

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**STUDIE VYTÁPĚNÍ ČINŽOVNÍHO  
DOMU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pompl** Jméno: **Dominik** Osobní číslo: **438345**  
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
 Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**  
 Studijní program: **Strojní inženýrství**  
 Studijní obor: **Technika životního prostředí**

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Studie vytápění činžovního domu**

Název diplomové práce anglicky:

**Study of the Block of Flats Heating**

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte studii vytápění činžovního domu s možností kalorimetrického měření spotřeby tepla pro jednotlivé zúčtovací jednotky. Neopominutelnou součástí bude řešení centrálního větrání posilovny a přirozené větrání jednotlivých bytových jednotek. Pozornost věnujte vhodné volbě zdroje tepla, řízení jeho výkonu a nadřazenému systému regulace.

Seznam doporučené literatury:

Bašta, J.: Velkoplošné sálavé vytápění. Grada Publishing, a.s., Praha 2010, 128s., ISBN 978-80-247-3524-5.  
 Bašta, J.: Regulace v technice prostředí staveb. Česká technika, nakladatelství ČVUT, Praha 2014, 194s., ISBN 978-80-01-05455-0  
 Bašta, J.: Otopné plochy Otopná tělesa. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2016. 204 s. ISBN 978-80-01-05943-2.  
 Bašta, J., Kabele, K.: Otopné soustavy teplovodní Sešit projektanta. Třetí přepracované vydání. STP 2008, ISBN 978-80-02-02064-6, 96 s.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D., ústav techniky prostředí FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **31.07.2020**

Platnost zadání diplomové práce:

prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

**30.04.2020**

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval všem, kteří mi zapůjčili potřebnou literaturu nebo mě jakkoliv podpořili při psaní této diplomové práce. Zejména děkuji panu **prof. Ing. Jiřímu Baštovi, Ph.D.** za jeho odborné vedení, zapůjčení potřebné literatury a užitečné rady při zpracování této diplomové práce. Děkuji i své rodině a přítelkyni za jejich podporu a trpělivost po celou délku mého studia.

## **Anotace**

Tématem této diplomové práce je studie vytápění činžovního domu. Pozornost se věnuje tepelně-technickým vlastnostem objektu a jejich souladu s normou ČSN 73 0540. Součástí práce je návrh otopné soustavy a řešení přípravy teplé vody. Nedílnou součástí je volba zdroje tepla, návrh řízení zdroje tepla včetně regulace otopné soustavy, a také návrh větrání prostorů v suterénu.

## **Summary**

The topic of this master's thesis is the study of heating of the apartment building. Attention is paid to the thermal-technical properties of the building and their compliance with the standard ČSN 73 0540. Part of the work is the design of the heating system and the solution of hot water preparation. Integral part is the choice of the heat source, design of control of the heat source including control of the heating system and also design of ventilation spaces in the basement.

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Studie vytápění činžovního domu“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jiřího Bašty, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 28. 7. 2020

.....

Dominik Pompl

## Obsah

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ .....	10
1 ÚVOD .....	17
2 POPIS OBJEKTU .....	18
2.1 Konstrukce budovy .....	19
2.2 Tepelně-technické vlastnosti budovy .....	24
3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT .....	26
4 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE .....	32
4.1 Výpočet polohy slunce .....	32
4.2 Intenzita sluneční radiace .....	33
4.3 Intenzita sluneční radiace procházející standardním zasklením .....	35
4.4 Výpočet teploty venkovního vzduchu .....	35
4.5 Tepelná zátěž okny .....	36
4.5.1 Prostup tepla oknem konvekcí .....	36
4.5.2 Prostup tepla oknem radiací .....	36
4.5.3 Tepelné zisky stěnami .....	38
4.6 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla .....	40
4.6.1 Tepelné zisky od osob .....	40
4.6.2 Tepelné zisky od osvětlení .....	40
4.6.3 Tepelné zisky od elektronického vybavení .....	41
4.6.4 Tepelné zisky od technologie .....	41
4.7 Souhrn tepelných zisků .....	41
5 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE POSILOVNY .....	42
5.1 Třídění klimatizačních systémů .....	42
5.2 Volba klimatizačního systému .....	42
5.3 Požadavky na provoz větrání a klimatizace .....	43
5.3.1 Dimenzování zařízení z hlediska výměny čerstvého vzduchu .....	43

5.3.2 Ochrana zdraví proti hluku a vibracím .....	44
5.4 Volba indukční jednotky .....	45
5.5 Volba odváděcího prvku .....	47
5.6 Výpočet tlakových ztrát .....	47
5.6.1 Tlaková ztráta třením.....	47
5.6.2 Místní tlaková ztráta .....	49
5.6.3 Celková tlaková ztráta .....	49
5.6.4 Návrh potrubní sítě .....	49
5.7 Regulace .....	50
5.8 Návrh vzduchotechnické jednotky .....	52
5.8.1 Vstupní parametry pro návrh.....	53
5.9 Koncepce řešení vzduchotechniky .....	54
5.10 Protihluková opatření.....	55
5.11 Zakreslení stavů vzduchu v $h-x$ diagramu.....	56
5.11.1 Letní provoz.....	57
5.11.2 Zimní provoz .....	59
5.11.3 Chladicí a tepelné výkony indukčních jednotek.....	60
5.12 Zdroj chladu .....	60
5.13 Protipožární opatření.....	61
5.14 Požadavky na navazující profese .....	61
<b>6 VYTÁPĚNÍ BYTOVÝCH JEDNOTEK.....</b>	<b>63</b>
6.1 Třídění otopných soustav .....	63
6.2 Volba otopné soustavy .....	64
6.3 Návrh otopných těles.....	64
6.4 Tepelný výkon otopného tělesa.....	66
6.5 Přepočet tepelného výkonu .....	67
6.5.1 Opravný součinitel na teplotní rozdíl .....	67

6.5.2 Opravný součinitel na připojení tělesa .....	68
6.5.3 Opravný součinitel na úpravu okolí .....	69
6.5.4 Opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru .....	70
6.5.5 Výsledky přepočtů tepelného výkonu .....	70
6.6 Výpočet tlakových ztrát .....	72
6.6.1 Návrh potrubní sítě .....	74
6.6.2 Vyvážení bytových okruhů.....	75
6.6.3 Vyvážení okruhů vedoucích do bytových jednotek .....	78
7 VYVÁŽENÍ ROZVODŮ VE VZDUCHOTECHNICE.....	80
8 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY .....	81
8.1 Návrh velikosti akumulčního zásobníku .....	81
8.2 Výběr zásobníku teplé vody .....	85
9 ZDROJ TEPLA.....	87
10 POJISTNÉ A ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ .....	90
10.1 Pojistné zařízení .....	90
10.2 Zabezpečovací zařízení .....	91
11 REGULACE .....	94
11.1 Návrh termohydraulického rozdělovače .....	94
11.2 Návrh trojcestných ventilů .....	95
11.3 Návrh oběhových čerpadel.....	97
11.3.1 Kotlový okruh.....	97
11.3.2 Okruh vzduchotechnické jednotky .....	98
11.3.3 Okruh indukčních jednotek .....	98
11.3.4 Otopný okruh na stoupacím potrubí 01 .....	99
11.3.5 Otopný okruh na stoupacím potrubí 02 .....	99
12 SPALINOVÁ CESTA .....	101
12.1 Plynový kondenzační kotel .....	101



12.2 Plynový ohřivač vody .....	102
12.2.1 Výpočet spalovacího vzduchu .....	102
13 MĚŘENÍ TEPLA .....	104
14 POTŘEBA TEPLA A PALIVA .....	106
14.1 Potřeba tepla na vytápění .....	106
14.2 Potřeba tepla na přípravu teplé vody .....	108
14.3 Potřeba paliva .....	109
14.4 Provozní náklady .....	109
15 ZÁVĚR .....	110
16 SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH .....	111
17 SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE .....	112
18 SEZNAM OBRÁZKŮ .....	113
19 SEZNAM TABULEK .....	115
20 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	116

**SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ**

$A$	- amplituda kolísání teplot venkovního vzduchu	[K]
$A_g$	- plocha podlahové desky	[m <sup>2</sup> ]
$A_k$	- plocha stavební části (k)	[m <sup>2</sup> ]
$B'$	- geometrický parametr podlahové desky	[m]
$C$	- korekce	[-]
$D$	- množství vzduchu na osobu	[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> os.]
	- minimální vnitřní průměr THR	[m]
$D_i$	- útlum elementu	[dB]
$H$	- výška zasklené části okna	[m]
$H_{T,ia}$	- měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru (a)	[W.K <sup>-1</sup> ]
$H_{T,iaBE}$	- měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedních funkčních částí budovy považované za nevytápěné (ae)	[W.K <sup>-1</sup> ]
$H_{T,iae}$	- měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí přes sousední nevytápěný prostor (ae)	[W.K <sup>-1</sup> ]
$H_{T,ie}$	- měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e)	[W.K <sup>-1</sup> ]
$H_{T,ig}$	- měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)	[W.K <sup>-1</sup> ]
$H_s$	- spalné teplo	[kWh.m <sup>-3</sup> ]
$H_u$	- výhřevnost	[kWh.m <sup>-3</sup> ]
	- výhřevnost paliva	[MJ.m <sup>-3</sup> ]
$I_0$	- solární konstanta	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_c$	- intenzita celkové sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_d$	- intenzita difúzní sluneční radiace	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_D$	- intenzita přímé sluneční radiace	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_{DS}$	- intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_o$	- celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_{od}$	- intenzita difúzní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením	[W.m <sup>-2</sup> ]
$K$	- konstanta syté vodní páry při otvíracím přetlaku pojistného ventilu	[kW.mm <sup>-2</sup> ]
$L$	- šířka zasklené části okna	[m]
$L_p$	- hladina akustického tlaku	[dB]
$L_w$	- hladina akustického výkonu	[dB]

$M$	- číslo měsíce	[-]
	- hmotnost obvodových stěn (bez venkovní stěny), podlahy a stropu, které přicházejí do úvahy pro akumulaci	[kg]
$\dot{M}_s$	- vlhkostní zisky od osob	[g.h <sup>-1</sup> ]
$N$	- počet pracovních dní soustavy teplé vody	[den]
$O$	- obvod potrubí	[m]
$P$	- nechráněný obvod podlahové desky	[m]
$P_z$	- tepelný výkon zdroje tepla	[W]
$Q_{2p}$	- teplo odebrané z ohřívače teplé vody	[kWh.den <sup>-1</sup> ]
$Q_{2t}$	- teoretické teplo odebrané z ohřívače teplé vody	[kWh.den <sup>-1</sup> ]
$Q_{2z}$	- teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody	[kWh.den <sup>-1</sup> ]
$Q_d$	- teoretická potřeba tepla na vytápění	[J]
$Q_{d,skut}$	- skutečná potřeba tepla na vytápění	[J]
$Q_n$	- jmenovitý tepelný výkon spotřebiče	[kW]
$Q_N$	- jmenovitý tepelný výkon otopného tělesa	[W]
	- jmenovitý výkon zdroje tepla	[kW]
$Q_{ot}$	- tepelný výkon otopného tělesa	[W]
$Q_P$	- pojistný výkon	[kW]
$Q_{pr,c}$	- chladičí výkon primárního vzduchu	[W]
$Q_{pr,h}$	- tepelný výkon primárního vzduchu	[W]
$Q_{sk}$	- skutečný tepelný výkon otopného tělesa	[W]
$Q_{t,c}$	- celkový chladičí výkon	[W]
$Q_{t,h}$	- celkový tepelný výkon	[W]
$Q_{teor,TV}$	- teoretická potřeba tepla pro přípravu teplé vody	[kWh]
$Q_{w,c}$	- chladičí výkon na straně vody	[W]
$Q_{w,h}$	- tepelný výkon na straně vody	[W]
$Q_{za}$	- tepelné zisky	[W]
$Q_{zt}$	- tepelná ztráta místnosti	[W]
$\dot{Q}$	- přenášený tepelný výkon	[W]
	- tepelný výkon otopného tělesa	[W]
$\dot{Q}_{che}$	- požadovaný výkon vodního chladiče ve VZT jednotce	[kW]
$\dot{Q}_{ohe}$	- požadovaný výkon vodního ohřívače ve VZT jednotce	[kW]
$\dot{Q}_{ok}$	- tepelné zisky konvekcí oknem	[W]
$\dot{Q}_{or}$	- tepelné zisky radiací oknem	[W]
$\dot{Q}_{orm}$	- hodnota průměrných tepelných zisků radiací v době provozu	[W]
$\dot{Q}_{ormax}$	- hodnota maximálních tepelných zisků radiací	[W]
$\sum \dot{Q}_{ori}$	- součet všech tepelných zisků v době provozu zařízení	[W]
$\dot{Q}_s$	- prostup tepla stěnou	[W]
$\left(\frac{Q_1}{\tau}\right)_{max}$	- maximální sklon křivky dodávky tepla během periody	[W]
$P_V$	- autorita ventilu	[-]

$R$	- měrná tlaková ztráta třením (tlakový spád)	$[\text{Pa}\cdot\text{m}^{-1}]$
$R_n$	- tepelný odpor stavební konstrukce	$[\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$
$R_{si}$	- tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	$[\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$
$R_{se}$	- tepelný odpor při přestupu tepla na venkovní straně	$[\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}]$
$Re$	- Reynoldsovo číslo	$[-]$
$S$	- průřez potrubí	$[\text{m}^2]$
$S_L$	- teplosměnná plocha na straně vzduchu otopného tělesa	$[\text{m}^2]$
$S_o$	- plocha okna včetně rámu	$[\text{m}^2]$
$S_{os}$	- osluněný povrch okna	$[\text{m}^2]$
$S_O$	- průřez sedla pojistného ventilu pro páru	$[\text{mm}^2]$
$S_{st}$	- plocha stěny	$[\text{m}^2]$
$T_d$	- celková propustnost difúzní sluneční radiace standardním zasklením	$[-]$
$T_D$	- celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardním zasklením	$[-]$
$U$	- součinitel prostupu tepla	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
$U_d$	- součinitel prostupu tepla dveří	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
	- potřeba paliva na vytápění a přípravu teplé vody	$[\text{m}^3]$
$U_{equiv,k}$	- ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části (k) v kontaktu se zeminou	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
$U_g$	- součinitel prostupu tepla zasklení	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
$U_k$	- součinitel prostupu tepla stavební části (k)	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
$U_{N,20}$	- požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla v ČSN 73 0540-2	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
$U_o$	- součinitel prostupu tepla oknem	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
$U_{rec,20}$	- doporučená hodnota součinitele prostupu tepla v ČSN 73 0540-2	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
$U_{st}$	- součinitel prostupu tepla stěnou	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
$V_{2p}$	- celková potřeba teplé vody	$[\text{m}^3\cdot\text{den}^{-1}]$
$V_{2p,f}$	- potřeba teplé vody na měrnou jednotku	$[\text{m}^3\cdot\text{den}^{-1}]$
$V_{EN-T}$	- objem expanzní tlakové nádoby	$[\text{l}]$
$V_i$	- vnitřní objem místnosti (i)	$[\text{m}^3]$
$V_{os}$	- celkový vodní objem soustavy	$[\text{l}]$
$V_s$	- množství spalovacího vzduchu	$[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$
$V_z$	- objem zásobníku teplé vody	$[\text{m}^3]$
$\dot{V}$	- objemový průtok	$[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$
$\dot{V}_e$	- průtok venkovního vzduchu	$[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$
$\dot{V}_{ob}$	- průtok oběhového vzduchu	$[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$
$\dot{V}_{pr}$	- průtok primárního vzduchu	$[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$
$\dot{V}_{prim}$	- objemový průtok primárního okruhu	$[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$
$\dot{V}_{sek}$	- objemový průtok sekundárního okruhu	$[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$
$Z$	- místní tlaková ztráta	$[\text{Pa}]$

$a$	- sluneční azimut	[°]
	- šířka potrubí	[m]
$b$	- výška potrubí	[m]
$c$	- hloubka okna vzhledem k horní stínící desce	[m]
	- teplotní podílový součinitel	[-]
$c_o$	- korekce na čistotu atmosféry	[-]
$c_p$	- měrná tepelná kapacita vzduchu	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$c_w$	- měrná tepelná kapacita vody	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$d$	- hloubka okna vzhledem k bočním stínícím deskám	[m]
	- vnitřní průměr potrubí	[m]
	- průměr potrubí	[m]
	- počet dnů v otopném období	[dny]
	- tloušťka stěny	[m]
$d_{ekv}$	- ekvivalentní průměr	[m]
$d_V$	- vnitřní průměr pojistného potrubí pro páru	[mm]
$e_1, e_2$	- délky stínů v okenním otvoru od okraje slunolamů	[m]
$e_d$	- opravný součinitel na zkrácení doby provozu otopné soustavy při přerušovaném vytápění	[-]
$e_i$	- opravný součinitel na nesoučasnost tepelné ztráty větráním a prostupem	[-]
$e_t$	- opravný součinitel na snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění	[-]
$f$	- odstup vodorovné části okna od slunolamů	[m]
$f_{ia(...),k}$	- teplotní opravný činitel	[-]
$f_{ie,k}$	- teplotní opravný činitel	[-]
$f_{ig,k}$	- teplotní opravný činitel	[-]
$f_{GW,k}$	- opravný činitel zohledňující vliv spodní vody	[-]
$f_o$	- opravný součinitel na úpravu okolí	[-]
$f_p$	- opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru	[-]
$f_{U,k}$	- opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných U-hodnot	[-]
$f_x$	- opravný součinitel na připojení tělesa	[-]
$f_{\theta_{ann}}$	- opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku	[-]
$f_{\Delta t}$	- opravný součinitel na teplotní rozdíl	[-]
$g$	- odstup svislé části okna od slunolamů	[m]
	- tíhové zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
$h$	- výška slunce nad obzorem	[°]
	- výška od středu expanzní nádoby do nejvyššího bodu soustavy	[m]
	- účinná výška komína	[m]
$h_{pr}$	- entalpie primárního vzduchu	[kJ.kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]

$h_{zzt}$	- entalpie vzduchu po zpětném získávání tepla	[kJ.kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]
$k_v$	- jmenovitý průtok při maximálním otevření armatury	[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]
$l$	- délka potrubí	[m]
$m$	- součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou	[-]
$\dot{m}$	- hmotnostní průtok	[kg.s <sup>-1</sup> ]
$\dot{m}_p$	- pojistný průtok pro páru	[kg.h <sup>-1</sup> ]
$\dot{m}_w$	- hmotnostní průtok vody otopným tělesem	[kg.s <sup>-1</sup> ]
$n$	- počet přítomných osob	[-]
	- počet článků	[-]
	- počet hodin provozu	[h]
	- počet měrných jednotek	[-]
	- teplotní exponent tělesa	[-]
	- součinitel zvětšení objemu	[-]
$n_{min,i}$	- minimální intenzita větrání místnosti (i)	[h <sup>-1</sup> ]
$p_b$	- barometrický tlak	[kPa]
$p_d$	- dynamický tlak	[Pa]
$p_{d,dov,A}$	- nejnižší dovolený absolutní tlak	[kPa]
$p_{d,seř}$	- seřizovací přetlak na straně vzdušiny	[kPa]
$p_{h,dov,A}$	- nejvyšší dovolený absolutní tlak	[kPa]
$p_{otv}$	- otevírací přetlak pojistného ventilu	[kPa]
$p_s$	- statický komínový tah	[Pa]
$q_{v,min,i}$	- minimální objemový průtok vzduchu místnosti (i)	[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]
$r$	- výparné teplo páry při otvíracím přetlaku pojistného ventilu	[kWh.kg <sup>-1</sup> ]
$s$	- stínicí součinitel	[-]
$s_n$	- tloušťka stěny stavební konstrukce	[m]
$t_1$	- teplota studené vody	[°C]
$t_{1,léto}$	- teplota studené vody v létě	[°C]
$t_{1,zima}$	- teplota studené vody v zimě	[°C]
$t_2$	- teplota teplé vody	[°C]
$t_e$	- teplota venkovního vzduchu (venkovního prostředí)	[°C]
$t_{emax}$	- maximální teplota v příslušném měsíci	[°C]
$t_i$	- teplota vnitřního prostředí (okolního vzduchu)	[°C]
$t_{max}$	- maximální teplota v soustavě	[°C]
$t_{pr}$	- teplota primárního vzduchu	[°C]
$t_r$	- rovnocenná sluneční teplota venkovního vzduchu	[°C]
$t_{rm}$	- průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin	[°C]
$t_{r\psi}$	- rovnocenná sluneční teplota v době o $\psi$ dřívější	[°C]
$t_{w1}$	- teplota vstupní vody	[°C]
$t_{w2}$	- teplota výstupní vody	[°C]
$t_{wm}$	- střední teplota vody	[°C]

$t_{zzt}$	- teplota vzduchu po zpětném získávání tepla	[°C]
$w$	- rychlost dopravovaného vzduchu	[m.s <sup>-1</sup> ]
	- rychlost proudění vody	[m.s <sup>-1</sup> ]
$w_{ek}$	- optimální rychlost	[m.s <sup>-1</sup> ]
$x_i$	- měrná vlhkost vnitřního vzduchu	[g.kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]
$x_p$	- měrná vlhkost vzduchu přiváděného do místnosti	[g.kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]
$z$	- součinitel znečištění atmosféry	[-]
	- hloubka horní hrany podlahové desky pod úrovní zeminy	[m]
	- poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci teplé vody	[-]
$\alpha$	- úhel stěny s vodorovnou rovinou, vzatý na straně odvrácené od slunce	[°]
$\alpha_e$	- součinitel přestupu tepla na venkovní straně stěny	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$\alpha_v$	- výtokový součinitel pojistného ventilu	[-]
$\gamma$	- azimutový úhel normály stěny, vzatý stejně jako sluneční azimut	[°]
$\delta$	- sluneční deklinace	[°]
$\delta t$	- jmenovitý teplotní rozdíl	[K]
$\Delta p$	- tlaková ztráta armatury	[kPa]
$\Delta p_c$	- celková tlaková ztráta	[Pa]
$\Delta p_{\check{c}}$	- dopravní tlak oběhového čerpadla	[Pa]
$\Delta p_m$	- tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
$\Delta p_N$	- tlaková ztráta 100 kPa	[kPa]
$\Delta p_t$	- tlaková ztráta třením	[Pa]
$\Delta p_{var}$	- tlaková ztráta úseku s proměnným variabilním průtokem	[kPa]
$\Delta p_{zo}$	- celková tlaková ztráta okruhu	[Pa]
$\Delta p_{\rho}$	- účinný tlak okruhu	[Pa]
$\Delta Q_{max}$	- maximální rozdíl mezi křivkou dodávky $Q_1$ a odběru tepla $Q_2$	[kWh]
$\Delta \dot{Q}$	- snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken	[W]
$\Delta t$	- maximální přípouštěné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru	[K]
	- aritmeticky určený rozdíl teplot	[K]
$\Delta t_{ln}$	- logaritmicky určený rozdíl teplot	[K]
$\Delta t_{max}$	- maximální rozdíl teplot v soustavě	[K]
$\Delta t_N$	- aritmeticky určený rozdíl teplot při jmenovitých podmínkách	[K]
$\Delta t_{N,ln}$	- logaritmicky určený rozdíl teplot při jmenovitých podmínkách	[K]
$\Delta U_{TB}$	- přírážka na vliv tepelných vazeb	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$\varepsilon$	- součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci	[-]

$\eta$	- stupeň využití expanzní nádoby	[-]
	- účinnost spotřebiče	[-]
$\eta_K$	- účinnost zdroje tepla (kotle)	[-]
$\eta_O$	- účinnost obsluhy (regulace)	[-]
$\eta_R$	- účinnost rozvodu tepelné energie	[-]
$\theta$	- úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků	[°]
$\theta_e$	- venkovní výpočtová teplota	[°C]
$\theta_{e,m}$	- průměrná venkovní teplota za otopné období	[°C]
$\theta_{ia(...)}$	- teplota sousedního prostoru	[°C]
$\theta_{int,i}$	- vnitřní výpočtová teplota	[°C]
$\theta_{is}$	- průměrná vnitřní teplota objektu	[°C]
$\lambda_0$	- součinitel třecích ztrát pro kruhové potrubí	[-]
$\lambda$	- součinitel třecích ztrát	[-]
	- potřebný přebytek vzduchu pro spalování	[-]
$\lambda_n$	- součinitel tepelné vodivosti stěny stavební konstrukce	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$\nu$	- kinematická viskozita	[m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$\nu_l$	- rychlost vzduchu v pobytové zóně	[m.s <sup>-1</sup> ]
$\xi$	- součinitel místní ztráty	[-]
$\rho_{15}$	- hustota okolního vzduchu	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$\rho_{142}$	- hustota vzduchu vstupující do komína	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$\rho_p$	- hustota vzduchu	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$\rho_w$	- hustota vody	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$\tau$	- čas	[h]
	- sluneční čas	[h]
$\Phi_c$	- celková tepelná ztráta objektu	[W]
$\Phi_{gain,i}$	- trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru (i)	[W]
$\Phi_{HL,i}$	- návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru (i)	[W]
$\Phi_{hu,i}$	- volitelný dodatečný zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru v případě přerušovaného vytápění (i)	[W]
$\Phi_{T,i}$	- návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru (i)	[W]
$\Phi_{V,i}$	- návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i)	[W]
$\varphi$	- relativní vlhkost	[%]
$\psi$	- fázové posunutí teplotních kmitů	[h]

**Pro teplotu platí značení  $\theta = t$ .**



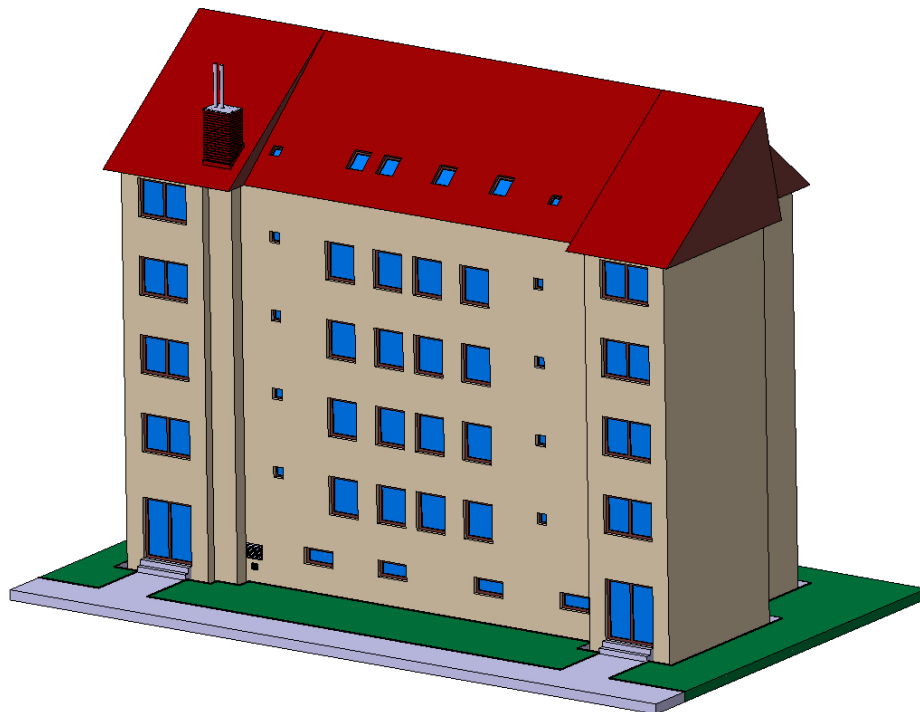
## 1 ÚVOD

Trendem poslední doby je snižování spotřeby energií. Jelikož velká část této spotřeby připadá na vytápění, plno lidí přemýšlí, jak ušetřit za vytápění. V rámci úsporných opatření lze snížit spotřebu například zvýšením účinnosti, tj. výměnou starého kotle za nový, nebo izolováním rozvodů. Jako první ale většinu lidí napadne lepší zateplení a výměna oken za kvalitnější, tj. snížit potřebu tepla. Na co však většina lidí ale zapomíná, je to, že výměnou tepelné izolace to nekončí, ale teprve začíná. Změnou tepelně-technických vlastností objektu dojde ke snížení tepelných ztrát. Ale stávající otopná soustava v objektu je dimenzována na jiné podmínky a pravděpodobně se poté bude muset navrhnout nová nebo alespoň znovu hydraulicky vyvážit a posunout ekvitermní křivku. Tím, že by neproběhla rekonstrukce celé otopné soustavy, tak by otopná tělesa, zdroj tepla a další věci mohly být značně předimenzované. To by vedlo k neekonomickému provozu celého objektu.

Tato diplomová práce se zabývá celkovou rekonstrukcí domu, včetně otopné soustavy. První podzemní podlaží bylo využíváno jako sklepní kóje, ale s dosavadním použitím se už nepočítá a bude tam umístěna posilovna. Nadzemní podlaží jsou vedena jako bytové jednotky. Zvážit se musí dosavadní tepelně-technický stav budovy, a pokud to bude nutné, navrhnout protiopatření. Poté se v další kapitole výpočítají tepelné ztráty. Na novou vypočítanou tepelnou ztrátu bude poté navržena otopná soustava. Součástí práce bude větrání a klimatizace podzemního podlaží, kde je umístěna posilovna. Jelikož si investor nepřeje otopná tělesa v posilovně, tak tepelné ztráty bude hradit vzduchotechnika. V další části bude navržen zdroj tepla. Dosud byl v bytovém domě používán pro vytápění plynový kotel. S výměnou zdroje tepla bude řešena příprava teplé vody s ohledem na změnu sklepních kójí na posilovnu bude potřeba teplé vody vyšší, protože v posilovně se budou nacházet další zařizovací předměty. Naváže na to kapitola měření spotřeby tepla. Pro zdroj tepla budou ověřeny technické vlastnosti pojistného a pro otopnou soustavu zabezpečovacího zařízení, a pokud je zdroj tepla sám neobsahuje, budou navrženy. V další části práce bude kontrola spalinové cesty a vybrání komínového systému. U celého objektu bude na závěr navržen nadřazený systém regulace. Nakonec bude vypočítána celková potřeba tepla a paliva a vyčíslení nákladů na provoz celého objektu.

## 2 POPIS OBJEKTU

Bytový dům je cihelná stavba z 50. let nacházející se ve městě Benešov u Prahy. Dům má pět nadzemních podlaží a jedno podzemní podlaží. Domem prostupují dva komíny. Střecha je sedlová, se sklonem 40°. Přesah střechy činí 0,5 metru. Výška místností v nadzemních podlažích je 2,6 metru, v suterénu 2,8 metru. Dům je částečně podsklepen, výška stěny nad úrovní zeminy je 1,3 metru. Suterén se skládá ze dvou částí, které jsou navzájem oddělené. Jedna část je určena pro prostory posilovny, kde budou 3 místnosti určené pro cvičení. Jedna místnost slouží jako recepce. Poté jsou tam dvě šatny, jedna pro muže, druhá pro ženy, s navazujícími místnostmi pro umývárny a záchod. Druhá část sestává z chodby a strojovny, která je určena pro zdroj tepla, přípravu teplé vody a vzduchotechnickou jednotku. Nadzemní podlaží se skládají vždy ze dvou samostatných bytů, 2+1 a 4+1. Ke každému bytu vede schodiště a vlastní vchod na jedné straně domu. Každým bytem prochází šachta pro vedení inženýrských sítí o rozměru 0,9 × 0,4 m. Každý jednotlivý byt obsahuje stejné zařizovací předměty, a to záchod, umyvadlo, vanu a dřez. Bytový dům je možné vidět na obrázku č. 1.



*Obr. 1 Bytový dům*

Legendu místností je možné vidět v tabulce č. 1. Místnosti v 2.NP až 5.NP mají stejnou dispozici jako v 1.NP. V pátém nadzemním podlaží, i když tam jsou podkrovní byty pod šikmou střechou, tak mají místnosti světlou výšku všude větší než 1,2 m. Podle Vyhlášky č. 268/2009 Sb., ve znění pozdějších předpisů, podlahová plocha proto zůstává nezměněna oproti nižším podlažím.

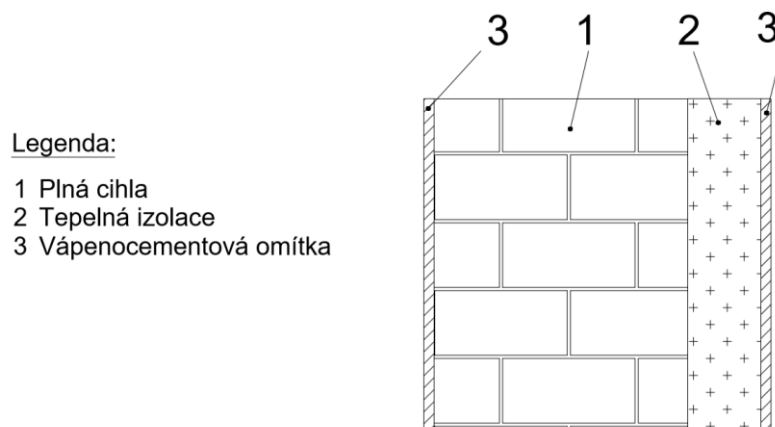
Tab. 1 Legenda místností

Podlaží	Byt	Název místnosti	Číslo místnosti	Plocha místnosti [m <sup>2</sup> ]	
1.PP		Recepce	-001-	22,36	
		Záchod	-002-	1,07	
		Dámská šatna	-003-	6,17	
		Umývárna	-004-	3,48	
		Umývárna	-005-	3,48	
		Pánská šatna	-006-	6,17	
		Záchod	-007-	1,07	
		Cvičící místnost	-010-	9,18	
		Cvičící místnost	-011-	44,72	
		Cvičící místnost	-012-	16,94	
		1.NP		Strojovna	-008-
Chodba	-009-			5,78	
2+1			Předsíň	-101-	10,7
			Záchod	-102-	1,36
			Koupelna	-103-	3,79
			Kuchyň	-104-	8,56
			Obývací pokoj	-113-	14,17
			Ložnice	-114-	13,25
4+1			Obývací pokoj	-105-	14,95
			Kuchyň	-106-	8,96
			Záchod	-107-	1,36
			Koupelna	-108-	3,79
			Předsíň	-109-	9,77
		Dětský pokoj 1	-110-	12,99	
		Dětský pokoj 2	-111-	15,1	
		Ložnice	-112-	13,79	

## 2.1 Konstrukce budovy

### Obvodová stěna

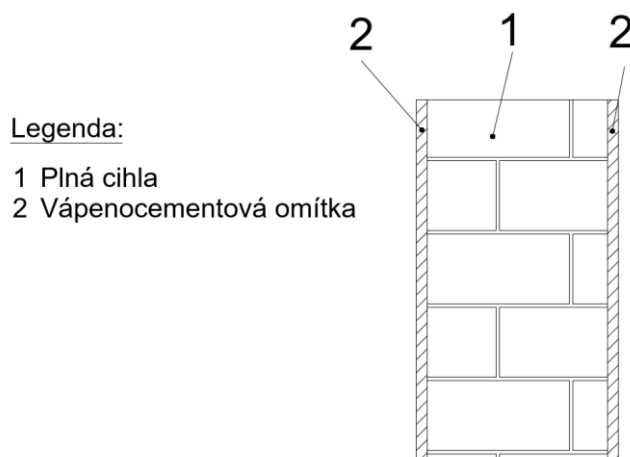
Základním materiálem stěny jsou plné pálené cihly o tloušťce 380 mm. Na to je z venkovní strany dána tepelná izolace. Bez tepelné izolace by tato stavební konstrukce nebyla v souladu s požadavky normy ČSN 73 0540-2, proto byl vybrán pěnový polystyren Isover EPS 70F od společnosti ISOVER se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a o tloušťce 110 mm. Z venkovní i vnitřní strany je poté nanášena vápenocementová omítka.



*Obr. 2 Skladba obvodové stěny*

### ***Nosná stěna***

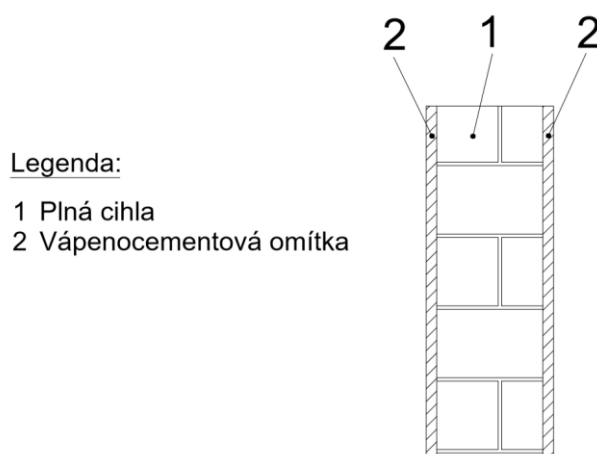
Nosná stěna se skládá z plné pálené cihly o tloušťce 250 mm, a vápenocementové omítky nanesené z obou stran.



*Obr. 3 Skladba nosné stěny*

### ***Příčka***

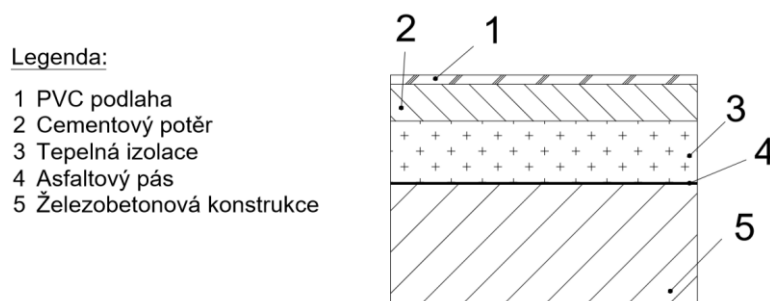
Příčky se v bytovém domě skládají z plné pálené cihly o tloušťce 150 mm, a vápenocementové omítky nanesené z obou stran.



Obr. 4 Skladba příčky

**Podlaha přilehlá k zemině**

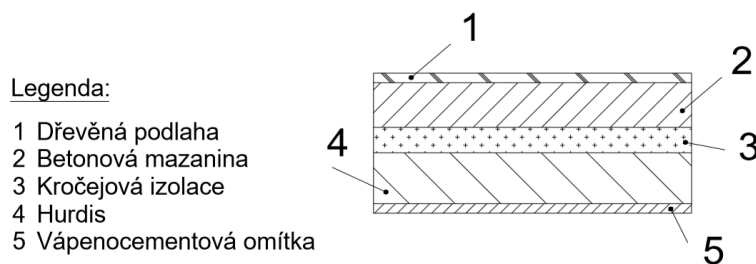
Podlahou přilehlé k zemině se myslí podlahová konstrukce v 1.PP. Základem je železobetonová konstrukce o tloušťce 200 mm. Na ni je nalepen asfaltový pás. Poté se umístí pěnový polystyren o tloušťce 100 mm od stejné společnosti jako u obvodové zdi. Na izolaci je cementový potěr o tloušťce 60 mm. Nakonec je na cementový potěr umístěna PVC podlaha.



Obr. 5 Skladba podlahy přilehlé k zemině

**Podlaha vnitřní**

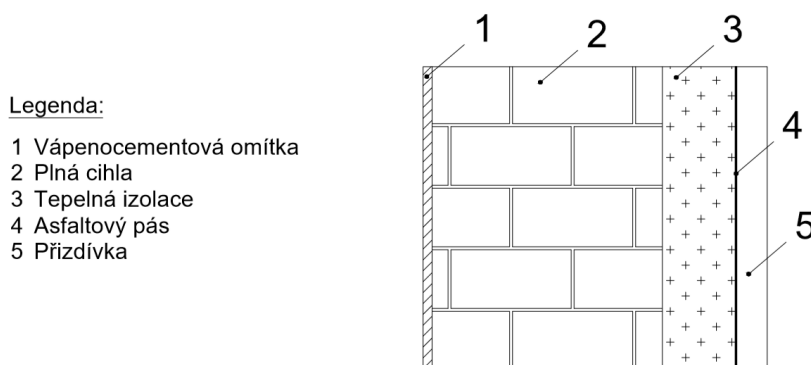
Podlahou vnitřní se myslí podlahová konstrukce mezi jednotlivými podlažími. Základním materiálem jsou stropní desky Hurdis o tloušťce 80 mm. Na desky je umístěna kročejová izolace, která tlumí přenos hluku do obytných místností. Izolace byla vybrána Isover N od společnosti ISOVER se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a o tloušťce 40 mm. Na tu je dána betonová mazanina o tloušťce 70 mm a z jedné strany je nanесena vápenocementová omítka a z druhé dřevěná podlaha.



Obr. 6 Skladba podlahy vnitřní

### ***Stěna přilehlá k zemině***

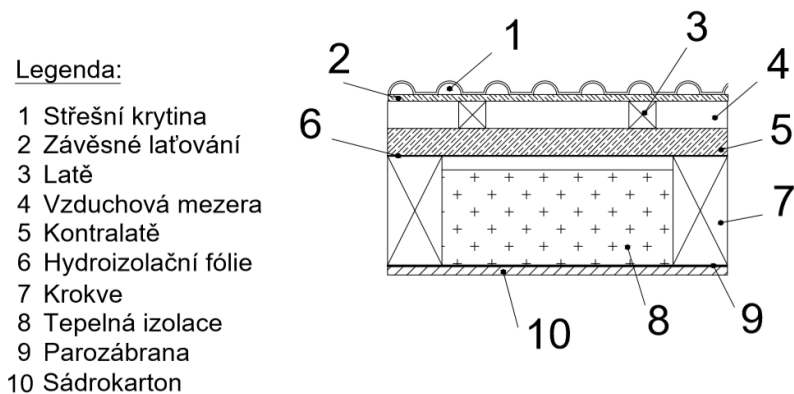
Stěnou přilehlé k zemině se myslí stěna v 1.PP. Základem je plná pálená cihla o tloušťce 380 mm. Poté je z vnější strany nanesen pěnový polystyren Isover EPS 70F o tloušťce 120 mm. Na izolaci je nalepen asfaltový pás. Na konci je přízdívka z plných pálených cihel o tloušťce 50 mm. Z vnitřní strany stěny je nanesena vápenocementová omítka.



Obr. 7 Skladba stěny přilehlé k zemině

### ***Šikmá střecha***

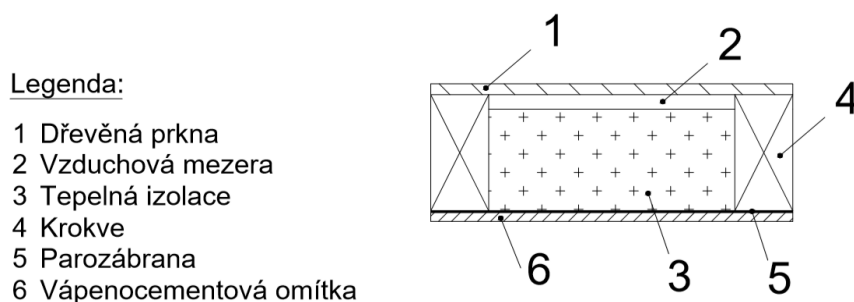
Šikmá střecha se skládá z krokví, latí, střešní krytiny a tepelné izolace. Jako izolace je použit pěnový polystyren Isover EPS 70F o tloušťce 140 mm. Mezi závěsným latěním a kontralatěmi je vzduchová mezera o tloušťce 40 mm. Nad sádkartonem, který je na vnitřní straně, je umístěna parozábrana, jež zabraňuje pronikání vodní páry obsažené ve vzduchu do konstrukce domu, kde by pára kondenzovala a narušovala tepelnou izolaci. Pod kontralatěmi je umístěna hydroizolační fólie.



Obr. 8 Skladba šikmé střechy

**Strop pod nevytápěnou půdou**

Stropem pod nevytápěnou půdou se myslí strop v 5.NP, kde mezi sebou sousedí na jedné straně byty a na druhé straně půda. Konstrukce se skládá z krokví a pěnového polystyrenu Isover EPS 70F o tloušťce 140 mm. Vzduchová mezera má šířku 20 mm. Nad vápenocementovou omítkou je umístěna parozábrana. Na půdě jsou jako krytina dřevěná prkna.



Obr. 9 Skladba stropu pod nevytápěnou půdou

**Okna**

Byla provedena výměna stávajících oken za plastová s trojsklem. Jsou vybrána okna VEKRA Prima od společnosti VEKRA. Součinitel prostupu tepla zasklení  $U_g$  je  $0,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Pro výpočet tepelných ztrát je ale potřeba znát součinitel prostupu tepla oknem  $U_o$ . Ten činí podle výrobce  $0,92 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . V prvním podzemním podlaží jsou všechna okna o rozměrech  $1,2 \times 0,6 \text{ m}$ . V 1.NP až 4.NP jsou dva druhy oken. Jedna umístěna na záchodě o rozměrech  $0,4 \times 0,4 \text{ m}$ , a druhá umístěna v ostatních místnostech

o rozměrech  $1,2 \times 1,4$  m. V 5.NP jsou okna na záchodech stejná jako v podlažích níže, ale v ostatních místnostech kvůli šikmé střeše jsou okna o rozměru  $0,7 \times 0,8$  m.

### ***Dveře***

Dveře do obytného domu jsou plastová s trojsklem. Byly vybrány dveře Vekra Prima od společnosti Vekra. Jejich součinitel prostupu tepla je  $U_d = 1,1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Oba dva vstupy do bytového domu mají rozměry  $2 \times 2,2$  m. Vchodové dveře do jednotlivých bytů mají rozměry  $0,8 \times 2$  m a součinitel prostupu tepla  $U_d = 1,1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Vnitřní dveře v bytech jsou dřevěné se součinitelem prostupu tepla  $U_d = 2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Do pokojů mají rozměry  $0,8 \times 2$  m, a na záchod a do koupelny  $0,7 \times 2$  m.

## **2.2 Tepelně-technické vlastnosti budovy**

Požadavky na tepelně-technické vlastnosti jednotlivých konstrukcí jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-2. V normě jsou pro jednotlivé konstrukce požadované a doporučované hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$ .

Součinitel prostupu tepla stavební části  $U_k$  se stanoví podle normy ČSN EN ISO 6946 ze vztahu

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m R_n + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{se}}, \quad (1)$$

kde

- $R_{si}$  je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [ $\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$ ],
- $R_n$  je tepelný odpor stavební konstrukce [ $\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$ ],
- $s_n$  je tloušťka stěny stavební konstrukce [m],
- $\lambda_n$  je součinitel tepelné vodivosti stěny stavební konstrukce [ $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ],
- $R_{se}$  je tepelný odpor při přestupu tepla na venkovní straně [ $\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$ ].

Tepelný odpor při přestupu tepla závisí na směru tepelného toku. Hodnoty jsou různé pro směr nahoru, vodorovně a dolů. Aby byla norma splněna, je potřeba splnit podmínku  $U_k \leq U_{požadovaný}$ . Porovnání jednotlivých konstrukcí v domě s konstrukcemi podle ČSN 73 0540-2 je možné vidět v tabulce č. 2.

Stěna sousedící s nevytápěným schodištěm nesplňuje požadavky normy, podle níž platí pro strop a stěnu vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru požadovaná hodnota



$U_{N,20} = 0,60 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Tato nosná zeď má ale hodnotu  $1,44 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Přidáním tepelné izolace Isover EPS 70F na straně schodiště o tloušťce 40 mm by vyšel součinitel prostupu tepla konstrukce  $U_k = 0,58 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  a požadavek by byl tímto splněn. Investor si ale nepřeje zateplit tuto stěnu ve smyslu zúžení průchozí světlosti na schodišti.

Tab. 2 Porovnávání součinitelů prostupu tepla podle normy ČSN 73 0540-2

Název konstrukce	Vypočítaná hodnota $U_k$ [ $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ]	Popis konstrukce dle ČSN 73 0540-2	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [ $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [ $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ]
Obvodová stěna	0,28	Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25
				lehká: 0,20
Nosná stěna	1,44	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,70	1,80
Příčka	1,87	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,70	1,80
Podlaha přilehlá k zemině	0,33	Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30
Podlaha vnitřní	0,48	Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,20	1,45
Podlaha vnitřní mezi 1.PP a 1.NP	0,48	Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C	1,05	0,70
Stěna přilehlá k zemině	0,25	Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30
Šikmá střecha	0,16	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16
Strop pod nevytápěnou půdou	0,21	Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40
Okno	0,92	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	1,20
Okno 5.NP	0,92	Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,40	1,10
Vchodové dveře	1,10	Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	1,20

### 3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Výpočet tepelného výkonu pro vytápění (tedy tepelných ztrát) byl stanoven podle normy ČSN EN 12831-1. Jak už bylo uvedeno, bytový dům se nachází v lokalitě Benešov u Prahy. Pro výpočet je nutné znát různé teploty. Podle tabulky NA.1 - Klimatické údaje je v normě pro Benešov u Prahy venkovní výpočtová teplota  $-15\text{ °C}$ . Ve vyhlášce č. 194/2007 Sb. se píše, že začátek otopného období je, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v lokalitě klesne pod  $+13\text{ °C}$  ve dvou dnech po sobě následujících a nepředpokládá se jiný vývoj počasí. Proto je vybrána z tabulky NA.1 průměrná venkovní teplota za otopné období  $3,9\text{ °C}$  a počet dnů otopného období je 245. Vnitřní výpočtová teplota jednotlivých místností byla zvolena s ohledem na tabulku NA.3 - Vnitřní výpočtová teplota. Například koupelna byla zvolena  $24\text{ °C}$ , obývací pokoj  $20\text{ °C}$ .

Návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru  $\Phi_{HL,i}$  se stanoví ze vztahu

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} - \Phi_{gain,i} \quad (2)$$

kde

$\Phi_{HL,i}$  je návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru (i) [W],

$\Phi_{T,i}$  je návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru (i) [W],

$\Phi_{V,i}$  je návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i) [W],

$\Phi_{hu,i}$  je volitelný dodatečný zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru (i) v případě přerušovaného vytápění [W],

$\Phi_{gain,i}$  jsou trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru (i) [W].

Trvalými tepelnými zisky ve vytápěném prostoru se nemyslí zisky od oslunění, ale například od serverů, které běží 24 hodin denně či přiznané stoupačky ve vytápěných místnostech. Nic takového se v prostoru bytového domu nenachází, a proto to ve výpočtu není uvažováno. V domě se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění, a proto se ani s dodatečným zátopovým tepelným výkonem nepočítá.

Návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru  $\Phi_{T,i}$  se stanoví ze vztahu

$$\begin{aligned} \Phi_{T,i} &= (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = \\ &= (H_{T,ie} + \sum H_{T,ia(\dots)} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \end{aligned} \quad (3)$$

kde

$H_{T,ie}$  je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e) [W.K<sup>-1</sup>],

$H_{T,ia}$  je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru (a) [W.K<sup>-1</sup>],

$H_{T,iae}$  je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí přes sousední nevytápěný prostor (ae) [W.K<sup>-1</sup>],

$H_{T,iaBE}$  je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedních funkčních částí budovy považované za nevytápěné (aBE) [W.K<sup>-1</sup>],

$H_{T,ig}$  je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) [W.K<sup>-1</sup>],

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

$\theta_e$  je venkovní výpočtová teplota [°C].

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru přímo do venkovního prostředí  $H_{T,ie}$  se stanoví ze vztahu

$$H_{T,ie} = \sum_k [A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}], \quad (4)$$

kde

$A_k$  je plocha stavební části (k) [m<sup>2</sup>],

$U_k$  je součinitel prostupu tepla stavební části (k) [W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>],

$\Delta U_{TB}$  je přírážka na vliv tepelných vazeb [W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>],

$f_{U,k}$  je opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných  $U$ -hodnot [-],

$f_{ie,k}$  je teplotní opravný činitel [-].

Ve výpočtu se uvažuje standardní řešení, tedy konstrukce s běžnými tepelnými mosty a úrovní provedení stavby. Pro standardní řešení činí přírážka na vliv tepelných vazeb 0,1 W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>. [14] Teplotní opravný činitel je tady roven 1 a opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy je uvažován 1. Součinitel prostupu tepla  $U_k$  je stanoven pomocí (1).

Měrný tepelný tok prostupem do nebo přes sousední prostory  $H_{T,ia(\dots)}$  se stanoví ze vztahu

$$H_{T,ia(\dots)} = \sum_k [A_k \cdot U_k \cdot f_{ia(\dots),k}], \quad (5)$$

kde

$A_k$  je plocha stavební části (k) [ $\text{m}^2$ ],

$U_k$  je součinitel prostupu tepla stavební části (k) [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ],

$f_{ia(\dots),k}$  je teplotní opravný činitel [-].

Měrný tepelný tok prostupem do nebo přes sousední prostory  $H_{T,ia(\dots)}$  byl proveden zvlášť pro každou stěnu s upraveným  $f_{ia(\dots)}$ , tj.  $H_{T,ia(\dots)} = H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE}$ .

Teplotní opravný činitel  $f_{ia(\dots)}$  se spočítá dle vzorce

$$f_{ia(\dots)} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ia(\dots)}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (6)$$

kde

$\theta_{ia(\dots)}$  je teplota sousedního prostoru [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Podstřešní prostory jsou s těsnou, něvětranou krytinou s tepelnou izolací, a pro ně platí podle tabulky NA.4 – Teplota vnitřního vzduchu sousedních nevytápěných prostor s ohledem na venkovní výpočtovou teplotu  $0^{\circ}\text{C}$ .

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy  $H_{T,ig}$  se stanoví ze vztahu

$$H_{T,ig} = f_{\theta ann} \cdot \sum_k [A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k}], \quad (7)$$

kde

$A_k$  je plocha stavební části (k), která je v přímém kontaktu se zeminou [ $\text{m}^2$ ],

$U_{equiv,k}$  je ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části (k) v kontaktu se zeminou [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ],

$f_{\theta ann}$  je opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku [-],

$f_{ig,k}$  je teplotní opravný činitel [-],

$f_{GW,k}$  je opravný činitel zohledňující vliv spodní vody [-].

Opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty je uvažován 1,45. Jelikož je hladina spodní vody více než 1 metr pod úrovní základové desky, opravný činitel zohledňující vliv spodní vody je roven 1.

Teplotní opravný činitel  $f_{ig,k}$  se spočítá dle vzorce

$$f_{ig,k} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{e,m}}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad (8)$$

kde

$\theta_{e,m}$  je průměrná venkovní teplota za otopné období [-].

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla  $U_{equiv,k}$  se stanoví ze vzorce

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b + (c_1 + B')^{n_1} + (c_2 + z)^{n_2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n_3}} + d, \quad (9)$$

kde

$B'$  je geometrický parametr podlahové desky [m],

$z$  je hloubka horní hrany podlahové desky pod úrovní zeminy [m],

$U_k$  je součinitel prostupu tepla stavební části (k), která je v kontaktu se zemínou [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$\Delta U_{TB}$  je přírůžka na vliv tepelných vazeb [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ].

Parametry pro výpočet  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $n$  jsou uvedeny v tabulce E.1 v normě ČSN EN 12831-1, a to v závislosti jestli se jedná o podlahu nebo stěnu sklepa. Hloubka horní hrany podlahové desky pod úrovní zeminy je pro tento bytový dům 1,5 m.

Geometrický parametr podlahové desky  $B'$  se stanoví ze vztahu

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

kde

$A_g$  je plocha podlahové desky [ $\text{m}^2$ ],

$P$  je nechráněný obvod podlahové desky [m].

Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru  $\Phi_{V,i}$  se stanoví ze vztahu

$$\Phi_{V,i} = \rho_p \cdot c_p \cdot q_{v,min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (11)$$

kde

$\rho_p$  je hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],

$c_p$  je měrná tepelná kapacita vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$q_{v,min,i}$  je minimální objemový průtok vzduchu místnosti (i) [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ].

Minimální objemový průtok vzduchu místnosti  $q_{v,min,i}$  se stanoví ze vztahu

$$q_{v,min,i} = n_{min,i} \cdot V_i, \quad (12)$$

kde

$n_{min,i}$  je minimální intenzita větrání místnosti (i) [ $\text{h}^{-1}$ ],

$V_i$  je vnitřní objem místnosti (i) [ $\text{m}^3$ ].

Minimální intenzita větrání byla v trvale obývaných místnostech volena  $0,5 \text{ h}^{-1}$ , v pomocných místnostech  $0,3 \text{ h}^{-1}$ . V kuchyních, koupelnách a záchodech je počítáno s  $1 \text{ h}^{-1}$ . Tuto výměnu v koupelnách pokrývá odsávací ventilátor, který je spojen s vypínačem osvětlení. Výsledky pro místnosti byly spočteny pomocí elektronické přílohy č. 1 a jsou uvedeny v tabulce č. 3. Z tabulky vidíme, že největší tepelná ztráta obou bytových jednotek je v 5.NP. Tepelná ztráta 3.NP a 4.NP je stejná jako v 2.NP.

Tab. 3 Výsledky výpočtu tepelných ztrát

Podlaží	Byt	Místnost	$\phi_{T,i}$ [W]	$\phi_{V,i}$ [W]	$\phi_i$ [W]	
1PP		-001-	400	340	740	
		-002-	0	170	170	
		-003-	40	410	450	
		-004-	200	1900	2100	
		-005-	200	1900	2100	
		-006-	110	410	520	
		-007-	30	170	200	
		-010-	270	490	760	
		-011-	500	1470	1970	
		-012-	300	740	1040	
			<b>Celkem</b>		<b>2050</b>	<b>8000</b>
1NP	2+1	-101-	210	30	240	
		-102-	30	50	80	
		-103-	150	20	170	
		-104-	70	270	340	
		-113-	220	220	440	
		-114-	340	210	550	
		<b>2+1</b>		<b>1020</b>	<b>800</b>	<b>1820</b>
	4+1	-105-	190	230	420	
		-106-	90	280	370	
		-107-	30	50	80	
		-108-	160	20	180	
		-109-	220	30	250	
		-110-	350	200	550	
		<b>4+1</b>		<b>1490</b>	<b>1270</b>	<b>2760</b>
		<b>Celkem</b>		<b>2510</b>	<b>2070</b>	<b>4580</b>
2NP	2+1	-201-	210	30	240	
		-202-	30	50	80	
		-203-	150	20	170	
		-204-	80	270	350	
		-213-	210	220	430	
		-214-	330	210	540	
		<b>2+1</b>		<b>1010</b>	<b>800</b>	<b>1810</b>
	4+1	-205-	200	230	430	
		-206-	80	280	360	
		-207-	30	50	80	
		-208-	150	20	170	
		-209-	200	30	230	
		-210-	340	200	540	
		<b>4+1</b>		<b>1410</b>	<b>1270</b>	<b>2680</b>
		<b>Celkem</b>		<b>2420</b>	<b>2070</b>	<b>4490</b>
	5NP	2+1	-501-	250	30	280
			-502-	40	40	80
			-503-	170	20	190
-504-			90	250	340	
-513-			220	220	440	
-514-			360	200	560	
		<b>2+1</b>		<b>1130</b>	<b>760</b>	<b>1890</b>
4+1		-505-	220	220	440	
		-506-	90	260	350	
		-507-	40	40	80	
		-508-	170	20	190	
		-509-	240	30	270	
		-510-	370	200	570	
		<b>4+1</b>		<b>1580</b>	<b>1210</b>	<b>2790</b>
		<b>Celkem</b>		<b>2710</b>	<b>1970</b>	<b>4680</b>

## 4 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE

Tato kapitola se vztahuje jen na podzemní podlaží, kde je posilovna. Žádný návrh klimatizačního zařízení se neobejde bez výpočtu tepelných ztrát a tepelných zisků. Návrh zařízení se provádí pro extrémní venkovní podmínky, tedy pro pokrytí tepelné ztráty v zimě a tepelné zátěže v létě. Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru zahrnuje pouze vnitřní citelné tepelné zisky a venkovní tepelné zisky. Nepatří tam v žádném případě například teplo prostupem stěnami vzduchovodů nebo teplo, které produkuje ventilátor. [1] Výpočet byl proveden podle normy ČSN 73 0548. Plochy a rozměry všech konstrukcí byly odečteny z programu AutoCAD 2019 od firmy Autodesk. Výpočet byl proveden pro vnitřní teplotu 26 °C a venkovní teplotu 30 °C.

### 4.1 Výpočet polohy slunce

#### *Sluneční deklinace $\delta$*

Sluneční deklinace  $\delta$  [°] je zeměpisná šířka, kde je v daný den ve dvanáct hodin v poledne slunce kolmo nad obzorem. Stanoví se ze vzorce

$$\delta = -23,5 \cdot \cos(30 \cdot M), \quad (13)$$

kde

$M$  je číslo měsíce [-] (v rozmezí 1 až 12).

Sluneční deklinace  $\delta$  se stanovuje vždy k 21. dnu v měsíci. Jelikož výpočet byl proveden pomocí Excelu, kde není problém vše spočítat vícekrát, spočítala se tepelná zátěž pro březem až říjen. Tepelné zisky v červenci nebyly nejvyšší, ale kvůli vyšší teplotě je poté vybrán červenec jako návrhový měsíc.

#### *Výška slunce nad obzorem $h$*

Pro Českou republiku (50° severní šířky) se výška slunce nad obzorem  $h$  [°] stanoví ze vzorce

$$\sin(h) = 0,766 \cdot \sin(\delta) - 0,643 \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(15 \cdot \tau), \quad (14)$$

kde

$\delta$  je sluneční deklinace [°],

$\tau$  je sluneční čas [h] (v rozmezí 1 až 24).



Výpočet v elektronické příloze č. 2 byl proveden pro všechny hodiny.

### ***Sluneční azimut $a$***

Sluneční azimut  $a$  [°] se určuje od směru sever po směru otáčení hodinových ručiček.

Stanoví se ze vzorce

$$\sin(a) = \frac{\sin(15 \cdot \tau) \cdot \cos(\delta)}{\cos(h)}, \quad (15)$$

kde

$\delta$  je sluneční deklinace [°],

$\tau$  je sluneční čas [h] (v rozmezí 1 až 24),

$h$  je výška slunce nad obzorem [°].

### ***Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků $\theta$***

Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků  $\theta$  [°] se určí ze vzorce:

$$\cos(\theta) = \sin(h) \cdot \cos(\alpha) + \cos(h) \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(a - \gamma), \quad (16)$$

kde

$\alpha$  je úhel stěny s vodorovnou rovinou, vzatý na straně odvrácené od slunce [°],

$\gamma$  je azimutový úhel normály stěny, vzatý stejně jako sluneční azimut [°],

$h$  je výška slunce nad obzorem [°],

$a$  je sluneční azimut [°].

Pro svislou stěnu ( $\alpha = 90^\circ$ ) platí

$$\cos(\theta) = \cos(h) \cdot \cos(a - \gamma). \quad (17)$$

Pro vodorovnou stěnu ( $\alpha = 0^\circ$ ) platí

$$\cos(\theta) = \sin(h). \quad (18)$$

## **4.2 Intenzita sluneční radiace**

### ***Intenzita přímé sluneční radiace $I_D$***

Pro nadmořskou výšku 300 m. n. m. (průměr měst v České republice) se intenzita přímé sluneční radiace  $I_D$  [W.m<sup>-2</sup>] stanoví ze vzorce

$$I_D = I_0 \cdot \exp[-0,097 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}], \quad (19)$$

kde

$z$  je součinitel znečištění atmosféry [-],

$h$  je výška slunce nad obzorem [°],

$I_0$  je solární konstanta [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ].

Je počítáno s průměrnou hodnotou solární konstanty  $I_0$ , která činí  $1350 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . Jako hodnotu součinitele znečištění atmosféry  $z$  jsou dosazovány doporučené hodnoty z tabulky v normě pro jednotlivé měsíce.

### ***Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu $I_{DS}$***

Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu  $I_{DS}$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ] se stanoví ze vzorce

$$I_{DS} = I_D \cdot \cos(\theta), \quad (20)$$

kde

$I_D$  je intenzita přímé sluneční radiace [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ],

$\theta$  je úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků [°].

### ***Intenzita difúzní sluneční radiace $I_d$***

Intenzita difúzní sluneční radiace  $I_d$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ] se stanoví ze vzorce

$$I_d = \left[ 1350 - I_D - (1080 - 1,4 \cdot I_D) \cdot \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right] \cdot \frac{\sin(h)}{3}, \quad (21)$$

kde

$I_D$  je intenzita přímé sluneční radiace [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ],

$\alpha$  je úhel stěny s vodorovnou rovinou, vzatý na straně odvrácené od slunce [°],

$h$  je výška slunce nad obzorem [°].

### ***Intenzita celkové sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu $I_c$***

Intenzita celkové sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu  $I_c$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ] se stanoví ze vzorce

$$I_c = I_{DS} + I_d, \quad (22)$$

kde

$I_{DS}$  je intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [W.m<sup>-2</sup>],

$I_d$  je intenzita difúzní sluneční radiace [W.m<sup>-2</sup>].

### 4.3 Intenzita sluneční radiace procházející standardním zasklením

#### *Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace $T_D$ standardním zasklením*

Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace  $T_D$  [-] se stanoví ze vztahu

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100}\right)^5, \quad (23)$$

kde

$\theta$  je úhel mezi normálou oslněného povrchu a směrem paprsků [°].

#### *Celková propustnost difúzní sluneční radiace $T_d$ standardním zasklením*

Celková propustnost difúzní sluneční radiace  $T_d$  [-] nezávisí na úhlu dopadu slunečních paprsků a je konstantní

$$T_d = 0,85. \quad (24)$$

#### *Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením*

$I_o$

Celková intenzita sluneční radiace  $I_o$  [W.m<sup>-2</sup>] se stanoví ze vztahu

$$I_o = I_{DS} \cdot T_D + I_d \cdot T_d, \quad (25)$$

kde

$I_{DS}$  je intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [W.m<sup>-2</sup>],

$I_d$  je intenzita difúzní sluneční radiace [W.m<sup>-2</sup>],

$T_D$  je celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace [-],

$T_d$  je celková propustnost difúzní sluneční radiace [-].

### 4.4 Výpočet teploty venkovního vzduchu

Teplota venkovního vzduchu se určí ze vztahu

$$t_e = t_{emax} - A \cdot [1 - \sin(15 \cdot \tau - 135)], \quad (26)$$

kde

$A$  je amplituda kolísání teplot venkovního vzduchu [K],

$\tau$  je sluneční čas [h] (v rozmezí 1 až 24),

$t_{emax}$  je maximální teplota v příslušném měsíci [°C].

Amplituda kolísání teplot  $A$  se v uvedených měsících volí 7 K. Jako hodnotu maximální teploty v příslušném měsíci  $t_{emax}$  jsou dosazovány doporučené hodnoty z tabulky v normě.

## 4.5 Tepelná zátěž okny

### 4.5.1 Prostup tepla oknem konvekcí

Tepelné zisky konvekcí oknem  $\dot{Q}_{ok}$  [W] se stanoví ze vzorce

$$\dot{Q}_{ok} = U_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i), \quad (27)$$

kde

$U_o$  je součinitel prostupu tepla oknem [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$S_o$  je plocha okna včetně rámu [ $\text{m}^2$ ],

$(t_e - t_i)$  je rozdíl teplot vzduchu mezi venkovním a vnitřním prostředím [K].

Návrhová vnitřní teplota  $t_i$  ve všech místnostech v létě je uvažována 26 °C.

### 4.5.2 Prostup tepla oknem radiací

Tepelné zisky radiací oknem  $\dot{Q}_{or}$  [W] se stanoví ze vzorce

$$\dot{Q}_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{od}] \cdot s, \quad (28)$$

kde

$S_{os}$  je osluněný povrch okna [ $\text{m}^2$ ],

$S_o$  je plocha okna včetně rámu [ $\text{m}^2$ ],

$I_o$  je celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ],

$I_{od}$  je intenzita difúzní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ],

$c_o$  je korekce na čistotu atmosféry [-],

$s$  je stínící součinitel [-].

Korekce na čistotu atmosféry  $c_o$  se volí 1,15 pro venkovskou oblast a 0,85 pro průmyslovou. Bytový dům se nachází v průmyslové oblasti, proto je počítáno s hodnotou 0,85. Všechna okna jsou plastová s trojsklem, bez stínících prvků. Pro ně platí hodnota stínícího součinitele

$$s = s_1 \cdot s_2 = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81. \quad (29)$$

### ***Osluněný povrch okna***

Osluněná plocha  $S_{os}$  [m<sup>2</sup>] se stanoví ze vzorce

$$S_{os} = [L - (e_1 - f)] \cdot [H - (e_2 - g)], \quad (30)$$

kde

- $L$  je šířka zasklené části okna [m],
- $H$  je výška zasklené části okna [m],
- $f$  je odstup vodorovné části okna od slunolamů [m],
- $g$  je odstup svislé části okna od slunolamů [m],
- $e_1, e_2$  je délky stínů v okenním otvoru od okraje slunolamů [m],
- $c$  je hloubka okna vzhledem k horní stínící desce [m],
- $d$  je hloubka okna vzhledem k bočním stínícím deskám [m].

Délky stínů v okenním otvoru se vypočítají ze vzorců:

$$e_1 = d \cdot |tg(a - \gamma)|, \quad (31)$$

$$e_2 = c \cdot \left| \frac{tg(h)}{\cos(a - \gamma)} \right|, \quad (32)$$

Slunolamy nebyly na přání investora použity kvůli vzhledu. Okna jsou o rozměrech 1,2 × 0,6 m. Hloubka okna ve vodorovném a svislém směru činí 0,25 m. Šířka vodorovného a svislého rámu okna je 0,05 m.

### ***Snížení tepelných zisků od oslunění***

Část tepelných zisků od sluneční radiace dopadá na vnitřní povrchy stěn v místnosti a akumuluje se do nich. Množství tepla naakumulovaného ve stěnách snižuje tepelné zisky od slunění a stanoví se ze vzorce

$$\Delta\dot{Q} = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t, \quad (33)$$

kde

- $\Delta\dot{Q}$  je snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken [W],

$M$  je hmotnost obvodových stěn (bez venkovní stěny), podlahy a stropu, které přicházejí do úvahy pro akumulaci [kg],

$\Delta t$  je maximální přípustné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru [K].

Hodnota průměrných tepelných zisků radiací v době provozu  $\dot{Q}_{orm}$  [W] se stanoví ze vzorce

$$\dot{Q}_{orm} = \frac{\sum \dot{Q}_{ori}}{n}, \quad (34)$$

kde

$\sum \dot{Q}_{ori}$  je součet všech tepelných zisků v době provozu zařízení [W],

$n$  je počet hodin provozu [-].

Provozní doba je předpokládána od 8 do 18 hodin. Je počítáno s  $\Delta t = 2$  K. Poté se porovná hodnota maximálních tepelných zisků radiací  $\dot{Q}_{ormax}$  snižená o část naakumulovaného tepla  $\Delta \dot{Q}$  s hodnotou průměrných tepelných zisků radiací  $\dot{Q}_{orm}$ .

V případě menší hodnoty rozdílu se dále počítá s  $\dot{Q}_{orm}$ .

$$\dot{Q}_{ormax} - \Delta \dot{Q} < \dot{Q}_{orm} \quad (35)$$

V případě větší hodnoty rozdílu se dále počítá s  $\dot{Q}_{ormax} - \Delta \dot{Q}$ .

$$\dot{Q}_{ormax} - \Delta \dot{Q} > \dot{Q}_{orm} \quad (36)$$

#### 4.5.3 Tepelné zisky stěnami

Podle normy ČSN 73 0548 se venkovní stěny rozdělují podle schopnosti akumulovat teplo na stěny lehké (tloušťka obvodové stěny je menší než 80 mm), stěny středně těžké (tloušťka obvodové stěny je v rozmezí tlouštěk 80 až 450 mm) a stěny těžké (tloušťka obvodové stěny je větší než 450 mm). Bytový dům má tloušťku obvodové stěny 0,52 m, takže by spadal do kategorie stěn těžkých, ale v normě je napsáno: „*Pokud se výpočet provádí pomocí programu, provádí se ve všech případech podle čl. 73.*“, kde čl. 73 se zabývá středně těžkými stěnami. V projektu se tedy počítá s nimi. U středně těžkých stěn je potřeba brát ohled na kolísání teplot v důsledku nestacionárního vedení tepla. Prostup tepla stěnou  $\dot{Q}_s$  [W] se stanoví ze vzorce

$$\dot{Q}_s = U_{st} \cdot S_{st} \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})], \quad (37)$$

kde

- $U_{st}$  je součinitel prostupu tepla stěnou [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ],
- $S_{st}$  je plocha stěny [ $\text{m}^2$ ],
- $t_{rm}$  je průměrná rovnícná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [ $^{\circ}\text{C}$ ],
- $t_i$  je teplota vnitřního prostředí [ $^{\circ}\text{C}$ ],
- $m$  je součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou [-],
- $t_{r\psi}$  je rovnícná sluneční teplota v době o  $\psi$  dřívější [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Součinitel prostupu tepla stěnou je  $0,28 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ .

### ***Rovnícná sluneční teplota venkovního vzduchu $t_r$***

Rovnícná sluneční teplota venkovního vzduchu  $t_r$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] se stanoví ze vztahu

$$t_r = t_e + \frac{\varepsilon \cdot I_c}{\alpha_e}, \quad (38)$$

kde

- $t_e$  je teplota venkovního prostředí [ $^{\circ}\text{C}$ ],
- $\varepsilon$  je součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci [-],
- $I_c$  je intenzita celkové sluneční radiace dopadající na stěnu [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ],
- $\alpha_e$  je součinitel přestupu tepla na venkovní straně stěny [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ].

Součinitel poměrné tepelné pohltivosti  $\varepsilon$  závisí na povrchu. Hodnoty jsou uvedeny v normě v tab. 12. U objektu je uvažována omítka světlé barvy. Pro ni platí hodnota 0,5. Součinitel přestupu tepla na venkovní straně stěny  $\alpha_e$  je uvažován  $15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ .

### ***Fázové posunutí teplotních kmitů $\psi$***

Fázové posunutí teplotních kmitů  $\psi$  [h] se vypočte ze vztahu

$$\psi = 32 \cdot d - 0,5, \quad (39)$$

kde

- $d$  je tloušťka stěny [m].

**Součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou  $m$** 

Součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou  $m$  [-] se stanoví ze vzorce

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot d}{2500d}, \quad (40)$$

kde

$d$  je tloušťka stěny [m]. [1] [15]

**4.6 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla****4.6.1 Tepelné zisky od osob**

Do produkce tepla od lidí se zahrnuje pouze citelné teplo a závisí na fyzické činnosti a parametrech vnitřního prostředí. Podle normy ČSN 73 0548 přílohy 1, tab. 6 se zaměstnanec v místnosti -001- řadí jako sedící, mírně aktivní a pro lidi, co cvičí, je zvolena z tabulky nejintenzivnější činnost, a to mírný tanec. Vše je platné pro teplotu vzduchu 26 °C. Výsledná produkce tepla od osob je uvedena v tabulce č. 4.

*Tab. 4 Tepelné zisky od osob*

Místnost	Počet lidí	Aktivita	Zisk [W]
-001-	1	Sedící, mírně aktivní - 62 W	62
-010-	2	Mírný tanec - 77 W	154
-011-	6	Mírný tanec - 77 W	462
-012-	3	Mírný tanec - 77 W	231

**4.6.2 Tepelné zisky od osvětlení**

S produkcí tepla od osvětlení se počítá tam, kde není denní osvětlení dostatečné a musí se svítit, ať už z důvodu prací náročnějších na světlo (jemná mechanika) nebo proto, že u hlubších místností ve vzdálenosti větších jak 5 m od okna musí být umělé osvětlení. Prostor je částečně podsklepen a jsou tam malá okna, z toho důvodu zde musí být umělé osvětlení. S trvalým osvětlením se počítá jen v místnostech -001-, -010-, -011- a -012-. Intenzita osvětlení v těchto místnostech je 250 lx, a jsou tam použity zářivky s produkcí tepla 15 W.m<sup>-2</sup>. [15] Výsledné tepelné zisky od osvětlení jsou uvedeny v tabulce č. 5.



Tab. 5 Tepelné zisky od osvětlení

Místnost	Zisk [W]
-001-	335
-010-	138
-011-	671
-012-	254

#### 4.6.3 Tepelné zisky od elektronického vybavení

Elektronické vybavení se uvažuje jen v místnosti -001-, kde je jediný zaměstnanec. Zařízení, která tam má k dispozici jsou: stolní počítač, střední monitor 16–18" LCD a stolní laserová tiskárna. Celkový tepelný zisk od elektroniky v místnosti činí 450 W.

#### 4.6.4 Tepelné zisky od technologie

V celém prostoru se neuvažují žádné technologie, tudíž od nich není žádný tepelný zisk.

### 4.7 Souhrn tepelných zisků

Souhrn tepelných zisků, jak vnějších, tak i vnitřních pro jednotlivé místnosti je uveden v tabulce č. 6. Největší tepelná zátěž je v místnosti -011-.

Tab. 6 Celkové tepelné zisky jednotlivých místností

Tepelné zisky (vnější + vnitřní)	
Místnost	Zisk [W]
-001-	920
-002-	0
-003-	0
-004-	70
-005-	70
-006-	0
-007-	0
-010-	380
-011-	1520
-012-	650

## 5 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE POSILOVNY

Pro zvolení správného klimatizačního systému je dobré si ujasnit, jaké jsou možnosti.

### 5.1 Třídění klimatizačních systémů

Klimatizační systémy se rozdělují:

- podle tekutiny, která přenáší chlad a teplo po budově:
  - vodní
  - vzduchové
  - kombinované (vzduch a voda)
  - chladičové
- podle způsobu sdílení tepla:
  - sálavé
  - konvektivní
- podle počtu zón:
  - jednozónové
  - vícezónové [2]

### 5.2 Volba klimatizačního systému

Z výše uvedeného seznamu se jako nejvhodnější pro tento případ volí kombinovaný klimatizační systém. Koncovým prvkem u kombinovaného systému (vzduch a voda) jsou indukční stropní anemostaty. Teplo a chlad se do nich přivádí jak vzduchem, tak i vodou. Ve větrací jednotce se upravuje čerstvý, venkovní vzduch (tzv. primární vzduch) a přivádí se do stropních indukčních jednotek, kde dochází ke konečné úpravě vzduchu. V indukční jednotce se tryskami vyfukuje primární vzduch a poté je ejekčním účinkem přisáván oběhový vzduch z místnosti (tzv. sekundární vzduch). Tento sekundární vzduch projde výměníkem v indukční jednotce, kde se zchladí nebo ohřeje. Poté je smíchán s primárním vzduchem a je vyfukován zpět do místnosti. Pro ohřev nebo chlazení se využívá rozvodu chladicí nebo otopné vody. Jelikož v zimě bude tepelné ztráty hradit klimatizační systém, použije se tu čtyřtrubkový rozvod. Ten se používá pro vytápění v zimě a chlazení v létě, kdy se mezi sebou přepínají. Jednou z výhod tohoto systému je, že není zapotřebí odvod kondenzátu. Je bez elektrického napájení a z hlukového hlediska je příznivější než jiné systémy. Zároveň se indukční jednotka chová jako koncový prvek distribuce. Nevýhoda je, že musíme upravovat primární vzduch na konstantní teplotu. [2]

## 5.3 Požadavky na provoz větrání a klimatizace

### 5.3.1 Dimenzování zařízení z hlediska výměny čerstvého vzduchu

Stanovení množství čerstvého větracího vzduchu pro zaměstnance se řídí nařízením vlády č. 93/2012 Sb., které stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci. V nařízení je psáno: „(2) *Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být a) 25 m<sup>3</sup>/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa podle přílohy č. 1 k tomuto nařízení, části A, tabulky č. 1 na pracovišti bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění*“, přičemž v příloze č. 1, části A, tabulce č. 1 je psáno, že třída práce I je: „*Práce vsedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozornách a velínech, psaní na stroji, práce s PC, laboratorní práce, sestavování nebo třídění drobných lehkých předmětů*“. V prvním podzemním podlaží je pouze jeden zaměstnanec, a to v místnosti -001-. S ohledem na návrh výkonu stropní indukční jednotky se počítá s dávkou čerstvého vzduchu 100 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Při nižším průtoku by indukční jednotka neměla dostatečný chladicí a tepelný výkon. Tím je splněno nejmenší množství větracího vzduchu. Pokud by byl počet zaměstnanců vyšší, tak se celkový průtok venkovního vzduchu stanoví ze vzorce

$$\dot{V}_e = D \cdot n, \quad (41)$$

kde

$\dot{V}_e$  je průtok venkovního vzduchu [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>],

$D$  je množství vzduchu na osobu [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> os.],

$n$  je počet přítomných osob [-]. [1]

Větrání hygienických zařízení a šaten se řídí normou ČSN 73 4108, kde jsou uvedeny výměny vzduchu pro různé druhy místností v závislosti na zdravotnickém zařizovacím předmětu. Množství odváděného vzduchu dle normy, například pro jedno umyvadlo, je uvedeno v tabulce č. 7. Je uvažováno pět šatních míst v místnosti -003- (resp. -006-), dvě sprchy a dvě umyvadla v místnosti -004- (resp. -005-) a jedna záchodová kabina v místnosti -002- (resp. -007-). Pro sprchy bude uvažována nižší hodnota výměny vzduchu, a to 150 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

Tab. 7 Výměna vzduchu podle zařizovacího předmětu

Zařizovací předmět	Výměna vzduchu [ $m^3 \cdot h^{-1}$ ]
Šatní místo	20
Umyvadlo	30
Sprcha	150 - 200
Záchodová kabina	50

Už zbývá vyřešit jen větrání místností, kde budou lidé cvičit. Po dohodě s Ing. Milošem Lainem, Ph.D. by měla dávka čerstvého vzduchu být v rozmezí 90 až 200  $m^3 \cdot h^{-1}$  v závislosti na tom, jak moc tam lidé cvičí a také jestli je posilovna umístěna například na vesnici, kde se sejde jen pár lidí a kde se spíš mluví, než cvičí. Podle investora se jedná o menší posilovnu, kde cvičí jen pár lidí, a nepředpokládá se vysoká fyzická zátěž jako u profesionálních sportovců. V projektu se počítá s 90  $m^3 \cdot h^{-1}$  na osobu. Počet lidí, který se uvažuje v jednotlivých místnostech, je uveden v tabulce č. 8.

Tab. 8 Předpokládaný počet cvičících osob v místnostech

Místnost	Počet osob
-010-	2
-011-	6
-012-	3

Celkový průtok venkovního vzduchu v jednotlivých místnostech s ohledem na množství lidí a zařizovací předměty je uveden v tabulce č. 9.

Tab. 9 Celkový průtok čerstvého vzduchu v místnostech

Místnost	$\dot{V}_e$ [ $m^3 \cdot h^{-1}$ ]
-001-	100
-002-	50
-003-	100
-004-	400
-005-	400
-006-	100
-007-	50
-010-	180
-011-	540
-012-	270

### 5.3.2 Ochrana zdraví proti hluku a vibracím

Přípustné limity hluku jsou stanoveny v nařízení vlády č. 272/11 + změna 217/2016 Sb. Na pracoviště s jedním zaměstnancem v místnosti -001- se vztahuje paragraf §11, kde je uvedeno: „(3) Hygienický limit maximální hladiny akustického tlaku *A* se stanoví pro hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu součtem základní maximální

hladiny akustického tlaku  $A L_{Amax}$  se rovná 40 dB a korekci přihlížejících ke druhu chráněného vnitřního prostoru a denní a noční době podle přílohy č. 2 k tomuto nařízení.“. Korekce vztahující se na tento prostor přičítá k maximální hladině akustického tlaku +5 dB. Výsledná hladina akustického tlaku v prostoru by tedy neměla překročit 45 dB.

#### 5.4 Volba indukční jednotky

Po ujasnění si klimatizačního systému je nutné vybrat stropní jednotku. Byla vybrána stropní indukční výúst' do rastrového podhledu typ DID604 od firmy Trox (obrázek č. 10).



Obr. 10 Stropní indukční výúst' DID604 [16]

Indukční jednotka má čtyřsměrný výfuk vzduchu. Je vhodná pro výšku místností v rozmezí 2,6 m až 4,2 m. Pro chlazení musí být zvolena taková teplota přiváděné studené vody, aby nedošlo k dosažení teploty pod teplotu rosného bodu. Dělá se ve dvou velikostech, a to  $600 \times 600$  a  $1200 \times 600$ . V objektu je použit jen větší rozměr. Má tři druhy trysek, podle trysky se ovlivňují parametry například jako rychlost vzduchu. V objektu se používá jen typ trysek G a M. Výměník tepla je jako dvoutrubkový či čtyřtrubkový systém. Dvoutrubkový systém je použit pouze v místnostech -003-, -004-, -005- a -006-. V ostatních je čtyřtrubkový. V každé místnosti (vyjma -011-, kde budou umístěny dvě indukční jednotky) je umístěna jedna indukční výúst'. Návrh indukčních jednotek byl proveden pomocí programu TROX Easy Product Finder 2. Informace o indukční jednotce z návrhového programu pro místnost -001- jsou vidět na obrázku č. 11.



Induced air grille  
Heat exchanger  
Nozzle variant  
Arrangement of water connections  
Length  
Width  
Air control blades  
Total amount

### DID604-LR-4-M-VR/1248x623/LE

LR Perforated metal, circular holes  
4 4-Pipes  
M Medium  
VR Front side right  
1248  
623  
LE With air control blades  
1

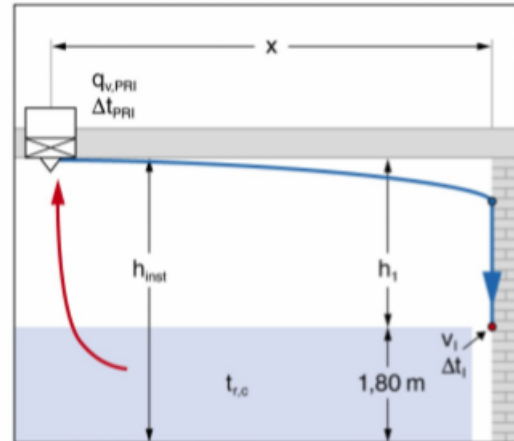
#### Input Data

Strategy: Single arrangement, cooling	
Primary air volume flow rate $q_{v,PR1}$	100 m <sup>3</sup> /h
Distance $x$	1,6 m
Installation height $h_{inst}$	2,8 m
Primary air temperature $t_{PR1,c}$	18,0 °C
Room temperature $t_{r,c}$	26,0 °C
Relative humidity of the air $\phi_p$	45
Water flow temperature $t_{w,s,c}$	16,0 °C
Water return temperature $t_{w,r,c}$	19,0 °C
Primary air temperature $t_{PR1,h}$	18,0 °C
Room temperature $t_{r,h}$	20,0 °C
Water flow temperature $t_{w,s,h}$	40,0 °C
Water return temperature $t_{w,r,h}$	30,0 °C

#### Results

Distance $h_1$	1,0 m
Height of occupied area $h_{occ}$	1,8 m
Total thermal output – cooling $\Phi_{t,c}$	-956 W
Thermal output - primary air $\Phi_{PR1,c}$	-297 W
Thermal output - water $\Phi_{w,c}$	-659 W
Dew point $t_{dp}$	13,2 °C
Water flow rate $q_{v,w,c}$	189 l/h
Pressure drop, water side $\Delta p_{w,c}$	3,5 kPa
Total thermal output – heating $\Phi_{t,h}$	404 W
Thermal output - primary air $\Phi_{PR1,h}$	-92 W
Thermal output - water $\Phi_{w,h}$	496 W
Water flow rate $q_{v,w,h}$	47 l/h
Pressure drop, water side $\Delta p_{w,h}$	0,3 kPa
Throw distance $l_s$	4,6 m
Velocity at $l$ $v_l$	0,19 m/s
Temperature difference at $l$ $\Delta t_l$	-0,78 K
Velocity at $l_s$ $v_s$	N.A. m/s
Temperature difference at $l_s$ $\Delta t_s$	N.A. K
Air density $\rho$	1,2 kg/m <sup>3</sup> *)

#### Functional diagram



#### Notes \*)

Air density  $\rho$  All aerodynamic, acoustic and capacity calculations are based on this air density value.

#### Acoustic results

	$\Delta p_t$ [Pa]	LWA [dB(A)]	63Hz [dB]	125Hz [dB]	250Hz [dB]	500Hz [dB]	1kHz [dB]	2kHz [dB]	4kHz [dB]	8kHz [dB]	LWNC [dB]	LWNR [dB]
Active part	193	33	34	30	33	31	27	23	19	< 15	26	27

Obr. 11 Informace z programu o indukční výusti v místnosti -001- [17]

Nejdůležitější parametr z návrhového listu, který by se měl kontrolovat, je rychlost vzduchu v pobytové zóně ( $v_l$ ). Rychlost vzduchu v pobytové zóně by neměla být vyšší než 0,2 m.s<sup>-1</sup>. To je splněno, protože rychlost vzduchu foukaná do pobytové zóny na stěně činí 0,19 m.s<sup>-1</sup>.

## 5.5 Volba odváděcího prvku

Jako prvek, přes který bude odsávan vzduch, je zvolen odvodní talířový ventil typ LVS od firmy Trox (obr. 12). Nastavení průtoku vzduchu se provádí pootočením talíře ventilu. Firma Trox je vyrábí ve čtyřech rozměrech, přičemž v objektu bude použita velikost 100, 160 a 200. V každé místnosti bude umístěn jeden talířový ventil (vyjma -004-, -005- a -011-, kde budou umístěny dva).



Obr. 12 Taliřový ventil LVS [18]

## 5.6 Výpočet tlakových ztrát

### 5.6.1 Tlaková ztráta třením

Tlaková ztráta třením se stanoví ze vztahu

$$\Delta p_t = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot p_d = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_p, \quad (42)$$

kde

- $\lambda$  je součinitel třecích ztrát [-],
- $l$  je délka potrubí [m],
- $d$  je průměr potrubí [m],
- $p_d$  je dynamický tlak [Pa],
- $w$  je rychlost dopravovaného vzduchu [m.s<sup>-1</sup>],
- $\rho_p$  je hustota vzduchu [kg.m<sup>-3</sup>]. [1]

Hustota vzduchu  $\rho_p$  byla uvažována ve výpočtech 1,2 kg.m<sup>-3</sup>.

#### **Součinitel třecích ztrát $\lambda$**

V oblasti turbulentního proudění závisí součinitel třecích ztrát  $\lambda$  na Reynoldsově čísle  $Re$  a na poměrné drsnosti vnitřních stěn potrubí  $\varepsilon/d$ . Pro výpočet byl použit zjednodušený vzorec, který platí pro proudění vzduchu v pozinkovaném potrubí s drsností  $\varepsilon = 0,15$ .

Ten je definován vztahem

$$\lambda = \frac{0,0812}{Re^{0,125} \cdot d^{0,11}}, \quad (43)$$

kde

- $Re$  je Reynoldsovo číslo [-],  
 $d$  je průměr potrubí [m]. [19]

### **Reynoldsovo číslo $Re$**

Reynoldsovo číslo  $Re$  se stanovuje ze vztahu

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu}, \quad (44)$$

kde

- $w$  je rychlost dopravovaného vzduchu [ $m \cdot s^{-1}$ ],  
 $d$  je průměr potrubí [m],  
 $\nu$  je kinematická viskozita [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]. [1]

### **Čtyřhranné potrubí**

Pro čtyřhranné potrubí platí předešlé vztahy, jen s tím rozdílem, že za průměr se dosadí ekvivalentní průměr a provede se korekce na obdélníkové potrubí. [19]

Ekvivalentní průměr  $d_{ekv}$  se stanovuje ze vztahu

$$d_{ekv} = \frac{4 \cdot S}{O} = \frac{4 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (a + b)}, \quad (45)$$

kde

- $S$  je průřez potrubí [ $m^2$ ],  
 $O$  je obvod potrubí [m],  
 $a$  je šířka potrubí [m],  
 $b$  je výška potrubí [m]. [19]

Korekce na obdélníkové potrubí  $\lambda$  se stanovuje ze vztahu

$$\lambda = C \cdot \lambda_0, \quad (46)$$

kde

- $C$  je korekce [-],  
 $\lambda_0$  je součinitel třecích ztrát pro kruhové potrubí [-]. [19]



Korekce  $C$  je potom

$$C = 1,1 - 0,1 \cdot \frac{b}{a}, \quad (47)$$

kde

- $a$  je šířka potrubí [m],  
 $b$  je výška potrubí [m]. [19]

### 5.6.2 Místní tlaková ztráta

Tlaková ztráta místními odpory se stanoví ze vztahu

$$\Delta p_m = \xi \cdot p_d = \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_p, \quad (48)$$

kde

- $\xi$  je součinitel místní ztráty [-],  
 $p_d$  je dynamický tlak [Pa],  
 $w$  je rychlost dopravovaného vzduchu [m.s<sup>-1</sup>],  
 $\rho_p$  je hustota vzduchu [kg.m<sup>-3</sup>]. [1]

Součinitele místní tlakové ztráty  $\xi$  byly stanoveny z publikací: [3], [4] a [5].

### 5.6.3 Celková tlaková ztráta

Celková tlaková ztráta je dána součtem ztráty třecí a místní, potom tedy

$$\Delta p_c = \Delta p_t + \Delta p_m, \quad (49)$$

kde

- $\Delta p_t$  je tlaková ztráta třením [Pa],  
 $\Delta p_m$  je místní tlaková ztráta [Pa]. [1], [19]

Je důležité mít na paměti, že ventilátor ve větrací jednotce musí být schopen pokrýt tuto tlakovou ztrátu.

### 5.6.4 Návrh potrubní sítě

Návrh potrubí byl udělán metodou rychlostí. Metoda spočívá ve volbě rychlosti proudění v hlavních a vedlejších větvích vzduchovodu. Ta činí 5 m.s<sup>-1</sup>. Je několik pravidel, která se musí dodržovat. Rychlost proudění směrem od ventilátoru klesá. Rozměry vzduchovodů jsou standardizované, ale je možné vyrobit libovolný rozměr.

Tlaková ztráta hlavní potrubní větve (větve s největší tlakovou ztrátou) musí být shodná s tlakovou ztrátou na ostatních větvích. Když nevyhovuje, přichází tu na řadu regulace.

Příklad výpočtu tlakových ztrát pro kruhové potrubí a přívod, je uveden v tabulce č. 10.

Tab. 10 Výpočet tlakových ztrát pro kruhové potrubí na přívodu

KRUHOVÉ POTRUBÍ													
Úsek	$w_{n\grave{a}vrhová}$ [m/s]	$\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	$d_{předb\grave{e}zn\acute{y}}$ [mm]	$d_{skutečn\acute{y}}$ [mm]	$w_{skutečn\acute{a}}$ [m/s]	$l$ [m]	$Re$ [-]	$\lambda$ [-]	$\Delta p_{\lambda}$ [Pa]	Tlaková ztráta vyústě [Pa]	$\sum \xi$ [-]	$\Delta p_{\xi}$ [Pa]	$\Delta p_c$ [Pa]
P9	5	180	113	160	2,49	5,21	25506	0,028	3,4	173	3,32	12,3	188,7
P10	5	270	138	200	2,39	2,11	30607	0,027	1,0	390	4,26	14,6	405,5
P11	5	230	128	200	2,03	1,26	26072	0,027	0,4	173	4,00	9,9	183,4
P12	5	270	138	200	2,39	2,18	30607	0,027	1,0	390	3,06	10,5	401,5
P13	5	320	150	200	2,83	1,38	36275	0,026	0,9	548	2,76	13,3	562,1
P14	5	320	150	200	2,83	1,80	36275	0,026	1,1	548	2,76	13,3	562,4
P15	5	230	128	200	2,03	1,35	26072	0,027	0,5	173	2,80	6,9	180,4
P16	5	100	84	100	3,54	1,62	22672	0,030	3,6	193	3,06	23,0	219,6
P17	5	270	138	200	2,39	2,21	30607	0,027	1,0	390	1,56	5,3	396,3

## 5.7 Regulace

Pro zajištění správného fungování vzduchotechniky je potřeba regulovat. Celkové tlakové ztráty jednotlivých větví pro přívod jsou uvedeny v tabulce č. 11.

Tab. 11 Tlakové ztráty na přívodu

HYDRAULICKÉ VYVÁŽENÍ		
Větev	Úsek	$\Delta p_c$ [Pa]
A1	P1, P9	211,3
A2	P1, P2, P10	442,3
A3	P1, P2, P3, P11	221,5
A4	P1, P2, P3, P4, P12	441,0
A5	P1, P2, P3, P4, P5, P13	613,4
A6	P1, P2, P3, P4, P5, P14	601,9
A7	P1, P2, P3, P4, P6, P15	223,8
A8	P1, P2, P3, P4, P6, P7, P16	268,3
A9	P1, P2, P3, P4, P6, P7, P8, P17	445,6

Z tabulky je patrné, že největší tlakovou ztrátu má větev A5. To je tedy hlavní potrubní větev a k ní se musí ostatní větve zaregulovat. Zde byly použity regulátory na konstatní průtok vzduchu (CAV) typ VFL od firmy Trox (obr. 13). Tento typ se vkládá do potrubí a bude umístěn jen na kruhových úsecích.



Obr. 13 Regulátor průtoku VFL [20]

Výsledné nastavení všech těchto regulátorů s požadovaným průtokem vzduchu a jejich velikostí v jednotlivých místnostech je uvedeno v tabulce č. 12.

Tab. 12 Nastavení regulátoru průtoku na přívodu

Místnost	Regulátor CAV	Velikost	Nastavení	Požadovaný průtok vzduchu	Počet
-001-	Trox VFL	100	10	105 m <sup>3</sup> /h	1x
-003-	Trox VFL	200	5	253 m <sup>3</sup> /h	1x
-006-	Trox VFL	200	5	253 m <sup>3</sup> /h	1x
-010-	Trox VFL	160	6	175 m <sup>3</sup> /h	1x
-011-	Trox VFL	200	5	253 m <sup>3</sup> /h	2x
-012-	Trox VFL	200	5	253 m <sup>3</sup> /h	1x

Regulace u odvodu bude vyřešena pomocí nastavení průtoku vzduchu u talířových ventilů. To se provádí pootočením talíře ventilu. Výsledné tlakové ztráty pro odvod vzduchu jsou uvedeny v tabulce č. 13.

Tab. 13 Tlakové ztráty na odvodu

HYDRAULICKÉ VYVÁŽENÍ		
Větev	Úsek	$\Delta p_c$ [Pa]
A10	O1, O2, O17, O19, O20	104,9
A11	O1, O2, O17, O18, O21	105,6
A12	O1, O2, O3, O16, O22	100,6
A13	O1, O2, O3, O4, O23	99,0
A14	O1, O2, O3, O4, O5, O15, O26	102,2
A15	O1, O2, O3, O4, O5, O12, O14, O24	98,3
A16	O1, O2, O3, O4, O5, O12, O13, O25	97,6
A17	O1, O6, O27	98,3
A18	O1, O6, O7, O28	99,7
A19	O1, O6, O7, O8, O29	99,9
A20	O1, O6, O7, O8, O9, O30	100,1
A21	O1, O6, O7, O8, O9, O10, O31	102,0
A22	O1, O6, O7, O8, O9, O10, O11, O32	102,2

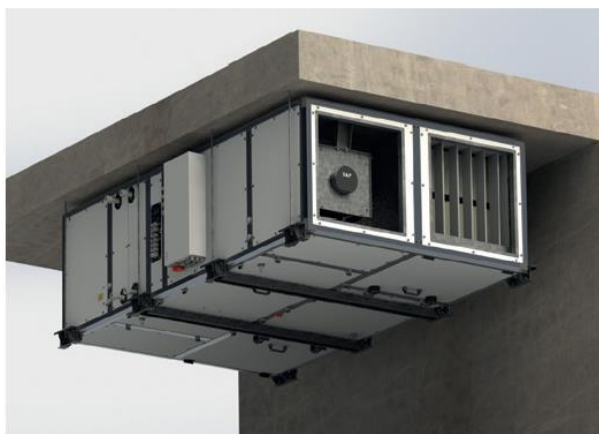
Tyto hodnoty jsou již zaregulovány na talířových ventilech. Nastavení talířových ventilů lze vidět v tabulce č. 14.

Tab. 14 Nastavení talířového ventilu na odtahu

NASTAVENÍ TALÍŘOVÉHO VENTILU				
Místnost	TYP	Velikost	Nastavení	Počet
-001-	Trox LVS	100	-4,5	1x
-002-	Trox LVS	100	-6	1x
-003-	Trox LVS	100	-4,5	1x
-004-	Trox LVS	200	-7,5	2x
-005-	Trox LVS	200	-7,5	2x
-006-	Trox LVS	100	-5	1x
-007-	Trox LVS	100	-6	1x
-010-	Trox LVS	160	-1,5	1x
-011-	Trox LVS	200	-1,5	2x
-012-	Trox LVS	200	-1,5	1x

## 5.8 Návrh vzduchotechnické jednotky

Větrání bude zajištěno vzduchotechnickou jednotkou s rekuperací tepla DUOVENT COMPACT DV 3000 DCB DCC MX KL F7/G4 DCAV od společnosti Elektrodesign s účinností 75,6 %. Vzduchotechnická jednotka bude umístěna v místnosti -008-. Jedná se o podstropní horizontální provedení DH. Vzduchotechnická jednotka je zobrazena na obrázku č. 14.



Obr. 14 Vzduchotechnická jednotka [21]

Vzduchotechnická jednotka se skládá na:

- přívodu z
  - regulační klapky
  - filtru
  - rekuperátoru

- vodního ohřivače
- vodního chladiče
- ventilátoru
- pružné spojky
  
- odvodu z
  - regulační klapky
  - filtru
  - rekuperátoru
  - ventilátoru
  - pružné spojky

### **5.8.1 Vstupní parametry pro návrh**

- Přívod
  - množství přiváděného vzduchu:  $2190 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
  - externí tlak: 621 Pa
- Odvod
  - množství odváděného vzduchu:  $1995 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
  - externí tlak: 145 Pa

#### ***Parametry venkovního vzduchu a otopné/chladičí vody***

- **LÉTO:**
  - teplota venkovního vzduchu:  $32 \text{ }^\circ\text{C}$
  - relativní vlhkost venkovního vzduchu: 37 %
  - teplota vzduchu z jednotky:  $18 \text{ }^\circ\text{C}$
  - teplota přívodní vody:  $7 \text{ }^\circ\text{C}$
  - teplota zpáteční vody:  $13 \text{ }^\circ\text{C}$
- **ZIMA:**
  - teplota venkovního vzduchu:  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$
  - teplota vzduchu z jednotky:  $18 \text{ }^\circ\text{C}$
  - teplota přívodní vody:  $55 \text{ }^\circ\text{C}$
  - teplota zpáteční vody:  $40 \text{ }^\circ\text{C}$

Vzduchotechnická jednotka byla spočtena společností Elektrodesign. Další informace o navržené jednotce jsou uvedeny v elektronické příloze č. 5.

## **5.9 Koncepce řešení vzduchotechniky**

### ***Větrání prostor pro cvičení a recepce***

Čerstvý venkovní vzduch je nasáván z prostoru sousedící s pozemní komunikací do vzduchotechnické jednotky. Ve větrací jednotce projde filtrem a výměníkem, kde se zchladí nebo ohřeje. Poté je veden horizontálním vzduchovodem k jednotlivým indukčním jednotkám. Ke každé místnosti se čtyřhranný vzduchovod změní na kruhový a bude osazen regulátorem na konstantní průtok. V místnostech, kde pobývají lidé, budou čidla na koncentraci CO<sub>2</sub> EDF-CO2-GR a čidla na vnitřní teplotu HTDT2500 od firmy Elektrodesign. Množství přiváděného primárního vzduchu bude konstantní. K indukčním jednotkám bude přivedena otopná a chladicí voda. Výkon indukční jednotky bude regulován na straně vody. Pro regulaci vody do jednotek bude sloužit pouze trojcestný směšovací ventil nad sdruženým rozdělovačem. Odpadní vzduch bude odsáván přes talířové ventily a poté veden přes pružnou ohebnou hadici ke kruhovému potrubí, které pokračuje zpět do vzduchotechnické jednotky. Tam odpadní vzduch předá teplo přiváděnému vzduchu přes výměník zpětného získávání tepla a bude vypouštěn do prostoru za domem. Regulace odvodního potrubí bude řešena nastavením talířových ventilů. V době přes svátky a přes noc bude klimatizační systém vypnut. Vzduchovody budou izolovány z důvodu kondenzace vodních par na jejich povrchu a kvůli tepelným ztrátám (popř. ziskům) větracího vzduchu. Tloušťka tepelné izolace bude min. 20 mm. Byla zvolena samolepicí lamelová rohož z kamenné vlny KLIMAFIX od firmy ROCKWOOL. Potrubí pro sání čerstvého vzduchu a potrubí výfuku odpadního vzduchu bude ukončeno na fasádě protidešťovou žaluzií typ WG od firmy Trox.

### ***Větrání strojovny***

Vzduchotechnická jednotka není nikdy těsná (resp. její příruby) a v místnosti -008- je umístěno okno, proto se v této studii nedělá větrání.

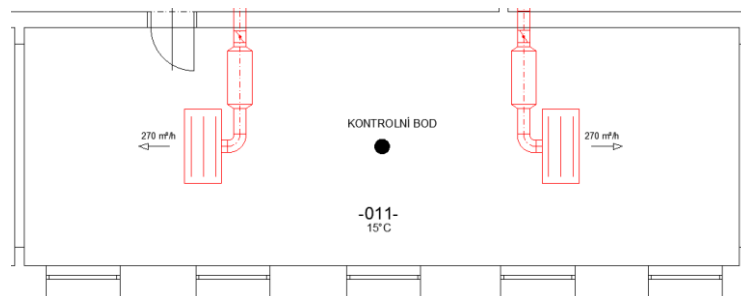
### ***Větrání hygienického zázemí***

Místnosti společných sprch a WC budou větrány podtlakově, místnosti šaten pak přetlakově. Mezi místností šaten č. -003- a č. -006- a místnosti do sprch č. -004- a č. -005- a na WC č. -002- a č. -007- budou dveře bez prahu (mezera mezi podlahou a spodní hranou dveřního křídla bude min. 20 mm).

## 5.10 Protihluková opatření

Zařízení, tj. vzduchovody, jsou podle potřeby na základě výpočtu opatřeny tlumiči hluku (tlumicími hadicemi). Napojení vzduchotechnických potrubních rozvodů k vzduchotechnické (dále VZT) jednotce je provedeno přes pružné vložky. K zamezení přenosu chvění do stavební konstrukce bude vzduchotechnické potrubí pružně zavěšeno (podloženo pryží). Hladiny akustického tlaku jsou v souladu s nařízením vlády č. 217/2016 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací". Hodnoty hladin akustického výkonu  $L_w$  a tlaku  $L_p$  VZT jednotky jsou uvedeny v elektronické příloze č. 5 (strana 7). Na základě uvedených hodnot se navrhnou kulisové tlumiče hluku.

Akustické výpočty byly provedeny pomocí programu Excel s uvažováním vlastního hluku a útlumu  $D_i$  jednotlivých elementů podle [6] a [22]. K posouzení výsledného akustického tlaku v místě pobytu osob byl zvolen kontrolní bod v místnosti -011-, kde se nachází dvě stropní indukční jednotky (obr. 15). Předpokladem je, že v celém podzemním podlaží bude právě tady nejvyšší hladina akustického tlaku.



Obr. 15 Kontrolní bod

Nejdříve byl proveden výpočet bez tlumiče hluku. Aby se nepřekročila maximální hodnota 45 dB ve chráněném vnitřním prostoru, musely se potrubní úseky, které přivádí primární vzduch do stropních jednotek, osadit tlumičem. Byl vybrán kruhový tlumič GD bez jádra s délkou 1 metru od společnosti Greif – akustika. Ukázka výpočtu hladiny akustického výkonu za jednu stropní jednotkou, která se nachází napravo na obrázku č. 15, je v tabulce č. 15. Hodnoty útlumu a hluku indukční jednotky byly zjištěny z návrhového programu TROX Easy Product Finder 2, a hodnoty tlumiče hluku byly získány z návrhového excelu od společnosti Greif – akustika. Na odvodním potrubí nebyl potřeba žádný tlumič, tlumicí efekt tam zastupuje použitá hluková a tepelně izolovaná ohebná hadice SONOFLEX od společnosti Elektrodesign.

Tab. 15 Ukázka výpočtu hladiny akustického výkonu

INDUKČNÍ VÝUSTĚ BLÍŽE VZT JEDNOTKY	Přívod P1 - P10												
	Ozn.	Úsek	Rozměry	f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
				Lw [dB]									
	Větrací jednotka	P1	-	útlum	Di	0,00	0,00	0,00	5,91	5,69	5,56	6,72	7,52
	Koleno	P1	d = 600 mm	vlastní hluk	Lw,okt.pot	27,00	24,29	18,77	10,12	0,00	0,00	0,00	0,00
	Za elementem				Lw [dB]	43,1	51,0	68,0	63,1	68,3	66,4	59,3	54,5
	Kuželový přechod	P1	S1 = 0,12 m <sup>2</sup> , S2 = 0,27 m <sup>2</sup> , ls = 0,25 m	útlum	Di	0,40	0,40	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
	vlastní hluk			Lw,okt.pot	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Za elementem				Lw [dB]	42,7	50,6	67,7	63,0	68,3	66,4	59,3	54,5
	Přímé potrubí	P1	a x b = 600 x 200 mm, L = 0,34 m	útlum	Di	0,13	0,10	0,07	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
	vlastní hluk			Lw,pot					35,61				
	Za elementem				Lw,rel.pot	-3,63	-5,75	-6,93	-7,74	-8,60	-10,06	-13,41	-23,57
					Lw,okt.pot	31,98	29,86	28,68	27,87	27,01	25,55	22,19	12,04
	Za elementem				Lw [dB]	42,9	50,5	67,6	62,9	68,3	66,4	59,3	54,5
	Náhlá změna průřezu	P1	S1 = 0,12 m <sup>2</sup> , S2 = 0,189 m <sup>2</sup>	útlum	Di	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
	vlastní hluk			Lw,okt.pot	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Za elementem				Lw [dB]	42,7	50,3	67,4	62,7	68,1	66,2	59,1	54,3
	Odbočka	P2	b = 400 x 315 mm, S = 0,126 m <sup>2</sup> , ΣS=0	útlum	Di	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
	vlastní hluk			Lw,okt.pot	22,75	20,72	16,73	9,74	5,75	0,00	0,00	0,00	0,00
	Za elementem				Lw [dB]	42,1	49,7	66,8	62,1	67,4	65,6	58,4	53,6
	Odbočka	P10	d = 200 mm, S = 0,031 m <sup>2</sup> , ΣS=0,143	útlum	Di	6,64	6,64	6,64	6,64	6,64	6,64	6,64	6,64
	vlastní hluk			Lw,okt.pot	24,21	15,18	12,19	10,20	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	Za elementem				Lw [dB]	35,5	43,1	60,1	55,4	60,8	58,9	51,8	47,0
	Přímé potrubí	P10	d = 200 mm, L = 0,69 m	útlum	Di	0,27	0,23	0,19	0,15	0,11	0,06	0,02	0,00
	vlastní hluk			Lw,pot					11,19				
	Za elementem				Lw,rel.pot	-3,63	-5,75	-6,93	-7,74	-8,60	-10,06	-13,41	-23,57
					Lw,okt.pot	7,56	5,44	4,26	3,45	2,59	1,13	0,00	0,00
	Za elementem				Lw [dB]	35,3	42,8	59,9	55,3	60,7	58,9	51,8	47,0
	Tlumič hluku	P10	údaje od výrobce	útlum	Di	4,00	8,00	18,00	27,00	40,00	34,00	20,00	13,00
	vlastní hluk			Lw,okt.pot	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Za elementem				Lw [dB]	31,3	34,8	41,9	28,3	20,7	24,9	31,8	34,0
	Přímé potrubí	P10	d = 200 mm, L = 0,42 m	útlum	Di	0,16	0,14	0,11	0,09	0,06	0,04	0,01	0,00
	vlastní hluk			Lw,pot					11,19				
	Za elementem				Lw,rel.pot	-3,63	-5,75	-6,93	-7,74	-8,60	-10,06	-13,41	-23,57
					Lw,okt.pot	7,56	5,44	4,26	3,45	2,59	1,13	0,00	0,00
	Za elementem				Lw [dB]	31,1	34,7	41,8	28,2	20,7	24,8	31,7	34,0
	Oblouk	P10	d = 200 mm	útlum	Di	0,00	0,00	0,00	0,86	1,86	2,86	3,86	4,86
	vlastní hluk			Lw,okt.pot	15,63	15,29	12,57	7,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Za elementem				Lw [dB]	31,3	34,7	41,8	27,4	18,9	22,0	27,9	29,1
	Výustka	P10	a = 500 mm, b = 1100 mm	útlum	Di	6,11	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	vlastní hluk			Lw,okt.pot	35,00	39,00	44,00	46,00	43,00	39,00	36,00	28,00	28,00
	Hladina akustického výkonu v místnosti -011- za úsekem P10				Lw [dB]	30,4	38,7	46,1	46,1	43,0	39,1	36,6	31,6

Poté byl zkontrolován hygienický limit akustického tlaku ve venkovním prostředí. Dle nařízení vlády č. 272/11 nesmí hygienický limit hladiny akustického tlaku ve chráněném venkovním prostředí přesáhnout 50 dB. Jak na sání, tak na výfuku odpadního vzduchu ze VZT jednotky nebyl potřeba žádný tlumič hluku. Maximální hodnota akustického tlaku nepřekročila ve vzdálenosti 2 metrů od bytového domu 50 dB (viz výkres situace bytového domu). V této vzdálenosti je hranice chodníku.

### 5.11 Zakreslení stavů vzduchu v $h-x$ diagramu

Změny stavu vzduchu pro léto a zimu budou ukázány pro místnost -011-, kde se vyskytuje nejvyšší počet lidí.

Vzduchotechnická jednotka musí jak zchladit, tak i ohřát venkovní čerstvý vzduch na teplotu primárního vzduchu. Požadovaný výkon vodního chladiče ve VZT jednotce lze stanovit z rovnice

$$\dot{Q}_{che} = \dot{V}_{pr} \cdot \rho_p \cdot (h_{ztt} - h_{pr}) = \frac{2190}{3600} \cdot 1,2 \cdot (54,2 - 42,8) = 8,32 \text{ kW}, \quad (50)$$

kde

$\dot{V}_{pr}$  je průtok primárního vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ],

$\rho_p$  je hustota vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],

$h_{ztt}$  je entalpie vzduchu po zpětném získávání tepla [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.v.}$ ],



$h_{pr}$  je entalpie primárního vzduchu [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$ ]. [56]

Požadovaný výkon vodního ohřivače ve VZT jednotce je stanoven z rovnice

$$\dot{Q}_{ohe} = \dot{V}_{pr} \cdot \rho_p \cdot c_p \cdot (t_{pr} - t_{zzt}) = \frac{2190}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (18 - 12,8) = 3,83 \text{ kW}, \quad (51)$$

kde

$\dot{V}_{pr}$  je průtok primárního vzduchu [ $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ],

$\rho_p$  je hustota vzduchu [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ],

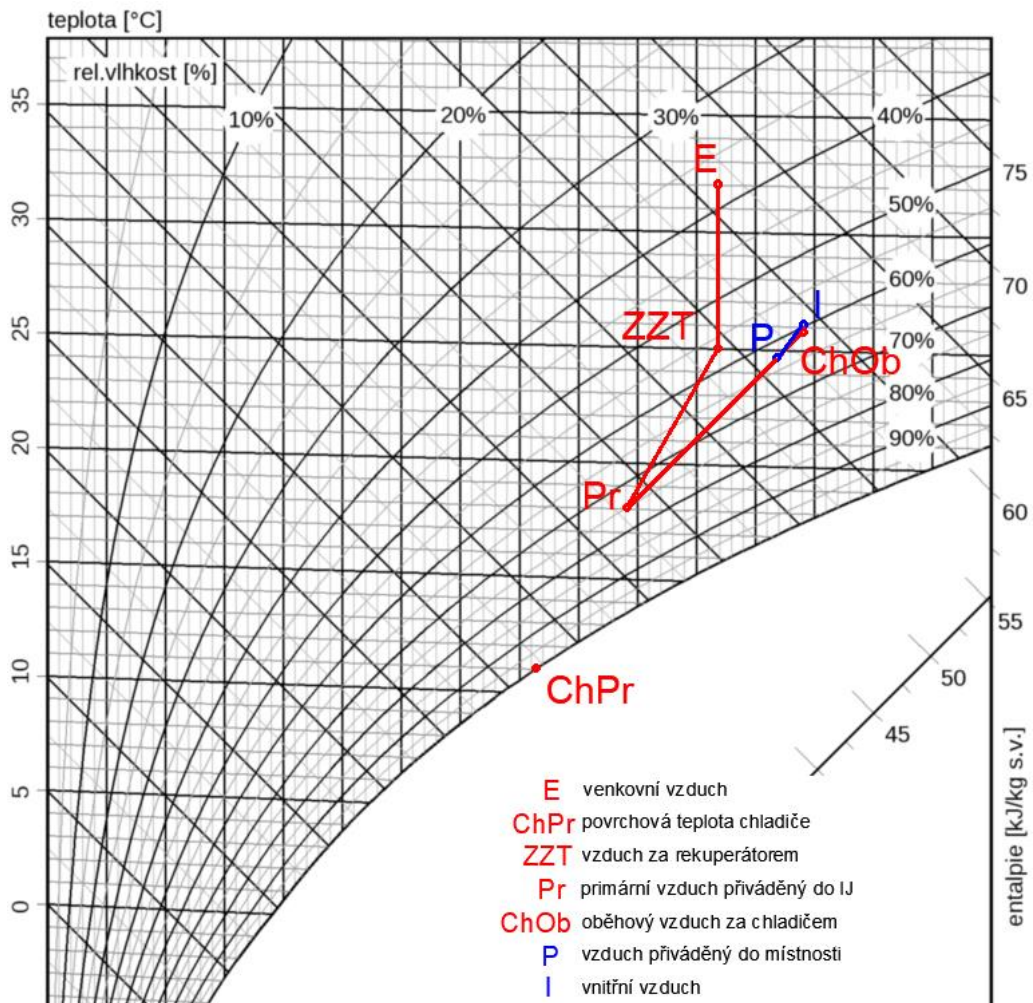
$c_p$  je měrná tepelná kapacita vzduchu [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ],

$t_{pr}$  je teplota primárního vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ],

$t_{zzt}$  je teplota vzduchu po zpětném získávání tepla [ $^{\circ}\text{C}$ ]. [56]

### 5.11.1 Letní provoz

$h$ - $x$  diagram pro letní provoz a pro místnost -011- je na obrázku č. 16. Návrhovými parametry v letním období je pro oblast Benešov u Prahy teplota venkovního vzduchu  $32^{\circ}\text{C}$  a entalpie  $61 \text{ kJ/kg}$ . Návrhová teplota vnitřního vzduchu činí  $26^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkost  $60\%$ .



Obr. 16 Letní h-x diagram pro místnost -011-

Poté se provede kontrola navlhčení vzduchu v místnosti a zkontroluje se, jestli platí tato rovnost [56]

$$(x_i - x_p)_{\text{vypočtená}} = (x_i - x_p)_{\text{h-x diagram}} \quad (52)$$

Pokud rovnost nevyhovuje, musí se bod charakterizující vnitřní vzduch posunout po izotermě.

$$(x_i - x_p)_{\text{vypočtená}} = \frac{\dot{M}_s}{(\dot{V}_{pr} + \dot{V}_{ob}) \cdot \rho_p} = \frac{6 \cdot 273}{(540 + 2700) \cdot 1,2} = 0,42 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{s.v.}} \quad (53)$$

kde

$x_i$  je měrná vlhkost vnitřního vzduchu [ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$ ],

$x_p$  je měrná vlhkost vzduchu přiváděného do místnosti [ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$ ],

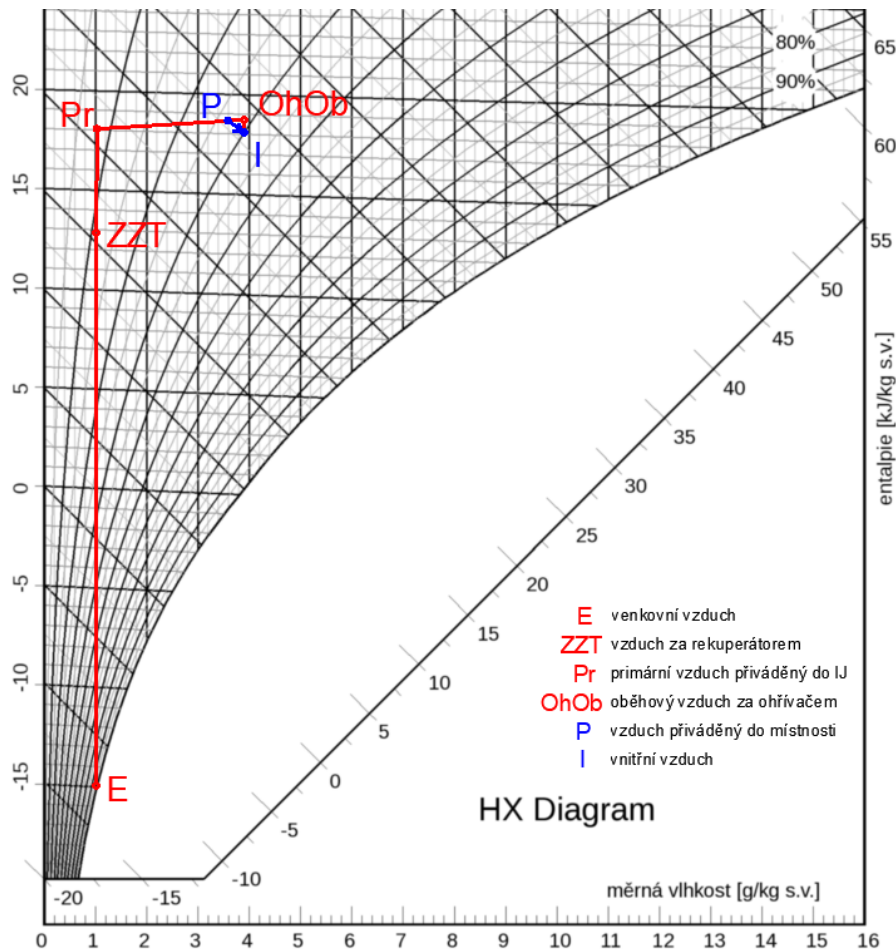
$\dot{M}_s$  jsou vlhkostní zisky od osob [ $\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$ ],

$\dot{V}_{ob}$  je průtok oběhového vzduchu [ $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ]. [56]

Uvedená rovnost v letním provozu pro tuto místnost platí. Naše volba relativní vlhkosti  $\varphi$  vnitřního vzduchu byla správná.

### 5.11.2 Zimní provoz

$h$ - $x$  diagram pro zimní provoz a pro místnost -011- je na obrázku č. 17. Na přání investora není ve VZT jednotce úprava vzduchu vlhčením. V  $h$ - $x$  diagramu je připočtena produkce vlhkosti od osob. Je splněna podmínka, že z hlediska komfortu by se relativní vlhkost  $\varphi$  vnitřního vzduchu měla pohybovat od 30 do 70 %. Relativní vlhkost vnitřního vzduchu je totiž 30 %.



Obr. 17 Zimní  $h$ - $x$  diagram pro místnost -011-

Kontrola navlhčení vzduchu [56]

$$(x_i - x_p)_{\text{vypočtená}} = \frac{\dot{M}_s}{(\dot{V}_{pr} + \dot{V}_{ob}) \cdot \rho_p} = \frac{6 \cdot 179}{(540 + 2700) \cdot 1,2} = 0,28 \text{ g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1} \quad (54)$$

Rovnost platí i pro zimní provoz.

### 5.11.3 Chladicí a tepelné výkony indukčních jednotek

Souhrnné tepelné a chladicí výkony indukčních jednotek z návrhového programu TROX Easy Product Finder 2 jsou zobrazeny v tabulce č. 16. V místnosti -011- jsou dvě indukční jednotky o stejném výkonu. V místnostech -003-, -004-, -005- a -006- nebylo potřeba chlazení, protože se jedná o umývárny a šatny, kde osoby nepobývají trvale. Tepelná ztráta místnosti -007- byla přičtena k místnosti -006-. V této místnosti indukční jednotka pokryje ztrátu netěsnostmi dveří.

Tab. 16 Chladicí a tepelné výkony indukčních jednotek

Místnost	Q <sub>za</sub> [W]	Q <sub>zt</sub> [W]	Q <sub>pr,c</sub> [W]	Q <sub>w,c</sub> [W]	Q <sub>t,c</sub> [W]	Q <sub>pr,h</sub> [W]	Q <sub>w,h</sub> [W]	Q <sub>t,h</sub> [W]
-001-	920	400	297	659	956	-92	496	404
-003-	0	40	místnost se nechladí			-241	988	747
-004-	70	200	místnost se nechladí			-643	1219	577
-005-	70	200	místnost se nechladí			-643	1219	577
-006-	0	140	místnost se nechladí			-241	988	747
-010-	380	270	482	698	1180	0	477	477
-011-	1520	500	723	927	1650	0	620	620
-012-	650	300	723	927	1650	0	620	620

kde

$Q_{za}$  jsou tepelné zisky [W],

$Q_{zt}$  je tepelná ztráta místnosti [W],

$Q_{pr,c}$  je chladicí výkon primárního vzduchu [W],

$Q_{w,c}$  je chladicí výkon na straně vody [W],

$Q_{t,c}$  je celkový chladicí výkon [W],

$Q_{pr,h}$  je tepelný výkon primárního vzduchu [W],

$Q_{w,h}$  je tepelný výkon na straně vody [W],

$Q_{t,h}$  je celkový tepelný výkon [W].

## 5.12 Zdroj chladu

Celkový chladicí výkon indukčních jednotek na straně vody je 4,14 kW. Chladicí výkon vodního chladiče ve VZT jednotce je 8,32 kW. Požadovaný výkon na zdroj chladu je tedy 12,46 kW. Jako zdroj chladu byla vybrána vzduchem chlazená jednotka EWAQ011ACW1 od firmy DAIKIN se jmenovitým výkonem 15,7 kW. Jednotka

obsahuje spirálový kompresor a inverter. Tato jednotka bude umístěna ve venkovním prostředí před fasádou na druhé straně domu, kde nejsou vstupní dveře.



Obr. 18 Zdroj chladu EWAQ-ACWI [23]

### 5.13 Protipožární opatření

Ochrana větracího systému před šířením požáru musí být v souladu s normou ČSN 73 0872 a ČSN 73 0802. Celé podlaží mimo schodišť tvoří jeden samostatný požární úsek. Každé schodiště pak tvoří samostatnou únikovou cestu. VZT jednotka je umístěná v místnosti -008-. V našem případě nemusí místnost -008- tvořit samostatný požární úsek, ale tato místnost je součástí požárního úseku celého podlaží (viz článek 7.4 normy ČSN 73 0872).

Vyústění vzduchotechnického potrubí mimo budovu musí splňovat článek 4.3 normy ČSN 73 0872. Potrubí VZT (výfuk odpadního vzduchu) procházející schodištěm -016- se opatří protipožární izolací s požární odolností EI30. Potrubí VZT se označí tak, aby byl rozpoznatelný směr proudění vzduchu a zda jde o sání či výfuk.

### 5.14 Požadavky na navazující profese

#### *Stavební část*

- Stavební profese zajistí prostupy pro trasy vzduchovodu a potrubí. Otvory budou o 50 mm symetricky větší na každou stranu, než je rozměr potrubí.
- Zajištění větracích otvorů pode dveřmi.
- Zajištění dopravních cest pro montáž zařízení.

#### *Elektro část*

- Zajištění přívodu elektrické energie ke vzduchotechnickým zařízením.

***Zdravotní technika***

- Odvod kondenzátu ze vzduchotechnické jednotky.

***Měření a regulace***

- Pro automatickou regulaci zajištění funkcí nezbytných pro chod.

***Chlazení***

- Zajištění přívodu chladicí látky (vody) 7/13 °C ke VZT jednotce a o teplotě vody 16/19 °C k indukčním stropním jednotkám.

## 6 VYTÁPĚNÍ BYTOVÝCH JEDNOTEK

Pro vytápění bytů v bytových domech se nejčastěji navrhují otopné soustavy, kde odběrným místem v místnostech je otopné těleso, anebo se pro vytápění používá podlahová otopná plocha. V tomto případě se nejedná o novostavbu, ale o rekonstrukci už postaveného domu, kde dřív byla vodní otopná soustava. Z toho důvodu bylo podlahové vytápění zavrhnuto a bude se pokračovat ve vytápění otopnými tělesy. Před návrhem těles je dobré si ujasnit, jaká otopná soustava bude použita v tomto případě.

### 6.1 Třídění otopných soustav

Otopné soustavy se rozdělují:

- podle vzájemného propojení těles
  - dvoutrubkové
  - jednotrubkové
- podle umístění ležatého rozvodu
  - spodní
  - horní
  - kombinované
- podle vedení přípojek k tělesům
  - vertikální
  - horizontální
  - hvězdicové
- podle teploty teplotnosné látky
  - nízkoteplotní
  - teplovodní
  - horkovodní
- podle spojení s atmosférou
  - otevřené
  - uzavřené
- podle oběhu vody
  - přirozený
  - nucený [7]

Jednotrubkové soustavy se dále rozdělují na průtočné a s obtokem otopných těles. Dvoutrubkové soustavy se rozdělují na soustavy se souproutým a protiproutým uspořádáním. [7]

## 6.2 Volba otopné soustavy

Pro vytápění nadzemních podlaží byla navržena dvoutrubková protiproudá horizontální otopná soustava se spodním rozvodem. Otopná soustava je nízkoteplotní s teplotním spádem 55/40 °C. Teplotní spád na otopných tělesech je stejný jako u otopné soustavy. Oběh otopné vody je nucený.

## 6.3 Návrh otopných těles

Otopná tělesa se z principu navrhují pod okny a v celé jejich délce u vnější ochlazované konstrukce. Tím se zabrání studenému padajícímu proudu klesnout až k zemi a ovlivňovat tepelnou pohodu v místnosti. Teplý proud od otopného tělesa stoupá vzhůru a střetává se s chladným konvekčním dolů padajícím proudem, který se obrací a po vyrovnání velikosti vírů se vzájemně mísí. [8]

Základní podmínkou pro návrh otopného tělesa je pokrytí tepelné ztráty.

Výkon otopného tělesa je poté dán vztahem

$$Q_{ot} \geq Q_{zt}, \quad (55)$$

kde

$Q_{ot}$  je tepelný výkon otopného tělesa [W],

$Q_{zt}$  je tepelná ztráta místnosti [W]. [8]

V koupelnách byla zvolena koupelňová trubková otopná tělesa (obr. 19) Koralux Linear Max od výrobce Korado. Těleso není elektrické s topnou tyčí, ale vodní. Způsob připojení je oboustranné zdola - dolů. Trubky jsou kruhového průřezu a jsou uspořádány ve tvaru registru s vodorovnými trubkami. Narozdíl od deskových těles jsou trubková tělesa používána jak k vytápění, tak i sušení textílií (ručníků apod.). Z důvodu zakrytí např. ručníkem dochází ke snížení tepelného výkonu, a to se musí zohlednit při návrhu.





*Obr. 19 Trubkové otopné těleso Koralux Linear Max [24]*

V ostatních místnostech jsou umístěna desková otopná tělesa (obr. 20) od stejného výrobce. Desková otopná tělesa jsou jednoduchá, nižších typů 10 a 11. Výška všech deskových otopných těles je shodná, a to 600 mm. V každém bytě se nachází dva druhy otopných těles, a to otopná tělesa Radik VK s pravým spodním připojením, a Radik VKL s levým spodním připojením. Osovou vzdálenost spodních vývodů mají 50 mm a vnitřní závit je DN 15 (G 1/2"). Z důvodu úspory peněz by například v 1.NP v místnostech -105-, -111-, -112- a -113- mohlo být umístěno jen jedno otopné těleso s větším výkonem, ale s ohledem na maximální tepelný komfort jsou navržena dvě otopná tělesa s menším výkonem, která budou pod oběma okny.



Obr. 20 Deskové otopné těleso Radik VK [25]

#### 6.4 Tepelný výkon otopného tělesa

Tepelný výkon otopného tělesa na straně vody lze určit ze vztahu

$$\dot{Q} = \dot{m}_w \cdot c_w \cdot (t_{w1} - t_{w2}), \quad (56)$$

kde

- $\dot{Q}$  je tepelný výkon otopného tělesa [W],
- $\dot{m}_w$  je hmotnostní průtok vody otopným tělesem [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],
- $c_w$  je měrná tepelná kapacita vody [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],
- $t_{w1}$  je teplota vstupní vody [ $^{\circ}\text{C}$ ],
- $t_{w2}$  je teplota výstupní vody [ $^{\circ}\text{C}$ ]. [8]

Nebo ho lze určit ze vztahu popisujícího prostup tepla stěnou otopného tělesa

$$\dot{Q} = U \cdot S_L \cdot (t_{wm} - t_i), \quad (57)$$

kde

- $\dot{Q}$  je tepelný výkon otopného tělesa [W],
- $U$  je součinitel prostupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ],
- $S_L$  je teplosměnná plocha na straně vzduchu otopného tělesa [ $\text{m}^2$ ],
- $t_{wm}$  je střední teplota vody [ $^{\circ}\text{C}$ ],
- $t_i$  je teplota okolního vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ]. [8]

Tepelný výkon otopného tělesa je dán výrobcem, a pokud nerespektujeme zkušební podmínky, musíme ho přepočítat. Nejčastěji se uvádí jmenovité teplotní parametry 75/65/20 °C.

## 6.5 Přepočet tepelného výkonu

Vlivy, které omezují tepelný výkon otopných těles, se zohledňují pomocí opravných součinitelů. Přepočet tepelného výkonu na jiné podmínky, než jsou zkušební, se provede ze vztahu

$$Q_{sk} = Q_N \cdot f_{\Delta t} \cdot f_x \cdot f_o \cdot f_p, \quad (58)$$

kde

- $Q_{sk}$  je skutečný tepelný výkon otopného tělesa [W],
- $Q_N$  je jmenovitý tepelný výkon otopného tělesa [W],
- $f_{\Delta t}$  je opravný součinitel na teplotní rozdíl [-],
- $f_x$  je opravný součinitel na připojení tělesa [-],
- $f_o$  je opravný součinitel na úpravu okolí [-],
- $f_p$  je opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru [-]. [26]

### 6.5.1 Opravný součinitel na teplotní rozdíl

Opravný součinitel na teplotní rozdíl  $f_{\Delta t}$ , který zohledňuje přepočet tepelného výkonu na jiné teplotní podmínky, než jsou jmenovité (normované), závisí na hodnotě teplotního podílového součinitele  $c$ , který je definován vztahem

$$c = \frac{t_{w2} - t_i}{t_{w1} - t_i}, \quad (59)$$

kde

- $c$  je teplotní podílový součinitel [-],
- $t_{w1}$  je teplota vstupní vody [°C],
- $t_{w2}$  je teplota výstupní vody [°C],
- $t_i$  je teplota okolního vzduchu [°C]. [26]

Pro  $c < 0,7$  platí vztah

$$f_{\Delta t,ln} = \left( \frac{\Delta t_{ln}}{\Delta t_{N,ln}} \right)^n, \quad (60)$$

kde

$\Delta t_{ln}$  je logaritmicky určený rozdíl teplot [K],

$\Delta t_{N,ln}$  je logaritmicky určený rozdíl teplot při jmenovitých podmínkách [K],

$n$  je teplotní exponent tělesa [-]. [26]

Logaritmicky určený rozdíl teplot  $\Delta t_{ln}$  se určí ze vztahu

$$\Delta t_{ln} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln\left(\frac{t_{w1} - t_i}{t_{w2} - t_i}\right)}, \quad (61)$$

Pro  $c \geq 0,7$  platí vztah

$$f_{\Delta t} = \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N}\right)^n, \quad (62)$$

kde

$\Delta t$  je aritmeticky určený rozdíl teplot [K],

$\Delta t_N$  je aritmeticky určený rozdíl teplot při jmenovitých podmínkách [K],

$n$  je teplotní exponent tělesa [-]. [26]

Aritmeticky určený rozdíl teplot  $\Delta t$  se určí ze vztahu

$$\Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i. \quad (63)$$

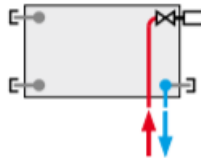
Teplotní exponent tělesa  $n$  se určuje experimentálně ve zkušebně. Pro desková otopná tělesa se pohybuje v rozmezí 1,26 až 1,33, pro trubková otopná tělesa 1,20 až 1,30. Tento parametr udává výrobce. [8]

### 6.5.2 Opravný součinitel na připojení tělesa

Za jmenovité připojení u trubkového tělesa se pokládá připojení oboustranné zdola – dolů (obr. 21). U deskového tělesa je jmenovité připojení jednostranné shora – dolů (obr. 22). Pro oba případy platí hodnota opravného součinitele na připojení tělesa  $f_x = 1$ . V bytech byla navržena otopná tělesa, která splňují jmenovitá připojení, a tudíž pro ně platí stejná hodnota. [27]



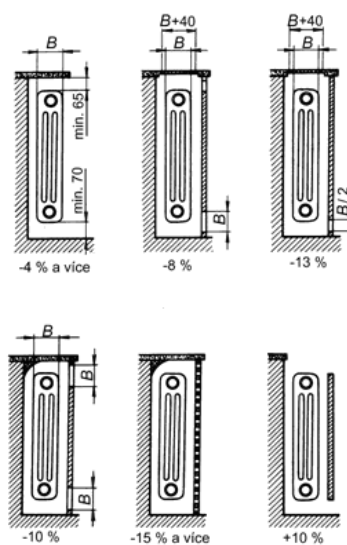
Obr. 21 Připojení u trubkového otopného tělesa Koralux Linear Max [24]



Obr. 22 Připojení u deskového otopného tělesa Radik VK [25]

### 6.5.3 Opravný součinitel na úpravu okolí

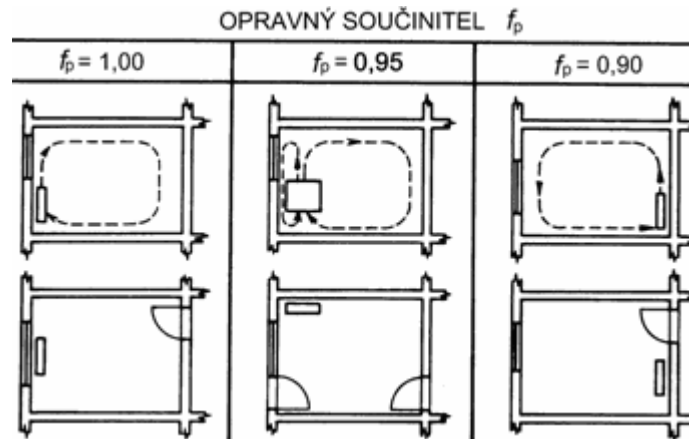
Použitím zákrytu se ovlivní tepelný výkon otopného tělesa směrem dolů, ale i nahoru, jak je vidět na obrázku č. 23. V bytech nebyly použité žádné zákryty a jsou splněny odstupové vzdálenosti otopného tělesa. Výška parapetu nad podlahou je totiž 900 mm a výška všech otopných těles je 600 mm, proto není potřeba počítat s vlivem parapetu na změnu tepelného výkonu, proto  $f_o = 1$ . Otopná tělesa jsou 150 mm od podlahy. Normovaná vzdálenost otopného tělesa od obvodové stěny je 50 mm. Jediná výjimka je u koupelen, kde jsou trubková tělesa, na která se pokládají ručníky. Tam je uvažovaná hodnota  $f_o = 0,9$ . [8]



Obr. 23 Hodnoty opravného součinitele  $f_o$  u článkových otopných těles [27]

### 6.5.4 Opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru

Umístěním tělesa, například k vnitřní stěně místnosti kolmé k vnější ochlazované zdi, se změní tepelný výkon otopného tělesa, jak vidíme na obrázku č. 24. [27] Všude kromě koupelny a chodby je počítáno s  $f_p = 1$ .



Obr. 24 Vliv umístění tělesa v prostoru na opravný součinitel  $f_p$  [27]

### 6.5.5 Výsledky přepočtů tepelného výkonu

Podle výše uvedeného postupu byly přepočteny výkony otopných těles s ohledem na navrženou nízkoteplotní otopnou soustavu s teplotním spádem 55/40 °C. Výsledky pro všechna otopná tělesa byly spočteny pomocí elektronické přílohy č. 3 a jsou uvedeny v tabulce č. 17. Z důvodu nedostatku místa v místnosti -102- (resp. -107-) tam nebylo umístěno deskové otopné těleso. O tepelnou ztrátu této místnosti (WC) byly zvýšeny výkony otopných těles v místnostech -101 a -103- (resp. -108- a -109-). 30 % ztráty WC bylo přičteno k místnosti -101- a 70 % ztráty k -103-. Koupelna bude temperovat prostupem tepla na záchod a chodba bude vytápět prostupem tepla a netěsnostmi dveří. Další nadzemní podlaží, kvůli stejnému problému, byla řešena obdobně.

Tab. 17 Výsledky přepočtu výkonů otopných těles

Místnost	$Q_{zt}$ [W]	$t_i$ [°C]	$c$ [-]	$\Delta t$ nebo $\Delta t_{in}$ [K]	$\Delta t_N$ nebo $\Delta t_{N,in}$ [K]	$f_x$ [-]	$f_o$ [-]	$f_p$ [-]	$n$ [-]	$f_{at}$ [-]	$Q_{IV}$ [W]	$Q_{N, kat}$ [W]	$Q_{sk}$ [W]	TYP OT	Počet	OT		
1.NP	STOUPAČI POTRUBÍ01	101	264	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	626	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700	
		103	226	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,2695	718	736	232	trubkové	1x	KLIM 1220 x 600	
		104	340	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	766	802	356	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800
		113	440	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	982	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900
	114	550	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1240	1403	622	deskové	1x	VKL 11 - 600 x 1400	
	105	420	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	937	483	216	deskové	2x	VK 10 - 600 x 800	
	106	370	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	834	902	400	deskové	1x	VK 11 - 600 x 900	
	108	236	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,276	0,366	754	833	261	trubkové	1x	KLIM 1820 x 450	
	109	274	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	650	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700	
	110	550	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1240	1403	622	deskové	1x	VK 11 - 600 x 1400	
	111	470	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	1049	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900	
	112	440	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	982	544	244	deskové	2x	VKL 10 - 600 x 900	
	201	264	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	626	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700	
	203	226	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,2695	0,368	718	736	232	trubkové	1x	KLIM 1220 x 600	
204	350	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	789	802	356	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800		
213	430	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	959	483	216	deskové	2x	VK 10 - 600 x 800		
214	540	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1217	1403	622	deskové	1x	VKL 11 - 600 x 1400		
205	430	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	959	483	216	deskové	2x	VK 10 - 600 x 800		
206	360	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	812	902	400	deskové	1x	VK 11 - 600 x 900		
208	226	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,2695	0,368	718	736	232	trubkové	1x	KLIM 1220 x 600		
209	254	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	603	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700		
210	540	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1217	1403	622	deskové	1x	VK 11 - 600 x 1400		
211	450	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	1004	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900		
212	420	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	937	483	216	deskové	2x	VKL 10 - 600 x 800		
501	304	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	721	802	338	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800		
503	246	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,276	0,366	786	833	261	trubkové	1x	KLIM 1820 x 450		
504	340	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	766	802	356	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800		
513	440	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	982	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900		
514	560	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1262	1403	622	deskové	1x	VKL 11 - 600 x 1400		
505	440	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	982	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900		
506	350	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	789	802	356	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800		
508	246	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,276	0,366	786	833	261	trubkové	1x	KLIM 1820 x 450		
509	294	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	698	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700		
510	570	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1285	1403	622	deskové	1x	VK 11 - 600 x 1400		
511	460	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	1026	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900		
512	430	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	959	483	216	deskové	2x	VKL 10 - 600 x 800		
5.NP	STOUPAČI POTRUBÍ01	101	264	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	626	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700	
		103	226	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,2695	718	736	232	trubkové	1x	KLIM 1220 x 600	
		104	340	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	766	802	356	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800
		113	440	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	982	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900
	114	550	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1240	1403	622	deskové	1x	VKL 11 - 600 x 1400	
	105	420	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	937	483	216	deskové	2x	VK 10 - 600 x 800	
	106	370	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	834	902	400	deskové	1x	VK 11 - 600 x 900	
	108	236	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,276	0,366	754	833	261	trubkové	1x	KLIM 1820 x 450	
	109	274	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	650	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700	
	110	550	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1240	1403	622	deskové	1x	VK 11 - 600 x 1400	
	111	470	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	1049	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900	
	112	440	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	982	544	244	deskové	2x	VKL 10 - 600 x 900	
	201	264	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	626	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700	
	203	226	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,2695	0,368	718	736	232	trubkové	1x	KLIM 1220 x 600	
204	350	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	789	802	356	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800		
213	430	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	959	483	216	deskové	2x	VK 10 - 600 x 800		
214	540	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1217	1403	622	deskové	1x	VKL 11 - 600 x 1400		
205	430	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	959	483	216	deskové	2x	VK 10 - 600 x 800		
206	360	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	812	902	400	deskové	1x	VK 11 - 600 x 900		
208	226	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,2695	0,368	718	736	232	trubkové	1x	KLIM 1220 x 600		
209	254	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	603	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700		
210	540	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1217	1403	622	deskové	1x	VK 11 - 600 x 1400		
211	450	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	1004	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900		
212	420	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	937	483	216	deskové	2x	VKL 10 - 600 x 800		
501	304	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	721	802	338	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800		
503	246	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,276	0,366	786	833	261	trubkové	1x	KLIM 1820 x 450		
504	340	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	766	802	356	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800		
513	440	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	982	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900		
514	560	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	1262	1403	622	deskové	1x	VKL 11 - 600 x 1400		
505	440	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,2942	0,448	982	544	244	deskové	2x	VK 10 - 600 x 900		
506	350	20	0,571	26,8	49,8	1	1	1	1,3107	0,444	789	802	356	deskové	1x	VK 11 - 600 x 800		
508	246	24	0,516	22,7	49,8	1	0,9	0,95	1,276	0,366	786	833	261	trubkové	1x	KLIM 1820 x 450		
509	294	20	0,571	26,8	49,8	1	1	0,95	1,3107	0,444	698	701	295	deskové	1x	VK 11 - 600 x 700		
510	570</																	

## 6.6 Výpočet tlakových ztrát

Tlakové ztráty otopné soustavy byly vypočteny stejně jako u kapitoly větrání a klimatizace posilovny, jen s tím rozdílem, že namísto hustoty vzduchu se počítá s hustotou vody a také tím, že celková tlaková ztráta bude spočtena v praxi používanějším vztahem

$$\Delta p_c = R \cdot l + Z, \quad (64)$$

kde

- $R$  je měrná tlaková ztráta třením (tlakový spád) [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$ ],
- $l$  je délka potrubí [m],
- $Z$  je místní tlaková ztráta [Pa]. [54]

Pro měrnou tlakovou ztrátu třením se často počítá se vztahem v závislosti na hmotnostním průtoku

$$R = \frac{0,811 \cdot \lambda \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d^5}, \quad (65)$$

kde

- $\dot{m}$  je hmotnostní průtok [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],
- $d$  je vnitřní průměr potrubí [m]. [54]

To samé platí pro místní tlakovou ztrátu, která se vypočítá dle [54]

$$Z = \frac{0,811 \cdot \sum \xi_i \cdot \dot{m}^2}{\rho \cdot d^4}. \quad (66)$$

Hmotnostní průtok se vyjádří ze vztahu:

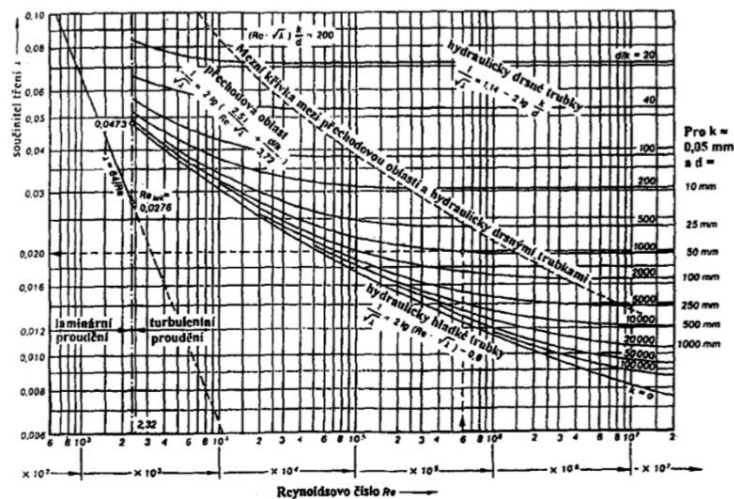
$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c_w \cdot \delta t}, \quad (67)$$

kde

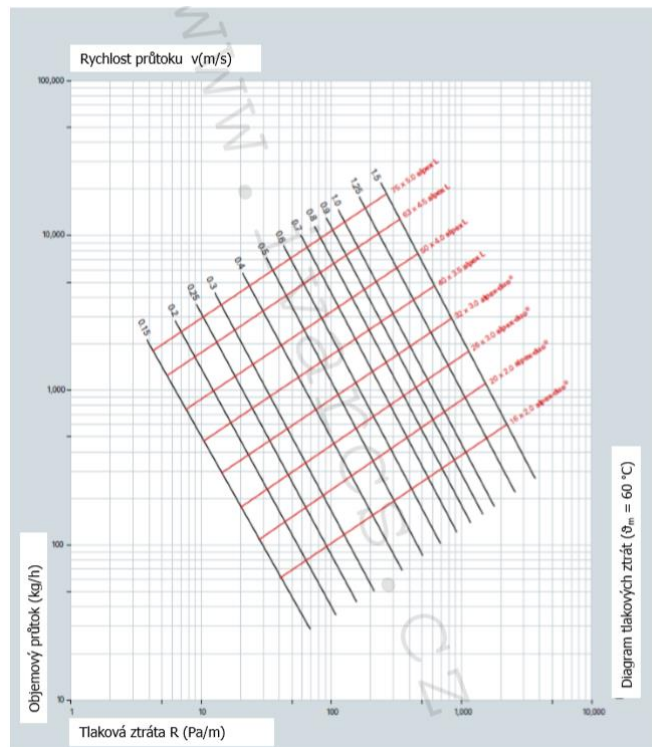
- $\dot{Q}$  je přenášený tepelný výkon [W],
- $c_w$  je měrná tepelná kapacita vody [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],
- $\delta t$  je jmenovitý teplotní rozdíl [K]. [9]



Problematictější při výpočtu měrné tlakové ztráty třením  $R$  může být součinitel třecích ztrát  $\lambda$ . Ten se dá určit podle příslušného vztahu v literatuře, nebo ho lze stanovit graficky z Moodyho diagramu (obr. 25). Měrnou tlakovou ztrátu třením můžeme také stanovit pomocí diagramu tlakové ztráty od výrobce (obr. 26). Pro rozvod otopné vody v bytových okruzích bude použito vícevrstvé potrubí ALPEX - DUO XS od společnosti IVAR.CS. Součinitel třecích ztrát bude tedy stanoven graficky podle diagramu výrobce. Potrubí bude vedeno v podlaze.



Obr. 25 Moodyho diagram [9]



Obr. 26 Diagram měrné tlakové ztráty třením ALPEX - DUO XS [28]

### 6.6.1 Návrh potrubní sítě

Návrh dvoutrubkové potrubní sítě lze provést mnoha způsoby. Pro tento případ byla zvolena metoda ekonomických (optimálních) rychlostí. Rozsah ekonomických rychlostí se volí od 0,3 do 0,7 m.s<sup>-1</sup>. Pro tuto teplovodní otopnou soustavu s nuceným oběhem vody je optimální rychlost  $w_{ek} = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Z výkonů otopných těles přepočítaných na požadované teplotní parametry se spočítají průtoky, protože hydraulika se dělá z instalovaných výkonů, a ne tepelných ztrát. Pomocí průtoků se pak navrhuje potrubní síť. Metoda spočívá v tom, že se podle ekonomické rychlosti navrhují průměry potrubí úseků základního okruhu podle vztahu [54]

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot \rho \cdot w_{ek}}}. \quad (68)$$

Z vypočteného průměru se vybere potrubí s nejbližší dimenzí, které se vyrábí, a poté se vypočítá skutečná rychlost. [54]

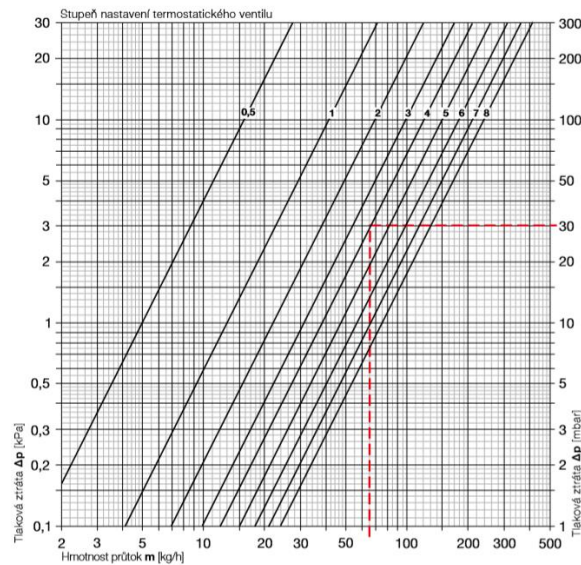
Kromě koupelen, jelikož jsou všechna tělesa typu VK (Ventil kompakt), tak se u nich nepočítá tlaková ztráta samotného otopného tělesa. Ta je už součástí tlakové ztráty termostatického regulačního ventilu (dále TRV), tj. jde o tlakovou ztrátu otopného tělesa + TRV + propojovací garnitury. Termostatický ventil je totiž integrován od výrobce přímo v otopném tělese. Ventil č. 4360 je od společnosti HEIMEIER a z výroby je přednastaven na stupeň 8. Přednastavení na jiný stupeň předepsaný projektem provede speciálním klíčem (obr. 27) montážní firma po proplachu otopné soustavy před topnou zkouškou. [25]



Obr. 27 Integrovaný ventil se speciálním klíčem [25]

Tlaková ztráta otopného tělesa s ventilem se dá určit podle diagramu od výrobce (obr. 28) nebo vypočtením z takzvané  $k_v$  hodnoty podle příslušného stupně nastavení z obrázku č. 29. Pro dosažení přesnějších hodnot bylo pracováno namísto odečítání

z diagramu s hodnotami uváděnými v tabulce na základě výpočtu  $k_v$  hodnoty, pomocí které se poté spočítá tlaková ztráta tělesa a ventilu.



Obr. 28 Diagram tlakové ztráty otopného tělesa s integrovaným ventilem [25]

Otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT bez přípojovacích armatur																
Ventil s termostatickou hlavici																
Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
$k_v$ [m <sup>3</sup> /h]	0,05	<b>0,13</b>	0,18	<b>0,22</b>	0,27	<b>0,31</b>	0,35	<b>0,38</b>	0,42	<b>0,47</b>	0,52	<b>0,57</b>	0,62	<b>0,66</b>	0,71	<b>0,75</b>
Ventil bez termostatické hlavice																
Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
$k_v$ [m <sup>3</sup> /h]	0,05	<b>0,16</b>	0,22	<b>0,27</b>	0,33	<b>0,38</b>	0,41	<b>0,43</b>	0,54	<b>0,65</b>	0,82	<b>0,98</b>	1,11	<b>1,23</b>	1,33	<b>1,43</b>

Obr. 29  $K_v$  hodnota podle stupně nastavení ventilu [25]

$k_v$  hodnota je jmenovitý průtok při maximálním otevření armatury a vypočítá se ze vztahu

$$k_v = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_N}{\Delta p}}, \quad (69)$$

kde

$\dot{V}$  je objemový průtok [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>],

$\Delta p_N$  je tlaková ztráta 100 kPa,

$\Delta p$  je tlaková ztráta armatury [kPa]. [54]

### 6.6.2 Využití bytových okruhů

Pro zajištění správného fungování otopné soustavy je nutné vyvážit okruhy mezi sebou, aby každým otopným tělesem protékalo požadované množství vody a nikde těleso

nepřetápělo či nedotápělo místnost. Bytovým okruhem se myslí rozvody otopné vody v bytových jednotkách. Na začátku se zvolí okruh nejvzdálenějšího otopného tělesa. Zjistí se tlaková ztráta a určí se tzv. hlavní větev, tj. okruh otopného tělesa s největší tlakovou ztrátou. Okruhy ostatních těles se hydraulicky vyvažují k tlakové ztrátě hlavní větve. Na nejvzdálenějším tělese se nechávají regulační šroubení (dále RŠ) i termostatický ventil plně otevřený. Vždy se začíná se škrcením na regulačním šroubení, protože škrcením na termostatickém ventilu se omezuje pásmo proporcionality TRV. Pokud nejde doškrtit na RŠ, musí se doškrtit na TRV. Podle vztahu (69) se dá určit tlaková ztráta regulačního šroubení. Je možné ztrátu vypočítat zase pomocí  $k_v$  hodnoty nebo podle nomogramu výrobce. [54]

Desková tělesa budou osazena H-šroubením VEKOLUX od firmy IMI HEIMEIER (obr. 30).



*Obr. 30 RŠ deskových těles [29]*

Koupelnová tělesa budou osazena přímým regulačním šroubením IVAR.DD 305 od firmy IVAR.CS (obr. 31).



*Obr. 31 RŠ koupelnových těles [30]*

Jelikož koupelnová tělesa nemají integrovaný termostatický ventil jako desková tělesa VK, budou osazena přímým termostatickým ventilem V-EXACT II od firmy IMI HEIMEIER (obr. 32).



Obr. 32 TRV koupelňových těles [31]

Všechny termostatické ventily budou osazeny termostatickou hlavicí DX od firmy IMI HEIMEIER (obr. 33).



Obr. 33 Termostatická hlavice DX [32]

Výsledky vyvážení bytových okruhů a nastavení TRV a RŠ je vidět v tabulce č. 18 a v tabulce č. 19.

Tab. 18 Vyvážení bytových okruhů – stoupací potrubí 01

	Patro	Místnost	Okruh	$\Delta p_{potr}$ [Pa]	$\dot{m}$ [kg.h <sup>-1</sup> ]	Nastavení TRV	$k_{v(trv)}$ [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Nastavení RŠ	$k_{v(rs)}$ [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_{trv}$ [Pa]	$\Delta p_{rs}$ [Pa]	$\Delta p_{celk}$ [Pa]
STOUPACÍ POTRUBÍ 01	1.NP	101	OT101	432	16,9	3,5	0,35	2	0,22	239	606	1277
		103	OT103	632	13,3	5	0,33	2	0,2	166	451	1248
		104	OT104	658	20,4	5,5	0,52	3	0,3	157	472	1288
		113	OT113A	758	14,0	4,5	0,42	2	0,22	113	413	1283
		113	OT113B	755	14,0	4,5	0,42	2	0,22	113	413	1281
		114	OT114	769	35,7	8	0,75	8	0,67	231	290	1290
	2.NP - 4.NP	201	OT201	418	16,9	3,5	0,35	2	0,22	239	606	1263
		203	OT203	610	13,3	5	0,33	2	0,2	166	451	1226
		204	OT204	637	20,4	5,5	0,52	3	0,3	157	472	1266
		213	OT213A	720	12,4	2,5	0,27	2	0,22	216	325	1262
		213	OT213B	719	12,4	2,5	0,27	2	0,22	216	325	1260
		214	OT214	737	35,7	8	0,75	8	0,67	231	290	1258
	5.NP	501	OT501	462	19,4	8	0,75	2	0,22	68	793	1323
		503	OT503	666	15,0	7	0,59	2	0,2	66	571	1303
		504	OT504	692	20,4	5,5	0,52	3	0,3	157	472	1321
		513	OT513A	790	14,0	4,5	0,42	2	0,22	113	413	1316
		513	OT513B	788	14,0	4,5	0,42	2	0,22	113	413	1314
		514	OT514	802	35,7	8	0,75	8	0,67	231	290	1323

Tab. 19 Vyvážení bytových okruhů – stoupací potrubí 02

Patro	Místnost	Okruh	$\Delta p_{\text{potr}}$ [Pa]	$\dot{m}$ [kg.h <sup>-1</sup> ]	Nastavení TRV	$k_{v(\text{trv})}$ [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Nastavení RŠ	$k_{v(\text{rš})}$ [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_{\text{trv}}$ [Pa]	$\Delta p_{\text{rš}}$ [Pa]	$\Delta p_{\text{celk}}$ [Pa]
STOUPACÍ POTRUBÍ 02	1.NP	105 OT105A	409	12,4	1,5	0,18	1	0,13	486	931	1826
		105 OT105B	410	12,4	1,5	0,18	1	0,13	486	931	1827
		106 OT106	254	22,9	3,5	0,35	2	0,22	439	1111	1804
		108 OT108	1312	15,0	5	0,33	3	0,31	210	238	1760
		109 OT109	1313	16,9	4,5	0,42	3	0,3	166	326	1805
		110 OT110	1285	35,7	8	0,75	8	0,67	231	290	1806
		111 OT111A	1203	14,0	3	0,31	2	0,22	208	413	1823
		111 OT111B	1134	14,0	2,5	0,27	2	0,22	274	413	1820
		112 OT112A	981	14,0	2	0,22	2	0,22	413	413	1806
	112 OT112B	983	14,0	2	0,22	2	0,22	413	413	1808	
	2.NP - 4.NP	205 OT205A	377	12,4	2	0,22	1	0,13	325	931	1633
		205 OT205B	378	12,4	2	0,22	1	0,13	325	931	1634
		206 OT206	238	22,9	4	0,38	2	0,22	372	1111	1722
		208 OT208	1224	13,3	8	0,67	2	0,2	40	451	1715
		209 OT209	1225	16,9	4,5	0,42	3	0,3	166	326	1717
		210 OT210	1195	35,7	8	0,75	8	0,67	231	290	1716
		211 OT211A	1128	14,0	3,5	0,35	2	0,22	163	413	1704
		211 OT211B	1060	14,0	3	0,31	2	0,22	208	413	1680
		212 OT212A	909	12,4	1,5	0,18	2	0,22	486	325	1720
	212 OT212B	910	12,4	1,5	0,18	2	0,22	486	325	1721	
	5.NP	505 OT505A	402	14,0	3	0,31	1	0,13	208	1182	1791
		505 OT505B	404	14,0	3	0,31	1	0,13	208	1182	1794
		506 OT506	245	20,4	2,5	0,27	2	0,22	583	879	1707
		508 OT508	1285	15,0	5	0,33	3	0,31	210	238	1733
		509 OT509	1286	16,9	4,5	0,42	3	0,3	166	326	1778
		510 OT510	1257	35,7	8	0,75	8	0,67	231	290	1778
		511 OT511A	1175	14,0	3,5	0,35	2	0,22	163	413	1751
		511 OT511B	1107	14,0	2,5	0,27	2	0,22	274	413	1793
		512 OT512A	951	12,4	1,5	0,18	2	0,22	486	325	1762
		512 OT512B	952	12,4	1,5	0,18	2	0,22	486	325	1763

### 6.6.3 Vyvážení okruhů vedoucích do bytových jednotek

Po vyvážení otopných těles se ze stejného důvodu musí vyvážit i jednotlivé okruhy v patrech napojené na stoupací potrubí mezi sebou. Čili okruhem se myslí od sdruženého rozdělovače, poté po stoupačce, zahne se do okruhu (patra), vrátí se z okruhu, po stoupačce dolů a na zpátečce až k rozdělovači. Tato hlavní větev by měla mít stejnou tlakovou ztrátu při požadovaném průtoku. To se zajistí použitím vyvažovacího ventilu. Vyvažovací ventil bude umístěn na zpátečním potrubí v šachtě provedení inženýrských sítí. Vyvažovací ventil byl vybrán STAD-C 15/14 v závitovém provedení od firmy IMI HEIMEIER (obr. 34).



Obr. 34 Vyvažovací ventil STAD-C [33]

Tento ventil je přímo určen pro soustavy vytápění. Nastavení se provádí ovládací hlavicí, kde se na stupnici nastaví číslice. Ventil je velice přesný, nastavení totiž umožňuje na desetiny čísla. Plně otevřený ventil má nastavení 4.0. Připojovací dimenze je DN 20 (G 3/4"). Výpočet se provede podle už zmíněné  $k_v$  hodnoty. Jednotlivá nastavení vyvažovacích ventilů pro všechna patra lze vidět v tabulce č. 20.

Tab. 20 Nastavení vyvažovacích ventilů na patrech

Stoupací potrubí	Patro	$\Delta p_{\text{potr}}$ [Pa]	$\dot{m}$ [kg.h <sup>-1</sup> ]	Nastavení VV	$k_{v(\text{vv})}$ [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_{\text{vv}}$ [Pa]	$\Delta p_{\text{celk}}$ [Pa]
01	1.NP	7382	114,2	2.4	0,82	1984	9366
	2.NP	8094	111,1	2.7	1,05	1145	9238
	3.NP	8563	111,1	2.9	1,25	808	9370
	4.NP	8794	111,1	3.1	1,48	576	9370
	5.NP	9142	118,3	4.0	2,52	225	9368
02	1.NP	4591	171,2	2.8	1,15	2266	6858
	2.NP	5029	166,4	2.9	1,26	1783	6812
	3.NP	5357	166,4	3.0	1,38	1487	6844
	4.NP	5809	166,4	3.3	1,72	957	6766
	5.NP	6348	168,7	4.0	2,52	458	6806

Vyvažovací ventily STAD-C budou ještě umístěny nad sdruženým rozdělovačem pro každý napojený okruh plně otevřené s nastavením 4.0 ze seřizovacích a kontrolních důvodů, například, aby si kontrolor mohl napojit na ventil a zjistit si průtok, popřípadě zaškrtnit okruh.

## 7 VYVÁŽENÍ ROZVODŮ VE VZDUCHOTECHNICE

Pro chlazení a vytápění byl navržen kombinovaný klimatizační systém. Vyvážení rozvodů na straně vzduchu bylo už popsáno v kapitole větrání a klimatizace posilovny, ale k indukčním jednotkám, přesněji k vodním ohřivačům, vedou rozvody otopné vody, které se musí také navzájem mezi sebou vyvážit. K vyvážení nebudou použity termostatické ventily, ani regulační šroubení jako u otopných těles, ale vyvažovací ventily STAD-C 15/14. K návrhu průměrů potrubí je použita metoda rychlostí s rychlostí 0,6 m.s<sup>-1</sup>. Nastavení vyvažovacích ventilů u indukčních jednotek v jednotlivých místnostech vidíme v tabulce č. 21.

Tab. 21 Nastavení vyvažovacích ventilů u indukčních jednotek

Místnost	Okruh	$\Delta p_{\text{potr}}$ [Pa]	$\Delta p_{ij}$ [Pa]	$\dot{m}$ [kg.h <sup>-1</sup> ]	Nastavení VV	$k_{v(w)}$ [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_w$ [Pa]	$\Delta p_{\text{celk}}$ [Pa]
-001-	IJ001	6548	300	47,0	1.7	0,41	1331	8179
-003-	IJ003	6430	900	85,0	2.6	0,97	778	8108
-004-	IJ004	6646	1300	105,0	4.0	2,52	176	8122
-005-	IJ005	6133	1300	105,0	2.9	1,28	682	8114
-006-	IJ006	6288	900	85,0	2.5	0,88	952	8140
-010-	IJ010	6111	200	41,0	1.5	0,31	1727	8039
-011-	IJ011A	6593	300	53,0	1.9	0,51	1094	7987
-011-	IJ011B	6886	300	53,0	2.0	0,57	873	8059
-012-	IJ012	7207	300	53,0	2.2	0,68	615	8123



## 8 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Teplá voda se používá ke koupání, mytí, praní a umývání. V žádném případě není určena k pití nebo vaření. Přípravu teplé vody rozlišujeme na

- *lokální* – každé odběrné místo (umyvadlo, vana, ...) má vlastní ohřívač
- *centrální* – odběrná místa jsou zásobována jedním zdrojem tepla
- *ústřední* – odběrná místa jsou zásobována z jednoho ústředního ohřevu v budově

Způsob ohřevu teplé vody se dá rozdělit podle typu konstrukce ohřívačů na:

- *průtokový* – okamžitý ohřev vody, kde voda jen protéká a nedochází k akumulaci
- *zásobníkový* – ohřívač v sobě ohřívá vodu a rovnou jí akumuluje

Zásobníkové ohřívače se dělí podle ohřevu na:

- *nepřímé* – tepelná energie obsažená v teplotnosné látce se předává přes teplosměnnou plochu
- *přímé* – tepelná energie je dodávána přímo ohříváné vodě [34]

Jak už bylo uvedeno, průtokový ohřívač ohřívá vodu průběžně, a z toho důvodu se nehodí pro bytový dům, kde je větší odběr teplé vody než například na chalupě. U bytového domu by výkon ohřívače nestačil na zásobování více míst najednou. Z toho důvodu, že komín je už v bytovém domě, dům má přípojku na zemní plyn, přímý ohřev přenese větší množství energie a má menší tepelné ztráty potrubím než nepřímý ohřev, tak bude v bytovém domě navržena ústřední příprava teplé vody přímo ohříváním zásobníkem.

### 8.1 Návrh velikosti akumulačního zásobníku

Pro návrh objemu zásobníku teplé vody lze využít normu ČSN 06 0320, ČSN EN 12831-3 nebo DIN 4708. Další možný návrh je využití přednostní přípravy teplé vody, kde dochází k přesměrování výkonu zdroje tepla z otopné soustavy na přípravu teplé vody. Pro tento bytový dům bude použit výpočet podle ČSN 06 0320. Přihlédne se ale k reálně potřebě teplé vody na osobu a den pro bytový dům, která již dle zrušené normy ČSN EN 15316-3 činí 40 l na osobu a den, a k průběhu časového odběru teplé vody podle téže normy. Norma ČSN 06 0320 má totiž předimenzované hodnoty potřeby teplé vody

na osobu a den. [11], [12], [13] Na každém podlaží jsou dva byty. V menším bytě 2+1 se počítá s obsazeností dvou osob, ve větším 4+1 čtyř osob.

Pro potřebu teplé vody pro posilovnu umístěnou v prvním podzemním podlaží použijí hodnotu 60 l na jednu instalovanou sprchu. Norma ČSN EN 15316-3 sice uvádí 100 l na osobu a den, ale přihlédnu k [12], kde autor píše, že hodnota v normě je pro vyšší komfort a stačí méně. V posilovně jsou čtyři sprchy.

Celková potřeba teplé vody za den  $V_{2p}$  je pro tento případ

$$V_{2p} = V_{2p,f} \cdot n = (2 + 4) \cdot 5 \cdot 0,04 + 4 \cdot 0,06 = 1,44 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}, \quad (70)$$

kde

$V_{2p,f}$  je potřeba teplé vody na měrnou jednotku [ $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ ],

$n$  je počet měrných jednotek [-]. [12]

Potřeba tepla odebraného z ohřívače teplé vody za den  $Q_{2p}$  se stanoví ze vztahu

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = Q_{2t} \cdot (1 + z) = \frac{(1 + z) \cdot V_{2p} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000}, \quad (71)$$

kde

$Q_{2p}$  je teplo odebrané z ohřívače teplé vody [ $\text{kWh} \cdot \text{den}^{-1}$ ],

$Q_{2t}$  je teoretické teplo odebrané z ohřívače teplé vody [ $\text{kWh} \cdot \text{den}^{-1}$ ],

$Q_{2z}$  je teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody [ $\text{kWh} \cdot \text{den}^{-1}$ ],

$z$  je poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci teplé vody [-],

$V_{2p}$  je celková potřeba teplé vody [ $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ ],

$\rho_w$  je hustota vody při střední teplotě zásobníku [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],

$c_w$  je měrná tepelná kapacita vody [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$t_2$  je teplota teplé vody [ $^{\circ}\text{C}$ ],

$t_1$  je teplota studené vody [ $^{\circ}\text{C}$ ]. [34]

Teplota teplé vody je  $55^{\circ}\text{C}$  a studené vody  $10^{\circ}\text{C}$ . Pro navržené tloušťky tepelné izolace rozvodů teplé vody podle vyhlášky č. 193/2007 Sb. je uvažováno  $z = 0,3$ . [11]

Teplo odebrané z ohřívače teplé vody je tedy

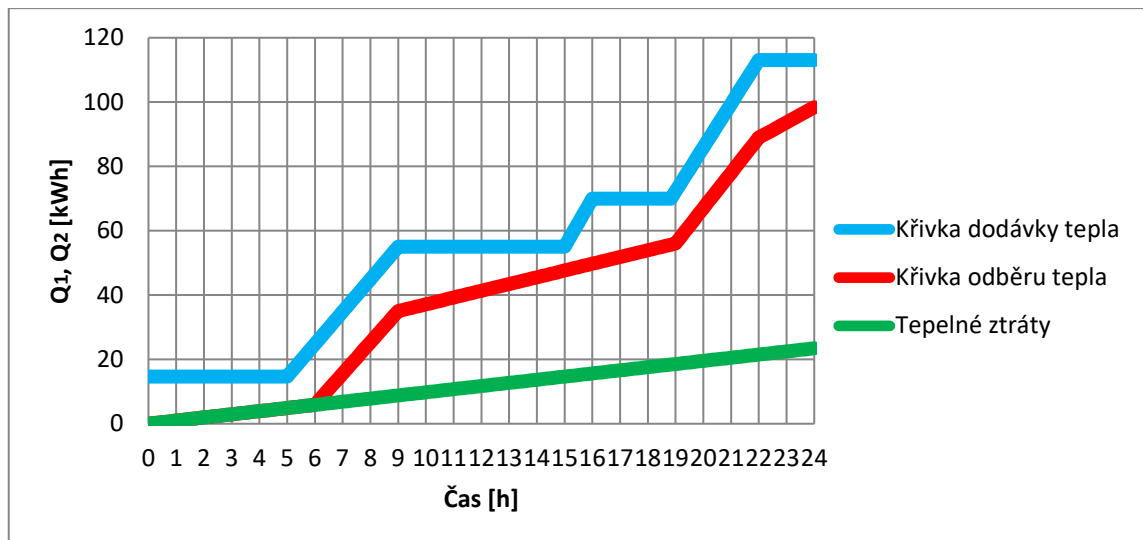
$$Q_{2p} = \frac{(1 + 0,3) \cdot 1,44 \cdot 994,31 \cdot 4187 \cdot (55 - 10)}{3600 \cdot 1000} = 97,42 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}. \quad (72)$$

Z teoretického tepla  $Q_{2t}$  a ztraceného tepla  $Q_{2z}$  se poté sestaví křivky odběru a dodávky tepla za danou periodu. Křivka odběru tepla se sestaví ze závislosti odběru tepla na čase. Průběh časového odběru teplé vody podle ČSN EN 15316-3 je:

- od 6 do 9 hodin = 35 % z celkového množství,
- od 9 do 19 hodin = 15 % z celkového množství,
- od 19 do 22 hodin = 40 % z celkového množství,
- od 22 do 24 hodin = 10 % z celkového množství.

Dodávka tepla během jedné časové periody může být trvalá (nepřerušovaná dodávka) nebo časově kratší než délka periody odběru teplé vody (přerušovaná dodávka). Křivka dodávky tepla musí být vždy nad křivkou odběru tepla (přibližně 15 %), jinak by mohl nastat nedostatek tepla pro ohřev vody na požadovanou teplotu. Křivky odběru a dodávky s časem neklesají. Když jsou obě dvě křivky na sobě, znamená to, že tam není odběr. Křivka dodávky tedy charakterizuje, jak zdroj tepla bude pracovat. Když je křivka rovnoběžná, zdroj tepla nepracuje. Tepelné ztráty jsou lineární (konstantní v každém okamžiku), a je důležité mít na paměti, že nejsou nulové, i když není odběr. [11]

Křivku odběru a dodávky tepla pro tento bytový dům můžeme vidět na obr. 35. Na obrázku vidíme 2 odběrné špičky – ranní a večerní.



Obr. 35 Křivka odběru a dodávky tepla pro bytový dům

Objem zásobníku teplé vody se stanoví ze vzorce

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho \cdot c_w \cdot (t_2 - t_1)} \cdot 3600 \cdot 1000, \quad (73)$$

kde

$V_z$  je objem zásobníku teplé vody [m<sup>3</sup>],

$\Delta Q_{max}$  je maximální rozdíl mezi křivkou dodávky  $Q_1$  a odběru tepla  $Q_2$  [kWh]. [34]

Tepelný výkon zdroje tepla  $P_z$  se poté stanoví ze vztahu

$$P_z = \left( \frac{Q_1}{\tau} \right)_{max}, \quad (74)$$

kde

$P_z$  je tepelný výkon zdroje tepla [W],

$\tau$  je čas [h],

$\left( \frac{Q_1}{\tau} \right)_{max}$  je maximální sklon křivky dodávky tepla během periody [W]. [34]

V případě přerušovaného provozu se spočítá v každém schodu požadavek na výkon. Výsledky byly spočítány v elektronické příloze č. 4 a vidíme je v tab. 22. Zásobník je navržen tak, aby byl co nejmenší. Druhý úsek nabíjení mezi 15.00 a 16.00 hodinou je tam z důvodu nestandardnosti chování lidí.

Tab. 22 Požadavky na objem zásobníku a velikost zdroje tepla

Časový úsek nabíjení	Požadovaný objem zásobníku TV $V_z$ [l]	Požadovaná velikost zdroje tepla $P_z$ [kW]
5:00 až 9:00	381,68	10,08
15:00 až 16:00	387,21	<b>15,0</b>
19:00 až 22:00	<b>460,69</b>	13,60

## 8.2 Výběr zásobníku teplé vody

Z tabulky č. 22 můžeme vidět, že z hlediska výkonu je rozhodující mezipřehled mezi 15.00 až 16.00 hodinou, ale z pohledu velikosti zásobníku je důležitá večerní špička. Podle toho je vybrán stacionární plynový ohřívač vody BGM500/BA s odtahem spalin do komína od společnosti ENBRA (obr. 36). Maximální povolený připojovací tlak vody je 600 kPa. Pokud je tlak vyšší, nainstaluje se před ohřívač redukční tlakový ventil. Připojení na plyn o rozměru DN 15 (R ½") a na vodovodní řad na vstupu i výstupu o rozměru DN 25 (R 1") zajistí profese zdravotně technických instalací (ZTI).



Obr. 36 Zásobník teplé vody BGM500/BA [35]

Jeho technické vlastnosti vidíme na obrázku č. 37. Šířka dveří ve strojovně v prvním podzemním podlaží a v chodbě navazující je 1000 mm. Z toho důvodu nebude problém pronést zásobník dveřmi.

Typ		BGM 150/BA	BGM 200/BA	BGM 250/BA	BGM 300/BA	BGM 400/BA	BGM 500/BA	BGM 600/BA	BGM 800/BA	BGM 1000/BA	BGM 1500/BA	BGM 2000/BA	
Objem	l	150	200	235	300	400	470	590	755	950	1 400	1 900	
Příkon	kW	14	14	14	23,2	23,2	29,5	29,5	34	34	34	34	
Špičkový výkon <sup>1</sup>	l/10min	300	400	470	600	800	940	1 180	1 510	1 900	2 800	3 800	
Stálý výkon <sup>2</sup>	l/h	226	226	226	380	380	477	477	555	555	555	555	
Spotřeba ZP	m <sup>3</sup> /h	1,48	1,48	1,48	2,45	2,45	3,12	3,12	3,6	3,6	3,6	3,6	
Hmotnost prázdného ohřivače	kg	86	98	114	137	167	208	237	307	353	489	550	
ROZMĚRY	D	mm	550	550	550	650	650	750	750	900	900	1 200	1 200
	H	mm	1 365	1 610	1 825	1 680	2 060	1 920	2 270	2 130	2 460	2 330	2 820
	h1	mm	1 330	1 575	1 785	1 655	2 025	1 870	2 195	1 550	1 920	1 670	2 170
	i	mm	140	140	140	140	140	140	140	1 145	1 515	1 260	1 760
	DF	mm	100	100	100	120	120	140	140	140	140	140	140
	Ø1	mm	3/4"	3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1"	2"	2"	2½"	2½"

Obr. 37 Technické vlastnosti zásobníku teplé vody [36]

Tepelné ztráty během cesty potrubím způsobí, že se teplá voda v potrubí od zásobníku teplé vody k odběrnému místu ochladí. Důsledkem toho je, že uživatel po otočení kohoutku čeká na teplou vodu a mezitím odpouští studenější vodu do kanalizace. To je ale plýtvání vodou, ale i energiemi. Tento problém se u bytových domů dá řešit cirkulací teplé vody anebo elektrickými topnými kabely. Cirkulace teplé vody znamená, že oběhové čerpadlo prohání teplou vodu ze zásobníku neustále potrubím. Nevýhodou tohoto způsobu je, že je potřeba instalace další větve potrubí, oběhové čerpadlo potřebuje pro provoz energii a jsou velké nároky na instalační prostor v budovách. Elektrické topné kabely se instalují na vodovodní potrubí propojující zásobník teplé vody s vodovodními armaturami. Topný kabel automaticky reguluje výkon podle povrchové teploty trubky a udržuje požadovanou teplotu vody. Výhodou je, že tento způsob je skoro bezúdržbový, protože kabely mají podobnou životnost jako vodovodní potrubí. Další z výhod jsou nižší investiční nároky a tepelné ztráty, a také se nepotřebuje oběhové čerpadlo. V tomto případě byl vybrán způsob pomocí elektrických topných kabelů. [37]

## 9 ZDROJ TEPLA

Nejčastějším zdrojem tepla v bytových domech je kotel, ale používá se i tepelné čerpadlo či CZT (centralizované zásobování teplem). Zdroj zásobuje tepelnou energií otopnou soustavu a může současně zásobovat teplem i vzduchotechniku či být použit pro ohřev teplé vody a jiné technologie. V tomto případě byl zdroj tepla navrhnut podle součtu výkonů otopných těles, výkonu ohřívače ve vzduchotechnické jednotce a tepelných výkonů indukčních jednotek. Celkový instalovaný výkon otopných těles činí 24,51 kW. Celkový tepelný výkon indukčních jednotek na straně vody je 7,25 kW a ohřívač ve VZT jednotce má výkon 3,83 kW. Zdroj tepla tedy musí mít minimálně výkon 35,59 kW a bude umístěn ve strojovně v 1.PP v místnosti -008-. Jako zdroj tepla bude použit kotel. Kotle se dělí podle:

- teplotnosné látky
  - vodní
  - parní
- provozních parametrů
  - nízkotlaké
  - středotlaké
  - vysokotlaké
- použitého paliva
  - na tuhá paliva
  - na kapalnná paliva
  - na plynná paliva
  - kombinované
  - elektrokotle
- odolnosti vzhledem k nízkoteplotní korozi
  - nízkoteplotní
  - klasické
  - kondenzační
- použitého materiálu teplosměnné plochy
  - ocelové
  - měděné
  - litinové článkové
  - ze slitin hliníku

- tlaku ve spalovacím prostoru
  - podtlakové
  - přetlakové [54]

Pro tento objekt byl zvolen stacionární plynový kondenzační kotel Medvěd Condens 48 KKS s maximálním tepelným výkonem 48 kW od společnosti Protherm (obr. 38). V tomto případě není oběhové čerpadlo a pojistný ventil součástí kotle. Jedná se o plynový spotřebič v provedení C. Spotřebič typu C je uzavřený spotřebič, který odebírá z venkovního prostoru (nebo ze společného komínu) spalovací vzduch a spaliny jsou odváděny do venkovního prostoru. [38] Jelikož nebyla překročena hranice výkonu zdroje tepla 50 kW, tak podle normy ČSN 07 0703 - Kotelny se zařízeními na plynná paliva, se nejedná v tomto případě o kotelnu III. kategorie, ale o místnost se zdrojem tepla. Kdyby se jednalo o kotelnu, vztahují se na ní další požadavky podle normy a muselo by být zajištěno pro provoz větrání kotelny.



*Obr. 38 Plynový kondenzační kotel Medvěd Condens 48 KKS [39]*

Jeho technické vlastnosti vidíme na obrázku č. 39. Jako u zásobníku, tak také tady nebude problém pronést kotel dveřmi. Jeho rozměry totiž jsou 570 (délka) × 700 (šířka) × 1255 (výška) mm. Maximální provozní přetlak je 300 kPa. Přípojky pro vytápění mají rozměr DN 25 (1") a přípojky plynu DN 20 (3/4"). Přípojka pro odvod kondenzátu je 21 mm. Profese zdravotně technických instalací zajistí odvod kondenzátu z kotle a připojení kotle na rozvod plynu.



	jednotky	Medvěd Condens			
		18 KKS	25 KKS	35 KKS	48 KKS
Hmotnost	kg	86	86	102	102
Provozní hmotnost	kg	186	186	197	197
Přípustné druhy instalace		C13, C33, C43, C53, C83, C93, B23, B33, B53P			
Kategorie spotřebiče		II2H3P	II2H3P	II2H3P	II2H3P
<b>Vytápění</b>					
Minimální tepelný výkon (Q min.)	kW	5,4	7,2	10,1	13,9
Maximální tepelný výkon (Q max.)	kW	18	25	35	48
Jmenovitý průtok topné vody ( $\Delta T=20K$ )	l/h	735	1040	1430	1990
Minimální výstupní teplota	°C	40	40	40	40
Maximální výstupní teplota	°C	85	85	85	85
Objem topné vody	l	100	100	95	95
<b>Elektrické připojení</b>					
Elektrické připojení	V/Hz	230 / 50	230 / 50	230 / 50	230 / 50
Maximální příkon	W	33	47	50	75
Příkon v pohotovostním režimu	W	3	3	3	3
Krytí IP	-	IP20	IP20	IP20	IP20

Obr. 39 Technické vlastnosti plynového kondenzačního kotle [39]

## 10 POJISTNÉ A ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Výpočet pojistného a zabezpečovacího zařízení se řídí normou ČSN 06 0830.

### 10.1 Pojistné zařízení

Z definice jistí zdroj tepla proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku. Pojistné zařízení je dnes primárně pojistný ventil nebo otevřená expanzní nádoba, která je zároveň i zabezpečovacím zařízením. Pojistný ventil se nachází na pojistném úseku (umístění na nejteplejší straně zdroje tepla) a měl by být co nejkratší a zároveň tam nesmí být žádná uzavírací armatura. [54]

Jelikož pojistný ventil není součástí kotle, bude muset být navržen. Tepelný výkon, který musí ze zdroje tepla odvést pojistné zařízení, se nazývá pojistný výkon. Pro kotle je pojistný výkon

$$Q_P = 2 \cdot Q_N = 96 \text{ kW}, \quad (75)$$

kde

$Q_N$  je jmenovitý výkon zdroje tepla [kW]. [40]

Pojistný průtok pro páru se stanoví ze vztahu

$$\dot{m}_P = \frac{Q_P}{r} = \frac{96}{0,596} = 161,1 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}, \quad (76)$$

kde

$r$  je výparné teplo páry při otvíracím přetlaku pojistného ventilu [kWh.kg<sup>-1</sup>]. [40]

Předběžný návrh pojistného ventilu HONEYWELL SM 120 s  $\alpha_V = 0,449$  a  $p_{otv} = 250 \text{ kPa}$ .

Průřez sedla pojistného ventilu pro páru se stanoví ze vztahu

$$S_o = \frac{Q_P}{\alpha_V \cdot K} = \frac{96}{0,449 \cdot 1,12} = 190,9 \text{ mm}^2, \quad (77)$$

kde

$K$  je konstanta syté vodní páry při otvíracím přetlaku pojistného ventilu [kW.mm<sup>-2</sup>],

$\alpha_V$  je výtokový součinitel pojistného ventilu [-],

$p_{otv}$  je otevírací přetlak pojistného ventilu [kPa]. [40]

Vnitřní průměr pojistného potrubí pro páru se vypočítá ze vztahu [40]

$$d_V = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p} = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{96} = 28,72 \text{ mm.} \quad (78)$$

Návrh vyhovuje, jelikož průměr sedla ventilu je 16 mm. Ventil HONEYWELL SM 120 - 3/4 A (obr. 40) bude mít vstupní připojení DN 20 (3/4") a výstupní DN 25 (1"). Nejmenší průtočný průřez tohoto ventilu je 201 mm<sup>2</sup> a otevírací přetlak 250 kPa.



Obr. 40 Pojistný ventil Honeywell SM 120 - 3/4 A [41]

## 10.2 Zabezpečovací zařízení

Z definice zabezpečuje otopnou soustavu proti náhlým změnám teploty (potažmo přetlaku). [54] Zde zvolené zabezpečovací zařízení je tlaková expanzní nádoba. Její návrh začíná zjištěním součinitele zvětšení objemu  $n$  [-]. Tento součinitel závisí na maximálním rozdílu teplot v soustavě  $\Delta t_{max}$ . Maximální rozdíl teplot se vypočítá ze vztahu

$$\Delta t_{max} = t_{max} - 10 = 55 - 10 = 45 \text{ K,} \quad (79)$$

kde

$t_{max}$  je maximální teplota v soustavě [°C]. [42]

Tomu odpovídá  $n = 0,01413$ . Nejnižší dovolený absolutní tlak se stanoví ze vztahu

$$\begin{aligned} p_{d,dov,A} &= 1,1 \cdot (\rho_w \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}) + p_b = \\ &= 1,1 \cdot (989,97 \cdot 9,81 \cdot 14,55 \cdot 10^{-3}) + 100 = 255 \text{ kPa}, \end{aligned} \quad (80)$$

kde

- $\rho_w$  je hustota vody [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ],
- $g$  je tíhové zrychlení [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ],
- $h$  je výška od středu expanzní nádoby do nejvyššího bodu soustavy [m],
- $p_b$  je barometrický tlak [kPa]. [42]

Střed expanzní nádoby je od podlahy v podzemním podlaží vzdálen 0,5 m.

Nejvyšší dovolený absolutní tlak se stanoví ze vztahu

$$p_{h,dov,A} = p_{otv} + p_b = 250 + 100 = 350 \text{ kPa}, \quad (81)$$

kde

- $p_{otv}$  je otevírací přetlak pojistného ventilu [kPa]. [42]

Stupeň využití expanzní nádoby se poté stanoví ze vztahu [42]

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,dov,A}}{p_{h,dov,A}} = \frac{350 - 255}{350} = 0,27. \quad (82)$$

Objem expanzní tlakové nádoby potom bude

$$V_{EN-T} = 1,3 \cdot V_{os} \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} = 1,3 \cdot 578,7 \cdot 0,01413 \cdot \frac{1}{0,27} = 39,37 \text{ l}, \quad (83)$$

kde

- $V_{os}$  je celkový vodní objem soustavy [l]. [42]

Objem vody v kotli je 95 l, celkový objem vody v otopných tělesech je 289,6 l a celkový objem vody v potrubí je 172,6 l. Objem vody ve výměníku vzduchotechnické jednotky je 8 l a celkový objem vody v indukčních jednotkách je 13,5 l.

S ohledem na výpočet byla vybrána expanzní nádoba AQUAFILL HS040 s objemem 40 l v závěsném provedení od firmy REGULUS (obr. 41).



*Obr. 41 Expanzní nádoba HS040 [43]*

U expanzní nádoby se seřídí na straně vzdušiny přetlak, který se vypočte ze vzorce [42]

$$\begin{aligned} p_{d,seř} &= (1,1 \text{ až } 1,3) \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} = 1,2 \cdot 989,97 \cdot 9,81 \cdot 14,55 \cdot 10^{-3} = \\ &= 170 \text{ kPa.} \end{aligned} \tag{84}$$

## 11 REGULACE

Projektant musí zajistit místní regulaci u otopných těles (popř. u indukčních jednotek), která byla popsána v kapitole 6 a 7, ale i centrální regulaci. Ta se dá buďto zajistit zdrojem tepla, anebo, jako v tomto případě, když je to kombinované se vzduchotechnikou, napojením na sdružený rozdělovač a regulací jednotlivých napojených okruhů. Na rozdělovači budou napojeny 4 okruhy – vzduchotechnická jednotka, stropní indukční jednotky a dva otopné okruhy s otopnými tělesy. Každá z těchto zón bude mít samostatné oběhové čerpadlo. Na každém okruhu bude umístěn trojcestný směšovací ventil. Na něm se bude v rámci směšovacího uzlu regulovat teplota vody, a vytáhne se polozapuštěné čidlo na severní fasádu domu. Trojcestné ventily tedy budou řízeny ekvitermně.

Regulace teploty vody u plynového ohřívače je zajištěna regulačním ventilem s funkcí havarijního termostatu. Zvolený kondenzační kotel je řízen ekvitermně regulátorem Set Thermolink B od firmy Protherm. U regulátoru na vstupu budou teplotní čidla a na výstupu jsou čerpadla, která se řídí v podstatě zapnuto/vypnuto, a trojcestné směšovací ventily. U trojcestných ventilů jde přesněji spojení s komunikačním regulátorem na jejich pohony.

### 11.1 Návrh termohydraulického rozdělovače

Termohydraulický rozdělovač (dále THR) je vlastně předimenzovaný zkrat kotlového okruhu, kde je na rozdíl od zkratu v kotlovém okruhu zanedbatelný rozdíl tlaků mezi přívodním a zpátečním potrubím. Tím se dosáhne plného hydraulického propojení a vyloučí se vzájemné ovlivňování primárního (kotlového) a sekundárních (spotřebitelských) okruhů. Návrh spočívá v tom, že se vezme veškerý průtok primární stranou, tento průtok, který musí být větší než u sekundárního okruhu, se prožene THR s rychlostí 0,1 až 0,2 m.s<sup>-1</sup>, a z rovnice kontinuity vyjde minimální vnitřní průměr THR. [55] Objemový průtok kotlového okruhu se vypočítá ze vztahu

$$\dot{V}_{prim} \approx (1,05 \text{ až } 1,2) \cdot \dot{V}_{sek} \approx 1,1 \cdot 2,232 \approx 2,455 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}, \quad (85)$$

kde

$\dot{V}_{prim}$  je objemový průtok primárního okruhu [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>],

$\dot{V}_{sek}$  je objemový průtok sekundárního okruhu [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>]. [55]

Z rovnice kontinuity se vyjádří minimální vnitřní průměr, který se vypočítá ze vzorce

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}_{prim}}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,455}{\pi \cdot 0,1 \cdot 3600}} = 0,0932 \text{ m} = 93,2 \text{ mm}, \quad (86)$$

kde

$D$  je minimální vnitřní průměr THR [m],

$\dot{V}_{prim}$  je objemový průtok primárního okruhu [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ],

$w$  je rychlost proudění vody [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]. [44]

S ohledem na návrh je vybrán termohydraulický rozdělovač R146I - 1"1/2 s vnitřním průměrem 114 mm od firmy Giacomini (obr. 42). Jedná se o závitové provedení s přípojovacím rozměrem DN 40 (1"1/2).



Obr. 42 Termohydraulický rozdělovač R146I [45]

## 11.2 Návrh trojcestných ventilů

Základní veličinou pro návrh trojcestných směšovacích ventilů je známá  $k_v$  hodnota (viz vzorec č. 69). Požadovaná tlaková ztráta armatury, v tomto případě ventilu, se stanoví ze vztahu

$$\Delta p = P_V \cdot \frac{\Delta p_{var}}{1 - P_V}, \quad (87)$$

kde

$P_V$  je autorita ventilu [-],

$\Delta p_{var}$  je tlaková ztráta úseku s proměnným variabilním průtokem [kPa]. [55]

Tlaková ztráta úseku s proměnným variabilním průtokem je v tomto případě od trojcestného ventilu přes sdružený rozdělovač k termohydraulickému rozdělovači a zpátky. Autorita ventilu se volí. Pro tento případ, kdy jsou více jak dvě trojcestné armatury je  $P_V \geq 0,7$ . [55]

Návrh spočívá v tom, že se nejdříve zvolí autorita ventilu  $P_V$ , poté se vypočte požadovaná tlaková ztráta trojcestného ventilu  $\Delta p$  a nakonec se vypočítá  $k_v$  hodnota. Podle této hodnoty se od výrobce vybere ventil s nejbližší  $k_v$  hodnotou. Pomocí skutečné  $k_v$  hodnoty se vypočítá skutečná tlaková ztráta ventilu dle vzorce

$$\Delta p_{skut} = \Delta p_N \cdot \frac{\dot{V}^2}{k_{v,skut}^2}, \quad (88)$$

kde

$\dot{V}$  je objemový průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ],

$\Delta p_N$  je tlaková ztráta 100 kPa. [55]

Z této vypočítané skutečné tlakové ztráty se dá poté zjistit skutečná autorita ventilu  $P_V$  pomocí vztahu [55]

$$P_{V,skut} = \frac{\Delta p_{skut}}{\Delta p_{skut} + \Delta p_{var}}. \quad (89)$$

Pro všechny okruhy byly navrženy trojcestné ventily s pohonem CV316 RGA od firmy IMI HEIMEIER (obr. 43). Výsledky návrhu lze vidět v tabulce č. 23. Všechny ventily jsou v závitovém provedení dimenze DN 15. Připojovací rozměr je DN 15 (1/2").



Obr. 43 Trojcestný ventil CV316 RGA [46]



Tab. 23 Výsledky návrhu trojcestných ventilů

Okruh	$\dot{m}$ [kg.h <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_{var}$ [kPa]	$\Delta p$ (výp) [kPa]	$q_v$ (výp) [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	$q_v$ (skut) [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	DN	$\Delta p$ (skut) [kPa]	$P_v$ (skut) [-]
Otopný okruh 01	566	3,87	9,03	1,9	1,6	15	12,51	0,76
Otopný okruh 02	839	3,84	8,96	2,8	2,5	15	11,27	0,75
VZT jednotka	200	3,86	9,00	0,7	0,63	15	10,08	0,72
Indukční jednotky	627	3,93	9,17	2,1	1,6	15	15,36	0,80

### 11.3 Návrh oběhových čerpadel

Celkem je potřeba navrhnout 5 oběhových čerpadel. Jelikož kotel neobsahuje čerpadlo, jedno čerpadlo bude v kotlovém okruhu a zbývající čtyři budou sloužit pro rozvod otopné vody na jednotlivých okruzích na sdruženém rozdělovači. Každé čerpadlo na těchto okruzích musí pokrýt ztrátu hlavní větve, sdruženého rozdělovače a přípojného potrubí k termohydraulickému rozdělovači. Do té hlavní větve je i započítána tlaková ztráta trojcestného ventilu, měřiče tepla a vyvažovacího ventilu.

Volba oběhového čerpadla bude provedena na základě pracovního bodu. Ten je určen požadovaným průtokem okruhem a tlakovou ztrátou hlavní větve. U soustav s nuceným oběhem vody je proudění zajištěno dopravním tlakem čerpadla a účinným tlakem. Bilanční tlaková rovnice je ve tvaru

$$\Delta p_{\rho} + \Delta p_{\xi} = \Delta p_{zo}, \quad (90)$$

kde

$\Delta p_{\rho}$  je účinný tlak okruhu [Pa],

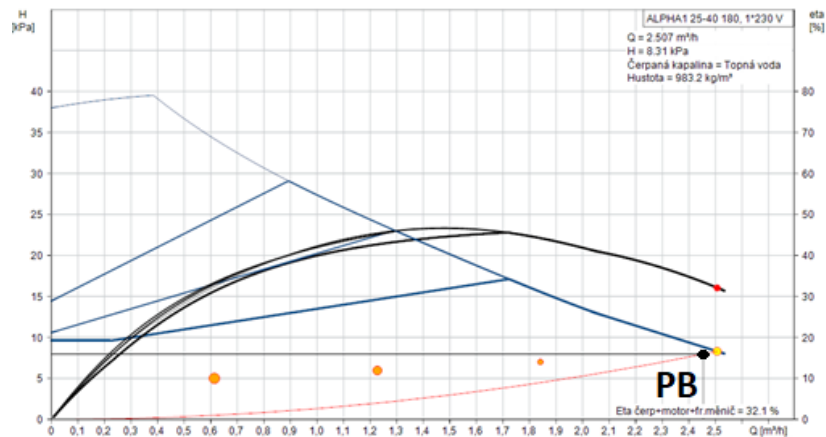
$\Delta p_{\xi}$  je dopravní tlak oběhového čerpadla [Pa],

$\Delta p_{zo}$  je celková tlaková ztráta okruhu [Pa]. [9]

Přirozený vztlak se dá vypočítat součinem výšky, gravitačního zrychlení a rozdílu hustot. Pro zjednodušení a s ohledem na objekt do 5-ti pater byl ve výpočtu uvažován jen dopravní tlak čerpadla, protože účinný vztlak vycházel řádově mnohem menší než dopravní tlak.

#### 11.3.1 Kotlový okruh

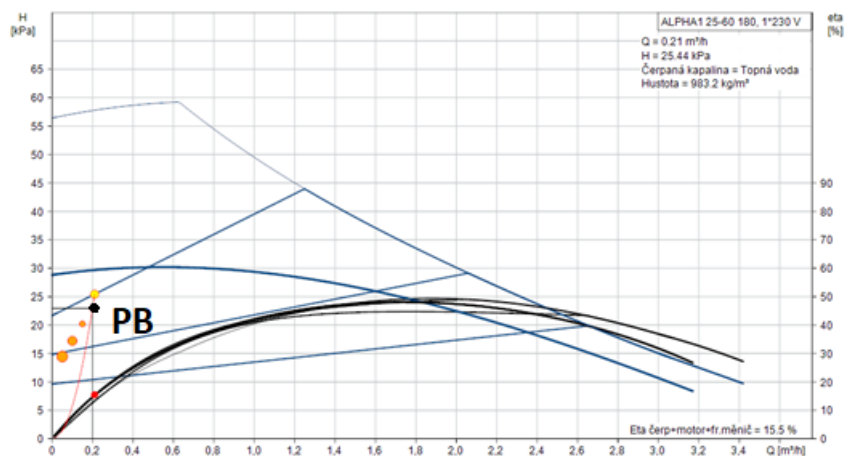
Pro tento okruh bylo navrženo čerpadlo ALPHA1 25-40 180 od firmy GRUNDFOS. Skutečná hodnota průtoku je 2,46 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> a výsledný dopravní tlak je 8 kPa. Čerpadlo je regulováno na konstantní dopravní tlak. Charakteristiku čerpadla vidíme na obrázku č. 44.



Obr. 44 Charakteristika čerpadla pro kotlový okruh,  
PB – pracovní bod čerpadla, [47]

### 11.3.2 Okruh vzduchotechnické jednotky

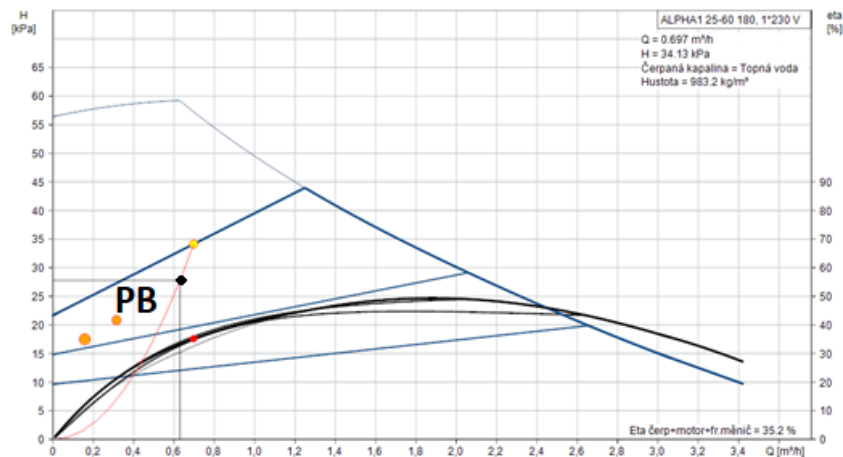
Pro tento okruh bylo navrženo čerpadlo ALPHA1 25-60 180 od firmy GRUNDFOS. Skutečná hodnota průtoku je  $0,20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  a výsledný dopravní tlak je 23 kPa. Čerpadlo je regulováno na konstantní dopravní tlak. Charakteristiku čerpadla vidíme na obrázku č. 45.



Obr. 45 Charakteristika čerpadla pro okruh vzduchotechnické jednotky,  
PB – pracovní bod čerpadla, [47]

### 11.3.3 Okruh indukčních jednotek

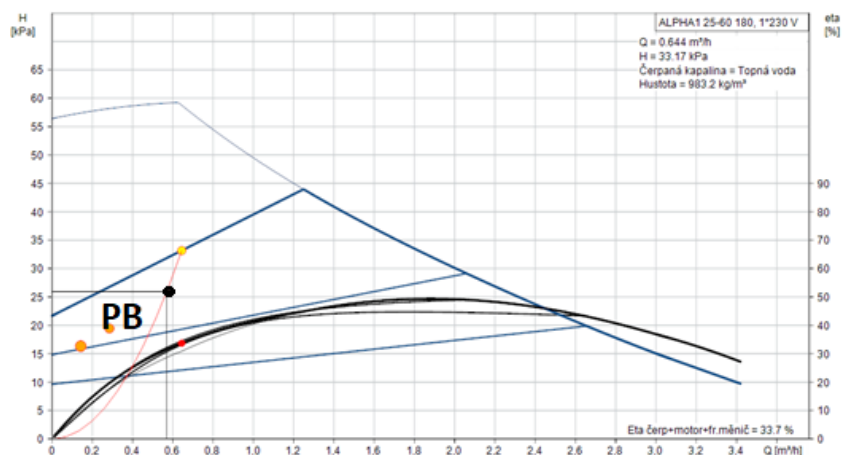
Pro tento okruh bylo navrženo čerpadlo ALPHA1 25-60 180 od firmy GRUNDFOS. Skutečná hodnota průtoku je  $0,63 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  a výsledný dopravní tlak je 28 kPa. Čerpadlo je regulováno na konstantní dopravní tlak. Charakteristiku čerpadla vidíme na obrázku č. 46.



Obr. 46 Charakteristika čerpadla pro okruh indukčních jednotek,  
PB – pracovní bod čerpadla, [47]

### 11.3.4 Otopný okruh na stoupacím potrubí 01

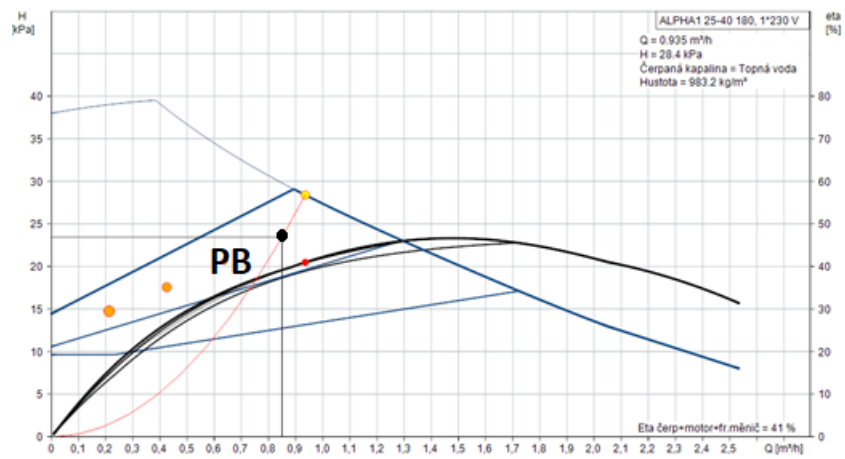
Pro tento okruh bylo navrženo čerpadlo ALPHA1 25-60 180 od firmy GRUNDFOS. Skutečná hodnota průtoku je  $0,57 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  a výsledný dopravní tlak je 26 kPa. Čerpadlo je regulováno na konstantní dopravní tlak. Charakteristiku čerpadla vidíme na obrázku č. 47.



Obr. 47 Charakteristika čerpadla pro otopný okruh na stoupacím potrubí 01,  
PB – pracovní bod čerpadla, [47]

### 11.3.5 Otopný okruh na stoupacím potrubí 02

Pro tento okruh bylo navrženo čerpadlo ALPHA1 25-40 180 od firmy GRUNDFOS. Skutečná hodnota průtoku je  $0,85 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  a výsledný dopravní tlak je 24 kPa. Čerpadlo je regulováno na konstantní dopravní tlak. Charakteristiku čerpadla vidíme na obrázku č. 48.



Obr. 48 Charakteristika čerpadla pro otopný okruh na stoupacím potrubí 02,  
 PB – pracovní bod čerpadla, [47]

## 12 SPALINOVÁ CESTA

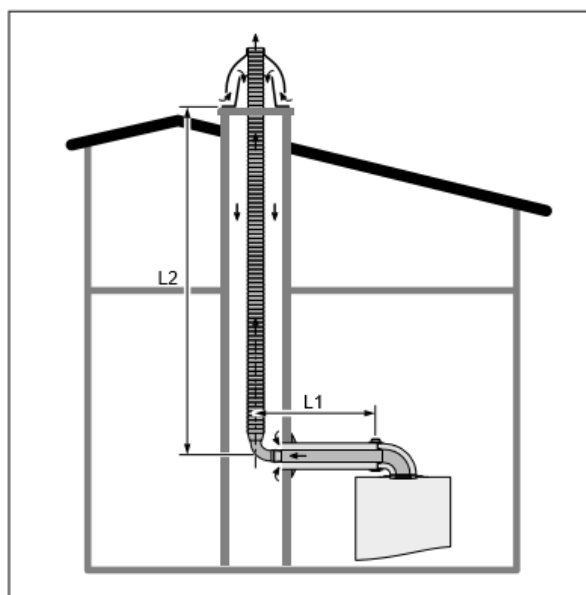
Ve strojovně jsou umístěny dva plynové spotřebiče. Plynový kondenzační kotel je plynový spotřebič v provedení C, a plynový ohřívač vody je plynový spotřebič v provedení B. Spotřebič typu B je otevřený spotřebič, který odebírá z prostoru, kde je instalován spalovací vzduch, a spaliny jsou odváděny do venkovního prostoru. Nejmenší požadovaný objem místnosti v prostoru, kde jsou spotřebiče typu B o součtu příkonů všech spotřebičů typu B do 30 kW, je 8 m<sup>3</sup>. Strojovna má objem 41,38 m<sup>3</sup> a je u ní zajištěno přirozené větrání, tj. přívod spalovacího vzduchu. [38]

Komíny se řídí normou ČSN 73 4201, podle které pro přetlakové komíny musí být minimální výška komínu 500 mm a u komínů s přirozeným tahem je minimální výška 650 mm nad větrným úhlem.

Byl vybrán keramický komínový systém ABSOLUT Typ ABS 1414 od firmy Schiedel. Tento systém je určen přímo pro kondenzační provoz, kde přívod spalovacího vzduchu ke kotli je kolem keramické vložky. Provozní teplota je do 400 °C, komín je odolný proti vyhoření sazí s minimální vzdáleností 50 mm od hořlavých materiálů.

### 12.1 Plynový kondenzační kotel

Kotel má koncentrický přívod spalovacího vzduchu a odvodu spalin. Spalovací vzduch je přiváděn mezikružím a odvod spalin je pomocí koncentrické trubky. Koncentrický přívod kotle je znázorněn na obrázku č. 49.



Obr. 49 Koncentrický přívod spalovacího vzduchu pro kondenzační kotel [48]

Koncentrické vedení má rozměry  $\varnothing$  80/125 mm. Mezi kolenem a koncovkou průchodky musí být minimální spád 5 %, aby kondenzát odtékal z kouřovodu do kotle. Maximální délka koncentrické přípojky k odvodu spalin je 25 m + tři kolena  $87^\circ$  a jedno opěrné koleno. Z toho může být maximálně 5 m v nevytápěné místnosti. Požadavek je splněn, protože tato spalinová cesta se skládá z jednoho kolene  $87^\circ$ , potom 1 m délky potrubí vedených v nevytápěné místnosti a svislé délky komína 15,4 m. Další požadavek od výrobce u svislého střešního prostupu a u vodorovné průchodky stěnou je dán maximální délkou potrubí 15 m + tři kolena  $87^\circ$ . To je splněno, protože střešní prostup je 3,85 m a průchod stěnou má délku 0,5 m.

## 12.2 Plynový ohříváč vody

Odvod spalin je skrze přerušovač tahu vybavený pojistkou zpětného toku spalin do vnitřního prostředí. Připojení odtahu spalin má  $\varnothing$  140 mm. K provozu není zapotřebí elektřina. Spalovací vzduch je z místnosti nasáván přes sací mřížku. Výrobce ohříváče vody požaduje minimální podtlak komínového průduchu v oblasti sopouchu 2,0 Pa a deklaruje teplotu spalin ve spalinovém hrdle  $142^\circ\text{C}$ . Okolní vzduch má teplotu  $15^\circ\text{C}$ , a účinná výška komínu byla spočtena 20,5 m.

$$p_s = h \cdot g \cdot (\rho_{15} - \rho_{142}) = 20,5 \cdot 9,81 \cdot (1,225 - 0,85) = 75,4 \text{ Pa}, \quad (91)$$

kde

$p_s$  je statický komínový tah [Pa],

$h$  je účinná výška komínu [m],

$g$  je tíhové zrychlení [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ],

$\rho_{15}$  je hustota okolního vzduchu [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ],

$\rho_{142}$  je hustota vzduchu vstupující do komínu [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]. [49]

Výrobce požadovaný minimální tah komínu je splněn.

### 12.2.1 Výpočet spalovacího vzduchu

Požadované množství spalovacího vzduchu pro spotřebič typu B se stanoví ze vztahu

$$V_s = 1,1 \cdot \lambda \cdot \frac{Q_n}{\eta} = 1,1 \cdot 2,5 \cdot 29,5 = 81,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}, \quad (92)$$

kde

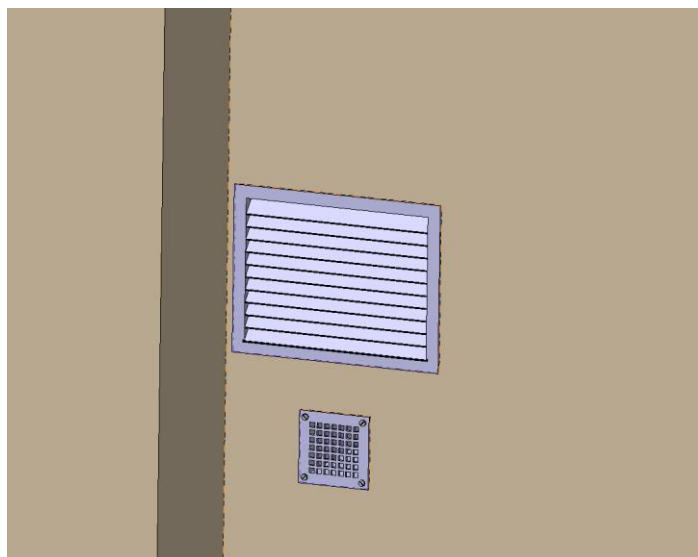
$V_s$  je množství spalovacího vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ],

$\lambda$  je potřebný přebytek vzduchu pro spalování [-],

$Q_n$  je jmenovitý tepelný výkon spotřebiče [kW],

$\eta$  je účinnost spotřebiče [-]. [38]

Přebytek vzduchu pro spalování se dá vypočítat, ale výrobce neudává obsah  $\text{CO}_2$  ve spalínách, proto tato hodnota byla zvolena 2,5. Přívod spalovacího vzduchu z venkovního prostoru bude zajištěn krycí mřížkou od firmy Mandík o rozměrech 160 x 160 mm. Rychlost v mřížce bude  $0,88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a tlaková ztráta mřížky je 1 Pa. Tato mřížka bude umístěna na fasádě domu pod protidešťovou žaluzií, která slouží pro přívod venkovního vzduchu do vzduchotechnické jednotky. Na obrázku č. 1 je vidět její umístění na fasádě. Detail vidíme na obrázku č. 50.



*Obr. 50 Umístění krycí mřížky a protidešťové žaluzie na fasádě domu*

## 13 MĚŘENÍ TEPLA

Jak starší, tak i novější bytové domy mají podle zákona povinnost měřit spotřebu tepla. Vyhláška č. 237/2014, kterou se mění vyhláška č. 194/2007, upřesňuje způsob měření tepla v objektech s centralizovaným zdrojem tepla. Pro budovy, kde vnitřní rozvod tepla pro vytápění vstupuje a vystupuje z bytu v jednom místě (jedna samostatná odbočka pro každou jednotku neboli v jednom bytě je jedna stoupačka), vyhláška nařizuje povinnost instalovat kalorimetry.

Rozúčtování spotřeby tepla se bude provádět pomocí kalorimetru. Kalorimetr je zařízení, které slouží k přímému měření spotřeby tepla, jež dodává teplonosnou látku pomocí nosného média – kapaliny. Kalorimetr obsahuje průtokoměr a dvě teplotní čidla. Toto technické zařízení měří průtok otopné vody a teplotu otopné vody na vstupu a výstupu do objektu. Výpočet spotřeby tepla je založen na kalorimetrické rovnici.

Výhoda je, že je to nejpřesnější metoda měření tepla a vlastně je to jediné měřidlo, které měří skutečné dodané teplo do bytu. Nevýhoda je, že náměr na kalorimetru nezohledňuje prostup tepla stěnou k sousední bytové jednotce nebo ztráty tepla, které uniká do nevytápěných prostor. V rámci bytových domů se většinou naměřená hodnota vynásobí koeficientem zohledňující polohu bytu v rámci domu. Na kalorimetr se vztahuje zákon o metrologii a z pohledu tohoto zákona se jedná o stanovené měřidlo, kde ověření funkce kalorimetru se provádí každé čtyři roky (viz vyhláška č. 345/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů). [50]

Měření spotřeby tepla bude tedy pro bytové jednotky prováděno kalorimetrem, který je umístěn před napojením na stoupačku na zpátečním potrubí v každém bytovém okruhu (šachta pro vedení inženýrských sítí) ve výšce 1 m nad podlahou. Co byt, to bude jedna zúčtovací jednotka na teplo. Byl vybrán ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 s jmenovitým průtokem  $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , jmenovitou světlostí DN 15 a stavební délkou 115 mm od společnosti ENBRA (obr. 51). Tento měřič s dálkovým odečtem se skládá z ultrazvukového průtokoměru, kalorimetrického počítadla a páru odporových teploměru Pt500. Jeho výhodou je, že využívá měření bez pohyblivých částí, čímž se snižuje opotřebení. Dalšími výhodami je nízká tlaková ztráta a samočisticí schopnost. Tento kalorimetr bude také umístěn ve strojovně za kulovými kohouty na okruhu vzduchotechnické jednotky a indukčních výustí, aby mohla být měřena spotřeba tepla u posilovny. Na okruhu vzduchotechnické jednotky bude se stejným průtokem



0,6 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> a jmenovitou světlostí DN 15 jako v bytových jednotkách. Okruh indukčních výústí bude osazen kalorimetrem se jmenovitým průtokem 1,5 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> a jmenovitou světlostí DN 15. Všechny kalorimetry jsou v závitovém provedení s rozměrem DN 20 (3/4").



*Obr. 51 Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 [51]*

## 14 POTŘEBA TEPLA A PALIVA

Výpočet potřeby tepla se dá provést intervalovou (měsíční, hodinovou) metodou podle normy ČSN EN ISO 52016-1 nebo pomocí denostupňové metody. V této studii se bude používat denostupňová metoda, protože v praxi se pro její jednoduchost a rychlost stále používá. Výhoda je, že není náročná na vstupní informace. Nevýhoda je, že se nedá použít na úřední hodnocení a nezohledňuje vnější a vnitřní tepelné zisky. [52]

### 14.1 Potřeba tepla na vytápění

Teoretická potřeba tepla na vytápění se stanoví ze vztahu

$$Q_d = 24 \cdot 3600 \cdot \Phi_c \cdot \frac{d \cdot (\theta_{is} - \theta_{e,m})}{(\theta_{is} - \theta_e)} \cdot e_i \cdot e_t \cdot e_d, \quad (93)$$

kde

- $Q_d$  je teoretická potřeba tepla na vytápění [J],
- $\Phi_c$  je celková tepelná ztráta objektu [W],
- $d$  je počet dnů v otopném období [dny],
- $\theta_{is}$  je průměrná vnitřní teplota objektu [°C],
- $\theta_{e,m}$  je průměrná venkovní teplota za otopné období [°C],
- $\theta_e$  je venkovní výpočtová teplota [°C],
- $e_i$  je opravný součinitel na nesoučasnost tepelné ztráty větráním a prostupem [-],
- $e_t$  je opravný součinitel na snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění [-],
- $e_d$  je opravný součinitel na zkrácení doby provozu otopné soustavy při přerušovaném vytápění [-]. [53]

Celková tepelná ztráta je vlastně instalovaný výkon. Čili u bytových jednotek je tam zahrnuta tepelná ztráta prostupem a větráním a v suterénu jen tepelná ztráta prostupem. Ztráta větráním je totiž zajištěna vzduchotechnikou, proto jsou do celkové tepelné ztráty ještě přičteny požadované výkony ohřivačů indukčních jednotek a výkon ohřivače vzduchotechnické jednotky jen na ohřev.

Opravné součinitele se volí. Opravný součinitel  $e_i$  se volí v rozmezí 0,6 až 0,9, kde je obvykle nižší hodnota pro rodinné domy a vyšší hodnota pro bytové domy a školy.

Tento součinitel byl zvolen 0,85. Opravný součinitel  $e_t$  byl zvolen 0,95. Tato hodnota platí pro obytné budovy s nepřerušovaným vytápěním. Nakonec pro opravný součinitel  $e_d$  byla zvolena hodnota 1,0. Tato hodnota platí pro trvale vytápěné budovy. [54]

Hodnoty veličin  $d$ ,  $\Phi_c$ ,  $\theta_{e,m}$  a  $\theta_e$  byly popsány už v kapitole výpočtu tepelných ztrát. Průměrná vnitřní teplota objektu se může také zvolit, anebo spočítat ze vzorce

$$\theta_{is} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot \theta_{int,i}}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad (94)$$

kde

$V_i$  je vnitřní objem místnosti [ $m^3$ ],

$\theta_{int,i}$  je vnitřní výpočtová teplota místnosti [ $^{\circ}C$ ]. [53]

Teplota po spočtení v elektronické příloze č. 4 vyšla 20,1  $^{\circ}C$ .

Po dosazení do vzorce vyšla teoretická potřeba tepla:

$$\begin{aligned} Q_d &= 24 \cdot 3600 \cdot 35857 \cdot \frac{245 \cdot (20,1 - 3,9)}{(20,1 - (-15))} \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = \\ &= 2,82881 \cdot 10^{11} \text{ J} = 282\,881 \text{ MJ}. \end{aligned} \quad (95)$$

Skutečná potřeba tepla na vytápění se spočítá podle vzorce:

$$Q_{d,skut} = \frac{Q_d}{\eta_K \cdot \eta_R \cdot \eta_O} = \frac{282\,881}{0,946 \cdot 0,97 \cdot 0,97} = 317\,811 \text{ MJ}, \quad (96)$$

kde

$Q_{d,skut}$  je skutečná potřeba tepla na vytápění [J],

$\eta_K$  je účinnost zdroje tepla (kotle) [-],

$\eta_R$  je účinnost rozvodu tepelné energie [-],

$\eta_O$  je účinnost obsluhy (regulace) [-]. [53]

Účinnost zdroje tepla udává výrobce. Otopná soustava je projektována na teplotní spád 55/40  $^{\circ}C$ , ale v projekčních podkladech od výrobce není uveden přímo tento teplotní spád. Jelikož je rozhodující teplota zpátečky, byla vybrána účinnost 105 % pro spád 60/40  $^{\circ}C$ . Tato účinnost je ale vztažena k výhřevnosti  $H_u$ . Abychom

dostali fyzikálně správnou účinnost, tj. účinnost vztaženou ke spalnému teplu, musíme uváděnou účinnost od výrobce vydělit podílem spalného tepla  $H_s$  k výhřevnosti  $H_u$ . Podíl  $H_s/H_u$  u zemního plynu je 1,11. Účinnost vybraného kondenzačního kotle vztažená k spalnému teplu potom bude  $1,05/1,11 = 0,946$ .

Účinnost rozvodu tepelné energie se volí v rozmezí 0,95 až 0,98. Jelikož rozvody budou tepelně izolovány standardním provedením přes návlekovou tepelnou izolaci TUBOLIT DG, tato účinnost je zvolena 0,97. U soustavy, která je dělená na samostatně regulované zóny pro kotle na plynná a kapalná paliva, jsou zóny samostatně regulovány a je využita nejpokrokovější místní regulace, je účinnost obsluhy 1,0. Této účinnosti ale v praxi u naší otopné soustavy, resp. našeho objektu těžko dosáhneme, proto tato veličina byla taktéž zvolena 0,97. [54]

## 14.2 Potřeba tepla na přípravu teplé vody

Teoretická potřeba tepla pro přípravu teplé vody se stanoví ze vztahu

$$Q_{teor,TV} = Q_{2p} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{2p} \cdot \frac{t_2 - t_{1,léto}}{t_2 - t_{1,zima}} \cdot (N - d), \quad (97)$$

kde

$Q_{2p}$  je teplo odebrané z ohříváče teplé vody [kWh.den<sup>-1</sup>],

$d$  je počet dnů v otopném období [den],

$t_2$  je teplota teplé vody [°C],

$t_{1,léto}$  je teplota studené vody v létě [°C],

$t_{1,zima}$  je teplota studené vody v zimě [°C],

$N$  je počet pracovních dní soustavy teplé vody [den]. [53]

Obvykle je počet pracovních dní soustavy 365 dnů, teplota studené vody je volena v létě 15 °C a v zimě 5 °C. [53] Potřeba tepla odebraného z ohříváče teplé vody vyšla v kapitole příprava teplé vody 97,42 kWh.den<sup>-1</sup>.

Tedy po dosazení:

$$\begin{aligned} Q_{teor,TV} &= 97,42 \cdot 245 + 0,8 \cdot 97,42 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 245) = \\ &= 31\,350 \text{ kWh} = 112\,860 \text{ MJ}. \end{aligned} \quad (98)$$

### 14.3 Potřeba paliva

Potřeba paliva na vytápění a přípravu teplé vody se stanoví ze vztahu

$$U_d = \frac{Q_{d,skut} + Q_{teor,TV}}{H_u} = \frac{317\,811 + 112\,860}{35,87} = 12\,006 \text{ m}^3 \quad (99)$$

kde

$H_u$  je výhřevnost paliva [ $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ ]. [53]

Plynovou přípojkou proudí tranzitní zemní plyn, pro který je hodnota výhřevnosti  $35,87 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ . [53]

### 14.4 Provozní náklady

Dodavatel plynu je společnost E.ON. Výpočet celkové roční platby za plyn bude proveden podle jejich výpočtu pro sazbu od 63 do 315 MWh/rok pro produkt Standard plyn v dané lokalitě. Přepočtená roční spotřeba je  $12\,006 \text{ m}^3 = 126,66 \text{ MWh}$ . Cena za odebrané množství zemního plynu je tedy  $126,66 \cdot 1181,34 = 149\,629 \text{ Kč}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Cena za kapacitní složku je  $\frac{12,006}{115} \cdot 253\,594,47 = 26\,475 \text{ Kč}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Celková roční platba za plyn na vytápění bytových jednotek, na přípravu teplé vody a na ohřev vzduchu ve vzduchotechnické jednotce a v indukčních jednotkách je  $149\,629 + 26\,475 = 176\,104 \text{ Kč}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

## 15 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navržení komplexního návrhu vytápění a větrání pro bytový dům. Jednalo se o rekonstrukci už postaveného domu. Návrh vychází z výkresové dokumentace, která byla původně pouze v papírové podobě, a musela se překreslit do kreslicího programu. Zateplení bylo realizováno pěnovým polystyrenem Isover EPS 70F a proběhla výměna oken a dveří.

V prvních kapitolách byl proveden výpočet tepelných ztrát a tepelné zátěže. Celková tepelná ztráta všech vytápěných místností vyšla 32 970 W. Tepelná zátěž se počítala jen pro posilovnu umístěnou v částečně podsklepeném prvním podzemním podlaží, protože jen tam bude umístěn klimatizační systém. Tepelný zisk posilovny vyšel 3610 W. Zatímco v nadzemních podlažích, kde jsou byty, kryjí tepelnou ztrátu otopná tělesa a větrání se pokryje větracími regulovatelnými mřížkami u oken, tak v podzemním podlaží, kde má být menší posilovna s recepcí, je navržen kombinovaný klimatizační systém. Klimatizační systém v létě odvádí tepelnou zátěž a v zimě pokrývá tepelnou ztrátu. V podzemním podlaží tedy nejsou umístěna otopná tělesa. V prostoru posilovny bylo navrženo větrání nucené, se zpětným získáváním tepla. Navržená vzduchotechnická jednotka je Duovent Compact DV 3000 DCB DCC MX KL F7/G4 DCAV. Jako zdroj chladu byla navržena vzduchem chlazená jednotka EWAQ011ACW1.

Teplá voda je v bytovém domě řešena formou plynového ohřívače BGM/500/BA. Jelikož se jedná o spotřebič typu B, byla pro zajištění spalovacího vzduchu navržena krycí mřížka. Jako zdroj tepla byl navržen kondenzační kotel Medvěd Condens 48 KKS. Oba dva spotřebiče mají samostatný komín. Oběhové čerpadlo, pojistný ventil a expanzní nádoba nejsou součástí kotle, proto byly zvlášť navrženy. Centrální regulace všech zón byla vyřešena napojením okruhů na sdružený rozdělovač, přičemž každý okruh má svoje samostatné oběhové čerpadlo a trojcestný směšovací ventil. Měření tepla pro bytové jednotky i posilovnu bude realizováno ultrazvukovým kalorimetrem s dálkovým odečtem.

Poslední samostatnou kapitolou byl výpočet potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody a potřeby paliva. Provoz tohoto obytného domu vyšel 176 104 Kč.rok<sup>-1</sup>.

## **16 SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH**

### Příloha č. 1 (formát .xlsx)

Stanovení součinitelů prostupu tepla stavebních konstrukcí, výpočet tepelných ztrát místností.

### Příloha č. 2 (formát .xlsx)

Výpočet tepelné zátěže, tabulka výkonů ohřivačů a chladičů stropních indukčních jednotek, výpočet tlakových ztrát potrubní sítě a její následné vyvážení, výpočty vztahující se k šíření hluku potrubní sítí.

### Příloha č. 3 (formát .xlsx)

Přepočet tepelného výkonu otopných těles, výpočet tlakových ztrát otopné soustavy a následné vyvážení bytových okruhů, vyvážení pater vůči sobě, vyvážení rozvodů otopné vody ke vzduchotechnice.

### Příloha č. 4 (formát .xlsx)

Návrh ohřivače teplé vody, výpočet průměrné vnitřní teploty, stanovení množství vody v otopné soustavě pro návrh expanzní nádoby, návrh trojcestných ventilů, návrh oběhových čerpadel.

### Příloha č. 5 (formát .pdf)

Technický list navržené vzduchotechnické jednotky na zadané vstupní parametry v kapitole 5.8.1.

## **17 SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE**

### Obecné

OBECNE.1 Výkres půdy – 5.NP

### Profese větrání a klimatizace

VZT.1 Půdorys 1.PP

VZT.2 Situace bytového domu

### Profese vytápění

VYT.1 Půdorys 1.PP

VYT.2 Půdorys 1.NP

VYT.3 Půdorys 2.NP

VYT.4 Půdorys 3.NP

VYT.5 Půdorys 4.NP

VYT.6 Půdorys 5.NP

VYT.7 Rozvody otopné vody k VZT

VYT.8 Rozvinuté schéma

VYT.9 Schéma zapojení kotle



## 18 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Bytový dům</i> .....	18
<i>Obr. 2 Skladba obvodové stěny</i> .....	20
<i>Obr. 3 Skladba nosné stěny</i> .....	20
<i>Obr. 4 Skladba příčky</i> .....	21
<i>Obr. 5 Skladba podlahy přilehlé k zemině</i> .....	21
<i>Obr. 6 Skladba podlahy vnitřní</i> .....	22
<i>Obr. 7 Skladba stěny přilehlé k zemině</i> .....	22
<i>Obr. 8 Skladba šikmé střechy</i> .....	23
<i>Obr. 9 Skladba stropu pod nevytápěnou půdou</i> .....	23
<i>Obr. 10 Stropní indukční výúst' DID604 [16]</i> .....	45
<i>Obr. 11 Informace z programu o indukční výusti v místnosti -001- [17]</i> .....	46
<i>Obr. 12 Talířový ventil LVS [18]</i> .....	47
<i>Obr. 13 Regulátor průtoku VFL [20]</i> .....	51
<i>Obr. 14 Vzduchotechnická jednotka [21]</i> .....	52
<i>Obr. 15 Kontrolní bod</i> .....	55
<i>Obr. 16 Letní h-x diagram pro místnost -011-</i> .....	58
<i>Obr. 17 Zimní h-x diagram pro místnost -011-</i> .....	59
<i>Obr. 18 Zdroj chladu EWAQ-ACWI [23]</i> .....	61
<i>Obr. 19 Trubkové otopné těleso Koralux Linear Max [24]</i> .....	65
<i>Obr. 20 Deskové otopné těleso Radik VK [25]</i> .....	66
<i>Obr. 21 Připojení u trubkového otopného tělesa Koralux Linear Max [24]</i> .....	69
<i>Obr. 22 Připojení u deskového otopného tělesa Radik VK [25]</i> .....	69
<i>Obr. 23 Hodnoty opravného součinitele <math>f_o</math> u článkových otopných těles [27]</i> .....	69
<i>Obr. 24 Vliv umístění tělesa v prostoru na opravný součinitel <math>f_p</math> [27]</i> .....	70
<i>Obr. 25 Moodyho diagram [9]</i> .....	73
<i>Obr. 26 Diagram měrné tlakové ztráty třením ALPEX - DUO XS [28]</i> .....	73
<i>Obr. 27 Integrovaný ventil se speciálním klíčem [25]</i> .....	74
<i>Obr. 28 Diagram tlakové ztráty otopného tělesa s integrovaným ventilem [25]</i> .....	75
<i>Obr. 29 <math>K_v</math> hodnota podle stupně nastavení ventilu [25]</i> .....	75
<i>Obr. 30 RŠ deskových těles [29]</i> .....	76
<i>Obr. 31 RŠ koupelnových těles [30]</i> .....	76
<i>Obr. 32 TRV koupelnových těles [31]</i> .....	77

<i>Obr. 33 Termostatická hlavice DX [32]</i> .....	77
<i>Obr. 34 Vyvažovací ventil STAD-C [33]</i> .....	78
<i>Obr. 35 Křivka odběru a dodávky tepla pro bytový dům</i> .....	84
<i>Obr. 36 Zásobník teplé vody BGM500/BA [35]</i> .....	85
<i>Obr. 37 Technické vlastnosti zásobníku teplé vody [36]</i> .....	86
<i>Obr. 38 Plynový kondenzační kotel Medvěd Condens 48 KKS [39]</i> .....	88
<i>Obr. 39 Technické vlastnosti plynového kondenzačního kotle [39]</i> .....	89
<i>Obr. 40 Pojistný ventil Honeywell SM 120 - 3/4 A [41]</i> .....	91
<i>Obr. 41 Expanzní nádoba HS040 [43]</i> .....	93
<i>Obr. 42 Termohydraulický rozdělovač RI46I [45]</i> .....	95
<i>Obr. 43 Trojcestný ventil CV316 RGA [46]</i> .....	96
<i>Obr. 44 Charakteristika čerpadla pro kotlový okruh, PB – pracovní bod čerpadla, [47]</i> .....	98
<i>Obr. 45 Charakteristika čerpadla pro okruh vzduchotechnické jednotky, PB – pracovní bod čerpadla, [47]</i> .....	98
<i>Obr. 46 Charakteristika čerpadla pro okruh indukčních jednotek, PB – pracovní bod čerpadla, [47]</i> .....	99
<i>Obr. 47 Charakteristika čerpadla pro otopný okruh na stoupacím potrubí 01, PB – pracovní bod čerpadla, [47]</i> .....	99
<i>Obr. 48 Charakteristika čerpadla pro otopný okruh na stoupacím potrubí 02, PB – pracovní bod čerpadla, [47]</i> .....	100
<i>Obr. 49 Koncentrický přívod spalovacího vzduchu pro kondenzační kotel [48]</i> .....	101
<i>Obr. 50 Umístění krycí mřížky a protidešťové žaluzie na fasádě domu</i> .....	103
<i>Obr. 51 Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY 775 [51]</i> .....	105

**19 SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Legenda místností</i> .....	19
<i>Tab. 2 Porovnávání součinitelů prostupu tepla podle normy ČSN 73 0540-2</i> .....	25
<i>Tab. 3 Výsledky výpočtu tepelných ztrát</i> .....	31
<i>Tab. 4 Tepelné zisky od osob</i> .....	40
<i>Tab. 5 Tepelné zisky od osvětlení</i> .....	41
<i>Tab. 6 Celkové tepelné zisky jednotlivých místností</i> .....	41
<i>Tab. 7 Výměna vzduchu podle zařizovacího předmětu</i> .....	44
<i>Tab. 8 Předpokládaný počet cvičících osob v místnostech</i> .....	44
<i>Tab. 9 Celkový průtok čerstvého vzduchu v místnostech</i> .....	44
<i>Tab. 10 Výpočet tlakových ztrát pro kruhové potrubí na přívodu</i> .....	50
<i>Tab. 11 Tlakové ztráty na přívodu</i> .....	50
<i>Tab. 12 Nastavení regulátoru průtoku na přívodu</i> .....	51
<i>Tab. 13 Tlakové ztráty na odvodu</i> .....	51
<i>Tab. 14 Nastavení talířového ventilu na odtahu</i> .....	52
<i>Tab. 15 Ukázka výpočtu hladiny akustického výkonu</i> .....	56
<i>Tab. 16 Chladicí a tepelné výkony indukčních jednotek</i> .....	60
<i>Tab. 17 Výsledky přepočtu výkonů otopných těles</i> .....	71
<i>Tab. 18 Vyvážení bytových okruhů – stoupací potrubí 01</i> .....	77
<i>Tab. 19 Vyvážení bytových okruhů – stoupací potrubí 02</i> .....	78
<i>Tab. 20 Nastavení vyvažovacích ventilů na patrech</i> .....	79
<i>Tab. 21 Nastavení vyvažovacích ventilů u indukčních jednotek</i> .....	80
<i>Tab. 22 Požadavky na objem zásobníku a velikost zdroje tepla</i> .....	85
<i>Tab. 23 Výsledky návrhu trojcestných ventilů</i> .....	97

## 20 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### Knižní publikace

- [1] DRKAL, F., ZMRHAL, V. *Větrání*. 2. vydání. Praha: ČVUT, 2018. ISBN 978-80-01-06378-1.
- [2] DRKAL, F., LAIN, M., ZMRHAL, V. *Klimatizace*. Dotisk 1. vydání. Praha: ČVUT, 2017. ISBN 978-80-01-05652-3.
- [3] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol. *Větrání a klimatizace*. 3. vydání. Brno: Bolit-B press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [4] CIHELKA J. a kol. *Vytápění a větrání*. 2. vydání. Praha: SNTL, 1975. ISBN 04-216-75.
- [5] SZÉKYOVÁ, M., FERSTL, K., NOVÝ, R. *Větrání a klimatizace*. 1. české vydání. Bratislava: Jaga Group, 2006. ISBN 80-8076-037-3.
- [6] NOVÝ, R. *Hluk a chvění*. 4. přepracované vydání. Praha: ČVUT, 2019. ISBN 978-80-01-06554-9.
- [7] BAŠTA, J., KABELE, K. *Otopné soustavy teplovodní*. Sešit projektanta 1. 2. přepracované vydání. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. ISBN 80-02-01426-X.
- [8] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02365-6.
- [9] BAŠTA, J. *Hydraulika a řízení otopných soustav*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02808-9.
- [10] BAŠTA, J. a kol. *Výkresová dokumentace ve vytápění*. Sešit projektanta 2. 2. vydání. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. ISBN 80-02-01465-0.

### Periodické publikace

- [11] VAVŘIČKA, R. Metody návrhu zásobníku teplé vody – 1. část. *Vytápění, větrání, instalace*, 2011, roč. 20, č. 3, s. 108–112. ISSN 1210-1389.
- [12] VAVŘIČKA, R. Metody návrhu zásobníku teplé vody – 2. část. *Vytápění, větrání, instalace*, 2012, roč. 21, č. 2, s. 54–57. ISSN 1210-1389.
- [13] VAVŘIČKA, R. Metody návrhu zásobníku teplé vody – 3. část. *Vytápění, větrání, instalace*, 2012, roč. 21, č. 5, s. 194–197. ISSN 1210-1389.

**Elektronické zdroje**

- [14] VAVŘIČKA, R. 01 – Výpočet tepelných ztrát [přednáška]. In: *Fakulta strojní ČVUT* [online]. Praha: ČVUT v Praze. [vid. 4. 3. 2020]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/Vytapeni/001\\_Tepelne\\_ztraty\\_New\\_2019.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/Vytapeni/001_Tepelne_ztraty_New_2019.pdf)
- [15] ZMRHAL, V. *Popis výpočtu tepelné zátěže klimatizovaných prostor dle ČSN*. [Online] 2015. [vid. 15. 4. 2020]. Dostupné z: [http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01\\_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf](http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf)
- [16] Type DID604. In: *TROX Austria GmbH* [online]. TROX Austria GmbH, © 2020. [vid. 15. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.trox.cz/induk%C4%8Dn%C3%AD-jednotky-do-rastrov%C3%A9ho-podhledu/type-did-604-b7c2063973023ce5>
- [17] *Nový TROX EPF (návrhový program)* [online]. TROX Austria GmbH, © 2020. [vid. 15. 4. 2020]. Dostupné z: [https://www.trox.cz/en/pl%C3%A1nov%C3%A1n%C3%AD/easy-product-finder-\(n%C3%A1vrhov%C3%BD-program\)-55915a3962c7412e](https://www.trox.cz/en/pl%C3%A1nov%C3%A1n%C3%AD/easy-product-finder-(n%C3%A1vrhov%C3%BD-program)-55915a3962c7412e)
- [18] Type LVS. In: *TROX Austria GmbH* [online]. TROX Austria GmbH, © 2020. [vid. 16. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.trox.cz/vzduchov%C3%A9-ventily/type-lvs-4b96760108cf94f7>
- [19] ZMRHAL, V. *Návrh potrubní sítě*. [Online] 2015. [vid. 16. 4. 2020]. Dostupné z: [http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/04\\_Navrh%20potrubni%20site.pdf](http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/04_Navrh%20potrubni%20site.pdf)
- [20] Type VFL. In: *TROX Austria GmbH* [online]. TROX Austria GmbH, © 2020. [vid. 17. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.trox.cz/regul%C3%A1tor-pr%C5%Aftoku-vzduchu-kvs/type-vfl-cefa7158b80bbbba>
- [21] *Větrací jednotka s rekuperací tepla*. [Online] ELEKTRODESIGN ventilátory. [vid. 20. 4. 2020]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/duovent-compact-dv-3000-dcb-h-rekup-jednotka>
- [22] ZMRHAL, V. *Šíření hluku potrubní sítě*. [Online] 2015. [vid. 25. 4. 2020]. Dostupné z: [http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/05\\_Sireni%20hluku%20potrubni%20siti.pdf](http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/05_Sireni%20hluku%20potrubni%20siti.pdf)
- [23] *Chladicí jednotka mini se vzduchovým chlazením, s invertorem* [Online]. Daikin. [vid. 1. 5. 2020]. Dostupné z: [https://www.daikin.cz/cs\\_cz/produkty/EWAQ-ACW1.html](https://www.daikin.cz/cs_cz/produkty/EWAQ-ACW1.html)
- [24] KORADO [online]. *KORALUX trubková otopná tělesa. Katalog výrobků*. © 2019. [vid. 1. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/koralux-trubkova-otopna-telesa-1549972273.pdf>

- [25] KORADO [online]. *RADIK desková trubková otopná tělesa. Katalog výrobků.* © 2019. [vid. 1. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/radik-deskova-otopna-telesa.pdf>
- [26] BAŠTA, J. Otopné plochy (IV – 1. část) – přepočít tepelného výkonu. In: *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 2006. [vid. 7. 4. 2020]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/3184-otopne-plochy-iv-1-cast-prepocet-tepelneho-vykonu>
- [27] BAŠTA, J. Otopné plochy (IV – 2. část) – přepočít tepelného výkonu. In: *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 2006. [vid. 7. 4. 2020]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/3192-otopne-plochy-iv-2-cast-prepocet-tepelneho-vykonu>
- [28] IVAR CS [online]. *Vícevrstvé potrubí. Technický list.* © 2018. [vid. 10. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/28001-30000/29792-file-CSTL-IVAR.ALPEX-DUO-XS.pdf>
- [29] IMI HEIMEIER [online]. *Armatury pro otopná tělesa s integrovanou ventilovou vložkou. Katalog.* © 2019. [vid. 10. 4. 2020]. Dostupné z: [https://imihydronic.blob.core.windows.net/resources/Documents/Catalogues/Czech/Low/Vekolux\\_CS\\_low.pdf](https://imihydronic.blob.core.windows.net/resources/Documents/Catalogues/Czech/Low/Vekolux_CS_low.pdf)
- [30] IVAR CS [online]. *Regulační šroubení – přímé. Technický list.* © 2018. [vid. 10. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/32001-34000/32786-file-CSTL-IVAR.DD-305.pdf>
- [31] IMI HEIMEIER [online]. *Termostatické ventily s plynulým přesným přednastavením. Katalog.* © 2019. [vid. 10. 4. 2020]. Dostupné z: [https://imihydronic.blob.core.windows.net/resources/Documents/Catalogues/Czech/Low/V-exact\\_II\\_CS\\_low.pdf](https://imihydronic.blob.core.windows.net/resources/Documents/Catalogues/Czech/Low/V-exact_II_CS_low.pdf)
- [32] Termostatická hlavice DX. In: *IMI Engineering* [online]. IMI Hydronic Engineering, © 2020. [vid. 10. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/termostatick%c3%a1-regulace/termostatick%c3%a9-hlavice-a-ventily/termostatick%c3%a9-hlavice/Termostatick%c3%a1-hlavice-DX/e76838bd-9545-440e-9a48-d9db1edc8813>
- [33] IMI Hydronic Engineering [online]. *Vyvažovací ventily. Prospekt.* © 2018. [vid. 15. 4. 2020]. Dostupné z: [https://imihydronic.blob.core.windows.net/resources/Documents/Catalogues/Czech/Low/STAD-C\\_CS\\_low.pdf](https://imihydronic.blob.core.windows.net/resources/Documents/Catalogues/Czech/Low/STAD-C_CS_low.pdf)

- [34] VAVŘIČKA, R. Příprava TV [přednáška]. In: *Fakulta strojní ČVUT* [online]. Praha: ČVUT v Praze. [vid. 12. 5. 2020]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/004\\_TV\\_1.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/004_TV_1.pdf)
- [35] Ohříváč vody BGM500/BA. In: *ENBRA* [online]. © 2020. [vid. 12. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.enbra.cz/boj-enbra-bgm-50q-ba-470-1>
- [36] ENBRA [online]. *Plynové ohříváče vody. Prospekt.* © 2020. [vid. 12. 5. 2020]. Dostupné z: [https://www.enbra.cz/data/file/2/4882-kl-enbra-bgm-ba\\_168\\_365.pdf](https://www.enbra.cz/data/file/2/4882-kl-enbra-bgm-ba_168_365.pdf)
- [37] KOMERČNÍ SDĚLENÍ. Aby teplá voda skutečně tekla ihned teplá. In: *Nazeleno.cz* [online]. Narrative Media s.r.o., 2012. [vid. 12. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/aby-tepla-voda-skutecne-tekla-ihned-tepla.aspx>
- [38] VAVŘIČKA, R. 13 – Plynové spotřebiče [přednáška]. In: *Fakulta strojní ČVUT* [online]. Praha: ČVUT v Praze. [vid. 16. 5. 2020]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/013\\_PL\\_3.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/013_PL_3.pdf)
- [39] Protherm [online]. *Medvěd Condens KKS. Prospekt.* © 2019. [vid. 16. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/files/downloads/prospekty/prospekt-medvd-condens-kks-v25042019-1475869.pdf>
- [40] VAVŘIČKA, R. 03 – Návrh pojistného a zabezpečovacího zařízení [přednáška]. In: *Fakulta strojní ČVUT* [online]. Praha: ČVUT v Praze. [vid. 16. 5. 2020]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/Vytapeni/003\\_Pojistne\\_a\\_zabezpecovaci\\_zarizeni.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/Vytapeni/003_Pojistne_a_zabezpecovaci_zarizeni.pdf)
- [41] Honeywell [online]. *Pojistný ventil SM120. Produktový katalog.* © 2007. [vid. 16. 5. 2020]. Dostupné z: <https://m.productcatalog.honeywellhome.com/cz/pdf/sm120klcz01r0108.pdf>
- [42] BAŠTA, J. Návrh tlakové expanzní nádoby. In: *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 2019. [vid. 18. 5. 2020]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>
- [43] REGULUS [online]. *Expanzní nádoby pro otopné systémy. Prospekt.* © 2014. [vid. 18. 5. 2020]. Dostupné z: [https://www.regulus.cz/download/prospekty/cz/pl\\_cz\\_produkty-list\\_112014-expanzni-nadoby-aquafill-hs.pdf](https://www.regulus.cz/download/prospekty/cz/pl_cz_produkty-list_112014-expanzni-nadoby-aquafill-hs.pdf)
- [44] BAŠTA, J. Termohydraulický rozdělovač. In: *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 2001–2020. [vid. 19. 5. 2020]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/12499-termohydraulicky-rozdelovac>

- [45] GIACOMINI CZECH [online]. *Termohydraulický rozdělovač R146I. Prospekt.* © 2008. [vid. 19. 5. 2020]. Dostupné z: [https://www.giacomini.cz/templates/download\\_document.php?id=754](https://www.giacomini.cz/templates/download_document.php?id=754)
- [46] IMI HEIMEIER [online]. *Standardní regulační ventily. Katalog.* © 2017. [vid. 22. 5. 2020]. Dostupné z: [https://imihydronic.blob.core.windows.net/resources/Documents/Catalogues/Czech/Low/CV216\\_316RGA\\_CS\\_low.pdf](https://imihydronic.blob.core.windows.net/resources/Documents/Catalogues/Czech/Low/CV216_316RGA_CS_low.pdf)
- [47] *Pokročilé dimenzování dle aplikace* [online]. Grundfos Czech Republic. [vid. 25. 5. 2020]. Dostupné z: <https://product-selection.grundfos.com/front-page.html?qcid=919823690&sizeType=adv>
- [48] Protherm [online]. *Stacionární plynové kondenzační kotle Medvěd Condens. Projektční podklady.* © 2017. [vid. 16. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/files/downloads/projekcni-podklady/pp-2-5-medvd-condens-v-2209-2017-1068511.pdf>
- [49] VAVŘIČKA, R. Komíny a kouřovody [přednáška]. In: *Fakulta strojní ČVUT* [online]. Praha: ČVUT v Praze. [vid. 1. 6. 2020]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/014\\_Ko.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/014_Ko.pdf)
- [50] Měření tepla (teplo změříme, rozúčtujeme a ještě poradíme, jak ušetřit!!!). In: *Měření online.cz* [online]. SGE Stavební s.r.o., 2014. [vid. 2. 6. 2020]. Dostupné z: <https://www.merenionline.cz/index.php/mereni-tepla>
- [51] ENBRA [online]. *Kompaktní měřič tepla Sharky 775. Projektční podklady.* © 2013. [vid. 2. 6. 2020]. Dostupné z: [https://www.enbra.cz/data/file/5/3105-projekcni-podklady-pro-sharky-775\\_322\\_501.pdf](https://www.enbra.cz/data/file/5/3105-projekcni-podklady-pro-sharky-775_322_501.pdf)
- [52] MATUŠKA, T. Hodnocení energetických systémů – Příklady špatné praxe [seminář]. In: *Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze* [online]. Praha: ČVUT v Praze, 26. září 2018. [vid. 5. 6. 2020]. Dostupné z: [https://www.uceeb.cz/system/files/souboryredakce/seminar\\_hodnoceni\\_energeticky\\_h\\_systemu\\_v\\_budovach\\_26\\_09\\_2018.pdf](https://www.uceeb.cz/system/files/souboryredakce/seminar_hodnoceni_energeticky_h_systemu_v_budovach_26_09_2018.pdf)
- [53] VAVŘIČKA, R. Výpočet potřeby tepla a paliva [přednáška]. In: *Fakulta strojní ČVUT* [online]. Praha: ČVUT v Praze. [vid. 5. 6. 2020]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/Vytapeni/002\\_Potreba\\_tepla.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/Vytapeni/002_Potreba_tepla.pdf)



### **Přednášky**

[54] BAŠTA, J. Vytápění [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, letní semestr 2018/2019.

[55] BAŠTA, J. Regulace v technice prostředí [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, letní semestr 2019/2020.

[56] ZMRHAL, V. Větrání [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, letní semestr 2019/2020.

### **Normy**

ČSN EN 12831-1. *Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3*. ICS 91.140.10. Praha: ÚNMZ, 2018.

ČSN EN 12831-3. *Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3*. ICS 91.140.10. Praha: ÚNMZ, 2018.

ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování*. ICS 91.140.60. 1. vyd. Praha: ČNI, 2006.

ČSN 73 4108. *Hygienická zařízení a šatny*. ICS 91.040.10; 91.140.70. 1. vyd. Praha: ÚNMZ, 2013.

ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. ICS 91.120.10. 1. vyd. Praha: ČNI, 1986.

### **Vyhlášky a nařízení vlády**

Vyhláška č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům.

Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.

Nařízení vlády č. 217/2016 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.