



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

NÁVRH VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ REKONSTRUOVANÉ ČÁSTI HOSPODÁŘSKÉ USEDLOSTI

VENTILATION AND HEATING IN A RETROFITTED FARMHOUSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Bedřich Čoček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Bc. Bedřich Čoček**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Technika prostředí
Vedoucí práce: **Ing. Pavel Charvát, 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 větrání a vytápění rekonstruované části hospodářské usedlosti

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce je zaměřena na návrh větrání a vytápění rekonstruované části hospodářské usedlosti. Rekonstruovaná část usedlosti má velikost jedné bytové jednotky. Rekonstrukce zahrnuje výměnu oken, zateplení stropů a instalaci nového ústředního vytápění a rovnotlakého větrání se zpětným získáváním tepla. V rámci opatření na úsporu energie budou na budově instalovány fotovoltaické panely pro výrobu elektrické energie.

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je navrhnout větrání a vytápění v rekonstruované části hospodářské usedlosti. Návrh bude zahrnovat potřebné výpočty a vypracování výkresové dokumentace.

Seznam literatury:

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu.

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

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

Topenářská příručka, 2001, vydavatel: GAS s.r.o.

Články v odborných časopisech.

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

V Brně, dne 26. 11. 2015



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

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

ABSTRAKT

Cílem práce je návrh topného a větracího systému rekonstruované části hospodářské usedlosti. Práce obsahuje výpočet návrhového tepelného výkonu objektu, z kterého vychází návrh topné soustavy. Ten zahrnuje volbu zdroje tepla, otopných těles a dalších prvků soustavy. Práce obsahuje i hydraulické zaregulování topné soustavy. Návrh rovnotlakého větracího systému zahrnuje výpočet potřebného množství vzduchu, volbu jednotky, návrh vzduchovodů a volbu koncových prvků, včetně jejich nastavení. V rámci práce je navržen i jednoduchý fotovoltaický systém pro ohřev teplé vody. K návrhům systému byla vytvořena příslušná výkresová dokumentace.

ABSTRACT

The aim of thesis is to design the heating and ventilation system for reconstructed part of the farmhouse. Thesis contains calculation of the object heat output, from which the design of the heating system is based. This includes to choice of heat sources, heaters and others components of the system. Thesis also contains hydraulic regulation of heating system. Design of equal-pressure ventilation system includes calculation of required amount of air, choice of unit, air conduit draft and options of terminal components and their settings. In the framework of this thesis is also designed simple photovoltaic system for warming hot water. There was created relevant drawing documentation for design of systems.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, větrání, fotovoltaický systém, rekonstrukce.

KEY WORDS

Ventilation, heating, photovoltaic system, reconstruction.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČOČEK, B. *Návrh větrání a vytápění rekonstruované části hospodářské usedlosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016 75s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Návrh větrání a vytápění rekonstruované části hospodářské usedlosti“ vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 1. 5. 2016

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval Ing. Pavlu Charvátovi, Ph.D. za vstřícné vedení a poskytnutí cenných rad při zpracování diplomové práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval svým blízkým, kteří mě během vypracování této diplomové práce podporovali.

Obsah

ÚVOD	11
1. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU	13
1.1. Údaje o místnostech	14
1.2. Požadavky investora.....	16
1.3. Klimatické údaje	17
2. NÁVRH OTOPNÉHO SYSTÉMU.....	19
2.1. Výpočet součinitele prostupu tepla pro stavební části	19
2.2. Výpočet návrhového tepelného výkonu	21
2.2.1. Výpočet tepelných ztrát místnosti prostupem tepla.....	21
2.2.2. Výpočet tepelných ztrát místnosti větráním	24
2.2.3. Zátopový tepelný výkon	25
2.2.4. Ukázkový výpočet tepelného výkonu místnosti	26
2.2.5. Shrnutí tepelného výkonu	31
2.3. Podlahové vytápění	32
2.3.1. Výpočet výkonu podlahového vytápění	33
2.4. Volba otopných těles.....	36
2.5. Hydraulické zaregulování soustavy	38
2.5.1. Výpočet tlakových ztrát.....	41
2.5.2. Hydraulické zaregulování soustavy.....	44
2.6. Volba zdroje tepla	47
2.6.1. Primární zdroj tepla	47
2.6.2. Sekundární zdroj tepla.....	48
2.6.3. Ochrana zdrojů tepla.....	48
2.7. Akumulační nádoba	49
2.8. Izolace potrubí.....	49
2.9. Zabezpečovací a pojistná zařízení.....	50
2.9.1. Pojistný ventil	50
2.9.2. Expanzní nádoba	51
2.10. Volba čerpadel	52
2.11. Regulace topného systému	54
2.12. Náklady na topný systém.....	54
3. NÁVRH VĚTRACÍHO SYSTÉMU	57
3.1. Výpočet množství větracího vzduchu	57
3.2. Volba větrací jednotky	59

3.3.	Předeřev větracího vzduchu.....	60
3.4.	Odvod kondenzátu	60
3.5.	Vzduchovody.....	60
3.5.1.	Návrh potrubní sítě a výpočet tlakových ztrát	61
3.6.	Koncové prvky větracího systému	62
3.6.1.	Distribuční prvky	62
3.6.2.	Nasávací a výfukové prvky.....	65
3.7.	Regulace vzduchotechnické jednotky	65
3.8.	Náklady na větrací systém	66
4.	NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU.....	69
4.1.	Komponenty FV systému	69
4.2.	Zapojení systému pro ohřev TV	71
4.3.	Výpočet zisků z fotovoltaických panelů.....	72
4.4.	Náklady na fotovoltaický systém	73
5.	ZÁVĚR	75

ÚVOD

Lidé v dnešní době tráví více jak polovinu svého života v budovách. Pro zdravý pobyt a tvořivou práci je třeba zajistit tzv. pohodu prostředí. Ta je z velké části ovlivněna vytápěním a větráním budov.

Cílem této diplomové práce je návrh otopné a větrací soustavy pro rekonstruovanou část hospodářské usedlosti. Investor se rozhodl pro tuto rekonstrukci, z důvodu zastaralé otopné soustavy, se samotížným oběhem, který se špatně reguluje a je špatně navržený. Rekonstrukce zahrnuje zateplení a výměnu některých částí konstrukce. Pro snížení nákladů na vytápění a zvýšení pohody prostředí bude použit rovnotlaký větrací systém se zpětným získáváním tepla (ZZT).

Nejprve budou provedeny výpočty tepelných ztrát budovy před a po rekonstrukci. Dle výsledků a požadavků investora bude navržena otopná soustava a větrací soustava se ZZT. Dále budou provedeny výpočty pro dimenzování obou soustav a potřebné výpočty pro jejich hydraulické zaregulování.

Požadavkem investora je použití fotovoltaiky, pro dohřívání teplé vody (TV). Proto bude proveden i výpočet výkonu fotovoltaických panelů v dané lokalitě a návrh této soustavy.

1. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU

Objekt se nachází v obci Střítež nad Ludinou, která leží severně od města Hranice v okrese Přerov. Mapa okolí je znázorněna na obr. 1. Jedná se o hospodářskou usedlost, která byla postavena na konci 19. století. Na obr. 2 je satelitní snímek celé budovy. Zvýrazněná část je cílem rekonstrukce a tudíž návrhu topného a větracího systému. Budova je orientována na jihozápad. Obytná část je z velké části chráněna hospodářskými budovami, především ze severní strany.



Obr. 1 Mapa.

Rekonstruovaná část má tvar obdélníku, skládá se dvou podlaží a půdy. Část objektu je podsklepená. Jedná se o stavbu z plných pálených cihel se sedlovou střechou. Před rekonstrukcí nebyl objekt nijak zateplen a byla v něm instalována stará dvojitá okna se špatnými tepelně technickými vlastnostmi. Rekonstrukce objektu zahrnuje zateplení podlah, stropů a výměnu původních oken a dveří za nová. Dále bude instalován topný systém s nuceným oběhem, který nahradí stávající samotížný. Rekonstrukce také zahrnuje instalaci větracího systému a umístění fotovoltaických panelů na střechu objektu pro dohřívání teplé vody (TV).



Obr. 2 Satelitní mapa hospodářské usedlosti.

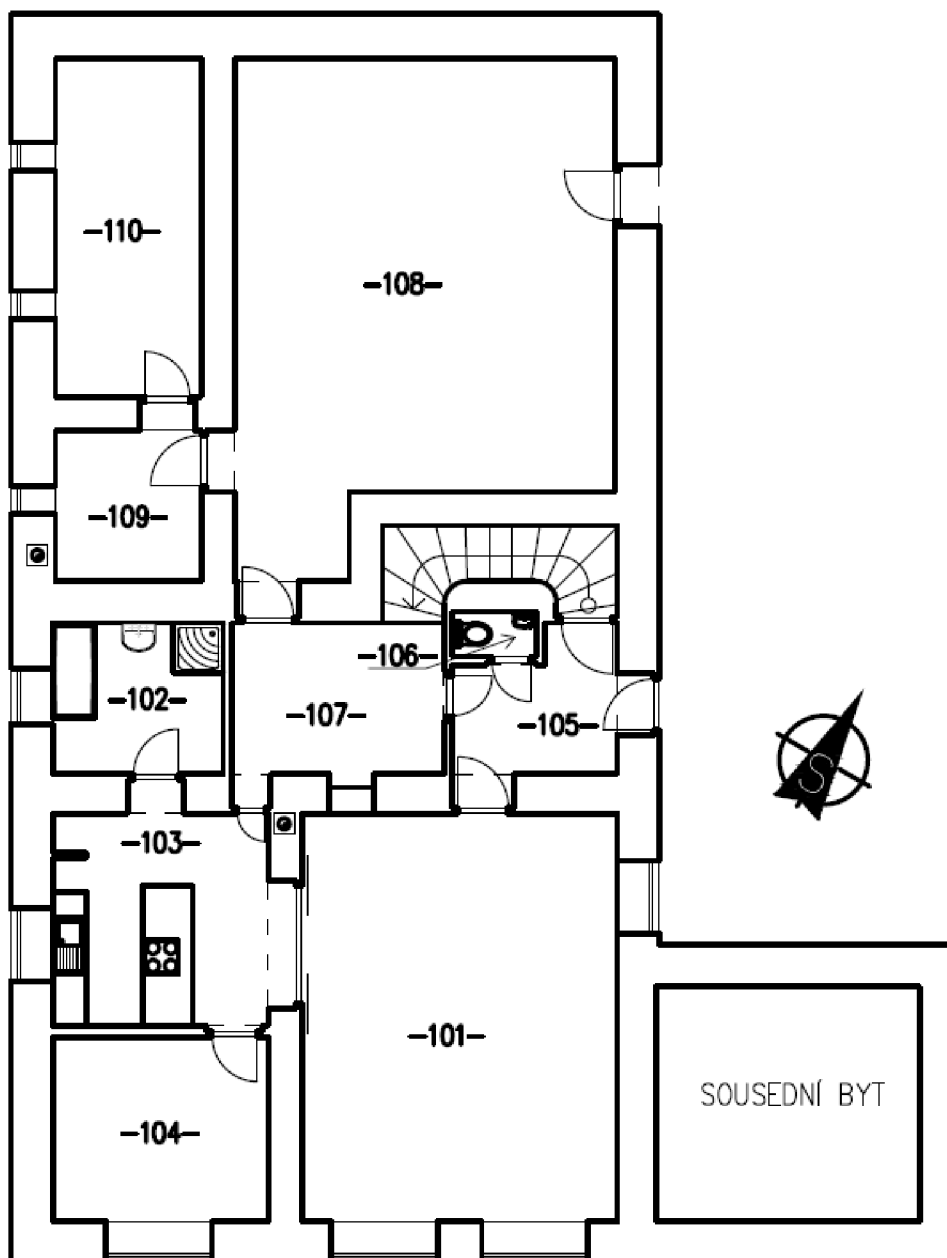
1.1. Údaje o místnostech

V rekonstruované části hospodářské usedlosti je celkem třináct vytápěných místností. Jejich označení, návrhové teploty, plochy a objemy jsou udány v tab. 1.

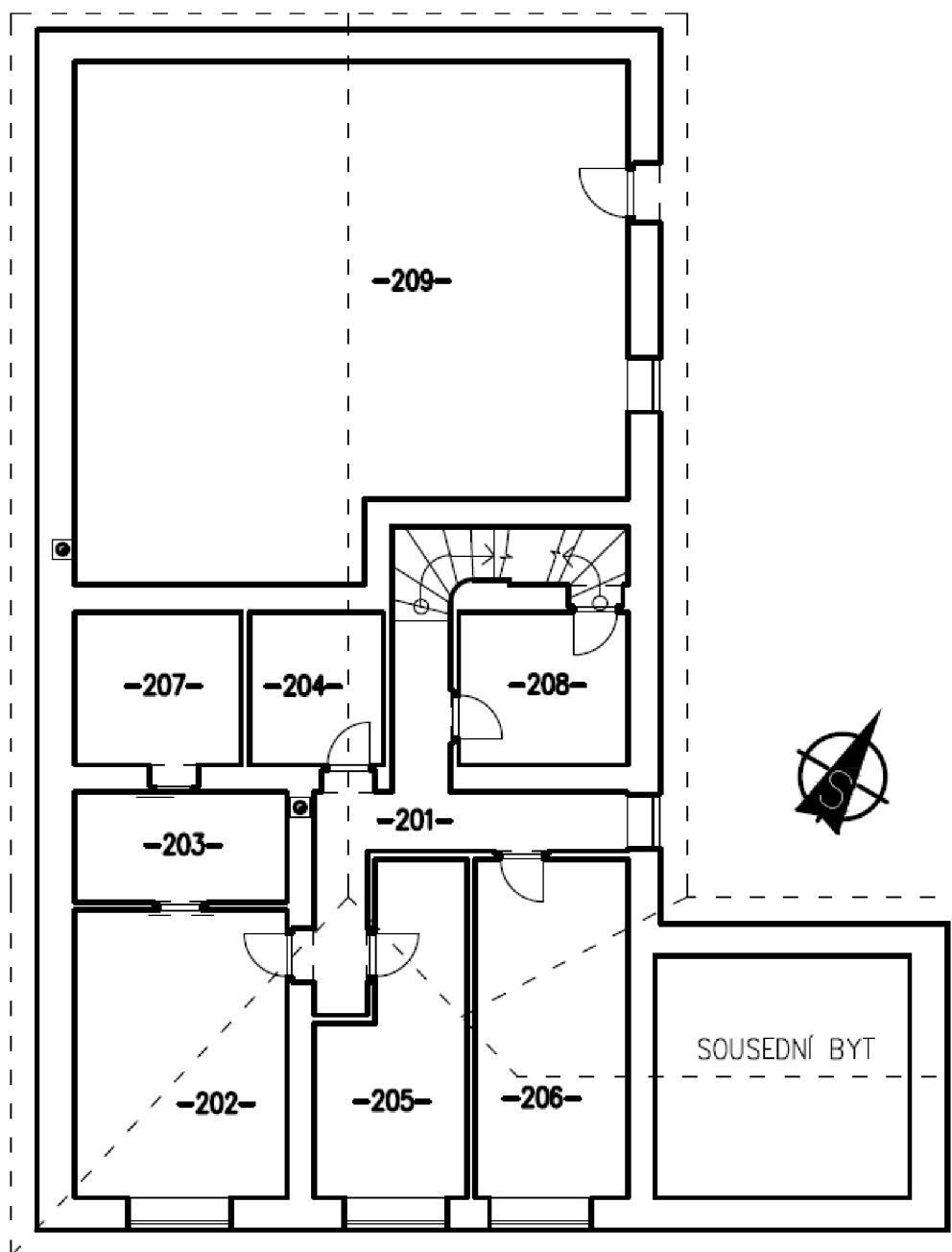
Tab. 1 Všeobecné údaje o místnostech objektu

Označení místností		Výpočtová teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
		$\theta_{int,i}$ °C	A_i m ²	V_i m ³
101	Obývací pokoj	20	41,2	98,9
102	Koupelna I	24	8,2	19,7
103	Kuchyně	20	14,6	35,0
104	Pracovna	20	12,7	30,5
105	Předsíň + schodiště	18	10,9	26,2
106	WC	20	1,2	2,6
107	Technická místnost	20	10,3	24,6
108	Sklad dřeva	-	55	145,8
109	Kotelna	-	7	18,6
110	Komora	-	15,7	41,6
201	Chodba	18	13,7	32,9
202	Ložnice	18	21,5	51,6
203	Šatna	18	8,1	19,4
204	Koupelna II	24	7,1	17,0
205	Pokoj I	20	14,5	34,8
206	Pokoj II	20	18	43,1
207	Sklad	-	8,8	23,3
208	Předhůří	-	9	23,9
209	Půda	-	92,6	245,4

Schématické nákresy 1.NP a 2.NP, kde je rozvržení všech vytápěných a nevytápěných místností, jsou na obr. 3 a obr. 4. Pokoj 101 je kompletně podsklepený. Jako. Kotelna slouží místnost 109, kde je uložen hlavní zdroj tepla a vzduchotechnická jednotka. Místnost 108 slouží jako sklad dřeva. Pokoj 107 je technická místnost, kde je uložena akumulční nádoba a bojler. Z místnosti je také možné přikládat do průhledové krbové vložky.



Obr. 3 Schéma rozložení jednotlivých místností v 1.NP.



Obr. 4 Schéma rozložení jednotlivých místností v 2.NP.

1.2.Požadavky investora

Práce byla zpracována na základě specifických požadavků investora, kterými jsou:

- Teplovodní průhledová krbová vložka, která bude umístěna ve stěně mezi obývacím pokojem a technickou místností.
- Zplyňovací kotel na biomasu.
- V domě bude navržen otopný systém, který bude kombinovat otopná tělesa (OT) s podlahovým vytápěním.
- Rovnotlaký větrací systém s rekuperací tepla.
- Fotovoltaické panely pro dohřívání teplé vody.

1.3. Klimatické údaje

V příloze normy ČSN EN 12831 [1] jsou vypsány klimatické údaje pro jednotlivé oblasti v České republice. Klimatické údaje slouží k výpočtu tepelného výkonu budovy. Nejbližší klimatická stanice se nachází ve městě Nový Jičín a její klimatické údaje jsou vypsány v tab. 2. Otopné období začíná, klesne-li průměrná denní teplota v dané lokalitě pod 13 °C ve dvou po sobě následujících dnech a podle průběhu počasí se nedá očekávat zvýšení teploty nad 13 °C ve dnech následujících.

Tab. 2 Všeobecné údaje

Klimatická stanice	Nový Jičín		
Nadmořská výška	h	m	284
Výpočtová venkovní teplota	θ_e	°C	-15
Průměrná roční denní teplota	$\theta_{m,e}$	°C	3,8
Délka otopného období	d	-	242
Korekční činitelé vystavení klimatickým podmínkám e_k a e_i			
Orientace	Hodnota		
	na jednotku		
Vše	1		

2. NÁVRH OTOPNÉHO SYSTÉMU

Následující kapitola se zabývá návrhem otopného systému. První část je zaměřená na výpočet tepelného výkonu budovy. V další části probíhá volba otopných těles, výpočet podlahového vytápění a hydraulický výpočet soustavy. Součástí kapitoly je i volba zdroje tepla a finanční zhodnocení systému.

2.1. Výpočet součinitele prostupu tepla pro stavební části

Výpočet součinitele prostupu tepla se provede pomocí rovnice (1). Součinitele tepelné vodivosti jednotlivých materiálů v konstrukci jsou v tab. 3, hodnoty byly převzaty z normy ČSN 73 0540-3 [2]. Výpočty jsou provedeny dle normy ČSN EN 12831 [1].

$$U_k = \frac{1}{\sum R_i} \quad (1)$$

kde U_k [Wm⁻²K⁻¹] součinitel prostupu tepla
 R_i [m²K⁻¹W⁻¹] celkový tepelný odpor konstrukce

$$R_i = R_{si} + \sum_{n=1} R_n + R_{se} \quad (2)$$

$$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n} \quad (3)$$

kde R_{si} [Wm⁻²K⁻¹] odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
 R_{se} [Wm⁻²K⁻¹] odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
 d_n [m] tloušťka konstrukce z daného materiálu
 λ_n [Wm⁻¹K⁻¹] součinitel tepelné vodivosti

Tab. 3 Tepelné odpory při přestupu tepla mezi vzduchem a stavební částí a součinitele tepelné vodivosti stavebních materiálů

Tepelný odpor při přestupu tepla mezi vzduchem a stavební částí		
Kód stavebního materiálu	Popis	R_{si}, R_{se}
		m ² K ⁻¹ W
61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)	0,13
62	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)	0,04
63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)	0,1
64	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)	0,17
65	Nevětraná vzduchová mezera d = 0,25 m	0,16

Součinitele tepelné vodivosti		
Kód stavebního materiálu	Popis	λ
		$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
1	Pálená cihla	0,8
2	Beton	1,3
3	Porotherm 11,5 P+D	0,44
4	Sádkartonová deska	0,22
5	Extrudovaný polystyren	0,037
6	Dřevo tvrdé (tepelný tok kolmo k vláknům)	0,15
7	Polystyren	0,043
8	Vápenocementová omítka	0,99
9	Porotherm 17,5 P+D	0,45
10	Keramické tvarovky HURDIS (80 mm)	0,18
11	Vápenná malta	0,87
12	Keramická dlažba	1,01
13	Anhydridový podlahový potěr	2
14	Betonová mazanina	1,3
15	Plovoucí podlaha	0,056
Tepelný odpor při přestupu tepla mezi vzduchem a stavební částí		

Příklad výpočtu prostupu tepla pro tepelně neizolovanou vnější stěnu je popsán v tab. 4. Výsledky pro ostatní konstrukce jsou v tab. 5. Podrobný výpočet ostatních konstrukcí je v příloze P1.

Tab. 4 Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla stavební konstrukcí

Kódy		Popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	Materiál		m	$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$	$\text{m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Kódy stavebních částí	Označení stavebních částí					
	Kód				R_{si}	
	Kód		d_1	λ_1	$R_1=d_1/\lambda_1$	
	
	Kód		d_n	λ_n	$R_n=d_n/\lambda_n$	
	Kód				R_{se}	
Celková tloušťka a U_k			Σd_i		ΣR_i	$1/\Sigma R_i$

Tepelně neizolovaná vnější stěna 1.NP						
1	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	1	Pálená cihla	0,720	0,8	0,900	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	62	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,04	
	Celková tloušťka a U_k			0,75		1,10

Tab. 5 Součinitele prostupu tepla pro jednotlivé stavební části

Kódy stavebních částí	Označení stavebních částí	U _k
		Wm ⁻² K ⁻¹
1	Tepelně neizolovaná vnější stěna 1.NP	0,91
2	Tepelně neizolovaná vnější stěna I 2.NP	1,08
3	Tepelně neizolovaná vnější stěna II 2.NP	0,96
11	Vnitřní nosná stěna I. 1.NP	0,89
12	Vnitřní nosná stěna II. 1.NP	0,98
13	Vnitřní příčka I. 1.NP + 2.NP	1,81
14	Vnitřní příčka II. 1.NP	1,47
15	Vnitřní nosná stěna 2.NP	1,19
16	Vnitřní příčka (s izolací) III. 2.NP	0,31
17	Vnitřní dveře	1,90
21	Venkovní dveře	1,57
22	Okna	0,70
31	Podlaha 1.NP	0,25
32	Podlaha 1.NP s podlahovým vytápěním	0,25
33	Strop 1.NP + podlaha 2.NP	0,29
34	Strop 2.NP	0,29

2.2. Výpočet návrhového tepelného výkonu

Následující kapitola se zabývá výpočtem tepelného výkonu budovy, který byl proveden na základě normy ČSN EN 12831 [1]. Návrhový tepelný výkon slouží pro dimenzování otopných těles, výměníků a zdroje tepla. Jeho výpočet je proveden podle rovnice (4).

$$\Phi_{HL} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad (4)$$

kde $\Phi_{HL,i}$ [W] tepelný výkon vytápěného prostoru
 $\Phi_{T,i}$ [W] tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru
 $\Phi_{V,i}$ [W] tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru
 $\Phi_{RH,i}$ [W] zátopový tepelný výkon požadovaný pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění prostoru

2.2.1. Výpočet tepelných ztrát místnosti prostupem tepla

Návrhová tepelná ztráta prostupem se pro vytápěný prostor vypočítá podle rovnice (5).

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (5)$$

kde $H_{T,ie}$ [WK⁻¹] součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy
 $H_{T,iue}$ [WK⁻¹] součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru

$H_{T,ig}$	$[WK^{-1}]$	(i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u)
		součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy
$H_{T,ij}$	$[WK^{-1}]$	z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu
		součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do
		sousedního prostoru (j) vytápěného na jinou teplotu
$\theta_{int,i}$	$[^{\circ}C]$	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
θ_e	$[^{\circ}C]$	výpočtová venkovní teplota

Pro určování lineárních tepelných ztrát byla ve výpočtech použita zjednodušená metoda, která je pro dané výpočty zcela dostačující. Výpočet se provede dle rovnice (6). Hodnoty korekčního součinitele ΔU_{tb} byly převzaty z příslušné normy.

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} \quad (6)$$

kde U_{kc} $[Wm^{-2}K^{-1}]$ korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části
 ΔU_{tb} $[Wm^{-2}K^{-1}]$ korekční součinitel (závisící na druhu stavební části)

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

V rámci součinitele tepelné ztráty do venkovního prostředí jsou zahrnuty všechny konstrukční části objektu, jako jsou stěny, podlahy, stropy, dveře a okna.

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad (7)$$

kde A_k $[m^2]$ plocha stavební části
 e_k $[-]$ korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem

Součinitel tepelné ztráty prostupem nevytápěným prostorem do vnějšího prostředí se použije pokud, je mezi vytápěným a vnějším prostředím nějaký nevytápěný prostor. Může se jednat například o sklep, kůlnu, nevytápěnou chodbu či sklad dřeva.

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u \quad (8)$$

kde b_u $[-]$ teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty

Redukční činitel b_u se dá spočítat pomocí teplot v nevytápěných prostorech. V našem případě tyto teploty neznáme, a proto budeme vycházet z hodnot v normě ČSN EN 12831.

Tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Jedná se o tepelné ztráty podlahami a základovými stěnami s přímým nebo nepřímým stykem s přilehlou zeminou. Vliv spodní vody se musí uvažovat, pokud je vzdálenost mezi předpokládanou hladinou a úrovní podlahy do 1 m.

$$H_{T,ig} = f_{G1} \cdot f_{G2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_W \quad (9)$$

kde	f_{G1}	[-]	korekční číselník zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
	f_{G2}	[-]	teplotní redukční číselník zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou
	A_k	[m ²]	plocha stavební části (v kontaktu se zeminou)
	$U_{equiv,k}$	[Wm ⁻² K ⁻¹]	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí
	G_W	[-]	korekční číselník zohledňující vliv spodní vody

$$f_{G2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (10)$$

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

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

Tyto výpočty se zabývají tepelnými ztrátami mezi místnostmi, které jsou vytápěny na jinou teplotu. Jedná se například o chodby či koupelny. Do výpočtů se nezahrnují účinky tepelných mostů.

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad (11)$$

kde	$f_{i,j}$	[-]	redukční teplotní číselník
	A_k	[m ²]	plocha stavební části
	U_k	[Wm ⁻² K ⁻¹]	součinitel prostupu tepla

Teplotní redukční číselník koriguje rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtovou teplotou. Vypočítá se podle rovnice (12).

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

kde θ_j [°C] teplota sousedního vytápěného prostoru

2.2.2. Výpočet tepelných ztrát místnosti větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním, pro vytápěný prostor (i) se vypočte pomocí rovnice (13). V následující kapitole je proveden výpočet přirozeného i nuceného větrání se ZZT.

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (13)$$

kde $H_{V,i}$ [WK⁻¹] součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

Součinitel návrhové tepelné ztráty se vypočítá podle (14). Tato rovnice platí za předpokladu konstantní hustoty a měrné tepelné kapacity vzduchu.

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad (14)$$

kde \dot{V}_i [m³h⁻¹] objemový tok větracího vzduchu

Přirozené větrání

Pokud není v budově nainstalován větrací systém, předpokládá se, že větrací vzduch má parametry venkovního vzduchu. Provádí se výpočet na množství vzduchu infiltrací pláštěm budovy a hygienické minimum větracího vzduchu. Množství vzduchu, které je třeba přivést při přirozeném větrání, je vyšší hodnota z obou výpočtů.

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad (15)$$

kde $\dot{V}_{inf,i}$ [m³h⁻¹] množství vzduchu infiltrací ve vytápěném prostoru
 $\dot{V}_{min,i}$ [m³h⁻¹] minimální hygienické množství vzduchu

Infiltrace obvodovým pláštěm budovy

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (16)$$

kde V_i [m³] objem vytápěné místnosti
 n_{50} [h⁻¹] intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaku 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodu vzduchu stínící činitel
 e_i [-] stínící činitel
 ε_i [-] výškový korekční činitel (zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země)

Hygienické množství vzduchu

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot \dot{V}_i \quad (17)$$

kde n_{min} [h⁻¹] minimální intenzita výměny vzduchu za hodinu

Nucené větrání

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{su,i} \cdot f_{vi} + \dot{V}_{mech,inf,i} \quad (18)$$

kde	$\dot{V}_{su,i}$	$[\text{m}^3\text{h}^{-1}]$	množství přiváděného vzduchu do vytápěné místnosti
	$f_{v,i}$	$[-]$	redukční činitel
	$\dot{V}_{mech,inf,i}$	$[\text{m}^3\text{h}^{-1}]$	rozdíl množství mezi nuceně odváděným a přiváděným vzduchem z vytápěné místnosti

$$f_{v,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (19)$$

kde $\theta_{su,i}$ $[\text{°C}]$ teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru

Vzduch je do vytápěné místnosti přiváděn ze sousedních vytápěných či nevytápěných prostorů nebo z venkovního prostředí. Při využití zařízení ZZT se $\theta_{su,i}$ vypočítá z účinnosti rekuperátoru. V našem případě danou teplotu určil návrhový software firmy Atrea, který byl použit při volbě vzduchotechnické jednotky.

$\dot{V}_{mech,inf}$ se nejprve vypočítá pro celou budovu dle rovnice (20) a posléze se množství venkovního vzduchu rozdělí do každého prostoru k poměru průvzdušnosti celé budovy. Pokud nejsou známy hodnoty průvzdušnosti, rozdělení venkovního vzduchu se může určit dle rovnice (21).

$$\dot{V}_{mech,inf} = \max(\dot{V}_{ex} - \dot{V}_{su}, 0) \quad (20)$$

$$\dot{V}_{mech,inf,i} = \dot{V}_{mech,inf} \cdot \frac{V_i}{\sum V_i} \quad (21)$$

kde	$\dot{V}_{mech,inf}$	$[\text{m}^3\text{h}^{-1}]$	rozdíl množství mezi nuceně odváděným a přiváděným vzduchem pro celou vytápěnou část budovy
	\dot{V}_{ex}	$[\text{m}^3\text{h}^{-1}]$	množství odváděného vzduchu soustavou pro celou vytápěnou část budovy
	\dot{V}_{su}	$[\text{m}^3\text{h}^{-1}]$	množství přiváděného vzduchu soustavou pro celou vytápěnou část budovy

2.2.3. Zátopový tepelný výkon

Objekt je s přerušovaným vytápěním, proto je nutno spočítat a do výpočtu tepelného výkonu započíst zátopový tepelný výkon. Ten je potřeba k dosažení požadované výpočtové teploty po přerušení vytápění.

Výpočet je závislý na akumulčních vlastnostech stavební části, době zátopy, teplotním poklesu po době útlumu a vlastnostech regulačního a řídicího systému. Zátopový výkon se spočítá dle rovnice (22).

$$\Phi_{RH,i} = f_{RH} \cdot A_i \quad (22)$$

kde f_{RH} [-] zátopový součinitel
 A_i [m²] podlahová plocha

2.2.4. Ukázkový výpočet tepelného výkonu místnosti

Ukázkový výpočet tepelného výkonu bude proveden pro technickou místnost, která má na výkresech označení 107. Výpočty ostatních místností jsou v příloze P2 (výpočty tepelných ztrát prostupem tepla a větráním) a P3 (výpočet zátopového výkonu).

Výpočet tepelných ztrát místnosti prostupem tepla

Pro výpočet tepelných ztrát nevytápěným prostorem do venkovního prostředí je třeba znát redukční činitel b_u . Jeho hodnoty pro jednotlivé nevytápěné místnosti v objektu jsou v tab. 6.

Tab. 6 Hodnoty redukčního činitele b_u pro nevytápěné prostory

Označení místnosti		b_u
		-
-	Sklep	0,5
108	Sklad dřeva	0,5
109	Kotelna	0,3
110	Komora	0,5
207	Sklad	0,5
208	Předhůří	0,5
209	Půda	0,5
-	Podkroví	0,8
-	Sousední dům	0,5

Pro výpočet tepelných ztrát podlahou do přilehlé zeminy je třeba vypočítat:

- a) Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí

$$\dot{B} = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} = \frac{12,2 \cdot 11,55}{0,5 \cdot (12,2 + 11,55) \cdot 2} = 6 \quad (23)$$

kde \dot{B} [-] charakteristický parametr (v grafu jako b)
 A_g [m²] plocha budovy
 P [m] obvod budovy

Po odečtení hodnot z grafu [1] vychází $U_{equiv,k} = 0,18 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

- b) Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou.

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 3,8}{20 - (-15)} = 0,46$$

- c) Korekční činitel G_w . V našem případě však není třeba započítávat vliv spodní vody, a proto je korekční činitel $G_w = 1$.
- d) Korekční činitel na vliv ročních změn venkovní teploty f_{g1} . Ten je dle normy 1,45.

Pro tepelnou ztrátu mezi místnostmi vytápěnými na rozdílnou teplotu je třeba spočítat teplotní redukční činitel podle rovnice (12).

- a) Koupelnu I. vytápěnou na 24 °C

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_j}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 24}{20 - (-15)} = -0,11$$

- b)
Chodbu vytápěnou na 18 °C

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_j}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 18}{20 - (-15)} = 0,06$$

Tab. 7 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla pro technickou místnost

107 - Technická místnost						
Tepelné údaje						
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	20		
Výpočtový teplotní rozdíl		$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	35		
Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí						
Kód	A_k m^2	U_k $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	ΔU_{tb} $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	U_{kc} $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	e_k -	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$ WK^{-1}
				0		0
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$		0
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí						
Kód	A_k m^2	U_k $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	ΔU_{tb} $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	U_{kc} $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	b_u -	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$ WK^{-1}
1	3,15	0,91	0,10	1,01	0,5	1,59
1	0,87	0,91	0,10	1,01	0,5	0,44
17	1,77	1,90	0,50	2,40	0,5	2,13
17	1,77	1,90	0,50	2,40	0,5	2,13
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$		4,25
Tepelné ztráty do přilehlé zeminy						
Kód	A_k m^2	$U_{\text{equiv},k}$ $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	G_w -	f_{g1} -	f_{g2} -	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$ WK^{-1}
31	10,26	0,18	1	1,45	0,46	1,85
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do přilehlé zeminy				$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w$		1,24
Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách						
Kód	A_k m^2	U_k $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$		$f_{i,j}$ na jedn.	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$ WK^{-1}	
13	6,48	1,81		-0,11	-1,34	
13	3,34	1,81		0,06	0,35	
33	10,26	0,29		-0,11	-0,34	
17	1,58	1,90		0,06	0,17	
Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách				$H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$		0,17
Celková tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$				198 W

Výpočet tepelných ztrát místnosti větráním

Tab. 8 Teplené ztráty přirozeným větráním technické místnosti

Tepelné ztráty přirozeným větráním				Celkem
Označení místnosti			107	
Objem místnosti	V_i	m^3	24,6	25
Výpočtová venkovní teplota	θ_e	$^{\circ}C$	-15	
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{int,i}$	$^{\circ}C$	20	
Hygienické požadavky	Nejmenší hygienická intenzita výměny vzduchu	$n_{min,i}$	h^{-1}	0,5
	Nejmenší hygienické množství vzduchu	$V_{min,i}$	m^3h^{-1}	12,3
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	-	na jedn.	1
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	n_{50}	h^{-1}	4
	Činitel zaclonění	e	na jedn.	0,02
	Výškový korekční činitel	ε	na jedn.	1
	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon$	$V_{inf,i}$	m^3h^{-1}	3,9
Výpočet tepelné ztráty větráním	Zvolená výpočtová hodnota $V_i = \max(V_{int,i}; V_{min,i})$	V_i	m^3h^{-1}	12,31
	Návrhový součinitel tepelné ztráty	$H_{v,i}$	WK^{-1}	4,2
	Teplotní rozdíl	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$^{\circ}C$	35
	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	$\Phi_{v,i}$	W	147

Tab. 9 Tepelné ztráty nuceným větráním technické místnosti

Tepelné ztráty nuceným větráním					Celkem	
Označení místnosti				107		
Objem místnosti		V_i	m^3	24,6	24,6	
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	$^{\circ}C$	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{int,i}$	$^{\circ}C$	20		
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	-	na jedn.	1	3,9	
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	n_{50}	h^{-1}	4		
	Činitel zaclonění	e	na jedn.	0,02		
	Výškový korekční činitel	ε	na jedn.	1		
	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon$	$V_{inf,i}$	m^3h^{-1}	3,9		
Množství vzduchu, teploty a korekční činitele	Odváděný vzduch	$V_{ex,i}$	m^3h^{-1}	0	225	
	Přiváděný vzduch	$V_{su,i}$	m^3h^{-1}	0	225	
	Teplota přiváděného vzduchu	θ_{SU}	$^{\circ}C$	12		
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.	-		
	Vzduch dodávaný ze sousedních místností	$V_{ex,i} - V_{su,i}$	m^3h^{-1}	0		
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.	-		
	Přebytek odváděného vzduchu pro celou budovu $V_{mech,inf} = \sum V_{ex,i} - \sum V_{su,i}$	$V_{mech,inf}$	m^3h^{-1}	0		
	Přebytek odváděného vzduchu pro jednotlivé místnosti	$V_{mech,inf,i}$	m^3h^{-1}	0		
Výpočet tepelné ztráty větráním	Celkové korigované množství vzduchu $V_{mech,inf} = V_{inf,i} + V_{su,i} \cdot f_{v,i} + V_{mech,inf,i}$	V_i	m^3h^{-1}	3,9		47 W
	Návrhový součinitel tepelné ztrát větráním	$H_{v,i}$	WK^{-1}	1,3		
	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{inf,i} - \theta_e)$	$\Phi_{v,i}$	W	47		

Zátopový výkon

Jedná se o budovu s vysokou hmotností, která bude vytápěna s útlumem nejvýše 8 h a předpokládaným poklesem teploty 3 K. Pro tyto údaje byl z normy zvolen zátopový součinitel $f_{RH} = 13$. ukázkový výpočet pro technickou místnost je v tab. 10.

Tab. 10 Zátopový tepelný výkon pro technickou místnost

Označení místností		Zátopový součinitel	Plocha místnosti	Zátopový výkon
		f_{RH}	A_i	$\Phi_{RH,i} = f_{RH} \cdot A_i$
		Wm^{-2}	m^2	W
107	Technická místnost	13	10,3	133

2.2.5. Shrnutí tepelného výkonu

Návrhový tepelný výkon je shrnut ve dvou tabulkách. V tab. 11 je zahrnuta tepelná ztráta přirozeným větráním. V tab. 12 je tepelná ztráta nuceným větráním se ZZT. Ve výsledku je nižší návrhový tepelný výkon, kde bylo počítáno s nuceným větráním se ZZT. Investor požaduje na dimenzování otopných těles na vyšší hodnoty, tedy na případ přirozeného větrání.

Tab. 11 Návrhový tepelný výkon s přirozeným větráním

Výpočet návrhového tepelného výkonu, pouze přirozené větrání					
Označení místnosti		Tepelné ztráty prostupem	Tep. ztráty větráním (přirozeným)	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
		$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{RH,i}$	$\Phi_{HL,i}$
		W	W	W	W
101	Obývací pokoj	782	588	536	1 906
102	Koupelna I	467	391	107	965
103	Kuchyně	300	625	190	1 115
104	Pracovna	675	181	165	1 022
105	Předsíň + schodiště	419	147	142	707
106	WC	33	47	16	96
107	Technická místnost	198	147	133	493
201	Chodba	-53	185	178	309
202	Ložnice	980	289	280	1 549
203	Šatna	350	109	105	564
204	Koupelna II	287	339	92	718
205	Pokoj I	451	207	189	846
206	Pokoj II	851	256	233	1 341
Celkem		5 739	3 513	2 365	11 616

Tab. 12 Návrhový tepelný výkon s nuceným větráním

Výpočet návrhového tepelného výkonu - nucené větrání					
Označení místností		Tepelné ztráty prostupem	Tep. ztráty větráním (nuceným)	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
		$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{RH,i}$	$\Phi_{HL,i}$
		W	W	W	W
101	Obývací pokoj	782	425	536	1 742
102	Koupelna I	467	137	107	710
103	Kuchyň	300	67	190	556
104	Pracovna	675	88	165	928
105	Předsíň + schodiště	419	70	142	631
106	WC	33	0	16	49
107	Technická místnost	198	47	133	379
201	Chodba	-53	59	178	184
202	Ložnice	980	96	280	1 355
203	Šatna	350	0	105	455
204	Koupelna II	287	153	92	532
205	Pokoj I	451	92	189	732
206	Pokoj II	851	108	233	1 193
Celkem		5 739	1 342	1 342	9 446

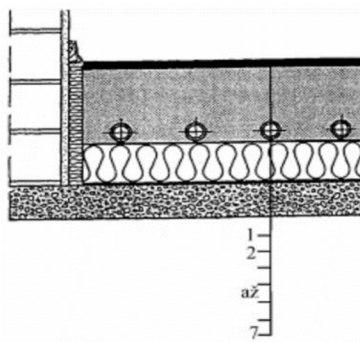
2.3. Podlahové vytápění

Investor se rozhodl pro podlahové vytápění v některých místnostech v 1.NP, ve kterých bude dlažba. Jedná se o jídelnu, kuchyň, koupelnu a předsíň. Podlahové vytápění bude do prostor umístováno v kombinaci s OT. Ta budou spuštěna ve chvíli, kdy podlahové vytápění nebude stačit na pokrytí tepelné ztráty prostoru, nebo pokud bude třeba jeho rychlé vytopení.

Konstrukce podlahové otopné plochy není pevně spojena s nosnou částí podlahy z důvodu umožnění veškerých dilatačních změn. Na obr. 5 je vidět dilatační pásek mezi stěnou a podlahou, který dané změny dovoluje. V objektu je zvolen tzv. mokrý způsob pokládky, kdy jsou trubky zality přímo v anhydridové vrstvě nad teplenou a zvukovou izolací. Teplota otopné vody u této varianty se pohybuje od 30 do 55 °C.

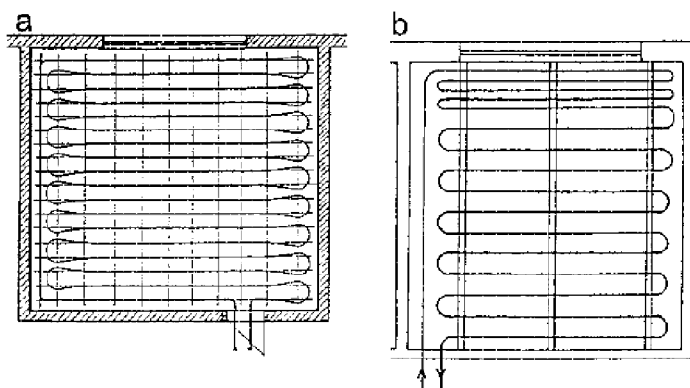
Legenda k obr. 5:

1. Podlahová krytina
2. Anhydridový potěr
3. Otopný had
4. Hydroizolace
5. Tepelná izolace
6. Hydroizolace
7. Nosná podlaha



Obr. 5 Skladba podlahy při mokrém provedení podlahového vytápění[3].

Uložení otopného hadu bude provedeno meandrovým způsobem, viz obr. 6. Tento způsob kladení umožňuje, aby teplota otopné vody klesala směrem od obvodové stěny, což zajišťuje rovnoměrné rozložení teploty v prostoru. Na obrázku je znázorněno i kladení s okrajovou zónou. Tento způsob se využívá v prostorách u oken, dveří či stěn s velkou tepelnou ztrátou, aby došlo k eliminaci tvorby tepelné nepohody.



Obr. 6 Meandrový způsob kladení otopného hadu.[3] a) bez okrajové zóny
b) s okrajovou zónou

2.3.1. Výpočet výkonu podlahového vytápění

Výpočty podlahového vytápění byly provedeny na základě informací v Topenářské příručce [3].

$$t_p = t_i + \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{tgh\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)}{m \cdot \frac{l}{2}} \quad (24)$$

kde	t_p	[°C]	střední povrchová teplota
	t_i	[°C]	výpočtová vnitřní teplota
	t_m	[°C]	střední teplota otopné vody
	Λ_a	[Wm ⁻² K ⁻¹]	tepelná prostupnost vrstev nad trubkami
	α_p	[Wm ⁻² K ⁻¹]	celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy
	m	[-]	charakteristické číslo podlahy

1 [m] rozteč trubek

Střední povrchová teplota má z fyziologických důvodů maximální přípustné hodnoty:

- | | |
|---|-----------------------|
| a) Místnosti pro trvalý pobyt (obytné místnosti, kanceláře) | $t_p = 27$ až 28 °C |
| b) Pomocné místnosti (chodby, předsíně, schodiště) | $t_p = 30$ až 32 °C |
| c) Zvláštní případy (koupelny, plovárny) | $t_p = 32$ až 34 °C |

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} \quad (25)$$

kde m [-] charakteristické číslo podlahy
 Λ_b [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$] tepelná prostupnost vrstev pod trubkami
 λ_d [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] součinitel tepelné vodivosti materiálu (do kterého jsou zalaty trubky)
 d [m] vnější průměr trubek

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad (26)$$

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad (27)$$

kde λ_a [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek
 λ_b [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod osou trubek
 α_p [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$] součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy
 a [m] tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubky
 b [m] tloušťka jednotlivých vrstev pod osou trubky

$$q = \alpha_p \cdot (t_p - t_i) \quad (28)$$

$$q' = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha_p}{\Lambda_a} \cdot (t_p - t_i) + \Lambda_b \cdot (t_i - t_i') \quad (29)$$

kde q [Wm^{-2}] měrný tepelný výkon otopné plochy
 q' [Wm^{-2}] měrný tepelný tok podlahové otopné plochy směrem dolů
 t_i' [°C] teplota místnosti pod vytápěnou místností

Rozdíl mezi měrným tepelným výkonem otopné plochy a tokem směrem dolů, z vytápěné místnosti, by měl být co nejmenší. Pokud je vrstva pod trubkami dostatečně zaizolována, dosahuje ztrátový výkon nepatrných hodnot.

Vzdálenost otopného hada od stěny se vypočítá pomocí charakteristického čísla podlahy podle rovnice (30).

$$r = \frac{2,3}{m} \quad (30)$$

kde r [m] šířka okraje

$$Q_o = Q_p \cdot \frac{O_p}{S_p} \cdot \frac{0,448 \cdot l}{\operatorname{tgh}\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} \quad (31)$$

kde Q_o [W] tepelný výkon okrajové plochy
 Q_p [W] tepelný výkon otopné plochy
 O_p [m] obvod otopné podlahové plochy (vymezený krajními trubkami)
 S_p [m²] otopná podlahová plocha (ohraničená krajní trubkou)

$$Q_{PC} = (q + q') \cdot S_p + Q_o \quad (32)$$

kde Q_{PC} [W] celkový tepelný výkon otopné plochy
 S_p [m²] celková otopná plocha

$$Q_{PC,skut} = Q_p + Q_o \quad (33)$$

kde $Q_{PC,skut}$ [W] skutečný výkon podlahové otopné plochy do místnosti

Tab. 13 Výpočet výkonu podlahového vytápění

Místnost		101	101	102	103	105
Označení		Pod 1	Pod 2	Pod 3	Pod 4	Pod 5
t_i	°C	20	20	24	20	18
t_m	°C	40	40	40	40	40
A	m	5	5	2,3	3,2	2,5
B	m	1,8	1,8	2,5	2	1,9
l	m	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
Λ_a	Wm ⁻² K ⁻¹	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25
Λ_b	Wm ⁻² K ⁻¹	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28
m	m ⁻¹	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84
r	m	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
S_p	m ²	9,0	9,0	5,8	6,4	4,8
L_p	m	30,0	30,0	28,8	21,3	23,8
O_p	m	12,4	12,4	8,4	9,2	7,6
t_p	°C	25,7	25,7	30,4	25,7	26,8
q	Wm ⁻²	68,3	68,3	76,6	68,2	105,3
q'	Wm ⁻²	7,8	7,8	5,2	4,1	3,6
Q_o	W	116	116	63	86	78
Q_{PC}	W	800	800	533	549	595
Q_{PC,skut}	W	730	730	503	523	578

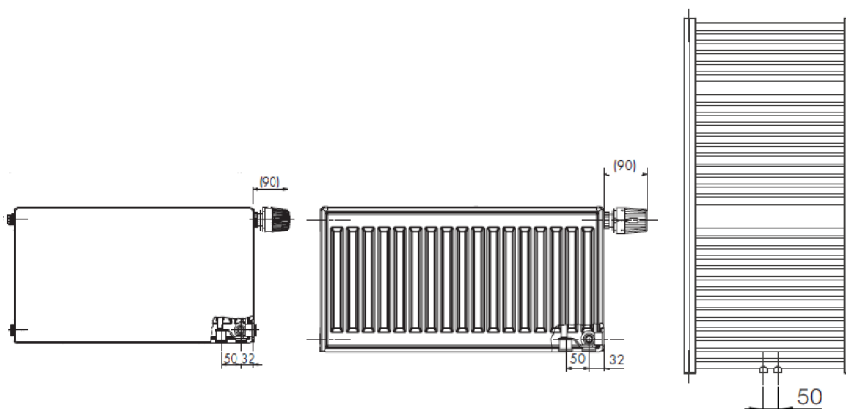
Teplotní spád podlahového vytápění byl zvolen 44/36 °C. Z toho byla zvolena střední teplota otopné vody t_m jako 40 °C. K výpočtu byly také třeba některé parametry trubek, které budou použity pro realizaci podlahového vytápění. Jedná se o vícevrstvé plastové trubky PEX/Al/PEX, které mají vnější průměr 0,016 m a tepelnou vodivost 0,43 W/mK. Další parametry potřebné pro výpočet jsou přestupy tepla. Na straně vytápěné místnosti je $12 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ a na stropu sklepa $8 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Výpočtová teplota ve sklepech jsou 2 °C a teplota zeminy je 5 °C.

2.4. Volba otopných těles

Do objektu byla vybrána desková OT od společnosti KORADO a.s. Veškeré informace byly převzaty ze stránek výrobce [5]. Do koupelen byla zvolena trubková OT od stejné firmy. Do obývacího pokoje, předsíně, kuchyně a chodby byly zvolena desková OT typu PLAN. Všechna ostatní tělesa jsou typu KLASIK. Výběr designu OT uskutečnil investor. Všechna připojení k deskovým OT jsou systémem ventil kompaktní (VK). Trubková tělesa v koupelnách jsou připojena pomocí armatury HM.



Obr. 7 VK připojení OT [5].



Obr. 8 Schématické znázornění deskových OT zleva: PLAN VK; KLASIK VK; trubkového OT [5].

Otopná tělesa jsou umístěna ve všech vytápěných místnostech v domě. V 1.NP jsou v některých místnostech v kombinaci s podlahovým vytápěním. Jedná se o předsíň, obývací pokoj, kuchyň a koupelnu. Obývací pokoj je rozdělen na dvě části. Jedna slouží jako obývací pokoj a druhá jako jídelna. Právě pod jídelní částí je umístěno podlahové vytápění, které je v této místnosti rozděleno na dva okruhy, aby délka otopného hada značně nepřevyšovala délky v ostatních místnostech.

Označení, typy a rozměry jednotlivých těles jsou shrnuty v tab. 14. Posouzení,

zda OT dostatečně pokrývají návrhovou tepelnou ztrátu prostorů, je v tab. 15.

Tab. 14 Označení, typy a rozměry OT

Označení místnosti	Označení OT	Výkon OT [W]	Typ OT	Rozměry OT [m]
101	OT 1	932	11 PLAN VK	0,5 x 1,4
	OT 2	932	11 PLAN VK	0,5 x 1,4
102	OT 4	976	KLMM 1820.750	0,75 x 1,81
103	OT 5	799	22 PLAN VK	0,5 x 0,7
104	OT 3	1 080	21 VK	0,5 x 1,2
105	OT 7	466	11 PLAN VK	0,5 x 0,7
106	OT 6	221	11 PLAN VK	0,4 x 0,4
107	OT 8	499	10 VK	0,5 x 1,2
201	OT 21	333	11 PLAN VK	0,5 x 0,5
202	OT 22	1 871	22 VK	0,5 x 1,6
203	OT 23	693	11 VK	0,5 x 1
204	OT 24	783	KLMM 1820.600	0,6 x 1,81
205	OT 25	970	11 VK	0,5 x 1,4
206	OT 26	1 403	22 VK	0,5 x 1,2

Tab. 15 Zhodnocení výběru OT

Označení místnosti	Tepelná ztráta prostoru [W]	Výkon OT + PV [W]	Označení	Výkon OT [W]	Hodnocení
101	1 906	3 067	OT 1	932	Vyhovuje
			OT 2	932	
			Pod 1	601	
			Pod 2	601	
102	965	1 379	OT 4	976	Vyhovuje
			Pod 3	403	
103	1 115	1 225	OT 5	799	Vyhovuje
			Pod 4	426	
104	1 022	1 080	OT 3	1 080	Vyhovuje
105	707	919	OT 7	466	Vyhovuje
			Pod 5	453	
106	96	221	OT 6	221	Vyhovuje
107	478	499	OT 8	499	Vyhovuje
201	309	333	OT 21	333	Vyhovuje
202	1 549	1 871	OT 22	1 871	Vyhovuje
203	564	693	OT 23	693	Vyhovuje
204	718	783	OT 24	783	Vyhovuje
205	846	970	OT 25	970	Vyhovuje
206	1 341	1 403	OT 26	1 403	Vyhovuje

2.5. Hydraulické zaregulování soustavy

Následující kapitola se zabývá výpočtem tlakových ztrát a následným vyvážením soustavy. Výpočty jsou provedeny na základě údajů z Topenářské příručky [3].

Při výpočtu rozeznáváme ztráty třením a místními odpory. Základní výpočet má tvar rovnice (34).

$$\Delta p_z = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi \quad (34)$$

kde	Δp_z	[Pa]	celková ztráta úseku
	Δp_λ	[Pa]	tlaková ztráta třením
	Δp_ξ	[Pa]	tlaková ztráta místními odpory

Výpočet tlakových ztrát v potrubí

Tlakové ztráty třením vznikají po celé délce potrubí a rostou ve směru proudu tekutiny. V kruhovém potrubí se výpočet provede podle Weisbachova vztahu (35).

$$\Delta p_z = \lambda \cdot \frac{L \cdot \rho \cdot w^2}{2d} \quad (35)$$

kde	λ	[-]	součinitel třecích ztrát
	L	[m]	délka potrubí
	d	[m]	vnitřní průměr potrubí
	ρ	[kgm ⁻³]	hustota tekutiny
	w	[ms ⁻¹]	střední průtoková rychlost

$$w = \frac{\dot{m}}{\left(\rho \cdot \pi \cdot \frac{d}{4}\right)} \quad (36)$$

kde	\dot{m}	[kgs ⁻¹]	hmotnostní tok daným úsekem
-----	-----------	----------------------	-----------------------------

$$\dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta t} \quad (37)$$

kde	Q	[W]	celkový přenášený výkon úsekem
	c_p	[Jkg ⁻¹ K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita tekutiny
	Δt	[K]	teplotní spád soustavy

Součinitel třecích ztrát λ je obecně závislý na Reynoldsově čísle Re a relativní drsnosti stěn potrubí ε (38).

$$\varepsilon = \frac{k}{d} \quad (38)$$

kde	k	[m]	ekvivalentní drsnost povrchu
-----	---	-----	------------------------------

Při laminárním proudění nemá drsnost povrchu potrubí na ztráty žádný vliv a platí (39). Laminární proudění se uvažuje pro hodnoty Reynoldsova čísla $Re \leq 2320$. Při turbulentním proudění se za určitých podmínek vytváří na povrchu potrubí tenká laminární podvrstva, která zakrývá všechny nerovnosti povrchu. Vzniká tzv. hydraulicky hladké potrubí, pokud platí $\varepsilon \leq 15 \cdot Re^{-0,875}$. V takovém případě platí Blasiovův vztah (40).

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (39)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (40)$$

V hydraulicky drsném potrubí při turbulentním proudění je součinitel třecích ztrát závislý pouze na relativní drsnosti. Výpočet je vyjádřen Nikuradseho vztahem (41), který platí pokud $(\varepsilon \cdot Re \cdot \sqrt{\lambda}) > 191$.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,138 - 2 \cdot \log \varepsilon \quad (41)$$

V přechodové oblasti mezi laminárním a turbulentním prouděním je součinitel třecích ztrát závislý na Re i na ε . Tato závislost je implicitně vyjádřena podle Coolebroka (42). Právě tato možnost byla použita ve výpočtech diplomové práce.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda_0}} + \frac{\varepsilon}{3,7} \right) \quad (42)$$

Místní ztráty vznikají v důsledku rozvíření tekutiny způsobeným změnou směru či průřezu potrubí. Počítá se s tzv. místními odpory, což mohou být kolena, ventily odskoky, přechody atd. Výpočet se provádí dle vztahu (43).

$$\Delta p_{\xi} = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (43)$$

kde ξ [-] součinitel místní ztráty

Součinitelé místní ztráty byly pro jednotlivé armatury a ohyby zjištěny v tabulkách tzbinfo [10]. Nebo u výrobců jednotlivých armatur. Protože někteří výrobci udávají pouze průtokový součinitel K_v , byl použit vzorec (44) pro přepočet.

$$\xi = 2 \cdot \left(\frac{0,009 \cdot \pi \cdot DN^2}{K_v} \right)^2 \quad (44)$$

kde K_v [$m^3 h^{-1}$] průtokový součinitel
DN [mm] charakteristický rozměr

Výpočet tlakových ztrát v podlahovém vytápění

Délky jednotlivých otopných hadů podlahového topení by měly být všechny přibližně stejně dlouhé, aby bylo hydraulické zaregulování co nejjednodušší. Jejich délka by neměla překročit 120 m. U rozlehlých místností je třeba vytvořit více okruhů.

Výpočet tlakových ztrát třením je obdobný jako u výpočtu ztrát v potrubí viz rovnice výše (35). Změna nastává pouze u výpočtu hmotnostního toku potrubím (45). V předchozím případě byl brán výkon Q , což se rovná například výkonu radiátoru. V tomto případě se nebere pouze výkon podlahy do místnosti, ale je třeba brát v úvahu i výkon do zeminy popřípadě jiné místnosti.

$$\dot{m} = \frac{Q_{PC}}{c_p \cdot \Delta t} \quad (45)$$

kde Q_{PC} [W] celkový výkon návrhového tepelného okruhu

Délka otopného hada pro meandrovou pokládku se zjednodušeně spočítá dle rovnice (46).

$$L_p = \frac{S_p}{l} \quad (46)$$

kde L_p [m] délka otopného hada podlahového vytápění
 S_p [m²] celková otopná plocha
 l [m] rozteč trubek

Výpočet tlakových ztrát místními odpory je rovněž obdobný jako u výpočtu ztrát v potrubí viz rovnice výše (43). Rozdíl je pouze u určení součinitele místní ztráty. Je potřeba jej vypočítat dle rovnice (47) pro meandrový způsob pokládání.

$$\sum \xi = 2 \cdot (n - 1) \cdot \xi_\varphi \quad (47)$$

kde n [-] počet řad trubek otopného hadu
 ξ_φ [-] součinitel místního odporu oblouku úhlu φ

U podlahového vytápění jsou místní odpory pouze oblouky a záhyby otopného hadu. Je tedy závislý na poloměru zakřivení R a na úhlové míře φ . Součinitel místního odporu pro úhel 90° je vypočítán dle rovnice (48).

$$\xi_{90} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{R}{d} \quad (48)$$

kde R [m] poloměr zakřivení
 d [m] vnější průměr potrubí

Při zakřivení větším než 180° se zanedbává místní odpor a počítá se pouze ztráta třením.

Ukázkový výpočet tlakových ztrát

V tab. 16 je znázorněn ukázkový výpočet pro úsek kotel – akumulční nádrž.

Tab. 16 Ukázkový výpočet tlakových ztrát úseku kotel – akumulční nádrž

číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg ^h ⁻¹	m	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
Kotel - akumulční nádrž											
1	19 000	1 090	7,5	32	0,38	0,024	31 836	401	17,6	1 272	1 673
2	19 000	1 090	7,9	32	0,38	0,024	31 836	422	25,7	1 853	2 276
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu od kotle k akumulční nádrži											3 949

2.5.1. Výpočet tlakových ztrát

V následující kapitole jsou uvedeny výsledky výpočtů tlakových ztrát topného systému. Podrobné výpočty jednotlivých úseků jsou uvedeny v příloze P4.

Hlavního úseku

Jako hlavní úsek je označeno potrubí od zdrojů tepla k akumulční nádrži a dále pak od nádrže k jednotlivým rozdělovačům. Veškerá potrubí hlavního úseku jsou navržena v mědi. Ve výkresové dokumentaci je rozdělovač I označen jako A, rozdělovač II jako B a rozdělovač III jako C.

Tab. 17 Charakteristické veličiny otopné vody a potrubí

C	Δt	ρ	k
Jkg ⁻¹ K ⁻¹	°C	kgm ⁻³	mm
4 185	15	980	0,0063

Na úseku s rozdělovačem II je teplotní spád 8 °C.

Tab. 18 Hodnoty tlakových ztrát na hlavních úsecích

Označení úseku	Δp_z	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	Pa	Pa	Pa
Kotel	823	3 125	3 949
Krbová vložka	538	4 500	5 038
Rozdělovač I	1 392	10 810	12 202
Rozdělovač II	2 169	7 603	9 772
Rozdělovač III	1 946	10 774	12 721

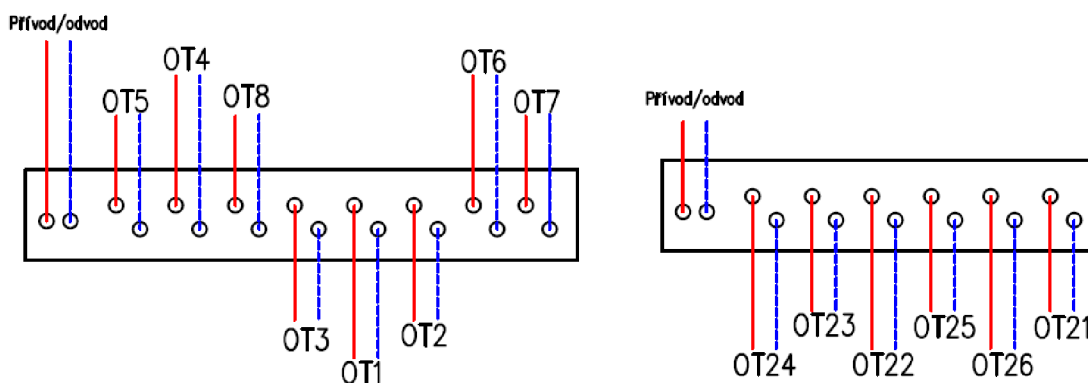
Výpočet hydraulických ztrát rozdělovače I a III

Rozdělovače I je umístěn v 1.NP a je na něj připojeno osm OT. Rozdělovač III je v 2.NP a je na něj připojeno šest OT. Zapojení OT na oba rozdělovače je schematicky znázorněno na obr. 9. Veškeré potrubí od obou rozdělovačů jsou plastové trubky PEX/Al/PEX. Potrubí je vedeno v podlaze v plastových chráničkách. V 1.NP je potrubí vedeno v některých místech pod podlahovým vytápěním.

Výsledné hodnoty tlakových ztrát na OT jsou uvedeny v tab. 20 a 21.

Tab. 19 Charakteristické veličiny otopné vody a potrubí

C	Δt	ρ	k
$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	$^{\circ}\text{C}$	kgm^{-3}	mm
4 185	15	980	0,007



Obr. 9 Schéma zapojení OT na rozdělovač I (vlevo) a rozdělovač II.

Tab. 20 Hodnoty tlakových ztrát na větvích rozdělovače I

Označení	Δp_z	Δp_{ξ}	$\Delta p_z + \Delta p_{\xi}$
	Pa	Pa	Pa
OT 1	489	71	560
OT 2	489	69	558
OT 3	742	98	840
OT 4	477	72	549
OT 5	226	60	286
OT 6	20	4	24
OT 7	42	17	59
OT 8	69	23	92

Tab. 21 Hodnoty tlakových ztrát na větvích rozdělovače III

Označení	Δp_z	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	Pa	Pa	Pa
OT 21	21	9	29
OT 22	686	98	784
OT 23	321	44	365
OT 24	283	60	343
OT 25	555	77	632
OT 26	259	49	307

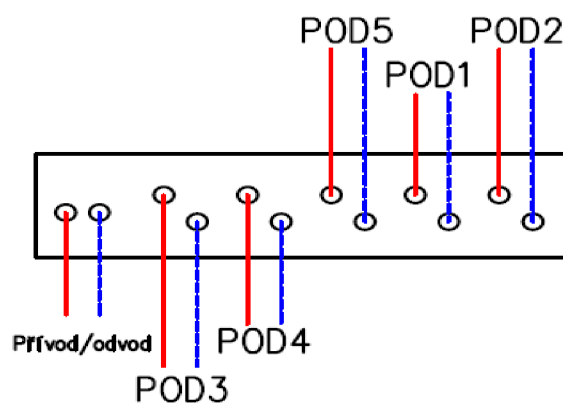
Výpočet hydraulických ztrát rozdělovače II

Rozdělovač II je umístěn v 1.NP a je na něj připojeno pět větví podlahového vytápění obr. 10. Veškeré potrubí pro podlahové vytápění jsou plastové trubky PEX/Al/PEX. Potrubí je vedeno v podlaze a je zalito v anhydridové vrstvě.

Výsledné hodnoty tlakových ztrát na jednotlivých větvích podlahového vytápění jsou uvedeny v tab. 22.

Tab. 22 Charakteristické veličiny otopné vody a potrubí

C	Δt	ρ	k
$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	$^{\circ}\text{C}$	kgm^{-3}	mm
4 185	8	980	0,007



Obr. 10 Schéma zapojení podlahového vytápění na rozdělovači II.

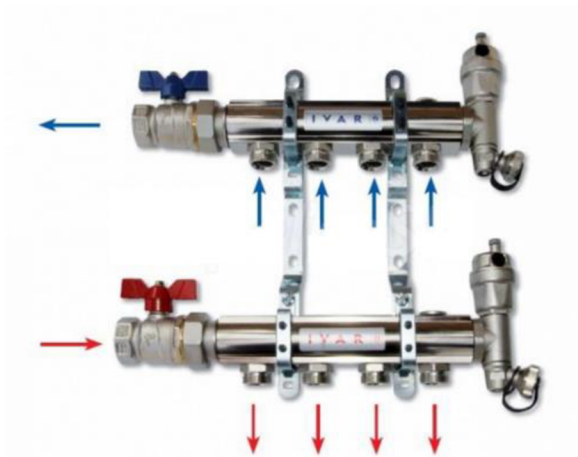
Tab. 23 Hodnoty tlakových ztrát na rozdělovači rozdělovač II

Označení	Δp_z	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	Pa	Pa	Pa
Pod 1	2 108	1189	3 297
Pod 2	2 368	1195	3 563
Pod 3	444	386	830
Pod 4	789	341	1 130
Pod 5	1 428	406	1 834

2.5.2. Hydraulické zaregulování soustavy

Zaregulování OT připojených na rozdělovače I a III

Pro OT tělesa byly zvoleny dva rozdělovače IVAR.CS 501 ND obr. 11. V 1.NP je rozdělovač s osmi větvemi a ve 2.NP se šesti větvemi. Rozdělovače jsou osázeny kulovými uzavíracími ventily, automatickým odvzdušňovacím ventilem a otočným vypouštěcím ventilem.



Obr. 11 Rozdělovač OT IVAR.CS 501 ND [17].

Hydraulické zaregulování se provádí přímo na OT pomocí VK ventilu. Nejvyšší tlaková ztráta na rozdělovači I je na okruhu s OT 3, která činí 840 Pa. Na tomto tělese je ventil nastaven na stupeň 8, což značí plně otevřený s tlakovou ztrátou 700 Pa. Celkově je tedy na větvi 1 540 Pa. Na tuto tlakovou ztrátu je třeba nastavit všechny ostatní okruhy s otopnými tělesy. Jednotlivé ztráty a nastavení zbylých okruhů rozdělovače I jsou uvedeny v tab. 24.

Okruh s OT 6 není možné na VK ventilu nastavit na potřebnou hodnotu. Maximální možná tlaková ztráta, která lze získat při nastavení na stupeň 1, je 1 224 Pa. Zbylých 300 Pa je získáno na přímém regulačním šroubení IVAR.DD 301, které je připojeno na rozdělovač. Nastavení regulační armatury bude na 2 (1/3 otáčky). Diagram potřebný pro nastavení regulační armatury je v příloze P5.



Obr. 12 Přímý regulační ventil IVAR.DD 301 [17].

Tab. 24 Ztráty větví a nastavení ventilů na OT připojených na rozdělovač I

Označení	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$	Ztráta na VK ventilu	Ztráta okruhu po zaregulování	Stupeň nastavení
	Pa	Pa	Pa	-
OT 1	560	1 000	1 560	5 ² / ₃
OT 2	558	1 000	1 558	5 ² / ₃
OT 3	840	700	1 540	8 (Ú. O.)
OT 4	549	1 000	1 549	3 ¹ / ₄ ot
OT 5	286	1 250	1 536	4 ¹ / ₃
OT 6	24	1 200	1 224 + 300	1
OT 7	59	1 500	1 559	2
OT 8	92	1 450	1 542	2 ¹ / ₂

Nejvyšší tlaková ztráta na rozdělovači III je na okruhu s OT 22, která činí 784 Pa. Na tomto tělese je ventil nastaven na stupeň 8, což značí plně otevřený s tlakovou ztrátou 2000 Pa. Celkově je tedy na větvi 2 784 Pa. Na tuto tlakovou ztrátu je třeba nastavit všechny ostatní okruhy s otopnými tělesy. Jednotlivé ztráty a nastavení zbylých okruhů rozdělovače III jsou uvedeny v tab. 25.

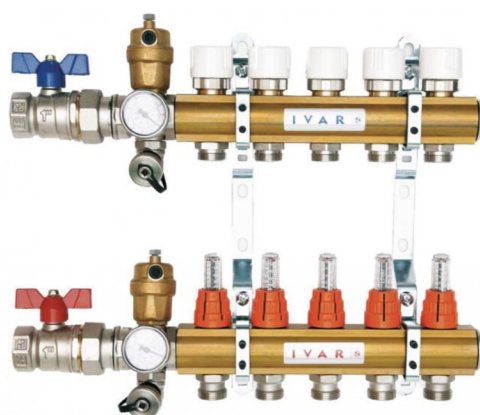
Tab. 25 Ztráty větví a nastavení ventilů na OT připojených na rozdělovač III

Označení	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$	Ztráta šroubení rozdělovače	Ztráta rozdělovače celkem	Stupeň nastavení
	Pa	Pa	Pa	-
OT 21	29	2 750	2 779	1 ¹ / ₂
OT 22	784	2 000	2 784	8 (Ú. O.)
OT 23	365	2 400	2 765	2 ¹ / ₂
OT 24	343	2 400	2 743	1 ot
OT 25	632	2 150	2 782	4
OT 26	307	2 450	2 757	5 ¹ / ₃

Diagram k VK ventilu potřebný k určení nastavení tlakové ztráty na OT je v příloze P5. Výjimku tvoří OT 4 a OT 24. Jedná se o trubková tělesa umístěná v koupelně, která nejsou vybaveny VK ventily, ale tzv. HM armaturami. Diagram pro nastavení tlakové ztráty k této armatuře je rovněž v příloze P5.

Zaregulování rozdělovače II

Pro podlahové vytápění je zvolen rozdělovač IVAR.CS 553 DVP obr. 13. Sestava rozdělovače je vybaven regulačními a uzavíracími armaturami pro jednotlivé úseky. Dále pak automatickým odvzdušňovacím ventilem a otočným vypouštěcím ventilem.



Obr. 13 Rozdělovač podlahového vytápění IVAR.CS 553 DVP [17].

Největší tlaková ztráta je na okruhu podlahového vytápění Pod 2, která má hodnotu 3 563 Pa. Jedná se o otopný had umístěný v jídelně. Na tomto úseku byla regulační armatura plně otevřena s tlakovou ztrátou 800 Pa. Celková ztráta na úseku tedy je 4 363 Pa. Na tuto hodnu byly nastaveny ostatní podlahové okruhy. Jednotlivé ztráty a nastavení zbylých okruhů jsou uvedeny v tab. 26. Diagram potřebný pro zaregulování rozdělovače je v příloze P5.

Tab. 26 Ztráty větví a nastavení rozdělovače II

Označení	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$	Ztráta šroubení rozdělovače	Ztráta okruhu po zaregulování	Nastavení	Otáček
	Pa	Pa	Pa		
Pod 1	3 297	1 050	4 347	14-15	4 $\frac{1}{4}$
Pod 2	3 563	800	4 363	16	Ú. O.
Pod 3	830	3 500	4 330	9	2 $\frac{1}{2}$
Pod 4	1 130	3 200	4 330	9-10	2 $\frac{3}{4}$
Pod 5	1 834	2 500	4 334	10	3

Zaregulování okruhu s rozdělovači I a III

Rozdělovač I a III jsou vůči sobě zaregulovány pomocí přímých regulačních armatur IVAR. CS DD 301. Hodnoty jednotlivých ztrát a nastavení armatur je v tab. 27.

Tab. 27 Ztráty na rozdělovačích I a III

Úsek	Ztráta úseku	Ztráta na rozdělovači	Ztráta na regulačním šroubení	Celková ztráta okruhu	Nastavení
	Pa	Pa	Pa		
Rozdělovač I	12 202	1 549	5 200	18 951	8 $\frac{1}{3}$
Rozdělovač III	12 721	2 768	3 500	18 989	9 (Ú. O.)

2.6. Volba zdroje tepla

2.6.1. Primární zdroj tepla

Jeden z požadavků investora byl, že hlavní zdroj tepla bude zplynovací kotel na biomasu. Z široké nabídky byl vybrán kotel Atmos DC 18GD obr. 14. Veškeré informace o kotli byly převzaty na stránkách výrobce Atmos [6]. Tento kotel poskytuje prakticky dokonalé spalování s minimálním množstvím škodlivin. Kotel spadá podle normy ČSN EN 303-5 do 5. třídy a splňuje nejnáročnější požadavky EU.

Výkon kotle je 19 kW, což je téměř dvojnásobek ztráty budovy. Pro efektivní využití výkonu bude kotel zapojen s akumulací nádrží. Výrobce uvádí účinnost spalování v kotli až 90,3 %. Teplota výstupní vody by se měla po celou dobu topení udržovat v rozmezí 80 – 90 °C.

V kotli je možno spalovat kusy dřeva o délce 330mm a maximální vlhkosti 12 – 20 %. Součástí vybavení kotle je i spalinový termostat, který automaticky vypne kotel po dohoření paliva nebo chladicí smyčka. Ta slouží proti přehřátí kotle například při výpadku elektrické energie, kdy přestane pracovat oběhové čerpadlo. Pokud stoupne teplota vody v kotli nad 95 °C, začne chladicí smyčkou proudit studená voda, která převezme přebytečnou energii a odteče do odpadu.

Regulace kotle je elektromechanická. Regulací výkonu provádíme pomocí vzduchové klapky, která je ovládána regulátorem tahu. Ten automaticky podle nastavené výstupní teploty (80 – 90 °C) otevírá či přivírá klapku. Kotel je také vybaven regulačním termostatem, který ovládá odtahový ventilátor dle nastavené výstupní teploty. Hodnota výstupní teploty na regulačním termostatu by měla být o 5 °C nižší než na regulátoru tahu.



Obr. 14 Zplynovací kotel Atmos DC 18GD [6].

Přívod vzduchu do kotelný je zajištěn větracím otvorem ve stěně o průměru 150 mm.

2.6.2. Sekundární zdroj tepla

Mezi požadavky investora je i návrh sekundárního zdroje tepla, kterým má být teplovodní průhledová krbová vložka. Jako vhodná varianta byla zvolena BEF TWIN AQUATIC 8 od firmy BEF HOME. Veškeré informace byly převzaty ze stránek výrobce [7].

Průhledová vložka byla zvolena z důvodu jejího umístění ve stěně mezi obývacím pokojem a technickou místností. Technická místnost bude poskytovat prostor, z kterého se bude zatápět a přikládat a zároveň poskytuje dostatek místa pro uložení palivového dříví.

Výrobce deklaruje regulovatelný celkový výkon 10 – 16 kW. Regulovatelný výkon do vody je 5-9 kW. Účinnost krbové vložky je 84 %. Její součástí je ochlazovací smyčka proti přetopení a příruba pro přívod externího vzduchu. Ten je k vložce přiváděn potrubím z místnosti 109. Do níž je vzduch přiváděn větracím otvorem ve stěně.



Obr. 15 Teplovodní krbová vložka (průhledová) AQUATIC 8 [7].

2.6.3. Ochrana zdrojů tepla

Z důvodu zamezení vzniku nízkoteplotní koroze, nesmí teplota vratné vody klesnout pod 65 °C. Tento požadavek je splněn zapojením trojcestného ventilu na zpátečce ke kotli a krbové vložce, který udržuje danou minimální teplotu. Jedná se o ventil VTC 511 od firmy ESBE. Ventil je vybavený termostatem, který začne otevírat vstup A tak, aby teplota na A-B měla požadovanou teplotu.



Obr. 16 Proudový vzorec ventilu pro směšování.

2.7. Akumulační nádoba

Zapojení kotlů na tuhá paliva a krbových vložek s akumulací nádržemi (AN) se v dnešní době považuje za nejkomfortnější a nejlepší variantu. Systém funguje tak, že kotel pracuje stále na plný výkon a přitom nabíjí AN. Po dosažení maximální požadované teploty se nechá kotel vyhasnout. Naakumulovaná energie se poté odebírá do topného systému po dobu, která je závislá na venkovní teplotě a objemu AN.

Výhody tohoto systému se dají shrnout v několika bodech [3]:

- Nižší spotřeba paliva (20 – 30 %).
- Až dvojnásobná životnost kotle oproti klasickému zapojení bez AN (kotel nepracuje v útlumu a nevznikají tak dehty a kyseliny).
- Možnost kombinace OT s podlahovým vytápěním.
- Pohodlný provoz a ideální vyhoření paliva.
- Zaručeno ekologičtější vytápění.

Pro systém byla zvolena nádrž PS 2000 N+ od firmy Regulus o objemu 2000 l. Objem je zvolen na doporučení firmy Atmos, která na svých stránkách udává optimální velikosti AN k daným typům kotlů. Technický list je uveden v příloze P6.



Obr. 17 Akumulační nádrž od firmy Regulus [8].

2.8. Izolace potrubí

Pro snížení tepelných ztrát budou měděná potrubí hlavních úseků zaizolována pomocí pěnové polyetylenové (PE) izolace. Ta se vyznačuje nízkou tepelnou vodivostí, nízkou hmotností, nenasákavostí a snadnou zpracovatelností. Rozsah pracovní teploty je od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tloušťky izolace pro jednotlivé dimenze potrubí jsou uvedeny v tab. 28.

Tab. 28 Tloušťky PE izolace pro různé dimenze potrubí

Dimenze potrubí	Tloušťka izolace
-	mm
DN 15 - 22	15
DN 26 - 35	20

Úseky potrubí od rozdělovačů k OT z plastových trubek PEX/Al/PEX nebudou nijak tepelně izolovány.

2.9. Zabezpečovací a pojistná zařízení

Soubor prvků, které zjišťují bezpečnost tepelné soustavy. Sestává z expanzního a pojistného zařízení.

2.9.1. Pojistný ventil

Ochrana proti překročení nejvyššího možného přetlaku, aby nedošlo k poškození prvků soustavy. Výpočet byl proveden na základě přednášek z předmětu IVT na VUT. Pojistný ventil (PV) je počítán pro kotel, který má nejnižší provozní přetlak 250 kPa.

Průřez sedla pojistného ventilu se určí ze vztahu (49).

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot p_{ot}^{0,5}} = \frac{2 \cdot 19}{0,5 \cdot 250^{0,5}} = 4,8 \text{ mm}^2 \quad (49)$$

kde	S_o	[mm ²]	průřez sedla pojistného ventilu
	Q_p	[kW]	pojistný výkon (výkon zdroje)
	α_v	[-]	výtokový součinitel
	p_{ot}	[kPa]	otevřovací přetlak

Minimální průměr pojistného potrubí dle (50).

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 19^{0,5} = 12,62 \text{ mm} \quad (50)$$

kde	d_p	[mm]	průměr pojistného potrubí
-----	-------	------	---------------------------

Byl zvolen PV IVAR.PV 311 3/4" FF, který splňuje všechny požadavky. Průřez sedla pojistného ventilu je 132,7 mm².

2.9.2. Expanzní nádoba

Výpočet velikosti expanzní nádoby (EN) byl proveden dle topenářské příručky [3].

Vypočtený expanzní objem se určí jako dle rovnice (51). Jedná se o nejmenší objem, který musí nádoba pojmout.

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n = 1,3 \cdot 2256 \cdot 0,03553 = 104,2 \text{ l} \quad (51)$$

kde V_e [m³] vypočtený expanzní objem nádoby
 V_o [m³] objem vody v otopné soustavě
 n [-] součinitel zvětšení objemu

Součinitel zvětšení objemu, se určí z tab. 29. Údaje o množství vody v soustavě z tab. 30.

Tab. 29 Tabulka pro zjištění součinitele zvětšení objemu [12].

$\Delta t = t_{\max} - 10$	K	20	30	40	50	60
n	-	0,00401	0,00749	0,01169	0,01672	0,02551
$\Delta t = t_{\max} - 10$	K	70	80	90	100	110
n	-	0,02863	0,03553	0,04313	0,05112	0,05991

Tab. 30 Objem vody v soustavě

Objem vody	
	V [l]
Kotel	73
Krbová vložka	18
Akumulační nádrž	2 000
Otopná tělesa	75
Podlahové topení	28
Potrubí	62
Celkem	2 256

Předběžný výpočet uzavřené EN se provede dle (52).

$$V_{cp} = V_e \cdot \frac{(p_{hp} + 100)}{(p_{hp} - p_d)} = 104,2 \cdot \frac{250 + 100}{250 - 30} = 165,7 \text{ l} \quad (52)$$

kde V_{cp} [m³] předběžný objem EN
 p_{hp} [kPa] předběžný nejvyšší provozní přetlak
 p_d [kPa] nejnižší provozní přetlak

Skutečný objem expanzní nádoby se vybere tak, že se zvolí nádoba s nejbližším vyšším objemem z typové řady. Poté se provede výpočet na skutečný nejvyšší provozní přetlak (53). Z produktové řady firmy Regulus byla vybrána EN o objemu 200 l (V_c) pro výpočet skutečného provozního přetlaku.

$$p_h = \frac{(p_d \cdot V_c + 100 \cdot V_e)}{(V_c - V_e)} = \frac{(30 \cdot 200 + 100 \cdot 104,2)}{(200 - 104,2)} = 171,4 \text{ kPa} \quad (53)$$

kde p_h [kPa] skutečný nejvyšší provozní přetlak
 V_c [m³] skutečný objem expanzní nádoby

$$V_c = V_e \cdot \frac{(p_h + 100)}{(p_h - p_d)} = 104,2 \cdot \frac{171,4 + 100}{171,4 - 30} = 200 \text{ l}$$

Skutečný objem EN vyšel 200 l. Předběžně vybraná nádoba HS 200 obr. 18 tedy splňuje požadovaný objem. Materiál nádoby je ocel, opatřená antikorozií povrchovou úpravou. V nádobě je elastická membrána s odolností vůči vysokým teplotám.

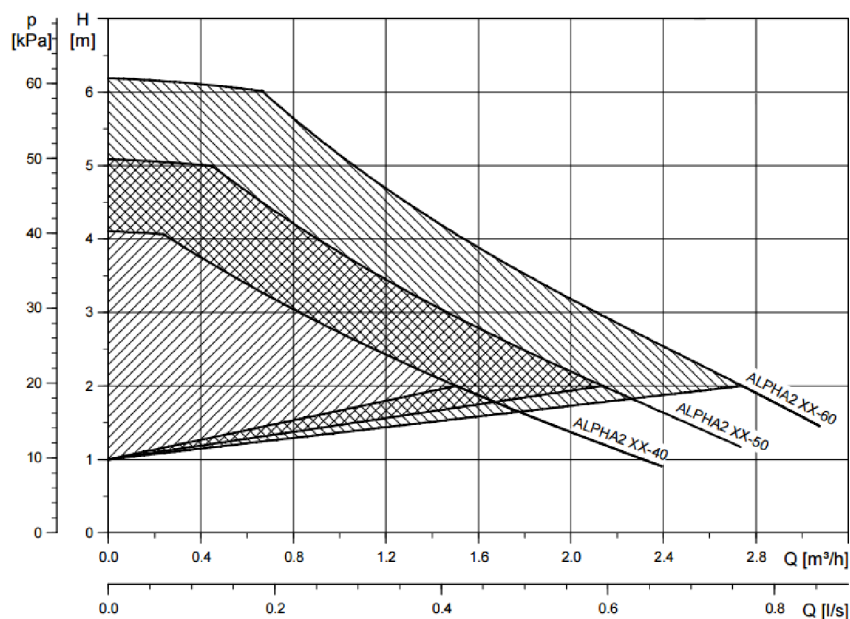


Obr. 18 EN HS 200 od firmy Regulus [13].

2.10. Volba čerpadel

U topného systému s nuceným oběhem se jako pohon topné vody používají oběhová čerpadla. Jejich výkon je dán tlakem čerpadla v závislosti na čerpaném množství. V topných systémech jsou používána tzv. mokroběžná čerpadla, u kterých topná voda proudí kolem všech rotujících částí. To zajišťuje jejich mazání a zároveň chlazení. Tento typ čerpadel nesmí být v provozu bez kapaliny v systému [21].

Pro systém byly zvoleny oběhová čerpadla od firmy GRUNDFOS ALPHA2. Jedná se o elektronicky řízená mokroběžná čerpadla, které spadají do energetické třídy A. Jsou vybaveny řídicím systémem založeným na diferenčním tlaku, který umožňuje trvalé přizpůsobování výkonu čerpadla aktuálním požadavkům topné soustavy [22]. Výkonnostní rozsah čerpadel ALPHA2 je uveden na obr. 19. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 31.



Obr. 19 Výkonnostní rozsah oběhových čerpadel GRUNDFOS ALPHA2 [22].

Zvolená čerpadla:

- Okruh s OT - ALPHA2 25-40
- Okruh s podlahovým vytápěním - ALPHA2 15-40



Obr. 20 Oběhové čerpadlo ALPHA2 [22].

Tab. 31 Technické údaje oběhového čerpadla ALPHA2 [22]

Napájecí napětí	V	230
Maximální tlak v soustavě	kPa	1000
Minimální tlak na sání při teplotě ≤ 75 °C	kPa	5
Hladina akustického tlaku	dB	43
Teplota prostředí	°C	0 až +40
Teplota kapaliny	°C	+2 až +110

2.11. Regulace topného systému

Topný systém je rozdělen na dva okruhy o různých teplotních spádech. Pro OT se jedná o spád 70/55 °C a pro podlahové vytápění 44/36 °C. Oba okruhy jsou připojeny na akumulární nádrž, která je nabíjena až na 90 °C. Požadované teplotní spády jsou zajištěny trojcestnými ventily VRG 130 od firmy ESBE. Řízení ventilů je zajištěno pomocí servopohonů ARA 643 od stejné firmy. Pohon je řízen třibodovým řídicím signálem a napájen 24 V.

Regulace teploty vzduchu v jednotlivých vytápěných místnostech je zajištěna pomocí termostatických hlavice s přípojovacím závitem M30 x 1,5. Byly zvoleny programovatelné hlavice Sparmatic – Comet obr. 21. Ty poskytují možnost nastavení týdenního programu. Maximální počet spínacích programů pro jednotlivý den je osm. Hlavice jsou napájeny dvěma tužkovými bateriemi AA. Rozsah nastavených teplot je od 8 do 28 °C.



Obr. 21 Programovatelná termostatická hlavice Sparmatic – Comet [16].

Hlavice také obsahují automatickou ochranu proti zamrznutí a funkci rozpoznání otevřeného okna. V takovém případě hlavice na chvíli vypne tok teplé vody do radiátoru, aby nedocházelo ke zbytečnému zvýšení intenzity topení.

2.12. Náklady na topný systém

Orientační finanční zhodnocení pořízení daného topného systému je v tab. 32. Ceny jednotlivých komponent byly převzaty na stránkách výrobců.

Tab. 32 Orientační zhodnocení nákladů na topný systém

Komponenta	Množství	Cena s DPH	Cena bez DPH
		Kč	Kč
Kotel Atmos DC 18GD	1 ks	46 661	36 862
Krbová vložka AQUATIC 8	1 ks	56 500	44 635
Akumulační nádrž PS 2000 N+	1 ks	26 800	21 172
Expanzní nádoba HS 200	1 ks	7 091	5 602

Komponenta	Množství	Cena s DPH	Cena bez DPH
		Kč	Kč
Pojistný ventil Ivar. PV 311	1 ks	323	267
OT 10 VK (0,3 x 0,5)	1 ks	2 081	1 720
OT 10 VK (0,5 x 1,2)	1 ks	3 285	2 715
OT 11 VK (0,5 x 1)	1 ks	3 628	2 998
OT 11 VK (0,5 x 1,4)	1 ks	4 280	3 537
OT 21 VK (0,5 x 1,2)	1 ks	4 914	4 061
OT 22 VK (0,5 x 1,2)	1 ks	5 885	4 864
OT 22 VK (0,5 x 1,6)	1 ks	6 942	5 737
OT 11 PLAN VK (0,5 x 0,5)	1 ks	5 942	4 911
OT 11 PLAN VK (0,5 x 0,7)	1 ks	6 106	5 046
OT 11 PLAN VK (0,5 x 1,4)	2 ks	14 919	6 165
OT 22 PLAN VK (0,5 x 1,7)	1 ks	7 953	6 573
Trubková tělesa KLMM 1820.750	1 ks	4 024	3 326
Trubková tělesa KLMM 1820.600	1 ks	3 717	3 072
Termostatické hlavice Sparmatic - Comet	14 ks	6 930	5 475
Oběhové čerpadlo ALPHA2	2 ks	12 433	9 822
Přímý regulační ventil IVAR. DD 301	2 ks	571	472
Rozdělovač k OT IVAR. CS 501 ND (8 cestný)	1 ks	5 804	4 797
Rozdělovač k OT IVAR. CS 501 ND (6 cestný)	1 ks	5 029	4 156
Rozdělovač IVAR. CS 553 DVP (+skříň)	1 ks	11 347	9 378
Trojcestný ventil VTC 511/65 °C	2 ks	5 348	4 420
Trojcestný směšovací ventil VRG 130	2 ks	2 783	2 300
Servopohon ARA 643	2 ks	6 994	5 780
Filtr IVAR. 51F	2 ks	4 967	4 105
Zpětná klapka IVAR. CIM 30 VA	2 ks	1 665	1 376
Kulový kohout FIV. 8363	26 ks	6 595	5 450
Vypouštěcí kohout kulový	5 ks	1 258	1 040
Měděné potrubí	47 m	8 754	7 235
Měděná tvarovky lisovací	76 ks	9 317	7 700
Návrhová izolace PE standart	46 m	1 350	1 066
Trubka ALPEX 16x2 mm	380 m	4 902	3 873
Spona 55 mm k podlahovému topení	250 ks	185	146
Reflexní fólie pro podlahové vytápění	60 m ²	3 980	3 144
Dilatační pásy	60 m	668	527
Celkem		311 932	245 525

V rámci programu Kotlíková dotace, lze zažádat o dotaci na výměnu starého neekologického kotle za nový nízkoemisní kotel. Bude uhrazeno až 80 % z ceny kotle. Jelikož se obec vyskytuje v kritické oblasti, bude částka navýšena o dalších 5 %. Celkem tedy 85 % z ceny kotle. Dotace se dále vztahuje i na rekonstrukci otopného systému.

Maximální náklady, ze kterých může být hrazena dotace, jsou 150 000 Kč. To znamená, že pokud by investor splnil všechny podmínky dotačního programu, mohl by získat až 127 500 Kč. Což by snížilo náklady na topný systém více jak o třetinu.

3. NÁVRH VĚTRACÍHO SYSTÉMU

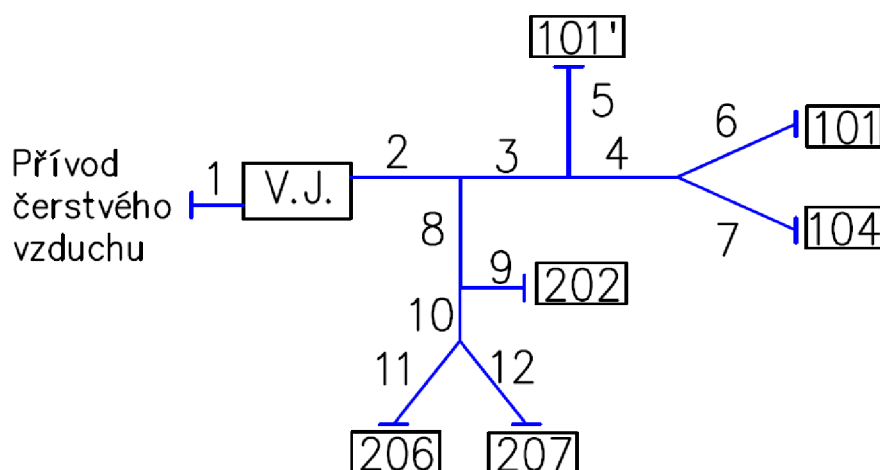
V rámci rekonstrukce byla provedena výměna oken a dveří, díky čemuž byla značně snížena tepelná ztráta objektu. Z toho plyne, že dům je lépe zatěsněn a výměna vzduchu infiltrací netěsnostmi se přiblížila k nule. Nenucené větrání okny má několik nevýhod, mezi které patří velká tepelná ztráta (v zimním období), nebo přívod nečistot do obydlí. Velkou nevýhodou je také vliv klimatických podmínek. Při silném větru dochází k velké výměně vzduchu. Při bezvětří nebo shodných teplotách venku a v interiéru zase nedochází k téměř žádnému větrání. Z těchto důvodů je mezi požadavky investora i nucené rovnotlaké větrání s rekuperací tepla.

Nucené rovnotlaké větrání poskytuje výměnu vzduchu dle skutečné potřeby. Vzduch je nasáván z venkovního prostředí, odkud proudí do větrací jednotky a dále potrubím do jednotlivých místností. Ve větrací jednotce dochází k filtrování vzduchu a ohřívání přiváděného vzduchu odváděným.

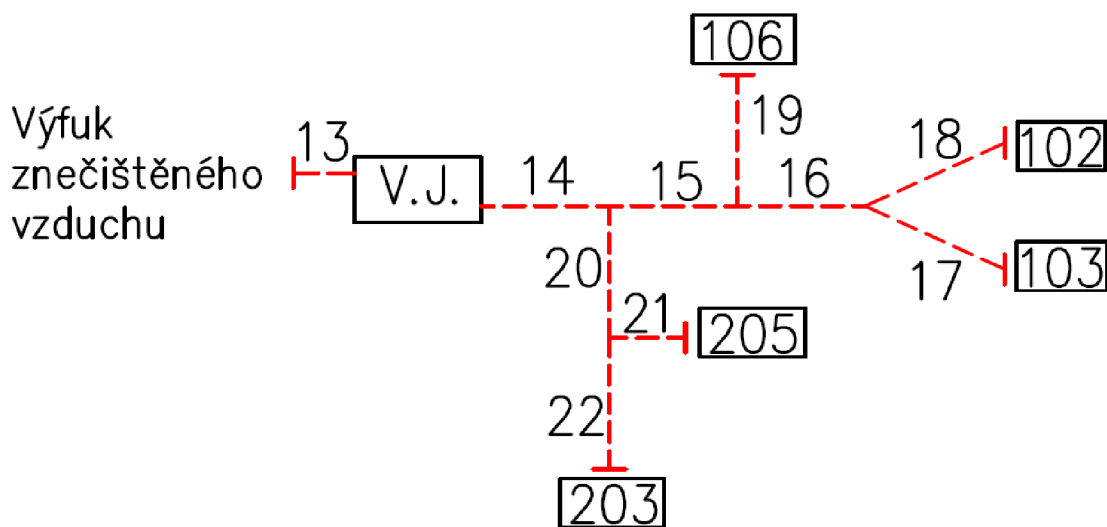
3.1. Výpočet množství větracího vzduchu

Dle ČSN EN 15665/Z1 je třeba zajistit přívod venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání $0,3 \text{ h}^{-1}$ v obytných prostorech a kuchyních. V době kdy budovy nejsou dlouhodobě užívány (dovolené, víkendy) může být intenzita snížena až na $0,1 \text{ h}^{-1}$. V tab. 33 je proveden výpočet s intenzitou $0,5 \text{ h}^{-1}$, která zajišťuje vyšší kvalitu vzduchu v prostředí. Do výpočtu jsou započítány i minimální hodnoty množství vzduchu při nárazovém větrání v koupelnách a na WC.

Přívod vzduchu bude zajištěn do obytných prostor (obývací pokoj s jídelnou, pracovna, ložnice, pokoj I a II). Odvod vzduchu bude realizován z prostor se zdrojem znečišťujících látek (prach, vlhkost, pachy). Jedná se o kuchyni, WC, šatnu a obě koupelny. Na obr. 22 a 23 je znázorněno schematické zapojení vzduchovodů pro přívod a odvod vzduchu.



Obr. 22 Schéma zapojení vzduchovodu pro přívod čerstvého vzduchu.



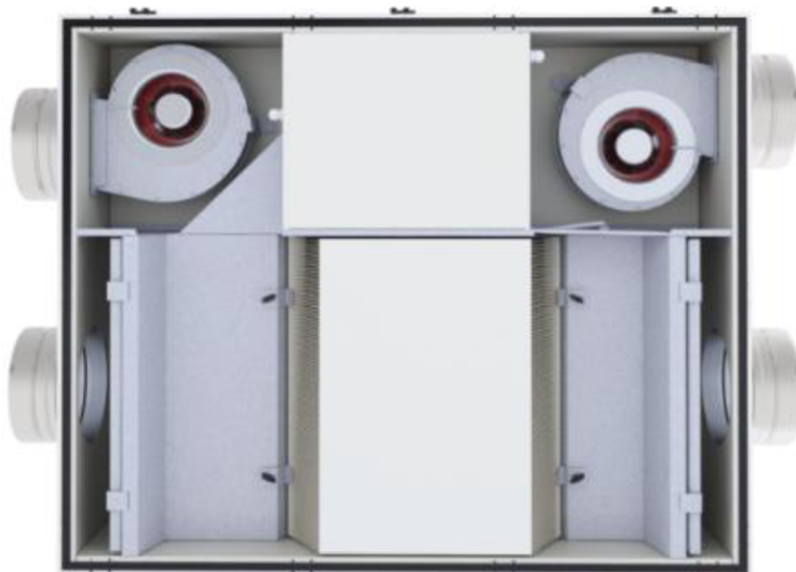
Obr. 23 Schéma zapojení vzduchovodu pro odvod odpadního vzduchu.

Tab. 33 Výpočet množství větracího vzduchu

Označení místností		Objem místnosti	Intenzita větrání	Množství větracího vzduchu	Množství přiváděného vzduchu	Množství odváděného vzduchu
		VI m ³	- h ⁻¹	- m ³ h ⁻¹	- m ³ h ⁻¹	- m ³ h ⁻¹
101	Obývací pokoj	98,9	0,5	49,4	190	0
102	Koupelna I	19,7		9,8	0	90
103	Kuchyně	35,0		17,5	0	110
104	Pracovna	30,5		15,2	40	0
105	Předsíň + schodiště	26,2		13,1	0	0
106	WC	2,6		1,3	0	30
107	Technická místnost	24,6		12,3	0	0
201	Chodba	32,9		16,5	0	0
202	Ložnice	51,6		25,8	45	0
203	Šatna	19,4		9,7	0	25
204	Koupelna II	17,0		8,5	0	90
205	Pokoj I	34,8		17,4	35	0
207	Pokoj II	43,1		21,6	35	0
Celkem		436,4			218	345

3.2. Volba větrací jednotky

Volba jednotky byla provedena pomocí návrhového programu DUPLEX 8.10.111 od firmy Atrea. Po zadání základních parametrů byla vybrána kompaktní větrací jednotka Duplex 370 EC5 – CP. Jedná se o rovnotlakou větrací jednotku v podstropním provedení se dvěma radiálními EC ventilátory (electronic commutation). Jednotka je vybavená také by-passovou klapkou, která slouží k obtoku rekuperátoru. Jednotka bude umístěna v místnosti 109.



Obr. 24 Větrací jednotka Duplex 370 EC5 – CP [14].

Tab. 34 Technické parametry jednotky [14]

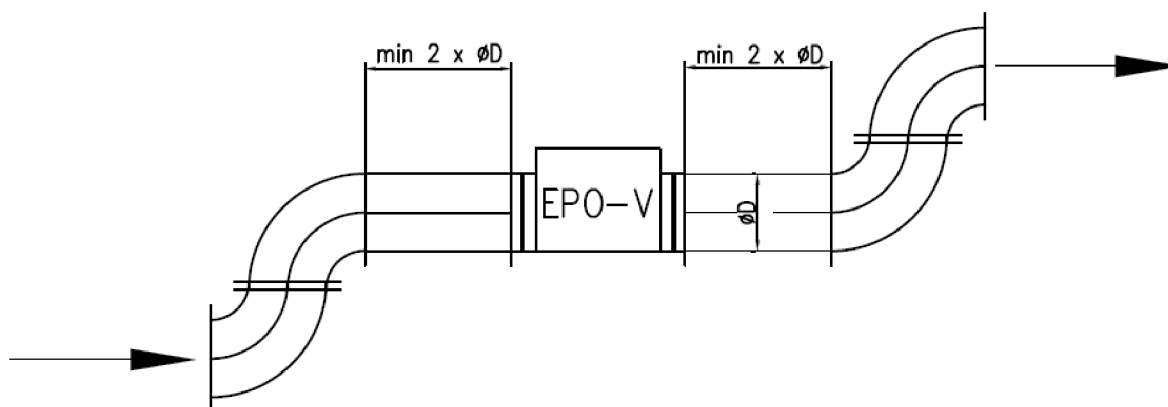
Energetická třída	-	A+
Maximální průtok	m ³ h ⁻¹	370
Akustický výkon do okolí	dB	36
Maximální účinnost rekuperátoru	%	94
Výška	mm	290
Šířka	mm	930
Délka	mm	1 116
Průměr připojovacích hrdel	mm	200
Hmotnost	kg	48
Napětí	V	230/50 Hz
Třída filtrace přívodního vzduchu	-	G4

3.3. Přehřev větracího vzduchu

V zimním období dochází k podkročení teploty rosného bodu na stěnách rekuperátoru a to vede ke kondenzaci vodní páry. Pokud by teplota přívodního vzduchu dlouhodobě klesla na hodnoty pod bodem mrazu, hrozilo by zamrzání vzniklého kondenzátu a případné poškození vzduchotechnické jednotky. Z těchto důvodů je třeba zajistit přehřev přiváděného vzduchu na teploty nad bodem mrazu.

Pro systém byl zvolen elektrický ohřev vzduchu. Vzduchotechnická jednotka poskytuje možnost integrovaného přehříváče. Jeho výkon ovšem není dostatečný, a proto byl zvolen elektrický přehříváč EPO – V 200/2 kruhového průřezu s maximálním výkonem 2 kW. Práci přehříváče řídí vzduchotechnická jednotka v závislosti na teplotě přiváděného vzduchu. Zapojení musí být provedeno dle doporučení výrobce, viz obr. 25.

Nasávaný vzduch musí být zbaven nečistot a látek s korozivním účinkem. Z tohoto důvodu je před přehříváčem instalována filtrační kazeta MFL 200 třídy G4.



Obr. 25 Zapojení přehříváče EPO-V dle výrobce.

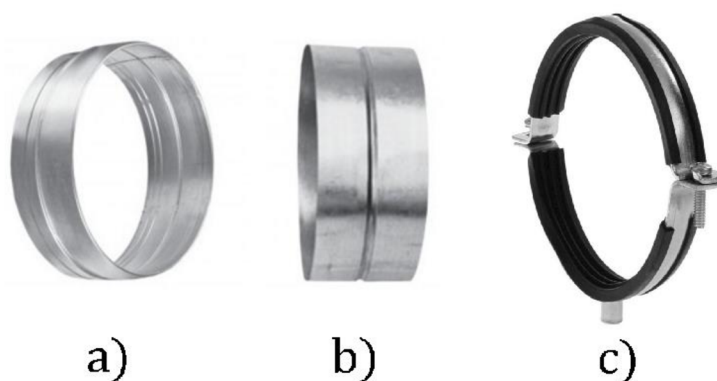
3.4. Odvod kondenzátu

Je třeba zajistit odvod vznikajícího kondenzátu ze vzduchotechnické jednotky. Ten je zajištěn potrubím se sifonem, které je připojeno k odpadnímu systému domu. Pokud hrozí zamrzání daného potrubí, je třeba jej tepelně zaizolovat, či zajistit vyhřívání. Při instalaci jednotky je třeba umístit ji do vodorovné polohy, nebo s mírným sklonem k místu odvodu kondenzátu.

3.5. Vzduchovody

Vzduchovody slouží k přívodu a odvodu vzduchu z objektu. Nejčastější provedení jsou čtyřhranné nebo kruhové průřezy. Pro rozvody vzduchu v našem případě byly zvoleny vzduchovody kruhového průřezu z pozinkovaného plechu. V porovnání se čtyřhrannými se méně zanášejí nečistotami a pro jejich výrobu je třeba méně materiálu. Jejich nevýhodou je horší přizpůsobení stavbě a složitější výroba tvarových kusů. Životnost rozvodů z pozinkovaného plechu se pohybuje kolem 25 let. Průměr použitých potrubí se pohybuje od 100 do 200 mm, v závislosti na množství proudícího vzduchu.

Rozvody budou vedeny v mezeře mezi stropem a sádkartonovým podhledem. Připojování ke konstrukcím se provádí pomocí ocelových objímek s pryžovou vložkou. Ke spojování potrubí jsou používány vnitřní spojky a k propojení potrubí s tvarovkou vnější. Všechny tři prvky jsou znázorněny na obr. 26. Na utěsnění spojů se používají tmely nebo lepicí pásy (textilní, plastové).



Obr. 26 a) vnitřní spojka b) vnější spojka c) ocelová objímka [19].

Některé úseky vzduchovodů je třeba zaizolovat, aby nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti na stěnách či tepelným ztrátám. Jedná se o přívodní a odvodní potrubí k vzduchotechnické jednotce a dále o úseky, které jsou vedeny přes nevytápěné místnosti 108 a 109. Zvolená izolace je lamelový pás Orstech LSP 40 z kamenné vlny na hliníkové fólii o tloušťce 20 mm.

Přívod čerstvého vzduchu je zajištěn otvorem na stěně místnosti 109. Odvod znečištěného vzduchu je zajištěn potrubím, které je vyvedeno nad střechu objektu. Varianta vývodu nad střechu byla zvolena, aby nedocházelo ke znečišťování nasávaného vzduchu odpadním.

3.5.1. Návrh potrubní sítě a výpočet tlakových ztrát

Z kapitoly 3.1 známe množství přiváděného a odváděného vzduchu z jednotlivých místností. V této kapitole, pomocí metody rychlostí určíme průměry jednotlivých potrubí, rychlosti a nakonec tlakové ztráty. Výpočet byl proveden na základě vzorců ze skript [15].

Metoda rychlosti začíná volbou námi požadované rychlosti v jednotlivých úsecích. Rychlosti prvního úseku před a za jednotkou jsou dány ventilátory a byly zjištěny v návrhovém programu firmy Atrea.

Do rovnice (54) dosadíme zvolenou rychlost w . Poté najdeme v normovaných rozměrech nejbližší vhodný rozměr potrubí a ten dosadíme do rovnice (55), ze které dostaneme skutečnou rychlost. Tu dále použijeme při výpočtu tlakových ztrát.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} \quad (54)$$

$$w_{skut} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d_{norm}^2} \quad (55)$$

kde	d	[m]	vypočítaný průměr potrubí
	V	[m ³ h ⁻¹]	objemový průtok vzduchu
	w	[ms ⁻¹]	zvolená rychlost vzduchu v potrubí
	w _{skut}	[ms ⁻¹]	skutečná rychlost vzduchu v potrubí
	d _{norm}	[m]	normovaný průměr potrubí

Výpočet tlakových ztrát proběhl dle stejných rovnic jako ve výpočtech ztrát potrubí pro vytápěcí systém (viz kapitola 2.5). Hodnoty součinitelů místních ztrát pro potřebné tvarovky byly převzaty v literatuře [4].

Ukázkový výpočet

V tab. 35 je proveden ukázkový výpočet pro jeden ze dvou přívodů vzduchu do obývacího pokoje (místnost 101). Podrobné výpočty pro ostatní vyústky jsou v příloze P7.

Tab. 35 Návrh vzduchovodu a výpočet tlakových ztrát pro místnost 101

Přívodní potrubí do místnosti 101												
číslo úseku	\dot{V} m ³ h ⁻¹	w _{zvol} ms ⁻¹	l m	d _{vyp} mm	d _{zvol} mm	w _{skut} ms ⁻¹	λ Wm ⁻¹ K ⁻¹	Re -	Δp_z Pa	ξ_x -	Δp_ξ Pa	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$ Pa
2	345	3,1	4,7	198	200	3,05	0,024	45 872	3,2	0,3	1,5	4,7
3	230	2,0	3,3	202	200	2,03	0,025	30 581	1,1	0,0	0,0	1,1
4	135	2,0	3,8	155	200	1,19	0,028	17 950	0,5	0,1	0,1	0,5
6	95	1,5	5,2	150	150	1,49	0,029	16 842	1,4	0,5	0,7	2,0
Celková tlaková ztráta na přívodním potrubí do místnosti 101												8,4

3.6. Koncové prvky větracího systému

Jedná se o části potrubního systému, které jsou určeny pro přívod a odvod vzduchu v interiéru nebo pro ochranu či zakrytí nasávacích a výfukových otvorů.

3.6.1. Distribuční prvky

Jako distribuční prvky větracího systému byly zvoleny talířové ventily obr. 27. Jejich použití je vhodné právě pro aplikace s menšími průtoky. Jako regulační prvek je zde použit kruhový disk, s jehož pomocí lze nastavit průtok a tvar proudu vzduchu [4].

Ventily jsou zhotoveny z oceli v práškové bílé barvě. Připevnění se provádí zasunutím do příruby, která je napevno připojena k potrubí.

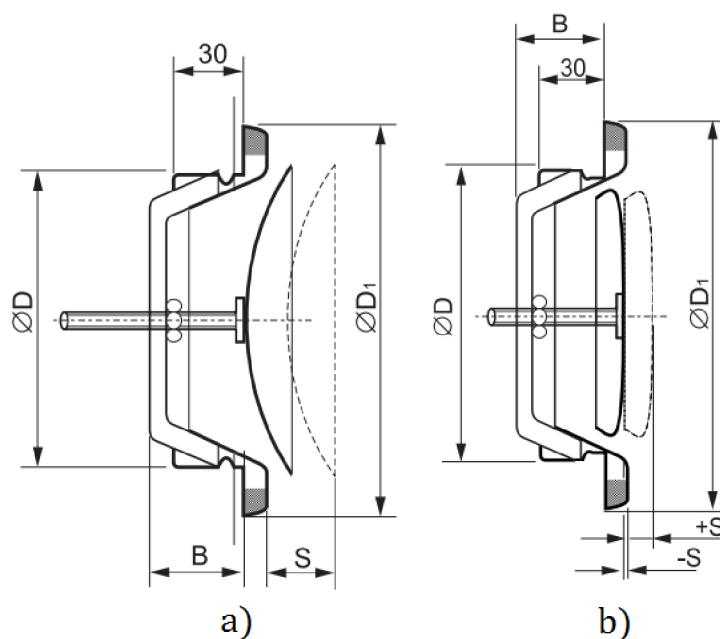


Obr. 27 Talířový ventil [18].

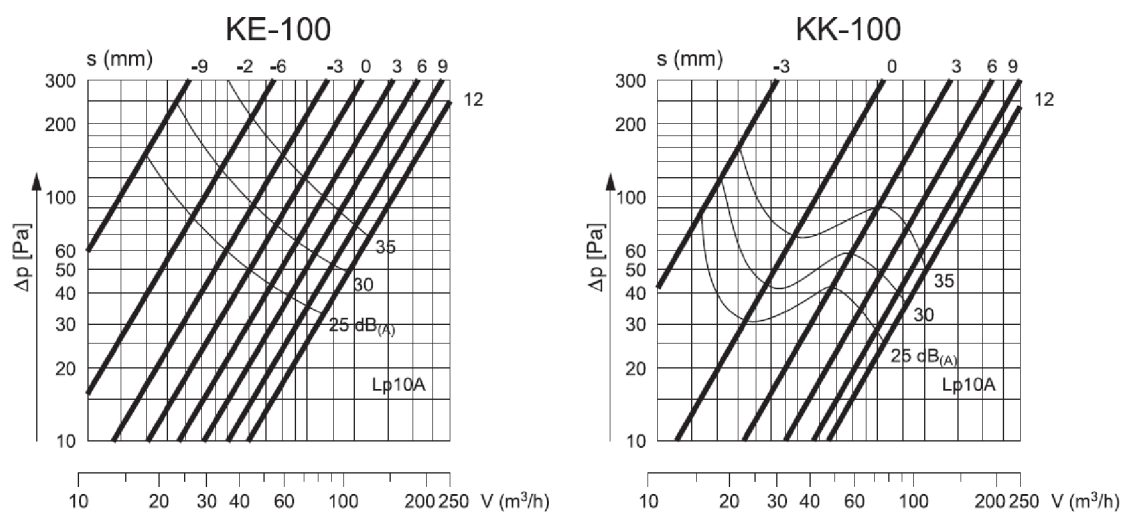
Nastavení distribučních prvků

Aby byla zajištěná správná funkce systému, je třeba provést nastavení jeho koncových prvků. To musí být takové, aby výsledná tlaková ztráta na všech přívodech měla stejnou hodnotu. To samé musí platit i o odvodech.

Na obr. 28 je schematické znázornění přívodního (KE) a odvodního ventilu (KK). Nastavení průtoku se provádí otáčením středového disku. Pomocí monogramu se určí tlaková ztráta a vzdálenost S , na kterou má být talíř nastavena. Na obr. 29 je monogram pro přívodního a odvodního talířového ventilu o rozměrech 100 mm. Monogramy pro ventily ostatních rozměrů jsou v příloze P8.



Obr. 28 Schéma talířového ventilu [18]: a) přívodní - KE b) odvodní – KK.



Obr. 29 Monogram pro přívodní a odvodní talířový ventil o průměru 100 mm [18].

Tab. 36 Nastavení přívodních talířových ventilů v jednotlivých místnostech.

Místnost	Průtok	Průměr potrubí	Tlaková ztráta potrubí	Tlaková ztráta ventilu	Celková tlaková ztráta	Nastavení ventilu
	m^3h^{-1}	mm	Pa	Pa	Pa	mm
101	150	95	8,4	18,5	26,9	6
101'	150	95	8,1	18,5	26,6	6
104	100	40	9,0	18,0	27,0	6
202	100	45	13,7	13,0	26,7	10,5
206	100	35	11,6	15,2	26,8	5
207	100	35	11,8	15,2	27,0	5

Tab. 37 Nastavení odvodních talířových ventilů v jednotlivých místnostech.

Místnost	Průtok	Průměr potrubí	Tlaková ztráta potrubí	Tlaková ztráta ventilu	Celková tlaková ztráta	Nastavení ventilu
	m^3h^{-1}	mm	Pa	Pa	Pa	mm
102	70	150	5,5	17,0	22,5	1
103	130	200	5,9	17,0	22,9	8
106	30	100	5,4	17,0	22,4	3
203	40	100	7,9	15,0	22,9	6
204	75	150	7,5	15,0	22,5	3

3.6.2. Nasávací a výfukové prvky

Tyto prvky zakrývají nasávací otvor čerstvého vzduchu a výfukový otvor odpadního vzduchu a chrání je před vnikem hrubých nečistot či deště. Sání přívodního potrubí chrání protidešťová žaluzie. Na konci odvodního potrubí je umístěna protidešťová stříška s lemem obr. 30.



Obr. 30 Protidešťová stříška s lemem [19].

3.7. Regulace vzduchotechnické jednotky

Jednotka je vybavena řídicí jednotkou CP18 RD, která má následující funkce [14]:

- Řízení otáček EC ventilátorů podle nastaveného režimu
- Automatické ovládání polohy klapky obtoku výměníku ZZT
- Dle naměřených teplot vyhodnocuje havarijní stavy
- Možnost nastavení týdenního větrání a teplot
- Silové vstupy pro ovládání napětím 230 V (4 vstupy – 3 zpožděné, 1 okamžitý) – ovládání např. z toalet
- Možnost připojení čidel na koncentraci CO₂ nebo vlhkostí (2 čidla s kontaktním nebo 0 – 10 V výstupem)
- Výstupy pro ovládání elektrického přehříváče vzduchu

Ovládání regulace je popsáno na obr. 31.



Obr. 31 Displej regulace CP 18 RD [14].

Legenda k obr. 31 [14]:

- 1: Den v týdnu – datum – čas
- 2: Vzduchový výkon
- 3: Režim provozu
- 4: Způsob ovládání výkonu (**M** = manuálně, **A** = automatický týdenní program, **P** = režim party/dovolená, **D** = dočasný manuální režim, * = povel z WC, koupelny kuchyně)
- 5: Teplota prostoru
- 6: Venkovní teplota
- 7: Způsob ovládání teploty (**M** = manuálně, **A** = automatický týdenní program, **D** = dočasný manuální režim)

Režimy provozu:

- a) **Rovnotlaké větrání**
Do domu je přiváděné stejné množství větracího vzduchu, jako je odváděno odpadního.
- b) **Cirkulační větrání**
Do čerstvého přiváděného vzduchu je přimícháváno trochu odpadního vzduchu. Současně se odsává vzduch z WC, koupelen a kuchyně.
- c) **Cirkulace**
Vzduch v domě trvale cirkuluje a není přiváděn žádný venkovní vzduch. Používá se pro rozvod teplého vzduchu při topení například v krbu. Pokud sepne čidlo na WC, koupelně nebo kuchyni, systém se přepne do režimu větrání.
- d) **Cirkulace závislá**
Vzduch cirkuluje, ale v pravidelných intervalech je jednotka přepínána do režimu větrání.
- e) **Přetlakové větrání**
Do objektu je pouze přiváděn čerstvý vzduch. Používá se v létě jako noční předchlazení. Nesmí se používat v topné sezóně.

Zvolená větrací jednotka zvládá pouze režim provozu a) a e).

3.8. Náklady na větrací systém

V tab. 38 jsou shrnuty ceny součástí větracího systému. Ceny byly zjištěny na stránkách internetového obchodu vzduchotechnika - ventilace [19] a na stránkách firmy Atrea. V tabulce nejsou rozepsány jednotlivé komponenty a jako dodavatel může být zvolena jiná firma, proto slouží výsledná částka pouze jako orientační.

Tab. 38 Tabulka shrnující finanční náklady na pořízení větracího systému

Komponenta	Množství	Cena s DPH	Cena bez DPH	
		Kč	Kč	
Jednotka Duplex 370 EC5 - CP	1 ks	42 302	33 419	
Filtrační kazeta G4 MFL	1 ks	1 177	973	
Talířový ventily (KK, KE) + montážní příruby	11 ks	1 617	1 336	
Předehříváč EPO - 200/2	1 ks	7 442	6 150	
Vzduchovody	Ø 200 mm - 31 m	31 m	10 615	8 773
	Ø 150 mm - 29 m	29 m	7 264	6 003
	Ø 100 mm - 19 m	19 m	3 127	2 584
Spojovací prvky vzduchovodů	75 ks	3 096	2 559	
Upevňovací prvky vzduchovodů	25 ks	2 178	1 800	
Tvarovky vzduchovodů	34 ks	8 545	7 062	
Protidešťová stříška s lemem	1 ks	604	499	
Protidešťová žaluzie	1 ks	1 440	1 190	
Izolace ORSTECH LSP 40	12 m ²	1 771	1 399	
Celkem		91 177	72 347	

4. NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

Tato kapitola se zabývá solárním FV systémem, který investor požaduje pro dohřívání TV. V rámci kapitoly je proveden návrh systému, výpočet výnosu a finanční zhodnocení.

Investor se rozhodl pro FV především kvůli velké vzdálenosti mezi střechou domu (solárními panely) a technickou místností (zásobník TV). U FV systému slouží jako vedení pouze dva dráty, jejichž instalace jednodušší než vedení potrubí u fototermického systému. Nevyžaduje navíc žádná čerpadla ani teplotně nosné látky, s kterými je spojena nákladná údržba. Další výhodou je, že není třeba řešit problém s přehříváním systému, především v letních měsících.

Systém nebude připojen k rozvodné síti elektrické energie, aby dodával vyrobenou elektřinu, což zjednoduší a zlevní jeho instalaci. V tzv. ostrovním zapojení není třeba řešit žádná povolení k připojení a systém nevyžaduje nákladné měniče napětí ze SS na ST proud.

4.1. Komponenty FV systému

FV panely

Pro systém bylo zvoleno 6 kusů polykrystalických křemíkových panelů od firmy Cotech Solar. V tab. 39 jsou uvedeny parametry za tzv. ideálních podmínek (energetická hustota záření 1000 W/m^2 , teplota vzduchu $25 \text{ }^\circ\text{C}$, bezoblačná atmosféra).

Tab. 39 Charakteristické údaje FV panelu (1 kus) [11]

Elektrické údaje		
Jmenovitý výkon	Wp	250
Napětí v bodě maximálního výkonu	V	30,6
Proud v bodě maximálního výkonu	A	8,17
Napětí naprázdno	V	36,3
Proud nakrátko	A	8,71
Účinnost modulu (plocha $1,627 \text{ m}^2$)	%	15,37
Technické údaje		
Rozměry	mm	1 640 x 990 x 35
Váha	kg	19
Teplotní součinitele		
Teplotní koeficient napětí	%K ⁻¹	-0,35
Teplotní koeficient proudu	%K ⁻¹	0,06

Řídící jednotka

Řídící jednotka Solar Kerberos se stará o maximální využití elektrické energie z FV panelů. Jednotka obsahuje MPPT (maximum power point tracking). Zařízení, které zpracovává napětí a proud podle intenzity slunečního svitu a tím udržuje maximální výkon soustavy. Při dosažení požadované teploty TV jednotka přeměruje tok energie do akumulátorů.



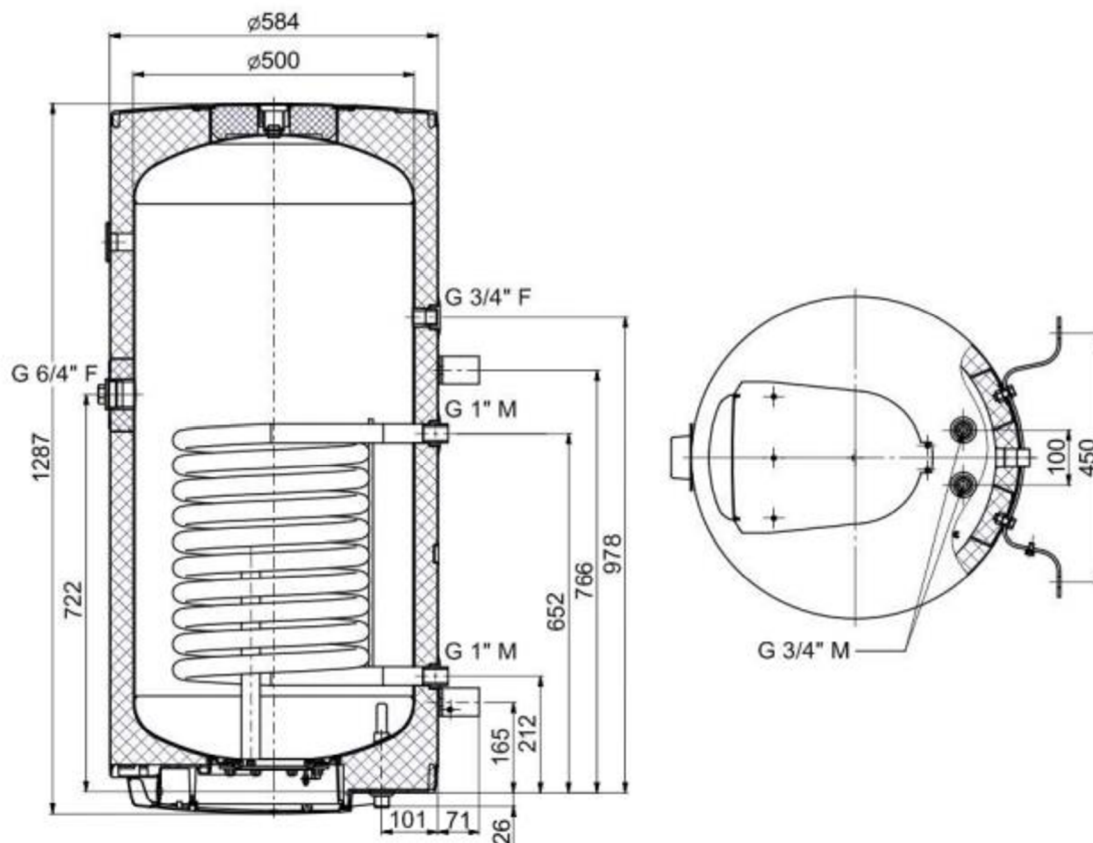
Obr. 32 Řídící jednotka Solar Kerberos 250.B [11].

Bojler s topným tělesem

Pro aplikaci byl zvolen zásobník na teplou vodu RDC 200 Z firmy Regulus. Objem zásobníku byl zvolen dle tabulek na stránkách firmy Regulus. Zásobník je vybaven topným výměníkem pro připojení k topnému systému domu. Dále je možná instalace elektrického topného tělesa. Údaje o zásobníku jsou uvedeny v tab. 40. Na přívod studené vody je zapojena expanzní nádoba. Pro Zásobník RDC 200 je výrobcem doporučena nádoba o objemu 8 l. Jako ochranný prvek je zde zapojen také pojistný ventil 6 bar. Aby nedocházelo k popálení na odběrných místech TV, je na výstupu zapojen termostatický směšovací ventil. Ten udržuje nastavenou maximální teplotu TV.

Tab. 40 Údaje o zásobníku RDC 200 Z [20].

Technické údaje		
Celkový objem nádrže	l	202
Užitný objem zásobníku	l	195
Objem výměníku	l	7
Průměr	mm	584
Plocha výměníku	m ²	1,08
Maximální provozní tlak v nádrži	kPa	600
Maximální provozní tlak ve výměníku	kPa	1 000
Maximální teplota v zásobníku	°C	90
Maximální teplota ve výměníku	°C	110
Rozměry a hmotnost		
Průměr	mm	500
Průměr s izolací	mm	584
Výška	mm	1 287
Hmotnost	kg	95



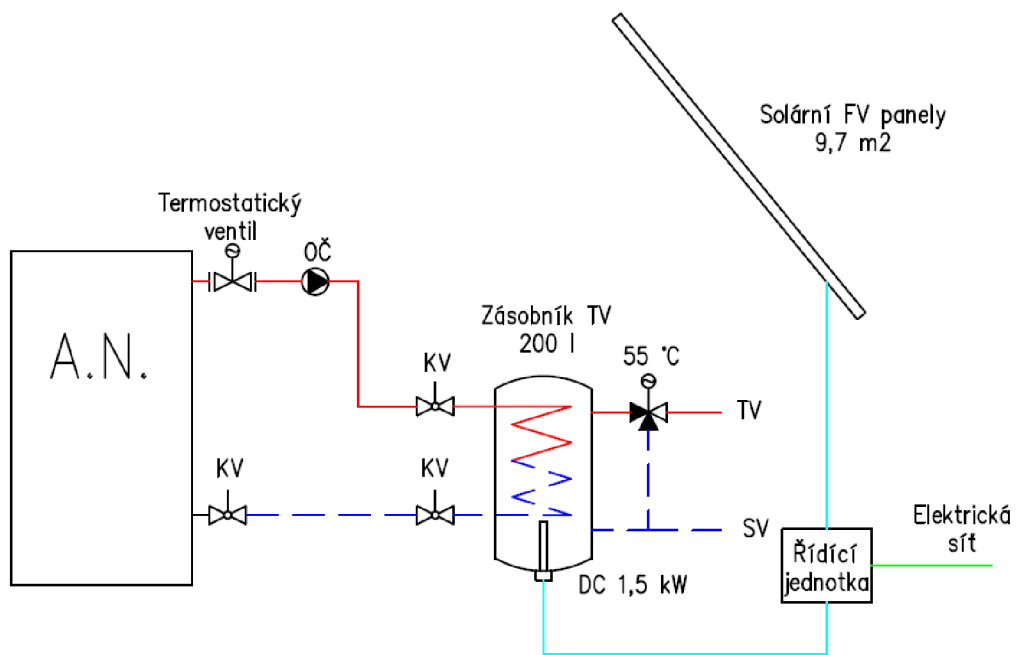
Obr. 33 Schématický náčrt zásobníku RDC 200 Z [20].

Pro elektrický ohřev vody je do tělesa instalováno topné těleso o výkonu 1,5 kW. Těleso je připojeno k řídicí jednotce, která dodává potřebnou elektrickou energii pro ohřev z fotovoltaických panelů nebo elektrické sítě. Instalováno je do bočního otvoru se závitem G 6/4“.

4.2. Zapojení systému pro ohřev TV

FV bude sloužit k ohřevu TV sloužit především v letních měsících, kdy nebude třeba objekt vytápět. Pokud nebude dodávka elektrické energie pro ohřev dostatečná, řídicí jednotka ohřeje TV pomocí elektrické energie ze sítě. V chladnějších měsících ohřev TV pokryje primární či sekundární zdroj tepla. Přebytky elektrické energie budou využity pro nabíjení akumulátoru, které budou sloužit pro zálohu čerpadel topného systému, či osvětlení některých částí domu. Přebytková energie se dá využít i pro nabíjení mobilů a jiných zařízení.

Nahřívání teplé vody z AN umožňuje zónový ventil SIMENS SVI 46.25 s pohonem SFA 21. Jakmile stoupne teplota v AN, ventil se otevře a díky oběhovému čerpadlu začne proudit teplá voda přes výměník zásobníku TV. Jakmile se teplota TV dostane na požadovanou hodnotu, ventil se uzavře a čerpadlo vypne. Oběhové čerpadlo bylo zvoleno od firmy Calpeda NCE 25-60/180.

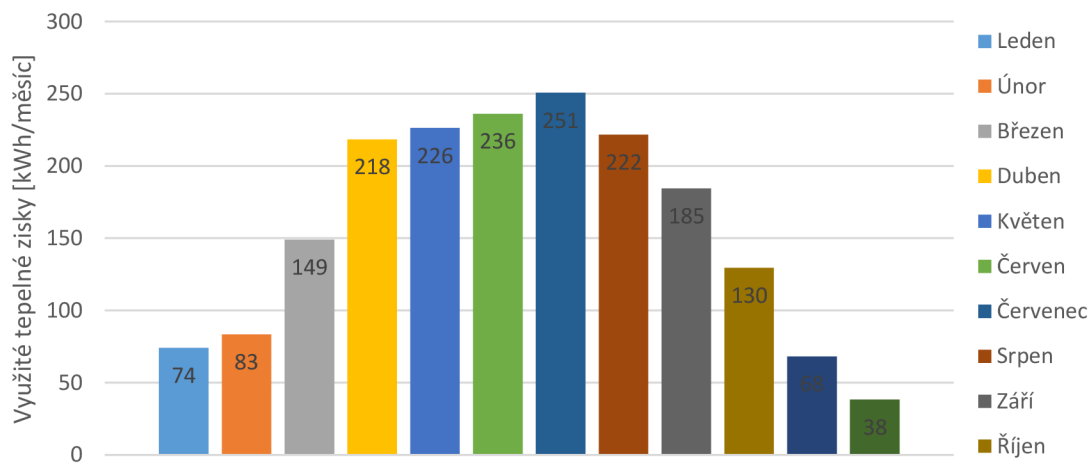


Obr. 34 Schématické zapojení ohřevu TV.

Veškerá potrubí budou zaizolována pomocí pěnové polyetylenové (PE) izolace. Na potrubí mezi zásobníkem a AN bude použita izolace o tloušťce 15 mm a na rozvody TV ze zásobníku izolace o tloušťce 9 mm.

4.3. Výpočet zisků z fotovoltaických panelů

V programu TRNSYS (TRAnsient SYstem Simulation) byla provedena simulace zisků z fotovoltaických panelů. Pro simulaci byly použity hodnoty počasí naměřené od roku 1961 do roku 1990. Graf na obr. 35 jsou znázorněné zisky v kWh za jednotlivé měsíce.



Obr. 35 Graf zisků ze sluneční energie.

4.4. Náklady na fotovoltaický systém

V rámci nákladů na fotovoltaický systém jsou započítány i komponenty pro ohřev TV pomocí topného systému. Veškeré ceny jsou převzaty ze stránek výrobců.

Tab. 41 Tabulka shrnující finanční náklady na systémy pro ohřev TV

Komponenta	Množství	Cena s DPH	Cena bez DPH
		Kč	Kč
Řídící jednotka Solar Kerberos 250.B	1 ks	19 360	15 294
Polykrystalické křemíkové panely	6 ks	31 625	26 136
Zásobník teplé vody RDC 200 Z	1 ks	14 278	11 800
Topné těleso 1,5 kW	1 ks	1 997	1 650
Zónový ventil SIMENS SVI 46.25 SFA 21	1 ks	1 951	1 613
Oběhové čerpadlo Calpeda NCE 25-60/180	1 ks	3 484	2 752
Kulový kohout FIV. 8363	3 ks	984	813
Měděné potrubí	4 m	680	560
Měděná kolena 90°	4 ks	712	562
Návrhová izolace PE standart	4 m	64	51
Celkem		75 134	61 232

5. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout větrací a vytápěcí systém rekonstruované části hospodářské usedlosti. Návrhy a výpočty byly provedeny dle norem, odborné literatury a požadavků investora.

V první části práce jsou provedeny výpočty součinitelů prostupu tepla, díky kterým bylo možné spočítat tepelný výkon budovy dle ČSN EN 12 831. Tepelný výkon objektu před zateplením stropů, podlah a výměnou oken činil téměř 20 kW. Výpočet výkonu pro objekt po rekonstrukci byl proveden pro dvě varianty větrání. Pro přirozené větrání činí 11 616 W a pro nucené s rekuperací tepla 9 446 W.

Požadavkem investora bylo provést návrh topného systému pro horší variantu, která je při přirozeném větrání. V objektu je celkem 13 vytápěných místností, do kterých byla zvolena desková OT s VK ventily od firmy KORADO. Do koupelen byla zvolena trubková OT. Ve čtyřech místnostech v 1.NP jsou OT v kombinaci s podlahovým vytápěním.

Pro objekt byly zvoleny dva zdroje tepla na biomasu. Jedná se o zplyňovací kotel Atmos DC 18GD, který má výkon 19 kW a pokryje tím s rezervou tepelnou ztrátu domu pro výpočtovou venkovní teplotu -15 °C. Druhým zdrojem tepla je průhledová krbová vložka AQUATIC 8, která je umístěna ve stěně mezi technickou místností a obývacím pokojem. Oba zdroje jsou připojeny na akumulární nádrž o objemu 2000 l.

Rozvod vody k OT a podlahovému vytápění je zajištěn pomocí tří rozdělovačů. Potrubí od AN k rozdělovačům je v mědi, od rozdělovačů k OT je v plastových trubkách PEX/AL/PEX. Ty jsou vedeny v plastových chráničkách ve vrstvě izolace EPS v podlaze.

V rámci práce jsou provedeny i výpočty tlakových ztrát potrubí, které jsou nezbytné pro zaregulování soustavy a návrh čerpadel. Soustava bude pracovat se dvěma teplotními spády, které jsou pro OT 70/55 °C a pro podlahové topení 44/36 °C. Teplotních spádu bude dosaženo pomocí trojcestných ventilů VRG 130 se servopohonem. Pro regulaci teploty v jednotlivých místnostech byly zvoleny programovatelné hlavice Sparmatic – Comet.

Na závěr kapitoly bylo provedeno zhodnocení nákladů topného systému. Cena činí 311 932 Kč s DPH. V rámci dotačního programu „Kotlíková dotace“ by se náklady mohly snížit až o částku 127 500 Kč.

Další kapitola se zabývá návrhem rovnotlakého větracího systému s rekuperací tepla. Přívod vzduchu je zajištěn do obytných prostor (obývací pokoj, pracovna, ložnice, atd.). Odvod je z místností, které obsahují zdroje znečišťujících látek (WC, kuchyně, koupelna). Množství větracího vzduchu bylo spočítáno z minimální výměny vzduchu 0,5 h⁻¹ a z hodnot pro nárazové větrání některých místností. Celkové množství větracího vzduchu je 345 m³h⁻¹. Na základě požadavků investora a množství větracího vzduchu byla zvolena jednotka Duplex 370 EC5 – CP od firmy Atria. Ta je vybavena elektronickým řídicím systémem CP18 RD.

V zimním období dochází k podkročení teploty rosného bodu na stěnách

rekuperátoru a to vede ke kondenzaci vodní páry. Pokud by teplota přívodního vzduchu dlouhodobě klesla na hodnoty pod bodem mrazu, hrozilo by zamrznání vzniklého kondenzátu a případné poškození vzduchotechnické jednotky. Z tohoto důvodu je na sacím potrubí umístěn elektrický přehříváč EPO – V 200/2 o výkonu 2 kW. Odvod kondenzátu z jednotky řeší odpadní potrubí připojené na odpadní systém domu.

Vzduchovody jsou kruhového průřezu z hladkého plechu o průměrech od 100 do 200 mm. Jako distribuční prvky slouží talířové ventily, které byly zvoleny z důvodu nízkých průtoků. Nastavení koncových prvků proběhlo na základě výpočtu tlakových ztrát jednotlivých úseků vzduchovodu. V závěru kapitoly bylo také provedeno finanční zhodnocení systému. Celková pořizovací cena je 91 177 Kč s DPH.

Poslední kapitola řeší návrh fotovoltaického systému pro ohřev teplé vody. Ta bude v zimním období primárně ohřívána pomocí akumulární nádrže a fotovoltaika bude sloužit pouze pro dohřívání. V letním období bude ovšem TV ohřívána pouze elektřinou. V systému je zapojena řídicí jednotka, která v případě ohřátí TV na dostatečnou teplotu, přeměruje elektřinu z topné spirály na baterie. Ty budou sloužit jako záložní zdroj pro pohon čerpadel. Jednotka v případě nepříznivého počasí začne pro ohřev vody využívat elektrickou energii ze sítě. Na závěr kapitoly proběhlo finanční zhodnocení systému pro ohřev TV. Celkové náklady činí 75 134 Kč s DPH.

Veškeré výpočty v diplomové práci byly provedeny v programu Microsoft Excel 2010. K vytvoření výkresové dokumentace byl použit program AUTOCAD s nástavbou CADKON TZB 2014.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [2] Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin: ČSN 73 0540-3. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] *Topenářská příručka*. Praha: GAS, c2001. ISBN 80-86176-83-5.
- [4] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-807-6037-3.
- [5] Korado: *teplo pro vás* [online]. 2016 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <https://www.korado.cz>
- [6] Zplynovací kotle na dřevo: dokogen. ATMOS. *Atmos* [online]. [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle>
- [7] Průhledová křbová vložka. *BEF HOME* [online]. 2015 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.krby-bef.cz/>
- [8] Akumulační nádrž: PS 2000 N+. *Regulus* [online]. 2015 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/>
- [9] *CUBE: podlahové topení* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.cube-podlahovetopeni.cz>
- [10] Tabulky a výpočty: Hodnoty součinitelů místních ztrát. *Tzbinfo: stavba* [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/>
- [11] *SVP: solar* [online]. 2016 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.solar-eshop.cz>
- [12] Návrh expanzní nádoby. *Tzbinfo* [online]. Praha, 2002 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1156-navrh-expanzni-nadoby>
- [13] Produkty: Expanzní nádoba. *Regulus* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoba-hs200>
- [14] *Atrea* [online]. Jablonec nad Nisou, 1998 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz>
- [15] DRKAL, František, Miloš LAIN, Jan SCHWARZER a Vladimír ZMRHAL. Vzduchotechnika. In: ČVUT [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <https://www.ib.cvut.cz/sites/>
- [16] SPARmatic comet. *Eurotronic technology GMBH* [online]. Südweg [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.eurotronic.org/en/produkte/>
- [17] *IVAR.CS: Komponenty pro topení, vodu a plyn* [online]. 2016 [cit. 2016-

- 05-21]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/kontakty-ivartrio>
- [18] *Vzduchotechnika Vyskočil: Taliřové ventily* [online]. Pardubice, 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.vzt-vyskocil.cz/talirove-ventily>
- [19] *Vzduchotechnika: Ventilace* [online]. Hradec králové, 2015 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.vzduchotechnika-ventilace.cz>
- [20] *Produkty: Zásobník RDC 200 Z. Regulus* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/zasobnik-rdc-200-z>
- [21] *Podklady pro studenty* [online]. Brno, 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/>
- [22] *Oběhové čerpadlo NOVÁ ALPHA2. GRUNDFOS* [online]. Olomouc, 2016 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://cz.grundfos.com/Produkty/findproduct/Obehove_cerpadlo

Seznam použitých zkratk a symbolů

AN		akumulační nádrž
EN		expanzní nádoba
FT		fototermika
FV		fotovoltaika
OT		otopná tělesa
PV		pojistný ventil
SS		stejnoseměrný
ST		střídavý
TV		teplá voda
ZZT		zpětné získávání tepla
1.NP		první nadzemní podlaží
2.NP		druhé nadzemní podlaží
a	[m]	tloušťka jednotlivých vrstev podlahy nad osou trubky
A_g	[m ²]	plocha budovy
A_i	[m ²]	podlahová plocha
A_k	[m ²]	plocha stavební části
b	[m]	tloušťka jednotlivých vrstev podlahy pod osou trubky
b_u	[-]	teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty
B'	[-]	charakteristický parametr
c_p	[Jkg ⁻¹ K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita tekutiny
d	[m]	průměr potrubí
d_n	[m]	tloušťka konstrukce z daného materiálu
d_{norm}	[m]	normovaný průměr potrubí
d_p	[mm]	průměr pojistného potrubí
DN	[mm]	charakteristický rozměr
e_i	[-]	stínící činitel
e_k	[-]	korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům
f_{g1}	[-]	korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
f_{g2}	[-]	teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou
$f_{i,j}$	[-]	redukční teplotní činitel
f_{RH}	[-]	zátopový součinitel
$f_{v,i}$	[-]	redukční činitel
G_w	[-]	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
$H_{T,ie}$	[WK ⁻¹]	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy
$H_{T,ig}$	[WK ⁻¹]	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu
$H_{T,ij}$	[WK ⁻¹]	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu
$H_{T,iue}$	[WK ⁻¹]	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u)
$H_{V,i}$	[WK ⁻¹]	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním
I	[A]	proud
k	[m]	ekvivalentní drsnost povrchu

K_v	$[m^3h^{-1}]$	průtokový součinitel
l	$[m]$	rozteč trubek
L	$[m]$	délka potrubí
L_p	$[m]$	délka otopného hada podlahového vytápění
m	$[-]$	charakteristické číslo podlahy
\dot{m}	$[kgs^{-1}]$	hmotnostní tok daným úsekem
n	$[-]$	součinitel zvětšení objemu
n	$[-]$	počet řad trubek otopného hadu
n_{min}	$[h^{-1}]$	minimální intenzita výměny vzduchu za hodinu
n_{50}	$[h^{-1}]$	intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaku 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodu vzduchu
O_p	$[m]$	obvod otopné podlahové plochy (vymezený krajními trubkami)
p_d	$[kPa]$	nejnižší provozní přetlak
p_h	$[kPa]$	skutečný nejvyšší provozní přetlak
p_{hp}	$[kPa]$	předběžný nejvyšší provozní přetlak
p_{ot}	$[kPa]$	otevřicí přetlak
P	$[m]$	obvod budovy
q	$[Wm^{-2}]$	měrný tepelný výkon otopné plochy
q'	$[Wm^{-2}]$	měrný tepelný tok podlahové otopné plochy směrem dolů
Q	$[W]$	celkový přenášený výkon úsekem
Q_o	$[W]$	tepelný výkon okrajové plochy
Q_p	$[kW]$	pojistný výkon (výkon zdroje)
Q_p	$[W]$	tepelný výkon otopné plochy
Q_{PC}	$[W]$	celkový tepelný výkon otopné plochy
Q_{PC}	$[W]$	celkový výkon návrhového tepelného okruhu
$Q_{PC,skut}$	$[W]$	skutečný výkon podlahové otopné plochy do místnosti
r	$[m]$	šířka okraje podlahy
R	$[m]$	poloměr zakřivení
Re	$[-]$	Reynoldsovo číslo
R_i	$[m^2KW^{-1}]$	celkový tepelný odpor konstrukce
R_{se}	$[m^2KW^{-1}]$	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_{si}	$[m^2KW^{-1}]$	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
S_o	$[mm^2]$	průřez sedla pojistného ventilu
S_p	$[m^2]$	celková otopná plocha
S_p	$[m^2]$	otopná podlahová plocha (ohraničená krajní trubkou)
t_i	$[^{\circ}C]$	výpočtová vnitřní teplota
t_i'	$[^{\circ}C]$	teplota místnosti pod vytápěnou místností
t_m	$[^{\circ}C]$	střední teplota otopné vody
t_p	$[^{\circ}C]$	střední povrchová teplota
U	$[V]$	napětí
$U_{equiv,k}$	$[Wm^{-2}K^{-1}]$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části
U_k	$[Wm^{-2}K^{-1}]$	součinitel prostupu tepla
U_{kc}	$[Wm^{-2}K^{-1}]$	korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části
V	$[m^3h^{-1}]$	objemový průtok vzduchu
V_c	$[m^3]$	skutečný objem expanzní nádoby
V_{cp}	$[m^3]$	předběžný objem EN
V_e	$[m^3]$	vypočtený expanzní objem nádoby
V_i	$[m^3]$	objem vytápěné místnosti
V_o	$[m^3]$	objem vody v otopné soustavě

\dot{V}_{ex}	[m ³ h ⁻¹]	množství odváděného vzduchu soustavou pro celou vytápěnou část budovy
\dot{V}_i	[m ³ h ⁻¹]	objemový tok větracího vzduchu
$\dot{V}_{inf,i}$	[m ³ h ⁻¹]	množství vzduchu infiltrací ve vytápěném prostoru
$\dot{V}_{mech,inf}$	[m ³ h ⁻¹]	rozíl množství mezi nuceně odváděným a přiváděným vzduchem pro celou vytápěnou část budovy
$\dot{V}_{mech,inf,i}$	[m ³ h ⁻¹]	rozíl množství mezi nuceně odváděným a přiváděným vzduchem z vytápěné místnosti
$\dot{V}_{min,i}$	[m ³ h ⁻¹]	minimální hygienické množství vzduchu
\dot{V}_{su}	[m ³ h ⁻¹]	množství přiváděného vzduchu soustavou pro celou vytápěnou část budovy
$\dot{V}_{su,i}$	[m ³ h ⁻¹]	množství přiváděného vzduchu do vytápěné místnosti
w	[ms ⁻¹]	střední průtoková rychlost
w	[ms ⁻¹]	zvolená rychlost vzduchu v potrubí
w_{skut}	[ms ⁻¹]	skutečná rychlost vzduchu v potrubí
α_p	[Wm ⁻² K ⁻¹]	celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy
α_p	[Wm ⁻² K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy
α_v	[-]	výtokový součinitel
Δt	[K]	teplotní spád soustavy
Δp_z	[Pa]	celková ztráta úseku
Δp_λ	[Pa]	tlaková ztráta třením
Δp_ξ	[Pa]	tlaková ztráta místními odpory
ΔU_{tb}	[Wm ⁻² K ⁻¹]	korekční součinitel (závisející na druhu stavební části)
ε_i	[-]	výškový korekční činitel (zohledňuje zvýšení rychlostí proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země)
θ_e	[°C]	výpočtová venkovní teplota
$\theta_{int,i}$	[°C]	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
θ_j	[°C]	teplota sousedního vytápěného prostoru
$\theta_{m,e}$	[°C]	roční průměrná venkovní teplota
$\theta_{su,i}$	[°C]	teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru
λ	[-]	součinitel třecích ztrát
λ_a	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti vrstev nad osou trubek
λ_b	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti vrstev pod osou trubek
λ_d	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti materiálu (do kterého jsou zalaty trubky)
λ_n	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti
Λ_a	[Wm ⁻² K ⁻¹]	tepelná prostupnost vrstev nad trubkami
Λ_b	[Wm ⁻² K ⁻¹]	tepelná prostupnost vrstev pod trubkami
ξ	[-]	součinitel místní ztráty
ρ	[kgm ⁻³]	hustota tekutiny
$\Phi_{HL,i}$	[W]	tepelný výkon vytápěného prostoru
$\Phi_{RH,i}$	[W]	zátopový tepelný výkon požadovaný pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění prostoru
$\Phi_{T,i}$	[W]	tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru
$\Phi_{V,i}$	[W]	tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

Seznam příloh

- P1 Výpočty součinitelů prostupu tepla pro stavební části
- P2 Výpočty tepelných ztrát místností prostupem tepla a větráním
- P3 Výpočet zátopového tepelného výkonu
- P4 Výpočet tlakových ztrát topného systému
- P5 Diagramy pro zaregulování OT v systému
- P6 Schéma akumulční nádoby
- P7 Výpočet tlakových ztrát vzduchovodů
- P8 Nomogramy pro zaregulování talířových ventilů
- P9 Výkresová dokumentace
 - P9-1S Stavební výkres 1.NP
 - P9-2S Stavební výkres 2.NP
 - P9-1T Výkres vytápění 1.NP
 - P9-2T Výkres vytápění 2.NP
 - P9-3T Rozvinuté schéma
 - P9-1V Výkres větrání 1.NP
 - P9-2V Výkres větrání 2.NP

Přílohy

P1 – Výpočet součinitelů prostupu tepla pro stavební části

Kódy		Popis	d	λ	R	U _k
Stavební část	Materiál		m	Wm ⁻¹ K ⁻¹	m ² KW ⁻¹	Wm ⁻² K ⁻¹

Tepelně neizolovaná vnější stěna I 2.NP						
2	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	1	Pálená cihla	0,58	0,8	0,725	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	62	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,04	
	Celková tloušťka a U_k			0,61		0,93

Tepelně neizolovaná vnější stěna II 2.NP						
3	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	1	Pálená cihla	0,670	0,8	0,838	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	62	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,04	
	Celková tloušťka a U_k			0,7		1,04

Vnitřní nosná stěna I. 1.NP						
11	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	1	Pálená cihla	0,67	0,8	0,838	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	Celková tloušťka a U_k			0,7		1,13

Vnitřní nosná stěna II. 1.NP						
12	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	1	Pálená cihla	0,58	0,8	0,725	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	Celková tloušťka a U_k			0,61		1,02

Kódy		Popis	d	λ	R	U _k
Stavební část	Materiál		m	Wm ⁻¹ K ⁻¹	m ² KW ⁻¹	Wm ² K ⁻¹

Vnitřní příčka I. 1.NP + 2.NP						
13	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	3	Porotherm 11,5 P+D	0,115	0,44	0,261	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	Celková tloušťka a U_k			0,145		0,55

Vnitřní příčka II. 1.NP						
14	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	9	Porotherm 17,5 P+D	0,175	0,45	0,389	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	Celková tloušťka a U_k			0,205		0,549

Vnitřní nosná stěna 2.NP						
15	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	1	Pálená cihla	0,44	0,8	0,550	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	Celková tloušťka a U_k			0,47		0,84

Vnitřní příčka (s izolací) III. 2. NP						
16	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	7	Polystyren	0,12	0,043	2,709	
	3	Porotherm 11,5 P+D	0,115	0,44	0,261	
	8	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,015	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	Celková tloušťka a U_k			0,2615		3,26

Vnitřní dveře						
17	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	6	Dřevo tvrdé	0,04	0,15	0,267	
	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	Celková tloušťka a U_k			0,04		0,53

Kódy		Popis	d	λ	R	U _k
Stavební část	Materiál		m	Wm ⁻¹ K ⁻¹	m ² KW ⁻¹	Wm ⁻² K ⁻¹

Venkovní dveře						
21	61	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	6	Dřevo tvrdé	0,07	0,15	0,467	
	62	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,04	
	Celková tloušťka a U_k			0,07	0,64	

Okna						
22	U _k		-	-	-	
	Celková tloušťka a U_k			0	0,00	0,70

Podlaha 1.NP						
31	2	Beton	0,15	1,3	0,115	
	5	EPS	0,13	0,037	3,514	
	14	Betonová mazanina	0,08	1,3	0,062	
	15	Plovoucí podlaha	0,0085	0,056	0,152	
	64	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,17	
Celková tloušťka a U_k			0,36	4,01	0,25	

Podlaha 1.NP s podlahovým vytápěním						
32	64	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,17	
	2	Beton	0,15	1,3	0,115	
	5	EPS	0,13	0,037	3,514	
	13	Anhydridový potěr	0,06	2	0,030	
	12	Keramická dlažba	0,008	1,01	0,008	
	64	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,17	
Celková tloušťka a U_k			0,35	4,01	0,25	

Strop 1.NP + podlaha 2.NP						
33	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,1	
	4	Sádkartonová deska	0,013	0,22	0,057	
	65	Nevětraná vzduchová mezera d=0,25 m			0,16	
	10	Keramické tvarovky HURDIS (80mm)	0,08	0,18	0,444	
	11	Vápenná malta	0,02	0,87	0,023	
	5	Extrudovaný polystyren	0,09	0,037	2,703	
	2	Beton	0,05	1,3	0,038	
	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,1	
	Celková tloušťka a U_k			0,21	3,42	

Kódy		Popis	d	λ	R	U _k
Stavební část	Material		m	Wm ⁻¹ K ⁻¹	m ² KW ⁻¹	Wm ⁻² K ⁻¹

34	Strop 2.NP					
	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)			0,1	
	4	Sádkartonová deska	0,013	0,22	0,057	
	65	Nevětraná vzduchová mezera d=0,25 m			0,16	
	10	Keramické tvarovky HURDIS (80mm)	0,08	0,18	0,444	
	11	Vápenná malta	0,02	0,87	0,023	
	5	Extrudovaný polystyren	0,09	0,037	2,703	
	2	Beton	0,05	1,3	0,038	
	63	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)			0,1	
	Celková tloušťka a U_k			0,26		3,42

P2 – Výpočty tepelných ztrát místností prostupem tepla a větráním

101 - Obývací pokoj						
Teplotní údaj						
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	20		
Výpočtový teplotní rozdíl		$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	35		
Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
1	12,32	0,91	0,05	0,96	1	11,81
22	6,89	0,70	0,3	1	1	6,89
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{\text{T},ie} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$		18,69
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
31	14,13	0,25	0,1	0,35	0,5	2,47
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{\text{T},iue} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$		2,47
Tepelné ztráty do přilehlé zeminy						
Kód	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	G_w	f_{g1}	f_{g2}	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	-	-	WK^{-1}
						0
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do přilehlé zeminy				$H_{\text{T},ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w$		0
Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách						
Kód	A_k	U_k			$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$			na jedn.	WK^{-1}
11	7,08	0,89			0,06	0,36
11	10,08	0,89			0,06	0,51
33	8,75	0,29			0,06	0,15
17	1,58	1,90			0,06	0,17
Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách				$H_{\text{T},ij} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$		1,19
Celková tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{T,i} = (H_{\text{T},ie} + H_{\text{T},iue} + H_{\text{T},ig} + H_{\text{T},ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$			782 W

102 - Koupelna						
Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	24		
Výpočtový teplotní rozdíl		$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	39		
Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
1	5,98	0,91	0,1	1,01	1	6,03
22	0,50	0,70	0,5	1,20	1	0,6
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{\text{T,ie}} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$		6,63
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
33	8,24	0,29	0,05	0,34	0,5	1,41
1	6,24	0,91	0,1	1,01	0,3	1,89
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{\text{T,iue}} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$		3,30
Tepelné ztráty do přilehlé zeminy						
Kód	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	G_w	f_{g1}	f_{g2}	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	-	-	WK^{-1}
						0
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do přilehlé zeminy				$H_{\text{T,ig}} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w$		0
Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách						
Kód	A_k	U_k			$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$			na jedn.	WK^{-1}
11	5,74	0,89			0,10	0,52
13	6,48	1,81			0,10	1,20
17	1,58	1,90			0,10	0,31
Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách				$H_{\text{T,ij}} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$		2,03
Celková tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{T,i} = (H_{\text{T,ie}} + H_{\text{T,iue}} + H_{\text{T,ig}} + H_{\text{T,ij}}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$			467 W

103 – Kuchyň

Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	20		
Výpočtový teplotní rozdíl		$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	35		
Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
1	7,63	0,91	0,1	1,01	1	7,69
22	1,50	0,70	0,5	1,20	1	1,79
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{\text{T},ie} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$		9,49
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
				0		0
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{\text{T},iue} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$		0
Tepelné ztráty do přilehlé zeminy						
Kód	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	G_w	f_{g1}	f_{g2}	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	-	-	WK^{-1}
						0
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do přilehlé zeminy				$H_{\text{T},ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w$		0
Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách						
Kód	A_k	U_k		$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$	
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$		na jedn.	WK^{-1}	
11	5,74	0,89		-0,11	-0,58	
17	1,58	1,90		-0,11	-0,34	
33	14,63	0,29		0,06	0,24	
Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách				$H_{\text{T},ij} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$		-0,92
Celková tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{\text{T},i} = (H_{\text{T},ie} + H_{\text{T},iue} + H_{\text{T},ig} + H_{\text{T},ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$			300 W

104 - Pracovna

Teplotní údaje

Výpočtová venkovní teplota	θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	20
Výpočtový teplotní rozdíl	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	35

Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí

Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
1	14,60	0,91	0,1	1,01	1	14,72
22	2,57	0,70	0,40	1,10	1	2,82

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí	$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$	17,55
---	---	--------------

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí

Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
				0		0

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost	$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$	0
---	--	----------

Tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Kód	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	G_w	f_{g1}	f_{g2}	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	-	-	WK^{-1}
31	12,71	0,18	1	1,45	0,46	2,29

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do přilehlé zeminy	$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w$	1,53
--	--	-------------

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

Kód	A_k	U_k		$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$		na jedn.	WK^{-1}
	33	12,71		0,29	0,06

Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách	$H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$	0,21
---	---	-------------

Celková tepelná ztráta prostupem	$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$	675 W
---	--	--------------

105 - Předsín + schodiště						
Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	18		
Výpočtový teplotní rozdíl		$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	33		
Tepeľné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
1	8,91	0,91	0,1	1,01	1	8,99
21	1,77	1,57	0,5	2,07	1	3,67
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$		12,66
Tepeľné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
33	10,90	0,29	0,05	0,34	0,5	1,86
2	12,48	1,08	0,05	1,13	0,5	7,06
31	7,17	0,25	0,05	0,24	0,5	0,86
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$		1,86
Tepeľné ztráty do přilehlé zeminy						
Kód	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	G_w	f_{g1}	f_{g2}	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	-	-	WK^{-1}
31	-0,28	0,18	1	1,45	0,43	-0,05
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do přilehlé zeminy				$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w$		-0,03
Tepeľné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách						
Kód	A_k	U_k			$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$			na jedn.	WK^{-1}
11	5,50	0,89			-0,06	-0,30
17	1,58	1,90			-0,06	-0,18
13	3,34	1,81			-0,06	-0,37
17	1,58	1,90			-0,06	-0,18
1	0,87	0,91			-0,06	-0,05
17	1,77	1,90			-0,06	-0,20
13	3,35	1,81			-0,06	-0,37
17	1,38	1,90			-0,06	-0,16
2	1,50	1,08			-0,06	-0,10
Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách				$H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$		-1,80
Celková tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$			419 W

106 - WC

Teplotní údaje

Výpočtová venkovní teplota	θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	20
Výpočtový teplotní rozdíl	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	35

Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí

Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
				0		0,00

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí	$H_{\text{T},ie} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$	0
---	--	----------

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí

Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
33	1,20	0,29	0,05	0,34	0,8	0,33
2	3,3	1,08	0,05	1,13	0,5	1,87

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost	$H_{\text{T},iue} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$	0,33
---	---	-------------

Tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Kód	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	G_w	f_{g1}	f_{g2}	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	-	-	WK^{-1}
31	1,2	0,18	1	1,45	0,46	0,22

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do přilehlé zeminy	$H_{\text{T},ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w$	0,14
--	---	-------------

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

Kód	A_k	U_k	$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	na jedn.	WK^{-1}
13	2,93	1,81	0,06	0,30
17	1,58	1,90	0,06	0,17

Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách	$H_{\text{T},ij} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$	0,47
---	--	-------------

Celková tepelná ztráta prostupem	$\Phi_{\text{T},i} = (H_{\text{T},ie} + H_{\text{T},iue} + H_{\text{T},ig} + H_{\text{T},ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$	33 W
---	---	-------------

201 - Chodba						
Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	18		
Výpočtový teplotní rozdíl		$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	33		
Teplné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
2	1,29	1,08	0,05	1,13	1	1,46
22	1,35	0,70	0,5	1,20	1	1,62
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{\text{T,ie}} = \Sigma A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$		1,62
Teplné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
15	7,56	1,19	0,05	1,24	0,5	4,69
16	5,26	0,31	0,1	0,41	0,5	1,07
17	1,58	1,90	0,1	2,00	0,5	1,58
34	13,71	0,29	0,05	0,34	0,8	3,75
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{\text{T,iue}} = \Sigma A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$		1,58
Teplné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách						
Kód	A_k	U_k			$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$			na jedn.	WK^{-1}
13	15,09	1,81			-0,06	-1,66
13	6,84	1,81			-0,18	-2,25
15	-0,03	1,19			-0,18	0,01
17	3,15	1,90			-0,06	-0,36
17	1,58	1,90			-0,18	-0,54
33	13,71	0,29			-0,06	-0,24
Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách				$H_{\text{T,ij}} = \Sigma A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$		-4,81
Celková tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{\text{T,i}} = (H_{\text{T,ie}} + H_{\text{T,iue}} + H_{\text{T,ig}} + H_{\text{T,ij}}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$			-53 W

202-Ložnice

Teplotní údaje

Výpočtová venkovní teplota	θ_e	°C	-15
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{int,i}$	°C	18
Výpočtový teplotní rozdíl	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	33

Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí

Kód	A_k m ²	U_k Wm ⁻² K ⁻¹	ΔU_{tb} Wm ⁻² K ⁻¹	U_{kc} Wm ⁻² K ⁻¹	e_k -	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ WK ⁻¹
3	12,8	0,96	0,05	1,01	1	13,01
2	6,9	1,08	0,10	1,18	1	8,16
22	2,6	0,70	0,40	1,10	1	2,82
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie} = \Sigma A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		24

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí

Kód	A_k m ²	U_k Wm ⁻² K ⁻¹	ΔU_{tb} Wm ⁻² K ⁻¹	U_{kc} Wm ⁻² K ⁻¹	b_u -	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ WK ⁻¹
34	21,13	0,29	0,10	0,39	0,8	6,63
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{T,iue} = \Sigma A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		6,63

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

Kód	A_k m ²	U_k Wm ⁻² K ⁻¹		$f_{i,j}$ na jedn.	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{i,j}$ WK ⁻¹	
33	21,13	0,29		-0,06	-0,37	
15	7,8	1,19		-0,06	-0,56	
Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách				$H_{T,ij} = \Sigma A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{i,j}$		-0,94

Celková tepelná ztráta prostupem	$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$		980 W
---	---	--	--------------

203 - Šatna

Teplotní údaje

Výpočtová venkovní teplota	θ_e	°C	-15
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{int,i}$	°C	18
Výpočtový teplotní rozdíl	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	33

Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí

Kód	A_k m ²	U_k Wm ⁻² K ⁻¹	ΔU_{tb} Wm ⁻² K ⁻¹	U_{kc} Wm ⁻² K ⁻¹	e_k -	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ WK ⁻¹
3	4,92	0,96	0,05	1,01	1	4,99

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí	$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	4,99
---	--	-------------

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí

Kód	A_k m ²	U_k Wm ⁻² K ⁻¹	ΔU_{tb} Wm ⁻² K ⁻¹	U_{kc} Wm ⁻² K ⁻¹	b_u -	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ WK ⁻¹
15	6,061	1,19	0,1	1,29	0,5	3,91
34	8,1	0,29	0,05	0,34	0,8	2,22
17	1,379	1,90	0,5	2,40	0,5	1,65

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost	$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	6,13
---	---	-------------

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

Kód	A_k m ²	U_k Wm ⁻² K ⁻¹	$f_{i,j}$ na jedn.	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{i,j}$ WK ⁻¹
	33	8,1		0,29
15	1,68	1,19	-0,18	-0,36

Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách	$H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{i,j}$	-0,51
---	--	--------------

Celková tepelná ztráta prostupem	$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	350 W
---	---	--------------

204 - Koupelna II.

Teplotní údaje

Výpočtová venkovní teplota	θ_e	°C	-15
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{int,i}$	°C	24
Výpočtový teplotní rozdíl	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	39

Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí

Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
	m ²	Wm ⁻² K ⁻¹	Wm ⁻² K ⁻¹	Wm ⁻² K ⁻¹	-	WK ⁻¹
				0		0
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		0

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí

Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
	m ²	Wm ⁻² K ⁻¹	Wm ⁻² K ⁻¹	Wm ⁻² K ⁻¹	-	WK ⁻¹
34	7,13	0,29	0,05	0,34	0,8	1,95
15	6,0	1,19	0,05	1,24	0,5	3,72
16	6,84	0,31	0,05	0,36	0,5	1,22
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		6,89

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

Kód	A_k	U_k		$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{i,j}$
	m ²	Wm ⁻² K ⁻¹		na jedn.	WK ⁻¹
13	6,84	1,81		0,15	1,91
15	3,22	1,19		0,15	0,59
17	1,58	1,90		0,15	0,46
33	7,13	0,29		0,10	0,21

Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách			$H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{i,j}$		0,46
---	--	--	--	--	-------------

Celková tepelná ztráta prostupem	$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	287 W
---	---	--------------

205 - Pokoj I.						
Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	20		
Výpočtový teplotní rozdíl		$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	35		
Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
2	4,28	1,08		1,08	1	4,62
22	2,57	0,70		0,70	1	1,80
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{\text{T},ie} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$		6,42
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
34	14,45	0,29	0,1	0,39	0,8	4,53
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{\text{T},iue} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$		4,53
Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách						
Kód	A_k	U_k			$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$			na jedn.	WK^{-1}
13	11,86	1,81			0,06	1,23
17	1,58	1,90			0,06	0,17
15	7,8	1,19			0,06	0,53
Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách				$H_{\text{T},ij} = \sum A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$		1,93
Celková tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{T,i} = (H_{\text{T},ie} + H_{\text{T},iue} + H_{\text{T},ig} + H_{\text{T},ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$			451 W

206 - Pokoj II.						
Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	$^{\circ}\text{C}$	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{\text{int},i}$	$^{\circ}\text{C}$	20		
Výpočtový teplotní rozdíl		$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$^{\circ}\text{C}$	35		
Tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
2	7,16	1,08	0,1	1,18	1	8,45
22	2,57	0,70	0,4	1,1	1	2,82
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí				$H_{\text{T},ie} = \Sigma A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot e_k$		11,27
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem do venkovního prostředí						
Kód	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	-	WK^{-1}
34	17,96	0,29	0,1	0,39	0,8	5,63
15	10,8	1,19	0,05	1,24	0,5	6,70
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí přes nevytápěnou místnost				$H_{\text{T},iue} = \Sigma A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot b_u$		12,33
Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách						
Kód	A_k	U_k			$f_{i,j}$	$A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$
	m^2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$			na jedn.	WK^{-1}
13	5,26	1,81			0,06	0,55
17	1,58	1,90			0,06	0,17
Celkový součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách				$H_{\text{T},ij} = \Sigma A_k \cdot U_{\text{kc}} \cdot f_{i,j}$		0,72
Celková tepelná ztráta prostupem		$\Phi_{T,i} = (H_{\text{T},ie} + H_{\text{T},iue} + H_{\text{T},ig} + H_{\text{T},ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)$				851 W

Tepelné ztráty přirozeným větráním																Celkem	
Označení místnosti			101	102	103	104	105	106	107	201	202	203	204	205	206		
Objem místnosti		V_i	m ³	98,9	19,7	35,0	30,5	26,2	2,6	24,6	32,9	51,6	19,4	17,0	34,8	43,1	436
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	°C	-15													292,6
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{int,i}$	°C	20	24	20	20	18	20	20	18	18	18	24	20	20	
Nejmenší hygienické	Nejmenší hygienická int. výměny vzduchu	$n_{min,i}$	h ⁻¹	0,5	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	292,6
	Nejmenší hygienické množství vzduchu	$V_{min,i}$	m ³ h ⁻¹	49,4	29,5	52,6	15,2	13,1	4,0	12,3	16,5	25,8	9,7	25,6	17,4	21,6	
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	-	na jedn.	3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	73,6
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	n_{50}	h ⁻¹	4													
	Činitel zaclonění	e	na jedn.	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0	0,02	0,02	0,02	0	0	0,02	0,02	
	Výšková korekce	ϵ	na jedn.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Množství vzduchu infiltrací	$V_{inf,i}$	m ³ h ⁻¹	23,73	3,15	5,61	4,88	6,28	0,00	3,94	5,26	8,26	0,00	0,00	5,57	6,90	
Výpočet tepelné ztráty větráním	Zvolená výpočtová hodnota	V_i	m ³ h ⁻¹	49,4	29,5	52,6	15,2	13,1	4,0	12,3	16,5	25,8	9,7	25,6	17,4	21,6	3 513
	Návrhový součinitel tepelné ztráty	$H_{v,i}$	WK ⁻¹	16,8	10,0	17,9	5,2	4,4	1,3	4,2	5,6	8,8	3,3	8,7	5,9	7,3	
	Návrhová tepelná ztráta větráním	$\Phi_{v,i}$	W	588	391	625	181	147	47	147	185	289	109	339	207	256	

Tepelné ztráty nuceným větráním																Celkem	
Označení místnosti			101	102	103	104	105	106	107	201	202	203	204	205	206		
Objem místnosti		V_i	m ³	98,9	19,7	35	30,5	26,2	2,6	24,6	32,9	51,6	19,4	17,0	34,8	43,1	436,4
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	°C	-15													
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{int,i}$	°C	20	24	20	20	18	20	20	18	18	18	24	20	20	
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	-	na jedn.	3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	n_{50}	h ⁻¹	4													
	Činitel zaclonění	e	na jedn.	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0	0,02	0,02	0,02	0	0	0,02	0,02	
	Výškový korekční činitel	ϵ	na jedn.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Množství vzduchu infiltrací	$V_{inf,i}$	m ³ h ⁻¹	23,7	3,1	5,6	4,9	6,3	0,0	3,9	5,3	8,3	0,0	0,0	5,6	6,9	73,6
Množství vzduchu, teploty a korekční činitele	Odváděný vzduch	$V_{ex,i}$	m ³ h ⁻¹	0	70	130	0	0	30	0	0	0	40	75	0	0	345
	Přiváděný vzduch	$V_{su,i}$	m ³ h ⁻¹	190	0	0	40	0	0	0	0	45	0	0	35	35	345
	Teplota přiv. vzduchu	θ_{SU}	°C	17,8													
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.	0,06	-	-	0,06	-	-	-	-	0,01	-	-	0,06	0,06	
	Vzduch dodávaný ze sousedních místností	$V_{ex,i}-V_{SU,i}$	m ³ h ⁻¹	0	70	130	0	0	30	0	0	0	40	75	0	0	
	Redukční činitel	$f_{v,i}$	na jedn.	-	0,10	0	-	-	0	-	-	-	-	0,15	-	-	
	Přebytek odváděného vzduchu pro celý objekt	$V_{mech,inf}$	m ³ h ⁻¹	0													
Výpočet tepelné ztráty větráním	Celkové korigované množství vzduchu	V_i	m ³ h ⁻¹	35,7	10,3	5,6	7,4	6,3	0,0	3,9	5,3	8,5	0,0	11,5	7,8	9,1	
	Návrhový součinitel tepelné ztrát větráním	$H_{V,i}$	WK ⁻¹	12,1	3,5	1,9	2,5	2,1	0,0	1,3	1,8	2,9	0,0	3,9	2,6	3,1	
	Návrhová tepelná ztráta větráním	$\theta_{v,i}$	W	425	137	67	88	70	0	47	59	96	0	153	92	108	1 342

P3 - Výpočet zátopového tepelného výkonu

Označení místností		Zátopový součinitel	Plocha místnosti	Zátopový výkon	
		f_{RH}	A_i	$\Phi_{RH,i}=f_{RH}\cdot A_i$	
		Wm ⁻²	m ²	W	
101	Obývací pokoj	13	41,2	536	
102	Koupelna I		8,2	107	
103	Kuchyně		14,6	190	
104	Pracovna		12,7	165	
105	Předsíň + schodiště		10,9	142	
106	WC		1,2	16	
107	Technická místnost		10,26	133	
201	Chodba		13,71	178	
202	Ložnice		21,5	280	
203	Šatna		8,1	105	
204	Koupelna II		7,1	92	
205	Pokoj I		14,5	189	
206	Pokoj II		17,96	233	
Celkem				181,9	2 365

P4 - Výpočet tlakových ztrát topného systému

Kotel - AN											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
1	19 000	1 090	7,5	32	0,38	0,024	31 836	401	18	1 272	1 673
2	19 000	1 090	7,9	32	0,38	0,024	31 836	422	26	1 853	2 276
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu od kotle k AN											3 949

Křbová vložka - AN											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
3	9 000	516	2	20	0,47	0,025	24 128	269	23,04	2448	2 717
4	9 000	516	2	20	0,47	0,025	24 128	269	19,31	2052	2 321
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu od křbové vložky k akumulární nádrži											5 038

AN - Rozdělovač I.											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
5	11 958	686	2,5	20	0,62	0,024	32 058	560	48,51	9 100	9 659
6	5 905	339	0,35	20	0,31	0,028	15 831	22	8,59	393	415
9	5 905	339	0,4	20	0,31	0,028	15 831	26	7,19	329	355
10	11 958	686	3,5	20	0,62	0,024	32 058	784	5,27	989	1 772
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu od AN k rozdělovači I.											12 202

AN - Rozdělovač II.											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
11	3 279	353	5	16	0,50	0,026	20 601	986	48,48	5 868	6 853
12	3 279	353	6	16	0,50	0,026	20 601	1 183	14,34	1 736	2 918
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu od AN k rozdělovači II.											9 772

AN - Rozdělovač III.											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
5	11 958	686	2,5	20	0,62	0,024	32 058	560	48,51	9100	9 659
7	6 053	347	4,5	20	0,31	0,028	16 227	301	7,49	360	661
8	6 053	347	4,5	20	0,31	0,028	16 227	301	6,79	326	628
10	11 958	686	3,5	20	0,62	0,024	32 058	784	5,27	989	1 772
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu od AN k rozdělovači III.											12 721

Okruh přes OT1											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
13	932	53	8,3	12	0,13	0,040	4 164	245	3,9	35	279
14	932	53	8,3	12	0,13	0,040	4 164	245	4,1	36	281
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 1											560

Okruh přes OT2											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
15	932	53	8,3	12	0,13	0,040	4 164	245	3,6	32	277
16	932	53	8,3	12	0,13	0,040	4 164	245	4,2	36	281
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 2											558

Okruh přes OT3											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
17	1 080	62	9,8	12	0,16	0,038	4 826	371	4,2	49	420
18	1 080	62	9,8	12	0,16	0,038	4 826	371	4,2	49	420
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 3											840

Okruh přes OT4											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
19	976	56	7,5	12	0,14	0,040	4 361	239	4,7	45	284
20	976	56	7,5	12	0,14	0,040	4 361	239	2,8	27	266
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 4											549

Okruh přes OT 5											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
21	799	46	5	12	0,11	0,042	3 570	113	7,9	51	164
22	799	46	5	12	0,11	0,042	3 570	113	1,4	9	122
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 5											286

Okruh přes OT 6											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
23	221	13	3,8	12	0,03	0,065	987	10	4,2	2	12
24	221	13	3,8	12	0,03	0,065	987	10	4,2	2	12
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 6											24

Okruh přes OT 7											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
25	466	27	3,6	12	0,07	0,031	2082	20	3,7	8	28
26	466	27	3,8	12	0,07	0,031	2082	21	4,2	9	31
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 7											59

Okruh přes OT 8											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
27	499	29	5,7	12	0,07	0,029	2302	34	7,9	20	54
28	499	29	5,7	12	0,07	0,029	2302	34	1,2	3	37
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 8											92

Okruh přes OT 21											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
44	333	19	2,5	12	0,05	0,043	1488	10	3,7	4	14
45	333	19	2,6	12	0,05	0,043	1488	10	4,2	5	15
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 21											29

Okruh přes OT 22											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
46	1871	107	13,7	16	0,15	0,036	6270	343	4,6	52	395
47	1871	107	13,7	16	0,15	0,036	6270	343	4,1	46	389
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 22											784

Okruh přes OT 23											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
48	693	40	9,2	12	0,10	0,043	3 096	161	7,7	38	198
49	693	40	9,2	12	0,10	0,043	3 096	161	1,2	6	167
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 23											365

Okruh přes OT 24											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
50	783	45	6,5	12	0,11	0,042	3 499	142	7,8	48	190
51	783	45	6,5	12	0,11	0,042	3 499	142	1,9	12	153
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 24											343

Okruh přes OT 25											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
52	970	56	8,8	12	0,14	0,040	4 334	277	4	38	315
53	970	56	8,8	12	0,14	0,040	4 334	277	4,1	39	316
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 25											632

Okruh přes OT 26											
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	Pa	Pa
54	1 403	80	8,5	16	0,11	0,039	4 702	129	3,7	23	152
55	1 403	80	8,5	16	0,11	0,039	4 702	129	4,1	26	155
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu OT 26											307

Okruh přes Pod 1													
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	n	ξ_{90}	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	-	-	Pa	Pa
29	800	86	1,2	12	0,22	0,034	6 705	78	-	-	0,07	2	80
30	800	86	30	12	0,22	0,034	6 705	1 952	16	1,7	51	1 163	3 114
31	800	86	1,2	12	0,22	0,034	6 705	78	-	-	1,07	24	102
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu Pod 1													3 297

Okruh přes Pod 2													
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	n	ξ_{90}	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	-	-	Pa	Pa
32	800	86	3,2	12	0,22	0,034	6 705	208	-	-	0,21	5	213
33	800	86	30	12	0,22	0,034	6 705	1 952	16	1,7	51	1 163	3 114
34	800	86	3,2	12	0,22	0,034	6 705	208	-	-	1,21	28	236
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu Pod 2													3 563

Okruh přes Pod 3													
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	n	ξ_{90}	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	-	-	Pa	Pa
35	533	57	4	12	0,14	0,014	4 468	48	-	-	0,4	4	52
36	533	57	29	12	0,14	0,014	4 468	348	14	1,4	36	368	716
37	533	57	4	12	0,14	0,014	4 468	48	-	-	1,4	14	63
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu Pod 3													830

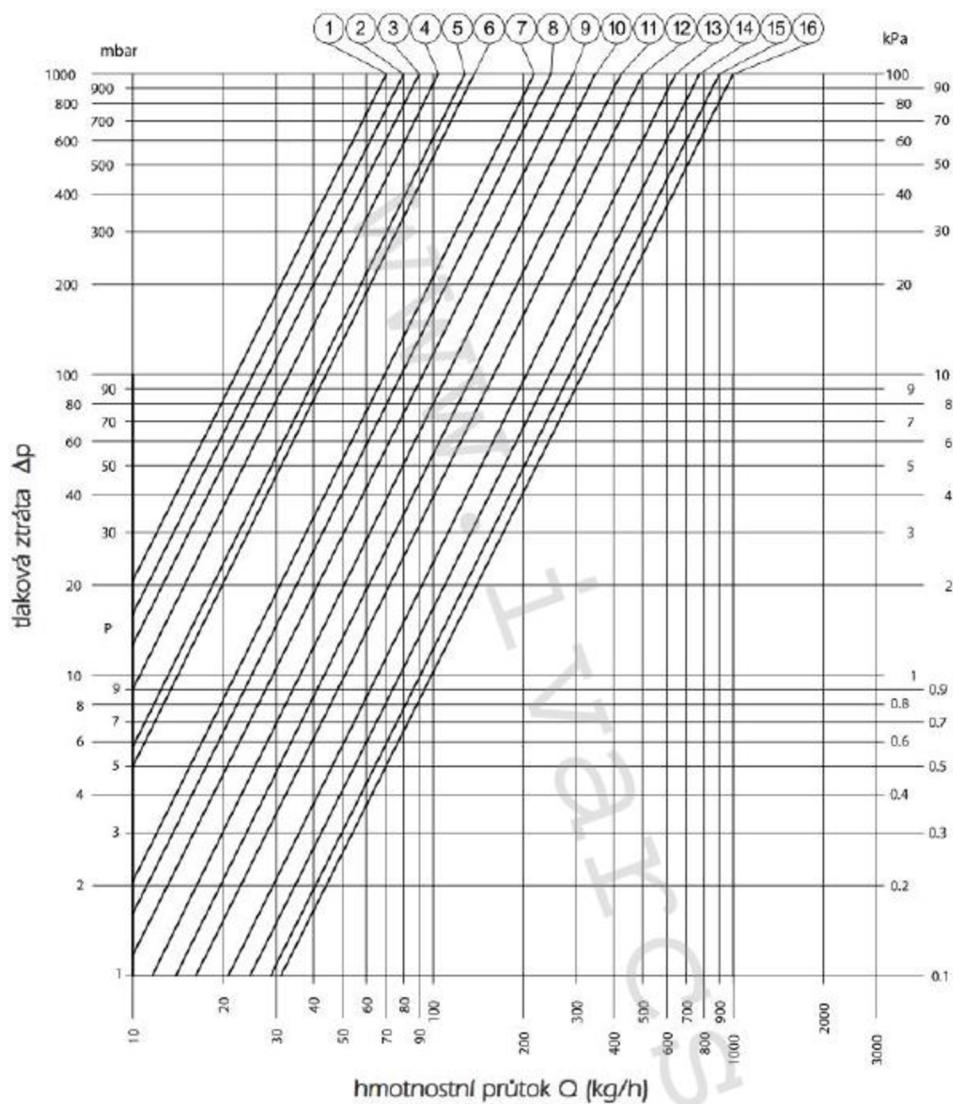
Okruh přes Pod 4													
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	n	ξ_{90}	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	-	-	Pa	Pa
38	549	59	1	12	0,15	0,038	4 601	34	-	-	0,07	1	35
39	549	59	21	12	0,15	0,038	4 601	722	10	1,7	31	329	1 050
40	549	59	1	12	0,15	0,038	4 601	34	-	-	1,07	11	45
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu Pod 4													1 130

Okruh přes Pod 5													
číslo úseku	Q	m	l	d	w	λ	Re	Δp_z	n	ξ_{90}	ξ_x	Δp_ξ	$\Delta p_z + \Delta p_\xi$
	W	kg h^{-1}	m	mm	ms $^{-1}$	Wm $^{-1}K^{-1}$	-	Pa	-	-	-	Pa	Pa
41	595	64	6,5	12	0,16	0,037	4 988	253	-	-	0,28	4	256
42	595	64	24	12	0,16	0,037	4 988	923	10	1,7	31	386	1 309
43	595	64	6,5	12	0,16	0,037	4 988	253	-	-	1,28	16	269
Tlaková ztráta třením a místními odpory potrubí okruhu Pod 5													1 834

P5 - Diagramy pro zaregulování OT v systému

Veškeré Diagramy byly převzaty ze stránek výrobců jednotlivých komponent.

Diagram pro rozdělovač IVAR.CS 553 DVP



pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
otačky	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

Diagram pro přímé regulační šroubení IVAR. DD 301

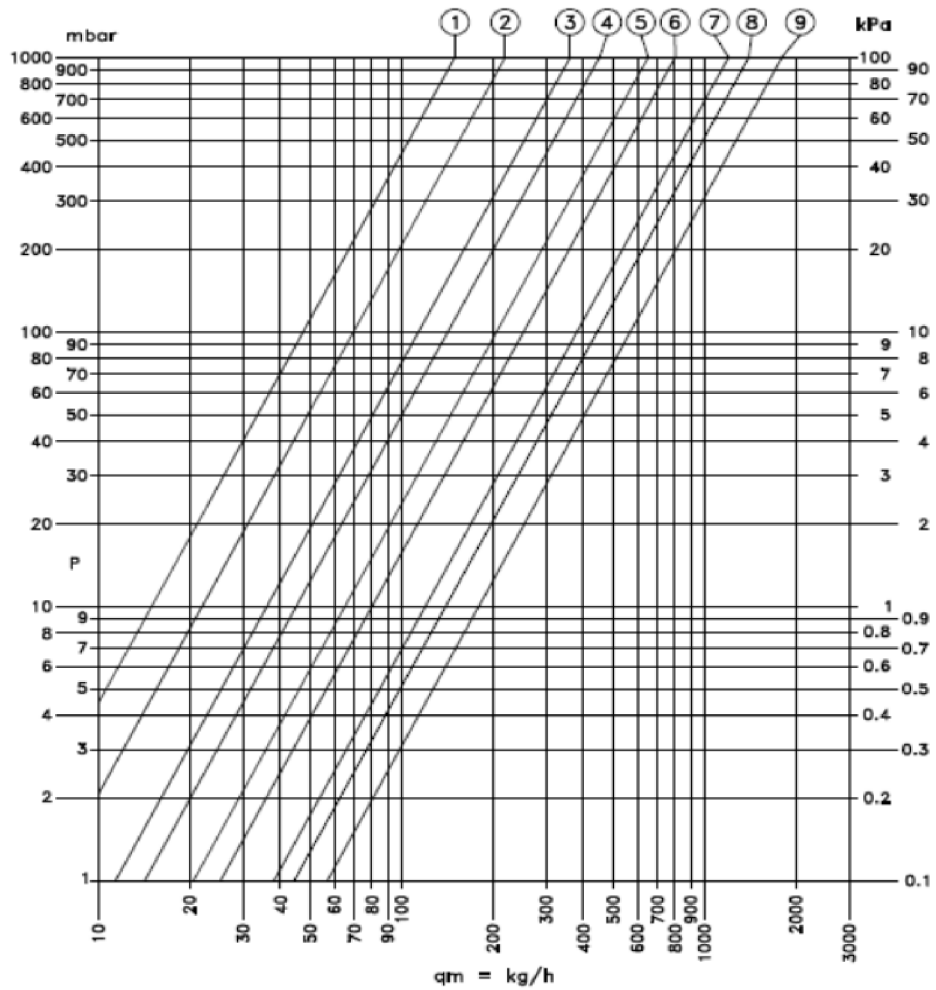


Diagram VK

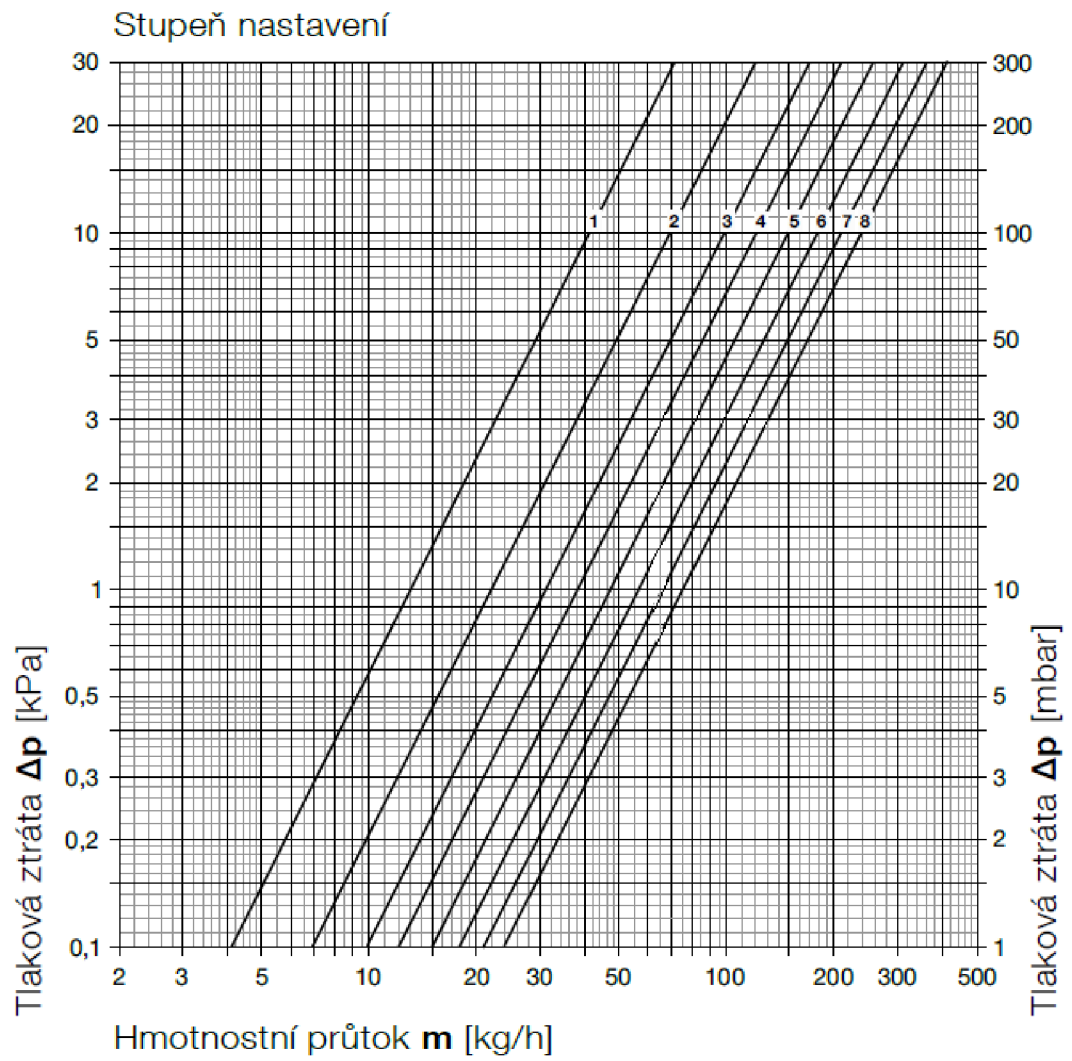
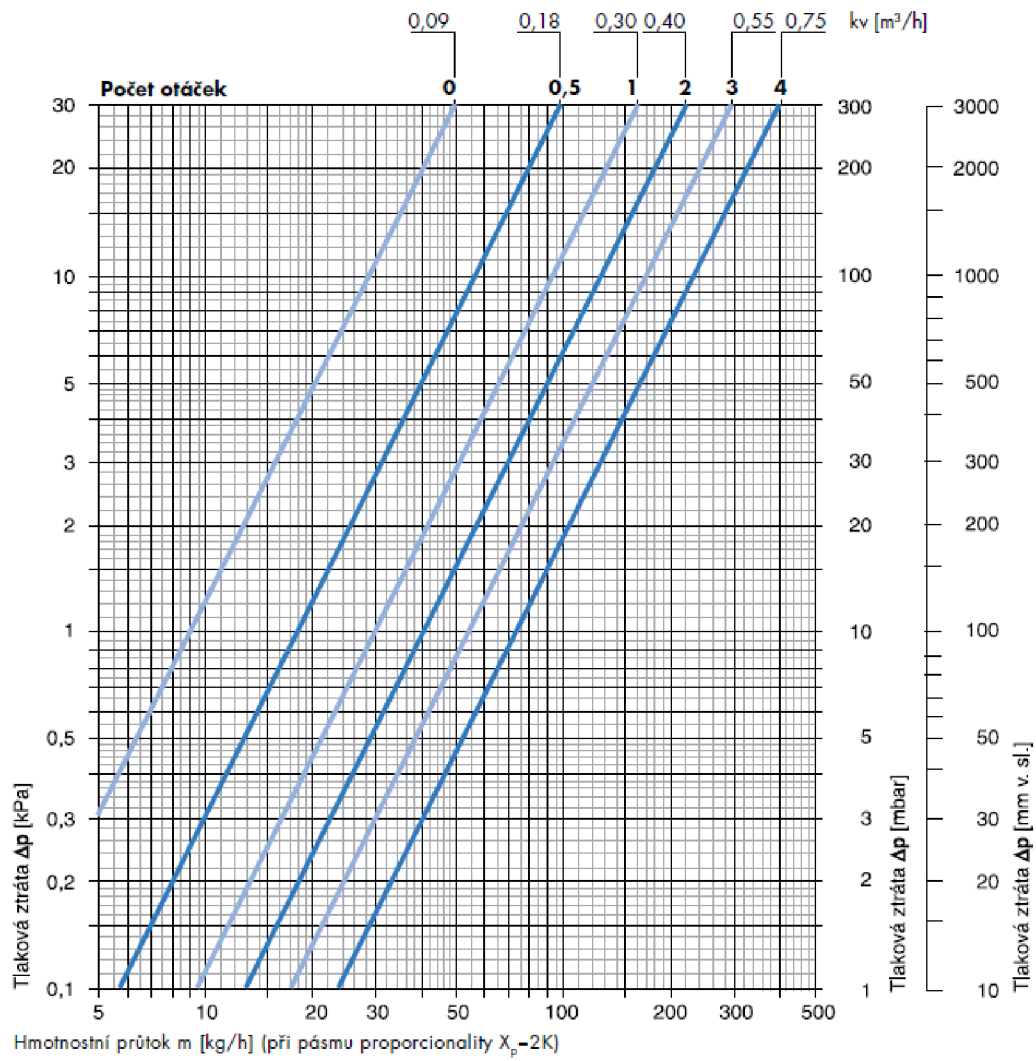
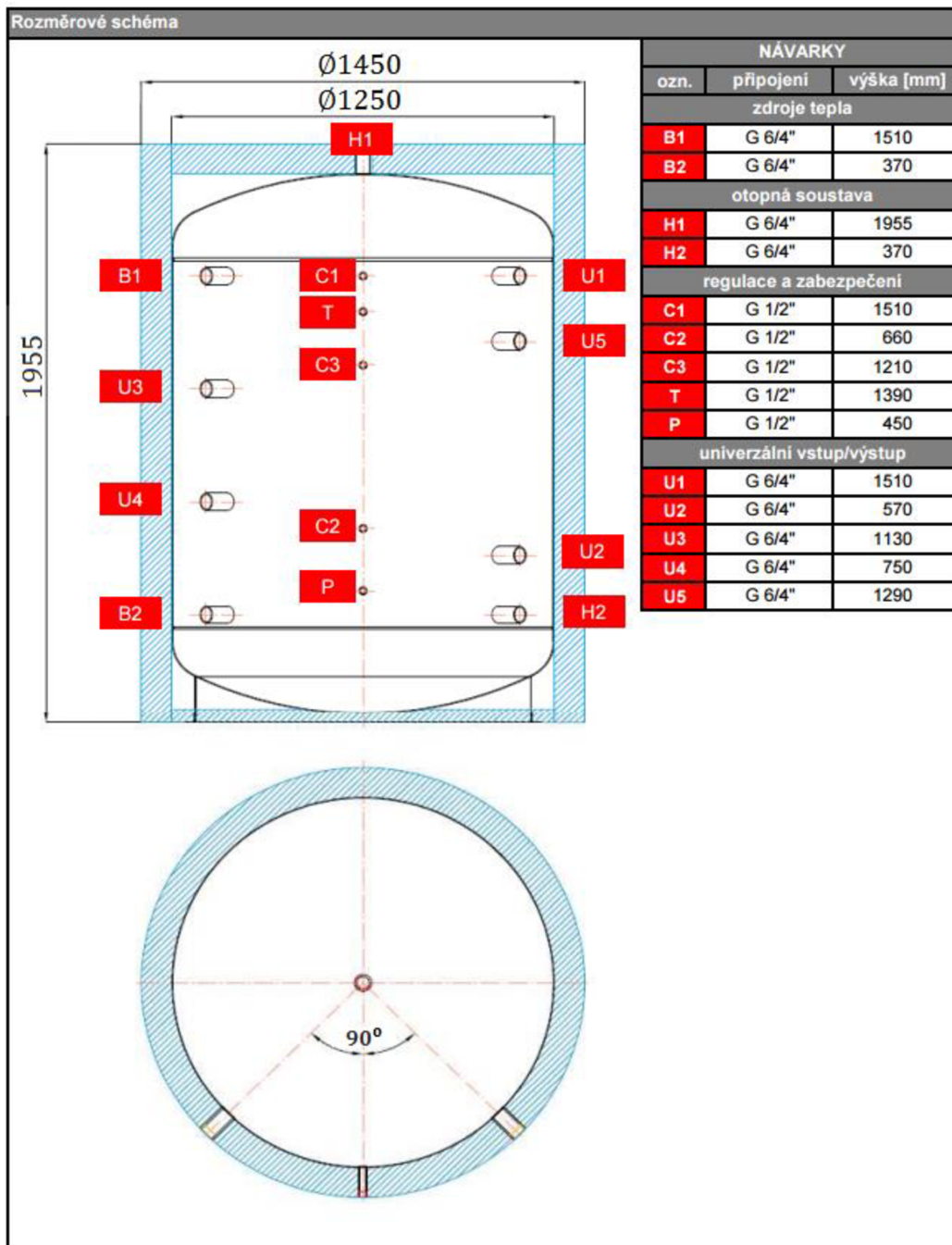


Diagram HM armatury



P6 - Schéma akumulční nádoby



P7 - Výpočet tlakových ztrát vzduchovodů

Hlavní přívodní potrubí												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
1	345	3,1	4,5	198	200	3,05	0,024	45 872	3,1	13,4	78,0	81,1
Celková tlaková ztráta na hlavním přívodním potrubí												80,1

Přívodní potrubí do místnosti 101												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
2	345	3,1	4,7	198	200	3,05	0,024	45 872	3,2	0,3	1,5	4,7
3	230	2,0	3,3	202	200	2,03	0,025	30 581	1,1	0,0	0,0	1,1
4	135	2,0	3,8	155	200	1,19	0,028	17 950	0,5	0,1	0,1	0,5
6	95	1,5	5,2	150	150	1,49	0,029	16 842	1,4	0,5	0,7	2,0
Celková tlaková ztráta na přívodním potrubí do místnosti 101												8,4

Přívodní potrubí do místnosti 101'												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
2	345	3,1	4,7	198	200	3,05	0,024	45 872	3,2	0,3	1,5	4,7
3	230	2,0	3,3	202	200	2,03	0,025	30 581	1,1	0,0	0,0	1,1
5	95	1,5	5,3	150	150	1,49	0,029	16 842	1,4	0,6	0,9	2,3
Celková tlaková ztráta na přívodním potrubí do místnosti 101'												8,1

Přívodní potrubí do místnosti 104												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
2	345	3,1	4,7	198	200	3,05	0,024	45 872	3,2	0,3	1,5	4,7
3	230	2,0	3,3	202	200	2,03	0,025	30 581	1,1	0,0	0,0	1,1
4	135	2,0	3,8	155	200	1,19	0,028	17 950	0,5	0,1	0,1	0,5
7	40	1,5	4,5	97	100	1,41	0,033	10 637	1,8	0,7	0,8	2,7
Celková tlaková ztráta na přívodním potrubí do místnosti 104												9

Přívodní potrubí do místnosti 202												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
2	345	3,1	4,7	198	200	3,05	0,024	45 872	3,2	0,3	1,5	4,7
8	115	3,0	10	116	150	1,81	0,028	20 387	3,8	0,8	1,7	5,4
9	45	2,0	5	89	100	1,59	0,032	11 967	2,5	0,6	1,0	3,5
Celková tlaková ztráta na přívodním potrubí do místnosti 202												13,7

Přívodní potrubí do místnosti 206												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
2	345	3,1	4,7	198	200	3,05	0,024	45 872	3,2	0,3	1,5	4,7
8	115	3,0	10	116	150	1,81	0,028	20 387	3,8	0,8	1,7	5,4
10	70	2,0	2,3	111	150	1,10	0,031	12 410	0,4	0,1	0,1	0,4
11	35	2,0	1,5	79	100	1,24	0,034	9 307	0,5	0,5	0,5	1,0
Celková tlaková ztráta na přívodním potrubí do místnosti 206												11,6

Přívodní potrubí do místnosti 207												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
2	345	3,1	4,7	198	200	3,05	0,024	45 872	3,2	0,3	1,5	4,7
8	115	3,0	10	116	150	1,81	0,028	20 387	3,8	0,8	1,7	5,4
10	70	2,0	2,3	111	150	1,10	0,031	12 410	0,4	0,1	0,1	0,4
12	35	2,0	2,8	79	100	1,24	0,034	9 307	0,9	0,3	0,3	1,2
Celková tlaková ztráta na přívodním potrubí do místnosti 207												11,8

Hlavní odvodní potrubí												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
13	345	3,1	6	198	200	3,1	0,024	45 872	4,1	3,3	18,9	23
Celková tlaková ztráta na hlavním odvodním potrubí												23

Odvodní potrubí z místnosti 102												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
14	345	3,1	4	198	200	3,1	0,024	45 872	2,7	0,3	1,5	4,2
15	230	2,0	0,35	202	200	2,0	0,025	30 581	0,1	0,2	0,4	0,6
16	200	2,0	1,35	188	200	1,8	0,026	26 592	0,3	0,2	0,3	0,6
18	70	1,5	0,45	128	150	1,1	0,031	12 410	0,1	-0,1	0,0	0,0
Celková tlaková ztráta na odvodním potrubí z místnosti 102												5,5

Odvodní potrubí z místnosti 103												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
14	345	3,1	4	198	200	3,1	0,024	45 872	2,7	0,3	1,5	4,2
15	230	2,0	0,35	202	200	2,0	0,025	30 581	0,1	0,2	0,4	0,6
16	200	2,0	1,35	188	200	1,8	0,020	26 592	0,3	0,2	0,3	0,6
17	130	1,5	1,55	175	200	1,1	0,028	17 285	0,2	0,4	0,3	0,5
Celková tlaková ztráta na odvodním potrubí z místnosti 103												5,9

Odvodní potrubí z místnosti 106												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
14	345	3,1	4	198	200	3,1	0,024	45 872	3	0,3	1,5	4,2
15	230	2,0	0,35	202	200	2,0	0,025	30 581	0	0,2	0,4	0,6
19	30	1,5	3,5	84	100	1,1	0,035	7 978	1	-0,1	-0,1	0,8
Celková tlaková ztráta na odvodním potrubí z místnosti 102												5,6

Odvodní potrubí z místnosti 203												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
14	345	3,1	4	198	200	3,1	0,024	45 872	2,7	0,3	1,5	4,2
20	115	2,0	5,1	143	150	1,8	0,028	20 387	1,9	0,5	1,0	2,9
22	40	2,0	1,3	84	100	1,4	0,033	10 637	0,5	0,2	0,2	0,7
Celková tlaková ztráta na odvodním potrubí z místnosti 203												7,9

Odvodní potrubí z místnosti 204												
číslo úseku	V	w _{zvol}	l	d _{vyp}	d _{zvol}	w _{skut}	λ	Re	Δp _z	ξ _x	Δp _ξ	Δp _z +Δp _ξ
	m ³ h ⁻¹	ms ⁻¹	m	mm	mm	ms ⁻¹	Wm ⁻¹ K ⁻¹	-	Pa	-	Pa	Pa
14	345	3,1	4	198	200	3,1	0,024	45 872	2,7	0,3	1,5	4,2
20	115	2,0	5,1	143	150	1,8	0,028	20 387	1,9	0,5	1,0	2,9
21	75	2,0	0,5	115	150	1,2	0,030	13 296	0,1	0,3	0,3	0,3
Celková tlaková ztráta na odvodním potrubí z místnosti 204												7,5

P8 - Nomogramy pro zaregulování talířových ventilů

