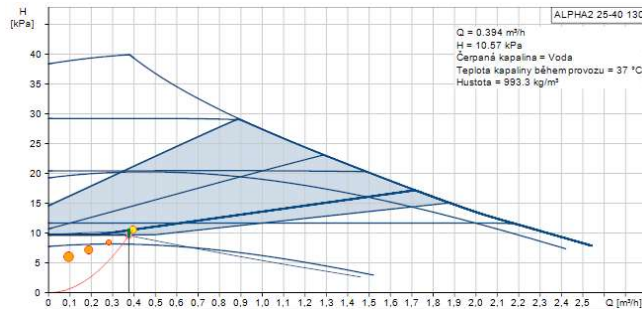
- hmotnostní průtok: $m_3 = 0,376 \text{ m}^3/\text{h}$
- tlaková ztráta větve č. 3: $\Delta p_3 = 7,153 \text{ kPa}$
- tlaková ztráta třicestného ventilu č. 3: $\Delta p_{v3} = 2,260 \text{ kPa}$
- tlaková ztráta větve č. 0-B: $\Delta p_{v0-B} = 0,231 \text{ kPa}$

Celková tlaková ztráta pro návrh oběhového čerpadla:

$$\Delta p_{\Sigma 3} = \Delta p_3 + \Delta p_{v3} + \Delta p_{v0-B} = 7,153 + 2,260 + 0,231$$

$$\Delta p_{\Sigma 3} = 9,644 \text{ kPa}$$

Návrh: oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2 25-40 130



Z grafu můžeme vidět, že oběhové čerpadlo není navrženo ideálně na požadovaný pracovní bod otopné soustavy. Rozdíl tlaků $\Delta p_{3,prac}$ mezi pracovním bodem otopné soustavy a pracovní křivkou čerpadla (v grafu vyznačeno zeleně) je potřeba vyregulovat pomocí redukčního ventilu.

- rozdíl tlaků: $\Delta p_{3,prac} = 1,006 \text{ kPa}$... odečteno z grafu

8.3.2 Návrh redukčního ventilu č. 3

Poznámka: návrh převzat od výrobce redukčních ventilů IMI Hydronic Engineering.

Vstupní hodnoty:

- hmotnostní průtok: $m_3 = 375,8 \text{ l/h}$
- rozdíl tlaků: $\Delta p_{3,prac} = 1,006 \text{ kPa}$
- dimenze potrubí větve č. 3: $DN = 25$

Výpočet Kv hodnoty redukčního ventilu:

$$Kv_3 = 0,01 \cdot \frac{m_3}{\sqrt{\Delta p_{3,prac}}} = 0,01 \cdot \frac{375,8}{\sqrt{1,006}} = 3,75$$

Návrh: regulační ventil STAD DN 25, PN 25, $Kv_3 = 3,75$; počet otáček = 2,0

Kv hodnoty							
Otáčky	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.136	0.533	0.599	1.19	1.89	2.62
1	0.091	0.226	0.781	1.03	2.09	3.40	4.10
1.5	0.134	0.347	1.22	2.13	3.36	4.74	6.76
2	0.264	0.618	1.95	3.64	5.22	6.25	11.4
2.5	0.461	0.931	2.71	5.26	7.77	9.16	15.8
3	0.799	1.46	3.71	6.65	9.82	12.8	21.5
3.5	1.22	2.07	4.51	7.79	11.9	16.2	27.0
4	1.36	2.56	5.39	8.59	14.2	19.3	32.3

8.4 Oběhové čerpadlo pro větev č. 4 (ZTV)

8.4.1 Návrh oběhového čerpadla č. 4

Vstupní hodnoty:

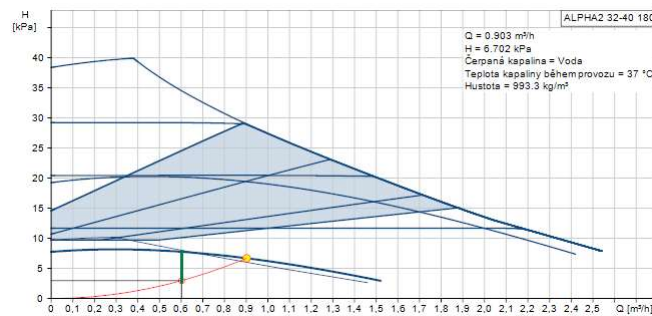
- hmotnostní průtok: $m_4 = 0,602 \text{ m}^3/\text{h}$
- tlaková ztráta větve č. 3: $\Delta p_4 = 2,752 \text{ kPa}$
- tlaková ztráta větve č. 0-B: $\Delta p_{v0-B} = 0,231 \text{ kPa}$

Celková tlaková ztráta pro návrh oběhového čerpadla:

$$\Delta p_{\check{c}4} = \Delta p_4 + \Delta p_{v0-B} = 2,752 + 0,231$$

$$\Delta p_{\check{c}4} = 2,983 \text{ kPa}$$

Návrh: oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2 32-40 180



Z grafu můžeme vidět, že oběhové čerpadlo není navrženo ideálně na požadovaný pracovní bod okruhu č. 4. Rozdíl tlaků $\Delta p_{4,prac}$ mezi pracovním bodem okruhu č. 4 a pracovní křivkou čerpadla (v grafu vyznačeno zeleně) je potřeba vyregulovat pomocí redukčního ventilu.

U návrhu oběhového čerpadla č. 4 postačuje, aby pracovní bod čerpadla byl na křivce 1. stupně otáček čerpadla. U větve č. 4 předpokládám stav ZAP/VYP bez případné regulace otáček čerpadla.

- rozdíl tlaků: $\Delta p_{4,prac} = 4,837 \text{ kPa}$... odečteno z grafu

8.4.2 Návrh redukčního ventilu č. 4

Poznámka: návrh převzat od výrobce redukčních ventilů IMI Hydronic Engineering.

Vstupní hodnoty:

- hmotnostní průtok: $m_3 = 602$ l/h
- rozdíl tlaků: $\Delta p_{4,prac} = 4,837$ kPa
- dimenze potrubí větve č. 4: DN = 32

Výpočet Kv hodnoty redukčního ventilu:

$$Kv_4 = 0,01 \cdot \frac{m_4}{\sqrt{\Delta p_{4,prac}}} = 0,01 \cdot \frac{602}{\sqrt{4,837}} = 2,74$$

Návrh: regulační ventil STAD DN 32, PN 25, $Kv_3 = 2,74$; počet otáček = 1,3

Kv hodnoty

Otáčky	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.136	0.533	0.599	1.19	1.89	2.62
1	0.091	0.226	0.781	1.03	2.09	3.40	4.10
1.5	0.134	0.347	1.22	2.13	3.36	4.74	6.76
2	0.264	0.618	1.95	3.64	5.22	6.25	11.4
2.5	0.461	0.931	2.71	5.26	7.77	9.16	15.8
3	0.799	1.46	3.71	6.65	9.82	12.8	21.5
3.5	1.22	2.07	4.51	7.79	11.9	16.2	27.0
4	1.36	2.56	5.39	8.59	14.2	19.3	32.3

9 Návrh pojistného a zabezpečovacího zařízení

9.1 Návrh pojistného zařízení – pojistného ventilu

Poznámka: převzat návrh z ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách

Vstupní hodnoty:

- zdroj tepla: výměník tepla
- skupina A1: $t_1 < 100 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_1 \dots$ výpočtová teplota vody na přívodu
- maximální provozní tlak $p_{ot} = 250 \text{ kPa}$
- maximální výkon zdroje (výměníku): $Q_V = 14 \text{ kW}$
- velikost připravené dimenze na pojistné zařízení z výměníku + elektrokotle: DN 25

Návrh: pojistný ventil IVAR.PV KD DN 25

- nejmenší průtočný průřez $S_0 = 380 \text{ mm}$
- zaručený výtokový součinitel $\alpha_w = 0,684$

Rozměr	Jmenovitá světlost DN (mm)	Nejmenší průtočný průřez (mm ²)	Zaručený výtokový součinitel $\alpha_w (-)$	Otevírací tlak p_o (kPa) Při p_o do 300 kPa tolerance $\pm 10\%$ Při p_o nad 300 kPa tolerance $\pm 30 \text{ kPa}$
1/2" x 3/4"	15	177	0,540	150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
3/4" x 1"	20	177	0,580	100, 150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
1" x 5/4"	25	380	0,684	50, 100, 150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
5/4" x 6/4"	32	804	0,693	100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
6/4" x 2"	40	1017	0,549	50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000
2" x 2 1/2"	50	1589	0,576	50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 900, 1000

Ověření návrhu:

- minimální průřez sedla pojistného ventilu:

$$S_{0pv} = \frac{2 \cdot Q_V}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} = \frac{2 \cdot 14}{0,684 \cdot \sqrt{250}} = 3 \text{ mm}$$

$$S_{0pv} < S_0 \quad [\text{mm}]$$

$$3 < 380 \quad [\text{mm}] \quad \rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

9.2 Návrh zabezpečovacího zařízení – expanzní nádoba

Poznámka: návrh převzat z ČSN EN 12828+A1 Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav

Vstupní hodnoty:

- celkový objem vody v otopné soustavě: $V_{system} = 180 \text{ l}$
- výška nejvyššího bodu otopné soustavy: $h = 3,9 \text{ m}$
- otevírací přetlak pojistného ventilu: $p_{sv} = 2,5 \text{ bar}$
- maximální provozní teplota otopné soustavy: $t_{max} = 37 \text{ °C}$
- součinitel zvětšení objemu otopné vody: $e = 0,007 \dots$ pro 37 °C

- odečteno z grafu:



Výpočet expanzního objemu:

$$V_{ex} = V_{system} \cdot e = 180 \cdot 0,007 = 1,26 \text{ l}$$

Výpočet vodní rezervy:

$$V_{wr} = 0,005 \cdot V_{system} = 0,005 \cdot 180 = 0,9 \text{ l}$$

Výpočet nejnižšího pracovního přetlaku soustavy:

- hustota vody: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- tíhové zrychlení: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$p_0 = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,9 \cdot 10^{-3} = 42,08 \text{ kPa}$$

$$p_0 = 0,421 \text{ bar}$$

Výpočet konečného přetlaku:


- rezerva pojistného ventilu: 50 kPa

$$p_{fin} = p_{sv} - 50 = 2 - 0,5 = 1,5 \text{ bar}$$

Výpočet minimálního objemu expanzní nádoby:

$$V_{N,min} = (V_{ex} + V_{wr}) \cdot \frac{p_{fin} + 1}{p_{fin} - p_0} = (1,26 + 0,9) \cdot \frac{1,5 + 1}{1,5 - 0,421} = 4,1 \text{ l}$$

Návrh: expanzní nádoba AQUAFILL HS005, 5 l, 6 bar, průměr 160 mm

	ZÁVĚSNÉ PŘEVODNÍ		HS005	HS008	HS012	HS018	HS025	HS040
	OBJEM	l	5	8	12	18	25	40
	PRŮMĚR	mm	160	200	270	270	290	320
	VÝŠKA	mm	325	330	310	425	468	580
	PŘIPOJENÍ	--	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M
	MAX.PRACOVNÍ TLAK	bar	6	6	6	6	6	6
	OBJEDNACÍ KÓD	--	13731	13732	13734	13735	13736	13737

Minimální vnitřní průměr expanzního potrubí:

- maximální výkon zdroje (výměníku): $Q_V = 14 \text{ kW}$

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_V} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{14}$$

$$d_p = 12,2 \text{ mm}$$

Návrh: Cu 15x1,0

10 Návrh izolace potrubí

Poznámka: na návrh tloušťky izolace byl použitý online nástroj na internetovém portálu www.tzb-info.cz, který pracuje na základě vyhlášky č. 193/2007

10.1 Návrh izolace plastového potrubí

Dimenze potrubí [mm]	Tloušťka izolace [mm]	Druh izolace -	Souč. prostupu tepla iz. potrubí [W/m · K]	Požadované U [W/m · K]
16x2,6	25	ROCKWOOL -PIPO	0,144	0,15
20x2,9	30	ROCKWOOL -PIPO	0,15	0,15
25X3,7	30	ROCKWOOL -PIPO	0,168	0,18

10.2 Návrh izolace měděného potrubí

Dimenze potrubí [mm]	Tloušťka izolace [mm]	Druh izolace -	Souč. prostupu tepla iz. potrubí [W/m · K]	Požadované U [W/m · K]
16x2,6	13	MIRELON PRO	0,219	0,15
20x2,9	13	MIRELON PRO	0,251	0,15
25X3,7	13	ROCKWOOL -PIPO	0,288	0,18

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



B1. VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU
TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:

Vedoucí práce:

Tomáš Pešek

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

2021

OBSAH

1 ÚVOD	4
1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE.....	4
1.2 OBJEKT	4
1.2.1 <i>Popis objektu</i>	4
1.2.2 <i>Popis provozu objektu</i>	5
1.2.3 <i>Počet osob v objektu</i>	5
2 PODKLADY	5
3 POUŽITÝ SOFTWARE	5
4 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE	6
4.1 KLIMATICKÉ ÚDAJE	6
4.2 KONSTRUKCE.....	6
4.3 VNITŘNÍ VÝPOČTOVÉ TEPLoty	6
4.4 VĚTRÁNÍ OBJEKTU	6
4.5 TEPELNÁ BILANCE.....	7
5 ZDROJ TEPLA	7
5.1 POPIS ZDROJE TEPLA	7
5.1.1 <i>Tepelné čerpadlo</i>	8
5.1.2 <i>Výměník tepla</i>	8
6 POJISTNÉ A ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ	8
6.1.1 <i>Pojistný ventil</i>	8
6.1.2 <i>Expanzní nádoba</i>	8
7 OSTATNÍ ZAŘÍZENÍ	9
7.1 ZÁSOBNÍK TEPLÉ VODY	9
7.2 OSTATNÍ ZAŘÍZENÍ V TECHNICKÉ MÍSTNOSTI	9
7.3 OBĚHOVÁ ČERPADLA	9
7.4 PŘÍVOD VZDUCHU	10
7.5 ODVOD SPALIN	10
8 OTOPNÁ SOUSTAVA	10

8.1	TYP SOUSTAVY.....	10
8.2	VEDENÍ ROZVODŮ	10
8.3	MATERIÁL POTRUBÍ, SPOJOVÁNÍ.....	12
8.4	IZOLACE POTRUBÍ.....	12
8.5	KOTVENÍ POTRUBÍ.....	12
9	SPOTŘEBIČE TEPLA.....	13
9.1	OTOPNÉ PLOCHY.....	13
9.1.1	<i>Otopná tělesa</i>	13
9.1.2	<i>Podlahové vytápění</i>	13
9.2	VZT JEDNOTKY	14
10	REGULACE.....	14
11	ARMATURY.....	14
12	MĚŘENÍ TEPLA	14
13	VYPOUŠTĚNÍ A ODVZDUŠNĚNÍ	15
14	STAVEBNÍ ÚPRAVY	15
15	ZÁVĚR.....	15
15.1	PODMÍNKY UVEDENÍ DO PROVOZU.....	15
15.2	PŘEDPISY A NORMY.....	16

1 Úvod

Předmětem projektu je vytápění rodinného domu. Projekt obsahuje výpočty, výkresovou dokumentaci a technické listy použitých zařízení.

1.1 Identifikační údaje

Název akce:	Vytápění rodinného domu
Druh stavby:	Novostavba
Místo stavby:	p. č. 778/235, Frymburk, 382 79, okres Český Krumlov
Majitel objektu:	Ing. Viktor Červ
Stupeň projektové dokumentace:	Dokumentace pro vydání stavebního povolení

1.2 Objekt

1.2.1 Popis objektu

Jedná se o novostavbu rodinného domu na parcele s parcelním číslem 778/235. Na pozemku se nachází rodinný dům o nepravidelném obdélníkovém půdorysu s maximálními rozměry 21,7 x 9,2 m. Objekt je nepodsklepený a střešní konstrukci tvoří sedlová střecha. Na severní straně před vstupem do domu je situována čtveřice podélných parkovacích stání. Dům je rozdělen na tři části. První, levá část má pouze 1. NP a nachází se zde většina místností bytové jednotky č. 1, kterými jsou: kuchyň s obývacím pokojem, ložnice a koupelna. Druhá, střední část má 1. a 2. NP. V 1. NP je situována společná chodba, předsíň bytové jednotky č. 1 a č. 3, technická místnost a sklad. Nachází se zde také část bytové jednotky č. 2 a to místnosti: kuchyň s obývacím pokojem a WC. V 2. NP, střední části objektu jsou zbylé místnosti bytové jednotky č. 2 a to: chodba, ložnice, koupelna, pokoj č. 1 a pokoj č. 2.

1.2.2 Popis provozu objektu

Rodinný dům je rozdělen na tři provozní celky, kde každým provozním celkem je jedna bytová jednotka. Provoz každého provozního celku je uvažován jako nepřetržitý, tj. 24 hodin denně a 7 dní v týdnu.

Všechny místnosti v objektu jsou uvažovány jako vytápěné kromě technické místnosti a skladu.

1.2.3 Počet osob v objektu

Pro rodinný dům je stanoven celkový počet 10 osob. Bytové jednotky č. 1 a č. 3 by měli obývat 3 osoby. V bytové jednotce č. 2 se uvažuje se 4 osobami.

2 Podklady

- Slepé půdorysy jednotlivých podlaží
- Řez objektem
- Situace
- Umístění objektu

Tyto podklady byly poskytnuty majitelem objektu ke zpracování předmětu 125P02C v zimním semestru v akademickém roce 2020/2021, kde byly v rámci předmětu rozšířeny nebo doplněny například o rozmístění zařizovacích předmětů.

3 Použitý software

- Autodesk AutoCAD 2021
- TechCON X STUDENT VERSION
- Microsoft Excel
- Microsoft Word

4 Základní technické údaje

4.1 Klimatické údaje

Dle ČSN EN 12831-1 objekt leží v klimatické oblasti Český Krumlov s nadmořskou výškou 489 m. n. m. V lokalitě se uvažuje venkovní výpočtová teplota $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Venkovní teplota pro zahájení vytápění je $13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hodnota průměrné venkovní teploty za otopné období je stanovena na $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a počet otopných dnů je 254 dní.

4.2 Konstrukce

Součinitele prostupů tepla jednotlivých konstrukcí byly vypočítány na základě navržených skladeb jednotlivých konstrukcí, viz výpočty kapitola č. 1.1. Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti materiálů byly převzaty z ČSN 730540-3 nebo byly použity z podkladů výrobců stavebních materiálů.

4.3 Vnitřní výpočtové teploty

Pro výpočet tepelných ztrát se uvažuje s těmito vnitřními výpočtovými teplotami: na chodbách a v předsíních s $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, v obytných místnostech s $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, na WC s $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, v koupelnách s $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ a na nevytápěné půdě s teplotou $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hodnoty byly převzaty z ČSN 730540-3.

4.4 Větrání objektu

V rodinném domě je využit systém nucené větrání se zpětným získáváním tepla a ohřevem vzduchu, které bude pro každou bytovou jednotku zajišťovat vlastní vzduchotechnická jednotka.

Čerstvý vzduch bude přiváděn do obytných místností (ložnice, pokoje a obývací pokoje). Znečištěný vzduch bude odváděn z koupelen a WC.

Množství přiváděného vzduchu je určeno podle počtu osob a to s požadavkem $25\text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{os}$.

Pro každou bytovou jednotku byla navržena vzduchotechnická jednotka Duplex 170 EC5, viz výpočty kapitola č. 1.4.

4.5 Tepelná bilance

Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností byl proveden pomocí softwaru TechCON X, viz výpočty kapitola č. 1.3.

- tepelná ztráta prostupem tepla:	5,327 kW
- tepelná ztráta větráním:	0,570 kW
- výkon na dohřev vzduchu ve VZT jednotkách:	0,744 kW
- celková tepelná ztráta objektu:	6,641 kW
- roční potřeba tepla na vytápění a ohřev vzduchu ve VZT jednotkách:	14,620 MWh/rok
- roční potřeba tepla na ohřev TV:	10,207 MWh/rok
- celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TV:	24,827 MWh/rok
- roční potřeba elektrické energie:	5,911 MWh/rok
- potřebný výkon na vytápění:	6,641 kW
- potřebný výkon na přípravu TV:	7 kW
- maximální potřebný výkon:	7 kW

5 Zdroj tepla

5.1 Popis zdroje tepla

Pro vytápění a přípravu teplé vody je navrženo tepelné čerpadlo Mitsubishi Power 75, viz výpočty kapitola č. 5. Tepelné čerpadlo je typu vzduch/voda. Tepelné čerpadlo je navrženo v kombinaci s vnitřní jednotkou ECO ONE HW 14E, která se skládá z výměníku, elektrokotle, oběhového čerpadla a řídicího zařízení.

Tepelné čerpadlo je navrženo na pokrytí celé tepelné ztráty objektu a výkonu na přípravu teplé vody. Až do teploty venkovního vzduchu $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ postačí výkon tepelného čerpadla. Při nižší teplotě venkovního vzduchu než je hodnota $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ už nepostačí samotné tepelné čerpadlo. V těchto případech bude v provozu i elektrokotel. Mezi tepelným čerpadlem a výměníkem bude proudit chladivo.

5.1.1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo má jmenovitý topný výkon 7,5 kW. Při exteriérové teplotě -10 °C a teplotě výstupní vody 55°C výrobce udává výkon tepelného čerpadla 7,3 kW. Celoroční topný faktor tepelného čerpadla je 4,2. Rozměry jsou 1020x2050x450 mm. Tepelné čerpadlo bude umístěno před objektem na levé straně.

5.1.2 Výměník tepla

Výměník tepla včetně elektrokotle o rozměrech 630x714x235 mm bude umístěn na stěně v technické místnosti. Výrobce uvádí výkon elektrokotle 6 kW. Výkon výměníku tepla je 14 kW. Ve výměníku tepla je zabudováno oběhové čerpadlo, které zajišťuje potřebný průtok mezi výměníkem a termohydraulickým rozdělovačem.

6 Pojistné a zabezpečovací zařízení

Jako pojistné zařízení je navržen pojistný ventil. Jako zabezpečovací zařízení bude sloužit expanzní nádoba.

6.1.1 Pojistný ventil

Pro nadměrný přetlak otopné soustavy je navržen pojistný ventil IVAR.PV KD DN 25 s otevíracím přetlakem 2,5 bar, viz výpočty kapitola č. 9.1. Pojistný ventil bude umístěn na předem připraveném potrubí vycházejícím z horní strany výměníku.

6.1.2 Expanzní nádoba

Pro vyrovnání objemových změn teplotnosné látky v otopné soustavě je navržena expanzní nádoba AQUAFILL HS005 o objemu 5 l, průměru 160 mm a maximálním pracovním tlaku 6 bar, viz výpočty kapitola č. 9.2. Expanzní nádoba bude zavěšena na stěně v technické místnosti.

7 Ostatní zařízení

7.1 Zásobník teplé vody

Pro přípravu teplé vody je navržen zásobník teplé vody Regulus RBC 300 HP o celkovém objemu 299 l vody, viz výpočty kapitola č. 3.1. Užitený objem zásobníku je 276 l vody. Zásobník bude umístěn v technické místnosti. Výška zásobníku je 1710 mm a průměr včetně izolace je 610 mm.

7.2 Ostatní zařízení v technické místnosti

Pro vyrovnání tlaků otopné soustavy je navržen termohydraulický rozdělovač Aquatech HVT32/x o průměru 65 mm a maximálním průtoku 1,6 m³/h, viz výpočty kapitola č. 7. Termohydraulický rozdělovač bude umístěn na stěně vpravo od výměníku tepla.

Pro rozvětvení primárního otopného okruhu na jednotlivé bytové větve je vybrán rozdělovač/sběrač Regulus HV 70/125-4 (dále jako hlavní rozdělovač/sběrač Regulus) se čtyřmi okruhy. Tři otopné okruhy (větve č. 1-3) jsou se směřováním topné vody. Čtvrtý otopný okruh (větve č. 4) vedoucí do zásobníku teplé vody je bez směšování topné vody. Rozdělovač/sběrač je umístěn na stěně.

Dále se v technické místnosti nachází rozdělovače topných okruhů REHAU HKV-D z nerezové oceli se čtyřmi a dvěma topnými okruhy.

7.3 Oběhová čerpadla

Pro každou topnou větev i větev vedoucí k zásobníku teplé vody je navrženo oběhové čerpadlo.

- Pro topné větve č. 1 a č. 3, které zajišťují vytápění bytové jednotky č. 1 a č. 3, jsou navržena oběhová čerpadla Grundfos ALPHA2 25-40 130 s funkcí autoadapt, viz výpočty kapitola č. 8.1 a 8.3.

- Pro topnou větev č. 2, která zajišťuje vytápění bytové jednotky č. 2, je navrženo oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2 32-40 180 také s funkcí autoadapt, viz výpočty kapitola č. 8.2.

- Pro větev vedoucí k zásobníku teplé vody zajišťující ohřev teplé vody je navrženo oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2 32-40 180 bez aktivované funkce autoadapt, viz výpočty kapitola č. 8.4. Toto oběhové čerpadlo poběží na 1. stupeň otáček.

Funkce autoadapt automaticky přizpůsobuje chod oběhového čerpadla požadavkům topných větví. Funkce autoadapt reguluje průtok a tlak podle potřeby otopné větve.

7.4 Přívod vzduchu

V technické místnosti se nenachází žádné zařízení, které by pro svůj správný provoz mělo požadavky na přívod vzduchu.

7.5 Odvod spalin

V technické místnosti není umístěno žádné zařízení, které by produkovalo škodlivé látky nebo by mělo požadavky na odvod spalin.

8 Otopná soustava

8.1 Typ soustavy

V objektu je navržena dvoutrubková, teplovodní otopná soustava s nuceným oběhem. Teplotní spád soustavy je 37/32 °C, jak pro desková a žebříková otopná tělesa, tak pro podlahové vytápění. Soustava má čtyři větve, kde tři větve slouží k vytápění a jedna větev k ohřevu teplé vody. Součástí soustavy je expanzní nádoba pro vyrovnání objemových změn otopné vody a pojistný ventil.

8.2 Vedení rozvodů

Primární okruh vedoucí z výměníku tepla přes termohydraulický rozdělovač je v hlavním rozdělovači/sběrači Regulus rozdělen již na zmíněné 4 větve. Tři otopné větve zajišťují vytápění bytových jednotek, kde každá bytová jednotka má samostatnou otopnou větev. Čtvrtá větev vedoucí k zásobníku teplé vody slouží k ohřevu teplé vody.

Větev č. 1 (pro bytovou jednotku č. 1) vedoucí z hlavního rozdělovače/sběrače Regulus vede v technické místnosti po stěně do rozdělovače topných okruhů HKV-D z nerezové oceli se čtyřmi otopnými okruhy. Vedení jednotlivých okruhů z rozdělovače topných okruhů viz výkres č. 1.

Větev č. 2 (pro bytovou jednotku č. 2) vedoucí z hlavního rozdělovače/sběrače Regulus vede v technické místnosti po stropem do rozdělovače topných okruhů HKV-D z nerezové oceli se dvěma otopnými okruhy a stoupacím potrubím T2 do druhého nadzemního podlaží do rozdělovače topných okruhů HKV-D z nerezové oceli se pěti otopnými okruhy. Vedení jednotlivých okruhů z rozdělovačů topných okruhů viz výkres č. 1 a č. 2.

Větev č. 3 (pro bytovou jednotku č. 3) vedoucí z hlavního rozdělovače/sběrače Regulus vede pod stropem přes obývací pokoj bytové jednotky č. 2 (v podhledu) do skladu, kde je napojena na rozdělovač topných okruhů HKV-D z nerezové oceli se čtyřmi otopnými okruhy. Vedení jednotlivých okruhů z rozdělovače topných okruhů viz výkres č. 1.

V prvním nadzemním podlaží je potrubí podlahového vytápění Rautherm S 17x2,0 mm vedeno v systémové desce Varionova. Potrubí Rautitan stabil vedoucí k otopným tělesům je vedeno v horní vrstvě tepelné izolace skladby podlahy. Potrubí Rautitan stabil vedoucí ke vzduchotechnickým jednotkám je vedeno v drážce ve stěně a v nevytápěné půdě.

V druhém nadzemním podlaží je potrubí podlahového vytápění Rautherm S 17x2,0 mm vedeno v systémové desce Varionova. Potrubí Rautitan stabil vedoucí k otopným tělesům je vedeno v kročejové izolaci skladby podlahy. Potrubí Rautitan stabil vedoucí ke vzduchotechnické jednotce je vedeno v drážce ve stěně a následně v tepelné izolaci skladby šikmé střechy a nakonec v nevytápěné půdě.

Měděné potrubí v technické místnosti je vedeno po stěně a měděné potrubí vedoucí z tepelného čerpadla do výměníku je před objektem vedeno v zemi a v objektu v tepelné izolaci skladby podlahy prvního nadzemního podlaží

8.3 Materiál potrubí, spojování

V otopné soustavě je navrženo měděné a plastové potrubí. Měděné potrubí je použito od tepelného čerpadla k jednotlivým rozdělovačům topných okruhů HKV-D z nerezové oceli. Plastové potrubí je použito od rozdělovačů topných okruhů HKV-D z nerezové oceli k podlahovému vytápění, otopným tělesům a vzduchotechnickým jednotkám.

Měděné potrubí bude spojováno měkkým kapilárním pájením pomocí typových tvarovek z mědi. Pro použití závitových spojů budou použity bronzové tvarovky.

Plastové potrubí Rautitan Stabil bude spojováno pomocí fitinek a typových tvarovek.

8.4 Izolace potrubí

Potrubí v 1. NP je vedeno v tepelné izolaci skladby podlahy a nemusí být izolováno, protože jako izolace potrubí bude sloužit tepelná izolace skladby podlahy, která zabrání tepelnému toku směrem k zemině. V ostatních případech bude potrubí izolováno.

Potrubí v 2. NP vedeno v kročejové izolaci tl. 50 mm skladby podlahy nemusí být opět izolováno, protože v prostoru pod i nad touto vrstvou kročejové izolace je vytápěný prostor. Do tloušťky kročejové izolace 50 mm by se navržená izolace nevešla a bylo by nevhodné nějak zasahovat do nosné stropní konstrukce a oslabovat ji. V ostatních případech bude potrubí izolováno.

Měděné potrubí bude vždy izolováno. Rozměry navržené potrubní izolace s hliníkovou fólií Rockwool 800 viz výpočty kapitola č. 10.

8.5 Kotvení potrubí

Rozvody měděného potrubí v technické místnosti po stěně a pod stropem a ve skladě pod stropem a po stěně budou kotveny pomocí objímek s pryžovou vystýlkou, které budou uchyceny do zdiva. Maximální doporučené vzdálenosti objímek jsou dány v závislosti na dimenzi potrubí a to: 15x1,0 – 1,25 m, 28x1,5 – 2,25 m, 35x1,5 – 2,75 m.

Rozvody plastového potrubí budou uchyceny v nevytápěné půdě a to pomocí plastových příchytek výrobce.

9 Spotřebiče tepla

9.1 Otopné plochy

Po výpočtu tepelných ztrát jednotlivých místností v programu Techcon X byly následně navrženy v programu Techcon X jednotlivá otopná tělesa a plochy podlahového vytápění, viz výpočty kapitola č. 2.

9.1.1 Otopná tělesa

Desková otopná tělesa jsou navržena od firmy Korado typu Radik VK nebo VKL se spodním připojením, rozměry a přesné označení viz výpočty kapitola č. 2.2. Desková otopná tělesa jsou navržena v chodbě, předsíních bytové jednotky č. 1 a č. 3 a v ložnicích všech bytových jednotek a jsou umístěna 50 mm od stěny a 200 mm nad podlahou. Umístění deskových otopných těles viz výkres č. 1 a č. 2.

Trubková otopná tělesa jsou navržena taktéž od firmy Korado. Trubková otopná tělesa jsou typu Koralux Linear Max – M se středovým napojením, rozměry a přesné označení viz výpočty kapitola č. 2.2. Trubková tělesa jsou navržena v koupelnách všech bytových jednotek. Umístění trubkových otopných těles je 50 mm od stěny a 400 mm od podlahy viz výkres č. 1 a č. 2.

Desková otopná tělesa budou upevněna pomocí navrtávacích konzol 15/120. Trubková otopná tělesa budou uchycena na stěnu pomocí upevňovací sady.

9.1.2 Podlahové vytápění

Podlahové vytápění je navrženo ve všech kuchyních s obývacími pokoji, koupelnách a v pokojích č. 1 a č. 2. Potrubí podlahového vytápění je ze zesíťovaného polyetylenu PE-Xa Rautherm S o rozměrech 17x2,0 mm. Potrubí bude uloženo do systémové desky REHAU Varionova 11 mm. Po obvodu všech ploch podlahového vytápění bude umístěna dilatační páska z PE. Rozvody podlahového vytápění budou zality anhydritovým potěrem. Podlahové vytápění bude napojeno na rozdělovač topných okruhů HKV-D z nerezové oceli.

9.2 VZT jednotky

Vzduchotechnické jednotky budou zajišťovat nucené větrání objektu a při velmi nízkých exteriérových teplotách, kdy účinnost rekuperace nebude dostačující, budou VZT jednotky ohřívat vzduch na požadovanou teplotu. VZT jednotky jsou vždy umístěny v nevytápěné půdě nad bytovými jednotkami. Pro zajištění ohřevu vzduchu jsou připojeny na otopnou soustavu. VZT jednotky mají vlastní oběhové čerpadlo, třícestný a redukční ventil. Tato zařízení a armatury jsou součástí dodávky VZT jednotek.

10 Regulace

Výkon otopné soustavy bude řízen podle exteriérové teploty a zároveň podle požadavků uživatelů. Díky třem otopným větvím bude každá bytová jednotka řízena samostatně. Poskytnutý výkon tepelného čerpadla bude použit na vytápění nebo na přípravu teplé vody. Otopná tělesa budou regulována pomocí termostatických hlavic a podlahové vytápění bude regulováno pomocí čidla teploty, které bude předávat informace oběhovému čerpadlu.

11 Armatury

V projektu byly podrobněji navrženy třícestné ventily (viz výpočty kapitola č. 6), redukční ventily (viz výpočty kapitola č. 8) a pojistný ventil (viz výpočty kapitola č. 9.1). Další armatury byly navrženy na základě dimenze potrubí.

Seznam dalších použitých armatur a zařízení: KK – kulový kohout, KKV – kulový kohout s vypouštěním, VV – vypouštěcí ventil, OV – odzdušňovací ventil, PV – pojistný ventil, TCV – třícestný ventil, RV – redukční ventil, K – kalorimetr, M – manometr, T – teploměr, F – filtr, ZK – zpětná klapka, Č – oběhové čerpadlo.

12 Měření tepla

Pro každou bytovou jednotku bude na příslušném potrubí umístěn kalorimetr pro měření odebraného tepla. Kalorimetry budou umístěny v technické místnosti pro snadné a rychlé odečtení spotřebovaného tepla. Kalorimetr bude vždy umístěn na zpětném potrubí s čidlem na přívodním potrubí.

13 Vypouštění a odvzdušnění

Vypouštění soustavy je možné provést pomocí kulových kohoutů s vypuštěním nebo vypouštěcích ventilů v nejnižším místě soustavy. Primární okruh lze vypustit přes termohydraulický rozdělovač. Hlavní rozdělovač/sběrač Regulus má vlastní vypouštěcí ventil. Jednotlivé otopné větve lze vypustit v jejich nejnižším místě kde je umístěn kulový kohout s vypuštěním nebo vypouštěcí ventil.

Odvzdušnění otopné soustavy lze provést na jednotlivých otopných tělesech a v nejvyšších bodech potrubí vedených po stěně nebo pod stropem pomocí odvzdušňovacích ventilů.

14 Stavební úpravy

Pro správné umístění zařízení otopné soustavy budou potřeba tyto stavební úpravy:

- Zhotovit před objektem podstavec pro tepelné čerpadlo
- Připravit uchycení pro zařízení v technické místnosti tj. pro: výměník tepla, termohydraulický rozdělovač, hlavní rozdělovač/sběrač Regulus, rozdělovač topných okruhů HKV-D z nerezové oceli

15 Závěr

15.1 Podmínky uvedení do provozu

Po dokončení montáže otopné soustavy včetně všech zařízení, které musí být nainstalovány podle technických listů a návodů výrobců bude otopná soustava propláchnuta pro zbavení se možných nečistot v potrubí. Všechny regulační ventily se nechají naplno otevřené, aby se docílilo maximálního průtoku v otopné soustavě. Po té se otopná soustava vypustí, vyčistí se filtry a znovu se napustí.

Provede se zkouška těsnosti přetlakem 250 kPa, která bude trvat minimálně 6 hodin. Při této zkoušce je odpojený pojistný ventil i expanzní nádoba. Během zkoušky se nesmí projevit pokles tlaku.

Při topné zkoušce budou nastaveny a seřizeny všechna zařízení a armatury. Provedením topné zkoušky také zkontrolujeme rovnoměrné ohřívání otopných těles, správnou funkci všech armatur, regulačních ventilů, kalorimetrů, pojistných a zabezpečovacích zařízení.

15.2 Předpisy a normy

ČSN 73 0540-2	Tepelná ochrana budov – část 2: Požadavky
ČSN 73 0540-3	Tepelná ochrana budov – část 3: Návrhové hodnoty veličin
ČSN 06 0310	Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž
ČSN 06 0320	Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody – Navrhování a projektování
ČSN EN 12831-1	Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu
ČSN EN 12828+A1	Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav