

# **Integrovaný systém v penzionu pro seniory**

An integrated system in an old persons retirement home

Bc. Tereza Benešová



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza BENEŠOVSKÁ**

Osobní číslo: **A11456**

Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Integrovaný systém v penzionu pro seniory**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte studii energeticky úsporných budov zahrnující možné způsoby tvorby mikroklimatu typu penzionů.
2. Vypracujte možnosti řízení, monitorování a komunikace systémů techniky budov.
3. Provedte aplikaci poznatků na konkrétní budovu.
4. Řešte systém vytápění pomocí teplovodního systému a podlahovým vytápěním s využitím možnosti chlazení v letním období a solárními kolektory pro ohřev teplé vody.
5. Provedte návrh dálkového ovládání vytápěcího systému, oken a osvětlení v pokojích seniorů.
6. Integrujte systémy EPS, EZS.
7. Navrhněte SCADA systém a komunikační brány s protokolem TCP/IP.
8. Vypracujte technicko-ekonomické hodnocení využití obnovitelných zdrojů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **SMOLÍK, Jan.** Technika prostředí. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1985, 317 s.
2. **KŘEČEK, Stanislav.** Příručka zabezpečovací techniky. Vyd. 3. aktualiz. S.l.: Cricetus, 2006, 313 s. ISBN 80-902938-2-4.
3. **VAVERKA, Jiří.** Stavební tepelná technika a energetika budov. Vyd. 1. Brno: VUTUM, 2006, 648 s. ISBN 80-214-2910-0.
4. **MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER.** Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
5. **PETRÁŠ, Dušan et al.** Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.
6. **JELÍNEK, Vladimír.** Technická zařízení budov: podklady pro projekty. 2. přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 158 s., 111 příl. ISBN 80-010-2887-9.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**24. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce:

**11. června 2013**

Ve Zlíně dne 24. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou návrhu integrovaného systému pro tvorbu mikroklimatu v objektu typu penzion pro seniory. Návrh zahrnuje systém vytápění a ohřevu teplé vody s využitím solární energie a systém poplachové zabezpečovací a požární signalizace. Součástí návrhu je taktéž řídicí systém s možností vizualizace a vzdáleného přístupu. Technicko-ekonomické hodnocení využití obnovitelných zdrojů energie uzavírá celou práci.

Celý návrh systému je především zaměřen na zvýšení pohodlí a bezpečnosti obyvatel objektu penzionu pro seniory.

Klíčová slova: penzion pro seniory, vytápění, ohřev teplé vody, solární systém, poplachový zabezpečovací systém, elektronický požární systém, KNX, inteligentní elektroinstalace, SCADA

## ABSTRACT

The thesis deals with a project of an integrated microclimate system in a retirement house. The project includes draft of the heating system, water heating using solar energy, intruder alert system and fire alarm. Controlling system with the possibilities of visualization and remote access is a part of the project as well. The thesis covers technical and economical assessments of renewable energy resources as a conclusion.

The project is aimed to increase the comfort and security of the retirement house residents.

Keywords: retirement house, heating system, water heating, solar system, intruder alarm system, electronic fire alarm, KNX, intelligent electrical wiring, SCADA

Děkuji vedoucímu své diplomové práce, panu Ing. Martinu Zálešákovi, CSc., za cenné a ochotně poskytnuté rady, připomínky a metodické vedení práce. A v neposlední řadě bych chtěla poděkovat mým rodičům za jejich trpělivost po celou dobu studia.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

## OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>13</b>
<b>1 BUDOVY S NÍZKOU ENERGETICKOU NÁROČNOSTÍ.....</b>	<b>14</b>
1.1 DEFINOVÁNÍ BUDOV S NÍZKOU ENERGETICKOU NÁROČNOSTÍ.....	14
1.1.1 Klasický dům .....	14
1.1.2 Nízkoenergetická budova.....	15
1.1.3 Pasivní budova .....	15
1.1.4 Nulový dům.....	18
<b>2 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ STAVEB .....</b>	<b>20</b>
2.1 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	20
2.2 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY .....	20
<b>3 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ - MIKROKLIMA.....</b>	<b>22</b>
3.1 TEPLTNĚ-VLHKOSTNÍ PARAMETRY .....	23
3.1.1 Fyziologické parametry člověka .....	23
3.1.2 Parametry prostředí .....	25
3.1.3 Kritéria tepelné pohody .....	26
3.1.3.1 Index PMV a PPD.....	26
3.1.3.2 Místní tepelný diskomfort.....	28
3.1.3.3 Operativní teplota .....	29
3.2 KVALITA VNITŘNÍHO VZDUCHU.....	31
3.2.1 Hodnocení znečištění ovzduší.....	31
3.3 AKUSTICKÉ PARAMETRY .....	32
3.4 SVĚTELNÉ PARAMETRY .....	34
<b>4 VYBRANÉ TECHNICKÉ MOŽNOSTI TVORBY MIKROKLIMATU.....</b>	<b>36</b>
4.1 SOLÁRNÍ SYSTÉMY .....	36
4.1.1 Princip funkce solárního systému k ohřevu vody .....	37
4.2 SYSTÉM VYTÁPĚNÍ .....	38
4.2.1 Tepelné soustavy budov .....	38
4.2.1.1 Dvoutrubková otopná soustava se spodním rozvodem a nuceným oběhem teplotnosné látky .....	39
<b>5 NORMATIVNÍ POŽADAVKY V TEPELNÉ TECHNICE .....</b>	<b>41</b>
5.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA .....	41
5.2 NEJNÍŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA KONSTRUKCE .....	42
5.3 POKLES DOTYKOVÉ TEPLoty PODLAHY .....	42
5.4 ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ .....	43
5.5 INTENZITA VÝMĚNY VZDUCHU V MÍSTNOSTECH.....	43
5.6 TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI .....	44
5.6.1 Tepelná stabilita místnosti v zimním období .....	44
5.6.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období .....	45
5.7 STAVEBNĚ ENERGETICKÉ VLASTNOSTI BUDOV .....	45
<b>6 SYSTÉMY AUTOMATIZACE BUDOV.....</b>	<b>48</b>

6.1	SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY .....	48
6.1.1	Rozdělení sběrnicových systémů .....	48
6.1.2	Komunikační sběrnice a protokoly .....	48
6.1.3	Uzavřené systémy .....	50
6.1.4	Otevřené systémy .....	50
6.1.4.1	KNX.....	50
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>ZÁKLADNÍ ÚDAJE OBJEKTU .....</b>	<b>54</b>
7.1	ARCHITEKTONICKÉ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ .....	54
7.2	VYBRANÉ VELIČINY PRO TEPELNĚ TECHNICKÉ VÝPOČTY .....	55
<b>8</b>	<b>KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ OBJEKTU .....</b>	<b>57</b>
8.1	TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ.....	57
8.1.1	Tepelně technické posouzení střešních plášťů a nadzemních obvodových stěn.....	57
8.1.1.1	Střešní plášť .....	57
8.1.1.2	Obvodová stěna.....	58
8.1.2	Tepelně technické posouzení podzemních konstrukcí.....	59
8.1.3	Tepelně technické posouzení podlahových konstrukcí.....	61
8.1.3.1	Podlahové konstrukce přilehlé k zemině .....	61
8.1.3.2	Podlahové konstrukce nad venkovním prostorem .....	62
8.1.4	Tepelně technické posouzení výplní otvorů.....	62
8.2	TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ MÍSTNOSTÍ.....	63
8.2.1	Tepelná stabilita v zimním období.....	63
8.2.1.1	Popis kritické místnosti.....	63
8.2.1.2	Simulace a zhodnocení .....	64
8.2.2	Tepelná stabilita v letním období.....	64
8.2.2.1	Řešené varianty .....	64
8.2.2.2	Popis kritické místnosti.....	65
8.2.2.3	Simulace a zhodnocení .....	65
8.3	TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ OBJEKTU.....	67
8.3.1	Hodnocení objektu z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla.....	67
<b>9</b>	<b>VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOVY .....</b>	<b>69</b>
9.1	NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VYTÁPĚNÉHO PROSTORU.....	70
9.1.1	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla .....	70
9.1.2	Návrhová tepelná ztráta větráním .....	70
9.2	NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON .....	71
<b>10</b>	<b>OTOPNÁ SOUSTAVA .....</b>	<b>72</b>
10.1	POPIS OTOPNÉ SOUSTAVY .....	72
10.2	ROZVODY OTOPNÉ VODY.....	72
10.2.1	Okruhy otopných těles .....	72
10.2.2	Okruhy podlahového vytápění .....	72
10.3	OTOPNÁ TĚLESA A PLOCHY .....	73
10.3.1	Otopná tělesa .....	73
10.3.1.1	Návrh otopných těles.....	73
10.3.1.2	Hydraulický výpočet potrubní sítě .....	77



10.3.1.3	Návrh trojcestného směšovacího ventilu .....	78
10.3.1.4	Návrh oběhového čerpadla.....	80
10.3.2	Podlahové vytápění .....	80
10.3.2.1	Návrh teplovodního podlahového vytápění .....	81
10.3.2.2	Hydraulický výpočet podlahového vytápění a potrubní sítě.....	84
10.3.2.3	Návrh trojcestného směšovacího ventilu .....	87
10.3.2.4	Návrh oběhového čerpadla.....	87
<b>11</b>	<b>PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY .....</b>	<b>88</b>
11.1	NÁVRH ZÁSOBNÍKU TV .....	88
11.2	SOLÁRNÍ OHŘEV TV .....	91
11.2.1	Umístění kolektorů.....	91
11.2.2	Stanovení plochy kolektorů.....	91
11.2.3	Návrh solárního systému .....	91
11.2.3.1	Vnitřní průměr potrubí solárního okruhu .....	93
11.2.3.2	Celková tlaková ztráta solárního systému a návrh čerpadla .....	93
11.2.3.3	Zabezpečovací zařízení .....	94
<b>12</b>	<b>NÁVRH PLYNOVÉ KOTELNY III. KATEGORIE .....</b>	<b>96</b>
12.1	NÁVRH A VÝBĚR ZDROJŮ TEPLA .....	96
12.2	VYBRANÁ ZAŘÍZENÍ KOTELNY .....	96
12.2.1	Termohydraulický rozdělovač .....	96
12.2.1.1	Návrh THR tepelné soustavy pro vytápění .....	97
12.2.2	Oběhové čerpadlo.....	98
12.2.2.1	Návrh oběhového čerpadla tepelné soustavy pro vytápění.....	98
12.2.2.2	Návrh oběhového čerpadla tepelné soustavy pro ohřev TV .....	98
12.2.3	Zabezpečovací zařízení .....	99
12.2.3.1	Návrh expanzního zařízení tepelné soustavy pro vytápění a tepelné soustavy pro ohřev TV .....	99
12.2.3.2	Návrh pojistného zařízení tepelné soustavy pro vytápění a tepelné soustavy pro ohřev TV .....	101
12.3	VĚTRÁNÍ KOTELNY .....	102
12.3.1	Průtoky vzduchu.....	102
12.3.2	Předepsaná intenzita větrání.....	103
12.3.3	Návrh větracích otvorů.....	103
12.3.4	Tepelná bilance kotelny .....	104
12.3.4.1	Tepelná bilance v zimě.....	104
12.3.4.2	Tepelná bilance v létě.....	105
12.4	ODVOD SPALIN .....	106
<b>13</b>	<b>POPLACHOVÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM .....</b>	<b>107</b>
13.1	BEZPEČNOSTNÍ POSOUZENÍ OBJEKTU .....	107
13.1.1	Analýza rizik .....	107
13.1.1.1	Zabezpečované hodnoty .....	107
13.1.1.2	Objekt .....	108
13.1.1.3	Minimální úrovně střežení pro PZS .....	108
13.1.1.4	Minimální úrovně střežení pro PTS .....	108
13.1.2	Ostatní vlivy .....	108
13.1.2.1	Vlivy působící na PZS a mající původ ve střeženém objektu.....	109
13.1.2.2	Vlivy působící na PZS a mající původ vně střeženého objektu.....	109

13.2	NÁVRH SYSTÉMU .....	109
13.2.1	Stupeň zabezpečení .....	109
13.2.2	Třída prostředí .....	109
13.2.3	Přehled použité techniky .....	110
13.2.4	Hlášení poplachu a zásah .....	112
13.2.5	Doporučení k doplnění PZS o mechanické zábranné prostředky .....	112
13.3	INTEGRACE PZS DO INSTALACE KNX .....	112
<b>14</b>	<b>POŽÁRNÍ BEZPEČNOST STAVEB.....</b>	<b>113</b>
14.1	POŽÁRNÍ ÚSEKY .....	113
14.2	POŽÁRNÍ RIZIKO .....	113
14.3	ÚNIKOVÉ CESTY .....	114
14.4	ZAŘÍZENÍ PRO PROTIPOŽÁRNÍ ZÁSAH.....	114
14.4.1	Přenosné hasicí přístroje .....	114
14.4.2	Zásobování požární vodou .....	115
14.5	POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ .....	115
<b>15</b>	<b>ŘÍDICÍ SYSTÉMY .....</b>	<b>117</b>
15.1	ŘÍZENÍ KOTELNY – TEPELNÁ SOUSTAVA PRO VYTÁPĚNÍ .....	117
15.1.1	Ekvitermní regulátor FW500 .....	117
15.1.2	Modul ICM.....	117
15.1.3	Modul IPM2 .....	118
15.1.4	Schématické zapojení.....	119
15.2	ŘÍZENÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU A KOTELNY – TEPELNÁ SOUSTAVA OHŘEVU TV ...	120
15.2.1	Ekvitermní regulátor FW120 .....	120
15.2.2	Modul ISM1 .....	120
15.2.3	Schématické zapojení.....	121
15.3	INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE .....	121
15.3.1	Popis funkcí.....	122
15.3.1.1	Teplota místnosti .....	122
15.3.1.2	Osvětlení místnosti.....	122
15.3.1.3	Předokenní žaluzie .....	123
15.3.1.4	Okna .....	123
15.3.2	Zapojení inteligentní elektroinstalace .....	124
15.4	VIZUALIZACE .....	126
<b>16</b>	<b>TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....</b>	<b>129</b>
16.1	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TV .....	129
16.1.1	Roční potřeba tepla na ohřev TV .....	129
16.1.1.1	Náklady na ohřev TV .....	130
16.1.2	Roční potřeba tepla pro vytápění .....	131
16.1.2.1	Náklady na vytápění.....	131
16.1.3	Roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev TV .....	132
16.2	ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO OHŘEV TV.....	133
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>134</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>136</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>138</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>145</b>

---

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>147</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>148</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>151</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH NA PŘILOŽENÉM CD.....</b>	<b>152</b>

## ÚVOD

Integrované systémy v budovách patří v dnešní moderní době ke standardu, jenž odráží neustále zvyšující se požadavky na budovy. Objekt, v němž jsou jednotlivé prvky či systémy integrovány a řízeny prostřednictvím řídicího systému, bývá označován jako „Inteligentní budova“.

Cílem diplomové práce je návrh integrovaného systému tvorby mikroklimatu v objektu penzionu pro seniory. Celý návrh je zaměřen na co nejvyšší komfort obyvatel objektu. Práce je rozdělena do dvou hlavních částí, a to na část teoretickou, v níž je problematika nastíněna a část praktickou.

V praktické části práce budou poznatky aplikovány na konkrétní budovu. Půjde především o návrh tepelných soustav pro vytápění a ohřev teplé vody. Zdrojem tepla pro ohřev teplé vody bude kombinace plynového kotle a solárního systému.

Pro bezpečnost obyvatel objektu bude navržen poplachový zabezpečovací systém doplněný o požární elektronický systém. Tyto systémy budou integrovány do řídicího systému budovy, který má mimo jiné za úkol monitorovat stav oken (otevřeno/zavřeno) a ovládat osvětlení a vytápění v jednotlivých místnostech objektu. Pro ovládání a monitorování funkcí řídicího systému bude navržena vizualizace systému s možností vzdáleného přístupu.

Praktickou část uzavře technicko-ekonomické hodnocení využití obnovitelných zdrojů energie, které má za cíl určit, zda je investice do solárního systému pro ohřev teplé vody ekonomicky rentabilní.

Návrhy jednotlivých systémů a výpočty uvedené v práci vycházejí ze stavební dokumentace pro daný objekt, jenž byl poskytnut projekční firmou.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 BUDOVY S NÍZKOU ENERGETICKOU NÁROČNOSTÍ

Rozvoj budov s nízkou energetickou náročností je výsledkem snahy o minimalizaci provozních nákladů spojených s užíváním staveb, ať už obytných či kancelářských. Tato snaha o snížení energetické náročnosti je přímo úměrná s rostoucími cenami energií, pro provoz potřebných. Technologie a materiály, které se pro účely snižování energetické náročnosti budov využívají, se stále zdokonalují, což přináší stále lepší výsledky a snižování potřeby energie. S dnešními moderními technologiemi se tak dostáváme do situace, kdy je budova schopná vytvořit více energie než sama pro svůj provoz využije.

### 1.1 DEFINOVÁNÍ BUDOV S NÍZKOU ENERGETICKOU NÁROČNOSTÍ

Pro zhodnocení energetické potřeby budov se provádí odděleně výpočty potřeby energie na vytápění, na přípravu teplé vody a na provoz elektro spotřebičů. Potřeba energie na vytápění je přitom rozhodujícím faktorem pro rozdělení budov s nízkou energetickou náročností. Vyjádřením energetických vlastností budovy je plošná měrná potřeba tepla na vytápění  $E_A$ , vztažená na 1 m<sup>2</sup> podlahové plochy vytápěné části budovy na 1 rok. [1, s. 498]

Tab. 1 – Základní rozdělení budov s nízkou energetickou náročností dle potřeby energie na vytápění. [2, s. 40]

Kategorie	Plošná měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]
Starší budovy	často dvojnásobek hodnot pro novostavby i více
Novostavba	80 - 140
Nízkoenergetický dům	$\leq 50$
Pasivní dům	$\leq 15$
Nulový dům	$\leq 5$

#### 1.1.1 Klasický dům

Domem klasickým je zde označován dům, u něhož není brán zřetel na potřebu energie pro provoz. Nejsou zde při návrhu a následné výstavbě uvažovány požadavky na prostupy tepla konstrukcí, tepelné mosty atd. Tyto stavby se vyznačují vysokými tepelnými ztrátami a plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění v rozmezí 80 – 140 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).

### 1.1.2 Nízkoenergetická budova

Charakteristickým rysem nízkoenergetických budov je nízká potřeba tepla na vytápění, které je dosahováno zejména optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy. To vše za předpokladu využití velmi účinné otopné soustavy.

Hodnocení se neprovádí pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou  $\theta_{im}$  [°C] mimo interval 18 – 22 °C.

Požadavky pro dosažení této úrovně:

- roční plošná měrná potřeba tepla na vytápění  $E_A \leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ ,
- průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em,N,20}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] musí být nižší než normou doporučené hodnoty (Tab. 2),
- tepelné mosty v konstrukcích a tepelné vazby mezi nimi musí být minimalizovány,
- experimentálně ověřená vzduchotěsnost obvodových konstrukcí  $n_{50} \leq 1 \text{ l/h}$ .

Tab. 2 – Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla, vnitřní teplota  $\theta_{im} = 18 - 22$  °C. [3, s. 18]

	Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Nové obytné budovy	Výsledek výpočtu dle (18), nejvýše však 0,50
Ostatní budovy	Výsledek výpočtu podle (18), nejvýše však hodnota: Pro objemový faktor tvaru: $A/V \leq 0,20$ $U_{em,N,20} = 1,05$ $A/V > 1$ $U_{em,N,20} = 0,45$ Pro ostatní hodnoty A/V: $U_{em,N,20} = 0,30 + 0,15/(A/V)$

### 1.1.3 Pasivní budova

Pasivní budova je charakteristická minimalizovanou potřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů na jejich provoz díky optimalizovanému stavebnímu řešení a dalším opatřením. [3, s. 40]

Potřeba tepla na vytápění je u této kategorie kryta bez použití běžného systému vytápění, a to prostřednictvím získávání tepla z odpadního vzduchu, solárních zisků nebo energie získané z biomasy.

Požadavky pro dosažení úrovně označení pasivní dům určuje tabulka (Tab. 3) se souhrnem základních vlastností pasivních budov. Výběr požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla uvádí tabulka (Tab. 5). Kompletní tabulka je součástí normy ČSN 730540-2 [3]. Přehled energetických potřeb zahrnutých do hodnocení primární energie pasivních budov (hodnotí se položky označené x) je uveden v tabulce (Tab. 4). Dalším požadavkem je také celková neprůvzdušnost obvodových konstrukcí  $n_{50} \leq 0,6$  l/h.

Tab. 3 – Základní vlastnosti pasivních budov. [3, s. 41]

		Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Měrná potřeba tepla pro vytápění  [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	Měrná spotřeba energie na chlazení  [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	Měrná spotřeba primární energie  [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]
Obytná budova	Rodinný dům	$\leq 0,25$ požadováno $\leq 0,20$ doporučeno	$\leq 20$ požadováno $\leq 15$ doporučeno	0	$\leq 60$
	Bytový dům	$\leq 0,35$ požadováno $\leq 0,30$ doporučeno	$\leq 15$	0	$\leq 60$
Neobydlená budova s převažující teplotou 18°C – 22°C		$\leq 0,35$	$\leq 15$	$\leq 15$	$\leq 120$
Ostatní budovy		Požadavky stanoveny individuálně			$\leq 120$



Tab. 4 – Přehled energetických potřeb zahrnutých do hodnocení primární energie pasivních budov. [3, s. 41]

	Obytné budovy	Neobytné budovy
Vytápění	x	x
Chlazení a úprava vlhkosti	-	x
Příprava teplé vody	x	x
Pomocná elektrická energie na provoz energetických systémů budovy	x	x
Elektronické spotřebiče a umělé osvětlení	-	-

Tab. 5 – Výběr požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla, vnitřní teplota  $\theta_{im} = 18 - 22$  °C. [3, s. 13]

Popis konstrukce		Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
		Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$	Hodnota uváděná pro pasivní domy $U_{pas,20}$
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45°		0,24	0,16	0,15 až 0,10
Střecha strmá se sklonem nad 45°		0,30	0,20	0,18 až 0,12
Stěna vnější	lehká	0,30	0,20	0,18 až 0,12
	těžká		0,25	
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému		0,75	0,50	0,38 až 0,25
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí		1,50	1,20	0,80 až 0,60
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí		1,70	1,20	0,90

### 1.1.4 Nulový dům

Spotřeba energie této specifické kategorie se blíží nule:  $E_A \leq 5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ . [2, s. 40]

Nulový dům je budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů.

Hodnocení vychází z roční bilance energetických potřeb a energetické produkce v budově a jejím okolí, vyjádřené v hodnotách primární energie. Předpokládá se, že budova je připojená na obvyklé energetické síť. Zpravidla je výhodné, aby stavební řešení a technická zařízení budovy byla navržena tak, aby odpovídala standardu pasivní budovy. [3, s. 42]

Jsou stanoveny dvě základní úrovně hodnocení (úroveň A a B), jejich odlišení je uvedeno v tabulce (Tab. 6). Přehled energetických potřeb zahrnutých do hodnocení primární energie nulové budovy (hodnotí se položky označené x) je uveden v tabulce (Tab. 7).

Tab. 6 – Základní požadavky na energeticky nulové budovy. [3, s. 43]

Závaznost kritéria		Požadovaná hodnota	Doporučená hodnota	Požadovaná hodnota podle zvolené úrovně hodnocení	
		Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění  $E_A$  [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	Měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů  $PE_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	
				Úroveň A	Úroveň B
Obytné budovy	Nulový	Rodinné domy $\leq 0,25$	Rodinné domy $\leq 20$	0	0
	Blízký nulovému	Bytové domy $\leq 0,35$	Bytové domy $\leq 15$	80	30
Neobytné budovy	Nulový	$\leq 0,35$	$\leq 30$	0	0
	Blízký nulovému			120	90

Tab. 7 – Přehled energetických potřeb zahrnutých do hodnocení primární energie energeticky nulové budovy. [3, s. 43]

	Obytné budovy		Neobytné budovy	
	Úroveň A	Úroveň B	Úroveň A	Úroveň B
Vytápění	x	x	x	x
Chlazení a úprava vlhkosti vzduchu	-	-	x	x
Příprava teplé vody	x	x	x	x
Pomocná elektrická energie na provoz energetických systémů budovy	x	x	x	x
Umělé osvětlení	x	x	x	x
Elektrické spotřebiče	x	-	x	-

## 2 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ STAVEB

Energetické hodnocení staveb se používá pro jednoduchý přehled o jejich energetické náročnosti. Rozlišujeme dva ukazatele energetického hodnocení staveb, a to Průkaz energetické náročnosti budovy (dále jen PENB) a Energetický štítek obálky budovy.

### 2.1 Průkaz energetické náročnosti budovy

PENB je stanoven zákonem č. 318/2012 Sb., který od 1. ledna 2013 novelizuje zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. PENB obsahuje informace o energetické náročnosti budovy, vypočtené dle metody stanovené prováděcím právním předpisem – vyhláškou č. 73/2013 Sb. V porovnání se starým postupem, daným již zrušenou vyhláškou 148/2007 Sb., kdy referenční hodnoty jsou dány tabulkou pro jednotlivé druhy budov, nová vyhláška o energetické náročnosti budov řeší problematiku hodnocení energetické náročnosti budov metodou referenční budovy. Oproti způsobu hodnocení energetické náročnosti budov jednou hodnotou, kterou byla dodaná energie, se zavádí 7 kritérií zohledňující kvalitu obálky budovy, účinnost technických systémů, dodanou energii a primární energii v členění na obnovitelnou a neobnovitelnou. [4]

PENB nesmí být starší 10 let a je povinnou součástí dokumentace při:

- výstavbě nových budov,
- větších změnách dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1000 m<sup>2</sup>, které ovlivňují jejich energetickou náročnost,
- prodeji budovy nebo její ucelené části,
- pronájmu budovy,
- pronájmu ucelené části budovy (např. bytu) od 1. 1. 2016.

### 2.2 Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy je součástí PENB a energetického auditu budovy. Zpracovává se na základě ČSN 730540-2 [3]. Jde o písemný dokument, jenž se dokládá při stavebním řízení a hodnotí vliv tepelně technických vlastností a tvaru budovy na potřebu tepla na vytápění. Grafická podoba energetického štítku obálky budovy je zobrazena v praktické části této práce v tabulce (Tab. 42).

V současné době se zařazení do určité klasifikační třídy provede podle hodnoty klasifikačního ukazatele  $CI$ :

$$CI = \frac{U_{em}}{U_{em,N}} \quad [-] \quad (1)$$

kde  $U_{em}$  je průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy [ $W/(m^2 \cdot K)$ ];

$U_{em,N}$  požadovaná normová hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy [ $W/(m^2 \cdot K)$ ].

Tab. 8 – Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy. [3, s. 52]

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy $U_{em}$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel
A	$U_{em} \leq 0,50 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná	0,50
B	$0,50 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná	0,75
C	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	Vyhovující	1
D	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,50 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující	1,50
E	$1,50 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná	2
F	$2 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,50 \cdot U_{em,N}$	Velmi nehospodárná	2,50
G	$U_{em} > 2,50 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná	

### 3 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ - MIKROKLIMA

Mikroklima, vnitřní prostředí budov je základním kvalitativním faktorem budovy a má významný vliv na lidské zdraví, protože v dnešní době člověk tráví v interiérech budov podstatnou část svého života. Látky, které se ve vnitřních prostorách budov vyskytují a působí na člověka, se nazývají agencie. Jedná se o látky hmotnostního (stavba, voda, vzduch, apod.) či energetického charakteru (světlo, hluk, teplo, chlad, chvění, záření, apod.). Agencie ovlivňují nejen interiérovou pohodu při bydlení a pracovním procesu, psychickou pohodu, lidské zdraví, ale i energetickou náročnost objektu. Podle typů agencí můžeme vnitřní prostředí rozdělit na několik základních složek:

- teplotně-vlhkostní,
- hygienické (kvalita vnitřního vzduchu),
- akustické,
- světelné. [5]

Přípustné hodnoty jednotlivých složek jsou sledovány, dány jejich limity a stanoveny postupy jejich měření a hodnocení. Kvalitu vnitřního prostředí lze hodnotit dvěma způsoby. Subjektivně, na základě svých pocitů a objektivně, dle provedených měření. Významný vliv na člověka má složka teplotně-vlhkostní, a z ohledu na lidské zdraví je nejdůležitějším faktorem kvalita vnitřního vzduchu, která zahrnuje složku mikrobiální, aerosolovou, odérovou a toxickou. [6, s. 12]

Větší část složek vytvářejících vnitřní prostředí snadno ovlivňujeme větráním.



Obr. 1 – Faktory, které se podílí na tvorbě vnitřního prostředí. [7, s. 2]

### 3.1 Teplotně-vlhkostní parametry

Aby se člověk cítil v interiérech budov příjemně – není mu chladno ani příliš teplo, musí se v nich vytvořit takové vnitřní prostředí, které se v technické terminologii nazývá tepelná pohoda. Tento subjektivně příjemný stav nastává, když okolní prostředí umožňuje udržení stálé teploty těla na úrovni blízké 35 – 37 °C bez jakýchkoliv mimořádných nároků na termoregulaci. [1, s. 87]

Parametry, které ovlivňují tepelnou pohodu a zároveň tepelnou výměnu mezi člověkem a jeho okolím, můžeme rozdělit do dvou základních skupin, a to na fyziologické parametry člověka a parametry prostředí.

#### 3.1.1 Fyziologické parametry člověka

##### *Tepelná produkce organismu $M$ [W/m<sup>2</sup>]*

Člověk produkuje teplo (metabolické teplo), které se přenáší i do okolí. Tato metabolická produkce může být rozdělena do dvou skupin:

- Bazální metabolismus – teplo je produkováno na základě biologických procesů, i když člověk nekoná žádnou práci, např. při spánku. Hlavním biologickým procesem je spalování potravy. Bazální metabolismus je funkcí věku, hmotnosti, výšky a pohlaví. Tyto faktory však mají malý vliv, proto je možné používat hodnot 44 W/m<sup>2</sup> pro muže a 41 W/m<sup>2</sup> pro ženy. [8, s. 10]
- Svalový metabolismus – v lidském těle se při konání práce uvolňuje energie. Část je spotřebována na fyzickou činnost a větší část se mění na teplo, které se odvádí do okolí.

Tepelná produkce organismu odpovídá charakteru a intenzitě vykonávané práce. I když se dá stanovit přesnými metodami, jako kalorimetrie nebo ventilometrie [1, s. 88], v praxi jsou nejužívanější tabulkové hodnoty. Dle normy ČSN EN ISO 8996 [9] lze k určení metabolismu přistupovat pomocí různých metod uvedených v tabulce (Tab. 9).

Tab. 9 – Úrovně pro stanovení metabolismu. [9, s. 7]

Úroveň	Metoda	Přesnost
Vyhledávání	Klasifikace dle zaměstnání	Vysoké riziko chyby
	Klasifikace dle činnosti	
Pozorování	Skupinové odhadní tabulky	Vysoké riziko chyby Přesnost: $\pm 20 \%$
	Tabulky pro specifické činnosti	
Analýza	Měření srdeční frekvence	Průměrné riziko chyby Přesnost: $\pm 10 \%$
Expertíza	Měření spotřeby kyslíku	Přesnost: $\pm 5 \%$
	Přímá kalorimetrie	
	Vodní metoda s dvojitým štítkem	

Některé typické hodnoty metabolismu jsou uvedeny v tabulce (Tab. 10). Produkce energie člověka může být vyjádřena jako tepelný výkon průměrného jedince [W], tepelný výkon na jednotku plochy lidského těla [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] nebo jednotkou pro studium tepelné pohody met ( $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W}/\text{m}^2$ ).

Tab. 10 – Metabolizmus při různých činnostech. [10, s. 20]

Činnost	Metabolizmus	
	[ $\text{W}/\text{m}^2$ ]	[met]
Spaní	40	0,70
Odpočívání, ležení na posteli	46	0,80
Sezení, uvolněné	58	1
Činnost vsedě	70	1,20
Lehká činnost vstojе	93	1,60
Středně namáhavá činnost vstojе	116	2

**Tepelná izolace oděvu**  $I_{cl}$  [clo] je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících odvod tepla z lidského těla do okolí. Pro účely studia tepelné pohody byla zavedena jednotka clo. 1 clo odpovídá izolační hmotě s tepelným odporem  $R = 0,155 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ , což je například hodnota běžného pánského obleku v kombinaci s bavlněným spodním prádlem.

Izolaci oděvu  $I_{cl}$  lze určit přímo z údajů uvedených v tabulce (Tab. 11) pro typické kombinace oblečení, nebo nepřímo součtem jednotlivých izolačních hodnot pro každou část oděvu  $I_{clu}$  podle tabulky (Tab. 12).



Tab. 11 – Tepelná izolace některých typických kombinací oděvu. [10, s. 21]

Pracovní oděv	$I_{cl}$		Běžný oděv	$I_{cl}$	
	[clo]	$[(m^2 \cdot K)/W]$		[clo]	$[(m^2 \cdot K)/W]$
Spodky, kombinéza, ponožky, boty	0,70	0,110	Kalhoty, tričko, šortky, tenké ponožky, sandály	0,30	0,050
Spodní prádlo s dlouhými rukávy a nohavicemi, termobunda a kalhoty, parka, silná kombinéza, ponožky, boty, čepice, rukavice	2,55	0,395	Spodní prádlo s krátkými rukávy a nohavicemi, košile, kalhoty, vesta, bunda, kabát, ponožky, boty	1,50	0,230

Tab. 12 – Tepelná izolace součástí oděvu. [10, s. 22]

Oděvní součásti	$I_{clu}$	
	[clo]	$[(m^2 \cdot K)/W]$
Spodní prádlo:		
Tílko	0,04	0,006
Kalhotky a podprsenka	0,03	0,005
Blůzy/halenky:		
Krátké rukávy	0,15	0,023
Lehké dlouhé rukávy	0,20	0,031
Svetry:		
Tenký svetr	0,20	0,031
Silný svetr	0,35	0,054
Bundy:		
Lehká letní bunda	0,25	0,039
Pracovní bunda	0,30	0,047

### 3.1.2 Parametry prostředí

**Teplota vzduchu**  $\theta_{ai}$  [°C], také nazývána suchá teplota, což je teplota interiérového vzduchu neovlivněná sáláním okolních ploch.

**Střední radiační teplota**  $\bar{\theta}_r$  [°C] je myšlená rovnoměrná společná teplota všech ploch v prostoru, při které se sdílí sáláním stejné množství tepla jako ve skutečnosti.

**Vlhkost vzduchu** – pro vyjádření tepelného komfortu interiéru je nejčastěji používána relativní vlhkost vzduchu  $\varphi$  [%], která udává stupeň nasycení vzduchu vodními parami a je dána vztahem:

$$\varphi = \frac{m}{M} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (2)$$

kde  $m$  je hmotnost vodní páry nacházející se ve vzduchu [kg];

$M$  hmotnost vodních par nasyceného vzduchu [kg].

Další možností vyjádření vlhkosti vzduchu je měrná vlhkost  $x$  [g/kg], což je hmotnostní množství vodní páry v 1 kg suchého vzduchu. [11, s. 42]

Tab. 13 – Relativní vlhkost vzduchu v obytných místnostech.  
[12, s. 123]

teplé období roku	nejvýše 65 %
chladné období roku	nejméně 30 %

**Rychlost proudění vzduchu**  $w_{ai}$  [m/s] je veličina charakterizující pohyb vzduchu v prostoru, která je určena svojí velikostí a směrem proudění. Tento parametr je dán hygienickými směrnici a je definován ve vztahu k uvažované vnitřní teplotě. Optimální rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech se pohybuje okolo 0,1 m/s. Větší rychlosti vzduchu může člověk pociťovat jako průvan.

Tab. 14 – Rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech. [12, s. 123]

teplé období roku	0,16 – 0,25 m/s
chladné období roku	0,13 – 0,20 m/s

### 3.1.3 Kritéria tepelné pohody

Mezi nejčastěji používaná kritéria tepelné pohody řadíme index tepelné pohody **PMV**, předpověď procenta nespokojených **PPD**, kritéria místního tepelného komfortu a operativní teplotu  $\theta_o$  [°C]. [10]

#### 3.1.3.1 Index PMV a PPD

Vnímání tepelné kvality vnitřního prostředí osobami se dá stanovit pomocí kritérií **PMV** a **PPD**. Index **PWV** vyjadřuje střední stupeň tepelné pohody. Předpokládané procento

nespokojených osob popisuje index **PPD**. Tato kritéria našla uplatnění v normě ČSN EN ISO 7730 [10].

**PMW**, jindy označován jako ukazatel vyjadřující střední tepelný pocit velké skupiny osob, je funkcí dvou osobních proměnných (tepelné produkce organismu  $M$ , tepelné izolace oděvu  $I_{cl}$ ) a čtyř klimatických proměnných (střední radiační teploty  $\bar{\theta}_r$ , teploty vzduchu  $\theta_{ai}$ , vlhkosti  $\phi$  a rychlosti proudění vzduchu  $w_{ai}$ ).

Index byl stanoven na základě statistického výzkumu velké skupiny osob. Jednotlivci vyhodnotili jejich pocit pomocí sedmibodové stupnice tepelných pocitů (Tab. 17), založené na tepelné rovnováze lidského těla. Index **PMV** se doporučuje používat jen pro hodnoty -2 a +2 (Obr. 2).

Tab. 15 – Sedmibodová stupnice tepelných pocitů. [13]

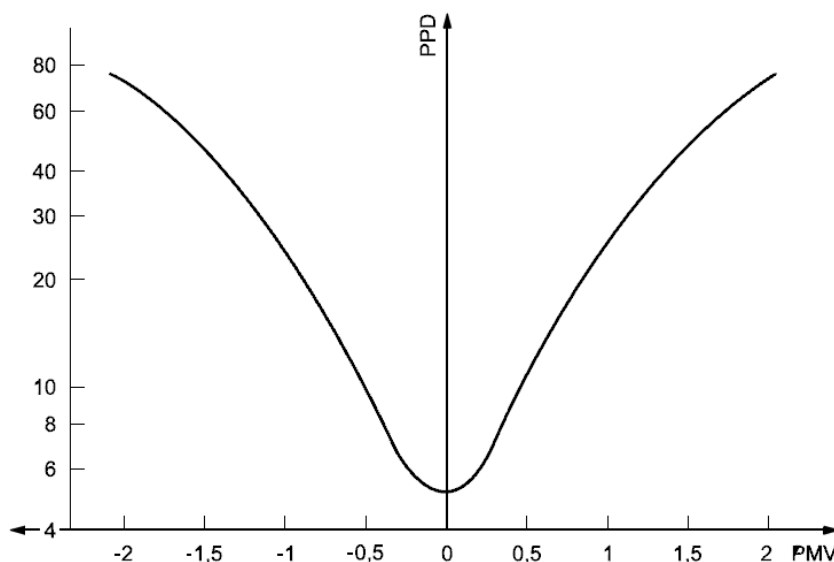
PMV	Tepelný pocit
+3	Horko
+2	Teplo
+1	Mírně teplo
0	Neutrálně
-1	Mírně chladno
-2	Chladno
-3	Zima

**PPD** je ukazatel stanovující předpokládané procento nespokojených osob s tepelným prostředím. Pociťují ho jako příliš teplé nebo příliš chladné. Za nespokojené jsou považovány ty osoby, které budou volit na sedmibodové stupnici v tabulce (Tab. 17) zima, chladno, teplo nebo horko. **PPD** vychází z indexu **PMV**, s jehož pomocí se kvantifikují osoby nespokojené s tepelným prostředím podle vztahu:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (3)$$

Vedle předpokládaného procenta nespokojených osob velké skupiny lidí, bude zbytek skupiny považovat teplotní stav za neutrální, mírně chladný nebo mírně teplý.

Předpokládá se, že i při optimálních podmínkách bude existovat část nespokojených (5%), kterým daný tepelný stav nevyhovuje. Se vzdálenějším stavem od optimálních podmínek poroste počet nespokojených osob, jak je patrné z obrázku (Obr. 2).



Obr. 2 – Vztahy mezi indexy *PMV* a *PPD*. [10, s. 10]

### 3.1.3.2 Místní tepelný diskomfort

Index *PMV* a *PPD* vyjadřují diskomfort vznikající z tepla nebo chladu pro tělo jako celek. Jednotlivec však může být nespokojen s tepelným prostředím na základě ochlazování či oteplování jednotlivých částí jeho těla. Nejčastější příčinou místního tepelného diskomfortu je průvan, vysoký vertikální rozdíl teplot mezi hlavou a kotníky, příliš teplá nebo chladná podlaha nebo vysoká asymetrie radiační teploty.

**Průvan** je nežádoucí místní ochlazení způsobené pohybem vzduchu. Diskomfort způsobený průvanem lze vyjádřit jako procento osob obtěžovaných průvanem *DR* a je dán následujícím vztahem:

$$DR = (34 - \theta_{ai}) \cdot (\bar{w}_{ai} - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot \bar{w}_{ai} \cdot Tu + 3,14) \quad (4)$$

Pro  $\bar{w}_{ai} < 0,5$  m/s: pomocí  $\bar{w}_{ai} = 0,05$  m/s

Pro  $DR > 100$  %: pomocí  $DR = 100$  %

kde  $\theta_{ai}$  je místní teplota vzduchu [°C],  $\theta_{ai} = 20 - 26$  °C;

$\bar{w}_{ai}$  místní střední rychlost proudění vzduchu [m/s],  $\bar{w}_{ai} < 0,5$  m/s;

$Tu$  místní intenzita turbulence [%],  $Tu = 10 - 60$  % (není-li známa, může se použít 40%).

Následující příčiny místního tepelného diskomfortu jsou vyjádřeny procentem nespokojených  $PD$ .

**Vertikální rozdíl teploty vzduchu** – index  $PD$  je funkcí vertikálního rozdílu teplot mezi hlavou a kotníky  $\Delta\theta_{a,v}$  [°C].

**Teplé a chladné podlahy** vyvolávají pocit místního diskomfortu přes tepelný pocit nohou. Procento nespokojených  $PD$  je v tomto případě funkcí teploty podlahy  $\theta_f$  [°C].

**Asymetrická radiace**  $\Delta\theta_{pr}$  – index  $PD$  vyjadřuje procento nespokojených jako funkci asymetrie radiční teploty způsobené teplým stropem, chladnou zdí, chladným stropem nebo teplou zdí.

Tab. 16 – Kategorie tepelného prostředí. [10, s. 16]

Kategorie	Tepelný stav těla jako celku		Místní diskomfort			
	$PPD$ [%]	$PMV$	$DR$ [%]	$PD$ [%] způsobený		
				$\Delta\theta_{a,v}$	$\theta_f$	$\Delta\theta_{pr}$
A	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	$-0,5 < PMV < +0,5$	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	$-0,7 < PMV < +0,7$	< 30	< 10	< 15	< 10

Prostory s pobytem osob musí splňovat minimálně kategorii B.

### 3.1.3.3 Operativní teplota

Tepelná pohoda prostředí závisí na mnoha činitelích, pro zjednodušení hodnocení se používají odvozené veličiny zahrnující společný účinek několika nebo všech činitelů určujících tepelný stav prostředí, k nimž patří např. operativní teplota nebo výsledná teplota měřená kulovým teploměrem. [14, s. 9]

Operativní teplota  $\theta_o$  [°C] je definována jako rovnoměrná teplota uzavřeného černého prostoru, v němž by člověk sdílel sáláním a konvekcí stejné množství tepla, jako v prostředí skutečném. [1, s. 90] Není to změřená, ale vypočtená hodnota, která je výsledkem působení všech tepelných složek prostředí i vlivu rychlosti proudění vzduchu. Operativní teplota se vypočítá podle vztahu:

$$\theta_o = \bar{\theta}_r - A \cdot (\bar{\theta}_r - \theta_{ai}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (5)$$

kde  $\bar{\theta}_r$  je střední radiační teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$A$  hodnota závislá na rychlosti proudění vzduchu [-];

$\theta_{ai}$  teplota vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Tab. 17 – Hodnoty součinitele  $A$ . [15]

$w_{ai}$ [m/s]	< 0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
$A$ [-]	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

Při rychlostech proudění vzduchu  $w_{ai}$  nižších než 0,2 m/s můžeme operativní teplotu  $\theta_o$  nahradit výslednou teplotou  $\theta_g$  [ $^{\circ}\text{C}$ ], také nazývanou jako teplota kulového teploměru. Jedná se o teplotu v okolí lidského těla změřenou kulovým teploměrem.

Tab. 18 – Požadavky na výslednou teplotu kulového teploměru pobytových místností. [12, s. 123]

Typ pobytové místnosti	Výsledná teplota $\theta_g$ [ $^{\circ}\text{C}$ ] období roku	
	teplé	chladné
Ubytovací zařízení	$24 \pm 2$	$22 \pm 2$
Zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	$24,5 \pm 1,5$	$22 \pm 2$
Haly kulturních a sportovních zařízení	$24,5 \pm 1,5$	$22 \pm 2$
Učebny v zařízeních pro výchovu a vzdělávání	$24,5 \pm 1,5$	$22 \pm 2$
Ústavy sociální péče	$24 \pm 2$	$22 \pm 2$
Zdravotnická zařízení	$24 \pm 2$	$22 \pm 2$
Výstaviště	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3$
Stavby pro obchody	$23,0 \pm 2$	$19 \pm 3$

Teplota kulového teploměru  $\theta_g$  zahrnuje vliv současného působení teploty vzduchu, obklopujících ploch a rychlosti proudění vzduchu. Používá se pro hodnocení tepelného stavu prostředí v pobytových místnostech některých staveb, nebo v prostorách pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. [14, s. 10] Požadavky na výslednou teplotu pobytových

místností podle vyhlášky č 6/2003 Sb. [12] při relativní vlhkosti vzduchu 30 – 60 % a rychlosti proudění vzduchu 0,13 – 0,25 m/s udává tabulka (Tab. 16).

### 3.2 Kvalita vnitřního vzduchu

Jak již bylo zmíněno, z ohledu na lidské zdraví je nejdůležitějším faktorem vnitřního prostředí kvalita vnitřního vzduchu. Vzduch v místnostech může být znečišťován plynnými škodlivinami, zápachy, prachem a choroboplodnými zárodky. Kvalitu vnitřního vzduchu snadno ovlivňujeme větráním. Kvalita vnitřního vzduchu zahrnuje složku:

- mikrobiální,
- aerosolovou,
- odérovou,
- toxickou.

Mikrobiální mikroklima tvoří mikroorganismy (bakterie, viry, plísně apod.) ovlivňující lidské zdraví ve vnitřním prostředí budov.

Odéry jsou plynné složky v ovzduší tvořící odérové mikroklima, jež člověk vnímá jako vůně či zápachy. Jejich zdrojem je sám člověk a jeho činnost, různé chemické látky používané při technologických procesech, popř. látky uvolňované ze stavebních konstrukcí nebo vybavení budovy.

Aerosolové mikroklima formuje pevný (prach) a kapalný (mlha) aerosol, jenž může být organického i anorganického původu. Limitní hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tab. 19).

Toxické mikroklima je tvořeno toxickými plyny organického i anorganického původu. Tyto plyny vstupují do interiéru budov z venkovního prostředí, ale také vznikají přímo uvnitř budov v důsledku činnosti člověka i uvolňováním ze stavebních materiálů a vybavení budovy.

#### 3.2.1 Hodnocení znečištění ovzduší

Přípustné koncentrace, jež nezpůsobují poškození lidského zdraví, jsou udávány národními závaznými předpisy. Koncentrace škodlivin v ovzduší se vyjadřují koncentrací hmotnostní [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ], [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], nebo objemovou [% obj.], [ppm]. Jednotka ppm je  $10^{-4}$  % obj.

Imisní limity, hodnoty limitní koncentrace znečišťujících látek ve venkovním ovzduší jsou dány zákonem č. 201/2012 Sb. [14, s. 13].

Hygienické limity látek ve vnitřním pracovním ovzduší jsou dány nařízením vlády č.361/2007 Sb. [16], které zavádí tyto pojmy:

- Přípustný expoziční limit **PEL** je celosměnový časově vážený průměr koncentrace plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jemuž může být vystaven zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší pracovní době, aniž by u něj došlo i při celoživotní expozici k poškození zdraví.
- Nejvyšší přípustná koncentrace **NPK-P** je taková koncentrace chemické látky v pracovním ovzduší, které nesmí být zaměstnanec v žádném časovém úseku směny vystaven (okamžitá maximální hodnota).

Ve vnitřním prostředí pobytových místností některých staveb udává požadavky na limitní koncentrace chemických látek a prachu vyhláška č.6/2003 Sb. [12].

Tab. 19 – Limitní hodinové koncentrace některých chemických ukazatelů ve vnitřním prostředí. [12, s. 124]

Ukazatelé	Jednotka	Limit <sup>3)</sup>
oxid dusičitý	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100
frakce prachu PM10 <sup>1)</sup>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150
oxid uhelnatý	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5000
ozón	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100
azbestová a minerální vlákna <sup>2)</sup>	počet vláken/ $\text{m}^3$	1000
amoniak	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200
benzen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	7
POZNÁMKY: <sup>1)</sup> Frakce prachu PM10 – prachové částice s převládající velikostí částic o průměru 10 mikrom, které projdou speciálním selektivním filtrem s 50% účinností. <sup>2)</sup> Průměr vlákna < 3 mikrom, délka vlákna $\geq$ 5 mikrom, poměr délky a průměru vlákna je > 3:1. <sup>3)</sup> Limity jsou stanoveny pro koncentrace látek vztažené na standardní podmínky.		

### 3.3 Akustické parametry

Základní akustické veličiny popisující zvukové vlnění:

- Akustická energie **W** [J] – jedná se o energii, jež se přenáší do prostředí ze zdroje zvuku.
- Akustický výkon **P** [W] – akustická energie vyzářená zdrojem za jednotku času.



- Akustický tlak  $p$  [Pa] – střídavá složka tlaku vyvolaná zvukem, která způsobuje odchylky od tlaku barometrického.
- Intenzita zvuku  $I$  [W/m<sup>2</sup>] – charakterizuje sílu zvuku v určité vzdálenosti od zdroje energie, která za 1 s dorazí na plochu 1 m<sup>2</sup>. [17, s. 256]

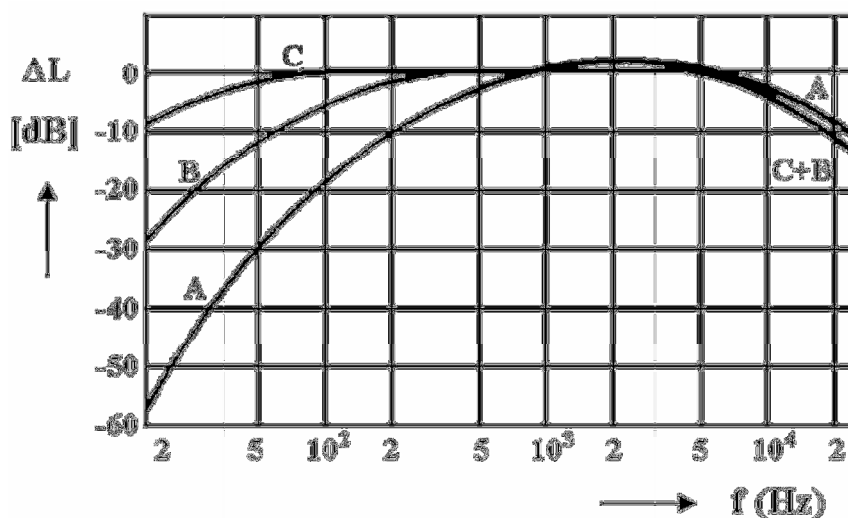
Pro přizpůsobení veličin lidskému vnímání se používají hladiny. Proto byly zavedeny jako měřítka sluchového vjemu decibelové stupnice, např. hladina akustického tlaku  $L$ :

$$L = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} \text{ [dB]} \quad (6)$$

kde  $p_0$  je referenční hodnota akustického tlaku [Pa],  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa.

Snaha po co nejvěrnějším zachycení zvukového vjemu přístrojem vedla k používání kmitočtově závislých filtrů značených A, B, C. Tyto filtry upravují citlivost zvukoměru v souladu s kmitočtovými závislostmi sluchového orgánu (tlumí kmitočtové složky pod 500 Hz a nad 8000 Hz). Hodnoty útlumu  $\Delta L$  [dB] těchto filtrů v závislosti na frekvenci  $f$  [Hz] jsou zobrazeny na obrázku (Obr. 3). Hladiny akustického tlaku  $L_A$ ,  $L_B$ ,  $L_C$  v dB jsou tedy údaje zvukoměru při zapnutém příslušném kmitočtově závislém filtru. [14, s. 70]

Přípustné hodnoty hluku se vyjadřují nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinou akustického tlaku A  $L_{Aeq}$  [dB]. Ekvivalentní hladina akustického tlaku se vždy vztahuje k určitému časovému intervalu. Nařízení vlády 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací [18], stanovuje přípustné hodnoty hluku a vibrací.



Obr. 3 – Útlumové charakteristiky filtrů A, B, C. [14, s. 70]

### 3.4 Světelné parametry

Světelná pohoda ovlivňuje míru spokojenosti s bydlením a má vliv i na psychický a zdravotní stav přítomných osob. Požadavky na osvětlení jsou určeny uspokojením základních lidských potřeb:

- zrakové pohody, cítí-li se pracovníci dobře, napomáhá to k větší výkonnosti a kvalitě práce,
- zrakového výkonu, jsou-li pracovníci schopni vykonávat zrakové úkoly i při obtížných podmínkách a během dlouhé doby,
- bezpečnosti. [19, s. 10]

Mezi hlavní parametry určující světelné prostředí s ohledem na denní i umělé světlo patří rozložení jasu, osvětlenost, směrovost světla, osvětlení ve vnitřním prostoru, variabilita světla, podání barev a barevný tón světla, oslnění a míhání světla. [19, s. 10]

Rozlišují se dva základní typy osvětlení: přirozené (denní) a umělé. Můžeme mluvit také o osvětlení sdruženém, tj. současné osvětlení denním a umělým světlem. Přednostně by měl být prostor osvětlován denním světlem, ale i osvětlení umělé je ve vytvoření světelné pohody vnitřního prostoru důležité a nezastupitelné.

Zdrojem denního osvětlení je přirozené sluneční záření, které na zemi dopadá jako přímé sluneční světlo a rozptýlené oblohové světlo. Od umělého osvětlení se liší svým spektrálním složením a proměnlivostí danou rotací Země a jejího pohybu kolem Slunce.

Kvůli neustálé proměnlivosti denního osvětlení se množství nestanoví hodnotou absolutní, jako je tomu u umělého osvětlení, ale hodnotou relativní, tzn. pomocí činitele denní osvětlenosti  $D$ :

$$D = \frac{E_m}{E_H} \cdot 100 [\%] \quad (7)$$

kde  $E_m$  je osvětlenost pracovní roviny v interiéru [lx];

$E_H$  osvětlenost nezastíněné venkovní vodorovné roviny [lx].

V daném bodě se velikost činitele denní osvětlenosti mění v závislosti na ročním období, oblačnosti a mezi východem a západem slunce. Obvykle je hodnota stanovena při nejméně příznivém venkovním osvětlení – při zatažené obloze v zimě.

Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti  $D_{\min}$  ve všech bodech místnosti musí být alespoň 0,5 % a průměrná hodnota  $D_m$  pak minimálně 2 %.

V případě, kdy denní osvětlení nedostačuje nebo jej nelze využít, slouží k vytvoření světelné pohody umělé osvětlení. Rozlišujeme následující druhy umělého osvětlení:

- Celkové – prostor je osvětlen rovnoměrně bez ohledu na místní požadavky.
- Odstupňované – části prostoru jsou zesíleny na vyšší intenzity.
- Místní – doplňuje osvětlení celkové a je ovládáno samostatně.
- Kombinované – celkové nebo kombinované osvětlení je doplněno osvětlením místním.
- Nouzové a náhradní.

Přehled požadavků na osvětlení ve zdravotnictví shrnuje následující tabulka (Tab. 20).

Tab. 20 – Vybrané návrhové úrovně osvětlenosti. [19, s. 33]

Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	Osvětlenost $E_m$ [lx]
Místnosti pro všeobecné použití:	
– chodby (ve dne)	100
– chodby (v noci)	50
Místnosti pro personál:	
– kanceláře personálu	500
– místnost personálu	300
Lůžkové pokoje:	
– celkové osvětlení	100
– koupelny a záchody	200
– vyšetřovací a léčebné úkony	1000

## 4 VYBRANÉ TECHNICKÉ MOŽNOSTI TVORBY MIKROKLIMATU

Vnitřní prostředí budov se formuje provozem soustav technického zařízení budov (dále jen TZB), a to zejména vytápěním a vzduchotechnikou, s cílem vytvořit stav prostředí pro optimální pobyt a průběh technologických procesů.

Tab. 21 – Tvorba prostředí soustavami TZB. [5]

Soustavy TZB	Vliv na složku vnitřního prostředí			
	Teplotně-vlhkostní	Toxické Odérové Aerosolové	Akustické	Světelné
Větrání a klimatizace	zásadní	významný	významný	-
Vytápění	zásadní	-	mírný	-

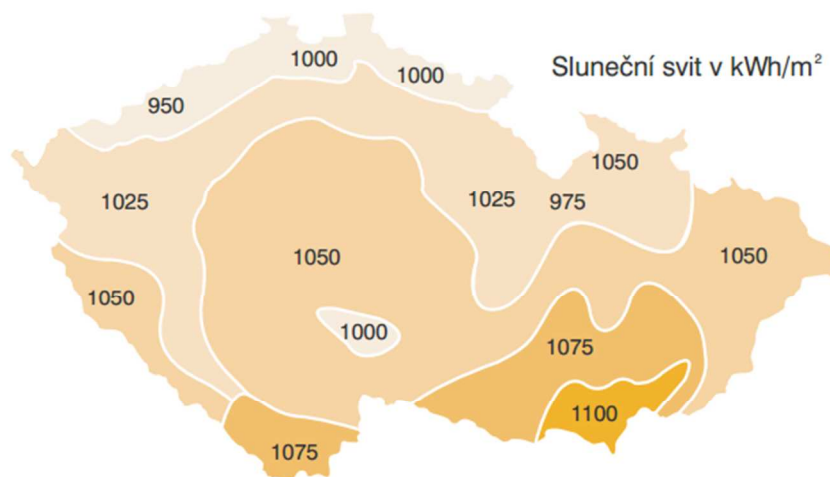
Ekonomické a ekologické faktory se stávají aktuálním kritériem volby TZB. Budovy jsou stále více vybavovány systémy využívající obnovitelné zdroje energie. Jedná se především o fotovoltaiku, solární systémy, tepelná čerpadla a vytápění biomasou.

Pro potřeby diplomové práce je dále popsán solární systém pro ohřev teplé vody (dále jen TV) a systém vytápění.

### 4.1 Solární systémy

Fosilní a jaderné energetické zásoby uhlí, ropy, zemního plynu a uranu se spotřebovávají v narůstající míře za účelem pokrytí stále větší energetické potřeby. Odhady zásoby a časová dostupnost zemního plynu je cca do roku 2065 a ropy cca do roku 2050.

Slunce nabízí potenciál energie, který je možno využívat neomezeně. Roční energie slunečního záření se pohybuje v rozmezí 900 a 1200 kWh/m<sup>2</sup>. Průměrné množství sluneční energie v ČR zobrazuje obrázek (Obr. 4).



Obr. 4 – Průměrné množství sluneční energie v ČR. [21, s. 4]

V závislosti na tepelné izolaci a potřebě tepla, se úspora energie pro ohřev TV pohybuje mezi 15 až 35 %. Solární kolektory nemění na teplo jen přímé záření, ale využívají i rozptýlené záření ve dnech se zataženou oblohou.

Možné varianty solárních kolektorů:

- absorbéry,
- ploché kolektory,
- vzduchové kolektory,
- vakuové trubicové kolektory.

#### 4.1.1 Princip funkce solárního systému k ohřevu vody

Slunce zahřívá absorbér umístěný v kolektoru a v něm cirkulující kapalinu. Oběhové čerpadlo přepraví ohřátý roztok ke spodnímu výměníku tepla zásobníku TV a předá zde energii vodě v zásobníku.

Regulátor teplotního rozdílu zapne čerpadlo tehdy, když je teplota v kolektoru vyšší než teplota ve spodní části zásobníku. Teplotní rozdíl je indikován teplotními čidly umístěnými na kolektoru a v zásobníku TV.

Při nízkém oslunění je zásobník TV dohříván např. přes plynový kotel pomocí horního výměníku tepla na požadovanou hodnotu.

## 4.2 Systém vytápění

Systém vytápění má za úkol zajistit optimální tepelné mikroklima místností a budovy pro pobyt a činnost jejich uživatelů, přípravu TV, případně zajistit otopné médium pro ostatní potřeby (ohřev vzduchu, technologii). Vytápění je dynamický proces, charakterizovaný přenosem tepla a hmoty mezi primárním zdrojem energie, jednotlivými elementy otopné soustavy, vytápěným prostorem a venkovním prostorem.

### 4.2.1 Tepelné soustavy budov

Tepelná soustava je uspořádání vzájemně spojených prvků, ve kterém se teplo vyrábí a dopravuje (kapalinami nebo párami) potrubím do spotřebičů tepla.

Otopná soustava je část tepelné soustavy sloužící pouze k vytápění.

Tepelné soustavy rozdělujeme podle použité teplotnosné látky na:

- Parní:
  - podtlakové – provozní tlak páry nižší než tlak atmosférický,
  - nízkotlaké – přetlak  $< 0,05$  Mpa,
  - středotlaké – přetlak  $\geq 0,05$  Mpa do 1,6 Mpa.
- Vodní:
  - teplovodní – teplota pracovní vody do  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
  - nízkoteplotní – teplota pracovní vody do  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
  - horkovodní – teplota pracovní vody nad  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [21, s. 5]

Otopné soustavy můžeme rozdělit podle několika hledisek:

- Dělení podle zajištění oběhu teplotnosné látky:
  - soustavy s přirozeným oběhem,
  - soustavy s nuceným oběhem.
- Dělení podle provedení hlavního rozvodu otopné vody:
  - soustavy se spodním rozvodem,
  - soustavy s horním rozvodem.

- Dělení podle rozvodu teplotnosné látky k jednotlivým otopným tělesům:
  - soustavy vertikální,
  - soustavy horizontální,
  - soustavy hvězdicové,
  - soustavy smíšené.
- Dělení podle způsobu přívodu a odvodu otopné vody z/k otopným tělesům:
  - dvoutrubkové protiproudé,
  - dvoutrubkové souproudé (Tichelmann),
  - jednotrubkové bez obtoků otopných těles,
  - jednotrubkové s obtoky otopných těles.
- Dělení podle spojení s atmosférou:
  - teplovodní otopné soustavy otevřené,
  - teplovodní otopné soustavy uzavřené (tlakové).

#### ***4.2.1.1 Dvoutrubková otopná soustava se spodním rozvodem a nuceným oběhem teplotnosné látky***

Tento způsob zapojení je při návrhu otopné soustavy použit, a proto je uveden jako příklad otopné soustavy.

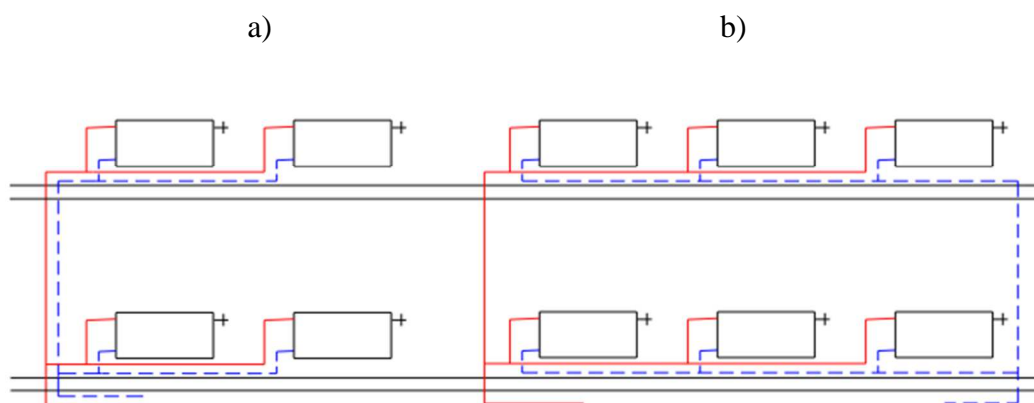
U dvoutrubkové otopné soustavy tvoří okruhy otopných těles paralelní větve. Jednoznačně rozlišujeme potrubí přívodní a vratné. Všechna tělesa pracují se stejnými teplotními parametry teplotnosné látky. Dvoutrubkové otopné soustavy patří k nejpoužívanějším soustavám v ČR.

Podle směru průtoku v přívodním a vratném potrubí a vzájemného vztahu vedení přívodního a vratného potrubí rozlišujeme dvoutrubkové otopné soustavy protiproudé a souproudé.

U protiproudého zapojení je vratné potrubí vedeno stejnou cestou, jako potrubí přívodní s opačným směrem proudění teplotnosné látky, viz obrázek (Obr. 5a). V závislosti na vzdálenosti umístění otopných těles se mění délka okruhů jednotlivých otopných těles.

Tato skutečnost znevýhodňuje tělesa umístěná ve vzdálenějších místech od zdroje tepla a tlaku.

Při velkém počtu těles v řadě za sebou se volí souproudý (Tichelmannův) způsob zapojení, viz obrázek (Obr. 5b). Vratné potrubí je vedeno souběžně s přívodním tak, že pro každé místo rozvodu je součet délky přívodního a vratného potrubí konstantní. Stejné tlakové poměry pro všechny odběry připojené na souproudý rozvod zajišťují i vysokou hydraulickou stabilitu soustavy. I přes delší rozvody, a tím vyšších nákladů na materiál, se této soustavě využívá velmi často. [21, s. 11]



Obr. 5 – Dvoutrubková otopná soustava s horizontálním rozvodem k otopným tělesům: a) protiproudá, b) souproudá (Tichelmann). [22]



## 5 NORMATIVNÍ POŽADAVKY V TEPELNÉ TECHNICE

Komplex tepelně technických norem ČSN 730540 sestává z:

- ČSN 730540-1 Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie
- ČSN 730540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- ČSN 730540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 730540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody

Výše uvedený komplex norem ČSN 730540 „Tepelná ochrana budov“ spolu s doplňkovými normami ČSN EN ISO, tvoří základ pro navrhování a posuzování konstrukčních prvků, prostorů a budov z tepelně technického hlediska.

Tepelně technické požadavky jsou definovány ČSN 73 0540-2 [3] následně:

- součinitel prostupu tepla,
- nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce,
- pokles dotykové teploty podlahy,
- šíření vlhkosti konstrukcí,
- intenzita výměny vzduchu v místnostech,
- tepelná stabilita místnosti,
- stavebně energetické vlastnosti budov. [1. s. 162]

### 5.1 Součinitel prostupu tepla

V současné době se součinitel prostupu tepla  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] hodnotí dvěma způsoby, a to pro jednotlivé konstrukce a pro budovu jako celek. Požadavek na tepelně izolační vlastnosti stavebních konstrukcí a otvorových výplní je vyjádřen prostřednictvím požadovaných  $U_N$  a doporučených hodnot  $U_{\text{rec}}$ . Vytápěné prostory s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\phi_i \leq 60 \%$  musí mít součinitel prostupu tepla  $U$  takový, aby splňoval podmínku:

$$U \geq U_N \quad (8)$$

kde  $U_N$  je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ], podle tabulky (Tab. 5).

## 5.2 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Pomocí nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce se hodnotí možnost nepříznivého působení povrchové vlhkosti, jako je pravděpodobný růst plísní, riziko povrchové kondenzace a problémů s tím spojených. V zimním období musí konstrukce v prostorách s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\varphi_i \leq 60 \%$  vykazovat v každém místě takovou vnitřní povrchovou teplotu  $\theta_{si}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ], aby teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{Rsi}$  [-] splňoval podmínku:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi, N} \quad (9)$$

kde  $f_{Rsi, N}$  je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-].

## 5.3 Pokles dotykové teploty podlahy

Poklesem dotykové teploty podlahy se hodnotí množství odváděného tepla do podlahy z nohy nebo jiné části těla člověka. Postup lze využít i u jiných konstrukcích, u kterých se předpokládá přímý kontakt s tělem. Pokles dotykové teploty podlahy  $\Delta\theta_{10}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] musí splňovat podmínku:

$$\Delta\theta_{10} \leq \Delta\theta_{10, N} \quad (10)$$

kde  $\Delta\theta_{10, N}$  je požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty podlahy [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Tab. 22 – Kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy. [3, s. 19]

Kategorie podlahy	Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10, N}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]
I. Velmi teplé	do 3,8 včetně
II. Teplé	do 5,5 včetně
III. Méně teplé	do 6,9 včetně
IV. Studené	od 6,9

## 5.4 Šíření vlhkosti konstrukcí

Z hlediska šíření vlhkosti konstrukcí jsou stanoveny požadavky na množství zkondenzované páry uvnitř konstrukce a na roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce. [3, s. 21]

Bez kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce musí být navrženy stavební konstrukce, u kterých by zkondenzovaná vodní pára mohla ohrozit jejich požadovanou funkci:

$$M_c = 0 \quad (11)$$

kde  $M_c$  je celoroční množství zkondenzované páry uvnitř konstrukce [kg/(m<sup>2</sup>·rok)].

S omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce mohou být navrženy stavební konstrukce, u kterých zkondenzovaná vodní pára neohrozí jejich požadovanou funkci a roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry je:

$$M_c \leq M_{c,N} \quad (12)$$

kde  $M_{c,N}$  je celoroční množství vypařené vodní páry [kg/(m<sup>2</sup>·rok)].

Pro jednoplášťové střechy, konstrukce se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukce s vnějším tepelněizolačním systémem nebo vnějším obkladem [3, s. 21] je požadovaná hodnota  $M_{c,N} = 0,1$  kg/(m<sup>2</sup>·rok), pro ostatní konstrukce  $M_{c,N} = 0,5$  kg/(m<sup>2</sup>·rok).

## 5.5 Intenzita výměny vzduchu v místnostech

Nejnižší intenzita výměny vzduchu v neužívané místnosti  $n_{\min}$  [1/h] se doporučuje taková, aby při zimních návrhových podmínkách splňovala podmínku:

$$n_{\min} \geq n_{\min,N} \quad (13)$$

kde  $n_{\min,N}$  je nejnižší doporučená intenzita výměny vzduchu v místnosti pro dobu, kdy se nevyužívá [1/h]. Není-li stanoveno dle předpisů jinak, platí že  $n_{\min,N} = 0,1$  l/h. [3, s. 24]

V době, kdy se místnost užívá, musí intenzita výměny vzduchu  $n$  [1/h] splnit požadavek:

$$n \geq n_N \quad (14)$$

kde  $n_N$  je požadovaná intenzita výměny vzduchu v užívané místnosti [l/h],  
přepočtená z minimálního množství potřebného čerstvého vzduchu  
podle zvláštních předpisů o hygienických požadavcích.

## 5.6 Tepelná stabilita místnosti

Tepelná stabilita místnosti se hodnotí zvlášť pro zimní a zvlášť pro letní období. V zimním období je kritériem pokles výsledné teploty v místnosti  $\Delta\theta_v(t)$  [°C], v letním období je kritériálním hlediskem nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti  $\theta_{ai,max}$  [°C]. [10, s. 38]

### 5.6.1 Tepelná stabilita místnosti v zimním období

Poklesem výsledné teploty v místnosti  $\Delta\theta_v(t)$  se hodnotí chladnutí kritické místnosti budovy, a tím i její tepelná setrvačnost v zimním období pro dobu chladnutí  $t$ . [1, s. 324]  
Pokud provozní potřeby hodnocení nevyžadují jinak, doba chladnutí  $t$  je obvykle 8 h.

Kritickou místností je zde míněna místnost s nejvyšším průměrným součinitelem prostupu tepla konstrukcí  $U_{em}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] ohraničujících místnost. Tato místnost musí na konci doby chladnutí  $t$  vykazovat pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období  $\Delta\theta_v(t)$  podle vztahu:

$$\Delta\theta_v(t) \leq \Delta\theta_{v,N}(t) \quad (15)$$

kde  $\Delta\theta_{v,N}(t)$  je požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období [°C], stanovená podle tabulky (Tab. 23).

Tab. 23 – Vybrané požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období. [3, s. 25]

Druh místnosti (prostoru)	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_{v,N}(t)$ [°C]
S pobytem lidí po přerušení vytápění:	
- při vytápění radiátory, sálavými panely a teplovzdušně	3
- při vytápění kamny a podlahovým vytápění	4

### 5.6.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období

Tepelná stabilita místnosti v letním období se posuzuje ve vnitřním prostoru, kterým je kritická místnost. Je to místnost s největší plochou přímo osluněných konstrukcí, zejména výplní otvorů, orientovaných na Z, JZ, J, JV V. [3, s. 26] Z této definice je zřejmé, že při posuzování letního a zimního období mohou být kritické místnosti odlišné.

Požaduje se, aby kritická místnost vykazovala nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období  $\theta_{ai,max}$  podle vztahu:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (16)$$

kde  $\theta_{ai,max,N}$  je požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období [ $^{\circ}\text{C}$ ], stanovená podle tabulky (Tab. 24).

Tab. 24 – Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období. [3, s. 26]

Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Nevýrobní <sup>1)</sup>		27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	- do 25 W/m <sup>3</sup> včetně	29,5
	- nad 25 W/m <sup>3</sup>	31,5
POZNÁMKY: <sup>1)</sup> U obytných budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2 $^{\circ}\text{C}$ na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí.		

## 5.7 Stavebně energetické vlastnosti budov

Stavebně energetické vlastnosti budov se hodnotí pomocí průměrného součinitele prostupu tepla budovy  $U_{em}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)], který musí splňovat následující podmínku:

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (17)$$

kde  $U_{em,N}$  je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla [W/(m<sup>2</sup>·K)].

Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,N}$  se stanoví pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou 18 – 22  $^{\circ}\text{C}$  výpočtem, metodou referenční budovy

podle vztahu (18), nejvýše je však rovna hodnotě uvedené v tabulce (Tab. 2). Referenční budovou se míní virtuální budova, která má stejné rozměry, prostorové uspořádání, shodný účel a umístění jako budova hodnocená. Na všechny plochy obálky referenční budovy jsou použity konstrukce, jejichž součinitel prostupu tepla odpovídá příslušné normou požadované hodnotě. [3, s. 17]

$$U_{em,N} = \frac{\sum (U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum A_j} + 0,02 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]} \quad (18)$$

kde  $U_{N,j}$  je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla  $j$ -té teplosměnné konstrukce [W/(m<sup>2</sup>·K)];

$A_j$  plocha  $j$ -té teplosměnné konstrukce [m<sup>2</sup>];

$b_j$  činitel teplotní redukce  $j$ -té teplosměnné konstrukce [-], stanovený podle tabulky (Tab. 25).

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy  $U_{em}$  zahrnuje celkový prostup tepla na systémové hranici hodnocené budovy nebo její vytápěné zóny a stanoví se podle ČSN 730540-4 [23] ze vztahu:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]} \quad (19)$$

kde  $H_T$  je měrná ztráta prostupem tepla stanovená pro budovu nebo její vytápěnou zónu [W/K];

$A$  celková plocha konstrukcí ohraničujících objem budovy nebo její vytápěné zóny [m<sup>2</sup>].

Měrná tepelná ztráta prostupem tepla  $H_T$  se stanoví ze vztahu:

$$H_T = \sum (A_j \cdot U_j \cdot b_j) + A \cdot \Delta U_{tbn} \text{ [W/K]} \quad (20)$$

kde  $A_j$  je plocha  $j$ -té konstrukce na systémové hranici budovy [m<sup>2</sup>];

$A = \sum A_j$  plocha všech konstrukcí na systémové hranici budovy [m<sup>2</sup>];

$U_j$  součinitel prostupu tepla  $j$ -té konstrukce [W/(m<sup>2</sup>·K)];

$b_j$  činitel teplotní redukce  $j$ -té konstrukce [-], stanovený podle tabulky (Tab. 25);

$\Delta U_{\text{tbm}}$  průměrný vliv tepelných vazeb mezi konstrukcemi na systémové hranici budovy [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ], stanovený podle tabulky (Tab. 26).

Systémovou hranici budovy nebo teplotní zónou budovy, tvoří vnější povrchy stěn, nejnižších podlah a stropů nebo střech, které oddělují posuzovaný vytápěný prostor od vnějšího prostředí, sousedících vytápěných zón, nevytápěných prostorů nebo od zeminy. [23, s. 56]

Tab. 25 – Některé návrhové hodnoty činitele teplotní redukce. [24, s. 64]

Typ konstrukce		Činitel teplotní redukce $b_j$ [-]	
		Vnitřní prostředí	
		Vytápěné	Částečně vytápěné
Konstrukce k venkovnímu prostředí			
Výplně otvorů (okna, dveře apod.)		1,15	0,82
Střechy; Stropy nad venkovním prostředím Stěny vnější; Lehké obvodové pláště		1,0	0,71
Konstrukce přilehlé k zemině			
Ve vzdálenosti od venkovního povrchu terénu u konstrukce	- do 1 m včetně	0,66	0,52
	- od 1 m do 2 m včetně	0,57	0,40
	- od 2 m do 3 m včetně	0,49	0,28
	- nad 3 m	0,43	0,2

Tab. 26 – Průměrný vliv tepelných vazeb mezi konstrukcemi. [23, s. 58]

Budova	Průměrný vliv tepelných vazeb $\Delta U_{\text{tbm}}$ [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]
s důsledně optimalizovanými tepelnými vazbami	$\approx 0,02$
s mírnými tepelnými vazbami	$\approx 0,05$
s běžnými tepelnými vazbami	$\approx 0,10$
s výraznými tepelnými mosty	$\approx 0,20$

## 6 SYSTÉMY AUTOMATIZACE BUDOV

V nově postavených i rekonstruovaných budovách je v současnosti hlavním požadavkem využívat moderní systémy a technologie, které se o budovu starají, řídí a monitorují její stav. Na základě toho vznikl obor, který se nazývá „automatizace budov“. V dnešní době každá moderní budova obsahuje různé technologie, které zajišťují komplexní řízení a správu celé budovy. Tyto systémy automatizace budov využívají různých komunikačních protokolů. [25]

V oblasti automatizace je velice oblíbeným slovním spojením „inteligentní budova“. Budovu lze označit za inteligentní, když obsahuje technologie a systémy, které si mezi sebou předávají důležitá data. Na základě výměny dat a analýzy je systém zpětně ovládán. Předávání dat (komunikace) mezi jednotlivými systémy probíhá po různých komunikačních sběrnicích a různými protokoly.

### 6.1 Sběrníkové systémy

#### 6.1.1 Rozdělení sběrnicových systémů

Ovládání u centralizovaného systému je tvořeno centrální jednotkou, která přijímá informace od vstupních prvků a na základě těchto informací ovládá výstupy. Každá jednotka má své vlastní propojení s centrální řídicí jednotkou. Tento způsob zapojení je typický pro programovatelné automaty (dále jen PLC). Výhodou je nižší pořizovací cena, naopak nevýhodou je menší spolehlivost, jelikož při výpadku centrální jednotky systém nefunguje.

Decentralizovaný systém nepotřebuje centrální jednotku. Každý prvek je vybaven malou řídicí jednotkou, má definované funkce a možnosti odesílat telegram. Prvky komunikují mezi sebou po sběrnici. Výhodou těchto systémů je větší spolehlivost. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena. Tento typ systémů je jedním z nejpoužívanějších. Mezi tyto systémy patří např. KNX a LonWorks.

#### 6.1.2 Komunikační sběrnice a protokoly

V dnešní době existuje celá řada komunikačních sběrnic a protokolů, avšak popsány budou jen ty nejčastěji používané.

**Sběrnice EIB** vznikla z elektroinstalační sběrnice Instabus firmy Siemens. Tato sběrnice má decentralizovanou strukturu. Maximální délka větve je 1000 m a je možné k ní připojit



maximálně 64 zařízení. Informace jsou po sběrnici předávány tzv. telegramy. Pomocí liniových spojek lze k páteřní síti připojit až 12 větví. Systém EIB je otevřený pro další obory, avšak primárně je určen pro elektroinstalaci. [25]

**Sběrnice KNX** – jako základ pro mezinárodní standard KNX byla zvolena sběrnice EIB pro niž hovořili tři výhody:

- kompatibilita výrobků různých firem,
- jasná certifikace,
- jednotné uvádění do provozu.

Výrobky a zařízení určené pro EIB vyhovují automaticky standardu KNX (odtud současné označování oběma ochrannými známkami EIB a KNX). Standard KNX má oproti EIB mnohem větší objem funkcí, odpovídající požadovanému cíli – spojení nejrůznějších přístrojů. Možnost využití dalších přenosových médií, integrace různých zařízení (pro vytápění, větrání, klimatizaci a dále domácích spotřebičů), jakož i nové druhy uvádění do provozu (odpovídající rozšířenému spektru použití) umožňují propojení automatizace budov s automatizací domácností do skutečného "inteligentního" domu. Vytvořením standardu KNX se dostalo evropské sběrnici EIB mezinárodního zhodnocení. [25] Sběrníkový systém KNX je popsán hlouběji v kapitole 6.1.4.1, jelikož je v praktické části této práce využit pro řízení vybraných systémů.

**Sběrnice LON** byla vyvinuta počátkem 90. let americkou firmou Echelon, jako univerzální a levné komunikační spojení. Sběrnice LON je decentralizovaný sběrníkový systém, který využívá sériového přenosu zpráv. Skládá se z tzv. uzlů (regulátory, řídicí systémy), které si mezi sebou vyměňují informace. V systému LON je použitý protokol LonTalk, který je dnes již otevřený. [25]

**Protokol BACnet** je určený především pro automatizační a operátorskou úroveň automatizace budov, je celosvětovou normou a výkonným standardem. Přenos zpráv protokolem BACnet lze realizovat prostřednictvím sítě Ethernet, nebo prostřednictvím sítě RS-485. Sběrnice RS-485 je sériová linka, typ protokolu Master-Slave/Token-Passing (dále jen MS/TP). MS/TP má jeden nebo více uzlů (MASTER), kteří spolupracují v logickém kruhu. Sběrnice může mít i účastnické uzly (SLAVE), které ovšem nemohou vysílat zprávy bez jejich vyžádání zařízením typu MASTER. [25]

**Protokol Modbus** je otevřený protokol vhodný pro komunikaci různých zařízení (programovatelné automaty, vstupně-výstupní zařízení). Umožňuje přenášet data po různých sítích a sběrnicích. Hlavní využití má v průmyslových aplikacích, ale i v systémech automatizace budov má pevné postavení. Komunikace protokolu funguje na principu předávání zpráv mezi klientem a serverem. [25]

### 6.1.3 Uzavřené systémy

Tyto systémy pocházejí od jednoho výrobce. Komunikační protokol není standardizován, je neveřejný a tudíž jedinečný. Rozšíření systému je možné jen s prvky daného výrobce. Pokud by byly použity prvky jiného výrobce, hrozí nekompatibilita a případná ztráta záruky na systém od výrobce. Tento typ systému využívá např. Ego-n, iNELS a NikoBus.

### 6.1.4 Otevřené systémy

Zde je možnost používat zařízení od různých výrobců, které jsou pod jednou organizací. Mají standardní protokol techniky přenosu dat i datové struktury. Z toho plyne úspora nákladů, funkčnost a jednoduchost, možnost výběru výrobce a také větší množství projekčních a servisních firem. Tento systém využívá KNX/EIB a LonWorks. [26, s. 18]

#### 6.1.4.1 KNX

Jak již bylo zmíněno, sběrniceový systém KNX byl v praktické části této práce vybrán pro řízení vybraných systémů.

KNX je ucelený systém pro komplexní řízení budov. Je plně v souladu s evropskou normou EN 50090 a s normou ISO/IEC 14543. Používá se nejen pro ovládání zastiňovacích prvků, ale i pro ovládání osvětlení, systému vytápění a pro kontrolu dalších zařízení v budově. Všechny technologie v budově sdružuje do jediného, logicky uspořádaného systému, a tím zvyšuje komfort bydlení. [27, s. 3]

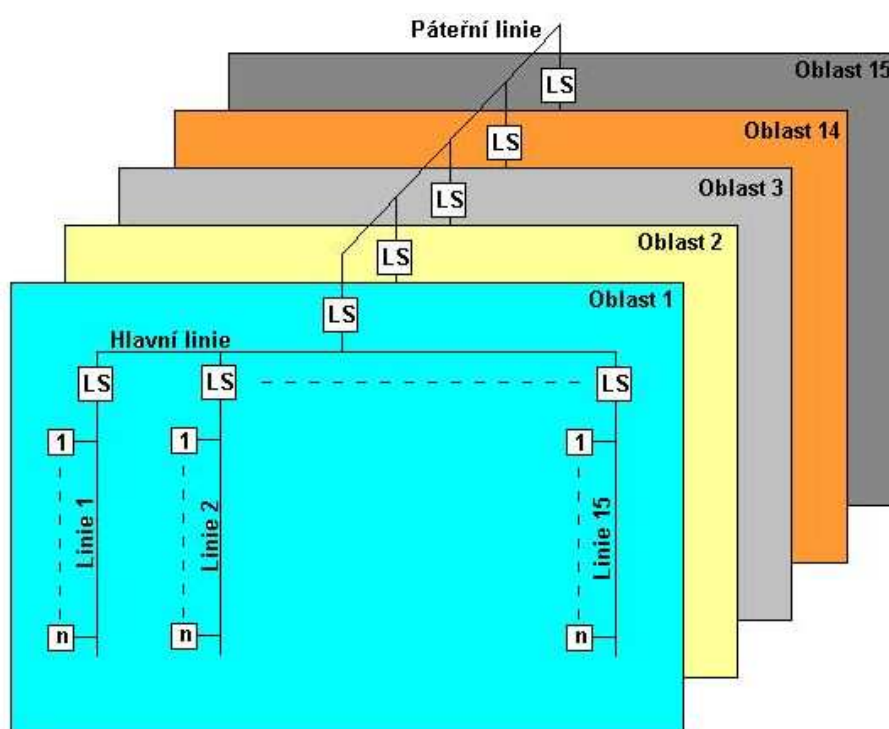
Tento otevřený decentralizovaný sběrniceový systém se skládá z různých KNX prvků, které jsou do této sběrnice připojeny. Každý prvek má svou jedinečnou fyzickou adresu, podle níž je identifikován. Komunikace mezi jednotlivými prvky probíhá přes sběrnici, po níž jsou vysílány nebo přijímány telegramy obsahující informace (instrukce), jak se má cílový prvek zachovat. Prvky systému lze v základě rozdělit následovně:

- Senzory – prvky poskytující vstupní informace systému, např. teplotní čidlo, magnetický kontakt atd.

- Aktory – prvky vykonávající povel, např. prvek pro ovládání motorů zastíňovacích prvků.

Senzor i aktor v sobě obsahují aplikační program konfigurovatelný pomocí programu ETS. Na KNX sběrnici jsou napojeny i další prvky, a to napájecí zdroje, rozhraní a liniové spojky.

Síť KNX sestává ze tří úrovní (Obr. 6), a to páteřní linie (nejvyšší) s 15 hlavními liniemi (střední úroveň), jenž lze rozdělit do dalších 15 linií (spodní úroveň) po 64 zařízeních. S využitím podpůrných opatření lze topologii upravit pro použití až 256 zařízení.



Obr. 6 – Topologické uspořádání KNX instalace. [28]

Mezi výhody KNX instalace oproti klasické (tradiční) instalaci patří zkrácení a zjednodušení kabeláže, možnost snadného rozšíření, přizpůsobení instalace při změně využívání prostor, komunikace mezi přístroji po sběrnici, nadstandardní požadavky a skutečnost že systém KNX je otevřený systém a může být tedy propojen s dalšími systémy.

Komunikační protokol respektuje doporučení ISO/OSI, k jednotlivým vrstvám komunikace lze přistupovat samostatně. Rozdělení KNX podle modelu vrstev ISO/OSI je následující:

- Fyzická vrstva zajišťuje převod binárního kódu dat protokolu na signál. Součástí fyzické vrstvy jsou parametry přenosových médií, modulace, vybavení paketů startovacími a ukončovacími bity a podobně. Je definováno několik fyzických vrstev:
  - kroucená dvojlinka (TP = twisted pair) – TP0, TP1/64 a 256,
  - napájecí vedení (PL = power line) - PL110 , PL132,
  - bezdrátový radiový přenos (RF = radio frequency),
  - infračervený přenos (Infra),
  - média založená na IP komunikaci – Ethernet, WiFi/Wireless LAN nebo FireWire, Bluetooth. [29, s. 27]
- Linková vrstva zajišťuje doručení jednotky dat (jednoho paketu).
- Síťová vrstva má za úkol segmentaci rámců a směrování v síti.
- Transportní vrstva vytváří spojení mezi uzly a řídí vysílání a příjem dat.
- Relační a prezentační vrstva není v síti KNX využívána.
- Aplikační vrstva vytváří rozhraní pro uživatele. Poskytuje vysokoúrovňové služby (změna fyzické adresy, zápis vlastností atd.), které skrývají vnitřní podstatu komunikace. Část aplikační vrstvy spravuje komunikaci za běhu. Pro tuto komunikaci se aplikační vrstva dělí na dvě podvrstvy, samotnou aplikační vrstvu a vrstvu komunikačních objektů. [29, s. 30]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

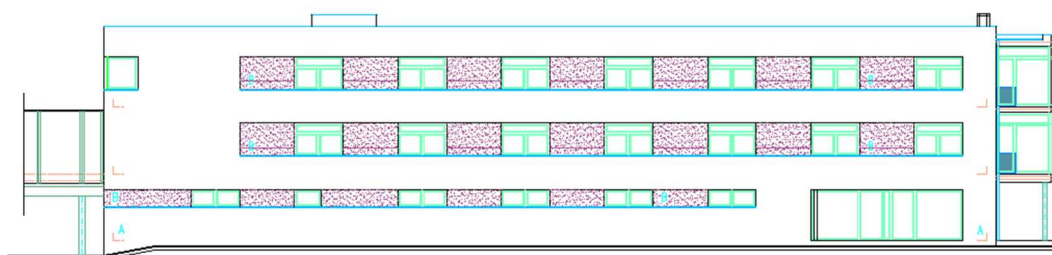
## 7 ZÁKLADNÍ ÚDAJE OBJEKTU

Pro vypracování diplomové práce byla poskytnuta projekční firmou výkresová dokumentace penzionu pro seniory. Jedná se o novostavbu, jež se nachází v okrajové části Brna.

Protože nebyla k dispozici celá dokumentace, neznámé údaje bylo zapotřebí upravit tak, aby co nejlépe vystihly účel objektu. Podklady, jež byly poskytnuty, jsou k nahlédnutí na příloženém CD v Příloze P XVII – P XXIV. Pohled na objekt z východní a západní strany je znázorněn na obrázcích (Obr. 7 a 8). Soupis místností objektu je uvedena v Příloze P I.



Obr. 7 – Východní pohled na objekt.



Obr. 8 – Západní podhled na objekt.

### 7.1 Architektonické a dispoziční řešení

Objekt má obdélníkový půdorys a je částečně podsklepen. Skládá se z podzemního podlaží a tří podlaží nadzemních. Jižní strana objektu se zimními zahradami plně využívá výhod slunečního záření. Na severní straně je objekt v úrovni 2. NP spojen pomocí temperovaného spojovacího krčku s vedlejším objektem. Přístup do vyšších podlaží je umožněn přes jedno vnitřní a jedno venkovní nekryté schodiště, umístěné na jižní straně objektu a dále pomocí dvou výtahů, z nichž jeden je lůžkový. Objekt je zastřešen jednoplášťovou plochou střechou.

V 1. PP se nachází technické zázemí objektu, jehož součástí je kotelna a sklad. Přístup do podzemního podlaží je umožněn po jednoramenném schodišti vedoucího z 1. NP.

Prostor 1. NP sestává ze vstupní haly s recepcí, 4 kanceláří, školící místnosti, šatny a sprch pro personál s WC, pokoje pro hosty s vlastní koupelnou a WC, skladů, prádelny, žehlírny a sušárny.

2. a 3. NP obsahuje vždy 10 pokojů pro seniory, sesternu, společenskou místnost s přístupem do zimní zahrady a denní místnost s kuchyňským koutem. Dále je zde místnost pro hygienickou očistu, úklid, umývárna mís, sklad špinavého prádla a sklad vozíků. Jednotlivé pokoje obsahují dvě lůžka a vlastní koupelnu s WC. Zimní zahrady jsou orientovány na jih a vytápěny. Ve 3. NP se navíc nachází místnost pro ergoterapeuta.

## 7.2 Vybrané veličiny pro tepelné technické výpočty

Základní a důležitou součástí jakéhokoli technického výpočtu je správné stanovení potřebných údajů. Pro další potřeby se jedná zejména o stanovení klimatických údajů oblasti, ve které se daný objekt nachází, výpočtové vnitřní teploty a dalších údajů o budově. Hodnoty v následujících tabulkách (Tab. 27 – 29) byly získány z normy ČSN EN 12 831 [30].

Tab. 27 – Klimatické údaje. [30, s. 69]

Obec/Místo		Brno
Nadmořská výška	$h$ [m n. m.]	227
Výpočtová venkovní teplota vzduchu v zimním období	$\theta_e$ [°C]	-12
Zatížení větrem v krajině		zvýšené
Otopné období pro $\theta_{np,e} = 13^\circ\text{C}$	Průměrná teplota v otopném období $\theta_{m,e}$ [°C]	4
	Počet dní otopného období	232

Tab. 28 – Minimální intenzita výměny vzduchu. [30, s. 64]

Druh místnosti	Minimální intenzita výměny vzduchu $n_{\min}$ [1/h]
Obytná místnost	0,5
Kuchyně nebo koupelna	1,5
Kancelář	1,0
Zasedací místnost, učebna	2,0

Tab. 29 – Vybrané výpočtové vnitřní teploty v některých místnostech domovů důchodců. [30, s. 71]

Druh místnosti vytápěné místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i$ <sup>1)</sup> [%]
Domovy důchodců		
Obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, kuchyně.	20	50
Koupelny	24	$\varphi$ <sup>2)</sup>
Klozety	20	50
Vytápěné vedlejší místnosti (předsíně, chodby, aj.)	15	50
Vytápěná schodiště	10	50
POZNÁMKY:		
<sup>1)</sup> Hodnoty relativní vlhkosti vnitřního vzduchu vytápěných místností jsou hodnoty informativní.		
<sup>2)</sup> Relativní vlhkost vnitřního vzduchu se stanoví jako střední hodnota z celodenního časového snímku vnitřního prostředí daného vnitřního prostoru.		



## 8 KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ OBJEKTU

### 8.1 Tepelně technické posouzení obvodových konstrukcí

Výpočty byly realizovány v programu Stavební fyzika 2011 – modul Teplo, který zpracovává a vyhodnocuje data v rámci několika platných norem. Základem výpočtů byla skladba konstrukcí získaná z výkresové dokumentace řešeného objektu. Při stanovení nevyhovujících vlastností stavební konstrukce na základě uvažovaných kritérií, byla její skladba následně upravena tak, aby splňovala hodnoty stanovené normou ČSN 730540-2 [3]. Základní skladba jednotlivých obvodových konstrukcí splňující požadavky normy je uvedena v Příloze P II.

#### 8.1.1 Tepelně technické posouzení střešních plášťů a nadzemních obvodových stěn

Posouzení zahrnuje:

- Hodnotu součinitele prostupu tepla  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]:
  - doporučená hodnota  $U_{\text{rec},20}$ ,
  - vypočtená hodnota  $U_k$ .
- Kondenzaci vodní páry uvnitř stěny [ $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ ]:
  - množství zkondenzované vodní páry  $M_c$ ,
  - množství vypařitelné vodní páry  $M_{\text{ev}}$ .
- Hodnotu teplotního faktoru vnitřního povrchu [-]:
  - požadovaný nejnižší teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{\text{Rsi},N}$ ,
  - vypočtený teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{\text{Rsi}}$ .

##### 8.1.1.1 Střešní plášť

Střešní konstrukce je rozdělena na dvě části. Střešní plášť #1 se vyskytuje nad všemi prostory 3. NP objektu, mimo prostory výtahové šachty. Tyto prostory jsou zastřešeny odlišnou konstrukcí označenou Střešní plášť #2.

Tab. 30 – Tepelně technické posouzení střešních pláštů na základě výkresové dokumentace.

Název konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			Celoroční bilance vlhkosti [kg/(m <sup>2</sup> ·rok)]			Teplotní faktor [-]		
	$U_{\text{rec},20}$	$U_k$	p	$M_c$	$M_{\text{ev}}$	p	$f_{\text{Rsi},N}$	$f_{\text{Rsi}}$	p
Střešní plášť #1	0,16	0,19	n	0,0016	0,1064	s	0,913	0,955	s
Střešní plášť #2	0,16	0,24	n	0,0001	0,1289	s	0,796	0,943	s
POZNÁMKY: p – požadavky, s – požadavky splněny, n – požadavky nesplněny									

Vypočtené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_k$  pro obě stavební konstrukce byly podle požadavku  $U_{\text{rec},20}$  shledány za nevyhovující. Proto byly provedeny následující úpravy, spočívající ve změně tloušťky použitých materiálů konstrukcí, a to následovně:

- Střešní plášť #1 – zvětšení tloušťky spádové tepelně izolační desky o 40 mm.
- Střešní plášť #2 – zvětšení tloušťky spádové tepelně izolační desky o 85 mm.

Tab. 31 – Tepelně technické posouzení střešních pláštů po úpravách.

Název konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			Celoroční bilance vlhkosti [kg/(m <sup>2</sup> ·rok)]			Teplotní faktor [-]		
	$U_{\text{rec},20}$	$U_k$	p	$M_c$	$M_{\text{ev}}$	p	$f_{\text{Rsi},N}$	$f_{\text{Rsi}}$	p
Střešní plášť #1	0,16	0,16	s	0,0016	0,1061	s	0,913	0,961	s
Střešní plášť #2	0,16	0,16	s	0,0001	0,1283	s	0,796	0,960	s
POZNÁMKY: p – požadavky, s – požadavky splněny, n – požadavky nesplněny									

### 8.1.1.2 Obvodová stěna

Obvodová stěna se taktéž jako střešní plášť skládá ze dvou konstrukcí. Nejvíce využitou obvodovou konstrukcí je Obvodová stěna #1, jež je z venkovní strany opatřena vápenocementovou omítkou. Obvodová stěna #2 má na své vnější straně obklad z cembritových desek, jež zde slouží jako estetický prvek vyplňující převážně prostor v okolí zasklených ploch objektu.

Tab. 32 – Tepelně technické posouzení obvodových stěn na základě výkresové dokumentace.

Název konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			Celoroční bilance vlhkosti [kg/(m <sup>2</sup> ·rok)]			Teplotní faktor [-]		
	$U_{\text{rec},20}$	$U_k$	p	$M_c$	$M_{\text{ev}}$	p	$f_{\text{Rsi},N}$	$f_{\text{Rsi}}$	p
Obvodová stěna #1	0,25	0,26	n	0,2615	6,8630	s	0,944	0,937	n
Obvodová stěna #2	0,25	0,29	n	0,7378	2,1806	s	0,944	0,930	n
POZNÁMKY: p – požadavky, s – požadavky splněny, n – požadavky nesplněny									

Vypočtené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_k$  a hodnoty teplotního faktoru vnitřního povrchu  $f_{\text{Rsi}}$  pro obě stavební konstrukce byly podle stanovených požadavků shledány nevyhovujícími. Proto byly provedeny úpravy, spočívající ve změně tloušťky použitých materiálů konstrukcí, a to následovně:

- Obvodová stěna #1 – zvětšení tloušťky minerální desky o 30 mm.
- Obvodová stěna #2 – zvětšení tloušťky minerální desky o 50 mm.

Tab. 33 – Tepelně technické posouzení obvodových stěn po úpravách.

Název konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			Celoroční bilance vlhkosti [kg/(m <sup>2</sup> ·rok)]			Teplotní faktor [-]		
	$U_{\text{rec},20}$	$U_k$	p	$M_c$	$M_{\text{ev}}$	p	$f_{\text{Rsi},N}$	$f_{\text{Rsi}}$	p
Obvodová stěna #1	0,25	0,22	s	0,2581	6,8416	s	0,944	0,946	s
Obvodová stěna #2	0,25	0,22	s	0,7289	2,1715	s	0,944	0,945	s
POZNÁMKY: p – požadavky, s – požadavky splněny, n – požadavky nesplněny									

### 8.1.2 Tepelně technické posouzení podzemních konstrukcí

Obvodové stěny 1. PP jsou oproti obvodovým stěnám 1. NP vyztuženy železobetonovou vrstvou a také opatřeny hydroizolací. Konstrukčně jsou podzemní obvodové stěny dvojího druhu. Obvodová stěna 1. PP #1 je využita u podzemního sklepního prostoru a Obvodovou stěnu 2. PP #2 nalézáme u podzemního prostoru výtahové šachty.

Posouzení zahrnuje:

- Hodnotu součinitele prostupu tepla [W/(m<sup>2</sup>·K)]:



### 8.1.3 Tepelně technické posouzení podlahových konstrukcí

Posouzení obsahuje:

- Hodnotu součinitele prostupu tepla [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]:
  - doporučená hodnota  $U_{\text{rec},20}$ ,
  - vypočtená hodnota  $U_k$ .
- Pokles dotykové teploty podlahy [-]:
  - požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty podlahy  $\Delta\theta_{10,N}$ ,
  - vypočtená hodnota poklesu dotykové teploty podlahy  $\Delta\theta_{10,N}$ .
- Hodnotu teplotního faktoru vnitřního povrchu [-].
  - požadovaný nejnižší teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{\text{Rsi},N}$ ,
  - vypočtený teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{\text{Rsi}}$ .

#### 8.1.3.1 Podlahové konstrukce přilehlé k zemině

Plocha podlahy přilehlé k zemině se skládá ze tří konstrukčních typů. Podlaha 1. NP, Podlaha 1. PP #1 využitá u sklepních prostor a Podlaha 1. PP #2, která slouží jako podklad pro obě výtahové šachty.

Tab. 36 – Tepelně technické posouzení podlahových konstrukcí přilehlých k zemině na základě výkresové dokumentace.

Název konstrukce	Součinitel prostupu tepla [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]			Pokles dotykové teploty [-]			Teplotní faktor [-]		
	$U_{\text{rec},20}$	$U_k$	p	$\Delta\theta_{10,N}$	$\Delta\theta_{10}$	p	$f_{\text{Rsi},N}$	$f_{\text{Rsi}}$	p
Podlaha 1. NP	0,30	0,23	s	5,5	3,19	s	0,886	0,943	s
Podlaha 1. PP #1	0,30	0,29	s	6,9	6,23	s	0,336	0,930	s
Podlaha 1. PP #2	0,60	0,35	s	-	0,83	s	0,351	0,916	s
POZNÁMKY:									
p – požadavky, s – požadavky splněny, n – požadavky nesplněny									

Použité konstrukce podlah přilehlých k zemině byly ve všech hodnocených parametrech shledány vyhovujícími.

### 8.1.3.2 Podlahové konstrukce nad venkovním prostorem

Dalšími podlahovými konstrukcemi jsou konstrukce nad venkovním prostorem. Tyto konstrukce jsou na objektu celkově čtyři. Podlaha 2. NP #1 je využita pod prostory zimních zahrad, umístěných na jižní straně budovy a Podlaha 2. NP #2 je nejslabší konstrukce z trojice konstrukcí využitých nad vchodem do budovy, a reprezentuje tak celou podlahu nad vchodem.

Tab. 37 – Tepelně technické posouzení podlahových konstrukcí nad venkovním prostorem na základě výkresové dokumentace.

Název konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			Pokles dotykové teploty [-]			Teplotní faktor [-]		
	$U_{\text{rec},20}$	$U_k$	p	$\Delta\theta_{10,N}$	$\Delta\theta_{10}$	p	$f_{\text{Rsi},N}$	$f_{\text{Rsi}}$	p
Podlaha 2. NP #1	0,16	0,15	s	5,5	4,39	s	0,791	0,962	s
Podlaha 2. NP #2	0,16	0,21	n	5,5	3,39	s	0,994	0,949	s
POZNÁMKY: p – požadavky, s – požadavky splněny, n – požadavky nesplněny									

Podlaha 2. NP #2 má v původní konstrukci nevhodnou hodnotu součinitele prostupu tepla  $U_k$ . Tento nedostatek byl vyřešen zvýšením tloušťky minerálních vláken o 80 mm.

Tab. 38 – Tepelně technické posouzení podlahových konstrukcí nad venkovním prostorem po úpravě.

Název konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			Pokles dotykové teploty [-]			Teplotní faktor [-]		
	$U_{\text{rec},20}$	$U_k$	p	$\Delta\theta_{10,N}$	$\Delta\theta_{10}$	p	$f_{\text{Rsi},N}$	$f_{\text{Rsi}}$	p
Podlaha 2. NP #2	0,16	0,16	s	5,5	3,26	s	0,994	0,962	s
POZNÁMKY: p – požadavky, s – požadavky splněny, n – požadavky nesplněny									

### 8.1.4 Tepelně technické posouzení výplní otvorů

Navržena jsou dřevo-hliníková okna firmy VEKRA, jež jsou zasklena izolačním trojsklem. Pro částečné prosklení severní fasády a hlavního vstupu byl zvolen fasádní systém Futura facade od firmy VEKRA, jenž nabízí integraci oken a dveří typu Futura exklusive. Všechny vnější vstupní dveře jsou proskleny.

Tab. 39 – Tepelně technické posouzení výplní otvorů.

Název konstrukce	Součinitel prostupu tepla rámu $U_f$	Součinitel prostupu tepla zasklení $U_g$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Celkový součinitel prostupu tepla $U_w$
Okna – Alu design integral	-	0,6	0,79
Okna – Futura exklusive	1,4	0,6	0,94
Dveře – Futura exklusive	1,8	0,6	1,03

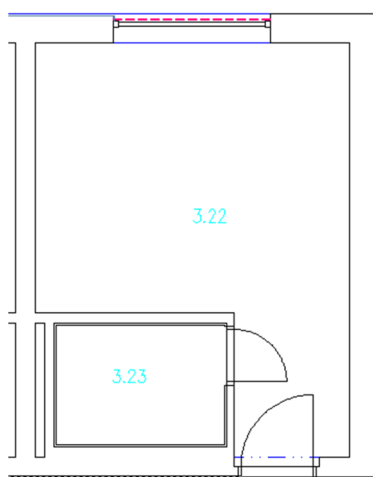
## 8.2 Tepelně technické posouzení místností

### 8.2.1 Tepelná stabilita v zimním období

Pro ověření požadavku na tepelnou stabilitu místnosti v zimním období byl použit program Stavební fyzika 2011 – modul Stabilita.

#### 8.2.1.1 Popis kritické místnosti

Posuzována byla rohová podstřešní místnost 3.22 ve 3. NP, která slouží jako pokoj pro seniory. Půdorysná plocha místnosti je 23,97 m<sup>2</sup> a světlá výška 3 m. Objem místnosti činí 62,32 m<sup>3</sup>.



Obr. 9 – Posuzovaná místnost (tepelná stabilita zimní období).

### 8.2.1.2 Simulace a zhodnocení

Výstup z programu Stabilita:

Požadavek na pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období, resp. na tepelnou stabilitu místnosti v zimním období:

Požadavek:  $\Delta\theta_{v,N}(t) = 3,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Výsledky výpočtu:

$\Delta\theta_v(0,67) = 0,65 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta\theta_v(3,33) = 3,38 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta\theta_v(6,00) = 5,61 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$\Delta\theta_v(1,33) = 1,42 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta\theta_v(4,00) = 3,97 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta\theta_v(6,67) = 6,12 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$\Delta\theta_v(2,00) = 2,12 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta\theta_v(4,67) = 4,54 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta\theta_v(7,33) = 6,61 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$\Delta\theta_v(2,67) = 2,76 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta\theta_v(5,33) = 5,08 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta\theta_v(8,00) = 7,08 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$\Delta\theta_v(2,67) < \Delta\theta_{v,N}$ , požadavek je splněn pro maximální délku otopné přestávky 2,67 h. Při delší otopné přestávce nebude požadavek splněn.

Při maximální přípustné délce otopné přestávky 2,67 h není reálné otopnou přestávku provádět. Hodnocená místnost v tomto případě nesplní požadavky na tepelnou stabilitu a musí být nepřetržitě vytápěna.

### 8.2.2 Tepelná stabilita v letním období

Pro ověření požadavku na tepelnou stabilitu místnosti v letním období byl použit program Stavební fyzika 2011 – modul Simulace.

#### 8.2.2.1 Řešené varianty

Výpočet parametrů byl proveden pro 2 varianty. V první variantě je přirozená výměna vzduchu v místnosti zajišťována pomocí příčného větrání. Ve druhé variantě je místnost větrána pomocí okna na jedné straně fasády. U obou variant je zohledněn vliv zastínění okenních otvorů.

#### VARIANTA I      Přirozená výměna vzduchu – příčné větrání

- Varianta I – 1      bez stínění
- Varianta I – 2      pohyblivá horizontální clona ze strany exteriéru otevřena pod úhlem  $45^{\circ}$



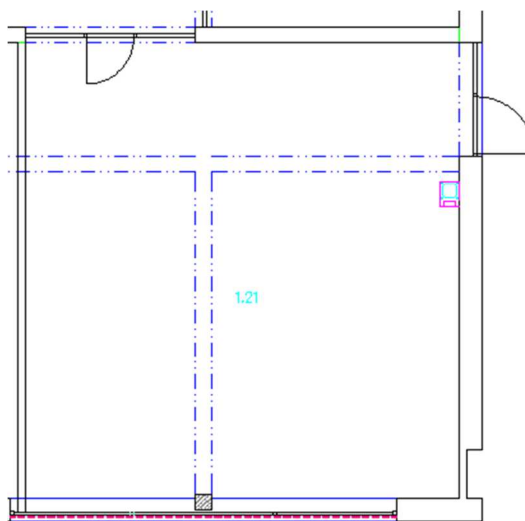
- Varianta I – 3 pohyblivá horizontální clona ze strany exteriéru – zatažená

#### VARIANTA II Přirozená výměna vzduchu – poloha oken na jedné straně fasády

- Varianta II – 1 bez stínění
- Varianta II – 2 pohyblivá horizontální clona ze strany exteriéru otevřena pod úhlem 45°
- Varianta II – 3 pohyblivá horizontální clona ze strany exteriéru – zatažená

#### **8.2.2.2 Popis kritické místnosti**

Posuzována byla místnost 1.21 v 1. NP, která slouží jako školící místnost. Jde o rohovou místnost s největší plochou přímo osluněných výplňových konstrukcí, orientovanou na jihozápad. Půdorysná plocha místnosti je 77,09 m<sup>2</sup> a světlá výška 3 m. Objem místnosti činí 231,27 m<sup>3</sup>. Okno o ploše 18,75 m<sup>2</sup> je orientováno na západ. Do místnosti je možné vstupovat přes venkovní prosklené dveře o ploše 5,5 m<sup>2</sup>.



Obr. 10 – Posuzovaná místnost  
(tepelná stabilita letní období).

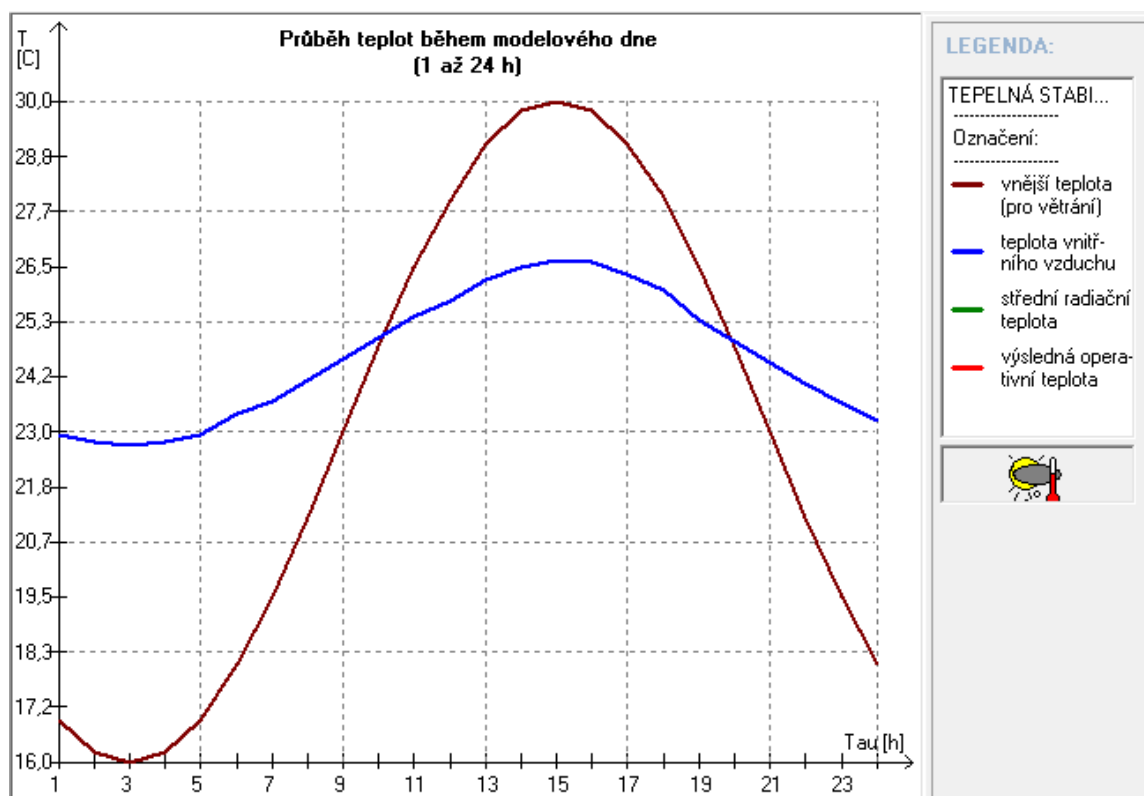
#### **8.2.2.3 Simulace a zhodnocení**

Požaduje se, aby kritická místnost vykazovala nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období podle vztahu:

$$\theta_{ai,max} \leq 27 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (21)$$

Tab. 40 – Výsledky simulace pro jednotlivé varianty.

Varianta		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max}$ [°C]		
		Způsob větrání: okna trvale otevřena z 10%	Způsob větrání: okna trvale otevřena z 50%	Způsob větrání: okna trvale otevřena v noci z 50% a ve dne z 10%
I	1	43,36	37,4	38,16
	2	28,63	28,08	<b>26,56</b>
	3	<b>26,63</b>	<b>26,81</b>	<b>24,98</b>
II	1	65,21	47,00	48,69
	2	33,11	29,37	27,85
	3	28,25	<b>26,74</b>	<b>24,73</b>



Obr. 11 – Průběh vnitřní a vnější teploty pro variantu I – 3, okna trvale otevřena z 10 %.

Z výše uvedeného je zřejmé, že požadavky na tepelnou stabilitu místnosti v letním období lze splnit pouze tehdy, když budou předokenní žaluzie zatažené a přirozená výměna vzduchu v místnosti bude zajišťována pomocí příčného větrání nebo pomocí oken na jedné straně fasády. Nevýhodou tohoto řešení je snížení osvětlenosti místnosti denním světlem.

Předokenní žaluzie mají své pozitivum i v zimním období, kdy přispívají k redukci tepelných ztrát oknem a také znesnadňují vniknutí do objektu okenním otvorem.

Na základě výsledků simulace bylo rozhodnuto, že systém chlazení není v objektu nutný. Toto rozhodnutí přispěje také ke snížení nákladů na výstavbu objektu a jeho provoz.

### 8.3 Tepelně technické posouzení objektu

#### 8.3.1 Hodnocení objektu z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla

Pro hodnocení objektu byl proveden výpočet průměrného součinitele prostupu tepla podle vztahů uvedených v kapitole 5.7, na jehož základě byl vypracován energetický štítek obálky budovy. Dílčí výsledky jsou uvedeny v tabulce (Tab. 42), podle níž se hodnocený objekt řadí do klasifikační třídy B – úsporná. Podrobný postup výpočtu je uveden v Příloze P III. Do výpočtu byly zahrnuty přírážky na vliv tepelných mostů  $\Delta U_{\text{tbn}} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a tepelných vazeb  $\Delta U_{\text{tbn}} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Tab. 41 – Přehled ploch obvodových stěn pro hodnocený objekt.

Orientace	Celková plocha fasády	Celková plocha výplní otvorů	Plocha stěn po odečtení výplní otvorů	Podíl ploch výplní otvorů
		[m <sup>2</sup> ]		[%]
S	177,34	66,52	110,83	37,51
Z	496,54	102,78	393,76	20,70
J	187,66	51,48	136,18	27,43
V	492,73	104,87	387,86	21,28
Celkem	1354,27	325,65	1028,62	24,05

Tab. 42 – Energetický štítek obálky budovy.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
PENZION PRO SENIORY					Hodnocení obálky budovy	
Celková podlahová plocha: 2006.5 m <sup>2</sup>					stávající	doporučení
Cl	Velmi úsporná					
0,5	A					
0,75	B					
1,0	C					
1,5	D					
2,0	E					
2,5	F					
Mimořádně ne <span>hospodárná</span>						
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)] $U_{em} = H_T/A$					0,31	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]					0,48	
Klasifikační ukazatel <i>Cl</i> a jím odpovídající hodnoty $U_{em}$						
<i>Cl</i>	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5
$U_{em}$	0,24	0,36	0,48	0,72	0,96	1,2
Platnost štítku do:			-			
Vypracovala:			Tereza Benešová			

## 9 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOVY

Před vlastním návrhem otopného systému bylo nutné provést výpočet tepelných ztrát objektu metodou výpočtu dle ČSN EN 12831 [30]. Tepelné ztráty byly počítány v programu Stavební fyzika 2011 – modul Ztráty pro každou jednotlivou místnost zvlášť a jejich součet tvoří celkovou tepelnou ztrátu objektu.

Pro výpočet byly potřebné následující údaje a podklady:

- klimatické údaje uvedené v tabulce (Tab. 27),
- výpočtová vnitřní teplota uvedená v Příloze P I,
- údaje o stavbě a stavebních konstrukcích, viz Příloha P XVII – P XXIV na přiloženém CD a Příloha P II.

Z hlediska bezpečnosti výpočtu byly jednotlivé plochy stavebních konstrukcí počítány z vnějších rozměrů.

Tabulka (Tab. 43) shrnuje dílčí výsledky výpočtu tepelných ztrát objektu. Tepelné ztráty jednotlivých místností objektu jsou uvedeny v Příloze P IV.

Tab. 43 – Tepelné ztráty objektu.

Podlaží	Tepelná ztráta prostupem tepla	Tepelná ztráta větráním	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$
	[W]		
1. PP	335	258	593
1. NP	7544	19082	26626
2. NP	6076	13616	19692
3. NP	11209	13431	24640
<b>Celkem<math>\Sigma</math></b>	<b>25164</b>	<b>46387</b>	<b>71551</b>

## 9.1 Návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru

Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru  $\Phi_i$ :

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (22)$$

kde  $\Phi_{T,i}$  je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W];

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

### 9.1.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla  $\Phi_{T,i}$  se stanoví podle vztahu:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (23)$$

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

$H_{T,iue}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostoru přes nevytápěný prostor [W/K];

$H_{T,ig}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy [W/K];

$H_{T,ij}$  součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru s výrazně odlišnou teplotou [W/K];

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

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

### 9.1.2 Návrhová tepelná ztráta větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním  $\Phi_{V,i}$  se stanoví podle vztahu:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (24)$$

kde  $H_{V,i}$  je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K];

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

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

Za předpokladu konstantní hustoty větracího vzduchu a měrné tepelné kapacity, součinitel návrhové tepelné ztráty větráním se stanoví podle vztahu:

$$H_{v,i} = V_i \cdot 0,34 \quad [\text{W/K}] \quad (25)$$

kde  $V_i$  je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];

Metodika výpočtu rozlišuje objekty s přirozeným větráním a s větracími systémy. Hodnocený objekt je bez větracího systému, tudíž se předpokládá, že přiváděný vzduch má tepelné vlastnosti venkovního vzduchu. Na základě tohoto řešení se hodnota výměny vzduchu ve vytápěném prostředí  $V_i$  určí podle vztahu pro přirozené větrání:

$$V_i = \max(V_{\text{inf},i}, V_{\text{min},i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (26)$$

kde  $V_{\text{inf},i}$  je výměna vzduchu infiltrací spárami a styky obvodového pláště budovy [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];

$V_{\text{min},i}$  minimální výměna vzduchu požadovaná z hygienických důvodů [ $\text{m}^3/\text{h}$ ].

$$V_{\text{min},i} = n_{\text{min},i} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (27)$$

kde  $n_{\text{min},i}$  je minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [ $1/\text{h}$ ];

$V_i$  objem vytápěné místnosti [ $\text{m}^3$ ].

$$V_{\text{inf},i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (28)$$

kde  $n_{50}$  je intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy [ $1/\text{h}$ ];

$e_i$  stínící činitel [-];

$\varepsilon_i$  výškový korekční činitel [-].

## 9.2 Návrhový tepelný výkon

Výpočet návrhového tepelného výkonu  $\Phi_{\text{HL}}$  pro celou budovu je nutný pro stanovení tepelného výkonu pro dimenzování otopných těles, výměníků apod.

$$\Phi_{\text{HL}} = \sum \Phi_{\text{T},i} + \sum \Phi_{\text{V},i} + \sum \Phi_{\text{RH},i} \quad [\text{W}] \quad (29)$$

kde  $\sum \Phi_{\text{T},i}$  je suma tepelných ztrát prostupem všech vytápěných prostor [W];

$\sum \Phi_{\text{V},i}$  suma tepelných ztrát větráním všech vytápěných prostorů [W];

$\sum \Phi_{\text{RH},i}$  suma zátopových tepelných výkonů pro prostory s přerušovaným vytápěním [W], v případě této práce není ve výpočtu uvažována.

## **10 OTOPNÁ SOUSTAVA**

### **10.1 Popis otopné soustavy**

Otopná soustava je navržena jako dvoutrubková horizontální se spodním rozvodem a nuceným oběhem vody, nízkoteplotní, uzavřená a souproudá. Teplotní spád byl volen 45/35 °C jak pro otopná tělesa, tak i pro podlahové vytápění.

### **10.2 Rozvody otopné vody**

Rozvody otopné vody jsou vytvořeny z měděného potrubí a od kotle vedeny přes termohydraulický rozdělovač do rozdělovače/sběrače. S rozdělovače jsou napojeny okruhy vytápění otopných těles a podlahového vytápění.

#### **10.2.1 Okruhy otopných těles**

Rozvody otopné vody k otopným tělesům byly rozděleny na 2 otopné okruhy, a to na okruh západní a východní. Rozdělení z hlediska světových stran bylo provedeno z důvodu, že každá fasáda je jinak osluněna, a má tudíž proměnou spotřebu energie. Hlavní vertikální rozvody jsou vedeny po stavební konstrukci stejně jako rozvody horizontální. Jednotlivé okruhy jsou napojeny z rozdělovače/sběrače a vybaveny trojcestným směšovacím ventilem s elektrickým pohonem. Odvzdušnění systému je umožněno přes otopná tělesa. V nejnižších místech jsou instalovány vypouštěcí kohoutky.

#### **10.2.2 Okruhy podlahového vytápění**

Okruhy podlahového vytápění jsou stejně jako okruhy otopných těles rozděleny na dva okruhy, a to okruh východní a západní. Rozdělení bylo provedeno tak, aby bylo dodrženo rovnoměrné rozložení tlakových ztrát jednotlivých okruhů. Jedná se o ekvitermně řízené okruhy, vybavené trojcestným směšovacím ventilem s elektrickým pohonem. Hlavní vertikální rozvody jsou vedeny z rozdělovače/sběrače po stavební konstrukci. Horizontální rozvody vedou v podlahách k jednotlivým rozdělovacím stanicím podlahového vytápění.



### 10.3 Otopná tělesa a plochy

Podlahové vytápění je navrženo do koupelen (označení místností - Sprcha, WC), které jsou součástí pokojů pro seniory v 2. a 3. NP. V 1. NP je koupelna součástí pokoje pro hosty. Dále bylo navrženo do místností pro hygienickou očistu v 2. a 3. NP a pro sprchu v 1. NP. Podlahové vytápění je navrženo na teplotu vstupní vody  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  a teplotní spád  $\Delta\theta = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Pro vytápění daného objektu jsou dále navržena otopná tělesa firmy KORADO, a to desková – RADIK PLAN, trubková – KORALUX LINEAR a podlahové konvektory – MINIB. Otopná tělesa jsou navržena na teplotní spád otopné vody  $45/35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### 10.3.1 Otopná tělesa

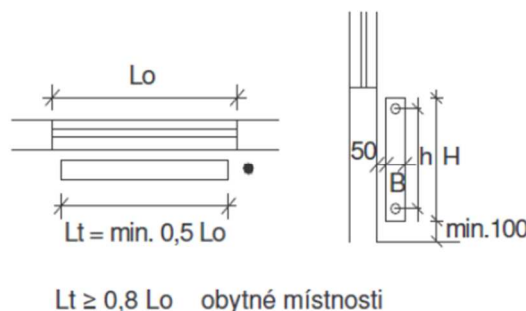
Po výpočtu tepelných ztrát místnosti je dalším krokem návrh otopných těles. Při návrhu je důležité zohlednit typ místnosti, umístění tělesa, navrhovanou teplotu teplotnosného média, typ otopné soustavy, zakrytí tělesa parapetem, nikou apod.

Pro vytápěné místnosti objektu byla navržena otopná tělesa pro teplotní spád  $45/35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , jejich přehled je uveden v Příloze P V. V Příloze P VI je k nahlédnutí rozvinuté schéma západního okruhu otopných těles. Zakreslení jednotlivých těles do půdorysu je dostupné na přiloženém CD v Příloze P XXV – P XXVIII.

##### 10.3.1.1 Návrh otopných těles

##### *Volba velikosti otopného tělesa a parametrů teplotnosné látky*

Otopná tělesa byla přednostně umisťována na nejvíce ochlazovanou plochu – pod výplně otvorů. Pokud nebyla jiná možnost, byly umístěny co nejbližší výplním či v těsné blízkosti ochlazovaných stěn. Volba rozměrů tělesa vycházela z délky okna a výšky parapetu, viz obrázek (Obr. 12).



Obr. 12 – Volba rozměrů těles. [31]

Příklad stanovení parametrů teplotnosné látky

Pro vybranou místnost je proveden výpočet střední teploty tělesa  $\theta_{OT}$  [°C], vycházející z předpokladu, že délka tělesa má mít minimálně 2/3 délky okna.

Dáno:

Místnost 2.16	Pokoj
Rozměry okna	$L_{OK} = 2400 \text{ mm}, H_{OK} = 1600 \text{ mm}$
Součinitel prostupu tepla okna	$U_{OK} = 0,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně okna	$h_{i,OK} = 8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Rozměry otopného tělesa	$L_{OT} = 2000 \text{ mm}, H_{OT} = 600 \text{ mm}$
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_i = 20^\circ\text{C}$
Venkovní výpočtová teplota	$\theta_e = -12^\circ\text{C}$

Postup:

Stanovení povrchové teploty okna  $\theta_{OK}$  [°C] na vnitřní straně:

$$U_{OK} \cdot (\theta_i - \theta_e) = h_{i,OK} \cdot (\theta_i - \theta_{OK})$$

$$\theta_{OK} = 16,84^\circ\text{C} \quad (30)$$

Stanovení střední teploty otopného tělesa  $\theta_{OT}$  [°C]:

$$L_{OT} \cdot H_{OT} \cdot (\theta_{OT} - \theta_i) \geq L_{OK} \cdot H_{OK} \cdot (\theta_i - \theta_{OK})$$

$$\theta_{OT} \geq 30,11^\circ\text{C} \quad (31)$$

Podle střední teploty otopného tělesa  $\theta_{OT}$  byl zvolen vhodný teplotní spád 45/35 °C. Střední teplota otopného média  $40^\circ\text{C} \geq 30^\circ\text{C}$ .

***Přepočet výkonu otopného tělesa na jiné podmínky***

Vzhledem ke skutečnosti, že výrobce neuvádí tepelný výkon pro zvolený teplotní spád 45/35 °C, je nutné výkon těles přepočítat pro navrhovaný teplotní spád dle postupů uvedených v ČSN 061101 [32].

Pro přepočet tepelných výkonů byl použit volně dostupný program z internetových stránek výrobce [www.korado.cz](http://www.korado.cz) [33]. Hodnoty stanové tímto programem se nepatrně liší od hodnot stanovených níže uvedeným postupem. To může být zapříčiněno zaokrouhlením či jiným algoritmem výpočtu použitého programu.

Příklad přepočtu výkonu otopného tělesa na jiné podmínkyDáno:

Místnost 2.16

Pokoj

Tepelná ztráta místnosti

$$\Phi_{HL,i} = 480 \text{ W}$$

Pro desková otopná tělesa uvádí výrobce teplotní spád 55/45 °C.

Postup:Stanovení rozdílového ukazatele  $c$  [-]:

$$c = \frac{(\theta_{w2} - \theta_i)}{(\theta_{w1} - \theta_i)} = \frac{(35 - 20)}{(45 - 20)} = 0,6 \quad (32)$$

kde  $\theta_{w1}$  je vstupní teplota otopné vody [°C]; $\theta_{w2}$  výstupní teplota otopné vody [°C]; $\theta_i$  vnitřní výpočtová teplota místnosti [°C].

Protože je rozdílový ukazatel  $c < 0,7$ , použijí se pro výpočet opravného součinitele  $f_{\Delta t}$  [-] logaritmické rozdíly teplot:

- $\Delta\theta_{ln}$  [-] pro navrhované výpočtové teplotní podmínky, tj. teplotní spád 45/35 °C,
- $\Delta\theta_{ln,n}$  [-] vypočtený pro definiční výpočtové teplotní podmínky, tj. teplotní spád 55/45 °C.

$$\Delta\theta_{ln} = \frac{(\theta_{w1} - \theta_{w2})}{\ln \left[ \frac{(\theta_{w1} - \theta_i)}{(\theta_{w2} - \theta_i)} \right]} = \frac{(45 - 35)}{\ln \left[ \frac{(45 - 20)}{(35 - 20)} \right]} = 19,58 \quad (33)$$

$$\Delta\theta_{ln,n} = \frac{(\theta_{w1} - \theta_{w2})}{\ln \left[ \frac{(\theta_{w1} - \theta_i)}{(\theta_{w2} - \theta_i)} \right]} = \frac{(55 - 45)}{\ln \left[ \frac{(55 - 20)}{(45 - 20)} \right]} = 29,72 \quad (34)$$

$$f_{\Delta t} = \left( \frac{\Delta\theta_{ln}}{\Delta\theta_{ln,n}} \right)^n = \left( \frac{19,58}{29,72} \right)^{1,3} = 0,581 \quad (35)$$

kde  $n$  je teplotní exponent tělesa [-], pro desková tělesa  $n = 1,26 - 1,33$ .

Pro ztráty místnosti  $\Phi_{HL,i} = 480$  W je výkon, který hledáme v tabulkách výrobce:

$$\frac{\Phi_{HL,i}}{f_{\Delta t}} = \frac{480}{0,581} = 825 \text{ W} \quad (36)$$

Vybrané těleso – RADIK PLAN VK 11 2000/600 pro teplotní parametry 55/45/20 °C o tepelném výkonu  $Q_n = 997$  W a teplotním exponentu  $n = 1,2682$ . Výkon tělesa  $Q_T$  [W] pro teplotní parametry 45/35/20 °C se stanoví podle následujícího vztahu:

$$Q_T = Q_n \cdot \left( \frac{\Delta\theta_{ln}}{\Delta\theta_{ln,n}} \right)^n = 997 \cdot \left( \frac{19,58}{29,72} \right)^{1,2682} = 587 \text{ W} \quad (37)$$

Skutečný výkon tělesa  $Q_{Tskut}$  [W] je poté dán vztahem:

$$Q_{Tskut} = Q_T \cdot \varphi \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 = 587 \cdot 1 \cdot 1 = 587 \text{ W} \quad (38)$$

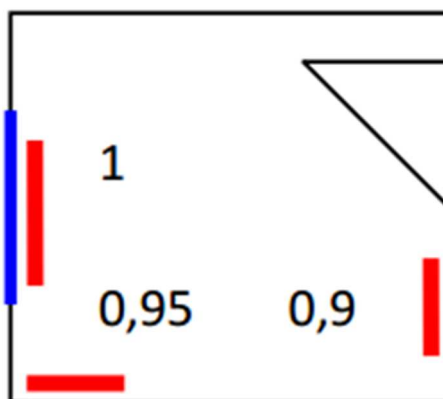
kde  $Q_T$  je výkon tělesa pro návrhové podmínky [W];

$\varphi$  součinitel na způsob připojení tělesa [-],  $\varphi = 1$  pro VK pravá, levá, středová;

$z_1$  součinitel na zákryt [-];

$z_2$  součinitel na počet článků[-];

$z_3$  součinitel na umístění tělesa v místnosti[-], viz obrázek (Obr. 13).



Obr. 13 – Součinitel pro umístění tělesa v místnosti.

[31]

### 10.3.1.2 Hydraulický výpočet potrubní sítě

Dílčí výsledky výpočtu potrubní sítě shrnuje tabulka (Tab. 44). Podrobnější výsledky jsou uvedeny v Příloze P VII až P VIII.

Tab. 44 – Tlaková ztráta základního okruhu.

Okruh	Tlaková ztráta základního okruhu $\Delta p_{zo}$ [kPa]
Západní	34,02
Východní	33,29

Před návrhem dopravního tlaku čerpadla je nutné stanovit tlakové ztráty základního okruhu, ve kterém se nachází kritické těleso. Kritické těleso je zpravidla umístěné v soustavě na nejvíce zatížené části, nejdále a nejvýše od zdroje tepla. Pro výpočet ztrát v potrubí existují obecně platné vztahy, a to (40) a (41).

Tlakové ztráty rozdělujeme na ztráty třením a vřazenými (místními) odpory. Tlakové ztráty třením  $\Delta p_{\lambda}$ , určené ze vztahu (40), vznikají v celém průřezu potrubí a na celé jeho délce.

$$R \cdot L = \Delta p_{\lambda} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}] \quad (39)$$

kde  $R$  je měrná ztráta třením [Pa/m], odečtena z tabulky pro měděné potrubí na základě stanoveného DN potrubí a hmotnostního průtoku;

$l$  délka potrubí [m];

$w$  rychlost proudění teplotnosné látky v potrubí [m/s];

$d$  vnitřní profil potrubí [m];

$\rho$  hustota teplotnosné látky [kg/m<sup>3</sup>];

$\lambda$  součinitel tření [-].

Tlakové ztráty vřazenými odpory  $\Delta p_{\xi}$  jsou způsobeny rozvířením tekutiny v místech, kde dochází ke změně směru nebo průřezu potrubí. Stanoví se podle vztahu:

$$Z = \Delta p_{\xi} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}] \quad (40)$$

kde  $\xi$  je součinitel místního odporu [-];

$w$  rychlost proudění teplotnosné látky v potrubí [m/s];

$\rho$  hustota teplotnosné látky [kg/m<sup>3</sup>].

Výpočet potrubní sítě a návrh potřebného tlaku oběhového čerpadla byl proveden metodou optimálních rychlostí (rozsah  $w = 0,2 - 1$  m/s, průměrná  $w = 0,6$  m/s). Podkladem pro výpočet bylo schéma soustavy, viz Příloha P XXV až P XXVIII na přiloženém CD, ze kterého jsou patrné hodnoty potřebné pro výpočet, a to délky potrubí, skladba potrubní sítě a vložené odpory. Trasa ke kritickému tělesu byla rozdělena na úseky, pro které se stanovil hmotnostní průtok. Dále se podle optimální rychlosti navrhly průměry potrubí a určily se hodnoty potřebné pro stanovení tlakových ztrát jednotlivých úseků potrubí  $\Delta p_u$  na trase ke kritickému tělesu.

Celková tlaková ztráta úseku potrubí  $\Delta p_u$ :

$$\Delta p_u = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi \quad [\text{Pa}] \quad (41)$$

Určení tlakové ztráty základního okruhu  $\Delta p_{zo}$  se stanoví ze vztahu (43), jako suma jednotlivých tlakových ztrát úseků.

$$\Delta p_{zo} = \sum (\Delta p_\xi + \Delta p_\lambda) \quad [\text{Pa}] \quad (42)$$

Při volbě oběhového čerpadla musí platit vztah:

$$\sum (\Delta p_\xi + \Delta p_\lambda) < \Delta p_\epsilon \quad (43)$$

kde  $\Delta p_\xi$  je tlaková ztráta vřazenými (místními) odpory [Pa];

$\Delta p_\lambda$  tlaková ztráta třením [Pa];

$\Delta p_\epsilon$  dopravní tlak oběhového čerpadla [Pa].

### 10.3.1.3 Návrh trojcestného směšovacího ventilu

Výsledky návrhu trojcestných směšovacích ventilů shrnuje tabulka (Tab. 45). Pro názornost je uveden příklad návrhu trojcestného směšovacího ventilu pro východní okruh otopných těles. Vybrány byly trojcestné směšovací ventily firmy TA HYDRONICS, typ CV3 16 RGA.

Tab. 45 – Výsledky návrhu trojcestného směšovacího ventilu.

Okruh	Objemový průtok $\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	Tlaková ztráta základního okruhu $\Delta p_{zo}$ [bar]	Jmenovitý průtokový součinitel $K_{vs}$ [m <sup>3</sup> /h]	Jmenovitá světlost <b>DN</b> [mm]	Skutečná tlaková ztráta ventilu $\Delta p_{v,H100}$ [bar]	Autorita ventilu <b>a</b> [-]
Západní	3,43	0,34	6,30	20	0,30	0,47
Východní	2,53	0,33	5	20	0,26	0,44

Příklad návrhu trojcestného směšovacího ventilu – okruh východníDáno:Objemový průtok  $\dot{V} = 2,53 \text{ m}^3/\text{h}$ Tlaková ztráta základního okruhu  $\Delta p_{zo} = 0,33 \text{ bar}$ Postup:Autorita ventilu  $a$  [-] je dána vztahem:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_{zo} + \Delta p_v} \quad [-] \quad (44)$$

kde  $\Delta p_v$  je tlaková ztráta trojcestného směšovacího ventilu [bar]; $\Delta p_{zo}$  tlaková ztráta základního okruhu (nejhůře položeného) [bar].Byl zaveden předpoklad na autoritu ventilu  $a = 0,5$ . Úpravou vztahu (45) je získáno $\Delta p_v = 0,33 \text{ bar}$ .Průtokový součinitel  $K_v$  [m<sup>3</sup>/h] se určí z následujícího vztahu:

$$K_v = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p_v}} = \frac{2,53}{\sqrt{0,33}} = 4,39 \text{ m}^3/\text{h} \quad (45)$$

kde  $\dot{V}$  je objemový průtok [m<sup>3</sup>/h].Jmenovitý průtokový součinitel  $K_{vs}$  [m<sup>3</sup>/h] pro bezpečnostní přírůstek na výrobní tolerance:

$$K_{vs} = (1,1 \text{ až } 1,3) \cdot K_v = (1,1 \text{ až } 1,3) \cdot 4,39 = 4,83 \text{ až } 5,70 \text{ m}^3/\text{h} \quad (46)$$

Z vyráběné řady  $K_v$  hodnot je vybrána nejbližší  $K_{vs}$  hodnota, tj.  $K_{vs} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Této hodnotě odpovídá DN 20.

Určení skutečné tlakové ztráty  $\Delta p_{v,H100}$  [bar] zvoleného ventilu při plném otevření:

$$\Delta p_{v,H100} = \left( \frac{\dot{V}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{2,53}{5} \right)^2 = 0,26 \text{ bar} \quad (47)$$

Se znalostí hodnoty  $\Delta p_{v,H100}$  je možné vypočítat autoritu ventilu  $a$ :

$$a = \frac{\Delta p_{v,H100}}{\Delta p_{zo} + \Delta p_{v,H100}} = \frac{0,26}{0,33 + 0,26} = 0,44 \quad (48)$$

Dle doporučení by se hodnota autority ventilu měla pohybovat v rozmezí 0,3 až 0,5.

#### 10.3.1.4 Návrh oběhového čerpadla

Dílí výsledky návrhu oběhového čerpadla shrnuje tabulka (Tab. 46), kde tlak čerpadla  $\Delta p_\epsilon$ :

$$\Delta p_\epsilon = \Delta p_{zo} + \Delta p_{v,H100} \text{ [kPa]} \quad (49)$$

Tab. 46 – Návrh oběhových čerpadel.

Okruh	Objemový průtok $\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	Dopravní tlak čerpadla $\Delta p_\epsilon$ [kPa]	Dopravní výška čerpadla $H$ [m]	Typ čerpadla
Západní	3,43	63,60	6,53	MAGNA1 31-80
Východní	2,53	58,96	6,05	MAGNA1 32-80

#### 10.3.2 Podlahové vytápění

Podlahové vytápění je navrženo jako komfortní způsob vytápění místností uvedených v kapitole 10.3. Ve všech místnostech výkon podlahového vytápění nepokryje tepelné ztráty, proto je navrženo kombinované vytápění, tj. podlahové vytápění s otopným tělesem.

Byly použity komponenty systému podlahového topení gabotherm 1+2+3, který se skládá z polybutenových trubek 15x1,5 (rozestup uložení 150 mm), systémové desky z tvarovaného polystyrenu a rozdělovací stanice. Způsob provedení otopné plochy je mokrým způsobem, kdy je otopný had uložen přímo do betonové vrstvy.



### 10.3.2.1 Návrh teplovodního podlahového vytápění

Návrh (výpočet) teplovodního podlahového vytápění byl proveden podle níže uvedeného postupu. Metodika výpočtu není v plném souladu se souborem norem s ČSN EN 1264, ale z hlediska dosažených výsledků splní její požadavky.

Při výpočtu sálavé otopné plochy se vychází z předpokladu, že střední povrchová teplota podlahy  $\theta_p$  [°C] nepřekročí hygienicky přípustné hodnoty a tepelný výkon otopné plochy pokryje tepelné ztráty místnosti. Hlavním výkonovým parametrem je měrný tepelný výkon  $q$  [W] při přípustné střední povrchové teplotě podlahové plochy. [11, s. 66]

Výpočet podlahového vytápění pro vstupní teplotu vody 45 °C a teplotní spád  $\Delta\theta = 10$  °C je shrnut v Příloze P IX. Zakreslení jednotlivých otopných ploch do půdorysu je k dispozici na přiloženém CD v Příloze P XXV – P XXVIII.

#### Příklad výpočtu podlahového vytápění

##### Dáno:

Místnost 3.17	Sprcha, WC
Tepelné ztráty místnosti	$\Phi_{HL,i} = 472$ W
Rozměry místnosti	$A = 1,9$ m, $B = 2,57$ m
Střední teplota otopné vody	$\theta_m = 40$ °C (45/35 °C)
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_i = 24$ °C
Maximální střední povrchová teplota	$\theta_{p,max} = 34$ °C

Skladba stropní a podlahové konstrukce pro 2. a 3. NP:

- keramická dlažba 0,006 m
- stavební tmel 0,001 m
- betonová vrstva podlahy (mazanina) 0,06 m
- systémová deska 0,01 m
- polystyren 0,022 m
- železobetonový nosný panel 0,2 m

Prostory pod místností jsou vytápěny na stejnou teplotu.

Postup:

1. Výpočet hodnot  $A_a, A_b, m$  a  $\theta_p$ .

Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami  $A_a$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]:

$$A_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{h_p}} = \frac{1}{\frac{0,006}{1,01} + \frac{0,001}{0,22} + \frac{0,06}{1,16} + \frac{1}{12}} = 6,87 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (50)$$

kde  $a$  je tloušťka jednotlivých vrstev nad trubkami [m];

$\lambda_a$  součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad trubkami [W/(m·K)];

$h_p$  celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy [W/(m<sup>2</sup>·K)], je doporučeno počítat s  $h_p=12$  W/(m<sup>2</sup>·K).

Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami  $A_b$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]:

$$A_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{h'_p}} = \frac{1}{\frac{0,01}{0,03} + \frac{0,022}{0,03} + \frac{0,2}{1,43} + \frac{1}{8}} = 0,75 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (51)$$

kde  $b$  je tloušťka jednotlivých vrstev pod trubkami [m];

$\lambda_b$  součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad trubkami [W/(m·K)];

$h'_p$  součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy [W/(m<sup>2</sup>·K)], obvykle se volí  $h'_p = 8$  W/(m<sup>2</sup>·K).

Charakteristické číslo podlahy  $m$  [1/m]:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (A_a + A_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (6,87 + 0,75)}{3,14^2 \cdot 1,16 \cdot 0,018}} = 8,6 \text{ 1/m} \quad (52)$$

kde  $\lambda_d$  je součinitel tepelné vodivosti materiálu do kterého jsou zalaty trubky [W/(m·K)];

$d$  vnější průměr trubek [m].

Nyní je možné pomocí následujícího vztahu stanovit střední povrchovou teplotu  $\theta_p$  [°C]:

$$\begin{aligned}\theta_p &= \frac{A_a}{h_p} \cdot (\theta_m - \theta_i) \cdot \frac{\operatorname{tgh} \cdot \left( m \cdot \frac{l}{2} \right)}{\left( m \cdot \frac{l}{2} \right)} + \theta_i = \\ &= \frac{6,87}{12} \cdot (40 - 24) \cdot \frac{\operatorname{tgh} \cdot \left( 8,6 \cdot \frac{0,15}{2} \right)}{\left( 8,6 \cdot \frac{0,15}{2} \right)} + 24 = 32,07 \text{ °C}\end{aligned}\quad (53)$$

kde  $l$  je rozteč trubek [m].

Teplota nepřekračuje požadované hygienické předpisy pro střední povrchovou teplotu otopné plochy podlahy  $\theta_p = 32 - 34 \text{ °C}$ .

## 2. Výpočet $q$ , $q'$ a $q_{\text{celk}}$ .

Měrný tepelný výkon otopné plochy  $q$  [W/m<sup>2</sup>] se určí ze vztahu:

$$q = h_p \cdot (\theta_p - \theta_i) = 12 \cdot (32,071 - 24) = 96,86 \text{ W/m}^2 \quad (54)$$

Pro stanovení měrného tepelného toku podlahové otopné plochy směrem dolů  $q'$  [W/m<sup>2</sup>] při  $\theta_i = \theta'_i$  slouží vztah (56). Tento tepelný tok představuje ztrátu tepla, kterou je zapotřebí co nejvíce omezit. Požaduje se, aby  $q' < 0,15 \cdot q$ .

$$q' = A_b \cdot \frac{h'_p}{A_a} \cdot (\theta_p - \theta_i) = 0,75 \cdot \frac{8}{6,87} (32,07 - 24) = 7,06 \text{ W/m}^2 \quad (55)$$

Počítaná místnost se nachází v posledním podlaží, takže do prostoru jde pouze složka  $q$ . To samé platí pro místnosti, nad kterými není místnost s podlahovým vytápěním. V opačném případě jde do prostoru jak složka  $q'$  tak i  $q$ . Ovšem v případě 2. NP objektu byla uvažována jen složka  $q$ , a to z důvodu možného neobsazení pokoje.

## 3. Výpočet $r$ , $S_p$ a $Q_o$ .

Šířka okraje  $r$  [m] závisí na charakteristickém čísle podlahy  $m$ , což vyjadřuje vztah (57). Jedná se o vzdálenost první trubky otopného hadu od stěny.

$$r = \frac{2,3}{m} = \frac{2,3}{8,6} = 0,267 \text{ m} \quad (56)$$

Vzhledem ke skutečnosti, že i podlaha za poslední trubkou předává do prostoru teplo, lze výše uvedené rozměry podlahy zmenšit o vypočtenou šířku okraje  $r$ . Pak čistá otopná plocha snížena o zastavěné objekty  $S_p = 2,04 \text{ m}^2$ . Obvod této plochy  $O_p = 6,73 \text{ m}$ .

4. Výpočet  $Q_p$ ,  $Q_o$  a  $Q_c$ .

Výkon otopné plochy  $Q_p$  [W]:

$$Q_p = q \cdot S_p = 96,86 \cdot 2,04 = 197,59 \text{ W} \quad (57)$$

Tepelný výkon okrajové plochy  $Q_o$  [W]:

$$Q_o = Q_p \cdot \frac{O_p}{S_p} \cdot \frac{(0,448 \cdot l)}{\operatorname{tgh} \cdot \left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} = 197,59 \cdot \frac{6,73}{2,04} \cdot \frac{(0,448 \cdot 0,15)}{\operatorname{tgh} \cdot \left(8,6 \cdot \frac{0,15}{2}\right)} = 77,08 \text{ W} \quad (58)$$

Součtem výkonu otopné plochy  $Q_p$  a výkonu okrajové plochy  $Q_o$  je získán celkový výkon podlahové plochy  $Q_c = 274,67 \text{ W}$ . Výsledný výkon nepokryje tepelné ztráty místnosti a je tedy nutné podlahové vytápění doplnit o trubkové otopné těleso.

#### 10.3.2.2 Hydraulický výpočet podlahového vytápění a potrubní sítě

Dílčí výsledky výpočtu potrubní sítě shrnuje tabulka (Tab. 47). Podrobnější výsledky jsou uvedeny v Příloze P X až P XII.

Tab. 47 – Tlaková ztráta základního okruhu.

Okruh	Tlaková ztráta základního okruhu
	$\Delta p_{zo}$ [kPa]
Západní	34,02
Východní	33,29

Příklad hydraulického výpočtu podlahového vytápění a potrubní sítě (pokračování ve výpočtu pro místnost 3.17)

Postup:

1. Výpočet  $Q_{p',H}$ ,  $Q_{c,H}$  a  $\dot{m}$ .

Pro hydraulický výpočet podlahového vytápění je důležité stanovit celkové množství protékající otopné látky okruhem. Z toho důvodu se výkon otopné plochy  $Q_{p',H}$  [W] stanoví ze vztahu (60).

$$Q_{p',H} = (q + q') \cdot S_p = (96,86 + 7,06) \cdot 2,04 = 211,99 \text{ W} \quad (59)$$

Součtem výkonu otopné plochy  $Q_{p'}$  a výkonu okrajové plochy  $Q_o$  je získán celkový výkon podlahové plochy  $Q_{c,H} = 289,06 \text{ W}$ .

Hmotnostní průtok otopným hadem  $\dot{m}$  [kg/h] při teplotním spádu  $\Delta\theta = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\dot{m} = \frac{Q_{c,H}}{c \cdot \Delta\theta} = \frac{289,06 \cdot 3600}{(4180 \cdot 10)} = 24,9 \text{ kg/h} \quad (60)$$

kde  $c$  je měrná tepelná kapacita teplonosné látky [J/(kg·K)].

2. Výpočet  $L$ .

Pro určení délky otopného okruhu  $L$  [m] je nutné stanovit délku otopného hadu  $L_h$  [m] a délku přívodního potrubí  $L_p$  [m]. Pro přibližné určení délky otopného hadu  $L_h$  byly použity informace o spotřebě trubek na  $1 \text{ m}^2$  z projekčních a montážních podkladů podlahového vytápění gabotherm [35, s. 34]. Při rozteči trubek  $RA = 150 \text{ mm}$  je spotřeba trubek  $6,6 \text{ m/m}^2$ .

$$L = L_h + L_p = (S_p \cdot 6,6) + L_p = (2,04 \cdot 6,6) + 1 = 14,46 \text{ m} \quad (61)$$

3. Výpočet  $\Delta p_{HK,C}$ .

Pro stanovení celkové tlakové ztráty otopných okruhů  $\Delta p_{HK,C}$  [Pa] napojených do rozdělovací stanice je důležité znát tlakové ztráty  $\Delta p_{HK}$  [Pa] všech okruhů při plně otevřeném přednastavení regulačního šroubení. Příloha P X shrnuje podrobné výsledky výpočtu pro jednotlivé místnosti. Pro otopný okruh s největší tlakovou ztrátou se ponechá plně otevřené přednastavení regulačního šroubení a pro zbytek otopných okruhů se vyhledá vhodné přednastavení šroubení tak, aby se tlakové ztráty co nejvíce vyrovnaly.

Otopný okruh místnosti 3.17 je spolu s otopnými okruhy místností 3.15 a 3.19 napojen do rozdělovací stanice s označením R 3.17. Tlakové ztráty jednotlivých otopných okruhů  $\Delta p_{HK}$  (při plně otevřeném přednastavení regulačního šroubení) byly určeny ze vztahu (63). Jako příklad je uveden výpočet pro otopný okruh místnosti 3.17.

$$\begin{aligned}\Delta p_{HK\ 3.17} &= \Delta p_V + \Delta p_{RV} + \Delta p_R = \Delta p_V + \Delta p_{RV} + (R \cdot L) = \\ &= 19,84 + 34,78 + (10,13 \cdot 14,46) = 201,14 \text{ Pa}\end{aligned}\quad (62)$$

kde  $\Delta p_V$  je tlaková ztráta regulačního ventilu otopného okruhu [Pa];

$\Delta p_{RV}$  tlaková ztráta regulačního šroubení otopného okruhu  
(při plně otevřeném přednastavení) [Pa];

$\Delta p_R$  tlaková ztráta potrubí otopného okruhu [Pa];

$R$  tlakový spád v potrubí otopného okruhu [Pa/m].

Hodnoty  $\Delta p_V$  a  $\Delta p_{RV}$  byly odečteny z podkladů výrobce těchto armatur [36, s. 9-10] na základě znalosti hmotnostního průtoku  $\dot{m}$ . Tlakový spád v potrubí  $R$  byl odečten z grafu uvedeného v projekčních a montážních podkladech podlahového vytápění gabo therm [35, s. 32] na základě znalosti hmotnostního průtoku  $\dot{m}$  a rozměru polybutenové trubky 15x1,5.

Podle vztahu (63) byly stanoveny tlakové ztráty také pro otopný okruh místnosti 3.15  $\Delta p_{HK\ 3.15} = 312,57 \text{ Pa}$  a 3.19  $\Delta p_{HK\ 3.19} = 272,05 \text{ Pa}$ . Ze zjištěných hodnot plyne, že největší tlakovou ztrátu při plně otevřeném přednastavení regulačního šroubení má otopný okruh 3.15. Od toho se odvíjí hodnota přednastavení regulačního šroubení v otopném okruhu 3.17 a 3.19, která se odečte z grafu výrobce [36, s. 10]. Pro odečtení z grafu je nutné znát hmotnostní průtok  $\dot{m}$  otopného okruhu a stanovit novou potřebnou tlakovou ztrátu regulačního šroubení  $\Delta p_{RV,P}$  určenou ze vztahu (64). Pro kruh 3.17 je postup výpočtu následující:

$$\Delta p_{RV,P\ 3.17} = \Delta p_{HK\ 3.15} - \Delta p_{V\ 3.17} - \Delta p_{R\ 3.17} = 146,21 \text{ Pa}\quad (63)$$

Pro vypočtenou hodnotu  $\Delta p_{RV,P\ 3.17} = 146,21 \text{ Pa}$  je nejvhodnější přednastavení regulačního šroubení 2 otáčky. Tím se změní potřebná hodnota  $\Delta p_{RV,P\ 3.17} = 146,21 \text{ Pa}$  na hodnotu získanou  $\Delta p_{RV,Z\ 3.17} = 153,98 \text{ Pa}$ . Celková ztráta otopných okruhů  $\Delta p_{HK,C}$  je poté s nově získanou tlakovou ztrátou na šroubení stanovena dle vztahu (63). Pro otopný okruh 3.17 je  $\Delta p_{HK,C\ 3.17} = 320,35 \text{ Pa}$  a pro 3.19 je  $\Delta p_{HK,C\ 3.19} = 301,94 \text{ Pa}$ .

Dalším a posledním krokem je výpočet potrubní sítě. Postup je stejný jako v kapitole 10.3.1.2.

### 10.3.2.3 Návrh trojcestného směšovacího ventilu

Výsledky návrhu trojcestných směšovacích ventilů shrnuje tabulka (Tab. 48). Postup při návrhu trojcestného směšovacího ventilu je stejný jako v kapitole 10.3.1.3. Vybrány byly trojcestné směšovací ventily firmy TA HYDRONICS, typ CV3 16 RGA.

Tab. 48 – Výsledky návrhu trojcestného směšovacího ventilu.

Okruh	Objemový průtok $\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	Tlaková ztráta základního okruhu $\Delta p_{zo}$ [bar]	Jmenovitý průtokový součinitel $K_{vs}$ [m <sup>3</sup> /h]	Jmenovitá světlost <b>DN</b> [mm]	Skutečná tlaková ztráta ventilu $\Delta p_{v,H100}$ [bar]	Autorita ventilu <b>a</b> [-]
Západní	0,26	0,38	0,63	15	0,16	0,30
Východní	0,58	0,39	1,25	15	0,21	0,36

### 10.3.2.4 Návrh oběhového čerpadla

Dílečkové výsledky návrhu oběhového čerpadla shrnuje tabulka (Tab. 49), kde dopravní tlak čerpadla  $\Delta p_{\epsilon}$ :

$$\Delta p_{\epsilon} = \Delta p_{zo} + \Delta p_{v,H100} \text{ [kPa]} \quad (64)$$

Tab. 49 – Návrh oběhových čerpadel.

Okruh	Objemový průtok $\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	Dopravní tlak čerpadla $\Delta p_{\epsilon}$ [kPa]	Dopravní výška čerpadla <b>H</b> [m]	Typ čerpadla
Západní	0,26	54,99	5,64	MAGNA1 32-80
Východní	0,58	60,32	6,19	MAGNA1 31-80

## 11 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Potřeba teplé vody (dále jen TV) za periodu a její rozdělení v průběhu periody tvoří základní údaje pro návrh zařízení na přípravu TV. Při výpočtu vycházíme z počtu spotřebních jednotek (42 lůžek), druhu objektu a ze specifických potřeb za periodu, které jsou uvedeny v tabulce (Tab. 50). Při navrhování velikosti zásobníku TV se postupovalo podle ČSN 060320 [37].

Tab. 50 – Bilance potřeby TV a tepla pro domovy důchodců. [37, s. 19]

Duh objektu	Měrná jednotka	Činnost	Spotřeba $V_{2P}$ [m <sup>3</sup> /per]	Teplo $Q_{2P'}$ [kWh/per]	Součinitel současnosti $s$ [-]
Domovy důchodců	1 lůžko	umývání včetně personálu	0,2	7	komplexní činnost <sup>1)</sup> = 0
POZNÁMKY: <sup>1)</sup> Pod pojmem komplexní činnost se rozumí umývání osob, umývání nádobí a úklid.					

### 11.1 Návrh zásobníku TV

Denní potřeba teplé vody  $V_{TV}$  [m<sup>3</sup>] pro 42 osob činní:

$$V_{TV} = n \cdot V_{2P} = 42 \cdot 0,2 = 8,4 \text{ m}^3 \quad (65)$$

kde  $n$  je počet osob [-];

$V_{2P}$  spotřeba TV [m<sup>3</sup>/per].

Celková potřeba tepla na ohřev vody  $Q_{2t}$  [kWh] pro 42 osob:

$$Q_{2t} = n \cdot Q_{2P'} = 42 \cdot 7 = 294 \text{ kWh} \quad (66)$$

kde  $n$  je počet osob [-];

$Q_{2P'}$  teoretická potřeba tepla na ohřev vody [kWh/per].

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV  $Q_{2z}$  [kWh] se předpokládá rovnoměrné a stanoví se následovně:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 294 \cdot 0,5 = 147 \text{ kWh} \quad (67)$$

kde  $z$  je součinitel poměrné ztráty [-],  $z = 0,5$ .



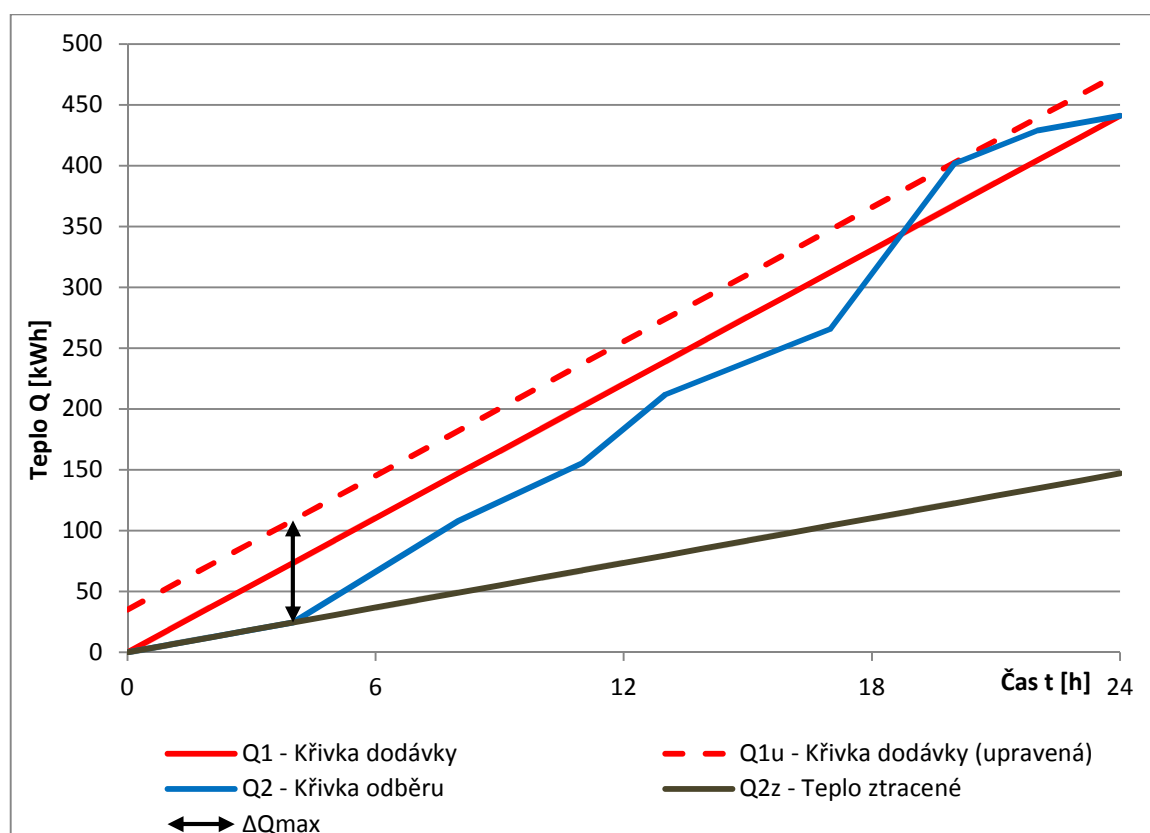
Teplo dodané ohřívačem do vody během periody  $Q_{IP}$  [kWh]:

$$Q_{IP} = Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 294 + 147 = 441 \text{ kWh} \quad (68)$$

Tabulka (Tab. 51) znázorňuje rozdělení potřeby TV v průběhu periody, které tvoří jeden ze základních údajů pro návrh zařízení pro přípravu TV.

Tab. 51 – Rozdělení potřeby vody v průběhu periody.

Časový interval [h]	Odběr TV [%]	Teplo odebrané [kWh]	Teplo celkem [kWh]
4-8	20	58,8	88,2
8-11	10	29,4	44,1
11-13	15	44,1	66,15
13-17	10	29,4	44,1
17-20	40	117,6	176,4
20-22	5	14,7	22,05



Obr. 14 – Odběrový diagram.



## 11.2 Solární ohřev TV

### 11.2.1 Umístění kolektorů

Objekt má plochou střechu, díky čemuž můžou být kolektory orientovány na jih, kde je zaručena nejvyšší účinnost kolektorů. Pro nastavení sklonu je nutno kolektory vybavit speciálním uchycením, které umožňuje nastavení rozsahu  $25^\circ - 60^\circ$ . Nastavení sklonu bylo zvoleno opět za účelem maximalizace účinnosti osazených kolektorů. Výrobce doporučena hodnota sklonu je  $45^\circ$ .

### 11.2.2 Stanovení plochy kolektorů

Potřebná plocha kolektorů byla určena na základě projekčních podkladů výrobce [20, s 89]. Výchozím parametrem byla velikost nádrže TV. Pro nádrž o objemu 2000 l výrobce udává doporučenou plochu kolektorů  $35 \text{ m}^2$ , což představuje 16 kolektorů. Při dodržení doporučené plochy lze očekávat nejvyšší účinnost systému.

### 11.2.3 Návrh solárního systému

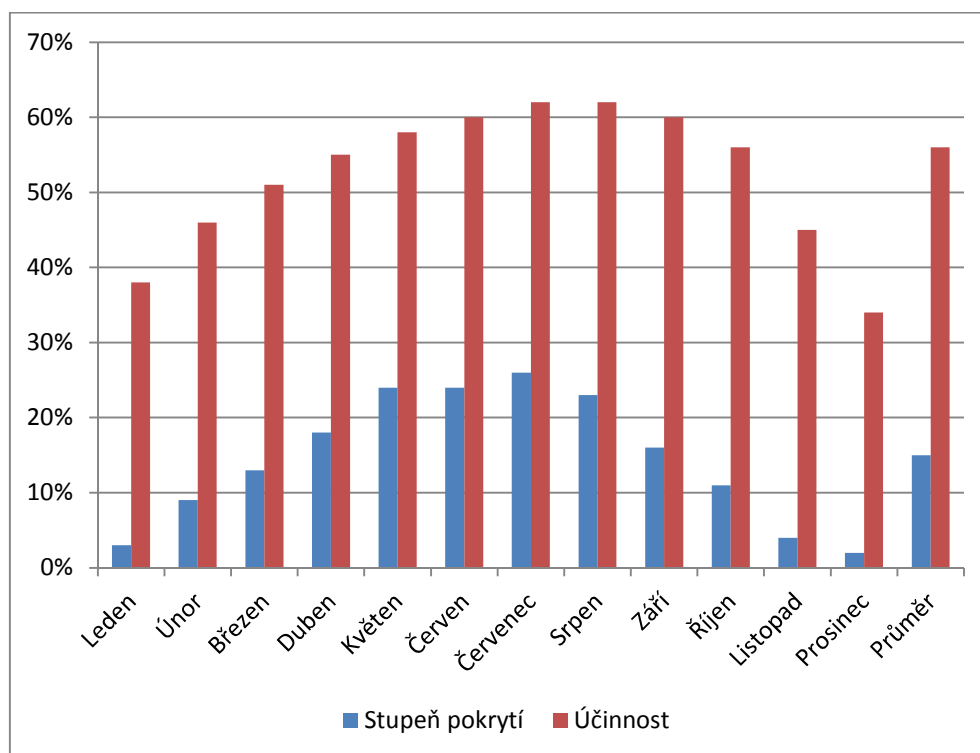
Návrh solárního systému byl proveden pomocí programu Junkers Solarsimulation, dostupného z webu výrobce [www.junkers.cz](http://www.junkers.cz) [38]. Ten umožňuje kompletní návrh systému, zahrnující výběr lokality, systému zapojení, profilu spotřeby teplé vody atd. Nastavené vstupní parametry shrnuje tabulka (Tab. 53). Výsledkem je zhodnocení pokrytí spotřeby, účinnosti a ročních solárních zisků. Měrný roční zisk kolektoru činí  $650 \text{ kWh/m}^2$ . Výstup simulace shrnuje tabulka (Tab. 54) a obrázek (Obr. 15).

Tab. 53 – Vstupní parametry programu Junkers Solarsimulation. [38]

Lokalita	Brno	Plocha kolektoru	$36,1 \text{ m}^2$
Typ systému	Bivalentní	Sklon	$45^\circ$
Teplota studené vody	$10^\circ \text{C}$	Azimut	$0^\circ$
Teplota výstupní vody	$55^\circ \text{C}$	Vzdálenost kolektoru od zásobníku	10 m
Max. teplota	$70^\circ \text{C}$	Materiál potrubí	Cu 35x1,5
Spotřeba teplé vody	441 kWh/den	Objemový proud	$50 \text{ l/(m}^2 \cdot \text{h)}$
Profil spotřeby	(Tab. 51)	Médium	Propylenglykol/voda
Objem zásobníku	2000 l	Odolnost proti mrazu	$-22^\circ \text{C}$
Typ kolektoru	FKC-1S	Podíl z objemu	40 %

Tab. 54 – Výsledek simulace programu Junkers Solarsimulation. [38]

Měsíc	Solární zisk	Ozáření [kWh]	Cizí energie	Stupeň pokrytí [%]	Účinnost
Leden	460	1226	13239	3	38
Únor	1091	2359	11726	9	46
Březen	1829	3578	11874	13	51
Duben	2442	4449	10821	18	55
Květen	3233	5616	10476	24	58
Červen	3217	5340	10049	24	60
Červenec	3500	5687	10209	26	62
Srpen	3192	5164	10514	23	62
Září	2183	3622	11079	16	60
Říjen	1460	2624	12242	11	56
Listopad	530	1178	12727	4	45
Prosinec	327	953	12929	2	34
$\Sigma$	<b>23463</b>	<b>41798</b>	<b>137884</b>		
			Průměr	<b>15</b>	<b>56</b>



Obr. 15 – Výsledek simulace programu Junkers Solarsimulation. [38]

### 11.2.3.1 Vnitřní průměr potrubí solárního okruhu

Výpočtem je nutno najít rozměry potrubí tak, aby byla maximální rychlost proudící kapaliny 0,7 m/s. [20, s. 99]

Objemový tok  $\dot{V}$  [l/h] se stanoví podle vztahu:

$$\dot{V} = A \cdot \dot{v} = 36,1 \cdot 50 = 1805 \text{ l/h} \quad (71)$$

kde  $\dot{v}$  je objemový proud [l/(m<sup>2</sup>·h)];

$A$  plocha kolektorů [m<sup>2</sup>].

Průměr potrubí  $D$  [mm] se stanoví podle vztahu:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,7}} = 0,03 \text{ m} = 30 \text{ mm} \quad (72)$$

kde  $\dot{V}$  je objemový tok [m<sup>3</sup>/s];

$w$  rychlost proudění [m/s].

### 11.2.3.2 Celková tlaková ztráta solárního systému a návrh čerpadla

Pro podrobný návrh je nutná znalost celkové tlakové ztráty  $\Delta p_{\text{celk}}$  v solárním systému, která je stanovena ze vztahu:

$$\Delta p_{\text{celk}} = \Delta p_{\text{kol}} + \Delta p_{\text{solar}} + \Delta p_{\text{vým}} \text{ [kPa]} \quad (73)$$

kde  $\Delta p_{\text{kol}}$  je tlaková ztráta na kolektorech [kPa];

$\Delta p_{\text{solar}}$  tlaková ztráta solárního okruhu [kPa];

$\Delta p_{\text{vým}}$  tlaková ztráta v tepelném výměníku solárního okruhu [kPa].

Tlaková ztráta na kolektorech  $\Delta p_{\text{kol}} = 1 \text{ kPa}$ . Hodnota byla zjištěna z podkladů výrobce [20, s. 54] a je závislá na konstrukčním provedení, objemovém toku a způsobu propojení kolektorů.

Tlaková ztráta solárního okruhu  $\Delta p_{\text{solar}}$  [kPa]:

$$\Delta p_{\text{solar}} = (\Delta p_{\text{potr}} \cdot l) + \Delta p_{\text{armatur}} = (0,15 \cdot 30) + 1,5 = 6 \text{ kPa} \quad (74)$$

kde  $\Delta p_{\text{potr}}$  je měrná tlaková ztráta potrubí [kPa/m];

$l$  přibližná délka potrubí [m];

$\Delta p_{\text{armatur}}$  tlaková ztráta zabudovaných armatur [kPa].

Měrná tlaková ztráta na metr potrubí  $\Delta p_{\text{potr}}$  je závislá na průřezu potrubí a rychlosti proudění. Hodnota  $\Delta p_{\text{potr}}$  byla zjištěna z nomogramu uvedeného v podkladech výrobce [20, s. 100]. Tlaková ztráta armatur byla odhadnuta jako 1/3 ztrát v potrubí.

Tlaková ztráta v tepelném výměníku solárního okruhu  $\Delta p_{\text{vým}} = 10$  kPa. Hodnota byla zjištěna z podkladů výrobce [39, s. 2].

Ze vztahu (74) byla stanovena celková tlaková ztráta  $\Delta p_{\text{celk}} = 17$  kPa. Na základě celkové tlakové ztráty bylo vybráno čerpadlo firmy Grundfos. Tabulka (Tab. 55) shrnuje potřebné parametry pro výběr čerpadla.

Tab. 55 – Návrh oběhového čerpadla pro solární systém.

	Objemový průtok na čerpadlo $\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	Dopravní tlak čerpadla $\Delta p_{\text{č}}$ [kPa]	Dopravní výška čerpadla $H$ [m]	Typ čerpadla
Solární systém	1,81	17	1,73	ALPHA2 L25-50 180.

### 11.2.3.3 Zabezpečovací zařízení

Pro návrh expanzní nádoby a pojistného ventilu solárního systému byly použity podklady výrobce [20, s. 101].

Minimální rozměr expanzní nádoby  $V_{\text{min}}$ :

$$V_{\text{min}} = (V_{\text{D}} + V_{\text{V}}) \cdot \frac{p_{\text{e}} + 1}{p_{\text{e}} - p_{\text{a}}} \quad [\text{l}] \quad (75)$$

kde  $V_{\text{D}}$  je expanzní objem [l];

$V_{\text{V}}$  kapalinová předloha [l], při objemech systému do 600 litrů  $V_{\text{V}} = 3$  l;

$p_{\text{a}}$  plnicí tlak systému [bar];

$p_{\text{e}}$  konečný tlak systému [bar].

Expanzní objem  $V_{\text{D}}$  [l]:

$$V_{\text{D}} = V_{\text{kol}} + V_{\text{r}} + e \cdot V_{\text{A}} = 13,76 + 0,024 + 0,085 \cdot (13,76 + 24,12) = 421 \quad (76)$$

kde  $V_{\text{kol}}$  je objem kolektorů [l];

- $V_r$  objem připojovacího potrubí [l];
- $V_A$  objem systému [l];
- $e$  součinitel roztažnosti solární kapaliny [-],  $e = 0.085$ .

Plnicí tlak systému  $p_a$  [bar]:

$$p_a = 0,5 + h \cdot 0,1 = 0,5 + 0,1 \cdot 15 = 2 \text{ bar} \quad (77)$$

kde  $h$  je výška systému [m],  $h = 15$  m.

Pojistný ventil se stanoví na základě plnicího tlaku systému  $p_a$  z podkladů výrobce [20, s. 101]. Otevírací tlak pojistného ventilu  $p_{ot} = 6$  bar. Byl vybrán pojistný ventil firmy DUCO MEIBES 1/2" x 3/4" KD.

Konečný tlak systému  $p_e$  [bar] by měl být cca o 10 % nižší než otevírací tlak pojistného ventilu  $p_{ot}$ .

$$p_e = 0,9 \cdot p_{ot} = 0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ bar} \quad (78)$$

Ze vztahu (76) byl stanoven minimální rozměr expanzní nádoby  $V_{min} = 83$  l. Byla vybrána expanzní nádoba pro solární systémy firmy Regulus, typ R8 100 o objemu 100 litrů.

## 12 NÁVRH PLYNOVÉ KOTELNY III. KATEGORIE

### 12.1 Návrh a výběr zdrojů tepla

Návrh zdrojů tepla (na tzv. přípojnou hodnotu) byl proveden v souladu s normou ČSN 060310 [40]. Jsou uvažovány dvě samostatné tepelné soustavy, a to pro vytápění objektu a ohřev TV.

Požadovaný výkon zdroje  $\Phi_{PRIP}$  [kW] pro vytápění objektu:

$$\Phi_{PRIP} = \Phi_{TOP} = 78,28 \text{ kW} \quad (79)$$

kde  $\Phi_{TOP}$  je nejvyšší tepelný výkon pro vytápění [kW], stanovený jako hodnota celkového instalovaného výkonu otopných těles a ploch, navýšená o tepelný tok podlahového vytápění směrem dolů.

Pro otopný systém byly zvoleny 3 plynové kondenzační kotle firmy Junkers, typ ZWBR 30-3A A CerapurComfort o jmenovitém výkonu jednotlivých kotlů 30 kW. Kotle jsou zapojeny do kaskády, jak je vidět v Příloze P XIII. Hydraulické schéma otopného systému bylo vytvořeno na základě projekčních podkladů výrobce kotlů [41].

Požadovaný výkon zdroje  $\Phi_{PRIP}$  [kW] pro přípravu TV:

$$\Phi_{PRIP} = \Phi_{TV} = 19,83 \text{ kW} \quad (80)$$

kde  $\Phi_{TV}$  je nejvyšší tepelný výkon pro ohřev TV [kW].

Za zdroj tepelné soustavy pro ohřev TV byl vybrán závěsný plynový kotel firmy Junkers, typ ZSN 24-7 KE Cerastar o jmenovitém výkonu 24 kW.

Dle ČSN 060310 se na zařízení do výkonu 250 kW se nevztahuje ustanovení o zálohách zdrojů tepla. Jelikož je součet jmenovitých tepelných výkonů kotlů větší než 100 kW jedná se o kotelnu III. kategorie a je tedy nutné dodržet příslušná ustanovení dle ČSN 070703 [42].

### 12.2 Vybraná zařízení kotelny

#### 12.2.1 Termohydraulický rozdělovač

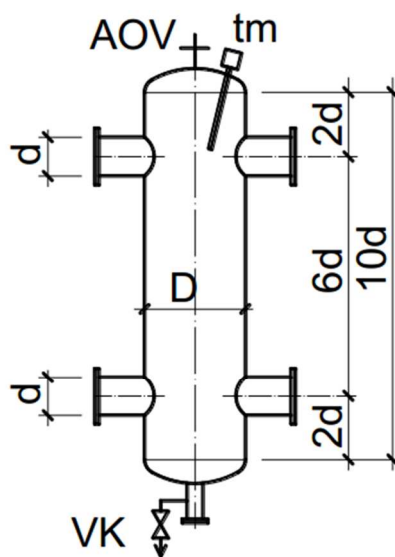
Termohydraulický rozdělovač (dále jen THR) je součástí tepelné soustavy pro vytápění a zajišťuje hydraulickou stabilitu této soustavy. Odděluje sekundární okruh (otopnou soustavu) od primárního okruhu (kotlového okruhu).



### 12.2.1.1 Návrh THR tepelné soustavy pro vytápění

Objemový průtok primárního – kotlového okruhu  $V_k$  [m<sup>3</sup>/h] = 1,2 až 1,5 průtoku sekundárního okruhu – otopné soustavy  $V_s$  [m<sup>3</sup>/h]. Bylo zvoleno navýšení objemového průtoku primárního okruhu o 20 %. [43, s. 160]

$$V_k = 1,2 \cdot V_s = 1,2 \cdot 6,79 = 8,15 \text{ m}^3/\text{h} \quad (81)$$



Obr. 16 – Doporučené velikosti  
THR. [43, s. 162]

Pro určení vnitřního průměru válce  $D$  a  $d$  ze jmenovitého průtoku vody v primárním okruhu, slouží nomogram uvedený ve výpočtových tabulkách pro vytápění [43, s. 163]. V nomogramu jsou vyznačena dvě pásma doporučených rychlostí pro volbu  $D$  ( $w = 0,1$  až  $0,25$  m/s) a  $d$  ( $w = 0,6$  až  $1$  m/s). Na základě odečtených hodnot z nomogramu ( $d = 50$  mm a  $D = 100$  mm) byl vybrán THR firmy GIACOMINI, jehož parametry jsou uvedeny v tabulce (Tab. 56).

Tab. 56 – Parametry navrženého THR.

Typ	Připojení	Max. průtok [m <sup>3</sup> /h]	Váha [kg]	Objem [l]
R146IY105	DN50	10,5	19	10

## 12.2.2 Oběhové čerpadlo

### 12.2.2.1 Návrh oběhového čerpadla tepelné soustavy pro vytápění

Dílčí výsledky návrhu oběhových čerpadel pro jednotlivé kondenzační kotle shrnuje tabulka (Tab. 57), kde dopravní tlak čerpadla  $\Delta p_{\text{č}}$ :

$$\Delta p_{\text{č}} = \Delta p_{\text{K}} + \Delta p_{\text{THR}} \quad [\text{kPa}] \quad (82)$$

kde  $\Delta p_{\text{K}}$  je tlaková ztráta na kotli [kPa];

$\Delta p_{\text{THR}}$  tlaková ztráta THR [kPa].

Tab. 57 – Návrh kotlových čerpadel (tepelná soustava pro vytápění).

Kotel	Objemový průtok na 1 čerpadlo $\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	Dopravní tlak čerpadla $\Delta p_{\text{č}}$ [kPa]	Dopravní výška čerpadla $H$ [m]	Typ čerpadla
Kondenzační I, II a III	2,72	67,48	6,9	MAGNA1 25-80

Příklad výpočtu dopravního tlaku čerpadla  $\Delta p_{\text{č1}}$

Dáno:

Tlaková ztráta na kondenzačním kotli I  $\Delta p_{\text{KKI}} = 67,3 \text{ kPa}$

Tlaková ztráta na THR  $\Delta p_{\text{THR}} = 0,14 \text{ kPa}$

Postup:

$$\Delta p_{\text{č1}} = \Delta p_{\text{KKI}} + \Delta p_{\text{THR}} = (67,34 + 0,14) = 67,48 \text{ kPa} \quad (83)$$

### 12.2.2.2 Návrh oběhového čerpadla tepelné soustavy pro ohřev TV

Dílčí výsledky návrhu oběhového čerpadla pro plynový závěsný kotel shrnuje tabulka (Tab. 58), kde dopravní tlak čerpadla  $\Delta p_{\text{č}}$ :

$$\Delta p_{\text{č}} = \Delta p_{\text{K}} + \Delta p_{\text{VYM}} \quad [\text{kPa}] \quad (84)$$

kde  $\Delta p_{\text{K}}$  je tlaková ztráta na kotli [kPa], odečtená z podkladů výrobce;

$\Delta p_{\text{VYM}}$  tlaková ztráta výměníku [kPa], odečtena z podkladů výrobce.

Tab. 58 – Návrh kotlového čerpadla (tepelná soustava pro ohřev TV).

Kotel	Objemový průtok $\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	Dopravní tlak čerpadla $\Delta p_{\text{č}}$ [kPa]	Dopravní výška čerpadla $H$ [m]	Typ čerpadla
Plynový kotel	0,87	9,5	0,99	ALPHA2 25-40

Příklad výpočtu dopravního tlaku čerpadla  $\Delta p_{\text{č}}$ Dáno:

Tlaková ztráta na plynovém závěsném kotli  $\Delta p_{\text{KP}} = 7 \text{ kPa}$

Tlaková ztráta na výměníku  $\Delta p_{\text{VYM}} = 2,5 \text{ kPa}$

Postup:

$$\Delta p_{\text{č}} = \Delta p_{\text{KP}} + \Delta p_{\text{VYM}} = (7 + 2,5) = 9,5 \text{ kPa} \quad (85)$$

**12.2.3 Zabezpečovací zařízení**

Každá tepelná soustava musí mít expanzní zařízení a každý zdroj tepla musí být opatřen neuzavíratelně připojeným pojistným zařízením. Tato zařízení tvoří ochranu proti překročení nejvyššího pracovního přetlaku, překročení nejvyšší provozní teploty a nedostatku vody v soustavě. [44]

Pojistné zařízení musí být připojeno na zdroj v pojistném místě, kde je osazen i teploměr a tlakoměr.

**12.2.3.1 Návrh expanzního zařízení tepelné soustavy pro vytápění a tepelné soustavy pro ohřev TV**

Dílčí výsledky návrhu expanzního zařízení firmy Regulus pro obě tepelné soustavy shrnuje tabulka (Tab. 59). Expanzní zařízení tepelné soustavy pro vytápění bylo stanoveno dle níže uvedeného výpočtu. Celkový objem expanzní nádoby umístěné uvnitř zdroje tepla pro ohřev TV činí 11 litrů. Tento objem je dostačující.

Tab. 59 – Návrh expanzní nádoby.

Tepelná soustava	Navržená expanzní nádoba
Vytápění	MB 105 litrů
Ohřev TV	součást kotle 11 litrů

Příklad výpočtu expanzního zařízení tepelné soustavy pro vytápěníDáno:

Konstrukční přetlak kotle  $p_{rx} = 3 \text{ bar}$

Výška kotle k manometrické rovině 1 m

Postup:

Minimální hodnota konstrukčního přetlaku  $p_k$  [kPa], převedená do manometrické roviny (dále jen MR), byla stanovena na zdroji tepla.

$$p_k = p_{rx} + h \cdot \rho \cdot g = 300 + 1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 309,81 \text{ kPa} \quad (86)$$

kde  $p_{rx}$  je konstrukční přetlak kotle [kPa];

$h$  výška kotle k MR [m];

$\rho$  hustota teplotonosné látky [ $\text{kg/m}^3$ ];

$g$  tíhové zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ].

Minimální hodnota určí maximální dovolený přetlak  $p_{hdov} = 309,81 \text{ kPa}$ . Otevírací přetlak  $p_{ot} = p_{hdov} = 309,81 \text{ kPa}$ . Vypočítaný otevírací přetlak  $p_{ot}$  byl následně snížen o 10%.

$$p_{ot} = 309,81 \cdot 0,9 = 278,93 \text{ kPa} \quad (87)$$

Nejvyšší provozní přetlak  $p_{hdov}$  byl zvolen 250 kPa.

Nejnižší dovolený přetlak  $p_{ddov}$  [kPa]:

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g = 1,1 \cdot 7 \cdot 988 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 74,63 \text{ kPa} \quad (88)$$

kde  $h$  je převýšení nejvyššího bodu soustavy od neutrálního bodu [m].

Nejnižší provozní přetlak  $p_d$  [kPa] volíme tak, aby:

$$p_d \geq p_{ddov} \rightarrow p_d = 100 \text{ kPa} \quad (89)$$

Stupeň využití expanzní nádoby  $\eta$  [-]:

$$\eta = \frac{p_{\text{hdov}} - p_d}{p_{\text{hdov}} + 100} = \frac{250 - 100}{250 + 100} = 0,43 \quad (90)$$

Objem tlakové expanzní nádoby  $V_{\text{et}}$  [l]:

$$V_{\text{et}} = \frac{1,3 \cdot V \cdot n}{\eta} = \frac{1,3 \cdot 1173 \cdot 0,0117}{0,43} = 41,49 \text{ l} \quad (91)$$

kde  $V$  je objem vody v otopné soustavě [ $\text{m}^3$ ];

$n$  součinitel zvětšení objemu [-].

Vnitřní průměr pojistného potrubí  $d_v$  [mm]:

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{90} = 15,69 \text{ mm} \quad (92)$$

### 12.2.3.2 Návrh pojistného zařízení tepelné soustavy pro vytápění a tepelné soustavy pro ohřev TV

Pro návrh pojistného zařízení byl použit online kalkulačka, který je umístěn na stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [45]. Pro výpočet bylo nutné znát otevírací přetlak pojistného ventilu  $p_{\text{ot}}$  [kPa] a jmenovitý výkon zdroje  $Q_n$  [kW]. Navržená pojistná zařízení firmy DUCO MEIBES shrnuje tabulka (Tab. 60).

Tab. 60 – Návrh pojistného zařízení

Kotel	$p_{\text{ot}}$ [kPa]	$S_{\text{o,min}}$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_{\text{o,skut}}$ [mm <sup>2</sup> ]	$d_1$ [mm]	$d_2$ [mm]	Navržený pojistný ventil
Kondenzační I, II a III	250	60	113	23	23	1/2" x 3/4" KD
Plynový	250	48	113	22	22	1/2" x 3/4" KD
POZNÁMKY: $p_{\text{ot}}$ otevírací přetlak pojistného ventilu $S_{\text{o,min}}$ vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu $S_{\text{o,skut}}$ skutečný průřez sedla pojistného ventilu $d_1$ minimální vnitřní průměr vstupního pojistného potrubí $d_2$ minimální vnitřní průměr výstupního pojistného potrubí						

Výpočet byl založen na předpokladu, že pojistné zařízení odvede spolehlivě ze zdroje tepla pojistný výkon  $Q_p$  [kW].

Pro kotlový zdroj tepla:

$$Q_p = Q_n \quad (93)$$

kde  $Q_n$  je jmenovitý výkon zdroje tepla [kW].

Průřez sedla pojistného ventilu  $S_o$ :

$$S_o = \frac{Q_p}{\alpha_w \cdot K} \quad [\text{mm}^2] \quad (94)$$

kde  $\alpha_w$  je výtokový součinitel pojistného ventilu (podle výrobní dokumentace navrhovaného pojistného ventilu) [-];

$K$  konstanta závislá na stavu syté vodní páry při přetlaku  $p_{ot}$  [-].

## 12.3 Větrání kotelny

### 12.3.1 Průtoky vzduchu

Teoretický objem spalovacího vzduchu  $V_{\min}$  [ $\text{m}^3/\text{m}^3$ ] pro spálení  $1\text{m}^3$  paliva (při teplotě  $0^\circ\text{C}$  a tlaku  $101,3\text{ kPa}$ ):

$$V_{\min} = 0,864 \cdot H - 0,25 = 0,864 \cdot 10,5 - 0,25 = 8,82 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad (95)$$

kde  $H$  je výhřevnost plynu [-], (zemní plyn  $H = 10,5 \text{ kWh}/\text{m}^3$ ).

Skutečný objem spalovacího vzduchu  $V_{\text{skut}}$  [ $\text{m}^3/\text{m}^3$ ] stanovený dle vztahu (97) na základě součinitele přebytku vzduchu  $\lambda$  [-] pro dané topeniště. Za obvyklých podmínek  $\lambda = 1,1$  až  $1,3$ .

$$V_{\text{skut}} = V_{\min} \cdot \lambda = 8,82 \cdot 1,3 = 11,46 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad (96)$$

Potřeba paliva v zimním období  $P_Z$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] a potřeba paliva v letním období  $P_L$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]:

$$P_Z = \frac{\sum Q_Z}{3,6 \cdot \eta \cdot H} \cdot 10^{-3} = \frac{114}{3,6 \cdot 1 \cdot 10,5} \cdot 10^{-3} = 3,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \quad (97)$$

$$P_L = \frac{\sum Q_L}{3,6 \cdot \eta \cdot H} \cdot 10^{-3} = \frac{24}{3,6 \cdot 0,9 \cdot 10,5} \cdot 10^{-3} = 7,05 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad (98)$$

kde  $\eta$  je účinnost kotlů [-];

$\sum Q_Z$  součet tepelných výkonů zařízení v kotelně (zimní období) [kW];

$\sum Q_L$  součet tepelných výkonů zařízení v kotelně (letní období) [kW].

Průtok spalovacího vzduchu v zimním období  $V_{sp,Z}$  [m<sup>3</sup>/h] a průtok spalovacího vzduchu v letním období  $V_{sp,L}$  [m<sup>3</sup>/h]:

$$V_{sp,Z} = V_{skut} \cdot P_Z = (11,46 \cdot 3,02 \cdot 10^{-3}) = 0,035 \text{ m}^3/\text{s} = 124,56 \text{ m}^3/\text{h} \quad (99)$$

$$V_{sp,L} = V_{skut} \cdot P_L = (11,46 \cdot 7,05 \cdot 10^{-4}) = 8,07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 29,09 \text{ m}^3/\text{h} \quad (100)$$

### 12.3.2 Předepsaná intenzita větrání

Ve všech prostorách s plynovými spotřebiči typu B i C musí být zajištěna minimální intenzita výměny vzduchu za hodinu  $n = 0,5$  1/h, a to za všech provozních podmínek.

Průtok vzduchu pro zajištění větrání  $V_i$  [m<sup>3</sup>/h]:

$$V_i = n \cdot O = 0,5 \cdot \frac{56,24}{3600} = 7,81 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 28 \text{ m}^3/\text{h} \quad (101)$$

kde  $O$  je objem prostoru kotelny [m<sup>3</sup>].

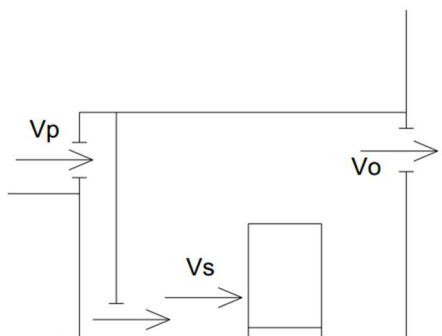
Průtok vzduchu pro spalování v zimním období převyšuje průtok vzduchu pro zajištění větrání. Průtok vzduchu pro spalování se podílí i na větrání kotelny, proto je dále uvažováno s hodnotou průtoku vzduchu pro spalování v zimním období. Intenzita větrání pro zimní  $n_Z$  [1/h] a letní období  $n_L$  [1/h]:

$$n_Z = \frac{V_{sp,Z}}{O} = \frac{124,56}{56,24} = 2,21 \text{ 1/h} \quad (102)$$

$$n_L = \frac{V_{sp,L}}{O} = \frac{29,09}{56,24} = 0,52 \text{ 1/h} \quad (103)$$

### 12.3.3 Návrh větracích otvorů

Větrání kotelny, spolu s přívodem vzduchu pro spalování, je realizováno přívodem vzduchu přes protidešťovou žaluzii. Odvod vzduchu je realizován přes větrací potrubí nad střechu budovy. Odvod spalin je zajištěn dvěma komíny. Kondenzační kotle jsou zapojeny do jednoho komína, a plynový kotel na ohřev TV do druhého. Na obrázku (Obr. 17) je schematicky znázorněno přirozené větrání kotelny dvěma neuzavíratelnými šachtami.



Obr. 17 – Schéma větrání kotelny. [46]

Určení průřezu protidešťové žaluzie  $S_p$  [m<sup>2</sup>] pro přívod vzduchu:

$$S_p = \frac{V_{sp,z}}{w_p} = \frac{0,035}{1,5} = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \quad (104)$$

kde  $w_p$  je rychlost přiváděného vzduchu [m/s].

Byla navržena protidešťová žaluzie firmy VKV, typ IMOS-PZ AL o rozměrech 315 x 200 mm s průtokovou plochou 0,03 m<sup>2</sup>.

Určení průřezu větracího potrubí  $S_o$  [m<sup>2</sup>] pro odvod vzduchu:

$$S_o = \frac{V_i}{w_p} = \frac{7,81 \cdot 10^{-3}}{1,5} = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (105)$$

Pro tento průřez větracího potrubí bylo zvoleno potrubí o vnitřním průměru  $D = 90$  mm.

### 12.3.4 Tepelná bilance kotelny

#### 12.3.4.1 Tepelná bilance v zimě

Tepelná produkce kotlů a potrubních rozvodů  $Q_{z,z}$  [W] do okolí představuje cca 1 % z instalovaného výkonu kotlů.

$$Q_{z,z} = 0,01 \cdot Q_z = 0,01 \cdot 114000 = 1140 \text{ W} \quad (106)$$

Měrná tepelná ztráta kotelny prostupem  $H_T$  [W/K] pro vvýpočtovou teplotu kotelny +15°C:

$$H_T = \frac{\Phi_T}{\Delta\theta} = \frac{335}{27} = 12 \text{ W/K} \quad (107)$$



kde  $\Phi_T$  je tepelná ztráta kotelního prostupu tepla [W];

$\Delta\theta$  rozdíl venkovní teploty a výpočtové teploty uvnitř kotelního prostupu [K].

Měrná tepelná ztráta kotelního větráním  $H_V$  [W/K] pro průtok vzduchu pro spalování:

$$H_V = V_{sp,Z} \cdot \rho \cdot c = 0,038 \cdot 1300 = 49,4 \text{ W/K} \quad (108)$$

kde  $\rho$  je hustota vzduchu [ $\text{kg/m}^3$ ];

$c$  měrná tepelná kapacita vzduchu [ $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ].

Teplota vzduchu v kotelně  $\theta_{i,z}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]:

$$\theta_{i,z} = \theta_e + \frac{Q_{z,z}}{H_T + H_V} = -12 + \frac{1140}{12 + 45,5} = 7,8 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (109)$$

V zimním období je v kotelně připuštěna minimální teplota  $\theta_{g,\min} = 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Těleso navržené pro tepelné ztráty prostupem a větráním v kapitole 10.3.1.1 je navrženo pro případ, že jsou kotle odstaveny.

#### 12.3.4.2 Tepelná bilance v létě

Tepelné zisky kotelního prostupu v letním období jsou tvořeny jedním plynovým kotlem pro ohřev TV a osluněním okna. Běžným oknem orientovaným na západ prochází  $80 \text{ W/m}^2$ . Tepelná produkce kotlů a potrubních rozvodů  $Q_{z,L}$  [W] do okolí představuje cca 1,5 % z instalovaného výkonu kotlů.

$$Q_{z,L} = 0,015 \cdot Q_Z + I \cdot S = 0,015 \cdot 24000 + 80 \cdot 0,54 = 403,2 \text{ W} \quad (110)$$

kde  $I$  je intenzita sluneční radiace [ $\text{W/m}^2$ ];

$S$  plocha otvorové výplně [ $\text{m}^2$ ].

Měrná tepelná zátěž větráním  $H_V$  [W/K] pro letní průtok spalovacího vzduchu:

$$H_V = V_{sp,L} \cdot \rho \cdot c = 8,07 \cdot 10^{-3} \cdot 1300 = 10,49 \text{ W/K} \quad (111)$$

Teplota v kotelně  $\theta_{i,L}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] pro průměrnou letní teplotu  $\theta_e = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$\theta_{i,L} = \theta_e + \frac{Q_{z,L}}{H_T + H_V} = 30 + \frac{403,2}{12 + 10,49} = 47,9 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (112)$$

Maximální přípustná teplota kotelního prostupu v létě  $\theta_{i,\max} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Proto je nutné zvýšit průtok přiváděného větracího vzduchu do kotelního prostupu.

$$V_L = \frac{Q_{z,L}}{\rho \cdot c \cdot 5} = \frac{403,2}{1300 \cdot 5} = 0,062 \text{ m}^3/\text{s} = 223,2 \text{ m}^3/\text{h} \quad (113)$$

Intenzita výměny vzduchu  $n_L$  [-]:

$$n_L = \frac{V_L}{O} = \frac{223,2}{56,24} = 3,97 \text{ 1/h} \quad (114)$$

Do venkovní stěny je zapotřebí osadit přívodní ventilátor, který zajistí nucený přívod vzduchu. Navržen je axiální ventilátor firmy Elektrodesign, typ EDAV 200-4 Q. Žaluzie a větrací potrubí zajistí odvod vzduchu přetlakem.

Pomocí vztahu (116) je nutné ověřit, zda protidešťové žaluzie a odvodní potrubí mají dostatečnou plochu pro průtok vzduchu přiváděný ventilátorem. Pokud bude rychlost proudění vzduchu  $w$  [m/s] v těchto otvorech menší než 2,5 m/s, jsou podmínky vyhovující. [46]

$$n_L = \frac{V_L - V_{sp,L}}{S_o + S_p} = \frac{0,062 - 7,99 \cdot 10^{-3}}{5,2 \cdot 10^{-3} + 0,03} = 1,53 \text{ m/s} \quad (115)$$

## 12.4 Odvod spalin

Orientační návrh průřezu komínového průduchu  $S_k$  [m<sup>2</sup>] pro 3 kondenzační kotle o celkovém výkonu  $Q_k = 90$  kW:

$$S_k = \frac{2,6 \cdot Q_k}{1800 \cdot \sqrt{h}} = \frac{2,6 \cdot 90}{1800 \cdot \sqrt{15}} = 0,034 \text{ m}^2 \quad (116)$$

kde  $h$  je účinná výška komínu [m].

Pro takto velký průřez komínového průduchu je návrh vnitřního průměru  $D = 250$  mm.

Orientační návrh průřezu komínového průduchu  $S_k$  [m<sup>2</sup>] pro 1 kotel o výkonu  $Q_k = 24$  kW:

$$S_k = \frac{2,6 \cdot Q_k}{1800 \cdot \sqrt{h}} = \frac{2,6 \cdot 24}{1800 \cdot \sqrt{15}} = 8,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (117)$$

Pro takto velký průřez komínového průduchu je návrh vnitřního průměru  $D = 130$  mm.

## 13 POPLACHOVÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM

Tato část diplomové práce se zabývá návrhem poplachového zabezpečovacího systému (dále jen PZS) pro daný objekt. Neznámé údaje, potřebné pro návrh PZS, byly upraveny tak, aby co nejlépe vystihly účel objektu.

Rozmístění jednotlivých detektorů v objektu je dostupné k nahlédnutí na přiloženém CD v Příloze P XXIX až P XXXII. Na obrázku (Obr. 18) je znázorněno umístění PZS a kombinovaného detektoru kouře a teploty v pokoji pro seniory.

### 13.1 Bezpečnostní posouzení objektu

Dílčím krokem při návrhu PZS je provedení bezpečnostního posouzení. Účelem bezpečnostního posouzení objektu je včas odhalit faktory, které mají vliv na volbu komponentů a jejich umístění. Další faktory mohou být odhaleny v průběhu technického posouzení objektu, jehož účelem je zajištění vlastností PZS specifikovaných v návrhu systému.

#### 13.1.1 Analýza rizik

##### 13.1.1.1 Zabezpečované hodnoty

V okolí objektu není známo zvýšené riziko kriminality, proto se nepředpokládá velké nebezpečí vniknutí. Maximální pravděpodobná hodnota ztráty činí 500 000 Kč. Většina majetku je lehko odcizitelná a nenáročná na přepravu. Tržní atraktivnost případně odcizených předmětů není vysoká. Celý objekt je obklopen mechanickým zábranným systémem (dále jen MZS) ve formě klasického drátěného oplocení a okna jsou vybavena bezpečnostními předokenními žaluziemi z hliníku. Všechny tyto prvky MZS jsou v určitém reálném čase překonatelné. U hlavního vstupu do budovy se nachází recepce. Předešlá historie krádeží a vloupání do objektu není známa. Většina střeženého majetku není zneužitelná či nebezpečná pro okolí a osoby. Výjimku však tvoří možnost odcizení látek nebezpečných pro lidské zdraví, a to léků jako možnou náhražku drog. Škoda nemusí vzniknout jen odcizením, ale i poškozením majetku nebo konstrukce samotného objektu. Jedná se o podobu poškození ve formě vandalizmu, či žhářství.

**13.1.1.2 Objekt**

Základní údaje o skladbě a popisu jednotlivých konstrukcí stěn, podlah, střechy, oken a dveří jsou uvedeny v kapitole 8.1 a Příloze P II. Střežené prostory nebývají po delší dobu neosídleny. Veřejnost má do střežených prostor přístup jen po ohlášení na recepci. Jedná se především o návštěvy seniorů v jejich pokojích, popřípadě společenských místnostech. Evidence o držitelích klíčů je vedena na recepci. Jde o klíče generální, patrové a klíče od přidavných zámků jednotlivých místností a uzamykatelných prostor. Náhradní klíče jsou uloženy na recepci. Aktuálně je objekt zabezpečen pouze prvky MZS, a to plotem a bezpečnostními předokenními žaluziemi z hliníku.

**13.1.1.3 Minimální úrovně střežení pro PZS**

Jako jedno z vodítek pro stanovení stupně zabezpečení a skladbu systému slouží následující tabulka (Tab. 61).

Tab. 61 – Úrovně střežení. [47, s. 31]

Vzít v úvahu	Stupeň 1	Stupeň 2	Stupeň 3	Stupeň 4
Obvodové dveře	O	O	O+P	O+P
Okna		O	O+P	O+P
Ostatní otvory		O	O+P	O+P
Stěny				P
Stropy nebo střechy				P
Podlahy				P
Místnosti	T	T	T	T
Předmět			S	S
POZNÁMKY: O = otevíření, P = průnik, S = objekt, vyžadující zvláštní pozornost, T = past				

**13.1.1.4 Minimální úrovně střežení pro PTS**

Zkratka PTS znamená poplachový tísňový systém. Z analýzy rizik nevyplývala potřeba těchto zařízení, a proto nejsou v objektu instalována.

**13.1.2 Ostatní vlivy**

Jde o vlivy uvnitř střežených prostor ovlivnitelné uživatelem objektu a obecně o faktory bez možnosti ovlivnění uživatelem objektu, které ovlivňují výběr, umístění a nastavení komponentů PZS.

#### ***13.1.2.1 Vlivy působící na PZS a mající původ ve střeženém objektu***

Vodovodní potrubí vedené v plastových trubkách, které by ovlivnilo činnost detektorů, se nachází pouze v koupelnách. V těchto místech se nepředpokládá nasazení PZS. Vzduchotechnika ani klimatizace se v objektu nenachází. Při nasazení otřesových detektorů je nutné zohlednit možný vliv vibrací ze strojního zařízení výtahů. Zdrojem světla jsou většinou žárovky. Potenciální zdroje záměrného či neúmyslného EM rušení se v objektu nevyskytují. Rušení zvuky z okolí se nepředpokládá. V objektu se nenacházejí žádné zvířata. Otvorové výplně objektu (okna, dveře) jsou ve velmi dobrém stavu a utěsněné, proudění vzduchu není tedy zaznamenáno.

#### ***13.1.2.2 Vlivy působící na PZS a mající původ vně střeženého objektu***

V budoucnu se v blízkosti objektu nepředpokládá žádná výstavba železnice, nebo cesty. V nejbližším okolí objektu se nenacházejí zdroje vysokofrekvenčního rušení, jenž by měli vliv na bezdrátové komponenty PZS. Sousední objekty nezpůsobují vibrace ani EM rušení. Pro klimatické podmínky, ve kterých se posuzovaný objekt nachází, postačují detektory s běžnými provozními teplotami. Aktivita, kulturní či sportovní akce, v přístupových vnějších částech objektu se nepředpokládají.

### **13.2 Návrh systému**

Cílem návrhu systému je stanovení rozsahu PZS a volba komponentů, které splňují odpovídající kritéria funkčnosti, stupně zabezpečení a třídy prostředí a dále zpracování návrhu řešení systému.

#### **13.2.1 Stupeň zabezpečení**

PZS byl s ohledem na typ a umístění objektu, hodnotu majetku, typ pravděpodobného útočníka a za pomoci tabulky (Tab. 61) přiřazen stupeň zabezpečení 2 – nízké až střední riziko. Při tomto stupni zabezpečení se předpokládá, že vetřelec nebo lupič má omezenou znalost PZS a používá běžné a přenosné nářadí a přístroje.

#### **13.2.2 Třída prostředí**

Prvky systému instalované uvnitř objektu musí odpovídat podmínkám třídy prostředí II- vnitřní všeobecné, dle ČSN EN 50131-1 [48]. Tuto třídu lze charakterizovat jako

přerušovaně vytápěná nebo nevytápěná místa. Předpokládaný rozsah teplot pro třídu prostředí II je  $-10^{\circ}\text{C}$  až  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Avšak venkovní siréna musí být použitelná ve vyšší třídě prostředí, a to ve třídě IV – venkovní všeobecné, dle ČSN EN 50131-1 [48]. Jde o prostředí vně budov, kde jsou komponenty trvale vystaveny vlivům počasí. Předpokládaný rozsah teplot pro třídu prostředí IV je  $-25^{\circ}\text{C}$  až  $+60^{\circ}\text{C}$ .

### 13.2.3 Přehled použité techniky

Ústředna PZS je instalována a zapuštěna do zdi v místnosti 1.23 – sklad čistého prádla. Kryt ústředny je maskován nástěnkou. Systém lze ovládat pomocí jedné klávesnice s barevným dotykovým LCD displejem, která je umístěna v uzamykatelném ochranném krytu na recepci ve vstupní hale (místnost 1.03).

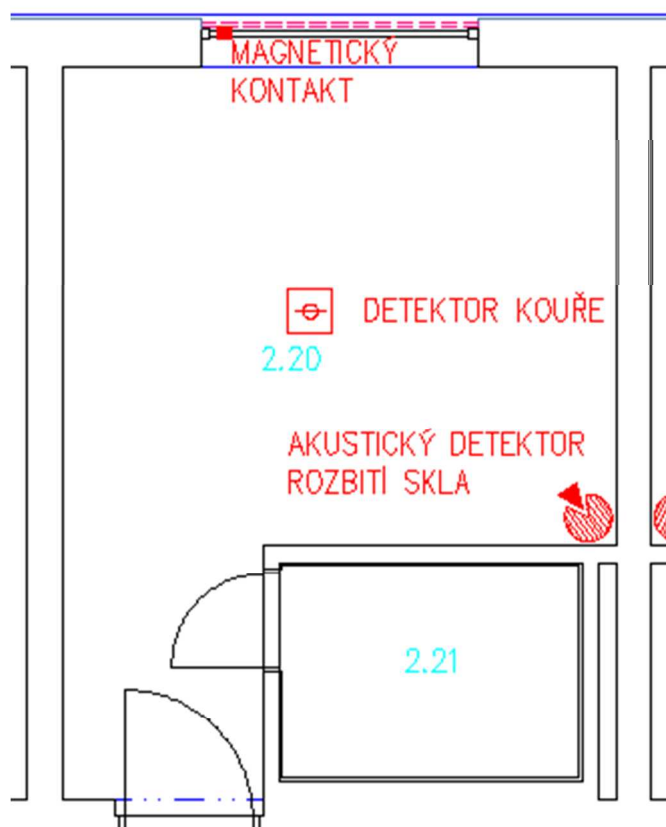
Pro ochranu objektu vůči vnějšímu narušení je zvolena plášťová ochrana. Jedná se o hlídání otevření, popř. destrukce prostupů pláště budovy (okna, dveře). Otevíratelné plochy, jako jsou okna a dveře přístupné zvenčí, nacházející se na vnějším plášti budovy v úrovních 1. PP až 3. NP, jsou opatřeny magnetickými kontakty. Akustické detektory rozbití skla jsou umístěny v místnostech s okny do úrovně 2. NP, dále v místnostech s okny v blízkosti vnějšího schodiště na jižní straně objektu, v prostoru vnitřního schodiště a také v blízkosti skleněných dveří volně přístupných zvenčí.

Monitorování vybraných vnitřních prostor objektu je zajištěno prostorovými duálními detektory typu PIR+MW. Vnitřními prostory jsou zde míněny kanceláře, pracovna ergoterapeuta a některé komunikační prostory. V kotelně je instalován detektor zemního plynu, který v případě úniku plynu vyhlásí poplach.

Výstražná zařízení (2 zálohované sirény) jsou instalována vně, na protilehlých stranách pláště objektu.

Tab. 62 – Použité komponenty PZS.

Zařízení	Výrobce a typové označení	Počet kusů
Sestava ústředny a klávesnice s dotykovým displejem	HONEYWELL GALAXY GD; HONEYWELL CP041	1
Magnetický kontakt	HONEYWELL MPS9W-WG MG	61
Akustický detektor rozbití skla	HONEYWELL FG1625	37
Prostorový duální detektor PIR+MW	HONEYWELL DT7550CEU	8
Kombinovaný detektor kouře a teploty	Jablotron JA-110ST	68
Detektor zemního plynu	PARADOX ECO 983-NG	1
Rádiový vysílač pro přenos zpráv na PPC, včetně antény	RADOM STX20E/400	1
Venkovní siréna	Jablotron OS-365A	2



Obr. 18 – Umístění PZS a detektoru kouře v pokoji pro seniory.

#### 13.2.4 Hlášení poplachu a zásah

Lokálně je poplach signalizován akusticky venkovní sirénou a dálkově, kdy stavy ústředny PZS jsou prostřednictvím vysílače a antény odesílány na přijímací poplachové centrum (dále jen PPC) bezpečnostní agentury, kde je pracovníkem PPC zajištěno nepřetržité sledování objektu.

Odezva na aktivaci poplachu je zajištěna bezpečností agenturou, na jejíž PPC je systém PZS napojen. Na základě přijatého signálu (poplachové zprávy) z PZS, operační PPC vyšle na místo zásahovou jednotku, která prověří poplach a o zjištěném stavu informuje pracovníka PPC, který v případě potřeby kontaktuje Policii ČR, Hasičský záchranný sbor, atd.

#### 13.2.5 Doporučení k doplnění PZS o mechanické zábranné prostředky

Na zvýšení pasivní bezpečnosti skleněných ploch a na snížení možnosti zranění při rozbití skla je vhodné sklo vybavit bezpečnostní a ochrannou fólií. Dále je vhodná úprava stávajících dveří, spočívající v jejich osazení bezpečnostním kováním. Pro zajištění bezpečnosti vyhrazeného území a prostor kolem chráněného objektu je vhodná výměna klasického drátěného oplocení za bezpečnostní oplocení v podobě svařovaného zvlněného pletiva.

### 13.3 Integrace PZS do instalace KNX

KNX umožňuje vytvoření kompletního systému PZS bez použití certifikované ústředny. V určitých typech objektů však ústředny musejí být použity a nejdůležitější skutečností je to, že pojišťovny neuznávají zabezpečení pouze prostředky KNX. Z toho důvodu KNX umožňuje alespoň oboustrannou vazbu inteligentní elektroinstalace na PZS pro zvýšení případné hodnoty elektroinstalace. [49]

Možností integrace PZS do systémové instalace je několik. Pro potřeby této práce byla vybrána možnost integrace PZS třetího výrobce. Jako interface mezi zabezpečovací ústřednou Galaxy a sběrnici KNX bylo použito zařízení KNXgal. Pomocí KNXgal lze přenášet na sběrnici KNX vybrané stavy, popřípadě ústřednu Galaxy ovládat a nastavovat některé parametry.



## 14 POŽÁRNÍ BEZPEČNOST STAVEB

Penzion pro seniory lze charakterizovat pro potřeby normy ČSN 730835 [50] jako zařízení sociální péče – ústav sociální péče.

Cílem diplomové práce nebylo objekt navrhnout, a proto byly z požárního řešení vypuštěny části o posouzení stavebních konstrukcí, ověřování rozměrů požárních úseků, stupni požární bezpečnosti a část o požárně nebezpečných prostorech. V každém případě byly tyto části při návrhu brány v potaz.

### 14.1 Požární úseky

Požární úsek (dále jen PÚ) je prostor objektu, ohraničený od ostatních částí tohoto objektu, popř. od sousedního objektu, požárně dělícími konstrukcemi.

V posuzovaném objektu tvoří PÚ každé ošetřovatelské oddělení – sesterny a pracovna ergoterapeuta, každá obytná buňka včetně příslušenství, sklady – prádla a zdravotnického nebo provozního materiálu, kanceláře, společenské místnosti, denní místnosti, komunikační prostory, koupelny, umývárny, záchody a celé 1. PP. Samostatné PÚ tvoří dále prostory, ve kterých se neposkytuje sociální péče – prádelna, žehlárna, sušárna apod.

### 14.2 Požární riziko

Požární riziko je míra rozsahu případného požáru v PÚ. Pro potřeby ČSN 730802 [51] se udává výpočtovým požárním zatížením  $p_v$  [kg/m<sup>2</sup>], které vyjadřuje teoretickou intenzitu požáru a vliv požárně bezpečnostních zařízení (dále jen PBZ).

$$p_v = (p_n + p_s) \cdot a \cdot b \cdot c \text{ [kg/m}^2\text{]} \quad (118)$$

kde  $p_n$  je nahodilé požární zatížení [kg/m<sup>2</sup>], dle ČSN 730835 [50, s. 21] hodnota pro domovy důchodců včetně příslušenství  $p_n = 40 \text{ kg/m}^2$ ;

$p_s$  stálé požární zatížení [-];

$a$  součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek [-];

$b$  součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska stavebních podmínek [-];

$c$  součinitel vyjadřující vliv PBZ a opatření [-].

Jedná se o velmi komplexní výpočet, který musí být stanoven pro jednotlivé PÚ. Jelikož tato problematika nebyla cílem diplomové práce a výpočet zahrnuje mnoho neznámých, jsou dále uvedeny jen orientační hodnoty uvedené v ČSN 730835 [50, s. 21] při součiniteli  $c = 1$ :

- $p_v = 40 \text{ kg/m}^2$ , samostatná jednotka pro ubytování,
- $p_v = 23 \text{ kg/m}^2$ , ošetrovatelské oddělení.

Za prostory bez požárního rizika se v posuzovaném objektu mohou bez dalšího průkazu považovat komunikační prostory, koupelny, umývárny a záchody.

### 14.3 Únikové cesty

O typu únikové cesty rozhoduje požární výška objektu  $h$  [m]. Nechráněná úniková cesta (dále jen NÚC) se připouští u objektů při  $h \leq 9$  m. Pro evakuaci osob, popř. majetku byly na základě výše uvedeného požadavku navrženy tři typy NÚC.

NÚC I a II vedou z každého nadzemního podlaží jiným směrem. Z 3. NP a 2. NP je NÚC I vedena přes chodbu k vnějšímu schodišti na jižní straně objektu, jenž směřuje na volné prostranství. Evakuace z 3. NP a 2. NP je dále možná po NÚC II. Tato je vedena přes chodbu k vnitřnímu schodišti v severní části objektu, která dále směřuje k východu na volné prostranství. Z 1. NP jsou vedeny opět dvě NÚC, každá jiným směrem k východu na volné prostranství. NÚC I přes chodbu k vnějšímu schodišti a NÚC II přes chodbu k hlavnímu vstupu/východu. Součástí NÚC je nouzové osvětlení pro případ selhání normálního osvětlení a systém únikového značení, které musí vyvést ohrožené osoby z daného prostoru na volné prostranství. Pro evakuaci osob z 1. PP je navržena NÚC III, která je vedena po schodišti, jenž spojuje 1. NP a 1. PP, dále přes chodbu k hlavnímu vstupu.

### 14.4 Zařízení pro protipožární zásah

#### 14.4.1 Přenosné hasicí přístroje

Počet přenosných hasicích přístrojů  $n_r$  [-] v požárním úseku:

$$n_r = 0,15 \cdot (S \cdot a \cdot c_3)^{1/2} \geq 1 \quad (119)$$

kde  $S$  je plocha požárního úseku [ $\text{m}^2$ ];

- $a$  součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek [-];
- $c_3$  součinitel vyjadřující vliv PBZ a opatření [-], vliv samočinného stabilního hasicího zařízení (SSHZ).

Pro zjednodušení stanovení počtu přenosných zařízení byly dle ČSN 730802 [51] uvažovány hodnoty  $a = 1,2$  a  $c_3 = 1$  pro každý PÚ. Pomocí těchto hodnot bylo zjištěno, že pro PÚ o ploše menší než 40 m<sup>2</sup> je dostačující 1 hasicí přístroj s kapacitou 10 kg pro vodní nebo pěnové hasicí přístroje, 6kg pro práškové nebo sněhové hasicí přístroje a 5kg pro hasicí přístroje s čistým hasivem a CO<sub>2</sub>. [52, s. 209]

Dále by měl být hasicím přístrojem vybaven prostor pro hlavní domovní rozvaděč elektrické energie a prostor pro strojovnu výtahu.

#### 14.4.2 Zásobování požární vodou

Pro zásobování požární vodou se musí zabezpečit zdroje požární vody, které jsou schopny trvale zajišťovat předepsané množství vody alespoň 30 minut. [52, s. 212]

V rámci zajištění zásobování objektu požární vodou bylo navrženo dle ČSN 73 0873 [53] vnější odběrové místo. Jedná se o nadzemní hydrant ve vzdálenosti maximálně 150 m od objektu a s nejmenší dimenzí potrubí DN 100.

Vnitřní odběrná místa tvoří 3 hadicové systémy s tvarově stálou hadicí napojené na vnitřní vodovod. Jednotlivé systémy jsou instalovány do skříně v každém patře, v polovině délky chodby tak, aby nejodlehlejší místo PÚ nebylo vzdáleno více jak 40 m od vnitřního odběrového místa. Průtok vody by měl být alespoň 0,3 l/s.

#### 14.5 Požárně bezpečnostní zařízení

Dle ČSN 730835 [50] se instalace elektronické požární signalizace (dále jen EPS), kterou tvoří ústředna a detektory, vyžaduje v ústavech sociální péče, kde počet lůžek přesahuje 50. V hodnoceném objektu je počet lůžek pouze 42. Avšak objekty, na které se dle ČSN 730835 [50] nevztahuje požadavek na zajištění EPS, musejí být vybaveny zařízením autonomní detekce a signalizace. Tato zařízení musejí být umístěny v každé ubytovací jednotce.

Pro detekci a signalizaci byl vybrán kombinovaný detektor kouře a teploty firmy Jablotron, typ JA-110ST s možností připojení ke sběrníkovému systému ústředny PZS a se záložní baterií.

Rozmístění jednotlivých detektorů v objektu, je dostupné k nahlédnutí na CD v Příloze P XXIX až P XXXII. Na obrázku (Obr. 18) je znázorněno umístění detektoru v pokoji pro seniory.

## 15 ŘÍDICÍ SYSTÉMY

### 15.1 Řízení kotelny – tepelná soustava pro vytápění

Kotelnou se zde rozumí hydraulické schéma zapojení uvedené v Příloze P XIII. Úlohou řídicího systému kotelny – tepelné soustavy pro vytápění, je zajištění potřebného množství tepla, dále zajištění navrženého teplotního spádu otopné soustavy a průtoků otopné vody v jednotlivých otopných okruzích. V kotelně jsou k tomuto účelu instalovány tři kondenzační kotle s výkonem, který je schopen pokrýt tepelné ztráty objektu v zimním období a akční členy, kterými je možno provádět potřebnou regulaci všech směřovaných otopných okruhů.

Pro řízení navržené otopné soustavy byl využit řídicí systém od firmy Junkers. Systém je založen na dvouvodičové sběrnici Bosch Heatronic 3 a modulárním systému jednotlivých komponent řídicího systému. Modulární systém sestává z modulů:

- FW500 – Ekvitermní regulátor,
- ICM – Modul pro ovládání kaskádového zapojení až čtyř kotlů,
- IMP2 – Spínací modul 2 otopných okruhů.

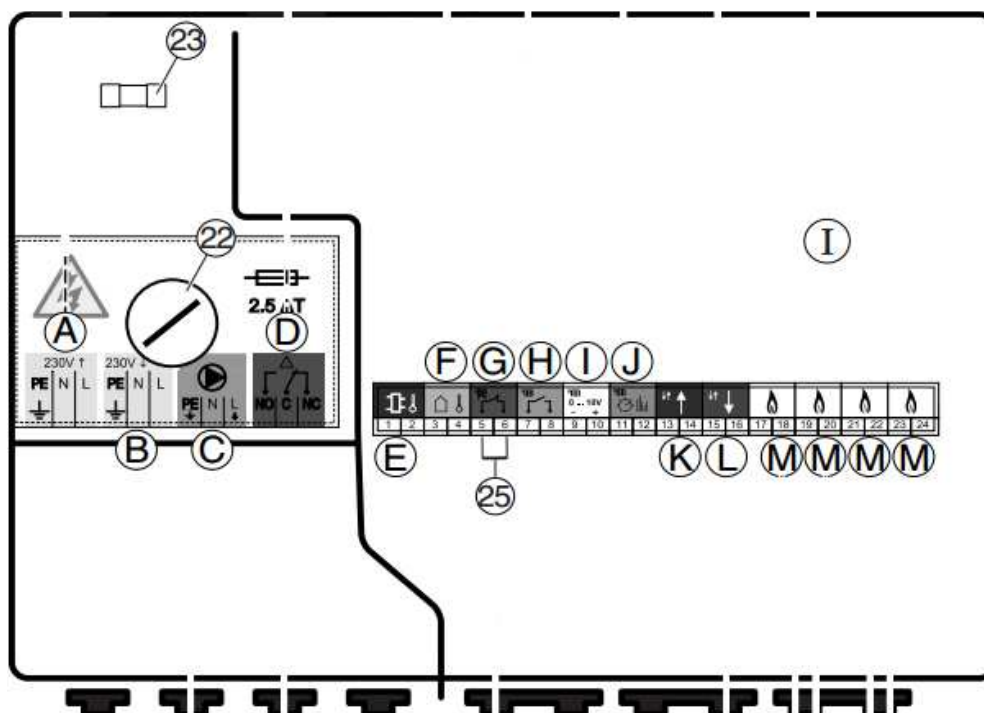
#### 15.1.1 Ekvitermní regulátor FW500

Řídicím prvkem je Ekvitermní regulátor FW500. Ten na základě nastavených parametrů otopné soustavy a nastavených ekvitermních křivek rozhoduje o potřebném výkonu kotlů a nastavení akčních členů směšovací soustavy okruhu. Tyto požadavky předává prostřednictvím dvouvodičové sběrnice Heatronic 3 podřadným modulům ICM a IMP2, jejichž funkce je popsána níže.

#### 15.1.2 Modul ICM

Vstupem modulu je informace o požadovaném výkonu kotlů, přijatá od ekvitermního regulátoru FW500. Modul tuto informaci zpracuje a spolu s uchovávanými informacemi o délce chodů jednotlivých připojených kotlů rozhodne o rozdělení potřebného výkonu do kotlové kaskády. Tímto je docíleno pokrytí požadavků na výkon a zároveň je zajištěno stejné opotřebení kotlů. Modul je schopen připojené kondenzační kotle zapojit i v případě, že není požadavek na výkon od nadřazeného ekvitermního regulátoru a to jako ochranu proti zamrznutí.

V letním období modul ICM zajišťuje pravidelné „protočení“ kotlů, aby zamezil problémům plynoucím z odstávky.

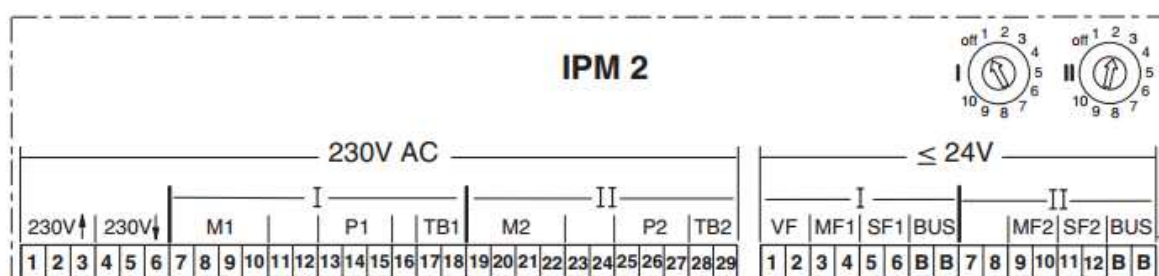


Obr. 19 – Svorkovnice modulu ICM. [54, s. 13]

### 15.1.3 Modul IPM2

Tento modul je využit pro řízení jednotlivých akčních členů směřovaných okruhů. Těmito jsou okruhové čerpadlo a trojcestný směšovací ventil. Nadřazeným systémem je opět ekvitermní regulátor FW500, který určuje průtok jednotlivými okruhy – výkon čerpadel a stupeň otevření trojcestného směšovacího ventilu tak, aby byl splněn požadavek na teplotu výstupní otopné vody ze směšovacího ventilu.

V letním období taktéž zajišťuje pravidelné „protočení“ motorů čerpadel a pohonů trojcestného ventilu, aby nedošlo k zablokování usazeninami.



Obr. 20 – Svorkovnice modulu IPM2. [55, s. 23]

#### 15.1.4 Schématické zapojení

Schématické zapojení řídicího systému kotelny – tepelné soustavy pro vytápění vychází z projekčních podkladů výrobce [41] a je uvedeno v Příloze P XIII. Zapojení svorek jednotlivých modulů shrnuje tabulka (Tab. 63).

Tab. 63 – Zapojení svorek modulů, kotelna – tepelná soustava pro vytápění.

Svorky	Typ	Zařízení
FW 500		
BUS	Heatronic 3	ICM
BUS	Heatronic 3	IPM1,2
ICM		
E	0-10V	Teplotní čidlo THR
J	Heatronic 3	Ekvitermní regulátor FW500
M1	Heatronic 3	Kondenzační kotel 1
M2	Heatronic 3	Kondenzační kotel 2
M3	Heatronic 3	Kondenzační kotel 3
IPM2_1		
M1	230V	Trojcestný ventil západ
P1	230V	Okružové čerpadlo západ
MF1	$\leq 24V$	Teplotní čidlo západ
M1	230V	Trojcestný ventil východ
P1	230V	Okružové čerpadlo východ
MF2	$\leq 24V$	Teplotní čidlo východ
BUS	Heatronic 3	Ekvitermní regulátor
IPM2_2		
M1	230V	Trojcestný ventil západ podlahové
P1	230V	Okružové čerpadlo západ podlahové
MF1	$\leq 24V$	Teplotní čidlo západ podlahové
M1	230V	Trojcestný ventil východ podlahové
P1	230V	Okružové čerpadlo východ podlahové
MF2	$\leq 24V$	Teplotní čidlo východ podlahové
BUS	Heatronic 3	Ekvitermní regulátor

## 15.2 Řízení solárního systému a kotelny – tepelná soustava ohřevu TV

Ohřev TV je realizován podle hydraulického schématu uvedeného v Příloze P XIV. Úlohou řídicího systému ohřevu TV je zajištění požadované výstupní teploty vody. Zdrojem tepla je plynový kotel a solární systém, jejichž kombinací je požadované teploty dosaženo. Tento systém pracuje tak, že solární energie ohřívá vodu ve spodní části zásobníku TV na maximální možnou teplotu, kterou je možno solárním systémem vytvořit. Po většinu roku však tato teplota není dostatečná a tak je zapotřebí TV dohřívat plynovým kotlem. Pro správnou funkci tohoto systému ohřevu TV je instalován řídicí systém od firmy Junkers. Vstupními daty systému jsou teplota solárního kolektoru, měřená teplotním čidlem, v Příloze P XIV označeným T1 a teploty v horní a spodní části zásobníku TV, měřené teplotními čidly T2 a T3. Na základě těchto hodnot řídicí systém reguluje výkon plynového kotle tak, aby zisky ze solární energie, a tím i úspora, byly co nejvyšší. Zároveň však řídicí systém zajišťuje požadavek na výstupní teplotu TV.

Řídicí systém ohřevu TV od firmy Junkers sestává z následujících modulů:

- FW120 – Ekvitermní regulátor s řízením ohřevu TV,
- ISM – řízení komponent solárního systému.

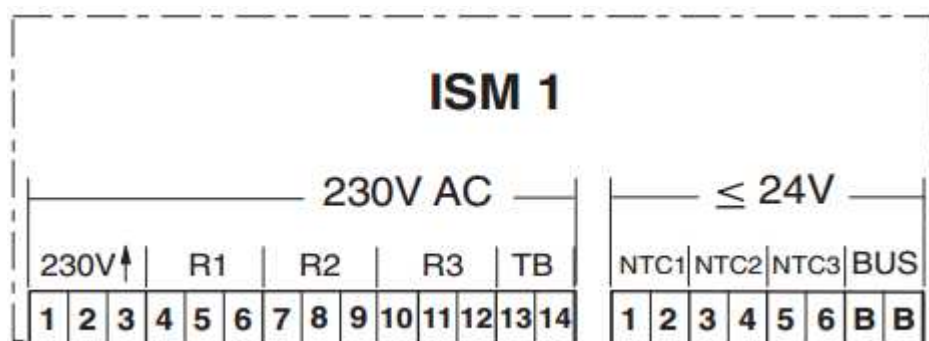
### 15.2.1 Ekvitermní regulátor FW120

Ekvitermní regulátor FW120 je modul určený k řízení systému ohřevu otopné vody ekvitermní regulací a k řízení ohřevu TV. Systém ohřevu aplikovaný v tomto objektu, tak jak je popsán výše, neuvažuje s využíváním plynového kotle ani solárního systému k ohřevu otopné vody. Využitou funkcí regulátoru je tak jen řízení ohřevu TV. Modul FW120 je schopen přímo řídit plynový kotel. K řízení solárního systému je však zapotřebí využít modulu ISM1.

### 15.2.2 Modul ISM1

ISM1 je značení modulu umožňujícího řízení solárního systému a měření požadovaných veličin. Modul je spojen s nadřazeným systémem komunikační sběrnici Bosch Heatronic 3. Čerpadlo solárního systému se k modulu ISM připojuje silovými kabely 230V a čidla měřící teplotu solárních kolektorů a teplotu ve spodní části zásobníku, která jsou typu NTC, jsou připojena na svorky NTC1 a NTC2.





Obr. 21 – Zapojení svorek modulu ISM1. [56, s. 71]

### 15.2.3 Schématické zapojení

Schématické zapojení řídicího systému ohřevu TV vychází z projekčních podkladů výrobce [20] a je uvedeno v Příloze P XIV. Zapojení svorek jednotlivých modulů shrnuje tabulka (Tab. 64).

Tab. 64 – Zapojení svorek modulů, solární systém a kotelna – tepelná soustava ohřevu TV.

Svorky	Typ	Zařízení
FW 120		
BUS	Heatronic 3	ISM1
BUS	Heatronic 3	Plynový kotel
ISM1		
R1	230V	Čerpadlo solárního systému
NTC1	≤24V	Teplotní čidlo – solárních kolektorů
NTC2	≤24V	Teplotní čidlo – spodní část zásobníku
BUS	Heatronic 3	Ekvitermní regulátor FW120

## 15.3 Inteligentní elektroinstalace

Úlohou inteligentní elektroinstalace je vytvoření komfortního prostředí pro obyvatele objektu s důrazem na úsporu energií. Inteligentní elektroinstalace v tomto objektu zahrnuje prvky pro řízení teploty a intenzity osvětlení místností. V podkapitolách níže jsou navrženy funkce inteligentní elektroinstalace.

### 15.3.1 Popis funkcí

Popis funkcí shrnuje konkrétní požadavky na inteligentní elektroinstalaci objektu. Ty musí splňovat účel objektu a přinášet obyvatelům co největší komfort za přiměřené náklady na výstavbu. Jednotlivé funkce a vazby jsou popsány v podkapitolách.

#### 15.3.1.1 Teplota místnosti

V domě je instalován centrální zdroj tepla s ekvitermní regulací výkonu, do něhož není systémem inteligentní elektroinstalace zasahováno. Inteligentní elektroinstalace však umožňuje regulaci teploty místnosti pomocí ventilů s instalovanými termoelektrickými hlavicemi na otopných tělesech a podlahovém vytápění umístěných v místnostech. Ventily s instalovanými termoelektrickými hlavicemi umožňují regulaci průtokového množství otopné vody a tím regulaci tepla dodávaného do místnosti.

Požadovaná teplota místnosti je prioritně nastavována z centrálního ovládacího systému umístěného v recepci objektu a dále pak může být upravována pomocí termostatů umístěných v jednotlivých místnostech (tato funkce může být potlačena).

Ventily otopných těles a podlahového vytápění mohou být uzavřeny nezávisle na systému regulace teploty vzduchu v místnosti v případě, že je magnetickými kontakty detekováno otevřené okno v místnosti po dobu delší než 5 minut. Tato funkce je potlačena v případě, že je naměřena minimální (proti mrazová) teplota vzduchu v místnosti. Tohoto je využito i přes velké tepelné ztráty a náklady na udržení minimální teploty vzduchu v místnosti s otevřeným oknem.

#### 15.3.1.2 Osvětlení místnosti

Ovládání všech světelných zdrojů uvnitř objektu je realizováno ovladači instalovanými na stěnách. Světelné zdroje v obytných pokojích, společných prostorách a kancelářích objektu jsou regulované, ostatní světelné zdroje jsou pouze spínané. Regulované světelné zdroje umožňují nastavení požadované intenzity osvětlení místnosti pomocí přednastavených světelných scén. Intenzita světelného zdroje je pak regulována na základě měření intenzity osvětlení místnosti za pomoci přirozeného osvětlení. V případě překročení požadované intenzity osvětlení po nastavenou dobu, systém reaguje zatažením předokenních hliníkových žaluzií. Osvětlení chodeb a schodišť je kromě spínačů instalovaných na stěnách ovládáno senzory pohybu s integrovanými snímači intenzity osvětlení. Pokud je intenzita osvětlení chodby dostatečná, systém na pohyb osob nereaguje. Ovládání je však

nadále možno spínači na stěnách. Systém ovládání světelných zdrojů umožňuje také centrální ovládání z vizualizačního prostředí, které má nejvyšší prioritu. Světelné zdroje jsou výhradně úsporné žárovky pro maximální úsporu energie.

#### **15.3.1.3 Předokenní žaluzie**

Předokenní žaluzie jsou ovládány systémem pro regulaci intenzity osvětlení místností. Uživateli je však umožněno ovládání manuální, pomocí tlačítek instalovaných na stěně příslušné místnosti. V případě, že je manuální ovládání aktivováno, dojde k potlačení požadavku od systému na regulaci intenzity osvětlení místnosti po přednastavenou dobu. Po uplynutí této doby přechází systém opět do automatického režimu s ovládáním natočení žaluzií podle požadavku systému na regulaci intenzity osvětlení.

Systém pro řízení předokenních žaluzií má naprogramovanou funkci pro zajištění jejich zabezpečení proti poškození klimatickými vlivy, konkrétně překročením maximální rychlosti větru. V případě, že je taková rychlost detekována, jsou žaluzie zataženy a uzavřeny. V takovém případě nelze předokenní žaluzie ovládat manuálně a nejsou plněny ani požadavky od systému na regulaci intenzity osvětlení místnosti. Tato funkce je aktivní od první detekce překročení maximální rychlosti větru do poslední detekce maximální rychlosti větru + jedna hodina. Tím je zajištěno zabezpečení proti případným nárazům větru.

Poslední funkcí systému řízení předokenních žaluzií je jejich zatažení v případě, že je v místnosti rozsvíceno při venkovní intenzitě světla pod stanovenou minimální mez (je detekována noc). Tím je zajištěno soukromí uživatelů objektu.

#### **15.3.1.4 Okna**

Okna objektu jsou vybavena magnetickými kontakty, umožňující detekci otevřeného/zavřeného okna. Tato informace je využívána zabezpečovacím systémem objektu, systémem řízení teploty vzduchu v místnosti a systémem pro zajištění zabezpečení proti poškození klimatickými vlivy. Akční členy umožňující manipulaci s okny však instalovány nejsou, a to z ekonomických a komfortních důvodů. Finanční náklady jsou neúměrné přínosům získaných z možnosti otevírat a zavírat okna automatickým systémem, nemluvě o omezení možnosti individuálního větrání vyplývajícího z požadavků uživatelů objektu.

Systém pro zajištění zabezpečení oken a vybavení místnosti proti poškození klimatickými jevy zajišťuje, aby personál objektu byl na monitoru vizualizačního systému objektu upozorněn na případná otevřená okna v objektu při překročení maximální rychlosti větru a intenzity dešťových srážek.

### 15.3.2 Zapojení inteligentní elektroinstalace

Inteligentní elektroinstalace sestává z decentralizovaného systému, v němž jsou využity prvky, které lze rozdělit do skupin:

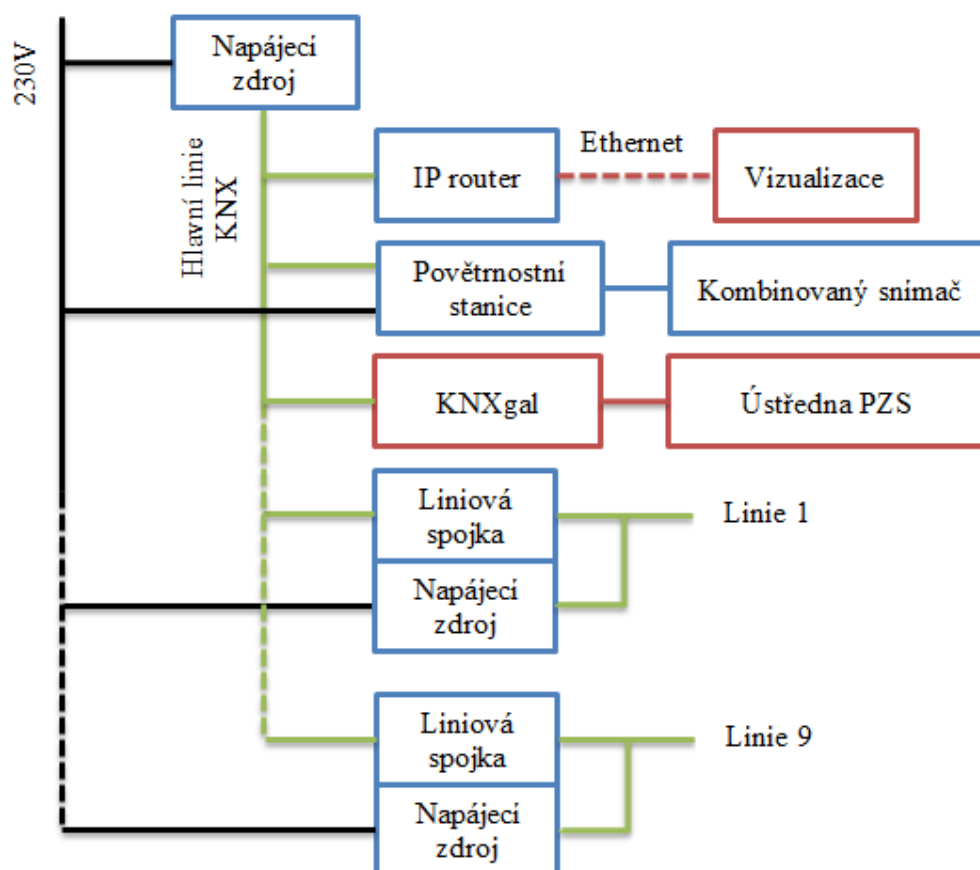
- snímače,
- akční členy,
- řídicí a vizualizační prvky
- systémové přístroje.

Kompletní portfolio zařízení inteligentní elektroinstalace má mezi svými produkty pod označením i-bus® KNX firma ABB.

V objektu je uvažováno odhadem 550 zařízení. Všechna zařízení jsou připojena na sběrnici KNX, na které jsou rozdělena do 9 linií po maximálně 64 zařízeních. Jednotlivé linie jsou spolu spojeny pomocí liniových spojek do hlavní linie, na kterou je připojen IP router, modul KNXgal pro propojení s ústřednou PZS a povětrnostní stanice s kombinovaným snímačem měřícím rychlost větru, intenzitu venkovního osvětlení, déšť a venkovní teplotu. Celkem se tedy systém skládá z 10 linií. Každá linie musí mít svůj vlastní zdroj napětí. Zapojení hlavní linie a liniových spojek je zobrazeno na obrázku (Obr. 22). Použité zařízení shrnuje tabulka (Tab. 65).

Tab. 65 – Zařízení hlavní linie.

Zařízení	Popis funkce	Označení výrobce
Napájecí zdroj	Napájení linie KNX	SV/S 30.640.5
Spojka liniová	Navázání linie na linii hlavní	LK/S 4.2
IP router	Interface mezi KNX a sítí Ethernet	IPS/S 2.1
Povětrnostní stanice	Zpracování údajů kombinovaného snímače	WZ/S 1.1
Kombinovaný snímač	Intenzita venkovního osvětlení, déšť, venkovní teplota, rychlost větru	WES/A 2.1

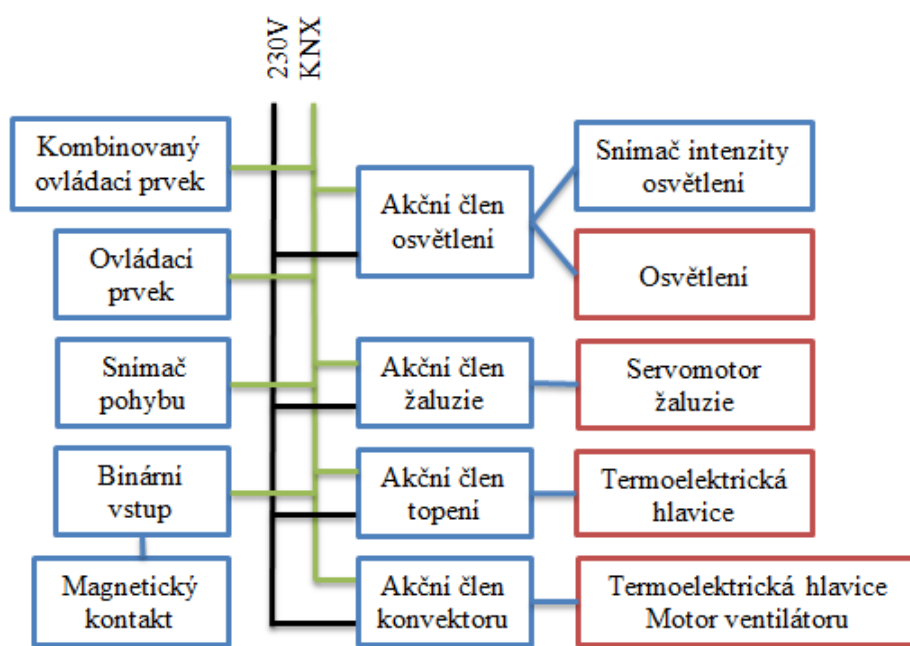


Legenda

— Zařízení KNX od ABB

— Ostatní

Obr. 22 – Hlavní linie KNX.



Legenda

— Zařízení KNX od ABB

— Ostatní

Obr. 23 – Zapojení zařízení inteligentní elektroinstalace.

Jednotlivé linie KNX 1 až 9 jsou tvořeny zařízeními zapojenými do uskupení vytvořených podle požadovaných funkcí inteligentní elektroinstalace v jednotlivých místnostech. Na obrázku (Obr. 23) jsou zobrazeny všechna zařízení inteligentní elektroinstalace, z nichž se jednotlivé uskupení vytváří. V tabulce (Tab. 66) jsou uvedeny jednotlivé typy zařízení, jejich funkce a použití v příslušných uskupeních.

Tab. 66 – Zařízení použitá v jednotlivých liniích.

Zařízení	Popis funkce	Označení výrobce	Použití
Kombinovaný ovládací prvek	Termostat, ovládání: žaluzií, osvětlení a světelných scén	Busch-Triton 6320-0-0028	Pokoje, kanceláře, společné prostory, koupelny
Ovládací prvek	Spínací prvek osvětlení	Solo 6115-0-0205	Ostatní prostory
Snímač pohybu	Snímač přítomnosti osob	Busch-Wachter 6132-0-0295	Chodby a schodiště
Binární vstup	Sběr vstupních dat	BE/S 4.230.2.1	Místnosti s okny
Magnetický kontakt	Detekce otevření okna	Převzato z PZS	Místnosti s okny
Akční člen osvětlení	Řízení osvětlení	LR/S 2.16.1	Všechny místnosti
Snímač intenzity osvětlení	Snímání intenzity osvětlení	LF/U 2.1	Pokoje, kanceláře, společné prostory
Akční člen žaluzie	Řízení předokenních žaluzií	JRA/S 4.24.5.1	Pokoje, kanceláře, společné prostory
Akční člen topení	Řízení termoelektrických hlavíc	VAA/S 6.230.2.1	Vytápěné místnosti
Akční člen konvektoru	Řízení termoelektrických hlavíc s motorem ventilátoru konvektoru	FCA/S 1.1N	Chodby, schodiště a zimní zahrady

## 15.4 Vizualizace

Vizualizace je vytvořena tak, aby umožňovala monitorovat a ovládat vybrané funkce řídicího systému. Je umístěna na průmyslovém PC připojeném ke sběrnici inteligentní elektroinstalace KNX pomocí sítě Ethernet. Obecně lze říci, že vizualizační prostředí má při ovládání jednotlivých funkcí nejvyšší prioritu. Konkrétně vizualizační prostředí umožňuje ovládat:

- teplotu vzduchu v místnosti,
- zapnutí/vypnutí osvětlení,

- zatažení/vytažení žaluzií,

Vizualizační prostředí také umožňuje zobrazovat:

- teploty vzduchu v jednotlivých místnostech a venkovní teplotu,
- stavy světelných zdrojů,
- stavy předokenních žaluzií,
- otevření oken,
- upozornění na nepříznivé klimatické podmínky (zavření oken),
- stavy ústředny PZS.

Pro vizualizaci bylo zvoleno průmyslového PC, protože se předpokládá, že systém vizualizace je aktivní 24 hodin 7 dní v týdnu.

Vzdálený přístup je realizován vzdálenou plochou PC, na kterém je vizualizace spuštěna. Tím jsou splněny požadavky na vzdálený přístup za minimální náklady.

Samotná vizualizace je vytvořena ve SCADA systému ControlWeb 6.1 Demo. Tento SCADA systém byl vybrán, pro svou licenční možnost využívání software v demoverzi. Ideálním systémem by byl samotný SCADA systém od výrobce zařízení inteligentní elektroinstalace, avšak tento software není volně šiřitelný.

ControlWeb 6.1 Demo umožňuje vytvoření vizualizačního prostředí sestávajícího ze záložek, na kterých jsou umístěny jednotlivé funkce systému inteligentní elektroinstalace. Pro přehlednost jednotlivých funkcí je využito na pozadí každé záložky půdorysných schémat objektu.

Obsluha má možnost mezi těmito záložkami přepínat v závislosti na systému, který chce ovládat. Speciálním případem jsou upozornění na povětrnostní podmínky a pokles teploty v některé z místností na minimum. Ty jsou na monitoru zobrazovány prioritně.

Pro ukázkou byly z vizualizačního prostředí vybrány dvě funkce, a to ovládání a monitorování osvětlení 2. NP a upozornění na nepříznivé klimatické podmínky.

V Příloze P XV je zobrazena vizualizace osvětlení 2. NP objektu. Vybraná záložka umožňuje personálu na recepci ovládat osvětlení pomocí přepínačů zapnuto/vypnuto a zároveň zobrazuje stavy jednotlivých světelných zdrojů pomocí indikátoru. Ovládání jednotlivých světél je pro přehlednost umístěno na schématu půdorysu příslušného podlaží.





## 16 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Tato část diplomové práce se zabývá stanovením roční potřeby tepla na vytápění a ohřev TV a následného vyčíslení ročních nákladů na provoz těchto systémů. Jelikož byl v práci pro ohřev TV využit solární systém, byla hodnocena jeho využitelnost a také návratnost.

### 16.1 Náklady na vytápění a ohřev TV

#### 16.1.1 Roční potřeba tepla na ohřev TV

Takto stanovená roční potřeba tepla na ohřev TV nezahrnuje vliv solárního systému. Vliv solárního systému je zohledněn při stanovení výše nákladů na ohřev TV v kapitole 16.1.2.

Nejprve se určí denní potřeba tepla na ohřev TV  $Q_{TV,d}$  [kWh]:

$$\begin{aligned} Q_{TV,d} &= (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{3600} = \\ &= (1+0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4182 \cdot 8,4 \cdot (55-10)}{3600} = 658,57 \text{ kWh} \end{aligned} \quad (120)$$

kde  $z$  je koeficient energetických ztrát systému [-], pro rozvody v novostavbách  $z = \max. 0,5$ ;

$\rho$  hustota vody [kg/m<sup>3</sup>];

$c$  měrná tepelná kapacita vody [J/(kg·K)];

$V_{2p}$  celková potřeba teplé vody za 1 den [m<sup>3</sup>/den];

$\theta_1$  teplota studené vody [°C];

$\theta_2$  teplota ohřáté vody [°C].

Roční potřeba tepla na ohřev TV  $Q_{TV,r}$  [MWh/rok]:

$$\begin{aligned} Q_{TV,r} &= Q_{TV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TV,d} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_{svl}}{\theta_2 - \theta_{svz}} \cdot (N-d) \cdot 10^{-3} = \\ &= \left[ 658,57 \cdot 232 + 0,8 \cdot 658,57 \cdot \frac{55-15}{55-5} \cdot (365-232) \right] \cdot 10^{-3} = 208,85 \text{ MWh/rok} \end{aligned} \quad (121)$$

kde  $d$  je počet dnů otopného období v roce;

$\theta_{svl}$  teplota studené vody v létě [°C];

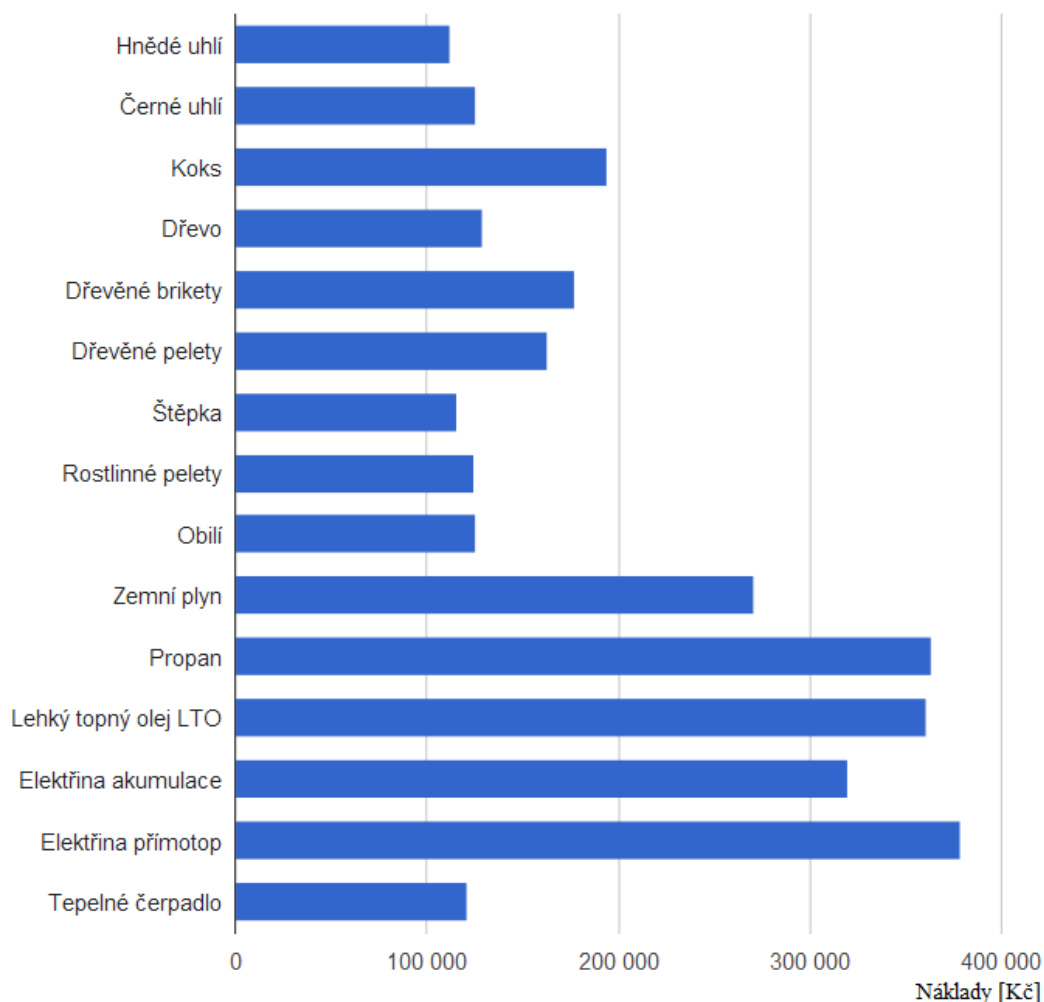
$\theta_{svz}$  teplota studené vody v zimě [°C];

$N$  počet pracovních dní soustavy v roce.

#### 16.1.1.1 Náklady na ohřev TV

Pro stanovení nákladů na ohřev TV a jejich porovnání podle druhu paliva byl použit online kalkulačka, který je umístěn na internetových stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [57].

Pro ohřev TV byl navržen běžný plynový kotel. Jelikož se na přípravě TV podílí 15% i solární systém, byla míra jeho podílu zahrnuta do výpočtu nákladů. Množství spotřebovaného zemního plynu pro ohřev TV tak činí 16 090 m<sup>3</sup>/rok, tj. 169 721 kWh/rok při účinnosti plynového kotle cca 90 %. Pro další výpočty bude uvažována hodnota  $Q_{TV,r} = 169,72$  MWh/rok, jenž zahrnuje vliv solárního systému. S cenou zemního plynu 1,57 Kč/kWh, je orientační výše nákladů na ohřev TV za rok 266 460 Kč.



Obr. 25 – Porovnání nákladů na ohřev TV podle druhu paliva. [57]

### 16.1.2 Roční potřeba tepla pro vytápění

Pro stanovení roční potřeby tepla se nejčastěji užívá tzv. denostupňová metoda.

$$D = d \cdot (\theta_{is} - \theta_{es}) = 232 \cdot (19 - 4) = 3480 \text{ K} \cdot \text{den} \quad (122)$$

kde  $d$  je počet dnů otopného období v roce;

$\theta_{is}$  průměrná vnitřní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ], pro obytné budovy se uvažuje 18,2 až 19,1  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\theta_{es}$  střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Opravný součinitel  $\varepsilon$  [-]:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85 \quad (123)$$

kde  $e_i$  je nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem, volí se v rozmezí 0,8 až 0,9;

$e_t$  snížení teploty v místnosti během dne, pro budovy, kde je požadován 100 % výkon otopné soustavy po celých 24 hodin se volí 1;

$e_d$  zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu, pro budovy se sedmidenním provozem se volí 1.

Roční potřeba tepla pro vytápění  $Q_{VYT,r}$  [MWh/rok]:

$$\begin{aligned} Q_{VYT,r} &= \frac{\varepsilon}{\eta_o - \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(\theta_{is} - \theta_e)} \cdot 10^{-3} = \\ &= \frac{0,9}{1 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 78,28 \cdot 3480}{19 - (-12)} \cdot 10^{-3} = 199,8 \text{ MWh/rok} \end{aligned} \quad (124)$$

kde  $\eta_o$  je účinnost obsluhy a možnosti regulace soustavy [-], pro plynovou kotelnu se volí 1;

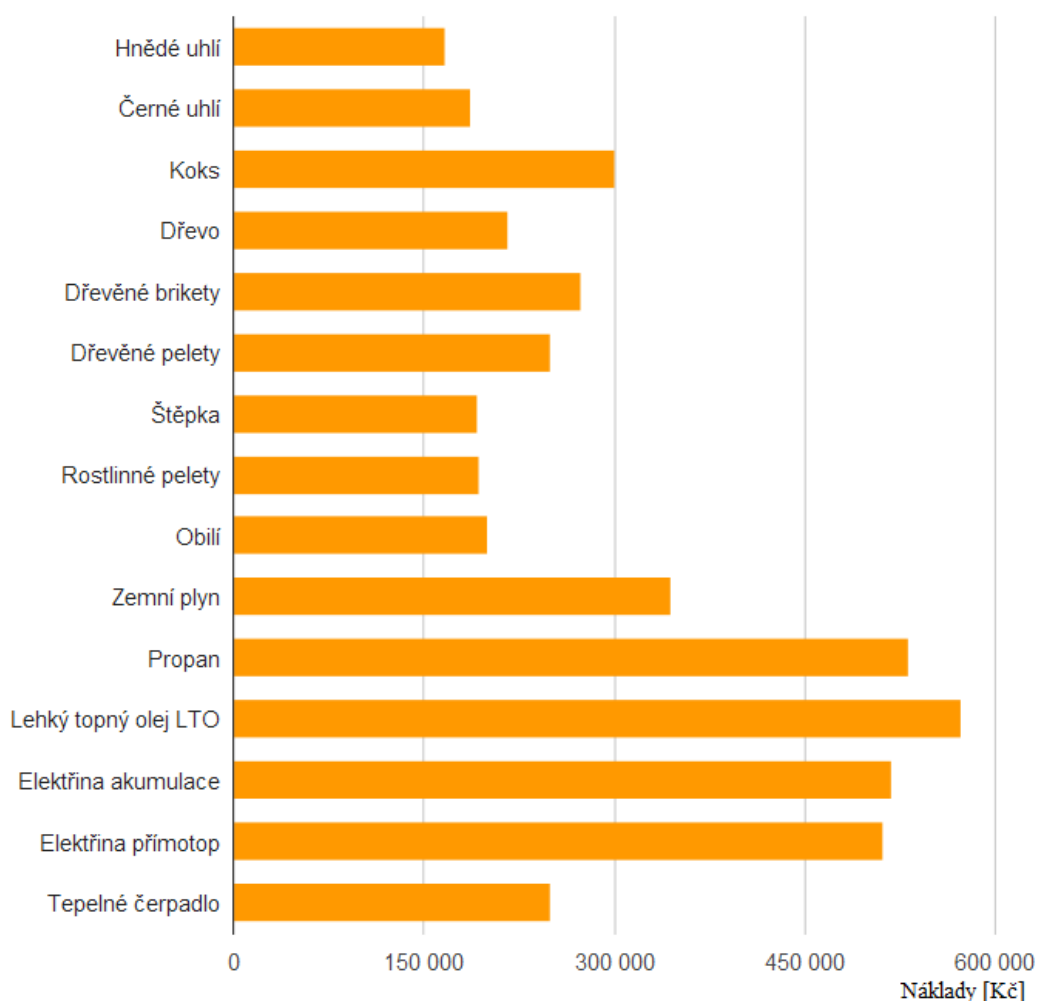
$\eta_r$  účinnost rozvodu vytápění [-], volí se v rozmezí 0,95 - 0,98;

$Q_c$  tepelná ztráta objektu [kW].

#### 16.1.2.1 Náklady na vytápění

Pro stanovení nákladů na vytápění a jejich porovnání podle druhu paliva byl použit online kalkulačka, který je umístěn na internetových stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [57].

Pro vytápění byly navrženy 3 kondenzační kotle. Množství spotřebovaného zemního plynu stanovené kalkulátorem pro vytápění činí 20 420 m<sup>3</sup>/rok, tj. 215 436 kWh/rok při účinnosti kondenzačního kotle cca 100 %. Hodnota stanovená tímto kalkulátorem se liší od hodnoty stanovené výše uvedeným postupem. To může být zapříčiněno jiným algoritmem výpočtu použitého programu. Pro další výpočty bude uvažována hodnota  $Q_{\text{vYT},r} = 215,44$  MWh/rok. Při ceně zemního plynu 1,57 Kč/kWh, je orientační výše nákladů pro vytápění za rok 338 240 Kč.



Obr. 26 – Porovnání nákladů pro vytápění podle druhu paliva. [57]

### 16.1.3 Roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev TV

Roční potřeba tepla  $Q_r$  [MWh/rok] je množství energie dodané do hodnoceného objektu za jeden rok.

$$Q_r = Q_{\text{vYT},r} + Q_{\text{TV},r} = 215,44 + 169,72 = 385,16 \text{ MWh/rok} \quad (125)$$

kde  $Q_{\text{vYT},r}$  je roční potřeba tepla pro vytápění [MWh/rok];

$Q_{TV,r}$  roční potřeba tepla pro ohřev TV [MWh/rok].

Celkové náklady na vytápění a ohřev teplé vody za rok činí 604 701 Kč.

## 16.2 Zhodnocení využití solárního systému pro ohřev TV

Pořizovací cena solárního systému pro ohřev TV činí odhadem 760 000 Kč. Náklady na provoz solárního systému jsou vypočteny z příkonu čerpadla v solárním okruhu a není uvažováno s náklady na údržbu a opravy. Při příkonu čerpadla  $P = 26$  W, uvažované délce chodu 3000 h/rok a ceně elektrické energie 4,6 Kč/KWh činí náklady na provoz 360 Kč/rok. Vypočtené náklady na provoz jsou v porovnání se zisky solárního systému dále zanedbány.

Měrný roční zisk kolektoru dosahuje 650 kWh/m<sup>2</sup>. Při solárním zisku soustavy 23 463 kWh/rok, ceně 1,57 Kč/kWh zemního plynu a účinnosti plynového kotle 90%, lze roční úsporu na ohřev TV vyčíslit na 40 930 Kč. Tabulka (Tab. 67) shrnuje výsledky návratnosti solárního systému bez příspěvku z podpůrného dotačního programu Zelená úsporám, které byly získány výpočtem pomocí online kalkulatoru, jenž je umístěn na internetových stránkách [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [58]. Při uvažované životnosti kolektoru 25 let dojde při návratnosti 12,8 let k ziskům, a investice se tedy jeví jako ekonomicky rentabilní.

Tab. 67 – Návratnost solárního systému. [58]

Celkový využitý zisk soustavy	23 463 kWh/rok	Cena energie	1,57 Kč/kWh
Investiční náklady na solární systém	760 000 Kč	Účinnost zdroje	90 %
Investice s dotací	760 000 Kč	Roční úspora	40 930 Kč/rok
Diskontní míra	5 %	<b>Prostá doba návratnosti</b>	<b>18,6 let</b>
Tempo růstu cen energie	10 %	<b>Diskontovaná doba návratnosti</b>	<b>12,8 let</b>

Orientační hodnotu celkové dotace, kterou lze získat v programu „Zelená úsporám“, je možné stanovit online kalkulatorem umístěným na internetových stránkách [www.zelenausporam.cz](http://www.zelenausporam.cz) [59]. Maximální možná výše dotace pro novostavbu bytového domu o 20 bytových jednotkách je rovna 515 000 Kč. V případě schválené maximální výše dotace by diskontovaná doba návratnosti činila 5,1 let.

## ZÁVĚR

Výsledkem práce je návrh integrovaných systémů tvorby mikroklimatu v objektu penzionu pro seniory, zahrnující systém jejich řízení a monitorování. Návrh je zaměřen na nejvyšší možný komfort obyvatel objektu. Práci tvoří dvě hlavní části, a to teoretická část a rozsáhlejší praktická část.

V teoretické části byly popsány druhy energeticky úsporných budov a možné způsoby tvorby mikroklimatu se zaměřením na systém vytápění a dále možnost využití obnovitelného zdroje energie v podobě solárního systému pro ohřev teplé vody. Závěr teoretické části se zabývá automatizací budov, kde je uveden popis nejčastěji používaných komunikačních sběrnic a protokolů.

Úvod praktické části tvoří komplexní tepelně technické posouzení objektu zahrnující posouzení obvodových konstrukcí, místností a celého objektu. Při stanovení nevyhovujících vlastností stavební konstrukce, na základě uvažovaných kritérií, byla její skladba upravena tak, aby splňovala hodnoty stanovené příslušnou normou. Po ověření požadavku na tepelnou stabilitu místnosti v zimním období se došlo k závěru, že při maximální přípustné délce otopné přestávky 2,67 h není reálné otopnou přestávku provádět, a objekt bude tedy nepřetržitě vytápěn. Požadavky na tepelnou stabilitu místnosti v letním období lze splnit pouze tehdy, když budou předokenní žaluzie zatažené a místnost bude větrána. Na základě tohoto výsledku bylo rozhodnuto, že systém chlazení není v objektu nutný. Na závěr byl pro objekt jako celek vypočten průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em} = 0,31 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , na jehož základě byl vypracován energetický štítek obálky budovy a hodnocený objekt zařazen do klasifikační třídy B – úsporná.

Stěžejní částí práce je návrh otopné soustavy. Před vlastním návrhem systému vytápění bylo nutné provést výpočet tepelných ztrát objektu s výsledkem celkového tepelného výkonu  $\Phi_{HL} = 71,5 \text{ kW}$ . Zdrojem tepla pro otopný systém jsou 3 kondenzační kotle zapojené do kaskády o celkovém jmenovitém výkonu 90 kW.

Výsledkem části práce zabývající se přípravou teplé vody je stanovení velikosti zásobníku  $V_z = 1,61 \text{ m}^3$  a jmenovitého výkonu ohřevu  $\Phi_{In} = 19,83 \text{ kW}$ . Příprava teplé vody je řešena jako samostatná tepelná soustava s vlastním zdrojem tepla v podobě plynového kotle o jmenovitém výkonu 24 kW. Na přípravě teplé vody se podílí solární systém.

Pro kotelnu III. kategorie, umístěné v samostatné místnosti stavby v 1. PP, bylo řešeno větrání a odvod spalin. Taktéž byla navržena vybraná zařízení, a to termohydraulický rozdělovač, oběhová čerpadla jednotlivých tepelných soustav a zabezpečovací zařízení zdrojů tepla v podobě expanzní nádoby a pojistného ventilu.

Další kapitola praktické části práce se zabývá návrhem poplachového zabezpečovacího systému. Na základě bezpečnostního posouzení objektu byl stanoven rozsah systému a zvoleny vhodné komponenty. Objektu byl přidělen stupeň zabezpečení 2 – nízké až střední riziko. Instalované komponenty odpovídají třídě prostředí II – vnitřní všeobecné a třídě prostředí IV – venkovní všeobecné. Byl také zpracován návrh řešení systému.

V rámci problematiky požární bezpečnosti stavby byl objekt rozčleněn do požárních úseků, z nich každý nese požární riziko. Pro evakuaci osob byly navrženy 3 nechráněné únikové cesty. K efektivnímu provedení protipožárního zásahu byla navržena zařízení pro protipožární zásah v podobě hasicích přístrojů, vnějších a vnitřních odběrových míst pro zásobování objektu požární vodou. Pro detekci a signalizaci bylo navrženo požárně bezpečnostní zařízení v podobě kombinovaného detektoru kouře a teploty.

Navržená inteligentní elektroinstalace umožňuje řízení teploty, předokenních žaluzií a osvětlení jednotlivých místností. Do řízení instalovaných zdrojů tepla a solárního systému pro ohřev teplé vody není inteligentním řídicím systémem zasahováno, mají vlastní regulaci. Vybrané funkce řídicího systému je možno monitorovat a ovládat prostřednictvím vizualizace umístěné na průmyslovém PC, jenž je připojen ke sběrnici inteligentní elektroinstalace KNX pomocí sítě Ethernet. Vzdálený přístup je realizován vzdálenou plochou PC, na kterém je vizualizace spuštěna.

Diplomovou práci uzavírá ekonomické hodnocení. S cenou zemního plynu 1,57 Kč/kWh, je orientační výše nákladů na ohřev teplé vody za rok 266 460 Kč a pro vytápění za rok 338 240 Kč. Jelikož je v práci pro ohřev teplé vody využit solární systém, byla hodnocena jeho využitelnost a také návratnost. Při solárním zisku soustavy 23 463 kWh/rok, lze roční úsporu na ohřev teplé vody vyčíslit na 40 930 Kč. Při investičních nákladech na solární systém ve výši 760 000 Kč je diskontovaná doba návratnosti 12,6 let. Při uvažované životnosti kolektoru 25 let dojde k ziskům a investice se tedy jeví jako ekonomicky rentabilní. Dále byla rozebrána možnost čerpání příspěvku z podpůrného dotačního programu Zelená úsporám. Při využití maximální možné výše příspěvku 515 000 Kč klesá diskontovaná doba návratnosti na 5,1 let.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The outcome of the thesis is a project of a microclimate in a retirement house, covering both controlling and monitoring systems. It is focused on the highest possible level of comfort for the residents. The thesis is formed of two parts, a theoretical part and more extensive practical part.

The theoretical part describes types of energy saving buildings and possible ways of microclimate creation, focusing mainly on the heating system and the possibilities of using renewable energy sources for water heating. The end of the theoretical part deals with automatization of buildings. The description of the most common protocols and buses is covered.

The beginning of the practical part covers complex thermal-technical assessment of the building, taking into account the peripheral walls, rooms and the building as a whole. After stating the unsuitable attributes of the construction and given the criteria, was the structure adjusted to meet the regulation requirements. Having verified the requirements for thermal stability in the winter period and considering the maximum heating break the conclusion is that the heating break cannot be achieved and the building must be heated unceasingly. The requirements for thermal stability in the summer period can only be achieved if the blinds are down and the room is ventilated. Therefore the cooling system is not necessary. In the end has been calculated average heat transfer coefficient with the result  $U_{em} = 0.31 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Based on this the building has been classified as B – economical.

Core of the thesis is a draft of the heating system. It was necessary to make the calculation of thermal losses with the result of total heating output  $\Phi_{HL} = 71.5 \text{ kW}$  before the draft itself was executed. The sources of heating are 3 condensation boilers connected to cascade of total output of 90kW.

The outcome of the part dealing with the preparation of water heating is to determine the size of the container  $V_z = 1.61 \text{ m}^3$  with the total output  $\Phi_{ln} = 19.83 \text{ kW}$ . The water heating is designed as an individual system with its own source of heating formed of gas boiler with the output of 24kW. Solar panels are involved in the water heating process.

The solution for air ventilation and piping the combustion products away from the boiler room of III. category in the 1. floor underground of the building was solved. Selected



devices as thermo-hydraulic distributor, circulation pumps for individual thermal systems and protection devices such as expansion contained and safety valve were designed.

Another chapter of the practical part deals with the intruder alarm system. Based on security assessment of the building the extent of the intruder alarm system and the suitable components of the system were chosen. The building was given degree 2 of security – low and medium risk. The installed components correspond with the II environment – internal general, and the IV environment – external general. A draft of the security system was processed.

Within the scope of fire safety the building was divided into fire security sections, each one with a risk of fire. Three unprotected fire exits were designed for evacuation. Devices for efficient fire action have been designed in the form of fire extinguishers and inner and outer water supply possibilities. A device in the form of combined fire and smoke detector was designed for the signalization of a fire hazard.

The designed intelligent electrical wiring allows control of the temperature, blinds and lightings of the individual rooms. The heating systems are not controlled by the intelligent controlling system, they are managed separately. It is possible to monitor and control selected functions of the controlling system via visualization on PC, connected to the bus of the intelligent electrical wiring KNX through Ethernet network. Remote control is realised on a screen of a distant PC, which runs the visualization.

The thesis is concluded with the economical assessment. The approximate price (given the price of gas 1.57 CZK/kWh) for water heating is 266 460 CZK annually and for general heating 338 240 CZK. As the solar energy is used in the project for heating, the usability and payback period were assessed. With the solar outcome of 23 463 kWh/year the annual savings for water heating are 40 930 CZK. The cost of investment is 760 000 CZK and the payback period 12.6 years. Assuming the durability of the collector the investment is efficient. With the possibility of grant from a supporting grant program “Zelená úsporám” the payback time decreases to 5.1 years.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VAVERKA, Jiří. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Vyd. 1. Brno: VUTUM, 2006, 648 s. ISBN 80-214-2910-0.
- [2] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 193 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [3] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2011, 56 s.
- [4] URBAN, Miroslav a Karel KABELE. Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti budov od 1. dubna 2013. In: *tzb-info* [online]. 8. 4. 2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>.
- [5] RUBINA, Aleš. Vzduchotechnika: Úvod do předmětu, mikroklima budov, vlhký vzduch a jeho úpravy. In: *Fakulta stavební* [online prezentace]. Brno: Vysoké učení technické, ©2013 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubanova.o/prednasky/VZT01.pdf>.
- [6] POČINKOVÁ, Marcela. *Úsporný dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2004, x, 183 s. ISBN 80-865-1796-9.
- [7] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *Klimatizace a větrání*. 1. vyd. Brno: ERA, 2004, 117 s. Stavíme. ISBN 80-865-1730-6.
- [8] HIRŠ, Jiří a Olga RUBINOVÁ. *TZB-Vzduchotechnika: Základy mikroklimatu budov* [elektronická skripta]. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební ©2005 [cit. 2013-04-30]. Po bezplatné registraci a přihlášení je plný text dostupný z: <http://www.unium.cz/>.
- [9] ČSN EN ISO 8996. *Ergonomie tepelného prostředí - Určování metabolismu*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 28 s.
- [10] ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 48 s.
- [11] PETRÁŠ, Dušan et al. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.

- [12] Vyhláška č. 6/2003 Sb. kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. In: *Sbírka zákonů č.4/2003*. 2003. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy>.
- [13] CENTNEROVÁ, Lada. Tepelná pohoda a nepohoda. In: *tzb-info* [online]. 13. 12. 2000 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>.
- [14] JANOTKOVÁ, Eva. *Technika prostředí* [elektronická skripta]. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, ©2010 [cit. 2013-03-13]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/technikaprostredi/SylabyTP6.pdf>.
- [15] ZMRHAL, Vladimír. Stanovení střední radiační teploty. In: *tzb-info* [online]. 22. 2. 2006 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3072-stanoveni-stredni-radiacni-teploty-i>.
- [16] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: *Sbírka zákonů č. 111/2007*. 2007. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-vlady-c-361-2007-sb-kterym-se-stanovi-podminky-ochrany-zdravi-pri-praci>.
- [17] SMOLÍK, Jan. *Technika prostředí*. 1. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985, 317 s.
- [18] Nařízení č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: *Sbírka zákonů č. 97/2011*. 2011. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-c-272-2011-sb-o-ochrane-zdravi-pred-nepriznivymi-ucinky-hluku-a-vibraci>.
- [19] ČSN EN 12464-1. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 56 s.
- [20] JUNKERS. *Projekční podklady: Tepelná solární technika Junkers* [online]. 2010 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: [http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/projek\\_n\\_podklady/sol\\_rn\\_syst\\_my\\_1/sk\\_solrsystmy\\_2011.pdf](http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/projek_n_podklady/sol_rn_syst_my_1/sk_solrsystmy_2011.pdf).

- [21] BAŠTA, Jiří a Ondřej HOJER. *Sálavé a průmyslové vytápění pro IB* [elektronická skripta]. Praha: České vysoké učení technické, Fakulta strojní, 2009 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~bastajir/Basta\\_Hojer\\_Salave\\_a\\_prumyslove\\_vytapeni.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~bastajir/Basta_Hojer_Salave_a_prumyslove_vytapeni.pdf).
- [22] TREUOVA, I. Otopné soustavy. In: *Fakulta stavební* [online prezentace]. Brno: Vysoké učení technické, ©2006 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/>.
- [23] ČSN 730540-4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 60 s.
- [24] ČSN 730540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 96 s.
- [25] MATZ, Václav. Systémy používané v "inteligentních" budovách - přehled komunikačních protokolů. In: *tzb-info* [online]. 25.10.210 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6879-systemy-pouzivane-v-inteligentnich-budovach-prehled-komunikacnich-protokolu>.
- [26] HOLUB, Jiří. *Řízení osvětlení pomocí protokolu DALI v sběrnicovém systému KNX*. Brno, 2011. 57 s. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/7777/Hlavn%C3%AD%20dokument.pdf?sequence=2>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky.
- [27] Technické informace o KNX / EIB systému. In: *Somfyarchitecture.cz* [online]. ©2011 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: [http://www.somfyarchitecture.cz/downloads/buildings/technicke\\_informace\\_o\\_knx\\_systemu.pdf](http://www.somfyarchitecture.cz/downloads/buildings/technicke_informace_o_knx_systemu.pdf).
- [28] KUNC, Josef. ABB EPJ: Topologické uspořádání systémové instalace. In: *Elektrika.cz* [online]. 17. 1. 2006 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-12-03.6773500920>.
- [29] KOLAŘÍK, Martin. *Testování a případná úprava řídicího softwaru pro sběrnicový systém KNX*. Zlín, 2009. 105 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Ústav aplikované informatiky.
- [30] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 76 s.

- [31] POČINKOVÁ, Marcela. Otopné soustavy. In: *Fakulta stavební* [online prezentace]. Brno: Vysoké učení technické, ©2004 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni\\_soubory/BT01\\_P3.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_P3.pdf)
- [32] ČSN 061101. *Otopná tělesa pro ústřední vytápění*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 32 s.
- [33] RADIK výběr tělesa a přepočet tepelných výkonů: Program pro přepočet tepelných výkonů RADIK. In: *KORADO* [online]. © 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://www.korado.cz/cs/softwarova\\_podpora/program\\_pro\\_prepocet\\_tepelnych\\_vykonu\\_radik.shtml](http://www.korado.cz/cs/softwarova_podpora/program_pro_prepocet_tepelnych_vykonu_radik.shtml).
- [34] POČINKOVÁ, Marcela. Vytápění: Návrh otopných těles. In: *Fakulta stavební* [online prezentace]. Brno: Vysoké učení technické, ©2004 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni\\_soubory/BT01\\_C4.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_C4.pdf).
- [35] KKH. *Projekční a montážní podklady: Systémy podlahového vytápění* [online]. ©2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: [http://www.voda-topeni-plyn.eu/userfiles/file/Gabotherm/N%C3%A1vod\\_Podlahove%20vytapeni%2001\\_2012%20\(1\).pdf](http://www.voda-topeni-plyn.eu/userfiles/file/Gabotherm/N%C3%A1vod_Podlahove%20vytapeni%2001_2012%20(1).pdf).
- [36] TA HYDRONICS. *Regulační ventily: pro podlahové vytápění* [online]. ©2011 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.tahydronics.com/cs/produkty-a-eeni/technicka-dokumentace/>.
- [37] ČSN 060320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Český normalizační institut: Praha, 2006, 20 s.
- [38] Projektanti: Software ke stažení. In: *JUNKERS* [online]. ©2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://www.junkers.cz/pro\\_odborniky/projektanti/sw\\_ke\\_stazeni/sw\\_stazeni](http://www.junkers.cz/pro_odborniky/projektanti/sw_ke_stazeni/sw_stazeni).
- [39] Katalogový list: Tipex, nerezové akumulční nádrže. In: *Thermotip* [online]. ©2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://www.thermotip.com/produkty/data/tipex-katalog\\_list-txi-dsf-cz.pdf](http://www.thermotip.com/produkty/data/tipex-katalog_list-txi-dsf-cz.pdf).
- [40] ČSN 060310. *Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 20 s.

- [41] JUNKERS. *Projekční podklady: Plynový závěsný kondenzační kotel CERAPURCOMFORT* [online]. ©2011 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: [http://www.junkers.cz/pro\\_odborniky/dokumentace/proj\\_podklady/projekcni\\_podklady\\_3](http://www.junkers.cz/pro_odborniky/dokumentace/proj_podklady/projekcni_podklady_3).
- [42] ČSN 070703. *Kotelny se zařízeními na plynná paliva*. Praha: český normalizační institut, 2005, 20 s.
- [43] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. *Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001, 208 s. Sešit projektanta - pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-020-1466-9.
- [44] POČINKOVÁ, Marcela. Vytápění: Návrh expanzního zařízení. In: *Fakulta stavební* [online prezentace]. Brno: Vysoké učení technické, ©2004 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni\\_soubory/BT01\\_C10.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_C10.pdf).
- [45] Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla. In: *tzb-info* [online]. ©2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocety/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla>.
- [46] POČINKOVÁ, Marcela. Vytápění: Větrání kotelny a řešení odvodu spalin. In: *Fakulta stavební* [online prezentace]. Brno: Vysoké učení technické, ©2004 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni\\_soubory/BT01\\_C11.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_C11.pdf).
- [47] ČSN CLC/TS 50131-7. *Poplachové systémy - Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy - Část 7: Pokyny pro aplikace*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 48 s.
- [48] ČSN EN 50131-1. *Poplachové systémy - Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy - Část 1: Systémové požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 40 s.
- [49] KONIG, Petr a Josef KUNC. Integrace prvků zabezpečovacích systémů do systémové elektroinstalace KNX. In: *Odbornecasopisy.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/PRAGOSMART\\_2012/ABB-KNX\\_Pragosmart\\_2012.pdf](http://odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/PRAGOSMART_2012/ABB-KNX_Pragosmart_2012.pdf).

- [50] ČSN 730835. *Požární bezpečnost staveb - Budovy zdravotnických zařízení a sociální péče*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 28 s.
- [51] ČSN 730802. *Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009, 122 s.
- [52] BRADÁČOVÁ, Isabela. *Požární bezpečnost staveb: nevýrobní objekty*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010, 228 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-86111-77-3.
- [53] ČSN 730873. *Požární bezpečnost staveb - Zásobování požární vodou*. Praha: Český normalizační institut, 2003, 32 s.
- [54] sJUNKERS. *Instalační návod: ICM* [online]. ©2008 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/instalacni\\_navod.pdf](http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/instalacni_navod.pdf).
- [55] JUNKERS. *Instalační návod: IPM2* [online]. ©2008 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [https://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/instalacni\\_navod.pdf](https://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/instalacni_navod.pdf).
- [56] JUNKERS. *Instalační návod: ISM1, ISM2* [online]. ©2008 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/instalacni\\_navod.pdf](http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/instalacni_navod.pdf).
- [57] Porovnání nákladů na vytápění tzb-info: Výpočet a grafické porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii v budovách. In: *tzb-info* [online]. ©2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>.
- [58] MATUŠKA, Tomáš a Zdeněk REINBERK. Návrh solární tepelné soustavy. In: *tzb-info* [online]. ©2010 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/134-navratnost-solarni-tepelne-soustavy>.
- [59] Jednoduchá dotační kalkulačka. In: *Zelená úsporám* [online]. ©2009 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.zelenausporam.cz/sekce/580/jednoducha-dotacni-kalkulacka/%5d/>.
- [60] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Vyd. 3. [S.l.: s.n.], 2006, 313s. ISBN 80-902-9382-4.

- [61] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [62] JELÍNEK, Vladimír. *Technická zařízení budov: podklady pro projekty*. 2. přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 158 s., [1] příl. ISBN 80-010-2887-9.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

BACnet	Building Automation and Control Networks.
CD	Compact Disk.
ČR	Česká republika.
ČSN	České technické normy.
DN	Diameter Nominal.
EIB	European Installation Bus.
EM	Elektromagnetické.
EN	European Norm.
EPS	Elektronická požární systém.
IEC	International Electrotechnical Commission.
IP	Internet Protocol.
ISO	International Organization for Standardization.
J	Jih.
JV	Jihovýchod.
JZ	Jihozápad.
KNX	Otevřený sběrníkový systém.
LAN	Local Area Network.
LCD	Liquid Crystal Display.
LON	Local Operating Network.
MR	Manometrická rovina.
MS/TP	Master-Slave/TokenPassing.
MW	Microwave.
MZS	Mechanický zábranný systém.
NP	Nadzemní podlaží.
NPK-P	Nejvyšší přípustná koncentrace.
NTC	Negative Temperature Coefficient.
NÚC	Nechráněná úniková cesta.
OSI	Open Systems Interconnection reference model.
PBZ	Požárně bezpečnostní zařízení.
PC	Personal Computer.
PD	Percentage Dissatisfied.
PEL	Přípustný expoziční limit.
PENB	Průkaz energetické náročnosti budov.

PIR	Passive Infrared.
PL	Power Line.
PLC	Programmable Logic Controller.
PM	Particulate matter.
PMV	Predicted Mean Vote.
PP	Podzemí podlaží.
PPC	Přijímací poplachové centrum.
PPD	Predicted Percentage Dissatisfied.
PTS	Poplachový tísňový systém.
PÚ	Požární úsek.
PZS	Poplachový zabezpečovací systém.
PZTS	Poplachový zabezpečovací a tísňový systém.
RF	Radio frequency.
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition.
SSHZ	Samočinné stabilní hasicí zařízení.
THR	Termohydraulický rozdělovač.
TP	Twisted Pair.
TV	Teplá voda.
TZB	Technické zařízení budov.
V	Východ.
VK	Ventil Kompakt.
WiFi	Wireless Fidelity.
Z	Západ.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Faktory, které se podílí na tvorbě vnitřního prostředí. [7, s. 2] .....	22
Obr. 2 – Vztahy mezi indexy <i>PMV</i> a <i>PPD</i> . [10, s. 10] .....	28
Obr. 3 – Útlumové charakteristiky filtrů A, B, C. [14, s. 70] .....	33
Obr. 4 – Průměrné množství sluneční energie v ČR. [21, s. 4] .....	37
Obr. 5 – Dvoutrubková otopná soustava s horizontálním rozvodem k otopným tělesům: a) protiproudá, b) souproudá (Tichelmann). [22] .....	40
Obr. 6 – Topologické uspořádání KNX instalace. [28] .....	51
Obr. 7 – Východní pohled na objekt. ....	54
Obr. 8 – Západní podhled na objekt. ....	54
Obr. 9 – Posuzovaná místnost (tepelná stabilita zimní období). ....	63
Obr. 10 – Posuzovaná místnost (tepelná stabilita letní období). ....	65
Obr. 11 – Průběh vnitřní a vnější teploty pro variantu I – 3, okna trvale otevřena z 10 % .....	66
Obr. 12 – Volba rozměrů těles. [31] .....	73
Obr. 13 – Součinitel pro umístění tělesa v místnosti. [31] .....	76
Obr. 14 – Odběrový diagram. ....	89
Obr. 15 – Výsledek simulace programu Junkers Solarsimulation. [38] .....	92
Obr. 16 – Doporučené velikosti THR. [43, s. 162] .....	97
Obr. 17 – Schéma větrání kotelny. [46] .....	104
Obr. 18 – Umístění PZS a detektoru kouře v pokoji pro seniory. ....	111
Obr. 19 – Svorkovnice modulu ICM. [54, s. 13] .....	118
Obr. 20 – Svorkovnice modulu IPM2. [55, s. 23] .....	118
Obr. 21 – Zapojení svorek modulu ISM1. [56, s. 71] .....	121
Obr. 22 – Hlavní linie KNX .....	125
Obr. 23 – Zapojení zařízení inteligentní elektroinstalace. ....	125
Obr. 24 – Výřez z vizualizace osvětlení. ....	128
Obr. 25 – Porovnání nákladů na ohřev TV podle druhu paliva. [57] .....	130
Obr. 26 – Porovnání nákladů pro vytápění podle druhu paliva. [57] .....	132

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 – Základní rozdělení budov s nízkou energetickou náročností dle potřeby energie na vytápění. [2, s. 40] .....	14
Tab. 2 – Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla, vnitřní teplota $\theta_{im} = 18 - 22$ °C. [3, s. 18] .....	15
Tab. 3 – Základní vlastnosti pasivních budov. [3, s. 41] .....	16
Tab. 4 – Přehled energetických potřeb zahrnutých do hodnocení primární energie pasivních budov. [3, s. 41] .....	17
Tab. 5 – Výběr požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla, vnitřní teplota $\theta_{im} = 18 - 22$ °C. [3, s. 13] .....	17
Tab. 6 – Základní požadavky na energeticky nulové budovy. [3, s. 43] .....	18
Tab. 7 – Přehled energetických potřeb zahrnutých do hodnocení primární energie energeticky nulové budovy. [3, s. 43] .....	19
Tab. 8 – Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy. [3, s. 52] .....	21
Tab. 9 – Úrovně pro stanovení metabolismu. [9, s. 7] .....	24
Tab. 10 – Metabolismus při různých činnostech. [10, s. 20] .....	24
Tab. 11 – Tepelná izolace některých typických kombinací oděvu. [10, s. 21] .....	25
Tab. 12 – Tepelná izolace součástí oděvu. [10, s. 22] .....	25
Tab. 13 – Relativní vlhkost vzduchu v obytných místnostech. [12, s. 123] .....	26
Tab. 14 – Rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech. [12, s. 123] .....	26
Tab. 15 – Sedmibodová stupnice tepelných pocitů. [13] .....	27
Tab. 16 – Kategorie tepelného prostředí. [10, s. 16] .....	29
Tab. 17 – Hodnoty součinitele A. [15] .....	30
Tab. 18 – Požadavky na výslednou teplotu kulového teploměru obytných místností. [12, s. 123] .....	30
Tab. 19 – Limitní hodinové koncentrace některých chemických ukazatelů ve vnitřním prostředí. [12, s. 124] .....	32
Tab. 20 – Vybrané návrhové úrovně osvětlenosti. [19, s. 33] .....	35
Tab. 21 – Tvorba prostředí soustavami TZB. [5] .....	36
Tab. 22 – Kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy. [3, s. 19] .....	42
Tab. 23 – Vybrané požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období. [3, s. 25] .....	44

Tab. 24 – Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období. [3, s. 26].....	45
Tab. 25 – Některé návrhové hodnoty činitele teplotní redukce. [24, s. 64].....	47
Tab. 26 – Průměrný vliv tepelných vazeb mezi konstrukcemi. [23, s. 58].....	47
Tab. 27 – Klimatické údaje. [30, s. 69].....	55
Tab. 28 – Minimální intenzita výměny vzduchu. [30, s. 64].....	55
Tab. 29 – Vybrané výpočtové vnitřní teploty v některých místnostech domovů důchodců. [30, s. 71] .....	56
Tab. 30 – Tepelně technické posouzení střešních plášťů na základě výkresové dokumentace.....	58
Tab. 31 – Tepelně technické posouzení střešních plášťů po úpravách.....	58
Tab. 32 – Tepelně technické posouzení obvodových stěn na základě výkresové dokumentace.....	59
Tab. 33 – Tepelně technické posouzení obvodových stěn po úpravách.....	59
Tab. 34 – Tepelně technické posouzení podzemních konstrukcí základě výkresové dokumentace.....	60
Tab. 35 – Tepelně technické posouzení podzemních konstrukcí po úpravách.....	60
Tab. 36 – Tepelně technické posouzení podlahových konstrukcí přilehlých k zemině na základě výkresové dokumentace. ....	61
Tab. 37 – Tepelně technické posouzení podlahových konstrukcí nad venkovním prostorem na základě výkresové dokumentace. ....	62
Tab. 38 – Tepelně technické posouzení podlahových konstrukcí nad venkovním prostorem po úpravě.....	62
Tab. 39 – Tepelně technické posouzení výplní otvorů. ....	63
Tab. 40 – Výsledky simulace pro jednotlivé varianty. ....	66
Tab. 41 – Přehled ploch obvodových stěn pro hodnocení objekt. ....	67
Tab. 42 – Energetický štítek obálky budovy. ....	68
Tab. 43 – Tepelné ztráty objektu. ....	69
Tab. 44 – Tlaková ztráta základního okruhu. ....	77
Tab. 45 – Výsledky návrhu trojcestného směšovacího ventilu. ....	79
Tab. 46 – Návrh oběhových čerpadel. ....	80
Tab. 47 – Tlaková ztráta základního okruhu. ....	84
Tab. 48 – Výsledky návrhu trojcestného směšovacího ventilu. ....	87

Tab. 49 – Návrh oběhových čerpadel. ....	87
Tab. 50 – Bilance potřeby TV a tepla pro domovy důchodců. [37, s. 19]. ....	88
Tab. 51 – Rozdělení potřeby vody v průběhu periody. ....	89
Tab. 52 – Návrh pojistného ventilu. ....	90
Tab. 53 – Vstupní parametry programu Junkers Solarsimulation. [38]. ....	91
Tab. 54 – Výsledek simulace programu Junkers Solarsimulation. [38] ....	92
Tab. 55 – Návrh oběhového čerpadla pro solární systém. ....	94
Tab. 56 – Parametry navrženého THR. ....	97
Tab. 57 – Návrh kotlových čerpadel (tepelná soustava pro vytápění). ....	98
Tab. 58 – Návrh kotlového čerpadla (tepelná soustava pro ohřev TV). ....	99
Tab. 59 – Návrh expanzní nádoby. ....	100
Tab. 60 – Návrh pojistného zařízení. ....	101
Tab. 61 – Úrovně střežení. [47, s. 31]. ....	108
Tab. 62 – Použité komponenty PZS. ....	111
Tab. 63 – Zapojení svorek modulů, kotelna – tepelná soustava pro vytápění. ....	119
Tab. 64 – Zapojení svorek modulů, solární systém a kotelna – tepelná soustava ohřevu TV. ....	121
Tab. 65 – Zařízení hlavní linie. ....	124
Tab. 66 – Zařízení použita v jednotlivých liniích. ....	126
Tab. 67 – Návratnost solárního systému. [58]. ....	133

## SEZNAM PŘÍLOH

- P I:        Soupis místností objektu.
- P II:        Skladba obvodových konstrukcí.
- P III:       Měrná tepelná ztráta a průměrný součinitel prostupu tepla.
- P IV:       Tepelné ztráty jednotlivých místností.
- P V:        Navržená otopná tělesa.
- P VI:        Rozvinuté schéma – západní okruh otopných těles.
- P VII:       Tlaková ztráta základního okruhu – otopná tělesa západ.
- P VIII:      Tlaková ztráta základního okruhu – otopná tělesa východ.
- P IX:       Návrh (výpočet) podlahového vytápění.
- P X:        Rozvaděče podlahového vytápění.
- P XI:        Tlaková ztráta základního okruhu – podlahové vytápění západ.
- P XII:       Tlaková ztráta základního okruhu – podlahové vytápění východ.
- P XIII:      Řídicí systém kotelny – tepelná soustava pro vytápění.
- P XIV:      Řídicí systém solárního systému a kotelny – tepelná soustava pro ohřev TV.
- P XV:       Vizualizace – osvětlení 2. NP.
- P XVI:      Vizualizace – upozornění na klimatické podmínky.

**SEZNAM PŘÍLOH NA PŘILOŽENÉM CD**

- P XVII: Zdrojový dokument – Půdorys 1. PP.
- P XVIII: Zdrojový dokument – Půdorys 1. NP.
- P XIX: Zdrojový dokument – Půdorys 2. NP.
- P XX: Zdrojový dokument – Půdorys 3. NP.
- P XXI: Zdrojový dokument – Střecha.
- P XXII: Zdrojový dokument – Řez D – D’.
- P XXIII: Zdrojový dokument – Pohled západní, jižní.
- P XXIV: Zdrojový dokument – Pohled východní, severní.
- P XXV: Návrh otopné soustavy 1. PP.
- P XXVI: Návrh otopné soustavy 1. NP.
- P XXVII: Návrh otopné soustavy 2. NP.
- P XXVIII: Návrh otopné soustavy 3. NP.
- P XXIX: Návrh PZS a EPS 1. PP.
- P XXX: Návrh PZS a EPS 1. NP.
- P XXXI: Návrh PZS a EPS 2. NP.
- P XXXII: Návrh PZS a EPS 3. NP.



## PŘÍLOHA P I: SOUPIS MÍSTNOSTÍ OBJEKTU.

Číslo místnosti	Popis	Plocha místnosti  $A$ [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti  $V$ [m <sup>3</sup> ]	Výpočtová vnitřní teplota  $\theta_{\text{int},i}$ [°C]	Intenzita výměny vzduchu  $n$ [1/h]
<b>1. PP</b>					
<b>0.01</b>	Sklad	22,8	57,68	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>0.02</b>	Schodiště	8,57	21,68	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>0.03</b>	Kotelna	22,23	56,24	15	0,5
<b>0.04</b>	Chodba	6,65	16,82	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>1. NP</b>					
<b>1.01</b>	Závětrí	6,28	-	- <sup>1)</sup>	-
<b>1.02</b>	Zádveří	8,45	21,97	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>1.03</b>	Hala	33,5	87,10	15	0,5
<b>1.04</b>	Chodba	55,29	143,75	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>1.05</b>	Chodba	45,34	117,88	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>1.06</b>	Schodiště	22,05	66,15	10	0,5
<b>1.07</b>	Osobní výtah	4,18	12,54	- <sup>1)</sup>	-
<b>1.08</b>	Předsíňka WC ženy	3,17	8,24	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>1.09</b>	WC ženy	8,29	21,55	20	0,5
<b>1.10</b>	WC invalidé	3,87	10,06	20	0,5
<b>1.11</b>	Předsíňka WC muži	3,17	8,24	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>1.12</b>	WC muži	4,64	12,06	20	0,5
<b>1.13</b>	Pokoj hostů	15,02	45,06	20	0,5
<b>1.14</b>	Sprcha, WC	3,6	9,36	24	1,5
<b>1.15</b>	Kancelář	23,88	71,64	20	1
<b>1.16</b>	Kancelář	23,88	71,64	20	1
<b>1.17</b>	Kancelář	24,38	73,14	20	1
<b>1.18</b>	Kuchyňka	11,68	35,04	20	1,5
<b>1.19</b>	WC	3,05	7,93	20	0,5
<b>1.20</b>	Kancelář	30,82	92,46	20	1

Číslo místnosti	Popis	Plocha místnosti  $A$ [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti  $V$ [m <sup>3</sup> ]	Výpočtová vnitřní teplota  $\theta_{\text{int},i}$ [°C]	Intenzita výměny vzduchu  $n$ [1/h]
<b>1. NP</b>					
<b>1.21</b>	Školící místnost	77,09	231,27	20	2
<b>1.22</b>	Schodiště	12,21	36,63		0,5
<b>1.23</b>	Sklad čistého prádla	11,72	35,16	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>1.24</b>	Žehlárna	18,41	55,23	20	1,5
<b>1.25</b>	Sušárna	30,86	92,58	24	1,5
<b>1.26</b>	Prádelna	30,86	92,58	24	1,5
<b>1.27</b>	Sklad	15,12	45,36	15	0,5
<b>1.28</b>	Sklad špinavého prádla	11,33	33,99	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>1.29</b>	Úklid	3,2	9,60	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>1.30</b>	Lůžkový výtah	6,67	19,66	- <sup>1)</sup>	
<b>1.31</b>	Šatna	56,01	168,03	20	2
<b>1.32</b>	Umývárna	7,56	19,66	24	1,5
<b>1.33</b>	WC	1,78	4,63	20	0,5
<b>1.34</b>	Sprcha	4,3	11,18	24	1,5
<b>1.35</b>	Sklad	2,45	7,35	15	0,5
<b>1.36</b>	Venkovní schodiště	11,61	-	-	-
<b>1.37</b>	Nad-krytý vstup	23,71	-	-	-
<b>2. NP</b>					
<b>2.01</b>	Hala	50,63	131,64	15	0,5
<b>2.02</b>	Schodiště	22,05	66,15	10	0,5
<b>2.03</b>	Sklad	2,45	7,35	15	0,5
<b>2.04</b>	Osobní výtah	4,18	12,54	- <sup>1)</sup>	-
<b>2.05</b>	Hygienická očista	24,86	64,64	24	1,5
<b>2.06</b>	Chodba	78,22	203,37	15	0,5
<b>2.07</b>	Chodba	4,14	10,76	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>2.08</b>	WC	1,79	4,65	20	0,5

Číslo místnosti	Popis	Plocha místnosti  $A$ [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti  $V$ [m <sup>3</sup> ]	Výpočtová vnitřní teplota  $\theta_{\text{int},i}$ [°C]	Intenzita výměny vzduchu  $n$ [1/h]
<b>2. NP</b>					
<b>2.09</b>	Úklid	3,64	9,46	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>2.10</b>	Umývárna mís	9,06	23,56	24	1,5
<b>2.11</b>	Sklad špinavého prádla	7,29	18,95	20	0,5
<b>2.12</b>	WC invalidé	4,04	10,50	20	0,5
<b>2.13</b>	Sesterna	25,27	65,70	20	0,5
<b>2.14</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.15</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>2.16</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.17</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>2.18</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.19</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>2.20</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.21</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>2.22</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.23</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>2.25</b>	Společenská místnost	32,17	96,51	20	2
<b>2.26</b>	Zimní zahrada	14,11	42,33	20	0,5
<b>2.27</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.28</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>2.29</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.30</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>2.31</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.32</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>2.33</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.34</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>2.35</b>	Pokoj	23,97	71,91	20	0,5
<b>2.36</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5

Číslo místnosti	Popis	Plocha místnosti  $A$ [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti  $V$ [m <sup>3</sup> ]	Výpočtová vnitřní teplota  $\theta_{\text{int},i}$ [°C]	Intenzita výměny vzduchu  $n$ [1/h]
<b>2. NP</b>					
<b>2.37</b>	Lůžkový výtah	6,67	19,66	- <sup>1)</sup>	-
<b>2.38</b>	Sklad prádla	5,19	15,57	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>2.39</b>	Denní místnost	18,27	54,81	20	2
<b>2.40</b>	Sklad vozíků	9,69	29,07	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>2.41</b>	Sklad	7,14	21,42	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>3. NP</b>					
<b>3.01</b>	Hala	35,41	92,07	15	0,5
<b>3.02</b>	Schodiště	22,05	66,15	10	0,5
<b>3.03</b>	Sklad	2,45	7,35	15	0,5
<b>3.04</b>	Osobní výtah	4,18	12,54	- <sup>1)</sup>	-
<b>3.05</b>	Hygienická očista	24,86	64,64	24	1,5
<b>3.06</b>	Chodba	78,22	203,37	15	0,5
<b>3.07</b>	Chodba	4,14	10,76	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>3.08</b>	WC	1,79	4,65	20	0,5
<b>3.09</b>	Úklid	3,64	9,46	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>3.10</b>	Umývárna mís	9,06	23,56	24	1,5
<b>3.11</b>	Sklad špinavého prádla	7,29	18,95	20	0,5
<b>3.12</b>	WC invalidé	4,04	10,50	20	0,5
<b>3.13</b>	Sesterna	25,27	65,70	20	0,5
<b>3.14</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5
<b>3.15</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.16</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5
<b>3.17</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.18</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5
<b>3.19</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.20</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5
<b>3.21</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.22</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5

Číslo místnosti	Popis	Plocha místnosti  $A$ [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti  $V$ [m <sup>3</sup> ]	Výpočtová vnitřní teplota  $\theta_{\text{int},i}$ [°C]	Intenzita výměny vzduchu  $n$ [1/h]
<b>3. NP</b>					
<b>3.23</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.25</b>	Společenská místnost	32,17	96,51	20	2
<b>3.26</b>	Zimní zahrada	14,23	42,69	20	0,5
<b>3.27</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5
<b>3.28</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.29</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5
<b>3.30</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.31</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5
<b>3.32</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.33</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5
<b>3.34</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.35</b>	Pokoj	23,97	62,32	20	0,5
<b>3.36</b>	Sprcha, WC	4,99	12,97	24	1,5
<b>3.37</b>	Lůžkový výtah	6,67	19,66	- <sup>1)</sup>	-
<b>3.38</b>	Sklad prádla	5,19	15,57	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>3.39</b>	Denní místnost	18,27	54,81	20	2
<b>3.40</b>	Sklad vozíků	9,69	29,07	- <sup>1)</sup>	0,5
<b>3.41</b>	Ergoterapeut	20,64	61,92	20	0,5
POZNÁMKY:					
<sup>1)</sup> - místnost je nevytápěná					

## PŘÍLOHA P II: SKLADBA OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ.

Stavební konstrukce	Skladba z exteriéru do interiéru	Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Střešní pláště		
Střešní plášť #1	Hydroizolační vrstva – fólie z PVC-P	0,16
	Separační vrstva	
	Tepelná izolace – EPS	
	Polyuretanové lepidlo	
	Tepelná izolace – EPS	
	Polyuretanové lepidlo	
	Parozábrana	
	Asfaltový penetrační nátěr	
	Stropní deska	
Střešní plášť #2	Hydroizolační vrstva – fólie z PVC-P	0,16
	Separační vrstva	
	Tepelná izolace – EPS	
	Polyuretanové lepidlo	
	Tepelná izolace – EPS	
	Polyuretanové lepidlo	
	Parozábrana	
	Asfaltový penetrační nátěr	
	Stropní deska	
Obvodové stěny		
Obvodová stěna #1	Vápenocementová omítka	0,22
	Výztužná vrstva	
	Malta	
	Minerální fasádní desky	
	Malta	
	Porotherm 40 P+D	
	Omítka	

Stavební konstrukce	Skladba z exteriéru do interiéru	Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Obvodové stěny		
Obvodová stěna #2	Cembonitové fasádní desky	0,22
	Vzduchová mezera větraná	
	Vápenocementová omítka	
	Výztužná vrstva ETICS	
	Malta	
	Minerální fasádní desky	
	Malta	
	Porotherm 24 P+D tl. 372 mm	
	Omítka	
Podzemní konstrukce		
Obvodová stěna 1PP #1	Železobeton	0,3
	Tepelná izolace XPS	
	Hydroizolace	
	Porotherm 40 P+D	
	Omítka	
Obvodová stěna 1PP #2	Porotherm 14 P+D	0,59
	Tepelná izolace – XPS	
	Hydroizolace	
	Železobeton	
Podlahové konstrukce přilehlé k zemině		
Podlaha 1. NP	Hutněná vrstva	0,23
	Podkladní betonová mazanina	
	Podkladní betonová deska armovaná	
	Separační vrstva	
	Hydroizolační vrstva - folie PVC	
	Separační vrstva	
	Tepelná izolace EPS	
	Sádro-vláknitá deska	
	Tmel + Keramická dlažba (lino)	

Stavební konstrukce	Skladba z exteriéru do interiéru	Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Podlahové konstrukce přilehlé k zemině		
Podlaha 1. PP #1	Hutněná vrstva	0,29
	Podkladní betonová mazanina	
	Podkladní betonová deska armovaná	
	Separační vrstva	
	Hydroizolační vrstva - folie PVC	
	Separační vrstva	
	Tepelná izolace EPS	
	Sádro-vláknitá deska	
	Tmel	
	Keramická dlažba (lino)	
Podlaha 1. PP #2	Podkladní betonová mazanina	0,35
	Separační vrstva	
	Hydroizolační vrstva - folie PVC	
	Separační vrstva	
	Ochranný jemnozrnný cementový potěr	
	Železobetonová monolitická deska	
	Plastbeton	
Podlahové konstrukce nad venkovním prostorem		
Podlaha 2. NP #1	Vápenocementová omítka	0,15
	Výztužná vrstva ETICS	
	Malta	
	Minerální fasádní desky	
	Malta	
	Železobeton	
	Tepelná izolace - EPS	
	Sádro-vláknitá deska	
	Tmel	
	Lino	



Stavební konstrukce	Skladba z exteriéru do interiéru	Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Podlahové konstrukce nad venkovním prostorem</b>		
Podlaha 2. NP #2	Vápenocementová omítka	0,16
	Výztužná vrstva ETICS	
	Malta	
	Minerální fasádní desky	
	Malta	
	Železobeton	
	Tepelná izolace - EPS	
	Sádro-vláknitá deska	
	Tmel	
	Keramická dlažba	

**PŘÍLOHA P III: MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA A PRŮMĚRNÝ  
SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA.**

Konstrukce	Plocha  $A$ [m <sup>2</sup> ]	Referenční budova			Hodnocená budova		
		Součinitel prostupu tepla  $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Redukční čísel  $b$ [-]	Měrná tepelná ztráta prostupem tepla  $H_T$ [W/K]	Součinitel prostupu tepla  $U_k$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Redukční čísel  $b$ [-]	Měrná tepelná ztráta prostupem tepla  $H_T$ [W/K]
Obvodová stěna #1 a #2	1028,6	0,30	1,00	308,59	0,22	1,00	226,30
Obvodová stěna 1. PP #1	103,22	0,45	0,49	22,76	0,30	0,49	15,17
Obvodová stěna 1. PP #2	44,29	0,85	0,57	21,46	0,59	0,57	14,90
Střešní plášť #1	722,70	0,24	1,00	173,45	0,16	1,00	115,63
Střešní plášť #2	20,84	0,24	1,00	5,00	0,16	1,00	3,33
Podlaha 1. NP	631,89	0,45	0,66	187,67	0,23	0,66	95,92
Podlaha 1. PP #1	76,86	0,45	0,49	16,95	0,29	0,49	10,92
Podlaha 1. PP #2	17,38	0,85	0,57	8,42	0,35	0,57	3,47
Podlaha 2. NP #1	14,58	0,24	1,00	3,50	0,15	1,00	2,19
Podlaha 2. NP #2	6,54	0,24	1,00	1,57	0,16	1,00	1,05
Okna #1	218,36	1,50	1,15	376,66	0,79	1,15	198,38
Okna #2	87,37	1,50	1,15	150,71	0,94	1,15	94,45
Dveře	20,47	1,70	1,15	40,01	1,03	1,15	24,24
Celkem	2993,1			1316,8			805,94
Tepelné vazby				59,86			59,86
Celková měrná ztráta prostupem tepla $H_T$ [W/K]				1376,6			865,80
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]				0,48	$U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		0,31
kalcifikační ukazatel CI [-]				0,64	Klasifikační třída obálky budovy		<b>B</b>

## PŘÍLOHA P IV: TEPELNÉ ZTRÁTY JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTÍ.

Číslo místnosti	Popis	Tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	Celkový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$
[W]				
<b>1. PP</b>				
<b>0.03</b>	Kotelna	335	258	593
<b>1. NP</b>				
<b>1.03</b>	Hala	356	400	756
<b>1.06</b>	Schodiště	404	247	651
<b>1.09</b>	WC ženy	185	117	302
<b>1.10</b>	WC invalidé	20	55	75
<b>1.12</b>	WC muži	61	66	127
<b>1.13</b>	Pokoj hostů	184	245	429
<b>1.14</b>	Sprcha, WC	170	172	342
<b>1.15</b>	Kancelář	371	779	1150
<b>1.16</b>	Kancelář	388	779	1167
<b>1.17</b>	Kancelář	406	779	1185
<b>1.18</b>	Kuchyňka	311	572	883
<b>1.19</b>	WC	63	43	106
<b>1.20</b>	Kancelář	442	1006	1448
<b>1.21</b>	Školící místnost	1509	5032	6541
<b>1.24</b>	Žehlárna	209	901	1110
<b>1.25</b>	Sušárna	637	1700	2337
<b>1.26</b>	Prádelna	601	1700	2301
<b>1.27</b>	Sklad	-26	208	182
<b>1.31</b>	Šatna	780	3656	4436
<b>1.32</b>	Umývárna	276	361	637
<b>1,33</b>	WC	-33	25	-8
<b>1.34</b>	Sprcha	193	205	398
<b>1.35</b>	Sklad	37	34	71

Číslo místnosti	Popis	Tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	Celkový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$
[W]				
2. NP				
2.01	Hala	-214	604	390
2.02	Schodiště	240	247	487
2.03	Sklad	75	34	109
2.05	Hygienická očista	849	1187	2036
2.06	Chodba	-879	933	54
2.08	WC	64	25	89
2.10	Umývárna mís	252	433	685
2.11	Sklad špinavého prádla	-9	103	94
2.12	WC invalidé	89	57	146
2.13	Sesterna	246	357	603
2.14	Pokoj	139	341	480
2.15	Sprcha, WC	202	238	440
2.16	Pokoj	139	341	480
2.17	Sprcha, WC	196	238	434
2.18	Pokoj	139	341	480
2.19	Sprcha, WC	196	238	434
2.20	Pokoj	133	341	474
2.21	Sprcha, WC	184	238	422
2.22	Pokoj	304	339	643
2.23	Sprcha, WC	181	238	419
2.25	Společenská místnost	355	2100	2455
2.26	Zimní zahrada	1161	557	1718
2.27	Pokoj	222	341	563
2.28	Sprcha, WC	200	238	438
2.29	Pokoj	133	341	474
2.30	Sprcha, WC	167	238	405
2.31	Pokoj	79	341	420

Číslo místnosti	Popis	Tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	Celkový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$
[W]				
<b>2. NP</b>				
<b>2.32</b>	Sprcha, WC	167	238	405
<b>2.33</b>	Pokoj	79	341	420
<b>2.34</b>	Sprcha, WC	167	238	405
<b>2.35</b>	Pokoj	179	339	518
<b>2.36</b>	Sprcha, WC	167	238	405
<b>2.39</b>	Denní místnost	474	1193	1667
<b>3. NP</b>				
<b>3.01</b>	Hala	241	423	664
<b>3.02</b>	Schodiště	427	247	674
<b>3.03</b>	Sklad	66	34	100
<b>3.05</b>	Hygienická očista	941	1187	2128
<b>3.06</b>	Chodba	-724	933	209
<b>3.08</b>	WC	81	25	106
<b>3.10</b>	Umývárna mís	331	433	764
<b>3.11</b>	Sklad špinavého prádla	37	103	140
<b>3.12</b>	WC invalidé	165	57	222
<b>3.13</b>	Sesterna	432	357	789
<b>3.14</b>	Pokoj	290	339	629
<b>3.15</b>	Sprcha, WC	256	238	494
<b>3.16</b>	Pokoj	290	339	629
<b>3.17</b>	Sprcha, WC	234	238	472
<b>3.18</b>	Pokoj	290	339	629
<b>3.19</b>	Sprcha, WC	234	238	472
<b>3.20</b>	Pokoj	290	339	629
<b>3.21</b>	Sprcha, WC	234	238	472
<b>3.22</b>	Pokoj	502	339	841
<b>3.23</b>	Sprcha, WC	234	238	472

Číslo místnosti	Popis	Tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	Celkový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$
[W]				
3. NP				
3.25	Společenská místnost	581	2100	2681
3.26	Zimní zahrada	1353	232	1585
3.27	Pokoj	290	339	629
3.28	Sprcha, WC	256	238	494
3.29	Pokoj	290	339	629
3.30	Sprcha, WC	234	238	472
3.31	Pokoj	290	339	629
3.32	Sprcha, WC	234	238	472
3.33	Pokoj	290	339	629
3.34	Sprcha, WC	234	238	472
3.35	Pokoj	290	339	629
3.36	Sprcha, WC	234	238	472
3.39	Denní místnost	714	1193	1907
3.41	Ergoterapeut	1068	337	1405
$\Sigma$		25164	46387	71551

## PŘÍLOHA P V: NAVRŽENÁ OTOPNÁ TĚLESA.

Číslo místnosti	Účel místnosti	Tepelná ztráta místnosti	Typ otopného tělesa	Výška	Délka	Hloubka	Skutečný výkon tělesa	Skutečný výkon tělesa (těles), celkový
		$\Phi_{HL,i}$ [W]		$H$	$L$	$B$	$Q_{Tskut}$	$Q_{Tskut,c}$ [W]
1. PP								
0.03	Kotelna	593	D-11	600	1600	65	-	625
1. NP								
1.03	Hala	756	D-11	600	2000	65	-	781
1.06	Schodiště	651	K-KT3	125	1500	243	-	710
1.09	WC ženy	302	D-11	600	1200	65	-	350
1.10	WC invalidé	75	D-11	400	400	65	-	83
1.12	WC muži	127	D-11	900	400	65	-	159
1.13	Pokoj hostů	429	D-11	600	2000	65	-	583
1.14	Sprcha, WC	342	P	-			161	345
			T	1830	600	35	184	
1.15	Kancelář	1150	D-33	600	2000	157	-	1366
1.16	Kancelář	1167	D-33	600	2000	157	-	1366
1.17	Kancelář	1185	D-33	600	2000	157	-	1366
1.18	Kuchyňka	883	D-22	600	2000	102	-	947
1.19	WC	106	D-11	600	400	65	-	111
1.20	Kancelář	1448	D-33	600	2300	157	-	1570
1.21	Školící místnost	6541	3x K-HCM	147	2000	340	1797	6558
			D-33	600	1800	157	1167	
1.24	Žehlárna	1110	D-21	900	2300	68	-	1119
1.25	Sušárna	2337	D-33	900	2300	157	1520	2399
			D-33	900	1400	157	879	
1.26	Prádelna	2301	D-33	900	2300	157	1520	2399
			D-33	900	1400	157	879	
1.27	Sklad	182	D-11	300	2000	65	-	437

Číslo místnosti	Účel místnosti	Tepelná ztráta místnosti	Typ otopného tělesa	Výška	Délka	Hloubka	Skutečný výkon tělesa	Skutečný výkon tělesa (těles), celkový
		$\Phi_{HL,i}$ [W]		$H$ [mm]	$L$ [mm]	$B$ [mm]	$Q_{Tskut}$ [W]	$Q_{Tskut,c}$ [W]
1. NP								
1.31	Šatna	4436	D-33	600	2300	157	1570	4552
			2x D-33	600	2300	157	1491	
1.32	Umývárna	637	D-33	600	1400	157	-	665
1.34	Sprcha	398	P	-			116	403
			T	1830	500	35	147	
			T	1830	500	35	140	
1.35	Sklad	71	D-11	300	400	65	-	87
2. NP								
2.01	Hala	390	D-21	600	900	68	-	433
2.02	Schodiště	487	K- KT3	125	1500	243	-	710
2.03	Sklad	109	D-11	400	400	65	-	111
2.05	Hygienická očista	2036	P	-			1699	2192
			D-11	600	1600	65	346	
			T	1830	500	35	147	
2.06	Chodba	54	K-P80	80	1250	243	-	91
2.08	WC	89	D-11	500	400	65	-	100
2.10	Umývárna mís	685	D-33	600	1400	157	-	700
2.11	Sklad špinavého prádla	94	D-11	500	400	65	-	100
2.12	WC invalidé	146	D-11	900	400	65	-	159
2.13	Sesterna	603	D-21	600	2000	68	-	709
2.14	Pokoj	480	D-11	600	2000	65	-	583
2.15	Sprcha, WC	440	P	-			274	443
			T	1830	500	35	169	
2.16	Pokoj	480	D-11	600	2000	65	-	583



Číslo místnosti	Účel místnosti	Tepelná ztráta místnosti $\Phi_{HL,i}$ [W]	Typ otopného tělesa	Výška	Délka	Hloubka	Skutečný výkon tělesa	Skutečný výkon tělesa (těles), celkový
				$H$	$L$	$B$	$Q_{Tskut}$	$Q_{Tskut,c}$
[mm] [W]								
2. NP								
2.17	Sprcha, WC	434	P	-			274	443
			T	1830	550	35	169	
2.18	Pokoj	480	D-11	600	2000	65	-	583
2.19	Sprcha, WC	434	P	-			274	443
			T	1830	550	35	169	
2.20	Pokoj	474	D-11	600	2000	65	-	583
2.21	Sprcha, WC	422	P	-			274	429
			T	1830	500	35	155	
2.22	Pokoj	643	D-21	600	2000	68	-	709
2.23	Sprcha, WC	419	P	-			274	429
			T	1830	500	35	155	
2.25	Společenská místnost	2455	D-33	600	2000	157	1366	2663
			D-33	600	2000	157	1297	
2.26	Zimní zahrada	1718	2x K-MO	125	1500	303	919	1838
2.27	Pokoj	563	D-11	600	2000	65	-	583
2.28	Sprcha, WC	438	P	-			274	443
			T	1830	550	35	169	
2.29	Pokoj	474	D-11	600	2000	65	-	583
2.30	Sprcha, WC	405	P	-			274	429
			T	1830	500	35	155	
2.31	Pokoj	420	D-11	600	2000	65	-	583
2.32	Sprcha, WC	405	P	-			274	429
			T	1830	500	35	155	
2.33	Pokoj	420	D-11	600	2000	65	-	583

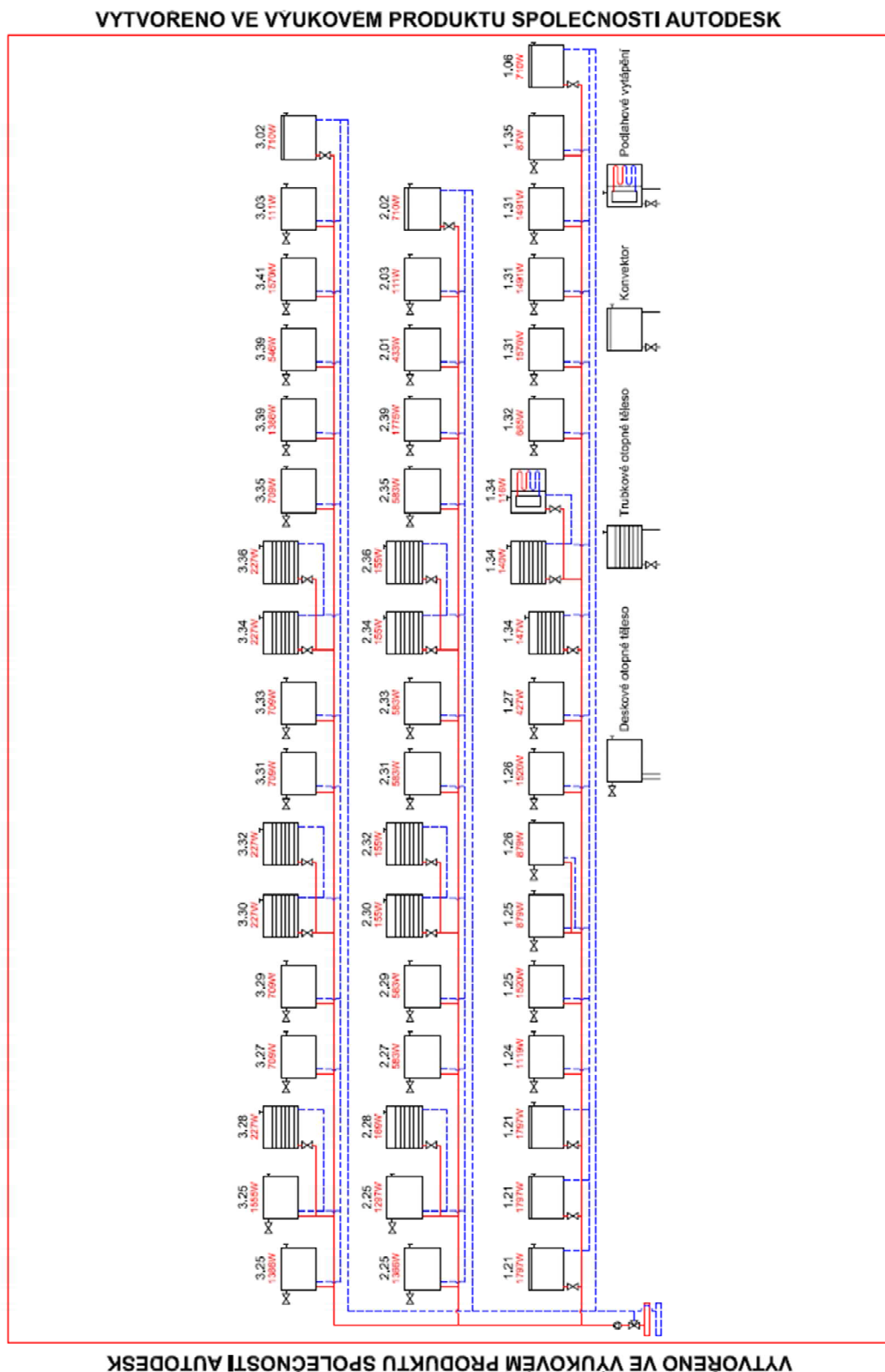
Číslo místnosti	Účel místnosti	Tepelná ztráta místnosti $\Phi_{HL,i}$ [W]	Typ otopného tělesa	Výška		Délka	Hloubka  $B$	Skutečný výkon tělesa	Skutečný výkon tělesa (těles), celkový
				$H$	$L$	[mm]		$Q_{Tskut}$	$Q_{Tskut,c}$ [W]
2. NP									
2.34	Sprcha, WC	405	P	-			274	429	
			T	1830	500	35	155		
2.35	Pokoj	518	D-11	600	2000	65	-	583	
2.36	Sprcha, WC	405	P	-			274	429	
			T	1830	500	35	155		
2.39	Denní místnost	1667	D-33	600	2600	157	-	1775	
3. NP									
3.01	Hala	664	D-11	600	1800	65	-	703	
3.02	Schodiště	674	K- KT3	125	1500	243	-	710	
3.03	Sklad	100	D-11	400	400	65	-	111	
3.05	Hygienická očista	2128	P	-			1699	2192	
			D-11	600	1600	65	346		
			T	1830	500	35	147		
3.06	Chodba	209	K-PMW90	90	1750	420	-	232	
3.08	WC	106	D-11	600	400	65	-	117	
3.10	Umývárna mís	764	D-33	900	1200	157	-	793	
3.11	Sklad špinavého prádla	140	D-11	900	400	65	-	159	
3.12	WC invalidé	222	D-11	900	600	65	-	238	
3.13	Sesterna	789	D-21	600	2300	68	-	816	
3.14	Pokoj	629	D-21	600	2000	68	-	709	
3.15	Sprcha, WC	494	P	-			274	501	
			T	1830	750	35	227		
3.16	Pokoj	629	D-21	600	2000	68		709	

Číslo místnosti	Účel místnosti	Tepelná ztráta místnosti $\Phi_{HL,i}$ [W]	Typ otopného tělesa	Výška	Délka	Hloubka	Skutečný výkon tělesa	Skutečný výkon tělesa (těles), celkový
				$H$	$L$	$B$	$Q_{Tskut}$	$Q_{Tskut,c}$
[mm] [W]								
3. NP								
3.17	Sprcha, WC	472	P	-			274	501
			T	1830	750	35	227	
3.18	Pokoj	629	D-21	600	2000	68	-	709
3.19	Sprcha, WC	472	P	-			274	501
			T	1830	750	35	227	
3.20	Pokoj	629	D-21	600	2000	68	-	709
3.21	Sprcha, WC	472	P	-			274	501
			T	1830	750	35	227	
3.22	Pokoj	841	D-22	600	2000	102	-	947
3.23	Sprcha, WC	472	P	-			274	501
			T	1830	750	35	227	
3.25	Společenská místnost	2681	D-33	600	2000	157	1366	2921
			D-33	900	1800	157	1555	
3.26	Zimní zahrada	1585	2x K-MO	125	1500	303	919	1838
3.27	Pokoj	629	D-21	600	2000	68	-	709
3.28	Sprcha, WC	494	P	-			274	501
			T	1830	750	35	227	
3.29	Pokoj	629	D-21	600	2000	68	-	709
3.30	Sprcha, WC	472	P	-			274	501
			T	1830	750	35	227	
3.31	Pokoj	629	D-21	600	2000	68	-	709
3.32	Sprcha, WC	472	P	-			274	501
			T	1830	750	35	227	
3.33	Pokoj	629	D-21	600	2000	68	-	709

Číslo místnosti	Účel místnosti	Tepelná ztráta místnosti $\Phi_{HL,i}$ [W]	Typ otopného tělesa	Výška	Délka	Hloubka	Skutečný výkon tělesa	Skutečný výkon tělesa (těles), celkový
				$H$	$L$	$B$	$Q_{Tskut}$	$Q_{Tskut,c}$ [W]
<b>3. NP</b>								
<b>3.34</b>	Sprcha, WC	472	P	-			274	501
			T	1830	750	35	227	
<b>3.35</b>	Pokoj	629	D-21	600	2000	68	-	709
<b>3.36</b>	Sprcha, WC	472	P	-			274	501
			T	1830	750	35	227	
<b>3.39</b>	Denní místnost	1907	D-33	600	2000	157	1366	1912
			D-33	600	800	157	546	
<b>3.41</b>	Ergoterapeut	1405	D-33	600	2300	157	-	1570
<b>Instalovaný výkon těles <math>\Sigma</math></b>								<b>77514</b>
POZNÁMKY:								
D	desková otopná tělesa – RADIK PLAN VK a VKL							
T	trubková otopná tělesa – KORALUX LINEAR							
K	konvektory - MINIB							
P	podlahové vytápění							

# PŘÍLOHA P VI: ROZVINUTÉ SCHÉMA – ZÁPADNÍ OKRUH OTOPNÝCH TĚLES.

VYTVORENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK



VYTVORENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK

# **PŘÍLOHA P VII: TLAKOVÁ ZTRÁTA ZÁKLADNÍHO OKRUHU – OTOPNÁ TĚLESA ZÁPAD.**

	Z projektu				Návrh z tabulky				Výpočet			
	Číslo úseku	Přenášený výkon	Hmotnostní průtok	Délka úseku	DN	R	w	Σξ	R·L	Z	R·L+Z	Δp
		Q [w]	m [kg/h]	L [m]	D x t	[Pa/m]	[m/s]	[-]	[Pa]			
Potrubí přívod	1	710	61,15	1,5	10x1	290	0,34	4,3	435	247,44	682,44	682,44
	2	821	70,71	7,3	10x1	360	0,39	0,32	2628	24,62	2652,62	3335,06
	3	2391	205,92	7,22	15x1	240	0,43	1,6	1732,8	149,74	1882,54	5217,60
	4	2937	252,95	4,3	15x1	330	0,53	0,32	1419	45,19	1464,19	6681,79
	5	4303	370,59	5,1	18x1	240	0,52	0,32	1224	42,27	1266,27	7948,06
	6	5012	431,66	1,8	22x1	110	0,38	0,3	198	22,02	220,02	8168,08
	7	5466	470,76	3,3	22x1	130	0,42	0,3	429	26,19	455,19	8623,27
	8	6175	531,82	5,1	22x1	160	0,47	0,3	816	33,43	849,43	9472,70
	9	6884	592,88	1,8	22x1	190	0,53	0,3	342	41,55	383,55	9856,25
	10	7338	631,98	3,3	22x1	220	0,56	0,3	726	47,21	773,21	10629,45
	11	8047	693,04	5,1	28x1,5	90	0,40	0,3	459	23,25	482,25	11111,71
	12	8756	754,11	1,8	28x1,5	100	0,43	0,3	180	27,53	207,53	11319,24
	13	10538	907,58	3,3	28x1,5	140	0,52	0,3	462	39,88	501,88	11821,11
	14	11904	1025,22	4,6	28x1,5	170	0,58	1,62	782	274,78	1056,78	12877,89
	15	21300	1834,45	3,3	35x1,5	150	0,64	0,3	495	60,69	555,69	13433,58
	16	39475	3399,76	6,5	42x1,5	170	0,80	2,9	1105	913,32	2018,32	15451,90
Potrubí vrat	1'	11904	1025,22	55,52	28x1,5	170	0,58	5,2	9438,4	882,00	10320,40	25772,30
	2'	21300	1834,45	3,3	35x1,5	150	0,64	0,3	495	60,69	555,69	26327,99
	3'	39475	3399,76	6,5	42x1,5	170	0,80	2,9	1105	913,32	2018,32	28346,31
									Uvažovaná chyba		20%	
									Celková ztráta okruhu		34015,56	

## PŘÍLOHA P VIII: TLAKOVÁ ZTRÁTA ZÁKLADNÍHO OKRUHU – OTOPNÁ TĚLESA VÝCHOD.

	Z projektu				Návrh z tabulky				Výpočet			
	Číslo úseku	Přenášený výkon $Q$ [w]	Hmotnostní průtok $m$ [kg/h]	Délka úseku $L$ [m]	DN D x t	$R$ [Pa/m]	$w$ [m/s]	$\sum \xi$ [-]	$R \cdot L$	$Z$	$R \cdot L + Z$	$\Delta p$
Potrubí přívod	1	147	12,66	6,91	6x1	360	0,28	8,2	2487,6	323,63	2811,23	2811,23
	2	493	42,46	6,23	8x1	600	0,42	2,92	3738	256,04	3994,04	6805,27
	3	1286	110,76	1,46	12x1	280	0,39	0,32	408,8	24,74	433,54	7238,81
	4	2344	201,88	0,7	18x1	90	0,28	0,32	63	12,54	75,54	7314,36
	5	2503	215,57	3,97	18x1	90	0,30	0,3	357,3	13,41	370,71	7685,07
	6	3319	285,85	1,25	18x1	150	0,40	0,3	187,5	23,58	211,08	7896,14
	7	3546	305,40	1,79	18x1	170	0,43	0,3	304,3	26,91	331,21	8227,36
	8	4255	366,46	5,1	18x1	240	0,51	0,3	1224	38,75	1262,75	9490,11
	9	4964	427,52	3,32	18x1	300	0,60	0,3	996	52,74	1048,74	10538,85
	10	5418	466,62	1,79	22x1	130	0,42	0,32	232,7	27,45	260,15	10799,00
	11	6127	527,68	5,1	22x1	150	0,47	0,3	765	32,91	797,91	11596,91
	12	6836	588,75	3,32	22x1	190	0,52	0,3	630,8	40,97	671,77	12268,68
	13	7290	627,85	1,79	22x1	200	0,56	0,3	358	46,59	404,59	12673,27
	14	8237	709,41	11,73	28x1,5	90	0,40	1,62	1055,7	131,56	1187,26	13860,53
	15	8469	729,39	5,55	28x1,5	100	0,42	5,5	555	472,18	1027,18	14887,71
	16	10307	887,68	4,68	28x1,5	130	0,51	2,9	608,4	368,76	977,16	15864,86
	17	18355	1580,81	3,3	35x1,5	110	0,55	0,32	363	48,07	411,07	16275,94
	18	28555	2459,28	6	42x1,5	100	0,58	2,9	600	477,91	1077,91	17353,84
	19	29180	2513,11	1,77	42x1,5	100	0,59	0,3	177	51,63	228,63	17582,47
Potrubí vrat	1'	10307	887,68	63,89	28x1,5	130	0,51	14,6	8305,7	1856,50	10162,20	26027,07
	2'	18355	1580,81	3,3	35x1,5	110	0,55	0,32	363	48,07	411,07	26438,14
	3'	28555	2459,28	6	42x1,5	100	0,58	2,9	600	477,91	1077,91	27516,05
	4'	29180	2513,11	1,77	42x1,5	100	0,59	0,3	177	51,63	228,63	27744,67
									Uvažovaná chyba		20 %	
									Celková ztráta okruhu		33293,61	

## PŘÍLOHA P IX: NÁVRH (VÝPOČET) PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.

Číslo místnosti	Vnitřní výpočtová teplota $\theta_i$ [°C]	Vnitřní výpočtová teplota místnosti pod počítanou $\theta'_i$ [°C]	Čistá otopná plocha $S_p$ [m <sup>2</sup> ]	Měrný tepelný výkon otopné plochy $q$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon otopné plochy $Q_p$ [W]	Výkon okrajové plochy $Q_o$ [W]	Celkový výkon podlahové plochy $Q_c$ [W]	Měrný tepelný tok otopné plochy směrem dolů $q'$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon otopné plochy - hydraulický výpočet $Q_{p,H}$ [W]	Celkový výkon podlahové plochy - hydraulický výpočet $Q_{c,H}$ [W]
<b>1. NP</b>										
<b>1.14</b>	24	5	1,06	97,71	103,57	57,63	161,20	5,12	109,00	166,63
<b>1.34</b>	24	5	0,71	97,71	69,37	47,44	116,81	5,12	73,01	120,45
<b>2. NP</b>										
<b>2.05a</b>	24	15	7,52	96,86	727,88	121,54	849,42	13,82	831,72	953,26
<b>2.05b</b>	24	15	7,52	96,86	727,88	121,54	849,42	13,82	831,72	953,26
<b>2.15</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85
<b>2.17</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85
<b>2.19</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85
<b>2.21</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85
<b>2.23</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85
<b>2.28</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85
<b>2.30</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85
<b>2.32</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85
<b>2.34</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85



Číslo místnosti	Vnitřní výpočtová teplota $\theta_i$ [°C]	Vnitřní výpočtová teplota místnosti pod počítanou $\theta'_i$ [°C]	Čistá otopná plocha $S_p$ [m <sup>2</sup> ]	Měrný tepelný výkon otopné plochy $q$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon otopné plochy $Q_p$ [W]	Výkon okrajové plochy $Q_o$ [W]	Celkový výkon podlahové plochy $Q_c$ [W]	Měrný tepelný tok otopné plochy směrem dolů $q'$ [W/m <sup>2</sup> ]	Výkon otopné plochy - hydraulický výpočet $Q_{p,H}$ [W]	Celkový výkon podlahové plochy - hydraulický výpočet $Q_{c,H}$ [W]
<b>2. NP</b>										
<b>2.36</b>	24	15	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	13,82	225,78	302,85
<b>3. NP</b>										
<b>3.05a</b>	24	24	7,52	96,86	727,88	121,54	849,42	7,06	780,93	902,46
<b>3.05b</b>	24	24	7,52	96,86	727,88	121,54	849,42	7,06	780,93	902,46
<b>3.15</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06
<b>3.17</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06
<b>3.19</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06
<b>3.21</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06
<b>3.23</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06
<b>3.28</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06
<b>3.30</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06
<b>3.32</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06
<b>3.34</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06
<b>3.36</b>	24	24	2,04	96,86	197,59	77,08	274,67	7,06	211,99	289,06

## PŘÍLOHA P X: ROZVADĚČE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.

Číslo místnosti	Hmotnostní průtok otopným hadem  $m$ [kg/h]	Měrná tlaková ztráta  $R$ [Pa/m]	Délka potrubí  $L$ [m]	Délka přívodního potrubí  $L_p$ [m]	Tlaková ztráta potrubí otopného hadu  $\Delta p_R$ [Pa]	Tlaková ztráta regulačního šroubení - plně otevřeno  $\Delta p_{RV}$ [Pa]	Tlaková ztráta regulačního ventilu  $\Delta p_V$ [Pa]	Tlaková ztráta okruhu  $\Delta p_{HK}$ [Pa]	Potřebná tlaková ztráta na šroubení  $\Delta p_{RV,P}$ [Pa]	Přednastavení regulačního šroubení  [otáčka]	Získaná tlaková ztráta regulačního šroubení  $\Delta p_{RV,Z}$ [Pa]	Tlaková ztráta celková  $\Delta p_{HK,C}$ [Pa]
<b>R 1.14</b>												
<b>1.14</b>	14,35	4,07	7,00	1,00	32,51	11,58	6,45	50,53	11,58	5,00	11,58	50,53
<b>R 1.34</b>												
<b>1.34</b>	10,37	2,37	4,69	1,00	13,50	6,06	3,32	22,88	6,06	5,00	6,06	22,88
<b>R 2.05</b>												
<b>2.05a</b>	82,10	73,18	49,60	1,00	3702,92	376,82	226,42	4306,16	742,72	3,00	692,49	4621,83
<b>2.05b</b>	82,10	73,18	49,60	6,00	4068,83	376,82	226,42	4672,07	376,82	5,00	376,82	4672,07
<b>R 2.17</b>												
<b>2.15</b>	26,08	10,94	13,46	12,00	278,66	38,17	21,82	338,65	38,17	5,00	38,17	338,65
<b>2.17</b>	26,08	10,94	13,46	1,00	158,29	38,17	21,82	218,28	158,55	2,00	168,80	348,90
<b>2.19</b>	26,08	10,94	13,46	8,00	234,89	38,17	21,82	294,88	81,95	3,00	70,95	327,65
<b>R 2.21</b>												
<b>2.21</b>	26,08	10,94	13,46	1,00	158,29	38,17	21,82	218,28	114,78	3,00	70,95	251,05
<b>2.23</b>	26,08	10,94	13,46	8,00	234,89	38,17	21,82	294,88	38,17	5,00	38,17	294,88

Číslo místnosti	Hmotnostní průtok otopným hadem  $m$ [kg/h]	Měrná tlaková ztráta  $R$ [Pa/m]	Délka potrubí  $L$ [m]	Délka přívodního potrubí  $L_p$ [m]	Tlaková ztráta potrubí otopného hadu  $\Delta p_R$ [Pa]	Tlaková ztráta regulačního šroubení - plně otevřeno  $\Delta p_{RV}$ [Pa]	Tlaková ztráta regulačního ventilu  $\Delta p_V$ [Pa]	Tlaková ztráta okruhu  $\Delta p_{HK}$ [Pa]	Potřebná tlaková ztráta na šroubení  $\Delta p_{RV,P}$ [Pa]	Přednastavení regulačního šroubení  [otáčka]	Získaná tlaková ztráta regulačního šroubení  $\Delta p_{RV,Z}$ [Pa]	Tlaková ztráta celková  $\Delta p_{HK,C}$ [Pa]
<b>R 2.30</b>												
<b>2.28</b>	26,08	10,94	13,46	12,00	278,66	38,17	21,82	338,65	38,17	5,00	38,17	338,65
<b>2.30</b>	26,08	10,94	13,46	1,00	158,29	38,17	21,82	218,28	158,55	2,00	168,80	348,90
<b>2.32</b>	26,08	10,94	13,46	8,00	234,89	38,17	21,82	294,88	81,95	3,00	70,95	327,65
<b>R 2.34</b>												
<b>2.34</b>	26,08	10,94	13,46	1,00	158,29	38,17	21,82	218,28	114,78	3,00	70,95	251,05
<b>2.36</b>	26,08	10,94	13,46	8,00	234,89	38,17	21,82	294,88	38,17	5,00	38,17	294,88
<b>R 3.05</b>												
<b>3.05a</b>	77,72	66,83	49,60	1,00	3381,70	337,79	202,48	3921,97	671,95	3,00	621,10	4205,28
<b>3.05b</b>	77,72	66,83	49,60	6,00	3715,86	337,79	202,48	4256,13	337,79	5,00	337,79	4256,13
<b>R 3.17</b>												
<b>3.15</b>	24,90	10,13	13,46	12,00	257,95	34,78	19,84	312,57	34,78	5,00	34,78	312,57
<b>3.17</b>	24,90	10,13	13,46	1,00	146,52	34,78	19,84	201,14	146,21	2,00	153,98	320,35
<b>3.19</b>	24,90	10,13	13,46	8,00	217,43	34,78	19,84	272,05	75,30	3,00	64,67	301,94
<b>R 3.21</b>												
<b>3.21</b>	24,90	10,13	13,46	1,00	146,52	34,78	19,84	201,14	105,69	3,00	64,67	231,03
<b>3.23</b>	24,90	10,13	13,46	8,00	217,43	34,78	19,84	272,05	34,78	5,00	34,78	272,05

Číslo místnosti	Hmotnostní průtok otopným hadem  $m$ [kg/h]	Měrná tlaková ztráta  $R$ [Pa/m]	Délka potrubí  $L$ [m]	Délka přívodního potrubí  $L_p$ [m]	Tlaková ztráta potrubí otopného hadu  $\Delta p_R$ [Pa]	Tlaková ztráta regulačního šroubení - plně otevřeno  $\Delta p_{RV}$ [Pa]	Tlaková ztráta regulačního ventilu  $\Delta p_V$ [Pa]	Tlaková ztráta okruhu  $\Delta p_{HK}$ [Pa]	Potřebná tlaková ztráta na šroubení  $\Delta p_{RV,P}$ [Pa]	Přednastavení regulačního šroubení  [otáčka]	Získaná tlaková ztráta regulačního šroubení  $\Delta p_{RV,Z}$ [Pa]	Tlaková ztráta celková  $\Delta p_{HK,C}$ [Pa]
<b>R 3.30</b>												
<b>3.28</b>	24,90	10,13	13,46	12,00	257,95	34,78	19,84	312,57	34,78	5,00	34,78	312,57
<b>3.30</b>	24,90	10,13	13,46	1,00	146,52	34,78	19,84	201,14	146,21	2,00	153,98	320,35
<b>3.32</b>	24,90	10,13	13,46	8,00	217,43	34,78	19,84	272,05	75,30	3,00	64,67	301,94
<b>R 3.34</b>												
<b>3.34</b>	24,90	10,13	13,46	1,00	146,52	34,78	19,84	201,14	105,69	3,00	64,67	231,03
<b>3.36</b>	24,90	10,13	13,46	8,00	217,43	34,78	19,84	272,05	34,78	5,00	34,78	272,05

# **PŘÍLOHA P XI: TLAKOVÁ ZTRÁTA ZÁKLADNÍHO OKRUHU – PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ ZÁPAD.**

	Z projektu				Návrh z tabulky				Výpočet				
	Číslo úseku	Přenášený výkon $Q$ [w]	Hmotnostní průtok $m$ [kg/h]	Délka úseku $L$ [m]	DN  D x t	$R$  [Pa/m]	$w$  [m/s]	$\Sigma \xi$  [-]	$R \cdot L$	$Z$	$\Delta p_{rv}$	$R \cdot L + Z$	$\Delta p$
Potrubí přívod	1	578	49,78	10,2	8x1	800	0,49	1,3	8160	156,69	272	8588,69	8588,69
	2	1445	124,45	21,8	12x1	330	0,44	10,72	7194	1046,57	0	8240,57	16829,26
	3	2959	254,84	9,9	18x1	130	0,35	3,22	1287	201,14	0	1488,14	18317,4
Potrubí vrat	1'	1445	124,45	33,03	12x1	330	0,44	13	10899,9	1269,16	0	12169,06	30486,46
	2'	2959	254,84	9,9	18x1	130	0,35	3,22	1287	201,14	0	1488,14	31974,61
										Uvažovaná chyba		20 %	
										Celková ztráta okruhu		<b>38369,53</b>	

## PŘÍLOHA P XII: TLAKOVÁ ZTRÁTA ZÁKLADNÍHO OKRUHU – PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ VÝCHOD.

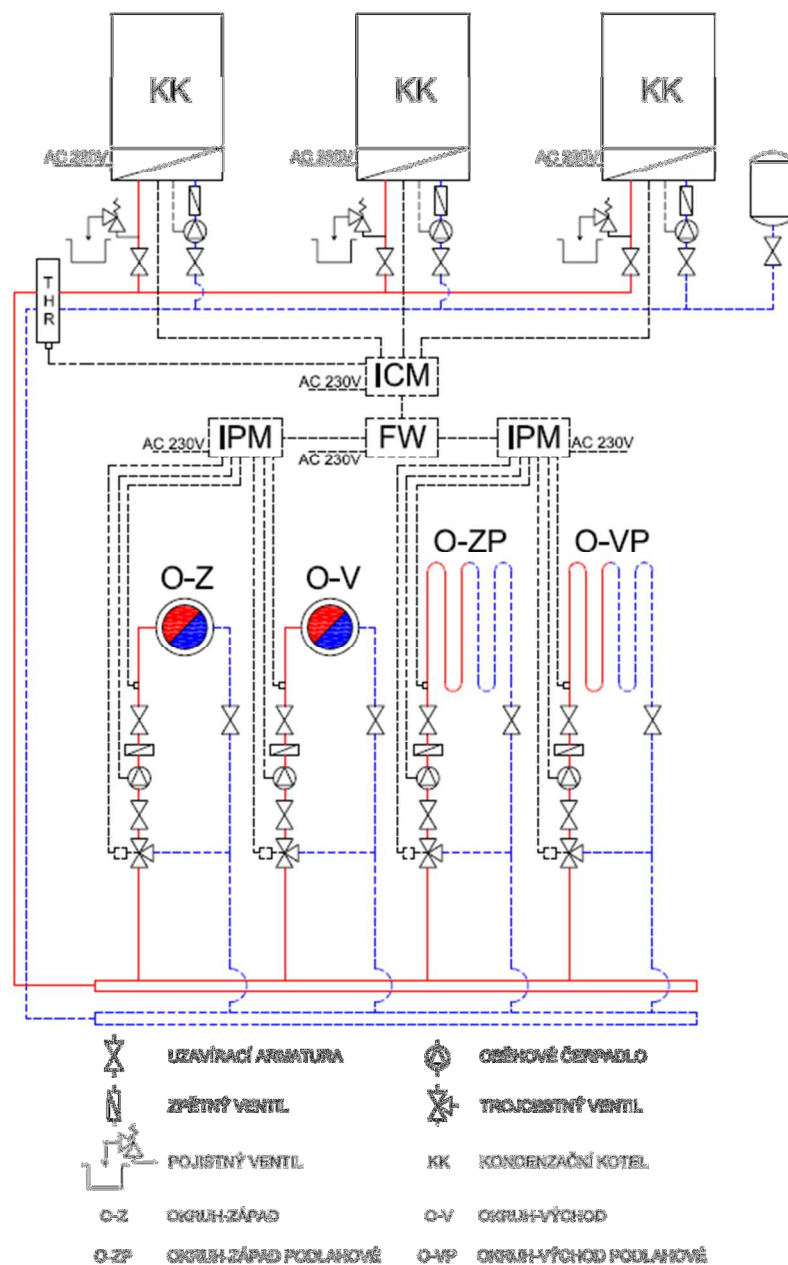
	Z projektu				Návrh z tabulky				Výpočet				
	Číslo úseku	Přenášený výkon $Q$ [w]	Hmotnostní průtok $m$ [kg/h]	Délka úseku $L$ [m]	DN  D x t	$R$  [Pa/m]	$w$  [m/s]	$\sum \xi$  [-]	$R \cdot L$	$Z$	$\Delta p_{rv}$	$R \cdot L + Z$	$\Delta p$
									[Pa]				
Potrubí přívod	1	1804	155,37	19,82	12x1	500	0,55	3,9	9910	593,44	4256	14759,44	14759,44
	2	2671	230,04	10,2	15x1	280	0,49	0,32	2856	37,37	0	2893,37	17652,81
	3	3249	279,82	19,99	18x1	150	0,39	10,72	2998,5	807,33	0	3805,83	21458,65
	4	6670	574,45	9,9	22x1	180	0,51	3,22	1782	418,63	0	2200,63	23659,27
Potrubí vrat	1'	3249	279,82	50,34	18x1	150	0,39	15,6	7551	1174,85	0	8725,85	30184,50
	2'	6670	574,45	9,9	22x1	180	0,51	3,22	1782	418,63	0	2200,63	32385,12
										Uvažovaná chyba		20 %	
										Celková ztráta okruhu		<b>38862,15</b>	

# PŘÍLOHA P XIII: ŘÍDICÍ SYSTÉM KOTELNY – TEPELNÉ SOUSTAVA PRO VYTÁPĚNÍ.

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

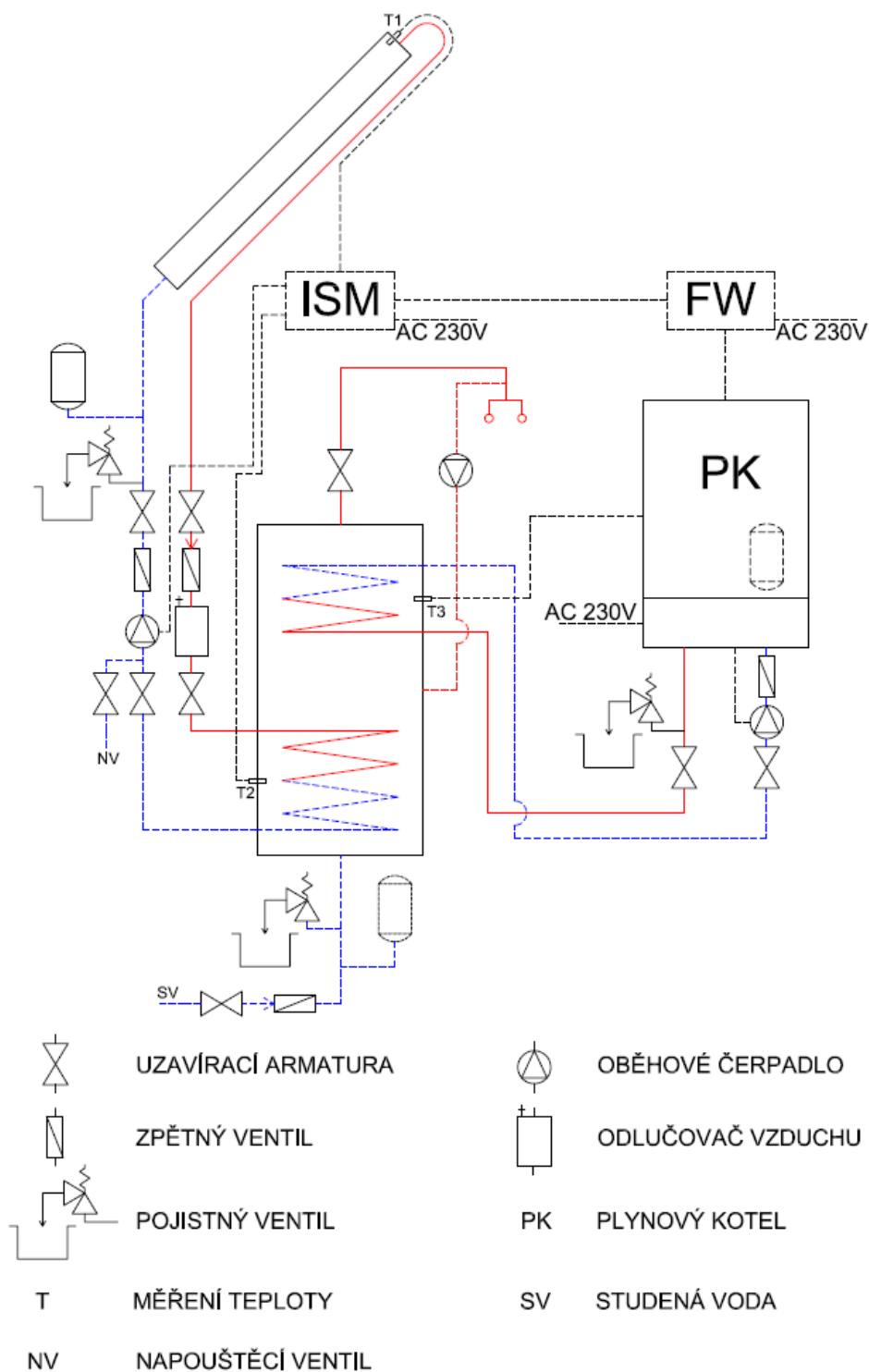


VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

# **PŘÍLOHA P XIV: ŘÍDICÍ SYSTÉM SOLÁRNÍHO SYSTÉMU A KOTELNY – TEPELNÁ SOUSTAVA PRO OHŘEV TV.**

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK



VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK



## PŘÍLOHA P XV: VIZUALIZACE – OSVĚTLENÍ 2. NP.

Penzion pro seniory

### Osvětlení 2. NP

1. PP  
1. NP  
2. NP  
3. NP

Informace  
Osvětlení  
Vytápění  
Žaluzie  
PZS a EPS  
Upozornění

Všechna vypnuta  
Jednotlivě ovládan

2.03 ☐ OFF ON 2.08 ☐ OFF ON 2.11 ☐ OFF ON 2.38 ☒ OFF ON  
2.07 ☐ OFF ON 2.09 ☒ OFF ON 2.12 ☐ OFF ON

## PŘÍLOHA P XVI: VIZUALIZACE – UPOZORNĚNÍ NA KLIMATICKÉ PODMÍNKY.

