



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

NÁVRH VYTÁPĚNÍ A VZDUCHOTECHNIKY NOVOSTAVBY S NÍZKÝMI ENERGETICKÝMI NÁKLADY

DESIGN OF HEATING AND VENTILATION SYSTEM FOR THE BUILDING WITH LOW ENERGY COSTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Halm

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav:	Energetický ústav
Student:	Bc. Petr Halm
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Technika prostředí
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh vytápění a vzduchotechniky novostavby s nízkými energetickými náklady

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jelikož moderní domy vynikají dobrými izolačními vlastnostmi, je nezbytné využití vzduchotechniky, která se stará o udržení vhodného vnitřního prostředí. Provoz větracího systému přímo ovlivňuje tepelné ztráty domu, které je zapotřebí pokrýt vhodným otopným systémem. Pro dosažení nízké spotřeby energie a tím i nízkých provozních nákladů budovy je tedy zapotřebí oba systémy navrhovat současně a vybírat vhodné zdroje tepla pro pokrytí tepelných ztrát budovy.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je návrh otopné soustavy a větracího systému pro rodinný dům s nízkými energetickými náklady. Součástí návrhu bude výpočet tepelných ztrát, tepelných zisků a volba vhodného zdroje tepla.

Seznam literatury:

Chyský, J., Hemzal, K., (1993): Větrání a klimatizace, Technický průvodce, svazek 31, Praha

Székyová, M., Ferstl, K., Nový, R. (2006): Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava.

ČSN EN 12 831 (2005): Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu. ÚNMZ. Praha

Gebauer, G., Rubinová, O., Horká, H. (2005): Vzduchotechnika, ERA group, Brno

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh zdroje vytápění, otopné soustavy a větrání novostavby rodinného domu. Projekční návrh domů poskytla společnost Keeo4design. Tento návrh obsahuje komplex dvou domů. První z nich slouží k obytným účelům, druhý je tvořen převážně garáží. Práce se zaměřuje na výpočet tepelných ztrát objektů. Následně na návrh zdroje vytápění, otopné soustavy, větracího systému a jejich regulaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

tepelné ztráty, otopná soustava, tepelné čerpadlo, větrání, větrací jednotka, zpětné získávání tepla

ABSTRACT

The thesis is aimed on a proposal from heating sources, heating systems and ventilation of family house. Designing of a house is provided by Keeo4design. This proposal contains a complex of two houses. The first one is used for residential purposes, the other is made up of mostly parking garages. The work focuses on heat loss calculation objects. Subsequently, on a proposal from heating sources, heating systems, ventilation systems and their regulation.

KEYWORDS

heat losses, heating systems, heat pumps, ventilation, ventilation unit, heat recovery

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Halm, P. *Návrh vytápění a vzduchotechniky novostavby s nízkými energetickými náklady*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 142 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jiřího Hejčíka, Ph.D a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. května 2016

.....

Petr Halm

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří hlavně mým rodičům, kteří mi umožnili studium a podporovali mě při něm ve všech možných oblastech. Dále bych rád poděkoval mému vedoucímu práce Ing. Jířímu Hejčíkovi Ph.D. za konzultace, cenné názory a společnosti Keeo4design za poskytnutí projekčních návrhů domů.

OBSAH

Úvod	15
1 Popis objektu	17
2 Výpočet tepelných ztrát objektů	21
2.1 Navrhovaná tepelná ztráta prostupem tepla	23
2.1.1 Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí	23
2.1.2 Tepelné ztráty nevytápěným prostorem	26
2.1.3 Tepelné ztráty do přilehlé zeminy	26
2.1.4 Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostor při různých teplotách	28
2.2 Návrhová tepelná ztráta větráním garáže	29
2.2.1 Návrhová tepelná ztráta větráním garáže	30
2.2.2 Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	30
2.2.3 Hygienické množství vzduchu	31
2.2.4 Infiltrace obvodovým pláštěm budovy – množství vzduchu	31
2.3 Návrhová tepelná ztráta větráním rodinného domu	32
2.3.1 Návrhová tepelná ztráta větráním rodinného domu	33
2.3.2 Stanovení množství přiváděného vzduchu	33
2.3.3 Množství přiváděného vzduchu	34
2.3.4 Rozdíl množství nuceně odváděného a přiváděného vzduchu	34
2.4 Zátopový tepelný výkon	35
2.5 Návrhový tepelný výkon	36
3 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody	37
3.1 Potřeba tepla pro vytápění	37
3.2 Potřeba tepla pro ohřev teplé vody	38
4 Návrh zdroje pro přípravu teplé vody a vytápění rodinného domu	41
4.1 Tepelné čerpadlo vzduch – voda	41
4.1.1 Návrh tepelného čerpadla vzduch – voda	43
4.1.2 Návrh akumulčního zásobníku otopné vody	44
4.2 Návrh zásobníku teplé užitkové vody	45
5 Návrh otopné soustavy rodinného domu	47
5.1 Způsob vedení přípojek k otopným tělesům	48
5.2 Rozvody otopné vody	48
5.2.1 Rozvody otopné vody k otopným tělesům	49
5.2.2 Rozvod otopné vody z akumulční nádrže otopné vody do rozdělovače	50
5.2.3 Rozvod teplé vody z tepelného čerpadla k akumulčním zásobníkům	50
5.3 Volba otopných těles	51

5.4	Hydraulický výpočet otopné soustavy	53
5.4.1	Tlakové ztráty třením	56
5.4.2	Tlakové ztráty místními odpory	57
5.5	Regulace otopné soustavy	59
5.6	Objem vody v otopné soustavě	61
5.7	Návrh zabezpečovacích zařízení	62
5.7.1	Stanovení přetlaků otopné soustavy	63
5.7.2	Návrh expanzních nádob	64
5.7.3	Návrh pojistného zařízení	65
5.8	Návrh čerpadla	67
5.9	Regulace otopného systému	69
5.9.1	Regulace pokojových teplot	69
5.9.2	Regulace oběhových čerpadel a tepelného čerpadla	71
6	Návrh vytápění garáže	73
7	Návrh vzduchotechnického systému	75
7.1	Návrh vzduchotechnické jednotky	75
7.2	Návrh vzduchotechnického potrubí	76
7.3	Návrh potrubní sítě	77
7.4	Tlakové ztráty potrubní sítě	81
7.4.1	Délkové tlakové ztráty	81
7.4.2	Místní tlakové ztráty	84
7.5	Návrh a dimenzování vyústek	84
7.6	Izolace potrubní sítě	86
8	Výpočet tepelných zisků	89
	Závěr	91
	Seznam použitých zkratk a symbolů	100
	Seznam použitých tabulek	105
	Seznam použitých obrázků	106
	Seznam příloh	107

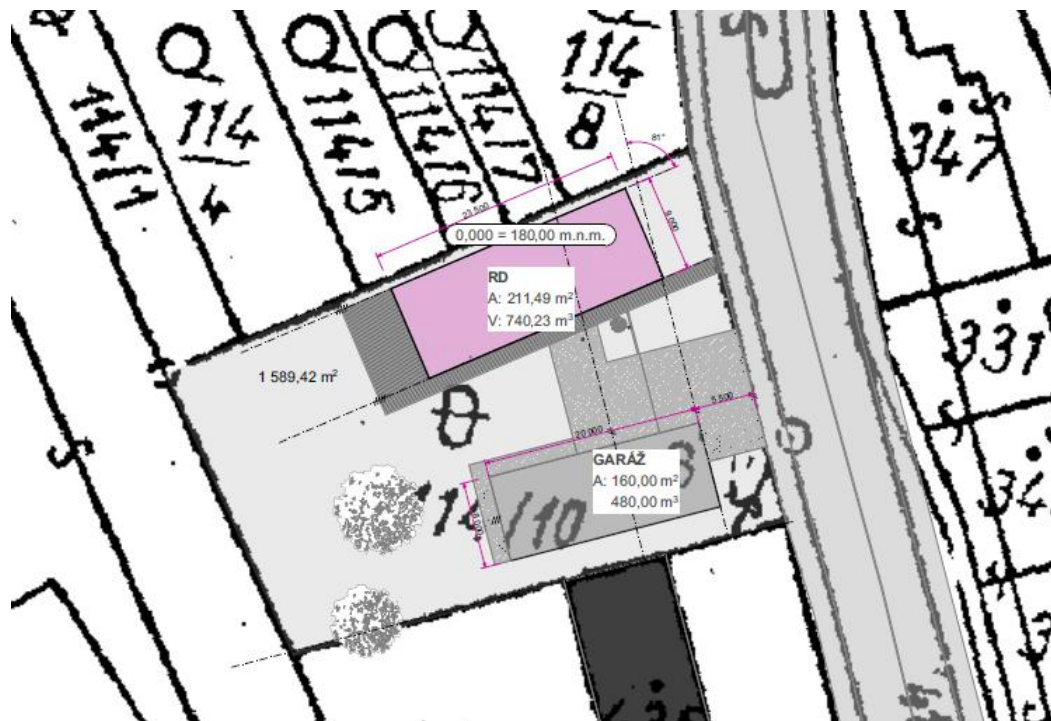
ÚVOD

Trendem dnešní doby je realizace výstavby domů s nízkými energetickými ztrátami. Tyto stavby využívají co nejefektivnějších zdrojů vytápění s nízkými provozními náklady. Na základě tohoto konceptu byl vytvořen, společností Keeo4design, projekční návrh komplexů dvou domů, projektovaných pro obec Velké Němčice, která odpovídá výpočtové lokalitě Brna.

Cílem práce je vytvoření vhodného návrhu otopné soustavy a větracího systému. V první části jsou stanoveny tepelné ztráty objektů a potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Na základě těchto hodnot je vytvořen návrh zdroje vytápění a teplé vody v podobě tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo je zvoleno typu vzduch – voda, které je navrženo pro paralelní – bivalentní provoz. Bivalentní zdroj tepla v podobě elektrického topení, je navržen pro nízké teploty vnějšího vzduchu. Tepelné čerpadlo disponuje nižším tepelným výkonem a jeho výkon by nebyl dostatečný pro nižší teploty venkovního vzduchu. Tepelné čerpadlo je navrženo pro ohřev otopné vody a zároveň teplé vody s využitím dvou akumulčních nádrží. Otopná tělesa jsou navržena pro zajištění pokrytí tepelných ztrát jednotlivých místností. Z důvodu instalace francouzských oken bude většina otopných těles zvolena v konstrukčním provedení podlahových konvektorů. Otopná tělesa jsou hvězdicového zapojení a následně regulována na rozvaděči. Větrací systém je navržen rovnotlaký se zpětným získáváním tepla. Tento systém je navržen, pro distribuci vzduchu do míst potřeby a odvodu vzduchu z míst výskytu škodlivin. Odběrná místa vzduchotechnického systému jsou navržena pro místa se vznikem škodlivin. Tento systém je navržen s ohledem na nízkou úroveň mikroklimatu v závislosti na dobrých těsnících vlastnostech oken, snižující infiltraci vzduchu a nedostatečnému přirozenému větrání okny. Součástí práce je výkresová dokumentace stavebních výkresů, výkresů vytápění, vzduchotechniky a rozvinutého schématu.

1 POPIS OBJEKTU

Řešená novostavba pochází od společnosti Keeo4design. Jedná se o návrh komplexů domů ve Velkých Němčicích. Přesná lokace domů a vyobrazení na katastrální mapě je na obrázku 1.



Obrázek 1 Lokace na katastrální mapě komplexu

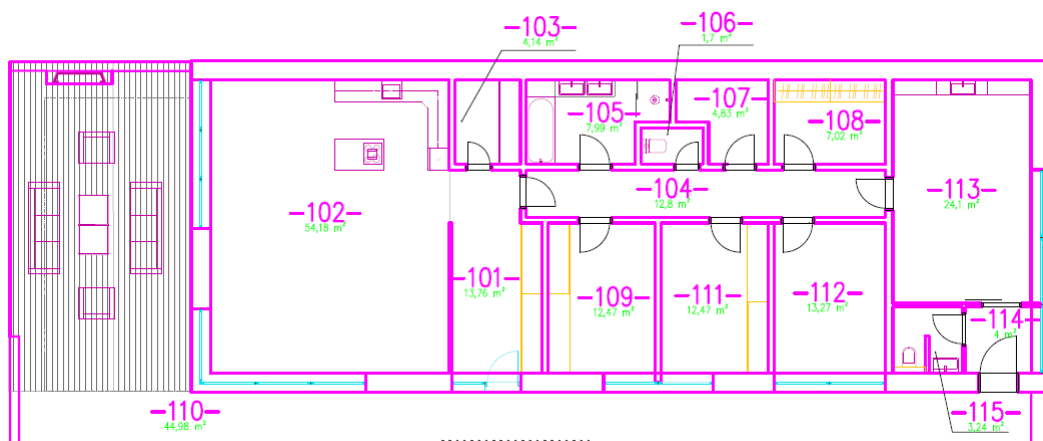
Navrhovaný komplex je tvořen dvěma budovami, z nichž severní, na obrázku 1 značena RD, je tvořen obývacími prostory a relaxačním studiem. Jižní dům neboli garáž dle obrázku 1 je tvořen garáží, domácí pracovnou a společenskou místností.



Obrázek 2 Projekční návrh komplexů domů

POPIS OBJEKTU

Rodinný dům je tvořen 13 místnostmi, z nichž velikosti ploch a navrhované teploty jsou uvedeny v tab. 1 spolu s velikostmi jednotlivých místností. Na obvodové stěny jsou použity cihly Porotherm 44 EKO s tepelněizolační vrstvou Isover EPS 100 s tloušťkou 50 mm, samotné cihly mají tloušťku 400 mm. Vnitřní stěny jsou tvořeny převážně cihlami od společnosti Porotherm s tloušťkou 140 mm, relaxační studio 113 je odděleno cihlami Porotherm 19 AKU z důvodu odhlučnění od ostatních místností. Dům je tvořen pouze francouzskými okny vybavenými izolačním trojsklem. Strop je tvořen nosnou konstrukcí Ytong ekonom. Strop je dále tvořen hydroizolací Vedagard AL-V4E, tepelněizolační vrstvou Isover LAM 30 a parotěsnou vrstvou SBS Sklodex 40. Strop slouží k tepelné izolaci domu s nosným účelem. Střecha tvoří krycí část, má sklon 17° a je tvořena klasickou příhradovou dřevěnou konstrukcí s betonovými střešními taškami Bramac. Dispozice domu je zobrazena na obrázku 3.

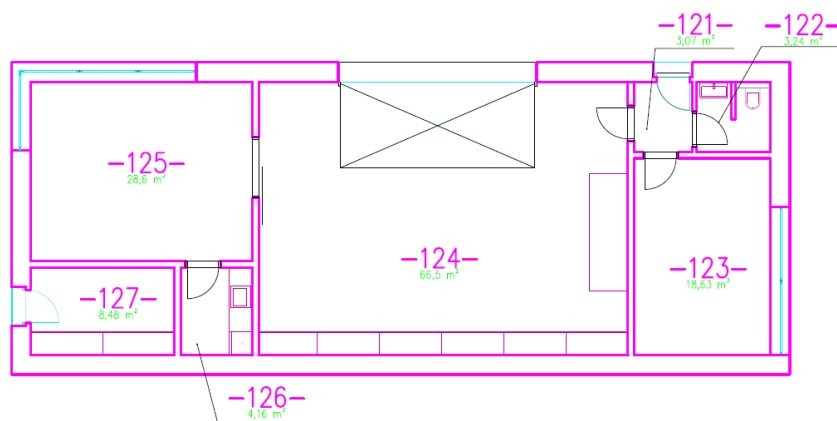


Obrázek 3 Dispozice rodinného domu

Tab. 1 Seznam místností rodinného domu

Údaje o vytápěných místnostech			
Označení místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
	$\Theta_{int,i}$ [°C]	A_i [m ²]	V_i [m ³]
101 - Zádveří	20	13,76	38,23
102 - Obývací prostor	20	54,18	151,46
104 - Chodba	20	12,80	32,00
105 - Koupelna	24	7,99	22,69
106 - WC I	20	1,70	4,83
109 - Pokoj I	20	12,47	35,11
111 - Pokoj II	20	12,47	35,11
112 - Ložnice	20	13,27	37,37
113 - Studio	20	24,10	68,04
115 - WC II	20	3,24	9,20
Celkem		155,98	434,04
Údaje o nevytápěných místnostech			
Označení místností	b-hodnota		teplota
	b_u [na jednotku]	Θ_e [°C]	
103 - Komora	0,16	15	
108- Šatna	0,16	15	
107 - Technická místnost	0,16	15	
114 - Zádveří	0,31	10	
116 - Podkroví	0,7		

Pracovní dům nacházející se jižně je tvořen sedmi místnostmi. Popis místností je uveden v tab. 2. Venkovní stěny jsou tvořeny cihlami typu Porotherm 40 EKO Profi s tepelnou izolací Isover EPS 70F. Vnitřní stěny jsou stejného typu jako rodinný dům a to převážně cihlami Porotherm s tloušťkou 140 mm. Okna jsou osazena izolačními trojskly. Střecha je plochá. Nosná část je tvořena stropními deskami z lehkého keramického betonu (liaporbetonu). Jako hydroizolační vrstva je použit asfaltový pás SBS SKLODEK 40, pro tepelně izolační vrstvu je využit Styrodur 3000 CS a parotěsnou vrstvou Vedagard AL-V4E. Dispozice je zobrazena na obrázku 4.



Obrázek 4 Dispozice garáže

Tab. 2 Seznam místností garáže

Údaje o vytápěných místnostech			
Označení místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
	$\Theta_{int,i}$	A_i	V_i
	[°C]	[m ²]	[m ³]
122 - WC III	20	3,24	9,20
123 - Kancelář	20	18,63	52,91
125 - Odpočinková místnost	18	28,6	81,22
126 - Kuchyň	18	4,16	11,81
Celkem		54,63	155,15
Údaje o nevytápěných místnostech			
Označení místnosti	b-hodnota		teplota
	b_u		Θ_e
	[na jednotku]		[°C]
121 - Zádveří	0,4		
124 - Garáž	0,6		
127- Sklad	0,6		

2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTŮ

Výpočet tepelných ztrát pro oba domy je vytvořen dle normy ČSN EN 12831 [1]. Hodnoty činitelů lineárních prostupů tepla lineárních tepelných mostů jsou dle normy ČSN EN ISO 14683 [2].

Pro ukázkou výpočtu tepelných ztrát prostupem tepla je použita místnost 105 – Koupelna. Tabulka výpočtu tepelné ztráty místnosti 105 – Koupelna je uveden v tab. 3. Ostatní místnosti jsou uvedeny v příloze P1.

Při výpočtu tepelných ztrát větráním uvažujeme pro garáž přirozené větrání, výpočet rodinného domu je proveden pro nucené rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla.

VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTŮ

Tab. 3 Výpočet tepelných ztrát místnosti 105 – Koupelna

105 - Koupelna					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
1	Tep. izolovaná vnější stěna obytného domu	11,22	0,16	1,00	1,74
Celkem stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K 1,74
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	1,00	0,28
R11	Střecha / stěna	0,25	3,95	1,00	0,99
Celkem tepelné mosty					$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K 1,27
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					3,02
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
17	Vnitřní dělicí stěna s obklady (tl. 140 mm)	6,53	1,19	0,16	1,21
17	Vnitřní dělicí stěna s obklady (tl. 140 mm)	3,27	1,19	0,16	0,61
12	Strop rodinného domu	7,99	0,12	0,70	0,66
Celkem stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K 2,48
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,84	0,16	0,02
IW4	Příčka / příčka	0,20	2,84	0,16	0,09
IW4	Příčka / příčka	0,20	2,84	0,16	0,09
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,84	0,16	0,02
IW6	Vnitřní stěna / strop	0,05	8,45	0,16	0,07
Celkem tepelné mosty					$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K 0,29
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					2,76
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		7,99	3,95	4,05	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
10	Podlaha 1. NP s keramickou dlažbou	0,24	0,17	7,99	1,36
Celkem ekvivalentní stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K 1,36
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,53	1,00	0,76
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					1,03
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
17	Vnitřní dělicí stěna s obklady (tl. 140 mm)	0,11	6,94	1,19	0,92
7	Vnitřní dveře	0,11	1,58	1,90	0,33
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					1,25
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K 8,06
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	24,00	
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	36,00	
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W 290,24

2.1 NAVRHOVANÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM TEPLA

Navrhovaná tepelná ztráta prostupem tepla $\theta_{T,i}$ je vypočtena dle rovnice (1). Tato ztráta počítá s tepelnými toky, které prostupují z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, nevytápěných prostor, do přilehlé zeminy nebo prostor vytápěných na rozdílné teploty. Uvažuje také s tepelnými mosty, které tyto toky doprovází.

$$\theta_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (1)$$

$$\theta_{T,i} = (3,01 + 2,76 + 1,03 + 1,24) \cdot (24 - (-12)) = 290,24 \text{ W}$$

Kde:

$H_{T,ie}$ [W/K] je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy;

$H_{T,iue}$ [W/K] ... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u);

$H_{T,ig}$ [W/K] ... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu;

$H_{T,ij}$ [W/K] ... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu;

$\theta_{int,i}$ [°C] ... výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i);

θ_e [°C] ... výpočtová venkovní teplota;

2.1.1 TEPELNÉ ZTRÁTY PŘÍMO DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ

Ztráty přímo do venkovního prostředí zohledňuje součinitel $H_{T,ie}$. Součinitel počítá se všemi stavebními prvky i tepelnými mosty, které oddělují vnitřní prostředí (i) od venkovního prostředí (e). Součinitel $H_{T,ie}$ je počítán z rovnice (2).

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \quad [\text{W/K}] \quad (2)$$

$$H_{T,ie} = 11,21 \cdot 0,15 \cdot 1 + (0,05 \cdot 5,648 \cdot 1 + 0,25 \cdot 3,95 \cdot 1) = 3,02 \text{ W/K}$$

Kde:

A_k [m²] je plocha stavební části (k);

e_l, e_k [-] ... korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům;

U_k [W/ m²·K] ... součinitel prostupu tepla stavebními částmi (k);

l_l [m] ... délka lineárních tepelných mostů (l) mezi vnitřním a venkovním prostředím;

ψ_l [W/m·K] ... činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (l);

2.1.1.1 ČINITEL LINEÁRNÍHO PROSTUPU TEPLA LINEÁRNÍHO TEPELNÉHO MOSTU

Hodnoty činitelů lineárních prostupů tepla lineárních tepelných mostů ψ_l jsou získány z normy ČSN EN ISO 14683 [2].

2.1.1.2 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA STAVEBNÍMI ČÁSTMI

Součinitel prostupu tepla U_k představuje množství tepla, které prostoupí konstrukcí o ploše 1 m² při rozdílu teplot povrchů 1 K. Výměna tepla je uvažována pro ustálený stav mezi dvěma prostředními oddělenými stavební konstrukcí s tepelným odporem R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami. Součinitel prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce je počítán dle rovnice (3) [3]. Ilustrační výpočet je proveden pro stavební část 3 a to vnitřní dělicí stěnu 140 mm. Výpočet je uveden také v tab. 4, ostatní stavební části obou domů jsou uvedeny v příloze P2.

Tab. 4 Součinitel prostupu tepla stavební částí 3 Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)

Kódy		popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	materiál		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]
kódy stavebních částí	Označení stavebních částí					
	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			R_{si}	
	Kód	Název materiálu	d_1	λ_1	$R_1=d_1/\lambda_1$	
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			R_{se}	
	Celková tloušťka a U_k		$\sum d_i$		$\sum R_i$	$1/\sum R_i$
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)					
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	3	Porotherm 14 P Profi	0,14	0,26	0,54	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	Celková tloušťka a U_k		0,16		0,86	1,17

$$U_K = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_k + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (3)$$

$$U_K = \frac{1}{0,13 + 0,02 + 0,54 + 0,02 + 0,13} = 1,17 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Kde:

R_T [m²·K/W] je tepelný odpor celé konstrukce při prostupu tepla;

R_{si} [m²·K/W] ... tepelný odpor při prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce, dle normy ČSN 73 0540-3 [4];

R_k [m²·K/W] ... tepelný odpor konstrukce;

R_{se} [m²·K/W] ... tepelný odpor při prostupu tepla na vnější straně konstrukce, dle normy ČSN 73 0540-3 [5];

Tepelný odpor konstrukce je tepelně izolační vlastnost vrstvy stavebního materiálu, představuje tedy jakou plochou, při jakém teplotním rozdílu na jejich površích dojde k přenosu 1 W a je vypočten dle vztahu (4) [6]. Ilustrační výpočet je uveden pro cihlu Porotherm 14 Profi, jenž je součástí vnitřní dělicí stěny s tloušťkou 140 mm.

$$R = \frac{d_k}{\lambda_k} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}] \quad (4)$$

$$R = \frac{0,14}{0,26} = 0,54 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Kde:

d_k [m] je tloušťka vrstvy konstrukce;

λ_k [W/m·K] ... součinitel tepelné vodivosti;

Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti vychází z katalogů jednotlivých výrobců příslušných výrobců a tabulek portálu TZB – info [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16].

2.1.2 TEPELNÉ ZTRÁTY NEVYTÁPĚNÝM PROSTOREM

Součinitel $H_{T,iue}$ značí tepelné ztráty nevytápěným prostorem (u). Tento prostor leží mezi vytápěným prostorem (i) a venkovním prostředím (e). Součinitel $H_{T,iue}$ je vypočten dle vztahu (3).

$$H_{T,iue} = \sum_k A_K \cdot U_K \cdot b_u + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u \quad [\text{W/K}] \quad (5)$$

$$\begin{aligned} H_{T,iue} &= (6,53 \cdot 1,18 \cdot 0,16 + 3,26 \cdot 1,18 \cdot 0,16 + 7,99 \cdot 0,11 \cdot 0,7) \\ &+ (0,05 \cdot 2,84 \cdot 0,16 + 0,2 \cdot 2,84 \cdot 0,16 + 0,2 \cdot 2,84 \cdot 0,16 + 0,05 \cdot 2,84 \\ &\cdot 0,16 + 0,05 \cdot 8,45 \cdot 0,16) = 2,76 \text{ W/K} \end{aligned}$$

Kde:

b_u [-] je Teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty;

Teplotní redukční činitel b_u lze určit třemi postupy. První postup na základě stanovení nebo navržení teploty nevytápěného prostoru θ_u dle rovnice (6). Druhý postup spočívá na součinitelích H_{iu} a H_{ie} dle rovnice (7). Poslední způsob stanovuje redukční činitel b_u dle národní přílohy k této normě. Neexistují-li národní hodnoty, použijí se hodnoty uvedené hodnoty normy ČSN EN 12831 [1], dle tabulky D.4.2.

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (6)$$

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} - H_{ue}} \quad [-] \quad (7)$$

Kde:

H_{iu} [W/K] je součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem (i) a nevytápěným prostorem (u);

H_{ue} [W/K] ... součinitel tepelné ztráty prostupem z nevytápěného prostoru (e) do venkovního prostředí (e);

2.1.3 TEPELNÉ ZTRÁTY DO PŘILEHLÉ ZEMINY

Součinitel tepelné ztráty $H_{T,ig}$ vyjadřuje tepelné ztráty podlahou a základovými stěnami přímým či nepřímým stykem s přilehlou zemínou. Při výpočtu jsou brány hodnoty součinitele prostupu tepla U_k pro podlahy od podlahové krytiny po hydroizolaci.

Součinitel tepelné ztráty $H_{T,ig}$ je vypočten vztahem (8).

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad [\text{W/K}] \quad (8)$$

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot 0,47 \cdot (7,99 \cdot 0,17) \cdot 1 = 1,03 \text{ W/K}$$

Kde:

A_k	$[\text{m}^2]$	je	plocha stavební části (k), které se dotýkají zeminy
G_w	$[-]$...	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody, stanoven dle ČSN EN 12831 přílohy D.4.3;
$U_{equiv,k}$	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$...	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavebními částmi (k);
f_{g1}	$[-]$...	korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty, je určen dle rovnice (9);
f_{g2}	$[-]$...	teplotní redukční činitel;

Hodnota korekčního součinitele f_{g1} je určena dle hodnot obsažené v normě ČSN EN 12831 přílohy D.4.3.

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (9)$$

$$f_{g2} = \frac{24 - 5}{24 - (-12)} = 0,53$$

Kde:

$\theta_{m,e}$ $[\text{°C}]$ je roční průměrná venkovní teplota;

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí $U_{equiv,k}$ je funkcí součinitele prostupu tepla a charakteristickým parametrem B' . Hodnota tohoto součinitele je určena dle normy ČSN EN 12831 tabulky 4. Podlahová deska je uvažována na zemině. Určení charakteristického B' je dle rovnice (10).

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \quad [\text{m}] \quad (10)$$

$$B' = \frac{7,99}{0,5 \cdot 3,95} = 4,04 \text{ m}$$

Kde:

A_g [m²] je plocha uvažované podlahové konstrukce. Pro budovu se stanoví jako celková plocha podlahové konstrukce;

P [m] ... obvod uvažované podlahové konstrukce;

2.1.4 TEPELNÉ ZTRÁTY DO NEBO Z VYTÁPĚNÝCH PROSTOR PŘI RŮZNÝCH TEPLOTÁCH

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostor vyjadřuje $H_{T,ij}$ a je počítán dle rovnice (11). Tato ztráta charakterizuje tok tepla prostupující z vytápěného prostoru (j) do vytápěného na jinou teplotu jako například koupelna (105).

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad [\text{W/K}] \quad (11)$$

$$H_{T,ij} = 0,11 \cdot 6,94 \cdot 1,19 + 0,11 \cdot 1,58 \cdot 1,9 = 1,25 \text{ W/K}$$

Kde:

$f_{i,j}$ [-] je redukční teplotní činitel, koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtovou teplotou, vypočten dle vzorce (12);

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vsp}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (12)$$

$$f_{i,j} = \frac{24 - 20}{24 - (-12)} = 0,11$$

Kde:

θ_{vsp} [°C] je teplota vytápěného sousedního prostoru;

2.2 NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM GARÁŽE

Větrání garáže je realizováno pomocí přirozeného větrání. U přirozeného větrání je předpokládána teplota infiltrovaného vzduchu totožná s teplotou venkovního vzduchu. Jako modelová místnost je použita kancelář (123). Výpočet větrání všech místností je uveden v tab. 5.

Tab. 5 Výpočet tepelné ztráty větráním garáže

Označení místnosti			122 - WC III	123 - Kancelář	125 - Dílna	126 - Kuchyně	Celkem	
Objem místnosti	V_i	m^3	9,20	52,91	81,22	11,81	155,15	
Výpočtová venková teplota	θ_e	$^{\circ}C$	-12					
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{int,i}$	$^{\circ}C$	20	20	18	18		
Teplotní rozdíl	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$^{\circ}C$	32	32	30	30		
Nejmenší hygienické požadavky	Nejmenší hygienická intenzita výměny vzduchu	$n_{min,i}$	h^{-1}	0,70	0,50	0,50	0,50	
	Nejmenší hygienické množství vzduchu	$V_{min,i}$	m^3/h	6,44	26,45	40,61	5,91	
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	-	na jedn.	0,00	2,00	4,00	0,00	
	Intenzita výměny vzduchu při 50Pa	n_{50}	h^{-1}	3,00				
	Činitel zaclonění	e	na jedn.	0,00	0,03	0,03	0,00	
	Výškový korekční činitel	ϵ	na jedn.	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e \cdot \epsilon$	$V_{inf,i}$	m^3/h	0,00	9,52	14,62	0,00	24,14
Výpočet tepelné ztráty větráním	Zvolená výpočtová hodnota $V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i})$	V_i	m^3/h	6,44	26,45	40,61	5,91	
	Návrhový součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i}$	W/K	2,19	8,99	13,81	2,01	
	Návrhové tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	$\Phi_{V,i}$	W	70,08	287,83	414,24	60,25	832,40

2.2.1 NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM GARÁŽE

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Theta_{V,i}$ je vypočtena dle vzorce (13).

$$\theta_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (13)$$

$$\theta_{V,i} = 8,99 \cdot (20 - (-12)) = 287,83 \text{ W}$$

Kde:

$H_{V,i}$ [W/K] je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním, stanoven dle vzorce (15);

$\theta_{int,i}$ [°C] ... vnitřní výpočtová teplota;

2.2.2 SOUČINITEL NÁVRHOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{V,i}$ je vypočten dle vzorce (14).

$$H_{V,i} = \dot{V}_l \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W/K}] \quad (14)$$

Kde:

ρ [kg/m³] je hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$;

c_p [kJ/kg·K] ... měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$;

\dot{V}_l [m³/s] ... výměna vzduchu ve vytápěném prostoru dle vzorce (16);

Za předpokladu konstantních ρ a c_p lze vzorec zjednodušit (14) na vzorec (15), který je použit pro výpočet $H_{V,i}$.

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_l \quad [\text{W/K}] \quad (15)$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot 26,45 = 8,99 \text{ W/K}$$

Kde je \dot{V}_l ve vzorci vyjádřeno v metrech krychlových za hodinu (m³/h).

Velikost hodnoty výměny vzduchu vytápěného prostoru \dot{V}_l je určena dle maxima z hodnot výměny vzduchu infiltrací $\dot{V}_{inf,i}$ spárami, styky obvodového pláště budovy a dle minimálního hygienického množství vzduchu $\dot{V}_{min,i}$.

$$\dot{V}_l = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (16)$$

$$\dot{V}_l = \max(9,52; 26,45)$$

2.2.3 HYGIENICKÉ MNOŽSTVÍ VZDUCHU $\dot{V}_{min,i}$

Toto množství se vyžaduje z hygienických důvodů. Minimální množství je stanoveno dle rovnice (17). Hodnoty minimální výměny intenzity vzduchu jsou stanoveny v souladu s normou ČSN EN 12831 a dle požadavků na větrání obytných budov ČSN EN 15665/Z1 [1], [17].

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (17)$$

$$\dot{V}_{min,i} = 0,5 \cdot 52,91 = 26,45 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kde:

n_{min} [h⁻¹] je minimální intenzita výměny venkovního vzduchu;

V_i [m³] ... objem vytápěné místnosti, vypočtené z vnitřních rozměrů;

2.2.4 INFILTRACE OBVODOVÝM PLÁŠTĚM BUDOVY – MNOŽSTVÍ VZDUCHU $\dot{V}_{inf,i}$

Toto množství vzduchu je způsobeno působením větru a účinku vztlaku na plášť budovy. Množství vzduchu je vypočteno dle rovnice (18). Hodnoty intenzit výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa (n_{50}) jsou určeny dle normy ČSN 73 0540-2 Větrání budovy a šíření vzduchu [18].

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (18)$$

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot 52,91 \cdot 3 \cdot 0,03 \cdot 1 = 9,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kde:

n_{50} [h⁻¹] je intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodu vzduchu;

e_i [-] ... stínící činitel určen dle ČSN 12831 tabulky D.8;

ε_i [-] ... výškový korekční součinitel určen dle ČSN 12831 tabulky D.9;

2.3 NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM RODINNÉHO DOMU

V rodinném domě je využito rovnotlakého větracího systému se zpětným získáváním tepla. Rovnotlaké větrací systémy zajišťují nucený přívod čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu, který předává teplo přes tepelný výměník čerstvému vzduchu, čímž se snižuje spotřeba tepla na ohřev venkovního vzduchu. Výpočet je uveden v tab. 6. Jako modelová místnost je použita 113 – Studio.

Tab. 6 Výpočet tepelné ztráty větráním rodinného domu

Označení místnosti			101 - Závěří	102 - Obývací prostor	104 - Chodba	105 - Koupelna	106 - WC I	109 - Pokoj I	111 - Pokoj II	112 - Ložnice	113 - Studio	115 - WC II	Celkem	
Objem místnosti	V_i	m^3	38,23	151,5	32	22,69	4,828	35,11	35,11	37,37	68,04	9,202	434	
Výpočtová venkovní teplota	θ_e	$^{\circ}C$	-12											
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{rt,i}$	$^{\circ}C$	20	20	20	24	20	20	20	20	20	20		
Teplotní rozdíl	$\theta_{rt,i} - \theta_e$	$^{\circ}C$	32	32	32	36	32	32	32	32	32	32		
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	-	na jedn.	2	7	0	0	0	1	1	1	2	0	
	Intenzita výměny vzduchu při 50Pa	n_{50}	h^{-1}	1										
	Činitel zaclonění	e	na jedn.	0,03	0,03	0	0	0	0,02	0,02	0,02	0,03	0	
	Výškový korekční činitel	ϵ	na jedn.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e \cdot \epsilon$	$V_{inf,i}$	m^3/h	2,29	9,09	0,00	0,00	0,00	1,40	1,40	1,49	4,08	0,00	19,77
Množství vzduchu, teploty a korekční činitele	Odváděný vzduch	$V'_{ex,i}$	m^3/h	0	200	0	125	75	0	0	0	25	75	500
	Přiváděný vzduch	$V'_{su,i}$	m^3/h	0	180	0	0	0	58	58	64	140	0	500
	Teplota přiváděného vzduchu	θ_{su}	$^{\circ}C$	17,4										
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.	0,081	0,081	0,081	0,183	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081
	Vzduch dodávaných ze sousedních místností	$V'_{ex,i} - V'_{su,i}$	m^3/h	-	20	-	125	75	-	-	-	-	-	75
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.	-	0	-	0,111	0	-	-	-	-	-	0,313
	Přebytek odváděného vzduchu pro celou budovu $V'_{mech,inf} = \sum V'_{ex,i} - \sum V'_{su,i}$	$V'_{mech,inf}$	m^3/h	0										
	Přebytek odváděného vzduchu pro jednotlivé místnosti	$V'_{mech,inf}$	m^3/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Výpočet tepelné ztráty větráním	Celkové korigované množství vzduchu $V'_i = V'_{inf,i} + V'_{su,i} \cdot f_{v,i} + V'_{mech,inf,i}$	V_i	m^3/h	2,294	23,71	0	0	0	6,117	6,117	6,695	15,46	0	
	Návrhový součinitel tepelné ztráty větráním	$H_{v,i}$	W/K	0,78	8,062	0	0	0	2,08	2,08	2,276	5,256	0	
	Návrhové tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	$\Phi_{V,i}$	W	24,96	258	0	0	0	66,55	66,55	72,84	168,2	0	657,1

2.3.1 NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM RODINNÉHO DOMU

Návrhová tepelná ztráta větráním je vypočtena obdobně jako v případě garáže a to dle vzorce (14).

$$\theta_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (14)$$

$$\theta_{V,i} = 5,24 \cdot (20 - (-12)) = 167 \text{ W}$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{V,i}$ je vypočten také dle vzorce (15).

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad [\text{W/K}] \quad (15)$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot 15,41 = 5,24 \text{ W}$$

2.3.2 STANOVENÍ MNOŽSTVÍ PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU

Hodnota velikosti přiváděného vzduchu \dot{V}_i se v případě nuceného větrání vypočte dle rovnice (19).

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{su,i} \cdot f_{vi} + \dot{V}_{mech,inf,i} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (19)$$

$$\dot{V}_i = 1,41 + 140 \cdot 0,08 + 0 = 15,41 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kde:

$\dot{V}_{inf,i}$ [m³/h] je infiltrace obvodovým pláštěm budovy dle rovnice (20);

$\dot{V}_{su,i}$ [m³/h] ... množství přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru;

f_{vi} [-] ... redukční činitel dle rovnice (21);

$\dot{V}_{mech,inf,i}$ [m³/h] ... rozdíl množství mezi nuceně odváděným a přiváděným vzduchem z vytápěné místnosti dle vzorce (22);

Velikost množství infiltrace obvodovým pláštěm budovy je vypočtena dle stejného vztahu a jsou použité stejné zdroje, jako v případě garáže a to rovnice (18).

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (18)$$

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot 67,3 \cdot 1 \cdot 0,03 \cdot 1 = 4,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

Redukční činitel f_{vi} zohledňuje rozdíl teplot přiváděného vzduchu s vnitřní teplotou vzduchu ve vytápěném prostoru a je vypočten dle vztahu (21).

$$f_{vi} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (21)$$

$$f_{vi} = \frac{20 - 17,4}{20 - (-12)} = 0,081$$

Kde:

$\theta_{su,i}$ [°C] je teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru, určena dle návrhového softwaru firmy Atrea;

2.3.3 MNOŽSTVÍ PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU $\dot{V}_{su,i}$

Rovnotlaké větrací soustavy pracují se stejným množstvím přiváděného i odváděného vzduchu. Proto sumy hodnot \dot{V}_{su} a \dot{V}_{ex} , tedy množství přiváděného vzduchu a odváděného vzduchu, jsou stejné. Množství odváděného vzduchu bylo určeno u projekčních podkladů TZB [19] a následně stanoveny hodnoty na množství přiváděného vzduchu. Hodnoty přiváděného i odváděného vzduchu jsou 500 m³/h a jsou uvedeny v tab. 6.

2.3.4 ROZDÍL MNOŽSTVÍ NUCENĚ ODVÁDĚNÉHO A PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU $\dot{V}_{mech,inf,i}$

Množství rozdílu nuceně odváděného a přiváděného vzduchu vychází z rovnice (22). Toto množství odpovídá pro jednotlivé místnosti. Nejprve je vypočítáno pro celou budovu dle rovnice (23).

$$\dot{V}_{mech,inf} = \max(\dot{V}_{ex} - \dot{V}_{su}, 0) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (22)$$

Kde:

\dot{V}_{ex} [m³/h] je množství odváděného vzduchu pro celou budovu;

\dot{V}_{su} [m³/h] ... množství přiváděného vzduchu pro celou budovu;

Jak již bylo zmíněno, množství přiváděného i odváděného vzduchu jsou stejně velká, tedy 500 m³/h a rozdíl je roven nule.

$$\dot{V}_{mech,inf,i} = \dot{V}_{mech,inf} \cdot \frac{V_i}{\sum V_i} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (23)$$

Velikost rozdílu nuceně odváděného a přiváděného vzduchu pro jednotlivé místnosti $\dot{V}_{mech,inf,i}$ je díky množství odváděného a přiváděného vzduchu pro celou budovu také roven nule.

2.4 ZÁTOPOVÝ TEPELNÝ VÝKON

Zátopový tepelný výkon představuje množství tepelného výkonu potřebného k vyrovnání vnitřních teplot při přerušeném vytápění a je vypočten dle rovnice (24) pro místnost 101 – Zádveří. Zátopový výkon je závislý na součinu podlahové plochy a korekčním součiniteli. Velikosti zátopových výkonů jsou uvedeny v tab. 7.

$$\theta_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [W] \quad (24)$$

$$\theta_{RH,i} = 13,76 \cdot 9 = 123,84 W$$

Kde:

A_i [m²] je podlahová plocha vytápěného prostoru;

f_{RH} [W/m²] ... korekční součinitel závisející na době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době. Hodnota je stanovena dle ČSN EN 12831 tabulky D.10b;

Tab. 7 Velikosti zátopového výkonu

Označení místnosti	Zátopový součinitel	Podlahová plocha	Zátopový výkon
	f_{RH}	A_i	$\Phi_{RH,i}$
	[W/m ²]	[m ²]	[W]
101 - Zádveří	9	13,76	123,84
102 - Obývací prostor	9	54,18	487,62
104 - Chodba	9	12,8	115,2
105 - Koupelna	9	7,99	71,91
106 - WC I	9	1,7	15,3
109 - Pokoj I	9	12,47	112,23
111 - Pokoj II	9	12,47	112,23
112 - Ložnice	9	13,27	119,43
113 - Studio	9	24,1	216,9
115 - WC II	9	3,24	29,16
122 - WC III	11	3,24	35,64
123 - Kancelář	11	18,63	204,93
125 - Dílna	11	28,6	314,6
126 - Kuchyňka	11	4,16	45,76

2.5 NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON

Návrhový tepelný výkon představuje součet tepelných ztrát prostupem, větráním a zátopovým výkonem všech funkčních částí budovy. Podle návrhového tepelného výkonu se navrhuje otopná tělesa, zdroje vytápění atd. V tab. 8 jsou uvedeny všechny hodnoty návrhového tepelného výkonu obou objektů.

Tab. 8 Tepelné výkony rodinného domu a garáže

Označení místnosti	Tepelný výkon - pro tepelné ztráty prostupem	Tepelný výkon - pro tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{T,I}$	$\Phi_{V,I}$	$\Phi_{RH,I}$	$\Phi_{HL,I}$
	[W]	[W]	[W]	[W]
101 - Zádveří	380,82	24,96	123,84	529,62
102 - Obývací prostor	1487,37	257,99	487,62	2232,98
104 - Chodba	144,19	0,00	115,20	259,39
105 - Koupelna	290,24	0,00	71,91	362,15
106 - WC I	49,15	0,00	15,30	64,45
109 - Pokoj I	290,91	66,55	112,23	469,69
111 - Pokoj II	276,46	66,55	112,23	455,24
112 - Ložnice	413,82	72,84	119,43	606,08
113 - Studio	679,52	168,18	216,90	1064,60
115 - WC II	219,31	0,00	29,16	248,47
Celkem	4231,80	657,07	1403,82	6292,69
122 - WC III	264,30	70,08	35,64	370,02
123 - Kancelář	1074,47	287,83	204,93	1567,23
125 - Dílna	1309,22	414,24	314,60	2038,06
126 - Kuchyňka	391,07	60,25	45,76	497,08
Celkem	3039,06	832,40	600,93	4472,39

3 POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY

Výpočet tepla pro vytápění a ohřev teplé vody vychází z denostupňové metody, který je dle [20]. Tato metoda slouží pro návrh, vyhodnocení nebo porovnání spotřebičů tepla. Určujícím parametrem této metody je znalost průběhu venkovních teplot z meteorologických dat na základě umístění počítaného objektu.

3.1 POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ

Samotný výpočet pro vytápění je proveden dle vzorce (26). Výpočet vytápěcích denostupňů je dle rovnice (25). Lokalita je zvolena Brno s venkovní výpočtovou teplotou $t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$ s délkou otopného období $d = 232 \text{ dní}$. Průměrná teplota během otopného období $t_{es} = 4,4 \text{ }^\circ\text{C}$, průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 18,5 \text{ }^\circ\text{C}$ [21].

$$D = d_o \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [\text{K} \cdot \text{den}] \quad (25)$$

$$D = 232 \cdot (18,5 - 4,4) = 3271,2 \text{ K} \cdot \text{den}$$

Kde:

- d_o [den] je délka otopného období;
- D [K·den] ... vytápěcí denostupně;
- t_{is} [°C] ... průměrná vnitřní výpočtová teplota;
- t_{es} [°C] ... průměrná teplota během otopného období;

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [\text{MW/rok}] \quad (26)$$

$$Q_{VYT,r} = \frac{0,76}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 6292,69 \cdot 3271,2}{(18,5 - (-12))} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 13,7 \text{ MW/rok}$$

Kde:

- ε [-] je opravný součinitel, vypočten dle rovnice (27);
- η_o [-] ... účinnost obsluhy respektive možnosti regulace soustavy, zvoleno 0,95 dle [22];
- η_r [-] ... účinnost rozvodu vytápění, zvoleno 0,95 dle [22];
- Q_C [kW] ... tepelná ztráta objektu;

$$\varepsilon = e_{in} \cdot e_t \cdot e_d \quad [-] \quad (27)$$

$$\varepsilon = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,765$$

Kde:

e_{in}	[-]	je	nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem, zvoleno 0,85 dle [22];
e_t	[-]	...	snížení teploty v místnosti během dne, respektive noci, zvoleno 0,9 dle [22];
e_d	[-]	...	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu, zvoleno 1 dle [22];

3.2 POTŘEBA TEPLA PRO OHŘEV TEPLÉ VODY

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody je vypočtena vztahem (28) [20].

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot v_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (28)$$

$$Q_{TUV,d} = (1 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4186 \cdot 0,42 \cdot (55 - 10)}{3600} = 33 \text{ kWh}$$

Kde:

z	[-]	je	koeficient energetických ztrát systému, zvoleno 0,5 dle [23];
ρ	[kg/m ³]	...	objemová hmotnost vody;
c	[J/kg · K]	...	měrná tepelná kapacita vody;
v_{2p}	[m ³ /den]	...	celková potřeba teplé vody za 1 den, uvažováno 0,082 m ³ /osobu den, dle [23];
t_2	[°C]	...	teplota ohřáté vody;
t_1	[°C]	...	teplota studené vody;

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) \quad [\text{MW/rok}] \quad (29)$$

$$Q_{TUV,r} = 33 \cdot 225 + 0,8 \cdot 33 \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 225) = 10,4 \text{ MW/rok}$$

Kde:

t_{svl}	[°C]	je	teplota studené vody v létě;
t_{svz}	[°C]	...	teplota studené vody v zimě;
N	[dny]	...	počet pracovních dní soustavy v roce;

4 NÁVRH ZDROJE PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY A VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

Jako zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody je navrženo tepelné čerpadlo. Na výběr se nabízí tři typy tepelných čerpadel, a to:

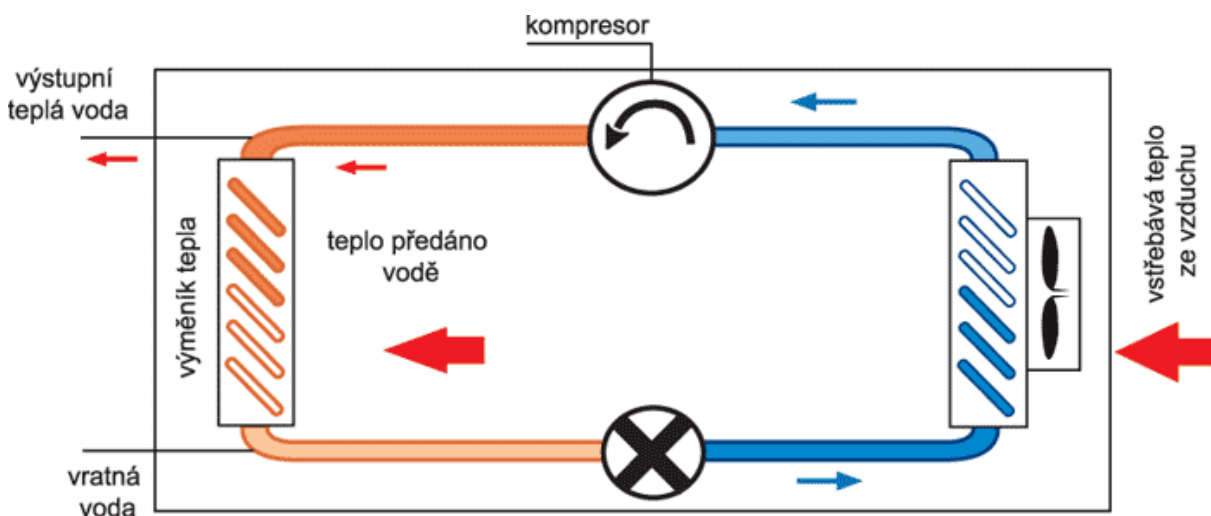
- vzduch – voda
- voda – voda
- země – voda

Pro rodinný dům je zvolena koncepce vzduch – voda, jelikož se jedná o variantu s nejnižší celkovou cenou a nenáročnou instalací. Pro koncepci voda – voda je zde absence vody, jakožto zdroje nízkopotenciální energie. Koncepce země – voda je uskutečnitelná, ale v zahradě by nebyla možnost zemědělské činnosti, při použití zemních vrtů by byly vysoké investiční náklady oproti koncepci vzduch – voda [24].

Tepelná čerpadla obecně mají vysoké pořizovací náklady, avšak zde se počítá s její návratností díky nižším provozním nákladům. Při využití tepelného čerpadla i pro ohřev teplé vody se sníží doba návratnosti, oproti použití přímotopného bojleru.

4.1 TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH – VODA

Tepelná čerpadla vzduch – voda využívají jako zdroj tepla venkovní vzduch. Vzduch je vháněn do výparníku (tepelného výměníku) pomocí ventilátoru. Teplo je odebíráno ze vzduchu výparníkem (T_x dle obrázku 5) a je předáno pracovní látce, tedy kapalnému chladivu, které je chladnější než přiváděný vzduch, (stav 4→1, dle obrázku 6). Kapalné chladivo díky nižší teplotě než okolní vzduch odebírá teplo a dochází k jeho vypařování. Takto zplyněné chladivo je nasáváno a stlačeno kompresorem, díky čemuž se zvyšuje teplota a tlak (stav 1→2). Chladivo v takto přehřátém stavu jde do kondenzátoru (také výměník tepla), kde předá teplo otopnému okruhu (systému), díky čemuž se chladivo dostává do kapalné fáze (stav 2→3). Zkapalněné chladivo prochází dále expanzním ventilem, kde je snížen jeho tlak, čímž se ochlazuje a vstupuje opět do výparníku (stav 3→4). Popsaný princip je znázorněn na obrázku 5 a obrázku 6 [24], [25].



Obrázek 5 Schéma oběhu tepelného čerpadla vzduch-voda [26]

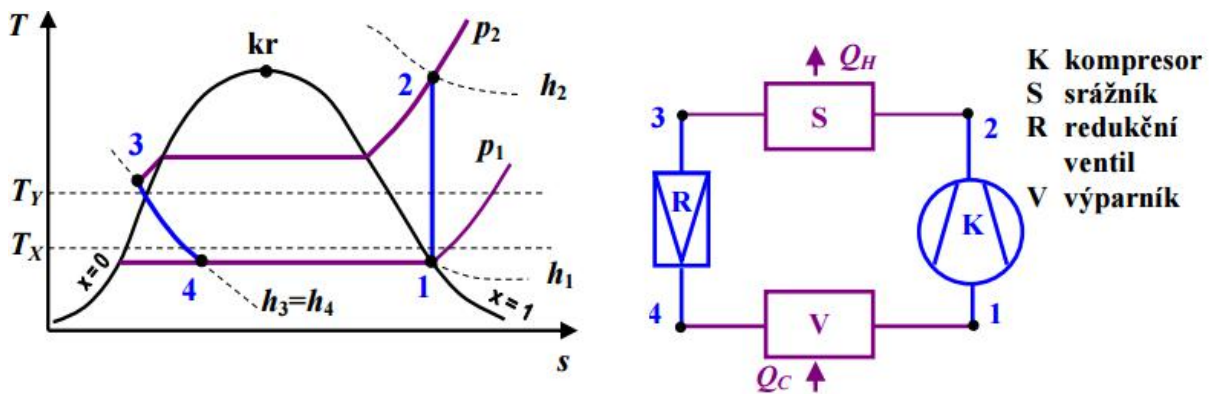
Důležitým faktorem pro posouzení tepelných čerpadel je topný faktor ε_c neboli *COP* (coefficient of performance), pro teoretický cyklus je dán vztahem 30. COP je ukazatelem účinnosti jednotky, ukazuje v poměru, kolik tepelné energie je získáno v kW k energii, která je dodána [27].

$$COP = \varepsilon_c = \frac{|q_H|}{|q_H| - q_C} \quad [-] \quad (30)$$

Kde:

q_H [J/kg] je měrné teplo dodané vodě;

q_C [J/kg] ... měrné teplo odebrané ze vzduchu;



Obrázek 6 Schéma oběhu tepelného čerpadla [27]

Pro porovnávání jednotlivých čerpadel je topný faktor uváděn dle vzorce 31, kde topný faktor ε_c je určen za ustálených provozních podmínek určujících normou ČSN EN 14511 a je poměrem topného výkonu k celkovému elektrickému příkonu [28].

$$\varepsilon_c = \frac{VÝKON}{PŘÍKON} = \frac{\phi}{P_C + P_{aux}} \quad [-] \quad (31)$$

Kde:

ϕ [W] je tepelný výkon tepelného čerpadla;

P_C [W] ... elektrický příkon kompresoru;

P_{aux} [W] ... elektrický příkon potřebný pro překonání tlakové ztráty výparníku a kondenzátoru, odtávání výparníku a vlastní regulaci tepelného čerpadla;

4.1.1 NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA VZDUCH – VODA

Teplota venkovního vzduchu, z něhož je odebírána nízkopotenciální energie se v průběhu roku velice liší. Z tohoto důvodu při extrémně nízkých teplotách venkovního vzduchu klesá i topný faktor, tyto podmínky nastávají jen v krátké době oproti délce otopného období a mělo by se to zohlednit při volbě tepelného čerpadla. Samotná tepelná čerpadla, nejenom typu vzduch – voda, lze rozdělit i dle typu kompresoru:

- Tepelná čerpadla s modulací výkonu kompresoru - inverterové
- Tepelná čerpadla bez modulace výkonu kompresoru

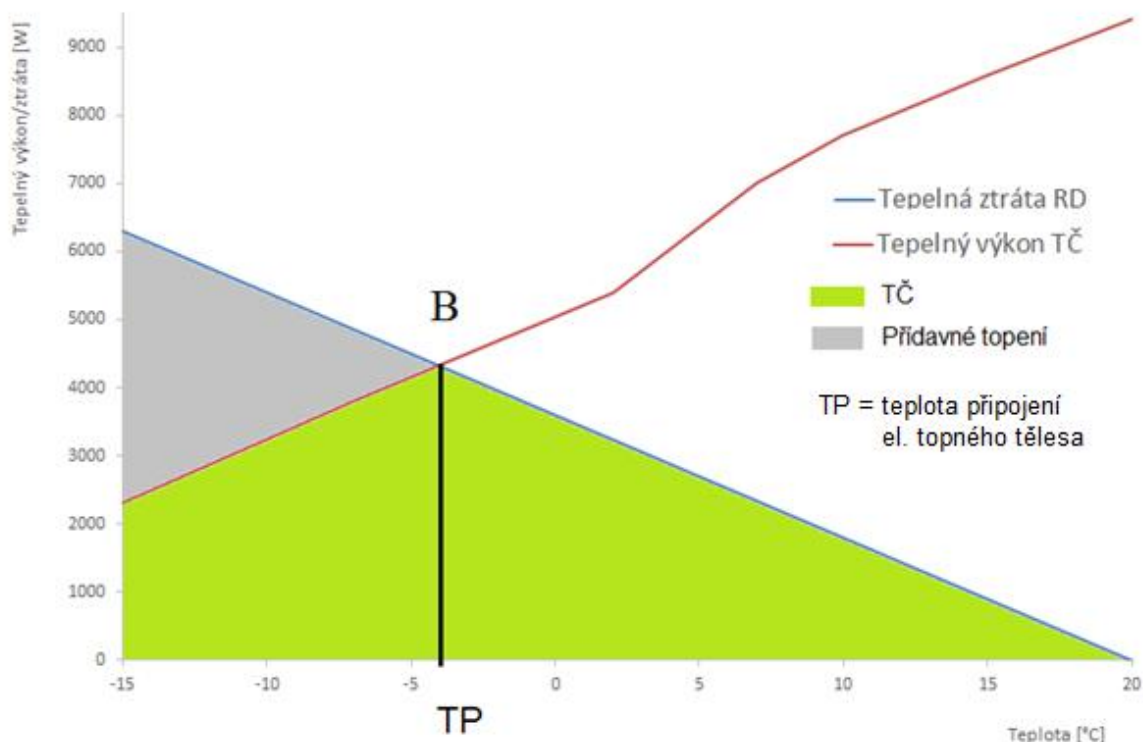
Jako zdroj tepla pro rodinný dům je zvoleno tepelné čerpadlo Stiebel Eltron typu WPL 10 A. Při návrhu se počítalo, že tepelné čerpadlo bude pracovat celou topnou sezónu s doplňkovým zdrojem tepla pracujícím souběžně s tepelným čerpadlem (paralelně - bivalentní provoz). Tepelný spád čerpadla je zvolen 55 – 45 °C.

Jak bylo zmíněno, se snižující se teplotou klesá topný faktor i topný výkon čerpadla, jak je zobrazeno v tab. 9 pro čerpadlo Stiebel Eltron WPL 10 A. Proto se doporučuje navrhovat tepelné čerpadlo s bivalentním zdrojem tepla, u typu WPL 10 A je to nouzové/přídavné elektrické topení o výkonu 8,8 kW. Toto topení se připojuje k tepelnému čerpadlu v době, kdy není výkon tepelného čerpadla dostatečný [29], [30].

Tab. 9 Charakteristiky TČ WPL 10 A [30]

WQA	Topný výkon	Příkon	Topný faktor
[°C]	[kW]	[kW]	[-]
-15	2,3	1,5	1,5
-7	3,8	1,9	2
2	5,4	2,3	2,3
7	7,0	2,5	2,8
10	7,7	2,7	2,9
15	8,6	2,9	3
20	9,4	3	3,1

Bivalentní bod je určen z křivek výkonu tepelného čerpadla v závislosti na venkovní teplotě a průběhu tepelné ztráty rodinného domu, také v závislosti na venkovní teplotě. Dle obrázku 7 vychází bivalentní bod pro – 4 °C, pro optimální návrh se považuje teplota 0 °C až -5 °C, při návrhu pokrytí tepelné ztráty rodinného domu tepelným čerpadlem v rozmezí 75 – 85 %. Znázorněné jsou i oblasti pokrytí tepelného výkonu tepelným čerpadlem [29].



Obrázek 7 Stanovení bodu bivalence

Tepelné čerpadlo Stiebel Eltron WPL 10 A bylo zvoleno na základě pokrytí tepelné ztráty rodinného domu tepelným výkonem čerpadla v rozmezí 75 - 85 %, to je 4,72 – 5,35 kW, při okrajových podmínkách A2/55, tedy teploty venkovního vzduchu 2 °C při požadované teplotě teplé vody 55 °C. Při těchto podmínkách to je 5,4 kW [29].

Tepelné čerpadlo WPL 10 A je bez modulace výkonu, jedná se o variantu s venkovním výměníkem, využívá chladiva R407C, kompresor je hermetického provedení. Rozmražení výparníku je prováděno pomocí rezervního okruhu, doplňkový zdroj tepla je v podobě elektrického nouzového topení [30].

4.1.2 NÁVRH AKUMULAČNÍHO ZÁSOBNÍKU OTOPNÉ VODY

Tepelné čerpadlo je navrženo s akumulčním zásobníkem otopné vody typu SPB 100 (Stiebel Eltron), který plní funkci systémového oddělovacího zásobníku s objemem 100 litrů. Tento zásobník je následně připojen k rozdělovači IVAR CS 553 DVP, ze kterého proudí otopná voda do otopných těles. Tímto zapojením je zajištěn požadovaný stálý průtok tepelným čerpadlem, jelikož je oddělen průtok tepelného čerpadla a průtok otopnou soustavou. Při použití zásobníku otopné vody se naskýtá možnost využití oné otopné vody pro odtávání tepelného čerpadla. Proto je proveden výpočet aktivního objemu topné vody ve vytápěcím systému dle rovnice 32 [29].

$$V_a = k_a \cdot Q_Z \quad [\text{kW}] \quad (32)$$

$$V_a = (15 \div 20) \cdot 5,4 = 84 \div 104 \text{ l}$$

Kde:

V_a [l] je aktivní objem topné vody ve vytápěcím systému;

k_a [-] ... konstanta (minimální doporučená hodnota 15-20);

Q_Z [kW] ... jmenovitý topný výkon tepelného čerpadla při podmínkách A2/W55;

Využití akumulární nádrže pro otopnou vodu také zamezuje cyklování provozu tepelného čerpadla při nepříznivých podmínkách v závislosti na aktuální potřebě tepla pro vytápěné prostory [29].

Akumulační zásobník je umístěn v technické místnosti – 107.

4.2 NÁVRH ZÁSOBNÍKU TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY

Pro zásobu teplé vody je navržen akumulární zásobník Stiebel Eltron SBB 301 WP o objemu 300 litrů. Další informace jsou uvedeny na obrázku 8. Akumulační zásobník je určen k připojení na tepelné čerpadlo. V případě potřeby je akumulární zásobník osazen elektrickým přídatným tělesem SBP-HE pro případy výpadku tepelného čerpadla [30].



typ	SBB 301 WP	
Objednací číslo	22 13 60	
Technické údaje		
objem	l	300
přípustný provozní přetlak	bar	10
max. provozní teplota	°C	95
tepelná ztráta / 24 h	kWh	2,06
přípojky pro el. dohřev	coul	G 1½
přípojka studené/teplé vody	coul	R1
přípojky výměníků	coul	RP 1¼
přírubový otvor	mm	210
jímka pro čidlo, vnitřní průměr	mm	6,5
výměník tepelného čerpadla		
plocha výměníku	m²	3,2
výměník soláru		
plocha výměníku	m²	-
rozměry a hmotnost		
výška	mm	1700
průměr s tepelnou izolací	mm	700

Obrázek 8 Technické informace SBB 301 WP [30]

Velikost zásobníku byla určena dle ČSN EN 15316-3-1, podle nichž byla určena velikost denní potřeby (objemu) teplé vody $V_{W,day}$, vztahem 33 [31].

$$V_{W,day} = \frac{f \cdot V_{W,f,day}}{1000} \quad [\text{m}^3/\text{den}] \quad (33)$$

$$V_{W,day} = \frac{5 \cdot 50}{1000} = 0,25 \text{ m}^3/\text{den}$$

Kde:

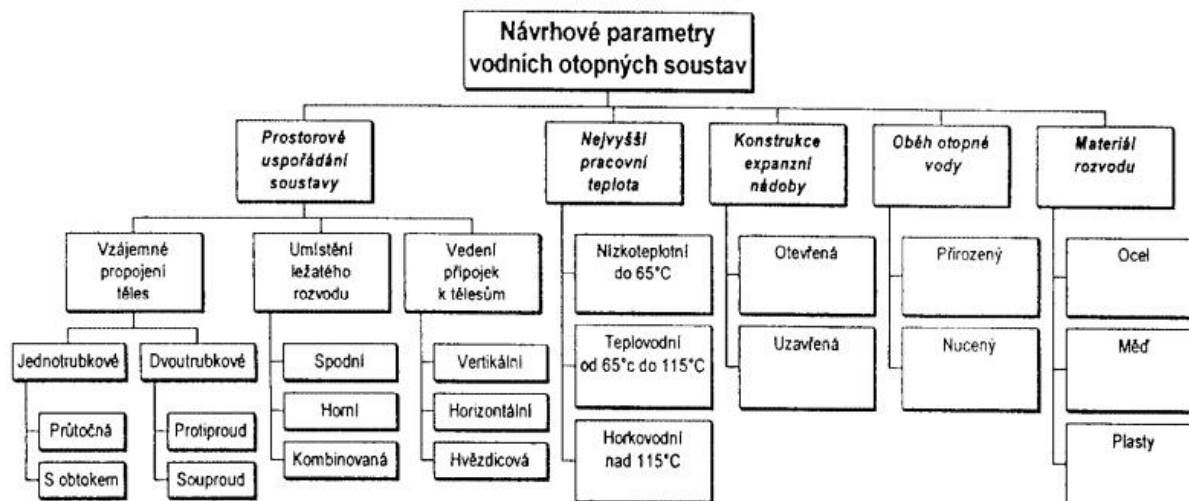
f [-] je počet měrných jednotek;

$V_{W,f,day}$ [l/den] ... specifická potřeba teplé vody, dle [31] tab. 1;

Počet měrných jednotek byl zvolen 5, i přes předpokládaný návrh domu pro 4 osoby, ale tímto bylo přihlédnuto na jisté navýšení spotřeby vody relaxačním studiem. Přesto se jeví akumulční nádrž o objemu 300 litrů jako dostačující.

5 NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY RODINNÉHO DOMU

Otopnou soustavou se považuje zařízení, jehož součástí je zdroj tepla, zabezpečovací zařízení, potrubní síť, otopná tělesa, armatury, apod. Otopné soustavy lze rozdělit dle více parametrů, jejichž souhrn je zobrazen na obrázku 9 [32].



Obrázek 9 Rozdělení otopných soustav [32]

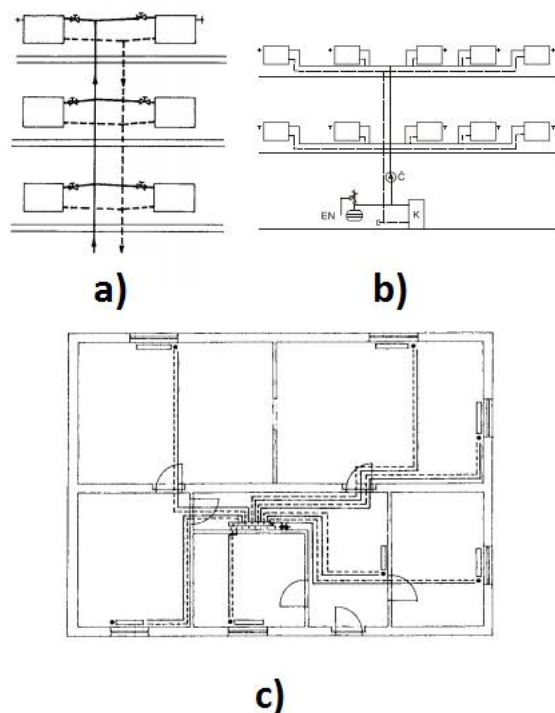
Návrh otopné soustavy se skládá ze zvolení způsobu vedení přípojek k otopným tělesům, návrhu rozvodů otopné vody, návrhu otopných těles, dále hydraulického výpočtu jednotlivých úseků a způsobu regulace.

Samotná otopná tělesa budou dvoutrubkového zapojení dle hvězdicového zapojení, jelikož toto řešení je vhodné pro prostorově rozlehlejší budovy, jako v tomto případě. U hvězdicového zapojení jsou jednotlivá otopná tělesa připojena k rozdělovači, jenž se nachází v technické místnosti spolu s akumulčním zásobníkem topné vody SBP 100 na který je napojený. Rozdělovač je navržen IVAR CS553 DVP 12 cestný.

5.1 ZPŮSOB VEDENÍ PŘÍPOJEK K OTOPNÝM TĚLESŮM

Jak již bylo zmíněno, nejprve je určen způsob vedení přípojek k otopným tělesům. Podle způsobu vedení rozlišujeme tři základní soustavy:

- Vertikální soustavy – Obrázek 10 a)
- Horizontální soustavy – Obrázek 10 b)
- Hvězdicové soustavy – Obrázek 10 c)



Obrázek 10 Způsoby vedení přípojek k otopným tělesům [32]

Způsob vedení přípojek k otopným tělesům pro rodinný dům je navržen hvězdicového zapojení. Toto zapojení vyniká připojením jednotlivých těles na rozdělovač. Samotný rozdělovač je navržen IVAR CS553 DVP 12. Soustavy hvězdicového zapojení jsou vhodné pro použití plastových rozvodů, kde je upřednostněno minimálního počtu spojů plastového potrubí, oproti hledisku minimální délky. Samotné rozvody jsou uloženy v betonové vrstvě podlahy. Rozdělovač je umístěn v technické místnosti, jež se nachází uprostřed rodinného domu. Rozdělovač je připojen k zásobníku otopné vody SBB 301 WP [32].

5.2 ROZVODY OTOPNÉ VODY

Rozvody otopné vody jsou rozděleny podle použitých materiálů potrubí daných úseků.

Rozvody lze rozdělit:

- Rozvody otopné vody k tělesům
- Rozvod otopné vody z akumulární nádoby SPB 100 do rozdělovače IVAR CS 553 DVP
- Rozvod teplé vody tepelného čerpadla do akumulárních zásobníků

5.2.1 ROZVODY OTOPNÉ VODY K OTOPNÝM TĚLESŮM

Rozvod k otopným tělesům od rozdělovače je navržen pomocí trubek od firmy Rehau, typu Rautitan flex. Trubky Rautitan flex jsou vyráběny z materiálu RAU-PE-Xa s vrstvou zamezující průnik kyslíku, která je těsná vůči difuzi kyslíku. Tyto trubky byly vybrány s ohledem na možnost připojení fitinek a možnosti ručního ohybu, bez použití kolen. Kolena jsou uložena ve vodících obloucích. Všechny trubky disponují průměrem DN12, poloměr oblouků je 80 mm. Trubky jsou opatřeny také kruhovou prostorovou izolací z PE pěny opatřenou od výrobce. Tloušťka izolace je 9 mm s tepelnou vodivostí $\lambda = 0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Pro kontrolu k možnému vzniku kondenzace byl proveden výpočet pomocí on-line výpočtáře ze stránek TZB – info [33] [34].

$$t_{p,iz} > t_w \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$24,4 \text{ } ^{\circ}\text{C} > 8,7 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Kde:

$t_{p,iz}$ [°C] je povrchová teplota izolovaného potrubí;

t_w [°C] ... teplota rosného bodu;

Izolace chrání tedy před kondenzováním vody a dále omezuje předávání tepla do okolí, chrání před mechanickým poškozením a snižují hlučnost v potrubí. U zavedení rozdělovače je také vybavena ochranou trubkou. U plastových trubek obecně nastává problém s životností, při využití u nízkoteplotního vytápění avšak není tento problém tak markantní. Výrobce uvádí pro trvalý provoz 70 °C při tlaku 1 MPa dobu životnosti 49 let, což při navrhované teplotě bude ještě více [33].



Obrázek 11 Trubky Rautitan flex, vodící oblouky [33]

Samotné rozvody jsou z většiny případů vedeny pod sebou, jelikož většina otopných těles je typu podlahového konvektoru, který má napojení nad sebou. Toto napojení napomáhá k menší ploše vedení rozvodů v podlaze. Pro rozvod potrubí mezi místnostmi postačují pouze dveřní otvory.

Tělesa 7, 8 a 12 jsou trubková otopná tělesa, těleso 5 je deskové těleso. Z estetického důvodu jsou napojena pomocí kolenových přípojovacích garnitur od firmy Rehau do podlahy, kde jsou připojeny k trubkám Rautin flex.



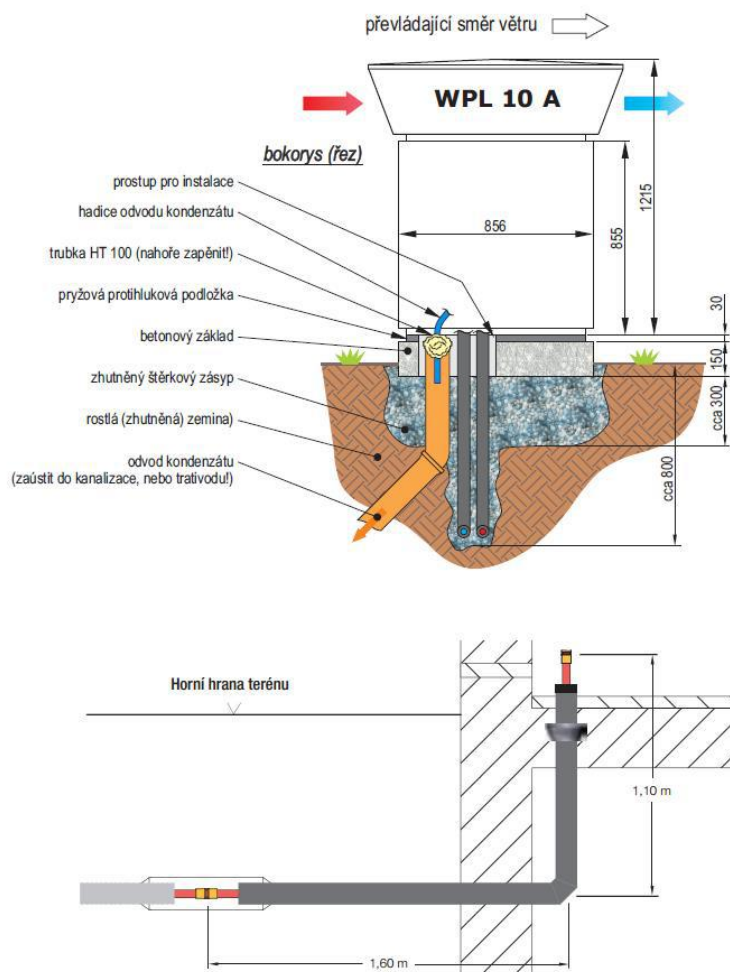
Obrázek 12 Přípojovací garnitura [33]

5.2.2 ROZVOD OTOPNÉ VODY Z AKUMULAČNÍ NÁDRŽE OTOPNÉ VODY DO ROZDĚLOVAČE

Pro rozvody otopné vody mezi rozdělovačem IVAR CS 553 DVP a akumulací nádrží SBP 100 jsou použity měděné trubky s rozměrem DN22. Měděné trubky mají velkou pevnost a nižší teplotní roztažnost oproti plastovým materiálům, další důvod použití měděných trubek je připojení na úseku 23 oběhového čerpadla. Jako tepelná izolace byla zvolena Prodmax 9 mm od firmy De Witky, disponující součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ s teplotním rozsahem -45°C až 90°C . Podobně jako u rozvodů k tepelným tělesům byla ověřena možná kondenzace dle [34] a nedochází k ní [35].

5.2.3 ROZVOD TEPLÉ VODY Z TEPELNÉHO ČERPADLA K AKUMULAČNÍM ZÁSOBNÍKŮM

Rozvod teplé vody z tepelného čerpadla je proveden v zemi v doporučené hloubce 0,8 m dle obrázku 13, potrubí v zemi jsou od firmy Rehau typu Rauthermex, která vynikají dobrými tepelně-izolačními schopnostmi a jsou určena pro rozvody v zemi. Napojení do místnosti je realizováno pomocí kolen domovní přípojky a jsou opatřena stěnovými průchodkami. Takto vyvedené potrubí je napojeno k T-kusům. Z T-kusů je potrubí realizováno pomocí měděného potrubí, tato potrubí vedou k jednotlivým akumulacím nádobám. Rozměry potrubí jsou zvoleny DN20 pro oba materiály. Měděné potrubí je opatřeno izolací potrubí Prodmax 9 mm, jako u rozvodů otopné vody do rozdělovače.



Obrázek 13 Připojení rozvodu teplé vody tepelného čerpadla [36], [37]

Potrubí v zemi je osazeno topnými kabely proti zamrznutí od firmy V-systém typu PPC určených pro menší průměry a kratší trasy [38].

5.3 VOLBA OTOPNÝCH TĚLES

Na základě vypočtených hodnot z kapitoly 2, jsou navržena otopná tělesa pro jednotlivé místnosti. Tělesa jsou navržena, aby byla schopna pokrýt tepelné ztráty jednotlivých místností. Přehled použitých otopných těles pro jednotlivé místnosti rodinného domu je uveden v tab. 10. Všechna otopná tělesa jsou od firmy Korado a tepelné výkony konvektorů byly určeny dle [39], deskové otopné těleso dle [40], trubková otopná tělesa dle [41] a otopná lavice [42]. Všechna tělesa disponují vestavěnými odvzdušňovacími ventily od výrobce.

Tab. 10 Otopná tělesa

Označení místnosti	Celkový tepelný výkon	Navrhovaný teplotní spád vody		Typ OT (číslo OT)	Délka OT	Šířka OT	Výška OT	Nominální výkon OT	Opravný tep. výkon OT	Celkový výkon místností
	$\Phi_{HL,I}$	t_{v1}	t_{v2}							
	[W]	[°C]	[°C]	[-]	[m]	[m]	[m]	[W]	[W]	[W]
101 - Zádveří	529,6186	55	45	Koraline LD 100 (OT1)	1	0,32	0,26	559	531,05	531,05
102 - Obývací prostor	2232,977	55	45	Koraflex FK 15/34 (OT2)	3	0,34	0,15	875	875	2236
		55	45	Koraflex FK 15/34 (OT4)	3	0,34	0,15	875	875	
		55	45	Koraflex FK 15/34 (OT3)	1,8	0,34	0,15	486	486	
104 - Chodba	259,3925	55	45	Kadik 11 VK (OT5)	1	0	0,5	264	264	264
105 - Koupelna	362,1527	55	45	Rondo max KRMM 1500.595 (OT6)		0,595	1,5	424	424	424
106 - WC I	64,45148	55	45	Linear comfort M - KLTM 700.500 (OT7)		0,5	0,7	152	152	152
109 - Pokoj I	469,6895	55	45	Koraflex FK 19/34 (OT8)	1,6	0,34	0,19	481	481	481
111 - Pokoj II	455,2432	55	45	Koraflex FK 19/34 (OT9)	1,6	0,34	0,19	481	481	481
112 - Ložnice	606,0848	55	45	Koraflex FK 19/28 (OT10)	2,6	0,28	0,19	632	632	632
113 - Studio	1064,604	55	45	Koraflex FK 19/42 (OT11)	2,8	0,42	0,15	1113	1113	1113
115 - WC II	248,473	55	45	Linear comfort M - KLTM 1120.500 (OT12)		0,5	1,22	292	292	292
Celkem										6606,05

Rodinný dům je opatřen pouze francouzskými okny, ty tvoří největší ztráty místností. Z tohoto důvodu jsou navrženy podlahové konvektory s přirozenou konvekcí od firmy Korado typu Koraflex FK, které oproti konvektorům vybavené ventilátorem jsou větších rozměrů při porovnatelných výkonech, ale nevytvářejí hluk od ventilátoru, při vyšších výkonech, který by mohl narušovat akustickou pohodu prostředí v ložnici a dětských pokojích. Delší rozměry podlahových konvektorů napomáhají k minimalizování studeného tahu okna, jelikož délky samotných oken nejsou zanedbatelné. Snaha byla o udržení poměru délky okna k délce konvektorů větší jak 0,8.

Pro vytápění koupelny (105) a WC I (106) jsou vybrána trubková otopná tělesa Linear comfort M, která disponují připojením uprostřed tělesa. Pro chodbu (104) je navrženo klasické deskové otopné těleso Radik 11 VK, pro zádveří (101) je použita otopná lavice Koralline LD s přirozenou konvekcí. Velikost výkonu toho tělesa je snížena vlivem opravného součinitele umístění tělesa v prostoru f_p dle [43]. Opravný součinitel snižuje velikost topného výkonu dle daných součinitelů podle [43]. Trubková otopná tělesa a deskové otopné těleso jsou umístěny v místnostech bez oken, takže všechny opravné součinitele jsou rovny 1, podlahové konvektory jsou umístěny přímo pod okny a opravný součinitel na průtočné plochy krycí mřížky je již započítán v návrhu otopných těles [39].

5.4 HYDRAULICKÝ VÝPOČET OTOPNÉ SOUSTAVY

Cílem této kapitoly je navržení průměrů potrubí (jmenovité světlosti potrubí) a určení příslušných tlakových ztrát jednotlivých okruhů. Hydraulický výpočet je stejný pro všechny rozvody.

Nejprve jsou očíslovány samotné okruhy, jeden okruh odpovídá jednomu vstupu a výstupu z rozdělovače, na výkresech jsou označeny A a číslem příslušného okruhu. Samotné očíslování je uvedeno na výkrese P5-3. Takto označené okruhy jsou následně rozděleny na příslušné úseky, tedy části s neměnnými hmotnostními úseky a konstantním průměrem potrubí. Při průtoku teplotonosné látky potrubím vznikají tlakové ztráty třením a tlakové ztráty místními odpory. Výpočet těchto ztrát je popsán v následujících kapitolách. Jako příklad je proveden výpočet pro okruh A1 s otopnou lavicí Koralline LD100 (OT1) umístěným v předsíni (101) [32].

Hydraulický výpočet je proveden pro jednotlivé okruhy rozdělených na dané úseky, výpočet se skládá z:

1. Vypočtení hmotnostního průtoku m dle rovnice 34, pro jednotlivé úseky
2. Stanovení délky příslušného úseku dle výkresů
3. Zvolení D , aby bylo dosaženo w v 0,3 – 0,9 m/s pro obytné prostory dle [44]
4. Výpočtu tlakové ztráty třením, podle kapitoly 5.4.1
5. Výpočtu tlakové ztráty místními odpory, dle kapitoly 5.4.2
6. Určení celkové tlakové ztráty úseku

Hydraulický výpočet je pro okruh A1 je uveden v tab. 11. Ostatní okruhy jsou uvedeny v příloze P3.

Tab. 11 Hydraulický výpočet okruhu A1

OT1 - Místnost 101 (A1)											
Čslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R* _l	Σξ	Z	R* _l +Z	
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	
Rozdělovač A → OT1											
I	531,05	0,0127	12,813	0,012	0,11347	24,5372	314,396	4	40,49225869	354,888	
I Z	531,05	0,0127	14,163	0,012	0,11347	24,5372	347,521	4,5	28,67879103	376,2	
									Celkem	731,088	
Místní ztráty											
Rozdělovač	Koleno / Oblouk		Ztráty		T-kus		Σξ				
	Počet	Ztráta v jednom	celkové	Ohybovky							
0,5	1/5	2/0,3	3,5	0	0	0	4				
1	1/5	2/0,3	3,5	0	0	0	4,5				
							Hustota	Měrná tep. kapacita	Vlastnosti vody		
							ρ	c _p	Kinematická viskozita	Teplotní spád	
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]	°C	
							990	4180	0,00000053	55	45
							λ ₀	λ	d	Re	k
							0,046	0,04617724	12	2569,08	0,007
							0,046	0,04617724	12	2569,08	0,007

1. Výpočet hmotnostního průtoku \dot{m} vychází z rovnice kontinuity, při známém teplotním spádu 55 / 45 °C, měrné tepelné kapacitě c_p a přenášením tepelném výkonu otopného tělesa [44].

$$\dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot (t_1 - t_2)} \quad [\text{kg/s}] \quad (34)$$

$$\dot{m} = \frac{531,05}{4180 \cdot (55 - 45)} = 0,013 \text{ kg/s}$$

Kde:

Q [W] je přenášený tepelný výkon otopným tělesem;

c_p [J/kg·K] ... měrná tepelná kapacita;

t_1 [°C] ... teplota vstupující do otopného tělesa;

t_2 [°C] ... teplota vystupující z otopného tělesa;

2. Délky příslušných úseků jsou určeny podle P5-3.
3. Rozměry potrubí jsou voleny dle katalogu firmy Reahu [33], [37], v případě mědi [45]. Rozměr potrubí určuje velikost rychlosti teplotnosné látky, jelikož se vychází z rovnice 35, kde jediný parametr, který tuto rychlost může měnit je průměr potrubí, ostatní parametry jsou již dány. Velikost světlosti potrubí je volena pro bytové prostory, aby výsledná rychlost se pohybovala pod 0,9 m/s [44].

$$w = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad [\text{m/s}] \quad (35)$$

$$w = \frac{0,013}{990 \cdot \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4}} = 0,11 \text{ m/s}$$

Kde:

\dot{m} [kg/s] je hmotnostní průtok;

ρ [kg/m³] ... hustota teplotnosné látky;

d [m] ... světlost potrubí;

4. Výpočet tlakové ztráty třením, je proveden v kapitole 5.4.1
5. Výpočet tlakové ztráty místními odpory, je proveden v kapitole 5.4.2
6. Celková tlaková ztráta je určena sečtením výsledných tlakových ztrát jednotlivých úseků.

5.4.1 TLAKOVÉ ZTRÁTY TŘENÍM

Při obtékání těles skutečných tekutin vzniká tření o povrch průtočného kanálu. Tímto třením ztrácí tekutina kinetickou energii, aby mohla tekutina protékat požadovanou rychlostí, získává kinetickou energii poklesem celkového tlaku na druhé straně kanálu, tím vzniká tlaková ztráta Δp_z na délce potrubí (kanálu) l . Výpočet je uveden pro okruh A1, úsek 1 [46].

Pro tlakovou ztrátu třením lze uplatnit vztah [44]:

$$\Delta p_z = p_2 - p_1 = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} = R \cdot l \quad [\text{Pa}] \quad (36)$$

$$\Delta p_z = 24,54 \cdot 12,81 = 314,4 \text{ Pa}$$

Kde:

Δp_z	[Pa]	je	tlaková ztráta třením;
p_2	[Pa]	...	tlak na začátku úseku potrubí;
p_1	[Pa]	...	tlak na konci úseku potrubí;
λ	[-]	...	součinitel tření;
l	[l]	...	délka počítaného úseku potrubí;
R	[Pa/m]	...	tlaková ztráta třením jednoho metru přímé části úseku neboli tlakový spád;

Tlakový spád je počítán v závislosti na hmotnostním průtoku dle rovnice 37 [44]:

$$R = \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d^5} \quad [\text{Pa/m}] \quad (37)$$

$$R = \frac{0,811 \cdot 0,046 \cdot 0,013^2}{990 \cdot 0,012^5} = 24,54 \text{ Pa/m}$$

Jedinou neznámou v rovnici 36 je součinitel tření λ , který je funkcí Reynoldova čísla a relativní drsnosti ε , dle vzorce 38, kde k je absolutní drsnost, která pro použité trubky Rautin flex i Rauthermex se rovná 0,007 mm dle [33], [37] pro měď 0,0063 dle [47] Reynoldsovo číslo Re je vypočteno dle vzorce 39 [44].

$$\varepsilon = \frac{k}{d} = \frac{0,007}{0,012} = 0,58 \quad [-] \quad (38)$$

Kde:

k [mm] je absolutní drsnost;

$$Re = \frac{d \cdot w}{\nu} = \frac{0,012 \cdot 0,11}{0,00000053} = 2569,1 \quad [-] \quad (39)$$

Kde:

ν [m²/s] je kinematická viskozita;

Na základě velikosti Reynoldsova čísla je stanoveno typ proudění a to:

- Laminární pro $Re < 2320$, v tomto případě je λ počítáno dle vzorce 40 [46].
- Přechodové proudění a turbulentní pro $Re > 2320$, v tomto případě je λ dle Colebrookovy rovnice podle vzorce 41 (případ A1) [46].

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad [-] \quad (40)$$

$$\lambda = \left(\frac{1}{-2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda_0}} + \frac{\varepsilon}{3,72} \right)} \right)^2 \quad [-] \quad (41)$$

$$\lambda = \left(\frac{1}{-2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{2569 \sqrt{0,046}} + \frac{0,58}{3,72} \right)} \right)^2 = 0,046$$

Kde:

λ_0 [-] je součinitel tření, zadávaný iteračně kde $\lambda = \lambda_0$;

5.4.2 TLAKOVÉ ZTRÁTY MÍSTNÍMI ODPORY

Tlakové ztráty místními odpory vznikají v prvcích typu ohyb, obchoz, přechod, T – kus i u otopných těles, rozdělovači, tedy v prvcích, kde se mění tvar či velikost průtočného kanálu, směr proudění a tím vektor rychlosti proudění tekutiny. K vypočtené tlakové ztrátě jsou přičteny tlakové ztráty konvektorů, otopné lavice, tepelného čerpadla a akumulčních nádrží. Tlaková ztráta tepelného čerpadla je 19,5 kPa, akumulční nádrže SBB 301 je 3,4 kPa, pro nádrž SBP nebyla tlaková ztráta nalezena, ale je předpokládána 1 kPa v daných okruzích. Tlakové ztráty konvektorů jsou určeny z obrázku 14. Tlakové ztráty jsou uvedeny v tab. 12. Výpočet místní tlakové ztráty je proveden dle vztahu 42 (pro okruh A3, úsek 3) [29], [44].

Tab. 12 Tlakové ztráty konvektorů a otopné lavice

Tlakové ztráty prvků otopné soustavy			
Typ OT (číslo OT)	Délka OT	Průtok vody	Tl. ztráta
	[m]	[m ³ /h]	[Pa]
Koraline LD (OT1)	1	45,74	15
Koraflex FK 15/34 (OT2)	3	75,36	100
Koraflex FK 15/34(OT3)	1,8	41,86	50
Koraflex FK 15/34 (OT4)	3	75,36	100
Koraflex FK 19/34 (OT8)	1,6	41,43	25
Koraflex FK 19/34 (OT9)	1,6	41,43	25
Koraflex FK 19/28 (OT10)	2,6	54,43	50
Koraflex FK 19/34 (OT11)	2,8	95,85	125
TČ WPL 10 A			19500
SBB 301 WP			3400
SBP 100			1000

$$\Delta p_{zm} = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{w^2}{2} = Z \quad [\text{Pa}] \quad (42)$$

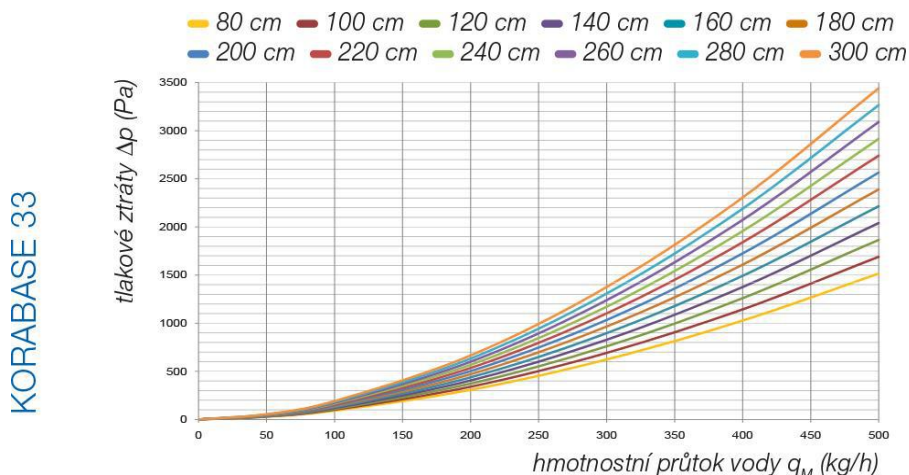
$$\Delta p_{zm} = (0,5 + 5 \cdot 0,3) \cdot \frac{0,11^2}{2} + 15 = 40,49 \text{ Pa}$$

Kde:

Δp_{zm} [Pa] je tlaková ztráta místními odpory;

ξ_i [-] ... příslušný součinitel místního odporu, určen dle doporučení TZB pro T-kusy [48] a tvarovek [49], pro příslušná otopná tělesa [40], [41];

Z [Pa] ... tlaková ztráta místními odpory, označená ve vypočtených tabulkách hodnot;

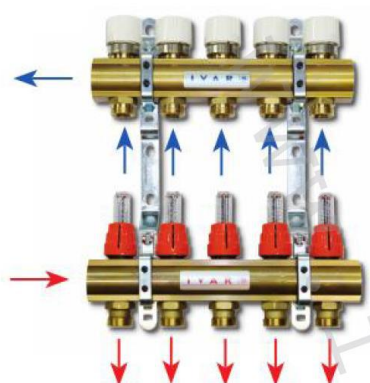


Obrázek 14 Tlakové ztráty konvektorů [50]

5.5 REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY

Jak již bylo zmíněno, jednotlivé okruhy k otopným tělesům jsou vyvedeny z rozdělovače, který je zregulován na stejnou tlakovou ztrátu všech okruhů. Regulace na rozvaděči je provedena pro zabezpečení navrhovaného výkonu otopných těles a zregulováním jednotlivých okruhů na stejnou tlakovou ztrátu. Referenční tlakovou ztrátou se uvažuje okruh s největší tlakovou ztrátou, a to okruhu A11.

Regulace je provedena na rozvaděči IVAR CS 553 DVP, který je zvolen v 12 cestném provedení. Tento sběrač je vyroben z mosazi OT 58, je schopen pracovat s tlaky 10 bar, disponuje teplotní použitelností 120 °C a je možnost osadit jej odvzdušňovacími, vypouštěcími ventily. Umožňuje také připojení termoelektrických hlavic pro řízení průtoků topné vody v jednotlivých výstupech rozdělovače [51].



Obrázek 15 Rozdělovač IVAR CS 553 DVP [51]

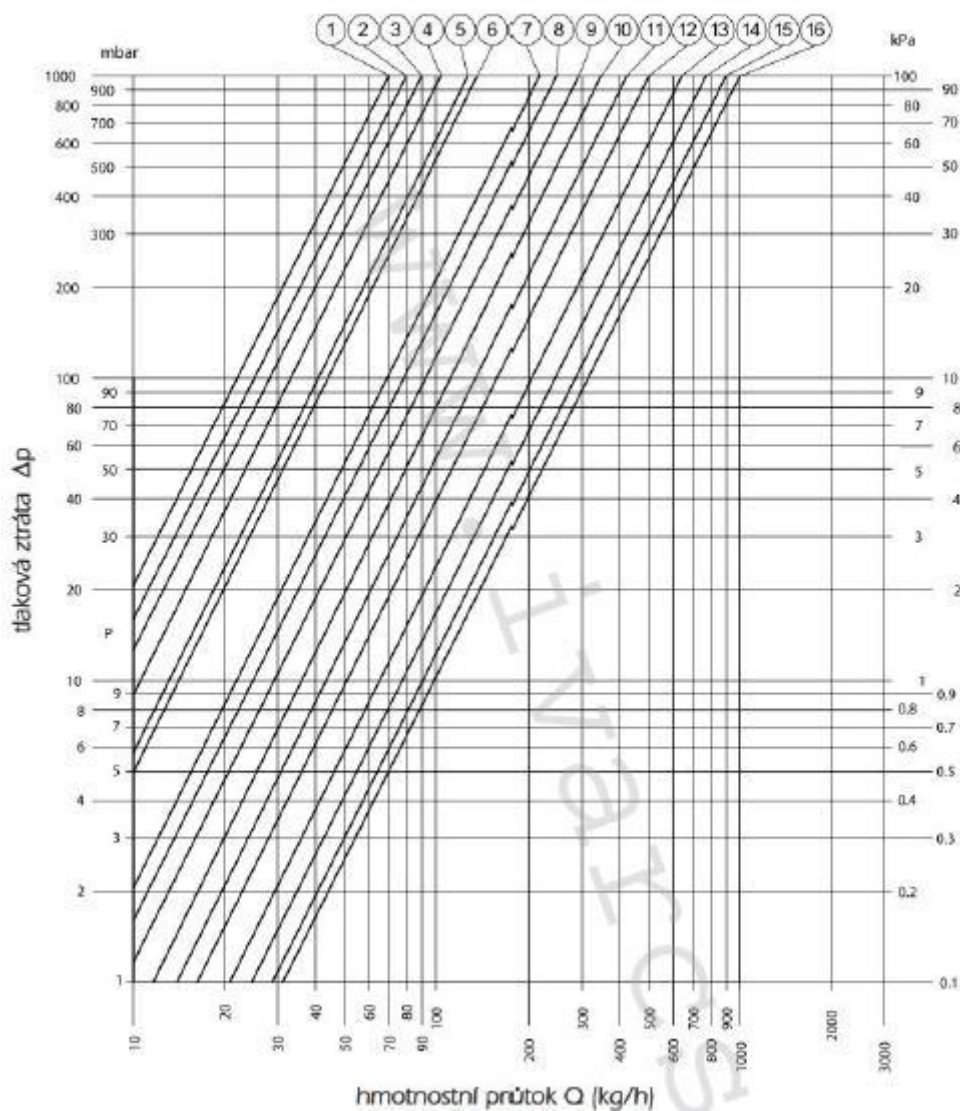
Samotná regulace je uvedena v tab. 13.

Tab. 13 Regulace úseků otopné soustavy

Regulace výstupů z rozdělovačů IVAR CS 553 DVP							
Úsek	Číslo OT	Hmotnostní průtok m	Tlaková ztráta okruhu	Pozice regulace	Nastavení reg. šroubení (otáčky)	Nastavená tl. ztráta	Ztráta okruhu
[-]	[-]	[kg/h]	[Pa]	[-]	[-]	[Pa]	[Pa]
A1	OT1	45,74	731,09	9	2 1/2	2200	2931,09
A2	OT2	75,36	1993,57	14	4 1/2	950	2943,57
A3	OT3	41,86	476,70	8	2	2500	2976,70
A4	OT4	75,36	2003,48	14	4 1/2	900	2903,48
A5	OT5	22,74	100,55	6	1 1/2	2800	2900,55
A6	OT6	36,52	219,35	7	1 3/4	2800	3019,35
A7	OT7	13,09	39,89	1	1/4	2800	2839,89
A8	OT8	41,43	331,16	8	2	2600	2931,16
A9	OT9	41,43	225,21	8	2	2600	2825,21
A10	OT10	54,43	679,49	10	3	2200	2879,49
A11	OT11	95,86	2022,73	16	Úplné ot.	900	2922,73
A12	OT12	25,15	253,19	6	1 1/2	2700	2953,19

Regulace je provedena:

- Pro okruh s největší tlakovou ztrátou A11 dle tab. 13 je nalezena nastavená tlaková ztráta 900 Pa, podle obrázku 16 pro průtok okruhu A11 $m = 95,86 \text{ kg/h}$ při plném otevření regulačního šroubení tedy pozici 16, dle tab. 14. Celková tlaková ztráta je určena součtem nastavené tlakové ztráty a tlakové ztráty okruhu, pro A11 odpovídá celková ztráta 2922 Pa. Tato ztráta je referenční pro zregulování ostatních okruhů.
- Dle referenční tlakové ztráty jsou doregulovány ostatní okruhy, pro ilustraci: tlaková ztráta okruhu A1 je 731 Pa a je nutné nastavit regulační šroubení pro celkovou ztrátu okruhu 2922 Pa. Nastavená tlaková ztráta odpovídá hodnotě celkové ztráty (referenční hodnotě), od níž je odečtena tlaková ztráta okruhu, pro okruh A1 to odpovídá hodnotě 2191 Pa. Pro průtok okruhu A1 $m = 45 \text{ kg/h}$ je nalezena přednastavená tlaková ztráta 2200 Pa, která je spojnicí pozice regulace 9. Regulace 9 odpovídá dle tab. 14 nastavení regulačního šroubení 2 1/2.
- Stejným způsobem je provedena regulace všech okruhů a je uvedena v tab. 13.



Obrázek 16 Tlakové ztráty rozdělovače IVAR CS 553 DVP [51]

Tab. 14 Nastavitelné hodnoty pro seřízení regulačního šroubení rozdělovače [51]

pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
otáčky	1/4	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/2	Ú.O.
K _v	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,16	0,22	0,25	0,29	0,36	0,42	0,50	0,65	0,77	0,90	1,00

5.6 OBJEM VODY V OTOPNÉ SOUSTAVĚ

Stanovení objemu vody v otopné soustavě je provedeno pro návrh expanzních zařízení. Celou otopnou soustavu lze rozdělit na dva větší okruhy a to na okruh 1 představující okruhy vedoucí z akumulární nádrže SBP 100 přes rozdělovač k jednotlivým otopným tělesům a okruh 2, který obsahuje okruhy vedoucí od tepelného čerpadla k oběma akumulacím nádržím. Objemy vody pro soustavu okruh 1 jsou uvedeny v tab. 15, pro okruh 2 v tab. 16.

Tab. 15 Množství vody v rozvodné soustavě okruhu 1

Množství vody v rozvodné soustavě okruhu 1							
Číslo úseku	Délka úseku	Vnitřní průměr potrubí	Množství vody v potrubí	Číslo úseku	Délka úseku	Vnitřní průměr potrubí	Množství vody v potrubí
	l	d	V _{pot.}		l	d	V _{pot.}
[-]	[m]	[m]	[l]	[-]	[m]	[m]	[l]
1	12,81	0,012	1,45	7	3,874	0,012	0,44
1Z	14,16	0,012	1,60	7Z	4,284	0,012	0,48
2	16,11	0,012	1,82	8	11,18	0,012	1,26
2Z	16,27	0,012	1,84	8Z	11,34	0,012	1,28
3	17,74	0,012	2,01	9	7,91	0,012	0,90
3Z	17,77	0,012	2,01	9Z	7,86	0,012	0,89
4	16,06	0,012	1,82	10	8,65	0,012	0,98
4Z	16,00	0,012	1,81	10Z	8,81	0,012	1,00
5	4,93	0,012	0,56	11	10,35	0,012	1,17
5Z	5,11	0,012	0,58	11Z	10,51	0,012	1,19
6	6,66	0,012	0,75	12	15,42	0,012	1,74
6Z	7,07	0,012	0,80	12Z	15,66	0,012	1,77
Celkem							29,22

Tab. 16 Množství vody v rozvodné soustavě okruhu 2

Množství vody v okruhu 2							
Číslo úseku	Délka úseku	Vnitřní průměr potrubí	Množství vody v potrubí	Číslo úseku	Délka úseku	Vnitřní průměr potrubí	Množství vody v potrubí
	l	d	V _{pot.}		l	d	V _{pot.}
[-]	[m]	[m]	[l]	[-]	[m]	[m]	[l]
20	4,53	0,02	1,42	22	2,79	0,02	0,88
20Z	4,13	0,02	1,30	22Z	1,51	0,02	0,48
21	2,83	0,02	0,89	23	2,34	0,02	0,73
21Z	2,29	0,02	0,72	23Z	1,61	0,02	0,51
Celkem							6,92

Tab. 17 Množství vody v otopných tělesech

Množství vody v otopných tělesech					
Označení místnosti	Typ OT (číslo OT)	Délka OT	Šířka OT	Výška OT	Množství vody v OT
		[m]	[m]	[m]	V_{ot} [l]
101 - Zádveří	Koraline LD 100 (OT1)	1	0,32	0,26	1,6
102 - Obývací prostor	Koraflex FK 15/34 (OT2)	3	0,34	0,15	3,6
	Koraflex FK 15/34 (OT4)	3	0,34	0,15	3,6
	Koraflex FK 15/34(OT3)	1,8	0,28	0,15	1,28
104 - Chodba	Kadik 11 VK (OT5)	1	0	0,5	2,7
105 - Koupelna	Rondo max KRMM 1500.595 (OT6)	0	0,5	1,5	9,9
106 - WC I	Linear comfort M - KLTM 700.500 (OT7)	0	0,5	0,7	3,4
109 - Pokoj I	Koraflex FK 19/34 (OT8)	1,6	0,34	0,15	1,92
111 - Pokoj II	Koraflex FK 19/34 (OT9)	1,6	0,34	0,15	1,92
112 - Ložnice	Koraflex FK 15/28 (OT10)	2,6	0,28	0,15	3,12
113 - Studio	Koraflex FK 19/34 (OT11)	3	0,34	0,19	3,6
115 - WC II	Linear comfort M-KLTM 1120.500 (OT12)		0,5	1,22	6,5
Celkem					43,14

Celkové množství vody v okruhu 1 je:

$$V_o = V_{ot} + V_{pot} + V_{ak} = 43,14 + 29,2 + 100 = 172,34 \text{ l} \quad [l] \quad (43)$$

Kde:

V_o [l] je objem vody v otopné soustavě;

V_{ot} [l] je množství vody v otopných tělesech;

V_{pot} [l] ... množství vody v rozvodné soustavě;

V_{ak} [l] ... množství vody v zásobníku SBP 100;

5.7 NÁVRH ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Zabezpečovací zařízení je tvořeno expanzní nádobou a pojistným ventilem pro jednotlivé okruhy.

5.7.1 STANOVENÍ PŘETLAKŮ OTOPNÉ SOUSTAVY

Pro výpočet zabezpečovacích zařízení je nutné určit přetlaky v otopné soustavě.

Nejnižší dovolený přetlak otopné soustavy p_{ddov} je dán vztahem 44 [32]:

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot (h \cdot g \cdot \rho \cdot 10^{-3}) \quad [\text{kPa}] \quad (44)$$

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot (1,47 \cdot 9,81 \cdot 1000 \cdot 10^{-3}) = 15,6 \text{ kPa}$$

Kde:

h [m] je převýšení nejvyššího bodu otopné soustavy nad neutrální rovinou;

g [m/s²] ... gravitační zrychlení;

Neutrální rovina je uvažována ve výšce připojení expanzní nádoby, jako nejvyšší bod se uvažuje výška otopného tělesa OT 6 s výškou 1,97 m nad zemí, od kterého je odečtena výška připojení expanzní nádoby 0,5 m (výška odvodní větve rozdělovače IVAR CS 553 DVP).

Hodnota nejnižšího provozního přetlaku je stanovena na $p_d = 50 \text{ kPa}$, při zachování $p_d \geq p_{ddov}$.

Provozní přetlak p_s je stanoven dle vztahu 45 a představuje přetlak, který se během provozu udržuje. Tento přetlak je určen jako střední hodnota nejvyššího provozního přetlaku p_h a nejnižšího provozního přetlaku p_d [32].

$$p_s = \frac{p_h + p_d}{2} = \frac{250 + 50}{2} = 150 \text{ kPa} \quad [\text{kPa}] \quad (45)$$

Kde:

p_h [kPa] je nejvyšší provozní přetlak;

p_d [kPa] ... nejnižší provozní přetlak;

Hodnota nejvyššího provozního přetlaku je stanovena na základě maximálních provozních přetlaků jednotlivých prvků okruhů, které jsou uvedeny v tab. 18. Hodnota maximálního tlaku tepelného čerpadla není uváděna v katalogových listech výrobce. Samotná venkovní jednotka bude pravděpodobně vybavena integrovaným pojistným ventilem, lze to usoudit z napojení trubek pro teplou vodu pomocí tlakových trubek vyvedených přímo z tepelného čerpadla.

Tab. 18 Maximální provozní přetlaky

Max. provozní přetlak prvků p_{pi}		
	[kPa]	[Mpa]
SBP 100	300	0,3
SBB 301 WP	1000	1
Koralux	1000	1
Koraflex	1200	1,2
Radik VK	1000	1
SC 553 DVP	1000	1
Rautian Flex	1000	1
Měď	5400	5,4
Rauthermex	850	0,85

5.7.2 NÁVRH EXPANZNÍCH NÁDOB

Expanzní zařízení slouží k udržení daných přetlaků v soustavě, vyrovnává změnu objemu vody při ohřátí otopné vody a samočinně doplňuje vodu do otopné soustavy při drobných netěsnostech. Návrh expanzního zařízení je proveden dle [52], výpočet je uveden pro okruh 1 spojující otopná tělesa se zásobníkem SBP 100 [53].

Expanzní objem tlakové membránové nádoby je určen vzorcem 46.

$$V_{et} = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \quad [l] \quad (46)$$

$$V_{et} = 1,3 \cdot 173,34 \cdot 0,01672 \cdot \frac{1}{0,71} = 5,3 l$$

Kde:

- V_{et} [l] je objem expanzní tlakové nádoby;
- V_o [l] ... objem vody v otopné soustavě;
- n [-] ... součinitel zvětšení objemu, určen podle [50];
- η [-] ... stupeň využití expanzní nádoby, určen podle vztahu 47;

$$\eta = \frac{(p_{h,dov} + p_b) - p_{d,A}}{(p_{h,dov} + p_b)} \quad [-] \quad (47)$$

$$\eta = \frac{(300 + 101) - 115,72}{(300 + 101)} = 0,71$$

Kde:

$p_{h,dov}$ [kPa] je nejvyšší dovolený absolutní tlak;

$p_{d,A}$ [kPa] ... hydrostatický absolutní tlak, dle vzorce 48;

p_b [kPa] ... barometrický tlak;

Nejvyšší dovolený absolutní tlak je zvolen dle prvků soustavy s nejnižším dovoleným přetlakem a to na $p_{h,dov} = 300 \text{ kPa}$.

$$p_{d,A} = \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} + p_b \quad [\text{kPa}] \quad (48)$$

$$p_{d,A} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,47 \cdot 10^{-3} + 101,3 = 115,72 \text{ kPa}$$

Minimální průměr expanzního potrubí d_v je stanoven dle vzorce 49 [53].

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} \quad [\text{mm}] \quad (49)$$

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{6,1} = 11,48 \text{ mm}$$

Expanzní nádoba byla navržena Reflex NG 8/6 [54].

Pro okruh 2, tedy okruh spojující tepelné čerpadlo a akumulární zařízení, byla navržena akumulární nádrž IVAR ER-AQUAHOT 51 [55].

Obě tlakové nádoby mají přípojovací rozměr $\frac{3}{4}$ " [54], [55].

5.7.3 NÁVRH POJISTNÉHO ZAŘÍZENÍ

Pojistný ventil zabezpečuje samočinné otevření při překročení určeného tlaku a následné samočinné uzavření při poklesu tlaku pod stanovené maximum.

Pojistné ventily jsou navrženy dle [32]. Následující výpočet je proveden pro pojistné zařízení umístěné na okruhu A13 úseku 23, spojující nádrž otopné vody SB1 100 s rozdělovačem IVAR CS 553 DVP.

Pojistný výkon je dán vztahem 50.

$$Q_p = 2 \cdot Q_n = 2 \cdot 6,1 = 12,2 \text{ kW} \quad [\text{kW}] \quad (50)$$

Kde:

Q_p [kW] je pojistný výkon;

Q_n [kW] ... jmenovitý výkon vstupu tepla;

Pojistný průtok pro vodu je dle vztahu 51:

$$m_p = A \cdot Q_p = 1 \cdot 12,2 = 12,2 \text{ kg/h} \quad [\text{kg/h}] \quad (51)$$

Kde:

m_p [kg/h] je pojistný průtok;

A [kg/h·kW] ... konstanta pro převod jednotek = 1;

Průřez sedla pojistného ventilu je stanoven dle vztahu 52:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot p_{ot}^{0,5}} \quad [\text{mm}^2] \quad (52)$$

$$S_o = \frac{2 \cdot 12,2}{0,5 \cdot 300^{0,5}} = 2,82 \text{ mm}^2$$

Kde:

S_o [mm²] je průřez pojistného sedla ventilu;

α_v [-] ... výtokový součinitel pojistného ventilu;

p_{ot} [kPa] ... otevírací přetlak pojistného výkonu;

Otevírací přetlak je stanoven 300 kPa. Výtokový součinitel vychází od výrobce a je určen $\alpha_v = 0,5$ dle [56].

Průměr pojistného sedla je dán vztahem 53:

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot S_o}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,82}{\pi}} = 1,89 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (53)$$

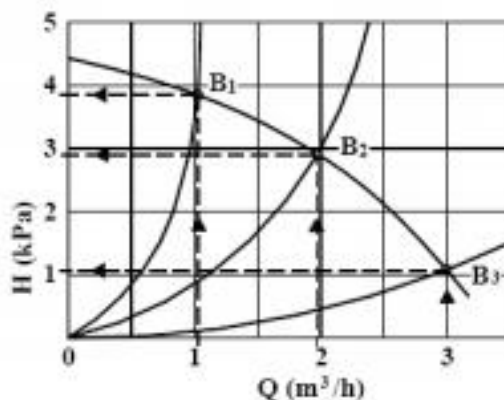
Nejmenší vnitřní průměr pojistného potrubí je dán vztahem 54:

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 12,2^{0,5} = 12,1 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (54)$$

Pojistný ventil je navržen IVAR PV 311 s přípojovacím potrubím $\frac{3}{4}$ "⁴, které koresponduje s navrženým potrubím úseku DN20 a otevíracím tlakem 3 bar, tento ventil je také navržen pro okruh 2, jelikož omezující prvek celé otopné soustavy je akumuláční nádrž SBP 100, která má maximální provozní tlak 300 kPa a je zapojena v obou okruzích [56].

5.8 NÁVRH ČERPADLA

Návrh oběhového čerpadla je vytvořen na základě charakteristiky čerpadla a charakteristiky potrubní sítě. Charakteristika čerpadla představuje vzájemnou závislost průtočného množství a dopravní výšky, tuto charakteristiku udává příslušný výrobce. Charakteristika potrubní sítě je závislá na zvoleném průřezu potrubí. Při spojení obou charakteristik vzniknou na spojnici body B, jak je zobrazeno na obrázku 17, tyto body udávají tlaky, na kterých musí čerpadlo pracovat při stanoveném průtočném množství, aby překonalo tlakové ztráty potrubí [53].



Obrázek 17 Charakteristiky čerpadla a potrubní sítě [53]

Pro výběr čerpadla je určeno průtočné množství čerpadla a velikost tlakové ztráty potrubní sítě. Uvedený návrh je vytvořen pro okruh 1, tedy okruh otopných těles a akumulčního zásobníku otopné vody SBP 100.

Stanovení průtočného množství čerpadla M , tedy hmotného toku je provedeno vztahem 55 dle [57].

$$M = \frac{Q}{c \cdot \Delta t} = \frac{6,1}{1,163 \cdot 10} = 0,52 \text{ m}^3/\text{h} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (55)$$

Kde:

Q [kW] je potřeba tepla / topný výkon;

Δt [°C] ... teplotní rozdíl;

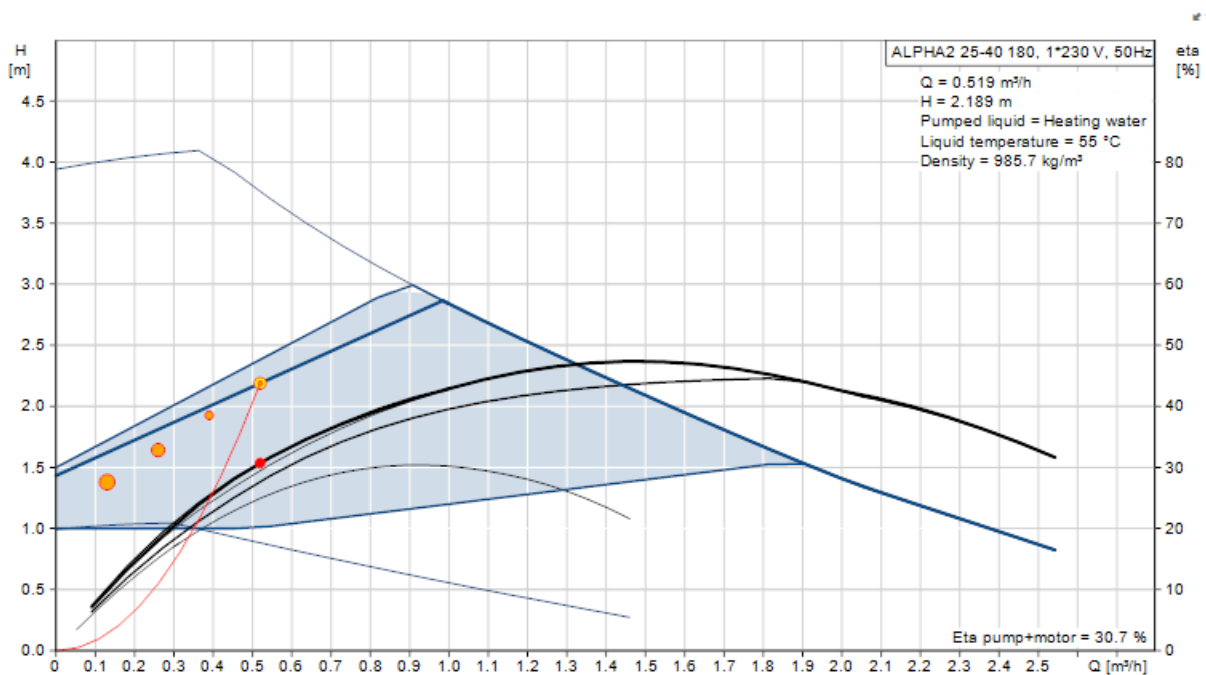
Tlaková ztráta potrubní sítě je dána vztahem 56 a představuje tlakovou ztrátu na rozvaděči, tlakovou ztrátu přípojovacích úseků 23 mezi rozdělovačem 553 DVP a akumulční nádrží SBP 100, dále je započítána ztráta filtru Ivar BRA 10.00, která je při rozměrech přípojovacího potrubí $\frac{3}{4}$ " 1,8 kPa [58] a výškový rozdíl nejvyššího odběrného místa a čerpadlem Tento rozdíl je 1,67 m a nachází se mezi čerpadlem a trubkovým otopným tělesem OT6.

$$\sum \Delta p = 2,92 + 1,11 + 15,68 + 1,8 = 21,51 \text{ kPa} \quad [\text{kPa}] \quad (56)$$

Dopravní výška čerpadla H je dána vztahem 57:

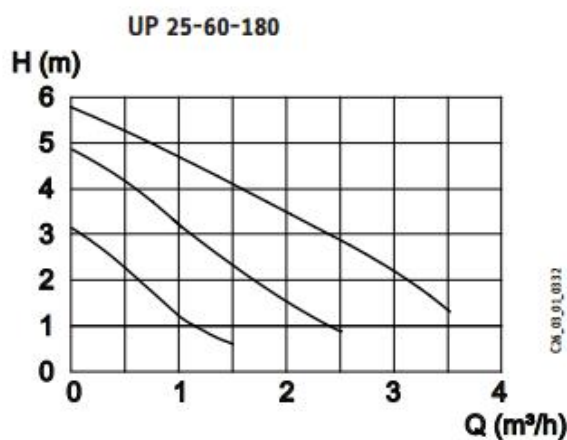
$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{21300}{1000 \cdot 9,81} = 2,19 \text{ m} \quad [\text{m}] \quad (57)$$

Na základě těchto parametrů bylo navrženo oběhové čerpadlo od firmy Grundfos typu ALPHA2 25-40 180, průtoková charakteristika je uvedena na obrázku 18 [59].



Obrázek 18 Průtoková charakteristika ALPHA2 25-40 [59]

Pro okruh 2 jsou navržena dvě oběhová čerpadla Stiebel Eltron UP 25-60-180, která byla určena dle charakteristiky na obrázku 19, čerpadla jsou uvažována s průtokovým množstvím 0,81 m³/h. Dopravní výšky jsou podobné a to $H_1 = 4,95 \text{ m}$ a $H_2 = 5,1 \text{ m}$.



Obrázek 19 Průtoková charakteristika UP 25-60-180 [60]

5.9 REGULACE OTOPNÉHO SYSTÉMU

Při regulaci otopného systému lze uvažovat stejné rozdělení, jak je uvedeno v kapitole 5.6. Okruh 1 představuje regulaci rozvaděče a s ním spojená otopná tělesa. Regulovaný okruh 2 představuje regulaci čerpadel připojených propojující tepelné čerpadlo s akumulací zásobníky.

5.9.1 REGULACE POKOJOVÝCH TEPLOT

Pro regulaci pokojové teploty je navrženo programově řízené vytápění jednotlivých místností podle individuálních požadavků, tedy IRC – Individual room control od firmy Etatherm. Tento systém umožňuje pomocí řídicí jednotky nastavit teplotní režimy pro jednotlivé místnosti či zóny. Pro tyto zóny je možnost sestavit program skládající se z časových úseků s různými teplotami, a to pro jednotlivé dny v týdnu. Součástí regulace je měření teploty v místnostech, ta umožňuje zohlednit cizí tepelné vlivy, jako jsou oslunění, navýšení teploty vlivem provozu různých zařízení, přítomnost více osob. Tímto řešením bylo upuštěno od použití termoregulačních hlavice, které by zvětšily přednastavenou tlakovou ztrátu rozvaděče a bylo by nutné použít čerpadlo pro větší hmotností průtoky [61].

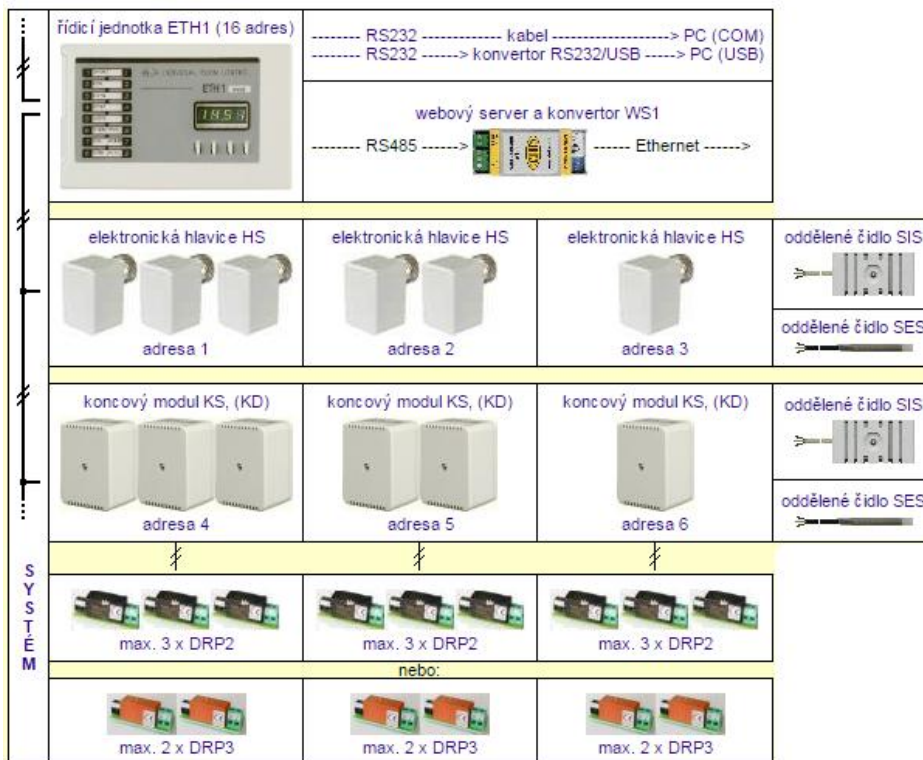
Samotná regulace je prováděna pomocí akčních členů a to buď:

- termopohonů – termopohony jsou tvořeny vyhřívaným vlnovcem a regulují přepínání mezi stavy otevřeno a zavřeno, čímž jsou schopny dosáhnout požadované teploty
- servopohonů – servopohony jsou tvořeny malým elektromotorkem regulujícím míru otevření ventilu.



Obrázek 20 Příklad použití termopohonů a servopohonů [61]

Vhodnou volbou je elektronická hlavice HS, která reguluje pomocí servopohonu a je umístěna přímo na rozvaděči. Samotná hlavice je řízena pomocí řídicí jednotky ETH1, která získává informace o stavu prostředí koncového modulu KS. Další volbou je použití termopohonů IVAR TE340, který je připojen k systému podobně jako servopohon. Hlavní prvky IRC systému jsou zobrazeny na obrázku 21 [61].



Obrázek 21 Základní regulační prvky IRC [61]

Toto řešení je navrženo s ohledem na použitý rozvaděč, kde je možnost rozdělit samotné otopné úseky do jednotlivých zón regulace. Návrh zónových úseků je uveden v tab. 19.

Tab. 19 Návrh rozdělení zón

Číslo zóny	Připojená OT
1	OT1
	OT5
2	OT2
	OT3
	OT4
3	OT6
4	OT7
	OT12
5	OT8
6	OT9
7	OT10
8	OT11

5.9.2 REGULACE OBĚHOVÝCH ČERPADEL A TEPELNÉHO ČERPADLA

Regulace oběhových čerpadel a tepelného čerpadla je provedena pomocí regulátoru WPM II. Tento regulátor určuje optimální provoz tepelného čerpadla, a to při různých režimech. Regulátor je připojen k venkovnímu tepelnému čerpadlu WPL 10 A a k oběhovým čerpadlům UP 25-60-180, jež ovládá. Díky tomu regulátor může pracovat v programech na přípravu teplé vody a otopné vody, dále připojení přídavného elektrického topení, případně ovládání rezervace čerpadla proti zamrznutí výparníku [30].

6 NÁVRH VYTÁPĚNÍ GARÁŽE

Vytápění příslušných místností garáže je navrženo pomocí elektrického vytápění. Toto vytápění bylo zvoleno na základě nestálosti výskytu pobytu osob v místnostech garáže. Elektrické topení obecně disponují nevysokými pořizovacími náklady a jsou vhodná pro rychlý ohřev místnosti. V tab. 20 jsou uvedeny ztráty v jednotlivých místnostech a navržena otopná zařízení. Pro místnost 122 – WC III je navržen elektrický topný žebřík. Pro místnost 106 – Kuchyň je navržen elektrický přímotop s lamelovým výměníkem, pro ostatní místnosti jsou navrženy elektrické podlahové konvektory s ventilátorem [62], [63], [64].

Tab. 20 Návrh otopných těles garáže [62], [63], [64]

Označení místnosti	Celkový tepelný výkon	Typ OT (číslo OT)	Výkon OT
	[W]	-	[W]
122 - WC III	370,02	KD-E 600x960 (20)	400
123 - Kancelář	1540,88	COIL TE 1000	1500
125 – Společenská místnost	1981,50	COIL TE 500	750
		COIL TE 1000	1500
126 - Kuchyň	497,08	ECOFLEX TAC 0,5	500

7 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU

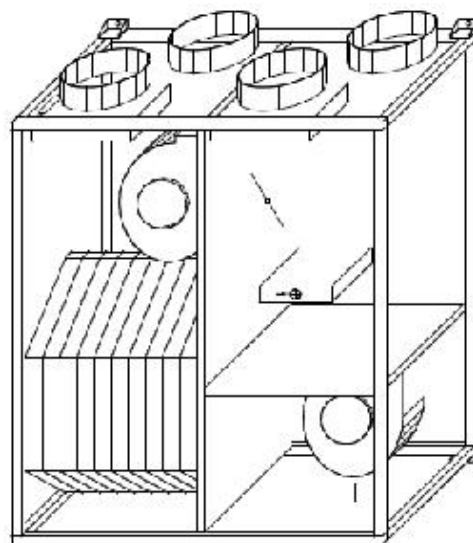
Vzduchotechnický systém byl po domluvě se společností Keeo4design navržen jako rovnotlaká větrací soustava se zpětným získáváním tepla, normovaný výpočet je vytvořen pomocí normy ČSN EN 12 831, a tudíž není nutný výpočet tepelných zisků. Rovnotlaká větrací soustava se zpětným získáváním tepla vyniká nižšími tepelnými ztrátami větráním oproti přirozenému větrání. Z tohoto důvodu není potřeba navrhovat zdroj tepla s vyšším tepelným výkonem a tím spojenými pořizovacími náklady a provozem. Nucený přívod a odvod vzduchu zajišťuje vhodnou úroveň mikroklimatu, jelikož dům disponuje okny s dobrými těsnícími schopnostmi. Tyto schopnosti snižují úroveň přirozené infiltrace na minimum a s kombinací s nedostatečným přirozeným větráním by byla úroveň mikroklimatu na nízké úrovni a mohla by ovlivnit zdravý obyvatel domu.

7.1 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

Požadované množství přiváděného a odváděného množství vzduchu jsou stanoveny v kapitole 2.3.3. a uvedeny v tab. 6. Celkové množství přiváděného a odváděného vzduchu je stanoveno na 500 m³/h, na základě této hodnoty byla vybrána větrací jednotka od firmy Atrea, typu Duplex ECV5. Dle výpočtového softwaru firmy Atrea byla stanovena rychlost proudění z větrací jednotky na 4,4 m/s, schéma zimního i letního provozu v závislosti na teplotách a vlhkostech vzduchu je uvedeno v příloze P4 [65].

Tab. 21 Technická data Atrea Duplex ECV5 [65]

TECHNICKÁ DATA ECV5				
DUPLEX		280 ECV5	380 ECV5	580 ECV5
energetická třída	-	A+ ¹⁾	A+ ¹⁾	A+ ¹⁾
maximální průtok ²⁾	m ³ /h	285	365	580
akustický výkon do okolí ³⁾	dB	35	36	42
max. účinnost rekuperace	%	94	95	94
výška [bez hrdel] V	mm	1 000	1 000	1 080
šířka S	mm	617	617	928
hloubka H	mm	490	490	509
průměr přípojvacích hrdel	mm	ø 160 ⁴⁾	ø 160	ø 200
hmotnost	kg	46	49	58
bypass	-	ano		
napětí	V	230 / 50 Hz		
třída filtrace přivodní vzduch	-	G4 (altern. F7)		
odvod kondenzátu	mm	1x ø 14 (využití dle polohy)		



Jednotka ECV5 je kompaktního svislého provedení a je umístěna na podlaze v místnosti 103 – Komora. Získávání tepla z odpadního vzduchu je pomocí vířivého protiproudého výměníku z plastu. V letním období, kdy není nutná rekuperace, je vzduch oddělen klapkou a veden by - passem. Pro filtraci vzduchu je jednotka osazena filtry G4. Samotné proudění je prováděno pomocí dvou ventilátorů, typu volného oběžného kola s elektronickým EC řízením [65].

Při rekuperaci dochází při ochlazení odpadního vzduchu ke kondenzaci vlhkosti, proto je počítáno s připojením odvodu kondenzátu do kanalizace. Kondenzace vody je v zimním období větší, a proto je jednotka vybavena vestavěným elektrickým předehříváčem. Elektrický předehříváč zamezuje zamrznutí výměníku v zimním období. Pomocí výpočtového softwaru od

firmy Atrea je ohříváč schopen ohřát studený vzduch na požadovanou teplotu $-7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ s relativní vlhkostí 62,4 % (stanovená výrobcem) [65].

Regulace jednotky je prováděna pomocí digitální regulace CP, která umožňuje připojení externích vstupů z místností pro řízení výkonu podle kvality čidel vzduchu. Tato regulace také řídí činnosti klapky by-passu a elektrický předehříváč [65].

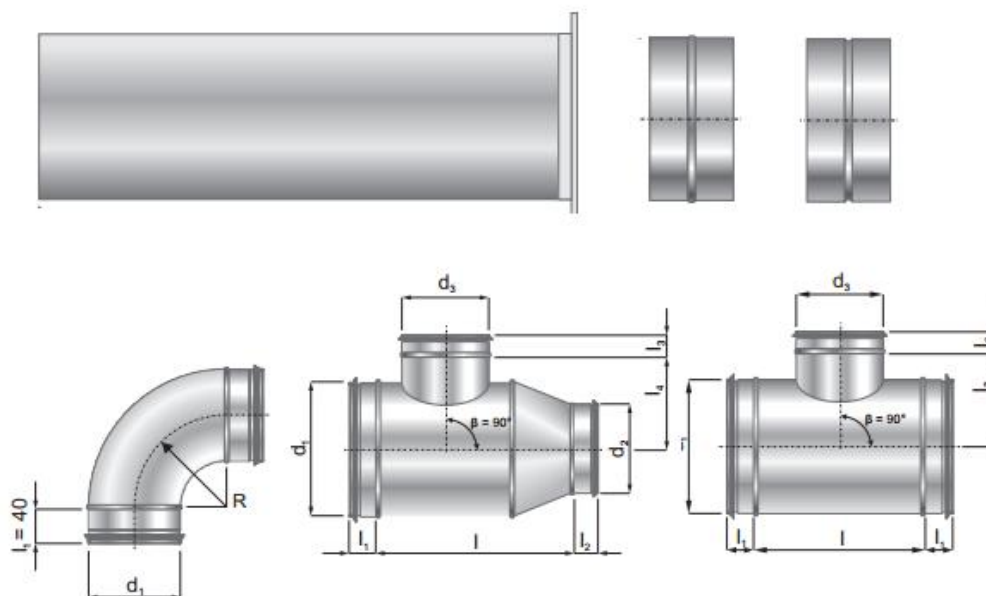
Za jednotkou je vložen tlumič hluku, pro snížení šíření hluku vzduchovodem. Tlumič je vyroben z tlumicí vaty a je připojen do úseku 1 o jmenovitém rozměru 0,2 m s délkou 1 m [65], [66].

7.2 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

Přiváděný i odváděný vzduch je distribuován pomocí kruhového potrubí z pozinkovaného plechu od společnosti Mart, které jsou vyráběny dle EN 1506 a EN 12237, tato potrubí jsou vyráběna v maximální délce 2 m. Napojení dalších úseků je možno za pomoci spojek vnitřních, vnějších či přírub [67].

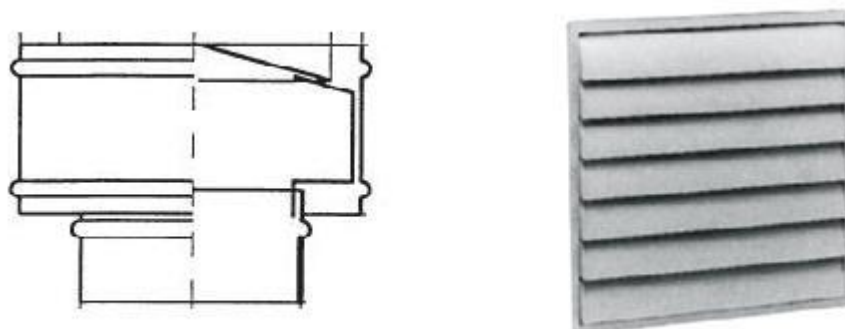
Tvarové kusy typu koleno, rozbočka, apod. jsou navrženy s těsněním typu S-Mart. Spojování tvarových kusů je pomocí nasouvání jednotlivých kusů, axiální zajištění je pomocí nýtovacího spoje či šroubovým spojem a následně je spoj omotán hliníkovou páskou [68].

Potrubí jsou umístěna pod stropem a ukotvena pomocí kotvicích závěsů. Potrubí je vedeno v sádkartonových podhledech, v místnostech 104 - Chodba a 105 – Koupelna ve sníženém stropu. Pro zachování maximální výšky stropu 2,5 m je osová vzdálenost přívodního i odpadního potrubí s podlahou 2,65 m.



Obrázek 22 Vzduchotechnické potrubí a tvarovky [67]

U rozvodů přívodu čerstvého a odvodu odpadního vzduchu se požaduje minimální vzdálenost 3 m, proto je přívod vyveden v horizontálním směru skrz obvodovou stěnu. Odvod odpadního vzduchu je vyveden ve svislém směru skrz strop a střechu, kde je osazen výfukovou hlavici. Přívod je chráněnou větrací mřížkou s lamelami [68] [69].



Obrázek 23 Výfuková hlavice, větrací mřížka s lamelami [68], [69]

7.3 NÁVRH POTRUBNÍ SÍTĚ

Čerstvý vzduch se bude přivádět do místností 102 – Obývací prostor, 109 – Pokoj I, 111 – Pokoj II, 112 – Ložnice a 113 – Studio. Odpadní vzduch se bude odsávat z pokojů 102 – Obývací prostor, 105 – Koupelna, 106 – WC I, 113 – Studio, 115 – WC II. Metodika návrhu potrubí vychází z metody z rychlostí. Metoda rychlostí vychází z volby rychlosti proudění v hlavních a vedlejších větvích. Samotná hlavní větev je tvořena dílčími na sebe navazujícími úseky, jejichž součet tlakových ztrát je roven největší tlaková ztrátě. Velikost potrubí a tlakové ztráty všech úseků je v tab. 22.

Potrubí je nejprve rozděleno na jednotlivé úseky obrázku 24. U každého úseku jsou známy, již stanovené objemové průtoky a stanovené rychlosti. Stanovené rychlosti ve vzduchovodech by se z důvodu hluku měly pohybovat pro obytné budovy dle doporučených hodnot 3,5 - 5 m/s pro hlavní větve a pro vedlejší 3 m/s. Při známých parametrech rychlostí, objemových průtoků je vypočten průměr potrubí dle rovnice 58. Na základě tohoto rozměru se stanoví skutečný normovaný průměr potrubí, podle nějž je vypočtena skutečná rychlost v daném úseku podle rovnice 59. Příklad výpočtu je použit úsek 2, tedy přívod do obývacího pokoje, rychlost výtoku je požadována 2 m/s pro vstup do obytných prostor [70].

$$d_{vz} = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} \quad [\text{m}] \quad (58)$$

$$d_{vz} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,05}{\pi \cdot 2}} = 0,18 \text{ m}$$

Kde:

d_{vz} [m] je navrhovaný průměr potrubí;

V [m³/s] ... objemový průtok;

w [m/s] ... rychlost proudění;

Pro normalizovaný rozměry potrubí:

$$w_{skut} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d_{norm}^2} \quad [\text{m/s}] \quad (59)$$

$$w_{skut} = \frac{4 \cdot 0,05}{\pi \cdot 0,2^2} = 1,59 \text{ m/s}$$

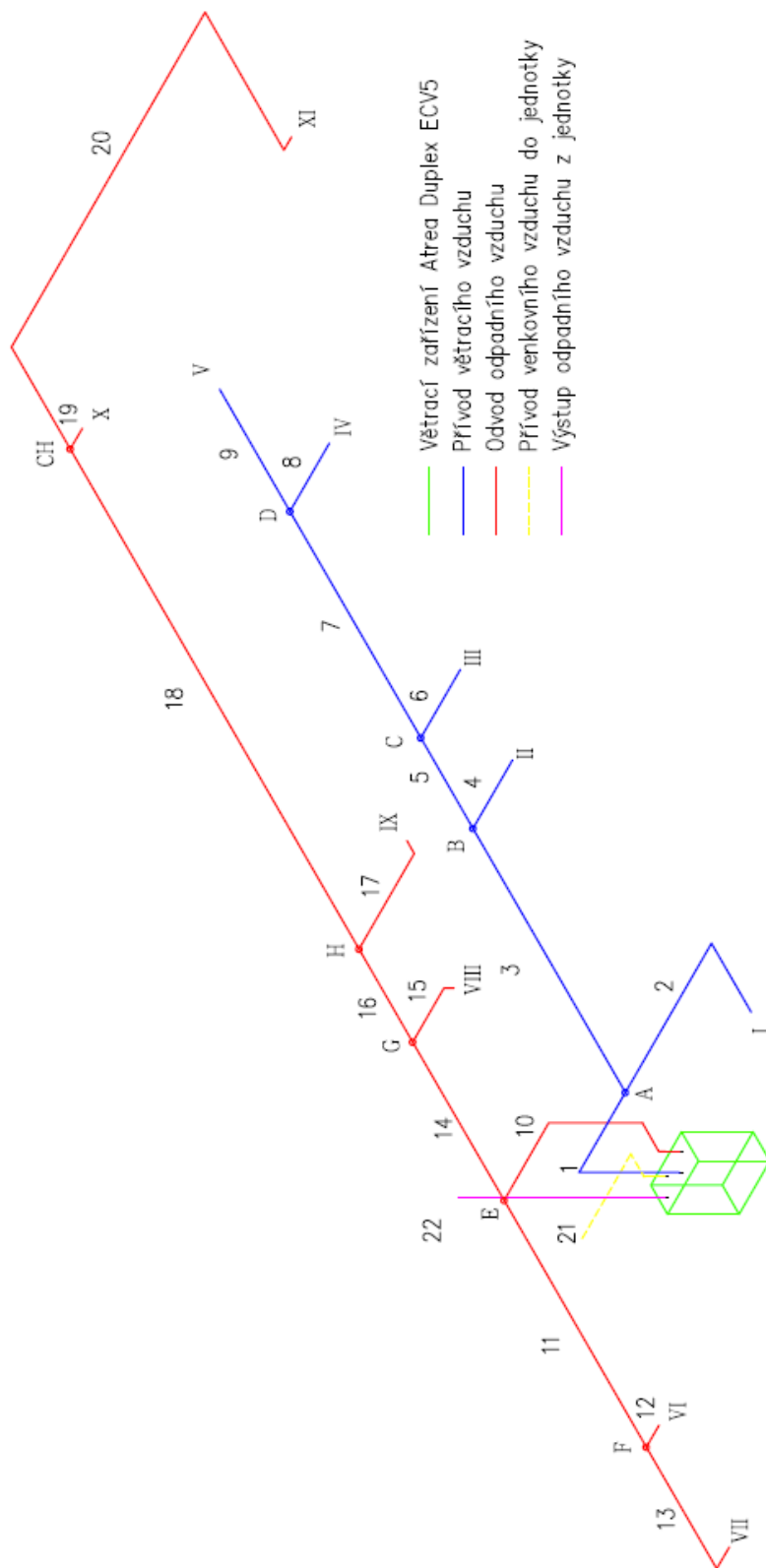
Kde:

d_{norm} [m] je normalizovaný průměr potrubí, pro úsek 2, to je 0,2 m;

w_{skut} [m/s] ... rychlost proudění pro normalizovaný průměr potrubí;

Tab. 22 Tlakové ztráty jednotlivých úseků vzduchotechnického systému

Číslo úseku	Objemový tok		Délka úseku	Návrh		Normalizovaný rozměr			Tlakový spád	Delková tl. ztráta	Místní tl. ztráta	Celk. tl. ztr. bez výústky	Součinitelé místní tl. Ztráty ξ					Celkem $\Sigma \xi$	
	V_i m ³ /h	m^3/s		Rychlost	Průřez	Průměr	Průměr	Plocha potrubí					Rychlost proudění	Δp_t Pa/m	P_λ Pa	Δp_ξ Pa	P_c Pa		Koleno ξ_K
1	500,00	0,14	3,48	4,40	0,03	0,20	0,20	0,03	4,42	1,34	2,37	7,03	0,20	-	-	-	-	-	0,20
2	180,00	0,05	3,26	2,00	0,03	0,17841	0,20	0,03	1,59	0,35	7,89	9,03	0,20	-	4,99	-	-	-	5,19
3	320,00	0,09	4,31	3,00	0,03	0,19	0,20	0,03	2,83	0,59	11,29	13,83	-	-	2,35	-	-	-	2,35
4	58,00	0,02	1,00	2,00	0,01	0,10	0,10	0,01	2,05	0,88	4,85	5,72	-	-	-	1,92	-	-	1,92
5	262,00	0,07	1,36	3,00	0,02	0,18	0,20	0,03	2,32	0,69	0,82	1,76	-	-	-	0,25	-	-	0,25
6	58,00	0,02	1,00	2,00	0,01	0,10	0,10	0,01	2,05	0,88	4,90	5,78	-	-	-	1,94	-	-	1,94
7	204,00	0,06	3,96	2,50	0,02	0,17	0,18	0,03	2,23	0,44	1,25	2,98	-	-	-	0,42	-	-	0,42
8	64,00	0,02	1,00	2,00	0,01	0,11	0,125	0,01	1,45	0,34	2,77	3,11	-	-	-	2,20	-	-	2,20
9	140,00	0,04	2,00	2,00	0,02	0,16	0,16	0,02	1,93	0,43	0,79	1,65	-	-	-	0,35	-	-	0,35
10	500,00	0,14	3,22	4,40	0,03	0,20	0,20	0,03	4,42	1,34	4,74	9,05	0,40	-	-	-	-	-	0,40
11	200,00	0,06	3,98	3,50	0,02	0,14	0,16	0,02	2,76	0,25	18,76	19,76	-	2,10	1,97	-	-	0,02	4,09
12	100,00	0,03	2,02	2,00	0,01	0,13	0,16	0,02	1,38	0,23	3,84	3,88	-	-	3,35	-	-	-	3,35
13	100,00	0,03	2,04	2,00	0,01	0,13	0,16	0,02	1,38	0,23	1,10	1,57	-	-	0,96	-	-	-	0,96
14	300,00	0,08	2,41	3,50	0,02	0,17	0,20	0,03	2,65	0,88	9,20	11,33	-	2,18	-	-	-	-	2,18
15	125,00	0,03	0,60	2,00	0,02	0,15	0,15	0,02	1,96	0,35	6,69	6,89	0,21	-	-	2,68	-	-	2,68
16	175,00	0,05	1,35	3,00	0,02	0,14	0,15	0,02	2,75	0,60	1,85	2,65	-	-	0,41	-	-	-	0,41
17	75,00	0,02	1,47	2,00	0,01	0,12	0,13	0,01	1,70	0,46	4,70	5,38	-	-	-	2,72	-	-	2,72
18	100,00	0,03	8,51	2,50	0,01	0,12	0,13	0,01	2,26	0,79	1,34	8,09	-	-	0,44	-	-	-	0,44
19	25,00	0,01	0,20	2,00	0,00	0,07	0,10	0,01	0,88	0,20	1,00	1,04	-	-	-	2,14	-	-	2,14
20	75,00	0,02	7,84	2,00	0,01	0,12	0,13	0,01	1,70	0,46	1,67	5,26	0,63	-	-	0,34	-	-	0,97



Obrázek 24 Návrh jednotlivých větví vzduchotechnického systému

7.4 TLAKOVÉ ZTRÁTY POTRUBNÍ SÍTĚ

Vzduch je stlačitelná tekutina, ale při rychlostech do 150 m/s lze stlačitelnost zanedbat. Proudění vzduchu potrubím způsobuje vlivem vazkosti přeměnu části mechanické energie v teplo. Při zanedbání stlačitelnosti se úbytek tlakové energie projeví tlakovým úbytkem, tedy tlakových ztrát. Tyto ztráty lze rozdělit do dvou typů, a to tlakové ztráty třením, které vznikají po celé délce přímého potrubí a místní tlakové ztráty, které se vyskytují u míst, kde je narušen proud vzduchu. [70].

Celkové tlakové ztráty p_c jsou vypočteny dle rovnice 60, kde jsou sečteny tlakové ztráty třením a místní tlakové ztráty daného úseku, v tomto případě opět úseku 2 pro přívod do obývacího pokoje.

$$p_c = p_\lambda + \Delta p_\xi \quad [\text{Pa}] \quad (60)$$

$$p_c = 1,14 + 7,89 = 9,03 \text{ Pa}$$

Kde:

p_λ [Pa] je délková tlaková ztráta úseku, dle 7.4.1;

Δp_ξ [Pa] ... místní tlaková ztráta, dle 7.4.2;

7.4.1 DÉLKOVÉ TLAKOVÉ ZTRÁTY

Délkové tlakové ztráty nebo i tlakové ztráty třením nastávají při překonávání odporů přímého potrubí. Výpočet délkové tlakové ztráty vychází z rovnice 61. Ve výpočtu vystupuje měrná tlaková ztráta třením, která je vynásobena délkou úseku. Jedna z možností určení měrné tlakové ztráty třením je dle rovnice 62, další je určení z monogramu. Monogram pro kruhové potrubí je zobrazen na obrázku 25 [70].

Použité hodnoty měrné tlakové ztráty třením, dle rovnice 61, jsou vypočteny a porovnány pomocí online výpočtů [71] a [72]. Pro ukázkou je proveden výpočet opět pro úsek 2, přičemž měrná tlaková ztráta byla stanovena dle online výpočtů na 0,349 Pa/m.

$$p_\lambda = \Delta p_t \cdot l \quad [\text{Pa}] \quad (61)$$

$$p_\lambda = 0,35 \cdot 3,26 = 1,14 \text{ Pa}$$

Kde:

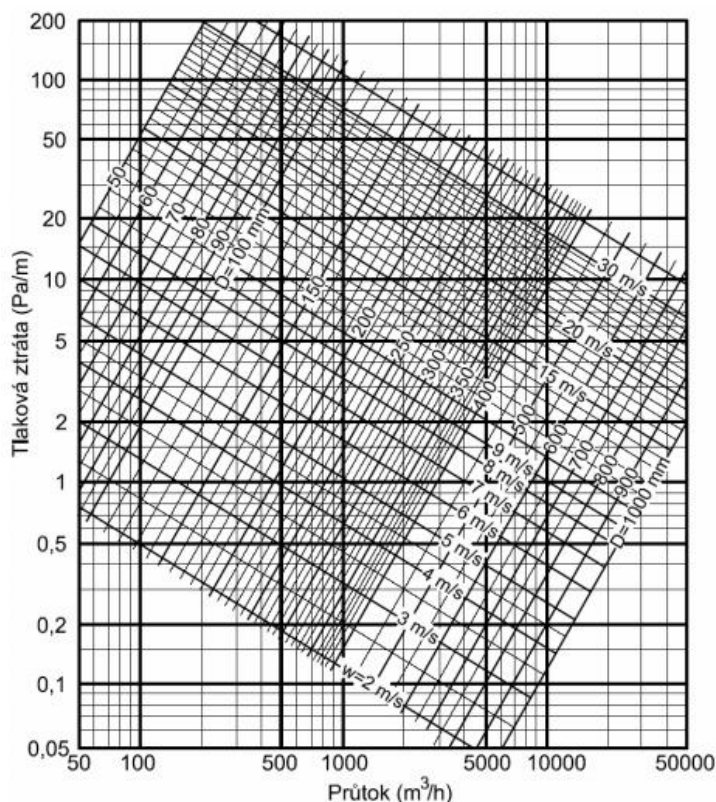
Δp_t [Pa/m] je měrná tlaková ztráta třením;

l [m] ... délka potrubí příslušného úseku;

$$\Delta p_t = \frac{\lambda}{d_h} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_s^2 \quad [\text{Pa/m}] \quad (62)$$

Kde:

- λ [-] je součinitel třecích ztrát;
 w_s [m/s] ... střední rychlost proudění;
 d_h [m] ... hydraulický průměr;



Obrázek 25 Monogram pro určení tlakové ztráty třením [72]

Hydraulický průměr pro kruhové potrubí odpovídá rovnici 63.

$$d_h = \frac{4 \cdot S}{O} \quad [\text{Pa/m}] \quad (63)$$

Kde:

- S [m²] je průřez potrubí;
 O [m] ... obvod vzduchovodu;

Pro výpočet součinitele třecích ztrát λ je potřeba znát v jaké oblasti proudění se tekutina pohybuje a to laminární, přechodové nebo turbulentní oblasti. Tyto oblasti jsou zobrazeny na obrázku 26. Pro rozlišení oblasti proudění je nutný výpočet Reynoldsova čísla, stanovení

drsnosti stěn potrubí. Reynoldsovo číslo odpovídá vzorci 64. Drsnost potrubí je závislá na typu materiálu, pro přírubové pozinkované potrubí je brána hodnota 0,15 mm [73], [74].

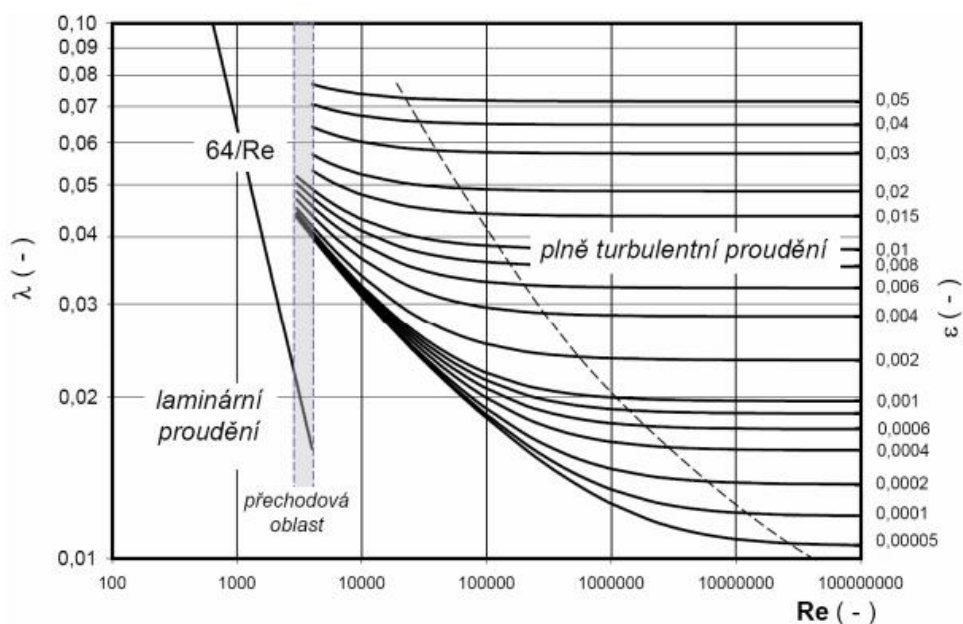
$$Re = \frac{w_s \cdot L}{\nu} \quad [-] \quad (64)$$

Kde:

w_s [m/s] je průměrná rychlost tekutiny;

L [m] ... charakteristický rozměr;

ν [m²/s] ... kinematická viskozita;



Obrázek 26 Závislost součinitele tření na Reynoldsově čísle a relativní drsnosti při proudění potrubím kruhové průřezu [70]

Pro oblast laminárního proudění, kdy $Re \leq 2320$, součinitel tření vychází z rovnice [73]:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad [-] \quad (65)$$

Pro přechodovou oblast, kde $2320 < Re < 4000$, součinitel tření vychází z rovnice [74]:

$$\lambda = \lambda_{2320} + \frac{\lambda_{4000} - \lambda_{2320}}{4000 - 2320} \cdot (Re - 2320) \quad [-] \quad (66)$$

Pro turbulentní proudění, kde $Re \geq 4000$, součinitel tření vychází z rovnice [73]:

$$\lambda = \frac{1,318}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad [-] \quad (67)$$

7.4.2 MÍSTNÍ TLAKOVÉ ZTRÁTY

Jak bylo zmíněno, místní tlakové ztráty vznikají v důsledku změny proudu vzduchu. Tyto změny nastávají ve tvarovkách. Výpočet místní tlakové ztráty vychází z rovnice 68. Demonstrační výpočet je proveden opět pro úsek 2, tedy přívod čerstvého vzduchu do obývacího pokoje.

$$\Delta p_{\xi} = \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \cdot \sum \xi \quad [\text{Pa}] \quad (68)$$

$$\Delta p_{\xi} = \frac{1,2}{2} \cdot 1,59^2 \cdot \sum 0,203 + 5,19 = 7,89 \text{ Pa}$$

Kde:

ξ [-] je součinitel místní ztráty;

w [m²/s] ... rychlost proudění;

Hodnoty místní tlakové ztráty závisí na změně proudu vzduchu, která je závislá na typu tvarovky, samotné hodnoty lze získat z podkladů výrobců nebo online výpočtů. Velikosti místní tlakové ztráty jsou určeny dle online výpočtu [74].

7.5 NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ VYÚSTEK

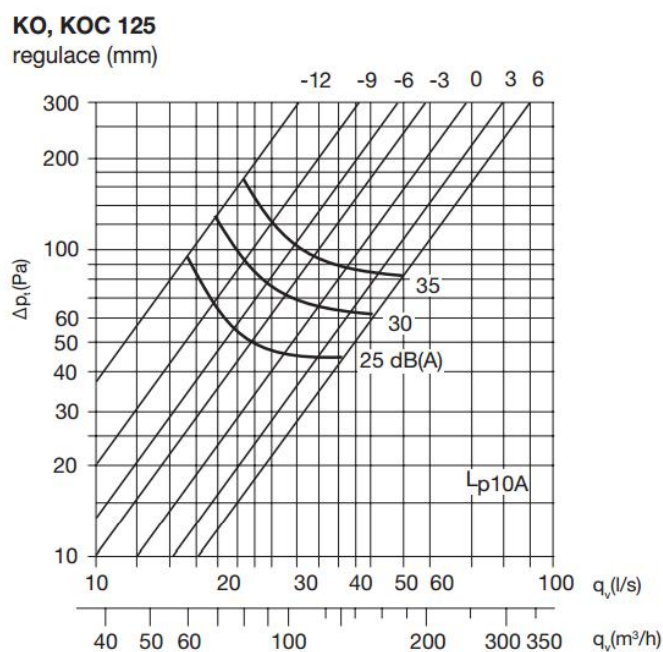
Jako vzduchotechnické vyústky byly navrženy talířové ventily KI pro přívodní potrubí a KO pro odvodní potrubí od výrobce Soler & Palau. Typy KI a KO jsou zhotoveny z oceli s práškovým nátěrem. Samotné vyústky slouží také k regulaci jednotlivých potrubních tras. Tyto vyústky byly vybrány pro velké možnosti regulace průtoku a jsou zobrazeny na obrázku 27. Samotná regulace je realizována pomocí kruhového disku, který díky pootáčení zvětšuje či zmenšuje aktivní plochu ventilu. Nastavením ventilu do požadované polohy jsou nastaveny pracovní parametry. Připevnění k potrubí je pomocí šroubu nebo nýtu. Pro zabránění případnému otáčení ze zvolené polohy jsou zajištěny pomocí kontramatek [75], [76].



Obrázek 27 Přírodní ventil KI [75]

Samotná regulace a stanovení polohy talíře jsou vyhodnoceny pomocí diagramu výrobce (obrázek 28). Postup pro regulaci vyústek je proveden následovně:

- Stanovení spojovacích úseků, které vedou k dané koncové vyústce. Následným součtem tlakových ztrát těchto dílčích úseků je získána tlaková ztráta úseku bez vyústky.
- Pro úsek vyústky s největší tlakovou ztrátou je pomocí diagramů průtoku (uvedeny v příloze P4), stanovena tlaková ztráta pro plné otevření vyústky. Pro přívod čerstvého vzduchu je to vyústka IV s tlakovou ztrátou 28,71 Pa. Objemový průtok odpovídající průtoku vyústkou IV je 64 m³/h pro plné otevření, tedy regulaci na 12 mm, dle obrázku 28, nastavená tlaková odpovídá tlaková ztráta 13 Pa, která je přičtena k tlakové ztrátě úseku bez vyústky a odpovídá hodnotě celkové tlakové ztrátě úseku 41,71 Pa.



Obrázek 28 Diagram průtoku vyústky KI 125 [75]

- Regulace ostatních vyústek je provedena nastavením polohy ventilu otevření na celkovou ztrátu odpovídající referenční vyústce IV. Pro příklad vyústka II má tlakovou ztrátu úseku 26,59 Pa pro referenční vyústku IV, tedy 41,71 Pa, je zregulována na pozici 9 mm s tlakovou ztrátou 14 Pa. Celková tlaková ztráta úseku s vyústkou II je 40,59 Pa.

Tab. 23 Regulace přívodních a odvodních vyústek

Číslo koncové vyústky	Číslo spojovacích úseků	Připojovací uzel	Objemový tok		Tl. Ztráta úseku bez vyústky Pa	Průměr vyústky m	Typ vyústky -	Nastavená tl ztráta Pa	Nastavení polohy -	Celk. ztráta úseku Pa			
			V								Pa	Pa	Pa
			m ³ /h	l/s									
I	1+2	A	180	50,00	16,06	0,2	KI 200	24	12	40,06			
II	1+3+4	B	58	16,11	26,59	0,1	KI 100	14	9	40,59			
III	1+3+5+6	C	58	16,11	28,40	0,1	KI 100	14	9	42,40			
IV	1+3+5+7+8	D	64	17,78	28,71	0,125	KI 125	13	12	41,71			
v	1+3+5+7+9	D	140	38,89	27,26	0,16	KI 160	16	12	43,26			
VI	10+11+12	F	100	27,78	32,69	0,16	KO 160	17	6	49,69			
VII	10+11+13	F	100	27,78	30,37	0,16	KO 160	17	6	47,37			
VIII	10+14+15	G	125	34,72	27,28	0,15	KO 150	22	0	49,28			
IX	10+14+16+17	H	75	20,83	28,41	0,125	KO 125	23	0	51,41			
X	10+14+16+18+19	CH	25	6,944	32,17	0,1	KO 100	15	0	47,17			
XI	10+14+16+18+20	CH	75	20,83	36,39	0,125	KO 125	13	6	49,39			

Obdobně jsou zregulovány všechny vyústky a jsou uvedeny v tab. 23. Všechny vyústky jsou regulovány s ohledem na akustický tlak L_{p10A} , proto všechny vyústky mají tuto hladinu nižší než 25 dB_(A) (váženou akustickým filtrem A, který koriguje akustický tlak nejpodobněji lidskému uchu).

7.6 IZOLACE POTRUBNÍ SÍŤ

V zimním období s venkovní teplotou $t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkostí $\varphi = 90 \%$ může docházet na vstupním a výstupním potrubí ke kondenzaci vodní páry vzduchu na povrchu potrubí, tedy úseku 21 a 22. Pro tyto podmínky byla stanovena minimální tloušťka tepelné izolace 4,4 mm pro vstupní úsek 21, s použitím izolace IZO-VENT se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,033 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Tato minimální tloušťka byla vypočtena pomocí on-line výpočtů [77]. Na základě minimální tloušťky je navržena tepelná izolace IZO-VENT 6 metal, tato izolace má tloušťku 6 mm. Izolace IZO-VENT se připevňuje na potrubí pomocí samolepicích vlastností izolace. Tato izolace je navržena nejenom pro přívodní potrubí, ale i pro další úseky vnitřního potrubí, jelikož snižuje hlučnost vzduchovodu, tlumí vibrace a prodlužuje životnost vzduchovodu a snižuje možnost výskytu kondenzátu v potrubí. [77], [78].

V úseku 22 vstupuje potrubí do podkroví a následně venkovního prostředí. Pro tento úsek je zvolena izolace Orstrech LSP H tloušťky 60 mm s tepelnou vodivostí $\lambda = 0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Minimální tloušťka byla vypočtena na 51,5 mm pomocí on-line výpočtů [77], přičemž se jako venkovní prostředí uvažoval také prostor podkroví. Výstupní teplota vzduchu z větrací

jednotky je uvažována dle parametrů z výpočtového softwaru Atrea a to $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkostí 96 %. Hodnoty teplot pro letní a zimní režim jsou uvedeny v příloze P5. Úsek nacházející se v podkroví a venkovním prostředí je oplechován [79].

8 VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ

Pro větrání je zvolena, v souladu s konzultací se společností Keeo4design, rovnotlaká větrací soustava se zpětným získáváním tepla. Výpočet tepelné ztráty větráním je proveden dle normy ČSN EN 12831. Pro dodržení cílů práce je proveden zjednodušený výpočet tepelných zisků dle [80]. Základní princip výpočtu je založen na normě ČSN 73 0548, ale využívá řadu zjednodušení, konstantních průměrných hodnot a zjednodušených postupů [81].

Vypočet je proveden pro rodinný dům, vypočtené hodnoty citelných tepelných zisků je uveden v tab. 25.

Charakteristika stavby představuje schopnosti akumulace domu a použité izolaci, pro rodinný dům je zvolena střední akumulace, podobně jako při určování zátěpového výkonu, se špičkovou izolací, jelikož obvodové stěny vynikají nízkým součinitelem prostupu tepla $U_k = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Okna jsou charakterizována také dvěma parametry a to kvalitou tepelně-izolačních vlastností a těsností, dále stínícími vlastnostmi. Parametr kvality oken je stanoven na špičková, z důvodu použití izolačních trojskel. Stínící parametr je určen pro všechny místnosti jako vysoký, tento parametr je dán umístěním stínících prvků na verandě. Místnosti orientované svými okny na severovýchod (SV) jsou pouze středním stíněním, jež počítá pouze se žaluziemi. Při výpočtu nejpodstatnější složkou jsou obvykle zisky sluneční radiací, ty vychází z velikosti oken a jejich orientace. V tomto výpočtu je vycházeno ze základní orientace světových stran, přičemž pro základní výpočet je dostačující. Vnitřní tepelné zisky představují tepelné zisky od elektrických spotřebičů, jako je například televize, osvětlení apod. Použité hodnoty vnitřních tepelných zisků jsou uvedeny v tab. 24. Další tepelné zisky jsou od osob působících v uvažovaném prostoru, kde jeden člověk vyprodukuje 80 W [81].

Tab. 24 Tepelné zisky el. zařízení

Příkony el. zařízení	
Typ zařízení	[W]
LED žárovka	8
Televize	150
PC+LCD	100
Myčka na nádobí	1500
Indukční deska	1200
Pračka	500
Stereo věž	30
Chladnička	600
Větrací jednotka	3000

Tab. 25 Výpočet tepelných zisků

Označení místnosti	Vypočtové teploty		Vnitřní teplota [°C]	Vnější teplota [°C]	101 - Závěří	102 - Obývací prostor	103 - Komora	104 - Chodba	105 - Koupelna	106 - WC I	107 - Technická místnost	108 - Šatna	109 - Ložnice	111 - Pokoj II	112 - Ložnice	113 - Studio	114 - Závěří	115 - WC II			
	Stř. těžká/Špičková	Špičková																	Stř. těžká/Špičková	Špičková	Stř. těžká/Špičková
Charakteristika stavby	Stř. těžká/Špičková	Špičková	24	32	24	32	24	32	24	32	24	32	24	32	24	32	24	32	24	32	
Charakteristika oken	Špičková kv./Vysoké	Špičková kv./Vysoké																			
Kvalita oken/ Stínění																					
Rozměr A	2,5	7,13	1,71	1,3	3,9	0,99	2,1	2,3	2,94	2,94	2,1	3	2,94	2,94	3,05	3,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Rozměr B	5,38	9,06	2,29	9,8	2	1,6	2,3	2,3	4,01	4,01	2,3	2,3	4,01	4,01	4,01	6,1	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Výška místnosti	2,81	2,81	2,81	2,5	2,5	2,81	2,81	2,5	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81
Plocha oken	1,77 - JV	8,37 - JV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8 - JV	7,88 - JV	7,1 - SV	3,5 - SV	-	-	-	-
Počet osob	0	4	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	2	3	0	0	0	0	0
Vnitřní citelné zisky	16	2898	3000	32	32	8	1526	526	124	124	124	526	124	124	124	62	16	16	16	16	16
Citelné tepelné zisky	470	6980	3150	690	240	180	1600	630	840	840	1600	630	840	840	1900	2110	830	830	830	830	190

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navržení otopné soustavy a větracího systému pro rodinný dům s nízkými energetickými náklady.

Prvním krokem bylo stanovení tepelných ztrát rodinného domu a garáže. Ztráta rodinného domu byla stanovena na 6293 W, ztráta garáže 4772 W. Dále byla určena potřeba tepla pro vytápění a přípravu teplé vody pomocí denostupňové metody. Potřeba tepla pro vytápění byla určena 13,7 MW/rok. Pro přípravu teplé vody byla stanovena roční spotřeba 10,4 MW/rok, kde bylo uvažováno s vyšší denní spotřebou vody z důvodu potřeby studia.

Jako zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody bylo zvoleno tepelné čerpadlo vzduch – voda od společnosti Stiebel Eltron typu WPL 10 A, které je umístěno ve venkovním prostředí. Tepelný spád čerpadla byl navržen na 55 – 45 °C. Toto čerpadlo bylo navrženo pro paralelně – bivalentní provoz. Jako bivalentní zdroj tepla je použito elektrické topné těleso o výkonu 8,8 kW, umístěné přímo v jednotce tepelného čerpadla. Bod bivalence byl určen pro -4 °C, od kterého by výkon tepelného čerpadla nebyl dostatečný a je připojeno el. topné těleso. Pro ohřev teplé vody byl navržen akumulční zásobník SBB 301 WP s objemem 300 l, který je vybaven elektricky přídavným tělesem, pro možný výpadek tepelného čerpadla. Otopná voda pro vytápění je ohřívána v zásobníku SPB 100 s objemem 100 l, tento zásobník zastává funkci systémového oddělovače a zamezuje cyklování provozu tepelného čerpadla při nepříznivých podmínkách v závislosti na aktuální potřebě tepla. Dalším krokem byla navržena otopná tělesa a jejich zapojení. Otopná tělesa byla zvolena pro pokrytí tepelných ztrát jednotlivých místností. Otopná tělesa umístěná v místnostech s francouzskými okny jsou podlahové konvektory s přirozenou konvekcí. Pro koupelnu a WC jsou navržena trubková otopná tělesa. Otopná tělesa jsou připojena hvězdicovým zapojením, kde rozvody každého tělesa jsou vedeny vlastním úsekem a jsou připojena k rozvaděči Ivar CS 553 DVP. Rozvody k otopným tělesům byly navrženy pomocí trubek Rautitan flex vyrobených z RAU-PE-Xa materiálu s rozměrem DN12. Potrubí z tepelného čerpadla jsou vedená v zemi a to trubkami Rauthermex, osazené topným kabelem proti zamrznutí. Pro jednotlivé úseky byl vytvořen hydraulický výpočet a provedena regulace jednotlivých úseků na rozvaděči. Dalším krokem byla navržena zabezpečovací zařízení a to pojistné ventily a expanzní nádrže. Dále byla navržena oběhová čerpadla pro jednotlivé okruhy. Regulace pokojových teplot je navržena pomocí IRC systému pro jednotlivé zóny, regulace je prováděna na rozvaděči.

Větrací systém byl navržen jako rovnotlaká větrací soustava se zpětným získáváním tepla. Větrací jednotka byla zvolena Atrea Duplex ECV5. Rozvody jsou navrženy pomocí pozinkovaných plechů od výrobce Mart. Velikosti jednotlivých potrubí byly stanoveny na základě vypočtených rychlostí jednotlivých úseků. Pro odvodní a přívodní úseky byla navržena rychlost proudění menší než 2 m/s. Distribučními členy byly zvoleny kovové talířové vyústky od firmy Soler & Palau. Regulace potrubních tras byly provedeny pomocí nastavení pozice jednotlivých vyústek pro správnou distribuci větraného vzduchu. Pro možnosti kondenzace vodní páry vzduchu na povrchu byla navržena izolace pro přívodní potrubí a zpětné potrubí.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [2] ČSN ISO 14683. *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích - Lineární činitel prostupu tepla - Zjednodušené metody a orientační hodnoty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [3] Součinitel prostupu tepla. In: *TZB-INFO* [online]. Praha: Topinfo s.r.o, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [4] TZB-info. *Odpor při přestupu tepla* [online]. Topinfo s.r.o, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/314-odpor-pri-prestupu-tepla#odpornavnitnistrane>
- [5] TZB-info. *Odpor při přestupu tepla* [online]. Topinfo s.r.o, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/314-odpor-pri-prestupu-tepla#odpornavnejsistrane>
- [6] Tepelný odpor R. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-#odporRT>
- [7] *Wienerberger* [online]. České Budějovice, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://wienerberger.cz/>
- [8] *Vekra* [online]. Lázně Toušeň: Window Holding a.s, 2015 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/>
- [9] *KM Beta* [online]. Hodonín: KM Beta a.s., 2013 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.kmb-profimix.cz/>
- [10] *Lomax* [online]. Bořetice: LOMAX ® & Co. spol. s r.o., 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.lomax.cz/>
- [11] *Perlit*. *Teplé podlahové a stropní stěrky* [online]. Šenov u Nového Jičína: FAL Services s.r.o., 2011 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.perlit.cz/>
- [12] *Isover* [online]. Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., 2011 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/>
- [13] Slavona. *Izolační dvojskla a trojskla* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.slavona.cz/izolacni-dvojskla-trojskla/>
- [14] *Ceníky stavebních materiálů: Informační portál o stavebních materiálech. Vlastnosti anhydritových podlah* [online]. Callida, s.r.o. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.stavebni-cenik.cz/47-informace/informace/119-vlastnosti-anhydritovych-podlah>

- [15] TZB-info. *Katalog stavebních materiálů* [online]. Topinfo s.r.o [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html
- [16] TZB-info. *Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov* [online]. Topinfo s.r.o, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [17] *Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1*. In: TZB-info [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2012 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [18] *Větrání budovy a šíření vzduchu podle ČSN 73 0540-2*. In: TZB-info [online]. Praha: Topinfo s.r.o, 2011 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/7981-vetrani-budovy-a-sireni-vzduchu-podle-csn-73-0540-2>
- [19] *Projekční podklady a pomůcky - Doporučené násobnosti výměny vzduchu v místnostech* [online]. In: . Praha: České vysoké učení technické v Praze [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=21>
- [20] *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody*. In: *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [21] *Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit*. In: *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [22] *TEPELNÁ BILANCE - NÁPOVĚDA*. In: *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://vytapani.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000047_vythelp.html#_ei
- [23] *Ohřev teplé vody*. In: *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://vytapani.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000047_tuvhelp.html#_z
- [24] *Tepelná čerpadla*. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [25] *Obecně o tepelných čerpadlech*. In: *Zubadan* [online]. Pardubice: CS-MTRADE, s.r.o, 2014 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.zubadan.cz/tepelna-cerpadla-princip>
- [26] *Princip tepelného čerpadla*. In: *Zubadan* [online]. Revel s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.revel-pex.com/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/princip-tepelneho-cerpadla/>
- [27] *Měření chladicích zařízení a tepelných čerpadel*. In: *Study energy web* [online]. FSI VUT, 2011 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://ottp.fme.vutbr.cz/users/pavelek/ExpMet-II/04_Chlazeni.pdf

- [28] Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivite-tepelných-cerpadel-cop-a-scop>. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivite-tepelných-cerpadel-cop-a-scop>
- [29] Metodika pro návrh tepelného čerpadla vzduch-voda. In: *Asociace pro využití tepelných čerpadel* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.avtc.cz/?page=dokumenty>
- [30] *Technické informace tepelná čerpadla* [online]. Praha: STIEBEL ELTRON spol. s r.o., 2012 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.stiebel-eltron.cz>
- [31] Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7289-vypocet-potreby-teple-vody-dle-csn-15-316-3-1>
- [32] *Topenářská příručka*. Praha: Praha : GAS, 2001. ISBN 80-86176-83-5.
- [33] *Technické informace: Rautin - nová generace* [online]. 850600 CZ. Rehau, 2013 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/download/681078/rehau-rautitan-technicke-informace.pdf>
- [34] Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubi-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>
- [35] [005] IZOLACE PRODMAX 6 - 9 mm. In: *DE WITKY - izolace technické pro topení, sanitu, chlazení, klimatizaci, ochranné profily, nerezové komíny* [online]. DE WITKY, 2016 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.dewitky.cz/ochranné-profily-obaly/005-izolace-prodmax-6-9-mm/>
- [36] *Stavební připravenost*. Praha, 2009. Dostupné také z: <http://www.stiebel-eltron.cz/odborni-partneri/odborne-informace/projektovani/stavebni-pripravenost/>
- [37] *RAUTHERMEX*. 2015. Dostupné také z: <https://www.rehau.com/cz-cs/stavebnictvi/obnovitelne-energie/biomasa-bioplyn/rauthermex-predizolovane-potrubi#tab4>
- [38] KORAFLEX FK. In: *Topení, vytápění, radiátory, chlazení a větrání - KORADO, a.s.* [online]. Praha: PragueBest, 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/konvektory/koraflex-fk.html>
- [39] RADIK VK. In: *Topení, vytápění, radiátory, chlazení a větrání - KORADO, a.s.* [online]. Praha: PragueBest, 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-vk.html>
- [40] KORALUX LINEAR COMFORT - M. In: *Topení, vytápění, radiátory, chlazení a větrání - KORADO, a.s.* [online]. Praha: PragueBest, 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/koralux/koralux-linear-comfort-m.html>

- [41] KORALINE LD. In: *Topení, vytápění, radiátory, chlazení a větrání* - KORADO, a.s. [online]. Praha: PragueBest, 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/konvektory/koraline-ld.html>
- [42] Otopné plochy (IV - 2.část) - přepočet tepelného výkonu. In: *TZB-info* [online]. Praha: ČVUT v Praze, Ústav techniky prostředí, 2006 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3192-otopne-plochy-iv-2-cast-prepocet-tepelneho-vykonu>
- [43] *Otopné soustavy teplovodní - sešit projektanta*. 2. Praha: STP - Společnost pro techniku prostředí, 2008. ISBN 80-02-01254-2
- [44] *Měděné trubky a tvarovky v technických zařízeních budov* [online]. 2. Brno: Středisko mědi, 2014 [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: http://medenerozvody.cz/sites/default/files/publication_files/medene_trubky_a_tvarovky_2014.pdf
- [45] Ochrana potrubí proti zamrznutí. In: *V-systém* [online]. Postupice: V-systém elektro s.r.o., 2004 [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://eshop.v-system.cz/InfoPage.asp?TP=FT&ID=14>
- [46] ŠKORPÍK, Jiří. Vznik tlakové ztráty při proudění tekutiny, *Transformační technologie*, 2010-12, [last updated 2016-01]. Brno: Jiří Škorpík, [on-line] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z <http://www.transformacni-technologie.cz/vznik-tlakove-ztraty-pri-proudeni-tekutiny.html>
- [47] Tlakové ztráty. In: *Transformační technologie* [online]. Brno: VUT BRNO FAST, 2008 [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/sikula.o/ut/Tab.pdf>
- [48] Hodnoty součinitelů místních ztrát - T-kusy - podrobně. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/24-hodnoty-soucinitelu-mistnich-ztrat-t-kusy-podrobne>
- [49] Hodnoty součinitelů místních ztrát - zdroje tepla a základní tvarovky potrubí. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/21-hodnoty-soucinitelu-mistnich-ztrat-zdroje-tepla-a-zakladni-tvarovky-potrubi>
- [50] Tlakové ztráty konvektorů. In: *Korado* [online]. Praha: PragueBest, 2016 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/konvektory/vseobecne-udaje/tlakove-ztraty-konvektoru.html>
- [51] *Technický list: CS 553 DVP*. Nelahozeves, 2014. Dostupné také z: <http://www.ivarcs.cz/cz/rozdelovace-a-sberace>
- [52] Návrh expanzní nádoby. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2002 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1156-navrh-expanzni-nadoby#tabn>
- [53] *Projekční podklady a pomůcky - Návrh zabezpečovacího zařízení* [online]. In: . Praha: České vysoké učení technické v Praze [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=42>

- [54] Expanzní nádoby 'Reflex NG a N'. In: *Expanzní systémy, zásobníkové ohřivače vody, výměníky tepla* [online]. Praha: Reflex CZ, s.r.o., 2006-2006-2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-reflex-ng-a-n>
- [55] TLAKOVÉ EXPANZNÍ NÁDOBY. In: *IVAR CS : komponenty pro vodu, vytápění a plyn* [online]. IVAR CS, 2016 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/tlakove-expanzni-nadoby>
- [56] POJISTNÉ A BEZPEČNOSTNÍ ARMATURY. In: *IVARCS* [online]. Topinfo CMS, 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/pojistne-a-bezpecnostni-armatury>
- [57] Čerpadla. Brno, 2012. Dostupné také z: http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/ST51/6_cerpadla.pdf
- [58] ŠOUPÁTKA A FILTRY. In: *IVAR CS : komponenty pro vodu, vytápění a plyn* [online]. IVAR CS, 2016 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/soupatka-a-filtry>
- [59] Oběhové čerpadlo NOVÁ ALPHA2. In: *Oběhová čerpadla, čerpadla pro otopné systémy, čerpadla pro klimatizace* [online]. Grundfos Sales Czechia and Slovakia s.r.o. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: http://cz.grundfos.com/Produkty/find-product/Obehove_cerpadlo_nova_alpha2.html
- [60] *SBP 100 Komfort, SBP-HF, WPKI-H, WPKI-P, WPKI-W, WPKI-V. Holzmiden, 2009.* Dostupné také z: http://www.stiebel-eltron.dk/imperia/md/content/STIEBELELTRON/de/Fachpartner/Fachinformationen/Downloads/Gebrauchs-und-Montageanweisungen/03_waermepumpen/20_speicher/288515-35216-8444_sbp_100_da.pdf
- [61] ETATHERM. *ETATHERM* [online]. LITOVEL: ETATHERM s.r.o, 2016 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.etatherm.cz/>
- [62] KD-E 600x960mm 400W elektrický žebřík topné žebříky do koupelny. In: *Elektrické topení e-shop* [online]. 4D Panavis & Panadela, 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.elektricke-topeni.eu/KD-E-600x960mm-400W-elektricky-zebrik-topne-zebriky-do-koupelny,5441404.html>
- [63] Podlahový konvektor s ventilátorem TE. In: *MINIB - výrobce a prodejce otopných těles / konvektorů* [online]. Praha: Minib, 2012 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.minib.cz/convector/detail/117>
- [64] ECOFLEX TAC 05, elektrický přímotopný konvektor 500 W. In: *Přímotopy e-shop* [online]. Příbram, 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.primotopy.eu/ecoflex-tac-05-elektricky-primotopny-konvektor-500-w-p356>
- [65] Duplex EC5, ECV5. Jablonec nad Nisou, 2016. Dostupné také z: http://www.atrea.cz/img/obytneduplex_ec5_cz/
- [66] Kruhové tlumiče hluku ATREA. In: *ATREA s.r.o. - Vzduchotechnická zařízení, rekuperace tepla* [online]. Jablonec nad Nisou: © ATREA s. r. o., 2016 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/433.kruhove-tlumice-hluku-atrea>

- [67] *Mart s.r.o.* [online]. Hodonín: Mart s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: http://www.mart.cz/rek_cz.html
- [68] PRG 200 W protidešťová žaluzie. In: *Ventilátory, rekuperace, tepelná čerpadla, ventilace, příslušenství* [online]. ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o., 2009 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/prg-200-w-protidestova-zaluzie>
- [69] VHO 200 výfuková hlavice. In: *Ventilátory, rekuperace, tepelná čerpadla, ventilace, příslušenství* [online]. ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o., 2009 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/vho-200-vyfukova-hlavice#>
- [70] DRKAL, František, Miloš LAIN, Jan SCHWARZER a Vladimír ZMRHAL. Vzduchotechnika. In: *Vítejte na stránkách magisterského oboru Inteligentní budovy | Magisterský program Inteligentní budovy* [online]. Praha: ČVUT v Praze, 2010 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/VZT/Vzduchotechnika.pdf
- [71] Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/87-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubi>
- [72] VÝPOČET MĚRNÉ TLAKOVÉ ZTRÁTY V POTRUBÍ. In: *VZDUCHOTECHNIKA A KLIMATIZACE* [online]. Chlumec nad Cidlinou: QPRO, 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Ztraty-trenim-ve-vzduchotechnickem-potrubi>
- [73] Přibližný výpočet tlakové ztráty třením v potrubí. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1002-priblizny-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubi>
- [74] OBECNÝ VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT MÍSTNÍM ODPOREM. In: *VZDUCHOTECHNIKA A KLIMATIZACE* [online]. Chlumec nad Cidlinou: QPRO, 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Tlakova-ztrata-mistnimi-odpory>
- [75] Kovové - přívodní. In: *Ventilátory, rekuperace, tepelná čerpadla, ventilace, příslušenství* [online]. Praha: ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o., 2009 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty/prislusenstvi-distribucni-elementy/ventily/talirove-ventily-kovove/kovove-privodni>
- [76] Kovové - odvodní. In: *Ventilátory, rekuperace, tepelná čerpadla, ventilace, příslušenství* [online]. Praha: ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o., 2009 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty/prislusenstvi-distribucni-elementy/ventily/talirove-ventily-kovove/kovove-odvodni>
- [77] VÝPOČET TLOUŠŤKY IZOLACE A TEPELNÝCH ZTRÁT POTRUBÍ. In: *VZDUCHOTECHNIKA A KLIMATIZACE* [online]. Chlumec nad Cidlinou: QPRO, 2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Qpro-vzduchotechnika-klimatizace>

- [78] IZO-VENT 6 metal 0,5/0,5m. In: *VZDUCHOTECHNIKA / PRODEJ / Vzduchotechnika-prodej* [online]. Praha: VENTILA vzduchotechnika, s.r.o. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.vzduchotechnika-prodej.cz/ventilatory/vzduchotechnika/prislusenstvi-k-potrubi/izolace-samolepici-na-potrubi/produkt/izo-vent-6-metal-0-5-0-5m>
- [79] Orstech LSP 40. In: *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Divize Isover, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/orstech-lsp-40>
- [80] ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ PRO NÁVRH CHLAZENÍ. In: *VZDUCHOTECHNIKA A KLIMATIZACE* [online]. ©QPRO, 2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Tepelne-zisky-mistnosti>
- [81] ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ PRO NÁVRH CHLAZENÍ. In: *VZDUCHOTECHNIKA A KLIMATIZACE* [online]. ©QPRO, 2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Tepelne-zisky-mistnosti>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A	[kg/h · kW]	Konstanta pro převod jednotek
A _g	[m ²]	Celková plocha podlahové konstrukce v metrech čtverečních
A _i	[m ²]	Podlahová plocha vytápěného prostoru
A _k	[m ²]	Plocha stavební části (k)
B _·	[-]	Charakteristický parametr
b _u	[-]	Teplotní redukční činitel
c _p	[kJ/kg·K]	měrná tepelná kapacita vzduchu
d	[m]	Světlost potrubí
D	[K·den]	Vytápěcí denostupně
d _h	[m]	Hydraulický průměr
d _k	[m]	Tloušťka vrstvy konstrukce
d _{norm}	[m]	Normalizovaný průměr potrubí
d _o	[den]	Délka otopného období
d _p	[m]	Průměr vyústky
d _v	[mm]	Minimální průměr pojistného potrubí
d _{vz}	[m]	Navrhovaný průměr potrubí
e _d	[-]	Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
e _i	[-]	Stínící součinitel
e _{in}	[-]	Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem
e _k , e _i	[-]	Korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů
e _t	[-]	Snížení teploty v místnosti během dne, respektive noci
f	[-]	Počet měrných jednotek
f _{g1}	[-]	Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
f _{g2}	[-]	Teplotní redukční činitel
f _{ij}	[-]	Redukční teplotní činitel
f _{RH}	[W/m]	Korekční součinitel závisející na době zátoku
f _{vi}	[-]	Redukční činitel
g	[m/s]	Gravitační zrychlení
G _w	[-]	Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
h	[m]	Převýšení nejvyššího bodu otopné soustavy nad neutrální rovinou
H	[m]	Dopravní výška čerpadla
H _{iu}	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem (i) a nevytápěným prostorem (u)

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

H_{ot}	[mm]	Výška otopného tělesa
$H_{T,ie}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy
$H_{T,ig}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)
$H_{T,ij}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu
$H_{T,iue}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u)
H_{ue}	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty prostupem z nevytápěného prostoru do venkovního prostředí
$H_{V,i}$	[W/K]	Součinitel návrhové ztráty větráním
k	[mm]	Absolutní povrchová drsnost potrubí
k_a	[-]	konstanta
l	[l]	Délka počítaného úseku potrubí
L	[m]	Charakteristický rozměr
l_i	[m]	délka lineárních tepelných mostů (i)
L_{ot}	[mm]	Délka otopného tělesa
m	[kg/h]	Hmotnostní tok topného média
M	[m ³ / h]	Průtočné množství
m_p	[kg/h]	Pojistný průtok
n	[-]	Součinitel zvětšení objemu
n	[-]	součinitel zvětšení objemu
N	[dny]	Počet pracovních dní soustavy v roce
n_{50}	[h ⁻¹]	intenzita výměny vzduchu za hodinu při tlakovém rozdílu mezi vnějškem a vnitřkem, který činí 50 Pa
n_{min}	[h ⁻¹]	minimální intenzita výměny venkovního vzduchu
O	[m]	Obvod vzduchovodu
P	[m]	Obvod podlahové konstrukce
P_{aux}	[W]	Elektrický příkon potřebný pro překonání tlakové ztráty výparníku a kondenzátoru, odtávání výparníku a vlastní regulaci tepelného čerpadla
p_b	[kPa]	Barometrický tlak
p_c	[Pa]	Celková tlaková ztráta
P_C	[W]	Elektrický příkon kompresoru
p_{crv}	[Pa]	Tlaková ztráta v úseku
p_d	[kPa]	Nejnižší provozní přetlak
$p_{d,A}$	[kPa]	Hydrostatický absolutní tlak
p_{ddov}	[kPa]	Nejnižší dovolený přetlak otopné soustavy
p_h	[kPa]	Nejvyšší provozní přetlak

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$p_{h,dov}$	[kPa]	Nejvyšší dovolený absolutní tlak
p_{ot}	[kPa]	Otevírací přetlak pojistného ventilu
p_{pi}	[kPa]	Maximální provozní přetlak prvků
p_s	[kPa]	Provozní přetlak
p_v	[Pa]	Celková tlaková ztráta
p_λ	[Pa]	Délková tlaková ztráta
p_ξ	[Pa]	Místní tlaková ztráta
Q	[W]	Přenášený tepelný výkon otopným tělesem
q_c	[J·kg ⁻¹]	měrná tepelná kapacita vzduchu
Q_c	[kW]	Tepelná ztráta objektu
q_H	[J/kg]	měrná tepelná kapacita vzduchu
Q_n	[kW]	Jmenovitý výkon vstupu tepla
Q_p	[kW]	Pojistný výkon
Q_z	[kW]	Jmenovitý topný výkon tepelného čerpadla
R	[Pa/m]	Tlaková ztráta třením jednoho metru přímé části
Re	[-]	Reynoldsovo kritérium
R_k	[m ² ·K/W]	Tepelný odpor konstrukce
R_{se}	[m ² ·K/W]	Tepelný odpor při prostupu tepla na vnější straně konstrukce
R_{si}	[m ² ·K/W]	Tepelný odpor při prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce
R_T	[m ² ·K/W]	Tepelný odpor celé konstrukce při prostupu tepla
S	[m ²]	Průřez potrubí
S_o	[mm ²]	Průřez pojistného sedla ventilu
t_1	[°C]	Teplota studené vody
t_2	[°C]	Teplota ohřáté vody
$t_{p,iz}$	[°C]	Povrchová teplota izolovaného potrubí
t_{svl}	[°C]	Teplota studené vody v létě
t_{svz}	[°C]	Teplota studené vody v zimě
t_w	[°C]	Teplota rosného bodu
$U_{equiv,k}$	[W/m ² ·K]	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí (k)
U_k	[W/m ² ·K]	Součinitel prostupu tepla stavební částí
V	[m ³ / h]	Objemový tok
V	[m ³ /s]	Objemový průtok
v_{2p}	[m ³ /den]	Celková potřeba teplé vody za 1 den
V_a	[l]	Aktivní objem topné vody ve vytápěcím systému
V_{ak}	[l]	Množství vody v zásobníku SBP 100
V_{et}	[l]	Objem expanzní tlakové nádoby

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

V_{ex}	[m ³ / h]	Množství odváděného vzduchu pro celou budovu
V_i	[m ³]	Objem místnosti
V_i	[m ³ /s]	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru
$V_{inf,i}$	[m ³ /h]	Množství vzduchu infiltrací ve vytápěné místnosti
$V_{mech,inf,i}$	[m ³ /h]	Rozdíl množství mezi nuceně odváděným a přiváděným vzduchem z vytápěné místnosti
$V_{min,i}$	[m ³ /h]	Minimální hygienické množství vzduchu
V_o	[l]	Objem vody v otopné soustavě
V_{ot}	[l]	Množství vody v otopných tělesech
V_{pot}	[l]	Množství vody v rozvodné soustavě
V_{su}	[m ³ / h]	Množství přiváděného vzduchu pro celou budovu
$V_{w,f,day}$	[l/den]	Specifická potřeba teplé vody
w	[m/s]	Rychlost proudění
w_s	[m/s]	Střední rychlost proudění
w_{skut}	[m/s]	Rychlost proudění pro normalizovaný průměr potrubí
y	[Pa]	Nastavené tlaková ztráta vyústky
Z	[Pa]	Tlaková ztráta místními odpory, označená ve vypočtených tabulkách hodnot
z	[-]	Koeficient energetických ztrát systému
Δp	[kPa]	Tlaková ztráta potrubní sítě
Δp_1	[Pa]	Tlak na začátku úseku potrubí
Δp_2	[Pa]	Tlak na konci úseku potrubí
Δp_t	[Pa/m]	Měrná tlaková ztráta třením
Δp_z	[Pa]	Tlaková ztráta třením
Δp_{zm}	[Pa]	Místní tlaková ztráta
Δt	[°C]	Teplotní rozdíl
α_v	[-]	Výtokový součinitel pojistného ventilu
ε	[-]	Opravný součinitel
ε_c	[-]	Topný faktor
ε_i	[-]	výškový korekční součinitel zohledňující zvýšení rychlosti proudění nad povrchem země
η	[-]	Stupeň využití expanzní nádoby
η_o	[-]	Účinnost obsluhy respektive možnosti regulace soustavy
η_r	[-]	Účinnost rozvodu vytápění
θ_e	[°C]	Výpočtová venkovní teplota
$\theta_{int,i}$	[°C]	Výpočtová vnitřní teplota
$\theta_{m,e}$	[°C]	Roční průměrná teplota vzduchu
$\theta_{su,i}$	[°C]	Teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru
$\Theta_{T,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i)
$\theta_{V,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta větráním
θ_{vsp}	[°C]	Teplota vytápěného sousedního prostoru

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

λ	[W/m·K]	Součinitel tření
λ_0	[W/m·K]	Součinitel tření, zadávaný iteračně
λ_k	[W/m·K]	Součinitel tepelné vodivosti
ν	[m ³ /s]	Kinematická viskozita
ξ	[-]	Součinitel místní ztráty
ξ_i	[-]	Příslušný součinitel místního odporu
ρ	[kg/m ³]	Hustota vzduchu
Φ	[W]	Tepelný výkon tepelného čerpadla
$\Phi_{HL,i}$	[W]	Celkový tepelný výkon
Φ_i	[W]	Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru
$\Phi_{RH,i}$	[W]	Zátupo výkon tepelný výkon
$\Phi_{V,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i)
Ψ_1	[W·m·K ⁻¹]	činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (1)

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1 Seznam místností rodinného domu	18
Tab. 2 Seznam místností garáže	19
Tab. 3 Výpočet tepelných ztrát místnosti 105 – Koupelna	22
Tab. 4 Součinitel prostupu tepla stavební částí 3 Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm).....	24
Tab. 5 Výpočet tepelné ztráty větráním garáže	29
Tab. 6 Výpočet tepelné ztráty větráním rodinného domu	32
Tab. 7 Velikosti zátopového výkonu	35
Tab. 8 Tepelné výkony rodinného domu a garáže.....	36
Tab. 9 Charakteristiky TČ WPL 10 A [30]	43
Tab. 10 Otopná tělesa	52
Tab. 11 Hydraulický výpočet okruhu A1	54
Tab. 12 Tlakové ztráty konvektorů a otopné lavice	58
Tab. 13 Regulace úseků otopné soustavy	59
Tab. 14 Nastavitelné hodnoty pro seřízení regulačního šroubení rozdělovače [51]	61
Tab. 15 Množství vody v rozvodné soustavě okruhu 1	61
Tab. 16 Množství vody v rozvodné soustavě okruhu 2	61
Tab. 17 Množství vody v otopných tělesech	62
Tab. 18 Maximální provozní přetlaky	64
Tab. 19 Návrh rozdělení zón	70
Tab. 20 Návrh otopných těles garáže [62], [63], [64]	73
Tab. 21 Technická data Atrea Duplex ECV5 [65]	75
Tab. 22 Tlakové ztráty jednotlivých úseků vzduchotechnického systému	79
Tab. 23 Regulace přívodních a odvodních vyústek.....	86
Tab. 24 Tepelné zisky el. zařízení	89
Tab. 25 Výpočet tepelných zisků	90

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Lokace na katastrální mapě komplexu	17
Obrázek 2 Projekční návrh komplexů domů.....	17
Obrázek 3 Dispozice rodinného domu.....	18
Obrázek 4 Dispozice garáže.....	19
Obrázek 5 Schéma oběhu tepelného čerpadla vzduch-voda [26]	41
Obrázek 6 Schéma oběhu tepelného čerpadla [27]	42
Obrázek 7 Stanovení bodu bivalence.....	44
Obrázek 8 Technické informace SBB 301 WP [30]	45
Obrázek 9 Rozdělení otopných soustav [32]	47
Obrázek 10 Způsoby vedení přípojek k otopným tělesům [32].....	48
Obrázek 11 Trubky Rautian flex, vodící oblouky [33].....	49
Obrázek 12 Připojovací garnitura [33].....	50
Obrázek 13 Připojení rozvodu teplé vody tepelného čerpadla [36], [37]	51
Obrázek 14 Tlakové ztráty konvektorů [50]	58
Obrázek 15 Rozdělovač IVAR CS 553 DVP [51]	59
Obrázek 16 Tlakové ztráty rozdělovače IVAR CS 553 DVP [51]	60
Obrázek 17 Charakteristiky čerpadla a potrubní sítě [55]	67
Obrázek 18 Průtoková charakteristika ALPHA2 25-40 [59].....	68
Obrázek 19 Průtoková charakteristika UP 25-60-180 [60].....	68
Obrázek 20 Příklad použití termopohonů a servopohonů [61]	69
Obrázek 21 Základní regulační prvky IRC [61]	70
Obrázek 22 Vzduchotechnické potrubí a tvarovky [67]	76
Obrázek 23 Výfuková hlavice, větrací mřížka s lamelami [68], [69].....	77
Obrázek 24 Návrh jednotlivých větví vzduchotechnického systému	80
Obrázek 25 Monogram pro určení tlakové ztráty třením [72]	82
Obrázek 26 Závislost součinitele tření na Reynoldsově čísle a relativní drsnosti při proudění potrubím kruhové průřezu [70]	83
Obrázek 27 Přírodní ventil KI [75].....	85
Obrázek 28 Diagram průtoku vyústky KI 125 [75]	85

SEZNAM PŘÍLOH

- P1 – Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností
- P2 – Součinitelé prostupů tepla jednotlivých stavebních částí
- P3 – Hydraulický výpočet jednotlivých úseků
- P4 – Diagramy přívodních a odvodních vyústek
- P5 – Provozy vzduchotechnické jednotky Atrea Duplex ECV5
- P6 – Výkresová dokumentace:
 - P6 – 1 Stavební výkres rodinného domu
 - P6 – 2 Stavební výkres garáže
 - P6 – 3 Výkres vytápění
 - P6 – 4 Rozvinuté schéma
 - P6 – 5 Výkres větrání
 - P6 – 6 Kusovník vzduchotechniky

P1 - VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTÍ

101 - Zádveří					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
1	Tep. izolovaná vnější stěna obytného domu	1,65	0,16	1,00	0,26
6	Venkovní dveře	1,97	0,79	1,00	1,56
14	Okna	1,77	0,61	1,00	1,08
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$		W/K	2,89
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	2,50	1,00	0,63
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	2,50	1,00	0,38
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	7,74	1,00	3,48
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	1,00	0,28
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		W/K	4,77
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					7,66
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	3,54	1,17	0,16	0,64
7	Vnitřní dveře	1,58	1,90	0,16	0,47
12	Strop rodinného domu	13,76	0,12	0,70	1,14
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$		W/K	2,25
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	7,14	0,16	0,17
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	0,16	0,04
IW6	Vnitřní stěna / strop	0,05	13,63	0,70	0,48
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		W/K	0,69
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					2,94
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		13,76	1,90	14,48	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
9	Podlaha 1. NP s PVC podlahou	0,24	0,14	13,76	1,93
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		W/K	1,93
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,47	1,00	0,68
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					1,30
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
					11,90
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	20,00	
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00	
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
					380,82

102 - Obývací prostor					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
1	Tep. izolovaná vnější stěna obytného domu	21,43	0,16	1,00	3,33
14	Okna	19,90	0,61	1,00	12,14
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$		W/K	15,47
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	21,10	1,00	5,28
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	28,98	1,00	13,04
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	1,00	0,28
C1	Nároží	0,15	3,71	1,00	0,56
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		W/K	19,16
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					34,62
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
3	Vnitřní dělící stěna (tl. 140 mm)	6,83	1,17	0,16	1,24
12	Strop rodinného domu	54,18	0,12	0,70	4,48
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$		W/K	5,72
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
IW6	Vnitřní stěna / strop	0,05	8,00	0,70	0,28
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		W/K	0,28
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					6,00
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		54,18	14,55	7,44742268	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
9	Podlaha 1. NP s PVC podlahou	0,24	0,16	54,18	8,67
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		W/K	8,67
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,47	1,00	0,68
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					5,85
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
					46,48
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota	Θ_e	°C	-12,00		
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	°C	20,00		
Výpočtový rozdíl teplot	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00		
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
					1487,37

104 - Chodba					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$		W/K	
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		W/K	0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					0,00
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	3,25	1,17	0,16	0,59
7	Vnitřní dveře	1,58	1,90	0,16	0,47
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	4,83	1,17	0,16	0,88
7	Vnitřní dveře	1,58	1,90	0,16	0,47
12	Strop rodinného domu	12,80	0,12	0,70	1,06
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$		W/K	3,47
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
IW6	Vnitřní stěna /strop	0,05	22,30	0,70	0,78
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	5,54	0,16	0,13
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	5,54	0,16	0,13
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		W/K	1,04
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					4,51
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		12,80	1,90	13,47	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
-	-	-	-	-	0,00
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		W/K	0,00
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,47	1,00	0,68
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					0,00
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
144,19					
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota	Θ_e	°C	-12,00		
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	°C	20,00		
Výpočtový rozdíl teplot	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00		
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
					144,19

106 - WC I					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$		W/K	0,00
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		W/K	0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k$					0,00
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	4,97	1,17	0,16	0,91
12	Strop rodinného domu	1,70	0,12	0,70	0,14
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$		W/K	1,05
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
C4	Nároží příček	0,10	2,84	0,16	0,04
IW4	Příčka /příčka	0,20	5,68	0,16	0,18
IW6	Vnitřní stěna /strop	0,05	7,65	0,70	0,27
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		W/K	0,49
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					1,54
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		1,70	3,05	1,11	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
-	-	-	-	-	0,00
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		W/K	0,00
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					0,00
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					1,54
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	20,00	
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00	
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					49,15

109 - Pokoj I						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K	
1	Tep. izolovaná vnější stěna obytného domu	5,56	0,16	1,00	0,86	
14	Okna	2,82	0,61	1,00	1,72	
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$		W/K	2,58	
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$	
		W/m·K	m	na jedn.	W/K	
R11	Střecha / stěna	0,25	2,95	1,00	0,74	
W4	Okenní a dveřní otvory přiček	0,15	2,95	1,00	0,44	
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	5,37	1,00	2,42	
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,87	1,00	0,14	
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		W/K	3,74	
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					6,32	
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K	
12	Strop rodinného domu	12,47	0,12	0,70	1,03	
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$		W/K	1,03	
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$	
		W/m·K	m	na jedn.	W/K	
IW6	Vnitřní stěna / strop	0,05	11,15	0,70	0,39	
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		W/K	0,39	
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					1,42	
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$		
		m ²	m	m		
		12,47	2,95	8,45		
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K	
9	Podlaha 1. NP s PVC podlahou	0,24	0,16	12,47	2,00	
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		W/K	2,00	
Korekční činitele		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.	
		1,45	0,47	1,00	0,68	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$				1,35
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K	
-	-	-	-	-	-	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K	9,09
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00		
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	20,00		
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00		
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$			W	290,91

111 - Pokoj II					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
1	Tep. izolovaná vnější stěna obytného domu	5,58	0,16	1,00	0,87
14	Okna	2,80	0,61	1,00	1,71
Celkem stavební části		$\sum_k A_k$	U_k	e_k	W/K
					2,57
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	2,95	1,00	0,74
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	5,37	1,00	2,42
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,87	1,00	0,14
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k$	l_k	e_k	W/K
					3,30
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k$					5,87
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
12	Strop rodinného domu	12,47	0,12	0,70	1,03
Celkem stavební části		$\sum_k A_k$	U_k	b_u	W/K
					1,03
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
IW6	Vnitřní stěna / strop	0,05	11,15	0,70	0,39
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k$	l_k	b_u	W/K
					0,39
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					1,42
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		12,47	2,95	8,45	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
9	Podlaha 1. NP s PVC podlahou	0,24	0,16	12,47	2,00
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k$	$U_{equiv,k}$	A_k	W/K
					2,00
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,47	1,00	0,68
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					1,35
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
					8,64
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	20,00	
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00	
Navrhaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
					276,46

112 - Ložnice					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m^2	$W/m^2 \cdot K$	na jedn.	W/K
1	Tep. izolovaná vnější stěna obytného domu	2,65	0,16	1,00	0,41
14	Okna	6,01	0,61	1,00	3,67
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$		W/K	4,08
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		$W/m \cdot K$	m	na jedn.	W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	3,00	1,00	0,75
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	10,88	1,00	4,90
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	1,00	0,28
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		W/K	5,93
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					10,01
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m^2	$W/m^2 \cdot K$	na jedn.	W/K
12	Strop rodinného domu	13,27	0,12	0,70	1,10
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$		W/K	1,10
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		$W/m \cdot K$	m	na jedn.	W/K
IW6	Vnitřní stěna / strop	0,05	11,25	0,70	0,39
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		W/K	0,39
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					1,49
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m^2	m	m	
		13,27	3,05	8,70	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	m^2	W/K
9	Podlaha 1. NP s PVC podlahou	0,24	0,16	13,27	2,12
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		W/K	2,12
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,47	1,00	0,68
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					1,43
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m^2	$W/m^2 \cdot K$	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
					12,93
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	20,00	
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00	
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
					413,82

113 - Studio					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k m ²	U_k W/m ² ·K	e_k na jedn.	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
1	Tep. izolovaná vnější stěna obytného domu	20,93	0,16	1,00	3,25
14	Okna	7,19	0,61	1,00	4,39
Celkem stavební části		$\sum_k A_k$	U_k	e_k	W/K
					7,64
Kód	Tepelný most	ψ_k W/m·K	l_k m	e_k na jedn.	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	9,89	1,00	2,47
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	11,24	1,00	5,06
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	1,00	0,28
C1	Nároží	0,15	2,84	1,00	0,43
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k$	l_k	e_k	W/K
					8,24
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k$					15,88
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k m ²	U_k W/m ² ·K	b_u na jedn.	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
5	Vnitřní dělicí stěna (tl. 80 mm)	2,87	1,68	0,31	1,51
7	Vnitřní dveře	2,96	1,90	0,31	1,75
12	Strop rodinného domu	24,10	0,12	0,70	1,99
Celkem stavební části		$\sum_k A_k$	U_k	b_u	W/K
					1,99
Kód	Tepelný most	ψ_k W/m·K	l_k m	b_u na jedn.	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K
IW6	Vnitřní stěna /strop	0,05	9,89	0,70	0,35
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	6,94	0,31	0,33
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	0,31	0,09
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k$	l_k	b_u	W/K
					0,76
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					2,75
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g m ²	P m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m	
		24,10	9,90	4,87	
Kód	Stavební část	U_k W/m ² ·K	$U_{equiv,k}$ W/m ² ·K	A_k m ²	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
10	Podlaha 1. NP s keramickou dlažbou	0,24	0,16	24,10	3,86
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			W/K
					3,86
Korekční činitelé		f_{g1} na jedn.	f_{g2} na jedn.	G_w na jedn.	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jedn.
		1,45	0,47	1,00	0,68
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $r_{ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G$					2,60
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij} na jedn.	A_k m ²	U_k W/m ² ·K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
					21,24
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	20,00	
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00	
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
					679,52

115 - WC II					
Teplotné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
1	Tepl. izolovaná vnější stěna obytného domu	5,40	0,16	1,00	0,84
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$	W/K	0,84	
Kód	Teplotný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	1,90	1,00	0,48
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	1,90	1,00	0,29
IW5	Příčka / stěna	0,05	7,68	1,00	0,38
Celkem teplotné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$	W/K	1,14	
Celkový součinitel teplotné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k$					1,98
Teplotné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
5	Vnitřní dělicí stěna (tl. 80 mm)	3,54	1,68	0,31	1,86
7	Vnitřní dveře	1,58	1,90	0,31	0,94
12	Strop rodinného domu	3,24	0,12	0,70	0,27
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$	W/K	3,06	
Kód	Teplotný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	5,50	0,70	0,96
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	5,54	0,31	0,26
IW5	Příčka / stěna	0,05	3,84	0,31	0,06
IW4	Příčka / příčka	0,20	2,84	0,31	0,18
Celkem teplotné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$	W/K	1,46	
Celkové teplotné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					4,52
Teplotné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		3,24	1,90	3,41	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
10	Podlaha 1. NP s keramickou dlažbou	0,24	0,16	3,24	0,52
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$	W/K	0,52	
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,47	1,00	0,68
Celkový součinitel teplotné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					0,35
Teplotné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel teplotné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel teplotné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
					6,85
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	20,00	
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00	
Navrhovaná teplotná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
					219,31

122 - WC III					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
2	Tepelně izolovaná vnější stěna garáže	7,01	0,19	1,00	1,36
15	Střecha pracovního domu	3,24	0,14	1,00	0,47
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$		W/K	1,83
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	3,70	1,00	0,56
IW6	Vnitřní stěna /strop	0,05	3,70	1,00	0,19
IW5	Příčka / stěna	0,05	3,84	1,00	0,19
C1	Nároží	0,15	2,84	1,00	0,43
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		W/K	1,36
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					3,19
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
5	Vnitřní dělící stěna (tl. 80 mm)	3,54	1,68	0,40	2,38
7	Vnitřní dveře	1,58	1,90	0,40	1,20
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$		W/K	3,58
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	5,54	0,40	1,00
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,84	0,40	0,06
IW4	Příčka /příčka	0,20	2,84	0,40	0,23
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		W/K	1,28
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					4,86
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		3,24	3,70	1,75	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
10	Podlaha 1. NP s keramickou dlažbou	0,24	0,17	3,24	0,55
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		W/K	0,55
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_W	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_W$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,27	1,00	0,39
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_W$					0,21
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
					8,26
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	20,00	
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00	
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
					264,30

123 - Kancelář					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m^2	$W/m^2 \cdot K$	na jedn.	W/K
2	Tepelně izolovaná vnější stěna garáže	10,37	0,19	1,00	2,01
15	Střecha pracovního domu	18,63	0,14	1,00	2,70
14	Okna	7,49	0,61	1,00	4,57
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$		W/K	9,27
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		$W/m \cdot K$	m	na jedn.	W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	8,55	1,00	2,14
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	8,55	1,00	1,28
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	11,54	1,00	5,19
IW6	Vnitřní stěna / strop	0,05	8,55	1,00	0,43
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	1,00	0,28
C1	Nároží	0,15	2,84	1,00	0,43
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		W/K	9,75
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					19,02
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m^2	$W/m^2 \cdot K$	na jedn.	W/K
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	14,34	1,17	0,60	10,04
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	1,31	1,17	0,40	0,61
7	Vnitřní dveře	2,96	1,90	0,40	2,24
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$		W/K	12,89
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		$W/m \cdot K$	m	na jedn.	W/K
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,84	0,60	0,09
IW4	Příčka / příčka	0,20	2,84	0,60	0,34
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$		W/K	0,43
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					13,32
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m^2	m	m	
		18,63	19,00	1,96	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	m^2	W/K
10	Podlaha 1. NP s keramickou dlažbou	0,24	0,17	18,63	3,17
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		W/K	3,17
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_W	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_W$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,27	1,00	0,39
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_W$					1,24
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m^2	$W/m^2 \cdot K$	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
					33,58
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	20,00	
Výpočtový rozdílný teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	32,00	
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
					1074,47

125 - Odpočinková místnost					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
2	Tepelně izolovaná vnější stěna garáže	4,07	0,19	1,00	0,79
15	Střecha pracovního domu	28,60	0,14	1,00	4,14
14	Okna	17,14	0,61	1,00	10,46
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$	W/K		15,38
Kód	Tepelný most	Ψ_k	l_k	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	10,45	1,00	2,61
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	10,45	1,00	1,57
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	22,26	1,00	10,02
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	1,00	0,28
IW6	Vnitřní stěna / strop	0,05	4,60	1,00	0,23
C4	Nároží příček	0,10	0,87	1,00	0,09
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$	W/K		14,80
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					30,18
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	10,51	1,17	0,60	7,35
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	10,21	1,17	0,60	7,14
16	Kovové posuvné dveře	2,86	1,43	0,60	2,45
Celkem stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$	W/K		9,59
Kód	Tepelný most	Ψ_k	l_k	b_u	$\Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
W7	Okenní a dveřní otvory	0,45	5,39	0,60	1,46
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,84	0,60	0,09
IW4	Příčka / příčka	0,20	2,84	0,60	0,34
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,84	0,60	0,09
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$	W/K		1,97
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					11,56
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		28,60	10,45	5,47	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
10	Podlaha 1. NP s keramickou dlažbou	0,24	0,17	28,60	4,86
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$	W/K		4,86
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,27	1,00	0,39
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					1,90
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					W/K
30,18 + 11,56 + 1,90 + 0,00 = 43,64					43,64
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota	Θ_e	°C	-12,00		
Vnitřní výpočtová teplota	$\Theta_{int,i}$	°C	18,00		
Výpočtový rozdíl teplot	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	30,00		
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					W
43,64 · 30,00 = 1309,22					1309,22

126 - Kuchyň					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
2	Tepelně izolovaná vnější stěna garáže	5,25	0,19	1,00	1,02
15	Střecha pracovního domu	4,16	0,14	1,00	0,60
Celkem stavební části		$\sum_k A_k$	U_k	e_k	1,62
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	e_k	$\psi_k \cdot l_k \cdot e_k$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
R11	Střecha / stěna	0,25	1,85	1,00	0,46
W4	Okenní a dveřní otvory příček	0,15	1,85	1,00	0,28
IW5	Příčka / stěna	0,05	5,68	1,00	0,28
IW6	Vnitřní stěna / strop	0,05	6,35	1,00	0,32
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k$	l_k	e_k	1,34
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					2,96
Tepel					
Kód	Stavební část	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² ·K	na jedn.	W/K
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	6,39	1,17	0,60	4,47
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)	6,39	1,17	0,60	4,47
Celkem stavební části		$\sum_k A_k$	U_k	b_u	8,94
Kód	Tepelný most	ψ_k	l_k	b_u	$\psi_k \cdot l_k \cdot b_u$
		W/m·K	m	na jedn.	W/K
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,84	0,60	0,09
IW4	Příčka / příčka	0,20	2,84	0,60	0,34
IW5	Příčka / stěna	0,05	2,84	0,60	0,09
IW4	Příčka / příčka	0,20	2,84	0,60	0,34
Celkem tepelné mosty		$\sum_k \psi_k$	l_k	b_u	0,85
Celkové tepelné ztráty, přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					9,80
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		m ²	m	m	
		4,16	1,85	4,50	
Kód	Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/K
10	Podlaha 1. NP s keramickou dlažbou	0,24	0,17	4,16	0,71
Celkem ekvivalentní stavební části		$\sum_k A_k$	$U_{equiv,k}$	A_k	0,71
Korekční činitelé		f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
		1,45	0,27	1,00	0,39
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$					0,28
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jedn.	m ²	W/m ² ·K	W/K
-	-	-	-	-	-
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$					13,04
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota		Θ_e	°C	-12,00	
Vnitřní výpočtová teplota		$\Theta_{int,i}$	°C	18,00	
Výpočtový rozdíl teplot		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	30,00	
Navrhovaná tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					391,07

P2 – SOUČINITELÉ PROSTUPŮ TEPLA JEDNOTLIVÝCH STAVEBNÍCH ČÁSTÍ

Kódy		popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	materiál		m	W/m·K	m ² ·K/W	W/m ² ·K
kódy stavebních částí	Označení stavebních částí					
	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			R_{si}	
	Kód	Název materiálu	d_1	λ_1	$R_1 = d_1 / \lambda_1$	
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			R_{se}	
	Celková tloušťka a U_k			$\sum d_i$		$\sum R_i$
1	Tepelně izolovaná vnější stěna obytného domu					
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	9	Cihlový Obklad Luminta	0,02	0,89	0,02	
	20	Lepidlo SX - ZM 921	0,00	0,74	0,00	
	21	Baumit Termo omítka	0,03	0,11	0,27	
	30	Isover EPS 100 F 50	0,05	0,04	1,35	
	1	Porotherm 44 EKO Profi	0,44	0,10	4,58	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	62	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tep. tok)			0,04	
Celková tloušťka a U_k			0,55		6,43	0,16
2	Tepelně izolovaná vnější stěna garáže					
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	21	Baumit Termo omítka	0,03	0,11	0,27	
	31	Isover EPS 70F	0,02	0,04	0,51	
	2	Porotherm 40 EKO Profi	0,40	0,10	4,17	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	62	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tep. tok)			0,04	
Celková tloušťka a U_k			0,46		5,15	0,19
3	Vnitřní dělicí stěna (tl. 140 mm)					
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	3	Porotherm 14 P Profi	0,14	0,26	0,54	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
Celková tloušťka a U_k			0,16		0,86	1,17

Kódy		popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	materiál		m	W/m·K	m ² ·K/W	W/m ² ·K
kódy stavebních částí	Označení stavebních částí					
	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			R_{si}	
	Kód	Název materiálu	d1	λ_1	$R_1=d1/\lambda_1$	
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			R_{se}	
	Celková tloušťka a U_k		$\sum d_i$		$\sum R_i$	$1/\sum R_i$
4	Vnitřní dělicí stěna (tl. 190 mm)					
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	4	Porotherm 19 AKU	0,19	0,32	0,59	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
Celková tloušťka a U_k		0,21		0,91	1,10	
5	Vnitřní dělicí stěna (tl. 80 mm)					
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	5	Porotherm 8	0,08	0,29	0,28	
	22	Baumit Ratio Glatt L	0,01	0,34	0,03	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
Celková tloušťka a U_k		0,1		0,59	1,68	
6	Venkovní dveře					
	10	Vektra Trend 94				
	Celková tloušťka a U_k		$\sum d_i$		$\sum R_i$	0,79
7	Vnitřní dveře					
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	11	Vnitřní dveře	0,04	0,15	0,27	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
Celková tloušťka a U_k		0,04		0,53	1,90	
8	Garážová vrata					
	12	Lomax Excellent	
	Celková tloušťka a U_k		$\sum d_i$		$\sum R_i$	1,2

Kódy		popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	materiál		m	W/m·K	m ² ·K/W	W/m ² ·K
kódy stavebních částí	Označení stavebních částí					
	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			R_{si}	
	Kód	Název materiálu	d_1	λ_1	$R_1=d_1/\lambda_1$	
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			R_{se}	
	Celková tloušťka a U_k			$\sum d_i$		$\sum R_i$
9	Podlaha 1. NP s PVC podlahou					
	66	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tep. tok směrem dolů)			0,17	
	40	PVC podlaha	0,025	0,2	0,13	
	41	Litá anhydritová podlaha	0,05	1,2	0,04	
	32	Tepelná izolace -Perlitobeton PTB 250	0,25	0,065	3,85	
	33	Hydroizolace Glastek 40	0,004	0,21	0,02	
	6	Podkladový beton B20 (vyztužen Kari sítí S6-100/100)	0,15	1,3	0,12	
	48	Hutněný štěrkopískový podsyp	0,25	0,93	0,27	
	Celková tloušťka a U_k			0,729		4,20
10	Podlaha 1. NP s keramickou dlažbou					
	66	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tep. tok směrem dolů)			0,17	
	42	Keramická dlažba	0,01	1,00	0,01	
	23	Lepící tmel	0,01	0,22	0,04	
	41	Litá anhydritová podlaha	0,05	1,20	0,04	
	32	Tepelná izolace -Perlitobeton PTB 250	0,25	0,07	3,85	
	33	Hydroizolace Glastek 40	0,00	0,21	0,02	
	6	Podkladový beton B20 (vyztužen Kari sítí S6-100/100)	0,15	1,30	0,12	
	48	Hutněný štěrkopískový podsyp	0,25	0,93	0,27	
Celková tloušťka a U_k			0,72		4,12	0,24
12	Strop rodinného domu					
	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)			0,13	
	34	Hydroizolační vrstva - asf. Pás SBS SKLODEK 40 SPECIAL DEKOR	0,0043	0,21	0,02	
	35	Tepelně izolační vrstva -Isover LAM 30	0,3	0,04	7,50	
	36	Parotěsná vrstva - VEDAGARD AL-V4E	0,004	0,21	0,02	
	7	Nosná konstrukce Strop Ytong Ekonom	0,25		0,68	
	24	Štuková omítka JM 303	0,004	0,21	0,02	
	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,10	
	Celková tloušťka a U_k			$\sum d_i$		8,47

PŘÍLOHY

Kódy		popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	materiál		m	W/m·K	m ² ·K/W	W/m ² ·K
kódy stavebních částí	Označení stavebních částí					
	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			R_{si}	
	Kód	Název materiálu	d1	λ_1	$R_1=d_1/\lambda_1$	
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			R_{se}	
	Celková tloušťka a U_k		$\sum d_i$		$\sum R_i$	$1/\sum R_i$
13	Střecha					
	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tep. tok směrem nahoru)			0,10	
	8	Betonová střešní taška - Bramac	0,018	0,35	0,05	
	47	Větrací mezera	0,04	0,09	0,44	
	44	Kontra latě	0,03	0,15	0,20	
	37	PE fólie - hydroizolace	0,0002	0,02	0,01	
	45	Rošt				
	46	Krov				
	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tep. tok směrem nahoru)			0,10	
Celková tloušťka a U_k		$\sum d_i$		0,91	1,10	
14	Okna					
	13	Francouzská okna Slavona PROGRESSION	-			0,61
15	Střecha pracovního domu					
	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tep. tok směrem nahoru)			0,10	
	34	Hydroizolační vrstva - asf. Pás SBS SKLODEK 40 SPECIAL DEKOR	0,0043	0,21	0,02	
	38	Tepelně izolační vrstva -Styrodur 3000 CS 200	0,2	0,03	6,06	
	36	Parotěsná vrstva - VEDAGARD AL-V4E	0,004	0,21	0,02	
	9	Nosná konstrukce - stropní desky z liaporbetonu	0,25	0,42	0,59	
	23	Štuková omítka JM 303	0,004	0,21	0,02	
	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tep. tok směrem nahoru)			0,10	
Celková tloušťka a U_k		$\sum d_i$		6,91	0,14	

Kódy		popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	materiál		m	W/m·K	m ² ·K/W	W/m ² ·K
kódy stavebních částí	Označení stavebních částí					
	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			R_{si}	
	Kód	Název materiálu	d1	λ_1	$R_1=d1/\lambda_1$	
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			R_{se}	
	Celková tloušťka a U_k		Σd_i		ΣR_i	$1/\Sigma R_i$
16	Kovové posuvné dveře					
	14	ZK plechové dveře		
	Celková tloušťka a U_k		Σd_i		ΣR_i	1,43
17	Vnitřní dělicí stěna s obklady (tl. 140 mm)					
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	42	Keramická dlažba	0,01	1	0,01	
	23	Lepící tmel	0,008	0,22	0,04	
	3	Porotherm 14 P D	0,14	0,28	0,50	
	23	Štuková omítka JM 303	0,008	0,22	0,04	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tep. tok)			0,13	
	Celková tloušťka a U_k		0,166		0,84	1,19

P3 – HYDRAULICKÝ VÝPOČET JEDNOTLIVÝCH ÚSEKŮ

OT2 - Místnost 102 (A2)											
Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*l	$\Sigma\xi$	Z	R*l + Z	
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	
Rozdělovač A → OT2											
2	875	0,02093	16,105	0,012	0,18696	57,4449	925,151	3,8	65,74719089	990,898	
2Z	875	0,02093	16,265	0,012	0,18696	57,4449	934,342	4,3	74,39813706	1008,74	
									Celkem	1999,64	
Místní ztráty											
Rozdělovač	Koleno / Oblouk					$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově	Ohybovky	T-kus		0,04	0,039820684	12	4233,01	0,007
0,5	1/3	2/0,3	2,9	0,4	0	3,8	Vlastnosti vody			Teplotní spád	
1	1/3	2/0,3	2,9	0,4	0	4,3	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C
							ρ	c_p	v	55	45
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]		
							990	4180	0,00000053		

OT3 - Místnost 102 (A3)												
Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I+Z		
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]		
Rozdělovač A → OT3												
3	328,00	0,01	17,74	0,012	0,07	8,18	145,03	1,80	34,38	179,40		
3Z	328,00	0,01	17,77	0,012	0,07	8,18	145,29	1,30	3,16	148,45		
									Celkem	327,849		
Místní ztráty							$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k
Rozdělovač	Koleno / Oblouk			Ohybovky	T-kus	0,053		0,040	12	1586,78	0,007	
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově			0,053	0,040	12	1586,78	0,007		
0,5	3	0,3	0,9	0,4	0	1,8	Vlastnosti vody			Teplotní spád		
1	3	0,3	0,9	0,4	0	1,3	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C	
							ρ	c_p	ν	55	45	
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]			
							990	4180	0,0000053			

OT4 - Místnost 102 (A4)											
Číslo úseku	Q	ṁ	l	d	w	R	R*l	Σξ	Z	R*l + Z	
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	
Rozdělovač A → OT4											
4	875	0,02093	16,064	0,012	0,18696	57,4449	922,795	1,8	111,1434062	1033,94	
4Z	875	0,02093	16,004	0,012	0,18696	57,4449	919,349	1,3	22,49246004	941,841	
									Celkem	1975,78	
Místní ztráty											
Rozdělovač	Koleno / Oblouk					Σξ	λ ₀	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově	Ohybovky	T-kus		0,04	0,039820684	12	4233,01	0,007
						0,04	0,039820684	12	4233,01	0,007	
0,5	3	0,3	0,9	0,4	0	1,8	Vlastnosti vody			Teplotní spád	
1	3	0,3	0,9	0,4	0	1,3	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C
							ρ	c _p	v	55	45
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]		
							990	4180	0,00000053		

OT5 - Místnost 104 (A5)												
Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z		
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]		
Rozdělovač A → OT5												
5	264	0,00632	4,929	0,012	0,05641	6,58066	32,4361	20,7	32,60285995	65,0389		
5Z	264	0,00632	5,109	0,012	0,05641	6,58066	33,6206	1,2	1,890020867	35,5106		
									Celkem	100,55		
Místní ztráty												
Rozdělovač	Koleno / Oblouk			Otopné těleso	T-kus	$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k	
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově				0,06	0,050111167	12	1277,16	0,007	
							0,044	0,050111167	12	1277,16	0,007	
0,5	4	0,3	1,2	19	0	20,7	Vlastnosti vody			Teplotní spád		
1	4	0,3	1,2	0	0	1,2	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C	
							ρ	c_p	v	55	45	
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]			
							990	4180	0,00000053			

OT6 - Místnost 105 (A6)											
Číslo úseku	Q	ṁ	l	d	w	R	R*1	Σξ	Z	R*1 + Z	
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	
Rozdělovač A → OT6											
6	367	0,00878	6,655	0,012	0,07842	9,14811	60,8807	13,3	40,48193551	101,363	
6Z	367	0,00878	7,065	0,012	0,07842	9,14811	64,6314	5	15,21877275	79,8502	
									Celkem	181,213	
Místní ztráty											
Rozdělovač	Koleno / Oblouk			Otopné těleso	T-kus	Σξ	λ ₀	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově				0,052	0,03604727	12	1775,45	0,007
0,5	1 / 5	2 / 0,3	3,5	9,3	0	13,3	0,057	0,03604727	12	1775,45	0,007
							Vlastnosti vody			Teplotní spád	
							Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C
							ρ	c _p	ν	55	45
1	1 / 5	2 / 0,3	3,5	0,5	0	5	[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]		
							990	4180	0,00000053		

OT7 - Místnost 106 (A6)											
Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z	
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	
Rozdělovač A → OT7											
7	152	0,00364	3,874	0,012	0,03248	3,78886	14,6781	13	6,787471632	21,4655	
7Z	152	0,00364	4,284	0,012	0,03248	3,78886	16,2315	4,2	2,19287545	18,4244	
									Celkem	39,8899	
Místní ztráty											
Rozdělovač	Koleno / Oblouk			Otopné těleso	T-kus	$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově				0,052	0,087035186	12	735,335	0,007
0,5	1 / 4	2 / 0,3	3,2	9,3	0	13	0,085	0,087035186	12	735,335	0,007
							Vlastnosti vody			Teplotní spád	
							Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C
							ρ	c_p	ν	55	45
1	1 / 4	2 / 0,3	3,2	0	0	4,2	[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]		
							990	4180	0,00000053		

OT8 - Místnost 109 (A8)											
Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z	
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	
Rozdělovač A → OT8											
8	421	0,01007	11,183	0,012	0,08995	10,4942	117,356	3,7	39,81983659	157,176	
8Z	421	0,01007	11,343	0,012	0,08995	10,4942	119,035	3,2	12,81715597	131,852	
									Celkem	289,028	
Místní ztráty											
Rozdělovač	Koleno / Oblouk					$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově	Ohybovky	T-kus		0,05	0,03142363	12	2036,68	0,007
0,5	1 / 4	2 / 0,3	3,2	0	0	3,7	0,05	0,03142363	12	2036,68	0,007
1	1 / 4	2 / 0,3	3,2	0	0	3,2	Vlastnosti vody			Teplotní spád	
							Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C
							ρ	c_p	v	55	45
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]		
							990	4180	0,00000053		

OT9 - Místnost 111 (A9)											
Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*l	$\Sigma\xi$	Z	R*l + Z	
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	
Rozdělovač A → OT9											
9	421	0,01007	7,914	0,012	0,08995	10,4942	83,0507	3,7	14,81983659	97,8706	
9Z	421	0,01007	7,8607	0,012	0,08995	10,4942	82,4914	3,2	12,81715597	95,3085	
									Celkem	193,179	
Místní ztráty											
Rozdělovač	Koleno / Oblouk					$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově	Ohybovky	T-kus		0,05	0,03142363	12	2036,68	0,007
						0,05	0,03142363	12	2036,68	0,007	
0,5	1 / 4	2 / 0,3	3,2	0	0	3,7	Vlastnosti vody			Teplotní spád	
1	1 / 4	2 / 0,3	3,2	0	0	3,2	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	
							ρ	c_p	ν	55	45
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]		
							990	4180	0,00000053		

OT10 - Místnost 112 (A10)												
Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z		
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]		
Rozdělovač A → OT10												
10	581	0,0139	8,649	0,012	0,12414	28,5525	246,951	3,4	75,93633942	322,887		
10Z	581	0,0139	8,809	0,012	0,12414	28,5525	251,519	2,9	22,12217186	273,641		
									Celkem	596,528		
Místní ztráty												
Rozdělovač	Koleno / Oblouk			Ohybovky	T-kus	$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k	
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově				0,045	0,044891593	12	2810,72	0,007	
							0,045	0,044891593	12	2810,72	0,007	
0,5	1/3	2/0,3	2,9	0	0	3,4	Vlastnosti vody			Teplotní spád		
1	1/3	2/0,3	2,9	0		2,9	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C	
							ρ	c_p	v	55	45	
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]			
							990	4180	0,00000053			

OT11 - Místnost 113 (A11)												
Číslo úseku	Q	ṁ	l	d	w	R	R* _l	Σξ	Z	R* _l + Z		
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]		
Rozdělovač A → OT10												
11	1000	0,02392	10,348	0,012	0,21367	72,4415	749,624	1,4	131,637746	881,262		
11Z	1000	0,02392	10,508	0,012	0,21367	72,4415	761,215	0,9	20,338551	781,553		
									Celkem	1662,82		
Místní ztráty												
Rozdělovač	Koleno / Oblouk				Ohybovky	T-kus	Σξ	λ ₀	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově	0,038				0,038446809	12	4837,73	0,007	
							0,038	0,038446809	12	4837,73	0,007	
0,5	3	0,3	0,9	0	0	1,4	Vlastnosti vody			Teplotní spád		
1	3	0,3	0,9	0	0	0,9	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C	
							ρ	c _p	v	55	45	
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]			
							990	4180	0,00000053			

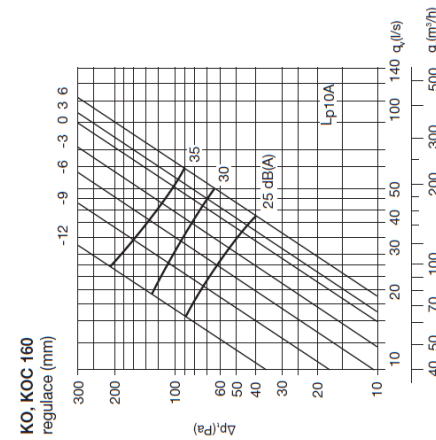
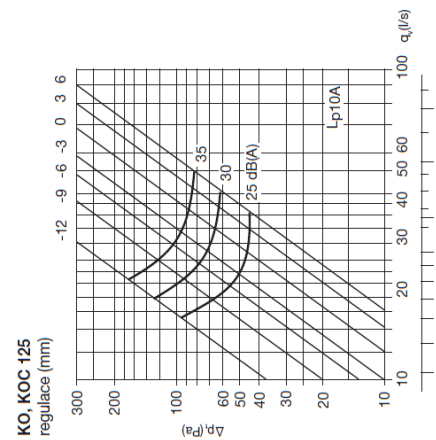
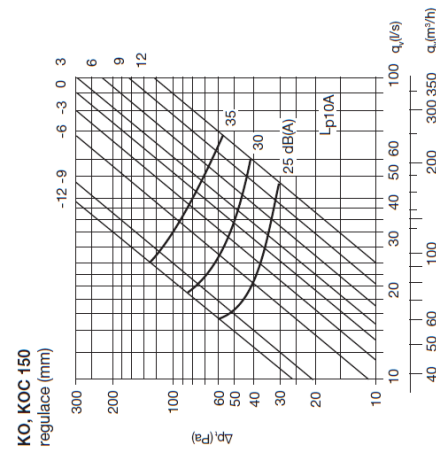
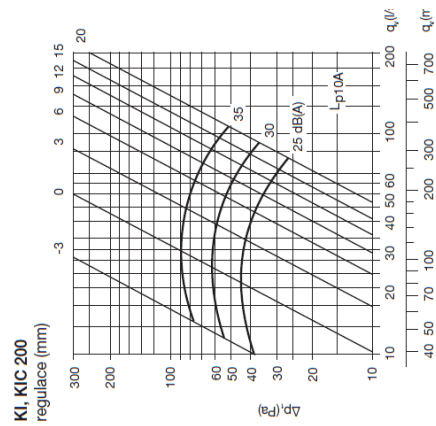
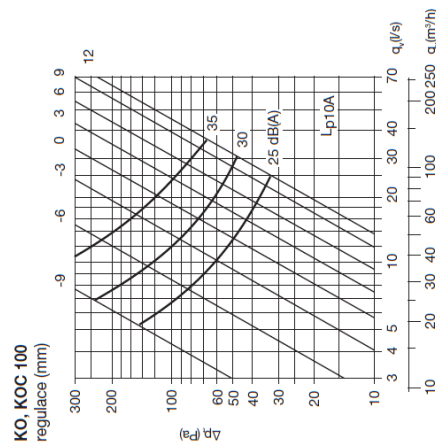
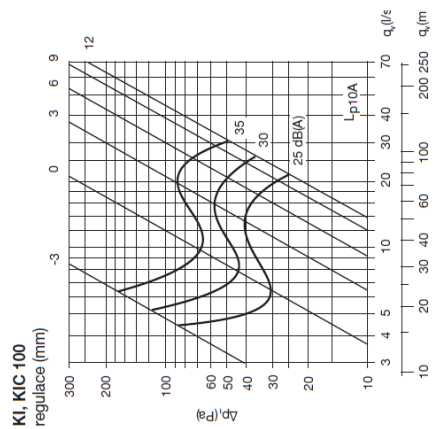
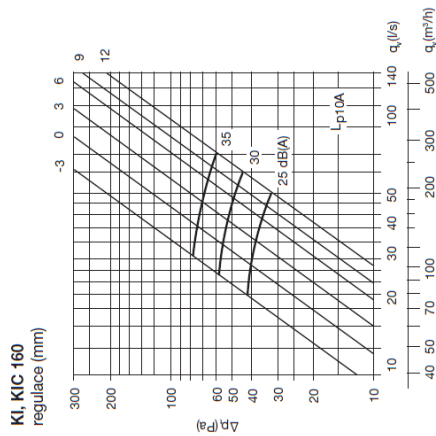
OT12 - Místnost 115 (A12)										
Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*l	$\Sigma\xi$	Z	R*l + Z
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
Rozdělovač A → OT12										
12	292	0,00699	15,423	0,012	0,06239	7,27861	112,258	11,9	22,92926658	135,187
12Z	292	0,00699	15,657	0,012	0,06239	7,27861	113,961	2,1	4,046341161	118,007
									Celkem	253,195
Místní ztráty										
Rozdělovač	Koleno / Oblouk		Otopné těleso	T-kus	$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom				Ztráty celkově	0,06	0,045305987	12	1412,62
						0,06	0,045305987	12	1412,62	0,007
0,5	7	0,3	2,1	9,3	0	11,9	Vlastnosti vody			Teplotní spád
1	7	0,3	2,1	0	0	2,1	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C
							ρ	c_p	ν	55
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]	45
							990	4180	0,00000053	

Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*l	$\Sigma\xi$	Z	R*l + Z	
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	
TČ → SBP 100											
20	9400	0,22488	4,525	0,02	0,72305	322,053	1457,29	3	776,353	21733,6	
21	9400	0,22488	2,831	0,02	0,72305	322,053	911,733	4,5	1164,53	2076,26	
20Z	9400	0,22488	4,125	0,02	0,72305	320,82	1323,38	3	776,353	2099,74	
21Z	9400	0,22488	2,288	0,02	0,72305	320,82	734,036	5,2	1345,68	2079,72	
									Celkem	27989,4	
Místní ztráty											
Rozdělovač	Koleno					$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově	Ohybovky	T-kus		0,025	0,02488	20	27284,8	0,007
0	2	1,5	3	0	0	3	0,025	0,02478	20	27284,8	0,0063
							Vlastnosti vody		Teplotní spád		
0	2	1,5	3	0,2	1,3	4,5	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C
							ρ	c_p	ν	55	45
0	2	1,5	3	0	0	3	[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]		
	2	1,5	3	0,2	2	5,2	990	4180	5,3E-07		

Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z	
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]	
TC → SBB 301 WP											
20	9400	0,22488	4,525	0,02	0,72305	322,053	1457,29	3	776,353	21733,6	
22	9400	0,22488	2,786	0,02	0,72305	322,053	897,241	4,3	1112,77	5410,01	
20Z	9400	0,22488	4,125	0,02	0,72305	320,82	1323,38	3	776,353	2099,74	
22Z	9400	0,22488	1,512	0,02	0,72305	320,82	485,08	5	1293,92	1779	
									Celkem	31022,4	
Místní ztráty											
Rozdělovač	Koleno					$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově	Ohybovky	T-kus		0,025	0,02488	20	27284,8	0,007
0	2	1,5	3	0	0	3	0,025	0,02478	20	27284,8	0,0063
							Vlastnosti vody			Teplotní spád	
0	2	1,5	3	0	1,3	4,3	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C
							ρ	c_p	ν	55	45
0	2	1,5	3	0	0	3	[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]		
							990	4180	5,3E-07		
0	2	1,5	3	0	2	5					

Číslo úseku	Q	m	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z		
	[W]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]		
SBP 100 → Rozdělovač A												
23	6107,05	0,1461	2,335	0,02	0,46975	148,69	347,192	7	764,616	1111,81		
23Z	6107,05	0,1461	1,611	0,02	0,46975	148,69	239,54	8	873,847	1113,39		
									Celkem	2225,2		
Místní ztráty												
Rozdělovač	Koleno			Zásobník	T-kus	$\Sigma\xi$	λ_0	λ	d	Re	k	
	Počet	Ztráta v jednom	Ztráty celkově				0,028	0,02721	20	17726,6	0,0063	
0,5	3	2	6	0,5	0	7	0,028	0,02721	20	17726,6	0,0063	
							Vlastnosti vody			Teplotní spád		
1	3	2	6	1	0	8	Hustota	Měrná tep. kapacita	Kinematická viskozita	°C	°C	
							ρ	c_p	ν	55	45	
							[kg/m ³]	[J/kg*K]	[m ² /s]			
							990	4180	5,3E-07			

P4 – DIAGRAMY PŘIVODNÍCH A ODVODNÍCH VYÚSTEK



P5 – PROVOZY VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY ATREA DUPLEX ECV5

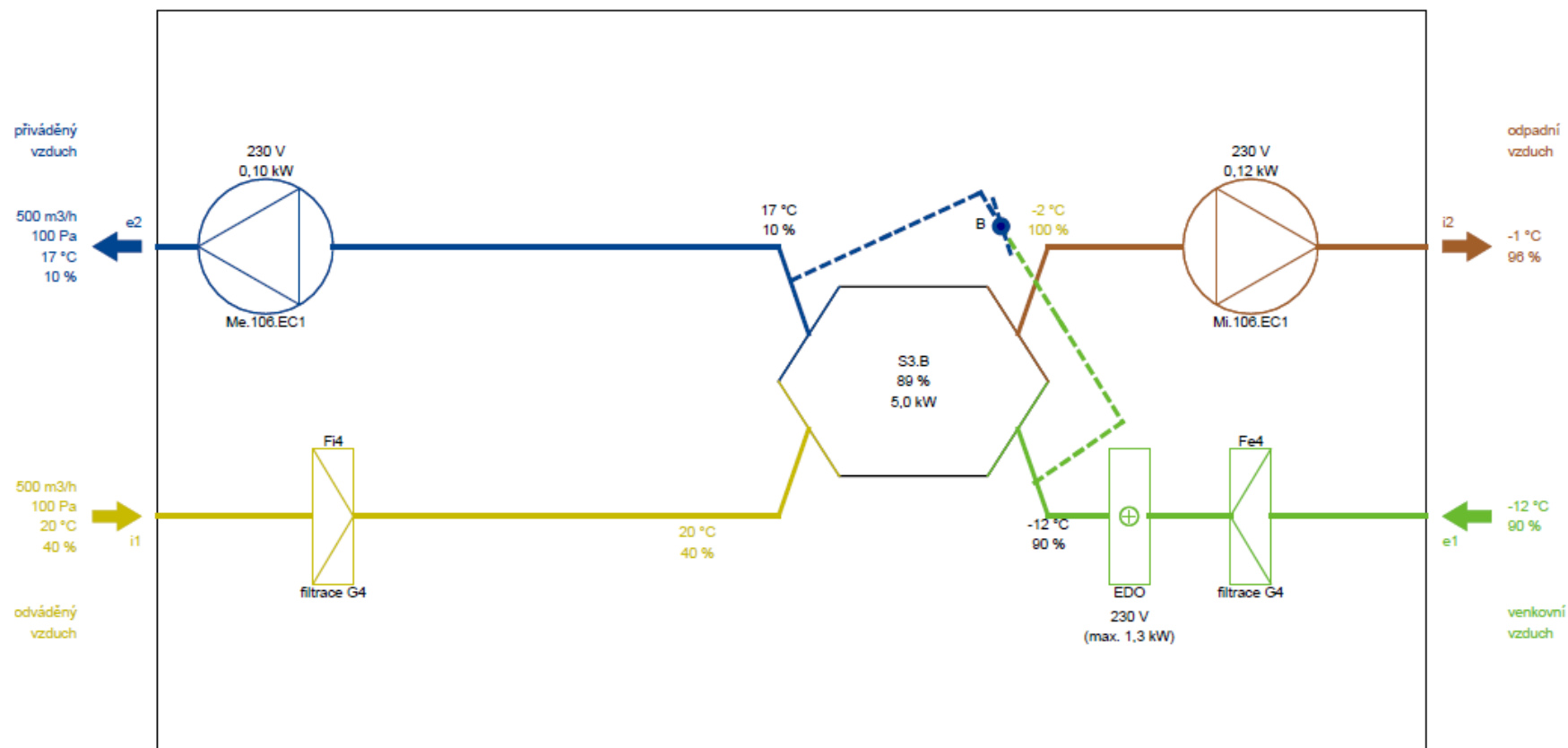
Zimní provoz

e1 - venkovní vzduch (ODA)

e2 - přiváděný vzduch (SUP)

i1 - odváděný vzduch (ETA)

i2 - odpadní vzduch (EHA)



Letní provoz

e1 - venkovní vzduch (ODA)

e2 - přiváděný vzduch (SUP)

i1 - odváděný vzduch (ETA)

i2 - odpadní vzduch (EHA)

