

# Intelligentní RD I.

Intelligent family house I.

Bc. Pavol Turan



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavol TURAN**  
Osobní číslo: **A08454**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Inteligentní RD I.**

### Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte studii energeticky úsporných budov obsahující možné způsoby tvorby mikroklimatu a energetických systémů.
2. Vypracujte možnosti řízení, monitorování a komunikace systémů techniky v budově.
3. Navrhněte použití tepelného čerpadla a vzduchotechnického systému umožňujícího vytápění i klimatizaci s možností rekuperace vzduchu a uplatněním solárních panelů a volné chlazení v letním období na konkrétní budovu.
4. Řešte také systémy elektroinstalace.
5. Dům vybavte sběrnicovým systémem KNX, komunikační bránou a SCADA systémem.
6. Doplňte sběrnicový systém o systémy EZS a EPS.
7. Proveďte technicko ekonomické hodnocení projektu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. AULICKÝ, Václav, et al. Inteligentní budovy a ekologické stavby. Michal Janata. 1. vyd. Praha : Nakladatelství Dr. Josef Raabe, s.r.o, 2008. 280 s. ISBN 1803-4322
2. HERMANN, Merz, HANSEMAN, Thomas, HUBNER, Christof. Automatizované systémy budov : Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s, 2008. 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9
3. KŘEČEK, Stanislav, et al. Příručka zabezpečovací techniky. 4. aktualiz. vyd. [s.l.] : Cricetus, 2002. 350 s. ISBN 80-902938-2-4.
4. HUMM, Othman. Nízkoenergetické domy. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s, 1999. 353 s. ISBN 80-7169-657-9.
5. SCHRAMEK, Ernst-Rudolf. Taschenbuch fur Heizung und Klimatechnik : Einschleisslich Warmwasser und Kaltetechnik. 1. Auflage. Munchen : Oldenbourg Industrieverlag, 2007. 2030 s. ISBN 3-8356-3104-7.
6. CHYSKÝ, J., et al. Větrání a Klimatizace. Praha : Česká Matice Technická, 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce:

**8. června 2010**

Ve Zlíně dne 19. února 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Cieľom práce je priblížiť čitateľovi problematiku energeticky úsporných budov využívajúcich obnoviteľné zdroje energie a moderné riadiace systémy na minimalizáciu prevádzkových nákladov. Zároveň práca obsahuje návrh takejto budovy od výpočtu tepelných strát, cez projektovanie vykurovacej sústavy, sústavy na ohrev teplej vody, zabezpečovacieho a požiarneho systému až po návrh inteligentnej elektroinštalácie a SCADA systému. V závere sa nachádza technicko-ekonomické zhodnotenie projektu. Členenie praktickej časti práce kopíruje následnosť pri reálnom návrhu inteligentného rodinného domu.

Kľúčové slová: inteligentný dom, vzduchotechnika, tepelné čerpadlo, KNX, solárne kolektory, EZS, EPS

## **ABSTRACT**

The aim of the thesis is to bring a closer overview on the problem of the energy saving buildings, which use renewable resources of the energy and modern control systems for minimization of operating costs. The thesis also contains project of this kind of building, which consists of the heat loss calculation, design of the heating system, the water heating system, the safety system and the fire system. Moreover, the thesis contains a project of the intelligent house wiring and SCADA system. In the end of the thesis, technical economic system valuation is described. The segmentation of practical part of the thesis reproduces the sequence used in the real design of the intelligent family house.

Keywords: intelligent house, air conditioning, heat pump, KNX, solar collectors, ESS, EFS

Poděkování, motto

Touto cestou by som sa chcel v prvom rade poďakovať vedúcemu mojej diplomovej práce Ing. Martinovi Zálešákovi, CSc. za čas venovaný mojej práci, za tvorivé pripomienky a profesionálne vedenie pri tvorbe diplomovej práce. Ďalej by som sa chcel poďakovať všetkým, ktorí mi akýmkoľvek spôsobom pomohli pri vytváraní diplomovej práce.

**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>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČASŤ</b> .....	<b>12</b>
<b>1 VONKAJŠIE PROSTREDIE</b> .....	<b>13</b>
1.1 TEPLOTA VONKAJŠIEHO VZDUCHU .....	13
1.2 RELATÍVNA VLHKOSŤ VONKAJŠIEHO VZDUCHU.....	14
1.3 RÝCHLOSŤ VETRA .....	15
1.4 SLNEČNÉ ŽIARENIE.....	16
1.5 ZRÁŽKY.....	17
<b>2 ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÉ POŽIADAVKY NA DOM</b> .....	<b>18</b>
2.1 UMIESTNENIE BUDOVY V KRAJINE .....	19
2.2 ROZMIESTNENIE MIESTNOSTÍ V BUDOVE .....	20
<b>3 VNÚTORNÉ PROSTREDIE</b> .....	<b>21</b>
3.1 TEPELNÉ PARAMETRE.....	21
3.1.1 Operatívna teplota .....	21
3.1.2 Relatívna vlhkosť vzduchu v interiéri.....	22
3.1.3 Rýchlosť prúdenia vzduchu v interiéri.....	23
3.1.4 Klasifikácia tepelného prostredia.....	24
3.2 HYGIENICKÉ PARAMETRE.....	26
3.2.1 Chemické škodliviny.....	26
3.2.2 Radón .....	27
3.2.3 CO <sub>2</sub> .....	27
3.2.4 Biologické faktory.....	28
3.3 AKUSTICKÉ PARAMETRE .....	29
3.4 SVETELNO-TECHNICKÉ PARAMETRE.....	30
3.5 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA .....	31
<b>4 SYSTÉMY TVORBY VNÚTORNEJ MIKROKLÍMY</b> .....	<b>32</b>
4.1 ZDROJE ENERGIE .....	32
4.1.1 Neobnoviteľné zdroje energie.....	33
4.1.2 Obnoviteľné zdroje energie.....	33
4.2 SOLÁRNE KOLEKTORY.....	35
4.2.1 Orientácia kolektorov.....	35
4.2.2 Poloha a osadenie kolektorov.....	36
4.2.3 Druhy a konštrukčné riešenie kolektorov .....	37
4.2.4 Nízkotepelný solárny energetický systém .....	39
4.3 TEPELNÉ ČERPADLO .....	42
4.3.1 Princíp funkcie tepelného čerpadla .....	43
4.3.2 Typy tepelných čerpadiel.....	44
<b>5 RIADIACE SYSTÉMY V BUDOVÁCH</b> .....	<b>48</b>

5.1	CENTRALIZOVANÉ RIADIACE SYSTÉMY .....	48
5.2	DECENTRALIZOVANÉ RIADIACE SYSTÉMY .....	49
5.3	EIB/KNX.....	49
5.3.1	Topológia siete a adresovanie .....	50
5.3.2	Prvky KNX.....	52
5.3.3	Prenosové médiá .....	53
5.3.4	Programovanie a diagnostika .....	55
5.3.5	Komunikácia KNX.....	55
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČASŤ .....</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>NÁVRH TECHNICKÝCH ZARIADENÍ BUDOVY.....</b>	<b>59</b>
6.1	PODKLADY PRE NÁVRH SYSTÉMOV TZB .....	59
6.2	POPIS NAVRHOVANÉHO SYSTÉMU.....	66
6.3	VÝPOČET TEPELNÝCH STRÁT.....	67
6.3.1	Návrhová tepelná strata prechodom tepla .....	68
6.3.2	Návrhová tepelná strata vetraním.....	69
6.3.3	Zátopový tepelný výkon.....	71
6.3.4	Celkový návrhový tepelný výkon .....	72
6.4	VÝPOČET TEPELNEJ ZÁŤAŽE KLIMATIZOVANÝCH PRIESTOROV.....	74
6.5	NÁVRH SOLÁRNEHO SYSTÉMU.....	75
6.5.1	Návrh tepelnej sústavy na prípravu teplej vody .....	77
6.5.2	Dimenzovanie solárnych kolektorov.....	81
6.5.3	Návrh zabezpečovacích zariadení sústavy .....	82
6.6	NÁVRH VYKUROVANIA A CHLADENIA .....	84
6.6.1	Systém tepelného čerpadla.....	85
6.6.2	Návrh a osadenie sond na zemné teplo .....	85
6.6.3	Hydraulické zapojenie systému tepelného čerpadla .....	87
6.7	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU.....	88
6.7.1	Návrh rozvodov vzduchu .....	90
6.8	NÁVRH DOPLNKOVÝCH VYKUROVACÍCH TELIES .....	94
<b>7</b>	<b>NÁVRH ELEKTRICKÝCH ROZVODOV .....</b>	<b>96</b>
7.1	NÁVRH SVETELNÝCH OBVODOV .....	98
7.2	NÁVRH ZÁSUVKOVÝCH OBVODOV .....	99
7.3	NÁVRH KÚPEĽŇOVÝCH OBVODOV .....	100
7.4	SVETELNÉ A ZÁSUVKOVÉ OBVODY .....	100
<b>8</b>	<b>RIADIACE SYSTÉMY BUDOVY .....</b>	<b>104</b>
8.1	REGULÁCIA SOLÁRNEHO SYSTÉMU NA OHREV VODY.....	104
8.2	REGULÁCIA TEPELNÉHO ČERPADLA .....	105
8.3	REGULÁCIA VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU.....	105
<b>9</b>	<b>ELEKTRONICKÝ ZABEZPEČOVACÍ A POŽIARNY SYSTÉM.....</b>	<b>108</b>



9.1	NÁVRH ELEKTRONICKÉHO ZABEZPEČOVACIEHO SYSTÉMU .....	110
9.2	NÁVRH ELEKTRONICKÉHO POŽIARNEHO SYSTÉMU .....	111
9.3	ROZMIESTNENIE PRVKOV EZS A EPS .....	111
<b>10</b>	<b>INTELIGENTNÁ ELEKTROINŠTALÁCIA .....</b>	<b>116</b>
10.1	NÁVRH OVLÁDANIA OSVETLENIA A ŽALÚZIÍ .....	117
10.1.1	Scénické režimy .....	121
10.2	OVLÁDACIE PRVKY KNX .....	123
10.2.1	Vzdialené ovládanie .....	127
10.2.2	Použité prvky KNX .....	128
<b>11</b>	<b>EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE SYSTÉMU.....</b>	<b>132</b>
11.1	NÁKLADY NA VYKUROVANIE A OHREV TEPLEJ VODY .....	132
11.1.1	Náklady na vybudovanie systému.....	133
11.1.2	Ekonomicko-technické hodnotenie vykurovania a ohrevu teplej vody .....	134
11.2	NÁKLADY NA VYBUDOVANIE SYSTÉMU KNX .....	136
11.2.1	Ekonomicko-technické hodnotenie systému KNX .....	136
11.3	CELKOVÉ HODNOTENIE PROJEKTU.....	137
	<b>ZÁVER.....</b>	<b>138</b>
	<b>ZÁVER V ANGLIČTINE .....</b>	<b>140</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>141</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....</b>	<b>144</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>146</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>148</b>
	<b>ZOZNAM PRÍLOH.....</b>	<b>149</b>

## ÚVOD

Rastúca spotreba energií a klesajúce zásoby fosilných palív sú svetovým problémom číslo jedna v súčasnosti i v blízkej budúcnosti. Jedná sa o celospoločenský problém ovplyvňujúci všetky oblasti ľudského života od dopravy až po stavebníctvo. Ľudstvo sa ocitlo v situácii, kedy musí súčasne riešiť otázky šetrenia energiou a zároveň otázky používania nových zdrojov energií.

Azda najvýraznejšie sa tieto snahy prejavujú práve v stavebníctve, kde sa zatiaľ úspešne darí odpovedať na obe, vyššie spomenuté, otázky. Šetrenie energiou sa dosahuje nielen vďaka novo vyvíjaným stavebným materiálom s výbornými tepelnoizolačnými vlastnosťami, ale taktiež vďaka novým pracovným postupom používaným pri stavbe moderných budov a rekonštrukciách budov so v súčasnej dobe nedostatočnými a neakceptovateľnými tepelnoizolačnými parametrami.

Keďže budova súčasnosti nie sú len stavebné konštrukcie, ale práve naopak jedná sa o objekty mnohokrát obsahujúce zložité technické zariadenia budov a technológie potrebné na prevádzku budovy, je prirodzené, že nutnosť šetriť energiu sa dotýka aj tejto oblasti. A práve tu sa začali uplatňovať zariadenia primárne využívajúce obnoviteľné zdroje energie. S vývojom týchto zariadení sa ich úloha mení z doplnkových a podporných zdrojov na primárne a mnohokrát i jediné zdroje tepla na zabezpečenie technologických procesov, vykurovanie a ohrev teplej vody. Zároveň so zväčšujúcim sa ponúkaným výkonovým rozsahom sa uplatňujú obnoviteľné zdroje energie nielen v budovách spĺňajúcich pasívny či nízkoenergetický štandard, ale i v bežných bytových domoch, hoteloch, obchodných centrách, športových areáloch, úradoch, nemocniciach a iných.

Použitie moderných technológií a systémov však k úspešnému zníženiu spotreby energie nepostačuje. Tak ako sa nezníži spotreba paliva automobilu pri nešetrnej a neekonomickej prevádzke, hoci samotný automobil má všetky predpoklady a technológie na minimalizáciu spotreby obsiahnuté, tak ani budova predurčená svojimi stavebnými vlastnosťami a použitými technológiami nedosiahne požadovanú úsporu energie bez kvalitného riadenia a regulácie. Väčšina ponúkaných riešení, v súčasnosti dostupných na trhu, obsahuje kvalitnú reguláciu, ktorá dostatočne využíva potenciál daného zariadenia. Nevýhodou však je, že koľko systémov je v budove nainštalovaných, toľko samostatných regulácií sa používa bez toho, aby vzájomne spolupracovali.

Riešením je použitie systému zastrešujúceho riadenie a reguláciu všetkých systémov, ktoré sú v budove obsiahnuté. Môže sa jednať o jeden rozsiahly riadiaci a regulačný systém alebo koncepciu, kde nadradený systém iba logicky a funkčne prepája samostatné riadiace celky. Práve v tejto oblasti je miesto pre nasadenie zbernicových systémov ako je KNX a vytvorenie tak inteligentnej elektroinštalácie.

Nepopierateľnou výhodou pri nasadení inteligentnej elektroinštalácie je, že umožňuje získať dokonalý prehľad o všetkých častiach systému, prispieva k zníženiu prevádzkových nákladov znížením spotreby energií a zároveň nemá negatívny vplyv na úroveň komfortu užívateľov, ba naopak prispieva k jeho zvyšovaniu, na rozdiel od aplikácií, ktoré v snahe o minimalizáciu spotreby znížia i užívateľský komfort.

Na nasledujúcich stránkach je v krátkosti popísaný návrh inteligentného rodinného domu. Zahŕňa popis vonkajších podmienok a vnútorných požiadaviek, s ktorými sa musí projektant vyrovnáť a ktoré musí splniť, ďalej popis jednotlivých systémov tvorby vnútornej mikroklímy a zbernicového systému KNX. Väčšiu časť práce však tvorí reálny projekt, ktorého výsledkom je inteligentný rodinný dom spĺňajúci požiadavky na šetrenie energiami, využívanie obnoviteľných zdrojov energie a použitie inteligentnej elektroinštalácie pre zabezpečenie vysokého stupňa užívateľského komfortu.

## **I. TEORETICKÁ ČASŤ**

## 1 VONKAJŠIE PROSTREDIE

Všetky druhy stavieb sa musia počas svojej životnosti vyrovnat' s pôsobením klimatických faktorov a musia byť navrhnuté tak, aby odolávali predpokladaným klimatickým vplyvom pôsobiacim v mieste vybudovania stavby. Každé miesto na Zemi má svoje špecifiká a každá stavebná lokalita je jedinečná a jej vlastnosti musia byť preskúmané a zohľadnené pri návrhu a projektovaní stavieb.

Prostredie obklopujúce nadzemnú časť stavby taktiež nazývané vonkajšie tepelné prostredie je charakterizované 5 základnými parametrami:

- Teplota vonkajšieho vzduchu  $\theta_e$  [°C]
- Relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu  $\varphi_{ae}$  [%]
- Rýchlosť vetra  $v_e$  [m/s]
- Slnéčné žiarenie  $J_e$  [W/m<sup>2</sup>]
- Zrážky

Všetky parametre musia byť brané do úvahy, avšak len prvé 4 spomenuté sú súčasťou referenčných podmienok spotreby energie budov. So zrážkami sa uvažuje napr. pri návrhu strechy, ktorá je okrem iného dimenzovaná i podľa predpokladaného zaťaženia snehovými zrážkami v zimnom období. [40]

### 1.1 Teplota vonkajšieho vzduchu

Tepelnými podmienkami vonkajšieho prostredia sa zaoberá norma ČSN EN 12 831 [18], podľa ktorej je územie Českej republiky rozdelené z hľadiska výpočtu tepelných strát do troch teplotných oblastí:

- Oblasť s výpočtovou teplotou vonkajšieho vzduchu  $\theta_e = -12$  °C
- Oblasť s výpočtovou teplotou vonkajšieho vzduchu  $\theta_e = -15$  °C
- Oblasť s výpočtovou teplotou vonkajšieho vzduchu  $\theta_e = -18$  °C

Okrem horizontálneho rozdelenia územia štátu norma uvažuje aj s členitosťou terénu územia a pre miesta s nadmorskou výškou nad 400 resp. 600 m.n.m sa oblastná výpočtová teplota vonkajšieho vzduchu znižuje o 3 °C podľa Tab. 1.

Tab. 1. Zníženie oblastnej výpočtovej teploty  $\Theta_e$  s ohľadom na nadmorskú výšku

Nadmorská výška [m.n.m]	Oblastná výpočtová teplota $\Theta_e$ [°C]	Znížená oblastná výpočtová teplota $\Theta_e$ [°C]
nad 400	-12	-15
nad 600	-15	-18
nad 400	-18	-21

Pre vybrané mestá Českej republiky obsahuje norma ČSN EN 12 831 [18] tabuľku s hodnotou nadmorskej výšky  $h$ , oblastnej výpočtovej teploty vonkajšieho vzduchu  $\Theta_e$ , hodnotu teploty vonkajšieho vzduchu, pri ktorej sa zahajuje vykurovanie  $\Theta_{em}$ , priemernú teplotu vzduchu vo vykurovacom období roku  $\Theta_s$  a počet vykurovacích dní vykurovacieho obdobia  $d$ . Výňatok z tabuľky obsahuje Tab. 2. [18]

Tab. 2. Výňatok z ČSN 12 831

Mesto	Nadm. výška $h$ [m]	Teplota $\Theta_e$ [°C]	Vykurovacie obdobie pre $\Theta_{em} = 12$ °C		Vykurovacie obdobie pre $\Theta_{em} = 15$ °C		Vykurovacie obdobie pre $\Theta_{em} = 13$ °C	
			Teplota $\Theta_{es}$ [°C]	dni [-]	Teplota $\Theta_{es}$ [°C]	dni [-]	Teplota $\Theta_{es}$ [°C]	dni [-]
České Budějovice	384	-15	3,4	232	5,1	279	3,8	244
Ostrava	217	-15	3,6	219	5,2	260	4	229
Praha	181	-12	4	216	5,1	254	4,3	225
Zlín	234	-12	3,6	216	5,1	257	4	226

## 1.2 Relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu

Relatívna vlhkosť vzduchu  $\varphi_{ae}$  sa v priebehu roka mení a úzko súvisí s teplotou vonkajšieho vzduchu  $\Theta_e$ . Voľba použitých stavebných materiálov a stavebných postupov musí teda zohľadniť teplotu vonkajšieho vzduchu a relatívnu vlhkosť vzduchu pri danej

teplote. Závislost výpočtové hodnoty relativní vlhkosti vonkajšieho vzduchu  $\varphi_{ae}$  na teplote vonkajšieho vzduchu  $\Theta_e$  je zobrazená v Tab. 3. [40]

Tab. 3. Relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu

Teplota $\Theta_e$ [°C]	Relatívna vlhkosť $\varphi_{ae}$ [%]
-21	85
-20	85
-18	85
-15	84
-10	83
-5	82
0	81
5	79
10	76
15	73
20	68
25	59

### 1.3 Rýchlosť vetra

Ďalším parametrom ovplyvňujúcim tepelné straty budov je rýchlosť vetra  $v_e$ . Vplyv rýchlosti vetra na tepelné straty budovy sa prejavuje pri prenose tepla na vonkajšej strane stavebnej konštrukcie a zároveň pri výmene vzduchu infiltráciou. Rýchlosť vetra nie je vo všetkých častiach republiky rovnaká a závisí najmä na členitosti terénu a nadmorskej výške. Priemerná rýchlosť vetra v ČR je 3 m/s. [40]

Pri návrhu sa rozoznávajú dva základné typy krajinej oblasti vo vzťahu k intenzite vetra:

- Normálna krajina
- Krajina s intenzívnymi vetrami

Pre každý typ krajinej oblasti sa rozlišujú tri prípady polohy budovy v krajine:

- Chránená
- Nechránená
- Veľmi nepriaznivá

Pri výpočte tepelných strát sa uvažuje rýchlosť vetra podľa Tab. 4. [40]

Tab. 4. Rýchlosť vetra

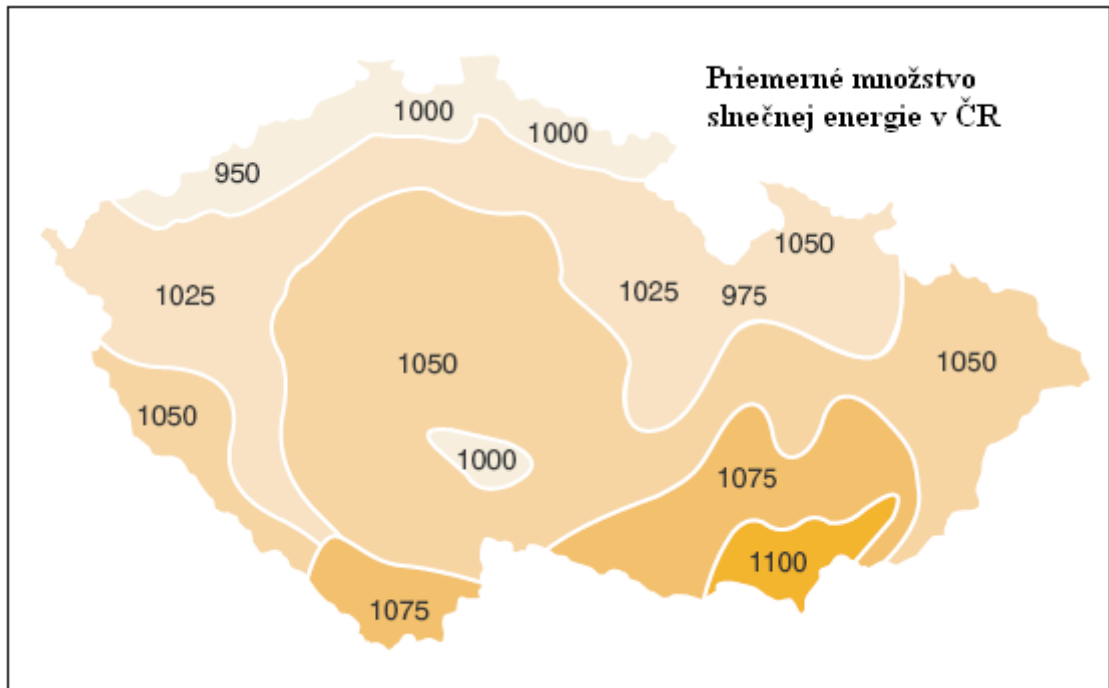
Krajinná oblasť	Poloha budovy v krajine	Rýchlosť vetra $v_e$ [m/s]
Normálna krajina	chránená	4
	nechránená	6
	veľmi nepriaznivá	8
Krajina s intenzívnymi vetrami	chránená	6
	nechránená	8
	veľmi nepriaznivá	10

#### 1.4 Slnéčné žiarenie

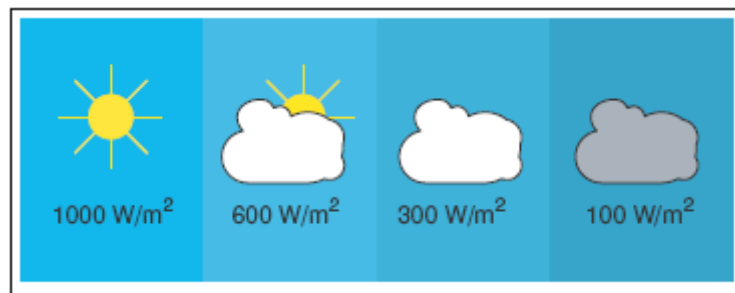
Vplyv slnečného žiarenia na budovy je nepopierateľný a závisí od ročného obdobia, zatiaľ čo v zimnom a prechodnom období pôsobí priaznivo na tepelné straty, v letnom období však pôsobí nepriaznivo a napomáha zvyšovať tepelné zisky. V súčasnej dobe panujúci trend maximálneho využitia slnečnej energie uvažuje nielen s pasívnym využitím v podobe akumulácie do stavebných konštrukcií, ale najmä s aktívnym využitím slnečnými kolektormi a fotovoltaickými článkami. Využiteľné množstvo slnečnej energie závisí od regiónu, aktuálneho stavu počasia a uhla, pod akým slnečné žiarenie dopadá na ožiarenú plochu.

Priemerné množstvo slnečnej energie v ČR v jednotlivých regiónoch je zobrazené na Obr. 1. [28]



Obr. 1. Slnečný svit v kWh/m<sup>2</sup>

Vplyv pokrytia oblohy oblačnosťou na výkon slnečného žiarenia je zobrazený na Obr. 2.



Obr. 2. Výkon slnečného žiarenia

## 1.5 Zrážky

Zrážky ako také priamo neovplyvňujú výšku tepelných strát v zimnom období a ani veľkosť tepelných ziskov v letnom období. Môžu však prispieť k zvýšeniu vzdušnej vlhkosti i k zvýšeniu vlhkosti v stavebných konštrukciách a tým pádom k znehodnocovaniu materiálov a zníženiu kvality ovzdušia.

## 2 ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÉ POŽIADAVKY NA DOM

Splnenie základných architektonicko-stavebných požiadaviek kladených v súčasnosti na budovy je základným predpokladom toho, že budova bude prispôsobená vonkajším klimatickým podmienkam a zároveň bude ekonomicky a energeticky efektívna. Splnenie týchto požiadaviek zároveň výrazne prispieje k tomu, aby sa dom mohol nazývať nízkoenergetický.

Medzi základné faktory, ktoré je potrebné brať do úvahy a ktoré majú vplyv na ročnú energetickú spotrebu budovy patria:

- Kvantitatívne parametre geometrie budovy:
  - Pomer teplo výmenných plôch k objemu budovy
  - Pomer transparentných a nepriehľadných plôch obvodovej steny
  - Pomer plôch strechy a obvodovej steny
- Kvantitatívne parametre a fyzikálne vlastnosti základných konštrukčných prvkov budovy:
  - Obvodovej steny
  - Strechy
  - Transparentných konštrukcií
  - Deliacich konštrukcií stropov
  - Deliacich konštrukcií priečok
- Kvantitatívne parametre a fyzikálne vlastnosti doplňujúcich konštrukčných prvkov budovy:
  - Tienidlá, ich poloha, tvar – geometria
  - Okenice, žalúzie, rolety a podobne
  - Vnútorne zariadenie budovy – nábytok
  - Záclony, ich štruktúra, farba a spôsob zavesenia
  - Koberce

- Kvantitatívne parametre exploatacie budovy:
  - Voľné teplo z ľudí a energetických zariadení
- Kvantitatívne parametre interakcie budova – vonkajšie prostredie
  - Orientácia budovy vzhľadom na svetové strany
  - Orientácia budovy vzhľadom na prevládajúce vetry
  - Osadenie budovy do reliéfu terénu – tienenie horizontu
  - Farba vonkajších povrchov budovy
  - Celoročné tienenie budovy [10] [12] – [16]

Pri návrhu a overovaní budov s požadovaným stavom vnútorného prostredia pri ich užívaní je potrebné dodržať tepelne technické požiadavky stanovené normou ČSN 73 0540-2. [19] Spomenutá norma sa zaoberá základnými požiadavkami, medzi ktoré patria:

- Šírenie tepla konštrukciou
- Šírenie vlhkosti konštrukciou
- Šírenie vzduchu konštrukciou a budovou
- Tepelná stabilita miestností
- Prechod tepla obálkou budovy

## 2.1 Umiestnenie budovy v krajine

Pri umiestnení budovy v krajine je potrebné prihliadať na klimatické podmienky miesta, geografickú polohu a topografickú situáciu. Všetky tri časti sú rovnako dôležité, topografia (miestne vytváranie okolitého terénu) je rovnako dôležitá ako geografická poloha. Cieľom je čo najviac využiť energiu slnečného žiarenia, z čoho vyplýva nutnosť vhodného umiestnenia stavby v krajine – otvorený výhľad na juh, nezatienený stromami alebo okolitými domami.

Umiestnenie budovy v krajine musí viesť k minimalizácii tepelných strát budovy. Stavbu je z toho dôvodu nutné postaviť v mieste závetria v polohe chránenej pred prevládajúcimi vetrami. Ochranu môže zabezpečovať svah prípadne porast zo vždy zelených stromov. Permanentné tienenie a ochrana sa však nesmie týkať južnej strany, kde je povolené iba

minimálne sezónne tienenie listnatými stromami, ktoré môže slúžiť ako prirodzená ochrana pred oslnením v letnom období. Lepšou voľbou je však použitie tieniacej techniky.

V prípade, že nie je možné orientovať stavbu súhlasne so svetovými stranami je možné odklonenie čelnej strany domu až o  $\pm 30^\circ$  od južného smeru smerom na východ alebo na západ. Takéto odklonenie má totiž len minimálny vplyv na zmenšenie tepelných ziskov zo slnečného žiarenia.

Výsledkom vhodného umiestnenia a orientácie stavby je maximalizácia využitia slnečnej energie a minimalizácia vplyvu vetrov a vytvorenie tak priaznivých teplotných podmienok v miestnostiach budovy. [10] [12] - [16]

## 2.2 Rozmiestnenie miestností v budove

Nielen umiestnenie a orientácia budovy v krajine, ale i samotné vnútorné členenie má veľký vplyv na výšku tepelných strát a spotrebu energií.

Vo všeobecnosti platí zásada, že trvalo obývané miestnosti ako napr. izby, spálne, obývacia miestnosť, celodenne využívaná pracovňa prípadne kuchyňa s jedálňou majú byť umiestnené na južnej strane so slnečnými oknami a na severnej strane majú byť technické miestnosti, garáž, sklad ovocia a zeleniny a pod. Miestnosti užívané len v určitom dennom čase môžu byť na západnej alebo východnej strane. Pracovňa používaná predovšetkým v popoludňajších prípadne večerných hodinách môže byť na západnej bočnej strane domu, na východnej strane domu môže byť umiestnená kuchyňa slúžiaca na varenie iba dopoludnia. Kúpeľňa má byť vykurovaná lokálne napr. elektricky a umiestnená vždy vnútri domu a bez okien, najmä ak sa jedná len o občas alebo krátkodobo používanú kúpeľňu.

Vstupu do domu treba taktiež venovať náležitú pozornosť. Mal by sa nachádzať na severnej neslnečnej strane, aby v prízemí nezmenšoval plochu okenných výplní na južnej strane domu. Zároveň by mal byť vstup chránený uzatvoreným prístreškom, ktorý by zabránil vniknutiu chladného vzduchu z exteriéru do interiéru pri otvorení vchodových dverí. [10] [12] – [16]

### 3 VNÚTORNÉ PROSTREDIE

Dispozičné riešenie budovy, jej orientácia voči svetovým stranám a ani vyrovnanie sa s pôsobením klimatických vplyvov nie sú dostatočné predpoklady na vytvorenie zdravého a komfortného prostredia. K tomu treba splniť požiadavky kladené na vnútorné prostredie. Medzi základné sledované parametre vnútorného prostredia patria:

- Tepelné parametre
- Hygienické parametre
- Akustické parametre
- Svetelno-technické parametre
- Elektromagnetická kompatibilita

#### 3.1 Tepelné parametre

Medzi základné hodnotiace tepelné parametre resp. kritériá patria operatívna teplota, relatívna vlhkosť vzduchu v interiéri a rýchlosť prúdenia vzduchu v interiéri. [14] [15]

##### 3.1.1 Operatívna teplota

Pod pojmom operatívna teplota sa rozumie vypočítaná hodnota, ktorá je výsledkom pôsobenia všetkých tepelných zložiek prostredia a vplyvu rýchlosti prúdenia vzduchu. Na výpočet operatívnej teploty slúži vzťah:

$$\Theta_o = \Theta_r + A * (\Theta_{ai} - \Theta_r) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

$\Theta_r$  – stredná radiačná teplota (účinná teplota okolitých plôch) [°C]

$\Theta_{ai}$  – teplota vzduchu v miestnosti [°C]

$A$  – súčiniteľ A [-]

Stredná radiačná teplota  $\Theta_r$  je homogénna teplota okolitých plôch, pri ktorej sa zdieľa sálaním rovnako veľa tepla ako v skutočnom heterogénnom prostredí.

Súčiniteľ  $A$  je funkciou rýchlosti prúdenia vzduchu v interiéri  $v_{ai}$  a jeho hodnota sa určí z Tab. 5.

Prípustnou operatívnu teplotou sa rozumie priemerná operatívna teplota, ktorá je aritmetickým priemerom pravidelne meraných teplôt v intervaloch najviac 1 hodiny resp. priemerom teplôt vyskytujúcich sa v 8 hodinovej zmene. [40]

Tab. 5. Súčiniteľ  $A$ 

$v_{ai}$ [m/s]	0,2	0,3	0,4	0,8	1
$A$ [-]	0,5	0,6	0,65	0,7	1

### 3.1.2 Relatívna vlhkosť vzduchu v interiéri

Relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu patrí medzi mikroklimatické parametre, voči ktorým je tolerancia človeka pomerne vysoká. Závislosť relatívnej vlhkosti vzduchu  $\varphi_{ai}$  na teplote vzduchu  $\theta_{ai}$  platí nielen pre vonkajšie, ale taktiež pre vnútorné prostredie a vo všeobecnosti platí, že so zvyšujúcou sa teplotou vzduchu by sa mala znižovať relatívna vlhkosť vzduchu. Z dôvodov zníženia rizika nepríjemnej vlhkej alebo suchej kože, podráždenia očí, statickej električky, rastu mikroorganizmov a ochorení dýchacích ciest sú stanovené medze, v ktorých by sa mala relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu udržiavať:

$$30\% < \varphi_{ai} < 70\% \quad (2)$$

Niektoré zdroje uvádzajú maximálnu dovolenú hornú hranicu vlhkosti 65 %. Optimálna hodnota je však  $\varphi_{ai} = 50\%$ .

Zdravotné riziká a pocity diskomfortu sú pri rôznych hodnotách relatívnej vlhkosti vzduchu rôzne. Zatiaľ čo pri relatívnej vlhkosti vzduchu menšej ako 35 % sa prejavuje zvýšená prašnosť a pod úrovňou 45 % môže dochádzať k elektrostatickému náboju najmä na povrchoch plastových materiálov, vysoká relatívna vlhkosť môže viesť k šíreniu plesní a v spojení s vysokou teplotou vzduchu vedie k mokrému odparovaniu organizmu (poteniu).

Lepšiu predstavu o previazaní operatívnej teploty a relatívnej vlhkosti s pocitom tepelnej pohody poskytuje Obr. 3. [40]



Obr. 3. Pole tepelnej pohody

### 3.1.3 Rýchlosť prúdenia vzduchu v interiéri

Faktorom významne vplývajúcim na pocit tepelnej pohody osôb je rýchlosť prúdenia vzduchu v interiéri  $v_{ai}$ . Vnímanie rýchlosti prúdenia vzduchu človekom je omnoho citlivejšie ako pri iných parametroch vnútorného prostredia a už pri rýchlostiach prúdenia vyšších ako 0,2 m/s je pociťovaný prievan. Obťažovanie prievanom sa vyjadruje

percentuálnym podielom ľudí, u ktorých sa predpokladá pocit obťažovania prievanom  $DR$ . Pre dodržanie tepelnej pohody sa požaduje, aby  $DR < 15 \%$ . Percento nespokojných  $DR$  závisí od rýchlosti prúdenia vzduchu v interiéri  $v_{ai}$ , teplote vzduchu v interiéri  $\theta_{ai}$  a na intenzite turbulencie  $T_u$ . [40]

Tab. 6. Rýchlosť prúdenia vzduchu v bytových miestnostiach

Obdobie roku	Maximálna dovolená rýchlosť prúdenia vzduchu $v_{ai}$ [m/s]
teplé obdobie	0,16 - 0,25
studené obdobie	0,13 - 20

### 3.1.4 Klasifikácia tepelného prostredia

Na základe výskumov reakcií ľudí na rôzne stavy kvality prostredia boli vytvorené 3 základné prostredia, pričom každé z nich je popísané jedinečným indexom charakterizujúcim kvalitu daného prostredia nasledovne:

- Horúce prostredie – index potenia  $SW_g$
- Mierne prostredie – index predpokladaného stredného tepelného pocitu  $PMV$
- Chladné prostredie – index požadovaného odporu odevu

Horúce a chladné prostredie sa týkajú predovšetkým pracovného prostredia a z toho dôvodu bude ďalej rozobrané iba mierne prostredie.

Mierne prostredie vyžaduje minimálne nároky na mechanizmus termoregulácie tela a to je dôvodom, prečo je najvhodnejšie na použitie v obytných budovách. V praxi sa najčastejšie používa určenie tepelnej pohody na základe teploty vzduchu v miestnosti, ktorá by mala byť o 1 až 3 °C vyššia ako normou ČSN EN 12 831 stanovená návrhová teplota pre daný typ miestnosti. Pre presné, no pre bežnú prax zdĺhavé a nie príliš vhodné, hodnotenie úrovne mierneho prostredia sa však používa index predpokladaného stredného tepelného pocitu  $PMV$ . Jedná sa o index predpovedajúci stredný tepelný pocit veľkej skupiny osôb v sedem stupňovej stupnici pre posudzovanie tepelného pocitu tak ako je to uvedené v Tab. 7. [40]

Tab. 7. Index  $PMV$



Tepelný pocit	Index PMV
Horúco	+3
Teplo	+2
Mierne teplo	+1
Neutrálne	0
Mierne chladno	-1
Chladno	-2
Zima	-3

Na stanovenie hodnoty indexu **PMV** je potrebná znalosť nasledujúcich parametrov:

- Výsledná vnútorná teplota  $\theta_i$  [°C]
- Teplota vzduchu v interiéri  $\theta_{ai}$  [°C]
- Stredná radiačná teplota  $\theta_{sr}$  [°C]
- Rýchlosť prúdenia vzduchu  $v_{ai}$  [m/s]
- Relatívna vlhkosť vzduchu  $\varphi_{ai}$  [%]
- Tepelný odpor odevu  $I_{cl}$  [clo]
- Tepelná produkcia organizmu  $M$  [W/m<sup>2</sup>]

Tabuľkové hodnoty jednotlivých parametrov alebo spôsob ich určenia sa nachádzajú v príslušných normách, ale z dôvodu rozsahu práce nebudú uvedené a popísané bližšie.

Pásma tepelnej pohody vyjadrené indexom **PMV** sa podľa Tab. 7. nachádza v oblasti:

$$-0,5 < PMV < 0,5 \quad (3)$$

Index predpokladaného stredného tepelného pocitu **PMV** vyjadruje tepelnú pohodu resp. teplý a chladný diskomfort pre telo ako celok. Tepelná nepohoda však môže byť vyvolaná taktiež nežiaducim ochladzovaním (ohrievaním) určitej časti tela, vtedy hovoríme o miestnej tepelnej nepohode. Tá môže byť vyvolaná prievanom, veľkými rozdielmi vnútornej teploty v mieste hlavy a členkov, príliš teplou alebo chladnou podlahou a asymetriou strednej radiačnej teploty.

Ak sa mikroklíma prostredia nachádza v medziach tepelnej pohody je možné očakávať, že viac ako 80 % prítomných osôb bude túto mikroklímu považovať za prijateľnú. Na kvantifikáciu predpovede pomerného počtu ľudí, ktorí budú s danou tepelnou mikroklímou nespokojní sa zaviedol index percentuálneho podielu nespokojných **PPD**. Ten závisí na indexe **PMV** tak, ako je to zobrazené v Tab. 8. [40]

Tab. 8. Index **PPD**

PMV	PPD
+2	75
+1	25
0	5
-1	25
-2	75

## 3.2 Hygienické parametre

Rovnako dôležitým faktorom ako je tepelná pohoda je i hygienická pohoda, ktorá popisuje kvalitu vzduchu resp. vplyv rôznych škodlivín na pohodu v miestnosti. Hygienické škodliviny je možné z pohľadu ich zdrojov a vplyvu na kvalitu ovzdušia rozdeliť na:

- Chemické škodliviny
- Radón
- CO<sub>2</sub>
- Biologické faktory [40]

### 3.2.1 Chemické škodliviny

Koncentrácia chemických škodlivín vo vnútri budov je závislá na viacerých faktoroch. Základné faktory sú:

- Koncentrácia chemických škodlivín vo vetracom vzduchu
- Vnútorne zdroje škodlivín (činnosť človeka, výrobná činnosť)
- Aktivita obyvateľov

- Stavebný materiál
- Zariadenie bytu
- Upratovanie, čistenie, údržba

Veľké množstvo škodlivín obsiahnutých vo vonkajšom vzduchu sa do interiéru dostáva práve vetracím vzduchom. Jedná sa najmä o základné škodliviny prašné častice, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, polycyklické aromatické uhľovodíky, arzén, berýlium, fluór, alifatické uhľovodíky, aldehydy, olovo a CO.

Hoci mnoho škodlivín vzniká v exteriéri a do interiéru sa len dostáva v rôznej forme, celá rada chemických látok vzniká práve v interiéri. Jedná sa predovšetkým o škodliviny ako CO, Formaldehyd, VOCs – organické prchavé zlúčeniny, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, azbest, odéry.

Škodliviny a vzduch znečisťujúce látky sa môžu uvoľňovať zo stavebných materiálov a zariadení iba pri výstavbe alebo rekonštrukcii ako i dlhodobo pri používaní objektu. Výskyt takýchto látok v prostredí závisí na používaných materiáloch, veľkosti priestoru a jeho usporiadaní, teplote, vlhkosti, rýchlosti a charaktere prúdenia vzduchu. Bežne uvoľňované škodliviny zo stavebných materiálov sú zostatkové monoméry, uvoľňované aditíva, styrén, kyselina octová, organické rozpúšťadlá, formaldehyd, aromatické uhľovodíky, amíny, zmäkčovadlá a diisokyanáty. [40]

### 3.2.2 Radón

Ďalším fyzikálnym faktorom ovplyvňujúcim hygienickú pohodu v obytných budovách je radón. Ten môže vnikáť do budovy z podlažia alebo sa môže uvoľňovať zo stavebných materiálov ak boli k ich výrobe použité suroviny s väčším obsahom radónu. Radón sa sám o sebe nekonzentruje v žiadnom tkanive ani po jeho vdýchnutí a rozpustení sa v telesných tekutinách, ale jeho dcérske prvky vznikajúce z radónu (atómy polónia, olova, bizmutu a olova) sa však zachytávajú v dýchacích cestách, kde pôsobia rakovinotvorne. Priemerná koncentrácia radónu by sa mala pohybovať okolo 120 Bq/m<sup>3</sup>. [40]

### 3.2.3 CO<sub>2</sub>

Samostatnú kapitolu medzi škodlivinami tvorí CO<sub>2</sub>. K prirodzenej koncentrácii CO<sub>2</sub> vo vzduchu sa pripočítava prírastok vydychovaného CO<sub>2</sub>. Prirodzená koncentrácia oxidu

uhličitého by sama o sebe nemala podstatný význam, ak by obsah CO<sub>2</sub> nebol mierou zhoršenia kvality vzduchu v miestnosti .

V príliš obsadených a nedostatočne vetraných miestnostiach môže nastať zhoršenie kvality vzduchu vplyvom zvyšovania jeho koncentrácie vydychovaním osôb už po veľmi krátkej dobe a v takom prípade je potrebné miestnosť vyvetrať s dostatočnou výmenou vzduchu. Už pri zvýšení koncentrácie CO<sub>2</sub> nad 0,1 % sa dá hovoriť o zlej kvalite vzduchu. Ak táto koncentrácia stúpne na viac ako 0,25 % má oxid uhličitý škodlivé pôsobenie na ľudský organizmus. Dodržanie maximálnej požadovanej koncentrácie CO<sub>2</sub> v miestnosti má za úlohu zabezpečiť prirodzená (resp. nútená) výmena vzduchu, ktorá musí mať dostatočnú intenzitu. Požiadavky na intenzitu výmeny vzduchu sú stanovené normou ČSN 73 0540-2, podľa ktorej je pre obytné budovy požadovaná intenzita výmeny vzduchu  $n = 0,3 - 0,6 \text{ h}^{-1}$ , resp. vyžaduje minimálne 15 m<sup>3</sup>/h na osobu pri kludovej aktivite s produkciou metabolického tepla do 80 W/m<sup>2</sup>. [40]

### 3.2.4 Biologické faktory

Ovzdušie v obytných budovách obsahuje škodliviny biologického pôvodu a mikroorganizmy, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvňovať zdravie človeka. U človeka vystavenému pôsobeniu biologických faktorov môže dochádzať k zníženiu výkonnosti, vzniku rôznych ochorení a alergických stavov. Pôvodcami týchto problémov sú 2 skupiny organizmov – roztoče a mikroorganizmy. Výskyt oboch skupín sa spája s vlhkosťou, ktorá sa v interiéroch vyskytuje predovšetkým ako následok stavebných chýb, nevhodného používania, najmä nedostatočného vetrania v súčinnosti s vykurovaním. Pri zvýšenej vlhkosti dochádza k rozmnožovaniu mikroorganizmov na povrchoch stavebných konštrukcií a vybavenia obytných budov ako aj vo vnútri výrobkov v domácnosti. [40]

#### Roztoče

Roztoče sú malé organizmy, ktoré majú optimálne podmienky pre vývoj pri teplote okolo 25 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 70 – 80 %. K ich vývoju však dochádza i pri hodnotách nižších, napr. vzdušnej vlhkosti od 55 %. Najväčší výskyt roztočov je v miestach s vyšším podielom domáceho prachu, v kobercoch, závesoch, záclonách, čalúnenom nábytku a textilných výrobkoch. Ďalej sa človek dostáva do styku s roztočmi pri spaní a úpravách lôžka. Významným zdrojom roztočov sú tiež domáce zvieratá. Význam roztočov v prachu z domácností v ovplyvňovaní ľudského zdravia spočíva v ich

schopnosti vyvolávať alergické reakcie a astmu. Horná limitná hodnota koncentrácie pre jeden gram prachu vysatého z lôžok, nábytku a kobercov vo vnútornom prostredí stavieb sú 2 mg alergénov roztočov alebo 0,6 mg guanínu. [40]

### **Mikroorganizmy**

Vývoj a rozmnožovanie mikroorganizmov súvisí s existenciou vhodných podmienok pre život. Základnou podmienkou života mikroorganizmov je prítomnosť vlhkosti. Ak je dostatočná vzdušná vlhkosť dochádza k osídľovaniu povrchov stavebných konštrukcií mikroorganizmami ako sú baktérie, aktinomycety, kvasinky a plesne. Z hygienického hľadiska majú najväčší význam práve posledne spomenuté plesne.

V obytných budovách sa za hygienicky optimálnu koncentráciu baktérii považuje koncentrácia neprevyšujúca 2500 baktérii/m<sup>3</sup> vzduchu v domácnosti. V prípade mikroskopických vláknitých húb - plesní je optimálna koncentrácia nepresahujúca 1000 spór/m<sup>3</sup> vzduchu v domácnostiach. Ďalšou hygienickou požiadavkou je, aby koncentrácia baktérii a plesní nebola vo vnútornom prostredí viac ako 2x vyššia ako vo vonkajšom ovzduší.

Hygienické limity chemických fyzikálnych a biologických ukazovateľov pre vnútorné prostredie pobytových miestností sú stanovené vo vyhláske č.6/2003/43/. Požiadavky na kvalitu vnútorného prostredia stavieb sa pokladajú za splnené ak neprekročí stredná hodnota hodinovej koncentrácie zisťovanej látky v meranom intervale za štandardných podmienok limitnú koncentráciu. [40]

### **3.3 Akustické parametre**

Vytvorenie zvukovej pohody si vyžaduje odlišný prístup a má svoje špecifiká na rozdiel od vytvárania tepelnej, hygienickej či svetelnej pohody. V prípade zvuku sa totiž významnejšie prejavuje vplyv okolitého prostredia budovy a vplyv jednotlivých priestorov a užívateľov v budove samotnej. Zvuk totiž predstavuje mechanické kmitanie a vlnenie vzduchu, ktoré môže byť spôsobené zdrojmi zvuku nachádzajúcimi sa mimo budovy, ale taktiež zdrojmi v budove, medzi ktoré patrí aj človek a činnosti ním vykonávané. Človek vníma zvuk veľmi individuálne a taktiež reaguje rozdielne na zvuky prichádzajúce do budovy z vonkajšieho prostredia na zvuky v budove vznikajúce.

Základnou veličinou charakterizujúcou zvuk v mieste jeho príjmu je hladina akustického tlaku  $L$ , ktorú určíme podľa vzťahu:

$$L = 20 * \log \frac{p}{p_0} \text{ [dB]} \quad (4)$$

$p$  – akustický tlak [Pa]

$p_0$  – prahová hodnota akustického tlaku (najnižšia hodnota, ktorá môže vzbudiť sluchový dojem  $p_0 = 2.10^{-5}$  Pa)

Pri hodnotení hlukovej záťaže priestorov je rozhodujúca hladina akustického tlaku A označovaná  $L_A$ , ktorá zahŕňa všetky frekvencie a uvažuje s použitím váhového filtra A.

Pre obytné miestnosti a izby je nariadením vlády č. 148/2006 Sb. stanovená maximálna hladina akustického tlaku A na  $L_A = 35/30$  dB (deň/noc) s dobou dozvuku  $T = 0,5$  s. [40]

### 3.4 Svetelno-technické parametre

So svetelno-technickými parametrami súvisí vizuálna pohoda, ktorá vzniká vtedy, keď môže v ľudskom mozgu nerušene prebiehať proces zrakového vnímania. Vizuálna pohoda závisí i na tom, či je v oblasti zrakovej činnosti dostatočná intenzita osvetlenia a či je zabránené vzniku oslnenia – priameho, nepriameho alebo oslnenia denným svetlom. Ďalšími kritériami sú farby svetla a teploty chromatičnosti svetelných systémov osvetľujúcich miestnosť. Zároveň však musia byť zachované podmienky vytvárania tieňov a vizuálny kontakt s vonkajším svetom. Nedodržaním zrakovej (vizuálnej) pohody dochádza k narušeniu zrakových funkcií a k očnej únave, vzniká tzv. zraková nepohoda, ktorá sa prejavuje nepriaznivo v celkovej kondícii a nálade človeka a v jeho výkonnosti. V prípade dlhodobej zrakovej nepohody a nedostatku svetla dochádza k zmenám vývoja niektorých orgánov a k zmenám správania sa jedincov.

V denných hodinách pri dostatku denného osvetlenia musí byť dodržaná podmienka minimálnej hodnoty činiteľa dennej osvetlenosti vo všetkých bodoch obytnej miestnosti  $e = 0,5$  % a priemerná hodnota činiteľa dennej osvetlenosti musí byť  $e \geq 2$  %.

V prípade umelého osvetlenia je potrebné pri návrhu dodržať požiadavky uvedené v príslušnej norme. Umelé osvetlenie sa používa v dobe, kedy k vytvoreniu svetelnej pohody nestačí prirodzené denné svetlo.

Kombináciou umelého osvetlenia a prirodzeného denného osvetlenia dostávame osvetlenie združené. [40]

### 3.5 Elektromagnetická kompatibilita

Elektromagnetická kompatibilita určuje, aké rušenie generované samotným prístrojom alebo rušenie zo strany iných prístrojov či vplyvom prostredia je príslušný prístroj schopný uniesť bez obmedzenia svojej funkčnosti. Elektromagnetickú kompatibilitu definuje európska norma o funkčnosti elektrických prístrojov a elektrických systémov, pričom vhodnosť prístrojov je v celej Európe preukazovaná prehlásením o zhode s touto normou – symbol CE. Biologické vplyvy nízkofrekvenčných elektrických a magnetických polí sú hodnotené predovšetkým podľa toho, aká veľká je prúdová hustota vytváraných vnútorných telesných prúdov. Akútne nebezpečenstvo vplyvom pôsobenia elektrických a magnetických polí je možné vylúčiť, ak nie je trvalá prúdová hustota vplyvom externých polí väčšia než  $2 \text{ mA/m}^2$ . Táto hodnota leží v rozsahu prirodzenej prúdovej hustoty a je zaručená pri intenzite elektrického poľa pod  $5 \text{ kV/m}$  a hustote magnetického toku pod  $100 \text{ mT}$  pri frekvencii  $50 \text{ Hz}$ . [40]

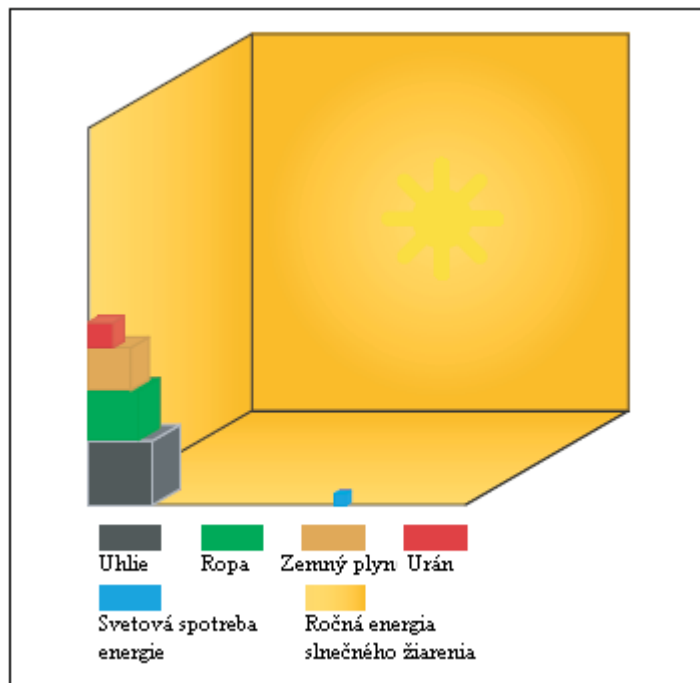
## 4 SYSTÉMY TVORBY VNÚTORNEJ MIKROKLÍMY

Voľba systému zabezpečujúceho vytváranie vnútornej mikroklímy je závislá na mnohých faktoroch. Voľba vhodného zdroja energie (tepla) totiž závisí na dostupnosti paliva, veľkosti a vlastnostiach objektu, požiadavkách a finančných možnostiach investora. V súčasnej dobe najviac využívané zdroje tepla sú založené na neobnoviteľných zdrojoch energie avšak stále viac preferované a podporované sú systémy obsahujúce solárne kolektory a tepelné čerpadlá a to najmä v nízkoenergetických a pasívnych domoch.

### 4.1 Zdroje energie

Z pohľadu tepelných sústav možno za zdroj energie považovať akúkoľvek pevnú, plynnú alebo kvapalnú látku, ktorej spaľovaním možno získať dostatok energie na použitie v tepelných sústavách budov, zároveň však za zdroje energie možno považovať slnko, vietor, vodu, biomasu a zem.

Na Obr. 4. sú znázornené pomery fosílnych zásob energie, ročná energetická spotreba a ponuka slnečnej energie [10] [28]



Obr. 4. Energetické zásoby, spotreba energie



#### 4.1.1 Neobnoviteľné zdroje energie

Zdroje, ktorých teoretická doba obnoviteľnosti sa z pohľadu ľudskej existencie dá považovať za veľmi dlhú resp. nekonečnú nazývame neobnoviteľné zdroje energie. Patria sem fosílna palivá ako uhlie, ropa a zemný plyn a jadrové energetické zásoby, kam patrí urán.

V súčasnej dobe je najviac využívaným zdrojom energie v krajinách EÚ uhlie, hoci najväčší rozmach v posledných rokoch zaznamenáva zemný plyn najmä vďaka jeho lepšej akceptácii z hľadiska vplyvu na životné prostredie.

Podiel fosílnych palív (ropa a zemný plyn) na výrobe elektrickej energie a vykurovaní predstavuje 60 %, v prípade uhlia sa jedná o 35 %, z čoho vyplýva, že neobnoviteľné zdroje energie zabezpečujú až 95 % energie.

Nevýhodou použitia neobnoviteľných zdrojov energie je ekologická náročnosť a záťaž vznikajúca ich ťažbou, prepravou a použitím a taktiež potreba zvyšovania ich ťažby so vzrastajúcou energetickou potrebou. Aj napriek snahám o ťažbu z nových ložísk využívajúc nové metódy ťažby je fakt, že sú zásoby týchto palív obmedzené nepopierateľný.

Na základe súčasnej ťažby ropy a zemného plynu a odhadovanej ťažby ropy a zemného plynu v nasledujúcich rokoch sa predpokladá vyčerpanie energetických rezerv ropy v rokoch 2040-2050 a zemného plynu v rokoch 2053 až 2065. [10] [28]

#### 4.1.2 Obnoviteľné zdroje energie

Obnoviteľné zdroje energie sú relatívne bez zmeny permanentne k dispozícii a pri ich využívaní sa neustále obnovujú, preto ich možno považovať z ľudského hľadiska za nevyčerpatel'né.

Obmedzenosť energetických rezerv fosílnych palív a jadrovej energie vedie k hľadaniu iných zdrojov energie. Riešením je využívanie obnoviteľných zdrojov energie, kam sú zaradované slnko – slnečná energia, vietor – veterná energia, voda – vodná energia, biomasa – energia biomasy a zem – geotermálna energia. Potenciál týchto zdrojov ďaleko prevyšuje súčasnú, ale i v budúcnosti odhadovanú celosvetovú spotrebu energie. Problematickým je však hromadné nasadenie týchto zdrojov do praxe, najmä z dôvodu vysokých cien energie získanej z obnoviteľných zdrojov energie.

Základné spôsoby (technológie) využívania obnoviteľných zdrojov energie sú:

- Slniečna energia
  - Aktívne systémy
    - Ploché kolektory
    - Koncentrické kolektory
    - Solárno-termické elektrárne
    - Fotovoltické systémy
  - Pasívne systémy
- Veterná energia
  - Veterné pohony
  - Veterné elektrárne
  - Veterné parky
- Biomasa
  - Lesná biomasa
  - Odpady z drevospracujúceho priemyslu
  - Poľnohospodárska biomasa
  - Komunálny odpad
  - Kvapalné palivá
- Geotermálna energia
  - Obnovované zdroje
  - Neobnovované zdroje
  - Geotermálne elektrárne
  - Využívanie tepla suchých hornín
  - Využívanie energie prostredia
  - Tepelné čerpadlá
- Vodná energia

- Prietokové vodné elektrárne
- Akumulačné vodné elektrárne
- Prílivové vodné elektrárne

Uvažujúc využitie obnoviteľných zdrojov energie v EÚ v roku 2010 za 100 % majú jednotlivé zdroje energie nasledujúci podiel:

- Slnčná energia – 3,1 %
- Veterná energia – 5,0 %
- Geotermálna energia – 1,2 %
- Vodná energia – 22,1 %
- Energia biomasy – 66,7 %

V roku 2010 končí platnosť tzv. Bielej knihy, ktorá určovala konkrétne ciele v používaní obnoviteľných zdrojov energie. V súčasnosti sa pracuje na stanovení a spísaní nových cieľov na nasledujúce obdobie. Podpora využívania obnoviteľných zdrojov energie je deklarovaná v smerniciach Európskeho parlamentu a Rady č. 2001/77/ES, č. 2003/30/ES, č. 2004/8/ES a č. 2002/91/ES. [8] - [10] [12] – [16] [28]

## 4.2 Solárne kolektory

V Českej republike svieti slnko priemerne 1460 hodín ročne. Za jasnej oblohy dopadne na plochu 1 m<sup>2</sup> slnečné žiarenie s veľkosťou približne 1000 W. Počas letných mesiacov svieti slnko v priemere 8 až 9 hodín denne, v zime je to podstatne menej, no i tak je možné použiť solárny systém aj v zimnom období. A práve toto slnečné žiarenie sa dá využiť na vykurovanie a ohrev vody pomocou solárnych kolektorov. Kolektory totiž predstavujú najdôležitejší komponent solárnych systémov, pretože zachytávajú slnečné žiarenie a premieňajú ho na teplo prípadne elektrickú energiu. [8] [9]

### 4.2.1 Orientácia kolektorov

Nasmerovanie kolektorov na slnečné lúče je dôležité na dosiahnutie optimálneho príjmu slnečnej energie a na jej využitie kolektormi.

Najviac žiarenia prichádza z južnej strany. V prípade, že nie je realizovateľná orientácia kolektorov priamo na juh, je možné odklonenie o max.  $45^\circ$  na juhozápad resp. juhovýchod s minimálnym dopadom na energetickú výdatnosť. Odchýlenie od južného smeru na východ alebo západ je z energetického hľadiska rovnocenné, rozdiel je iba v čase, kedy je kolektor energeticky najúčinnjší. Pri orientácii na východ dopadá na kolektorovú plochu väčšia časť energie v dopoludňajších hodinách a pri odklone na západ v popoludňajších hodinách. Umiestnenie na sever, východ a západ sa neodporúča.

Okrem „horizontálneho“ pohybu slnka počas dňa, dochádza i k „vertikálnemu“ pohybu počas celého roka. Pre každé ročné obdobie je typická výška slnka nad horizontom a tento fakt je potrebné zväžiť pri osádzaní slnečných kolektorov. Sezónne využívané systémy si vyžadujú naklonenie rešpektujúce uhol dopadu slnečného žiarenia iba v letnom období, zatiaľ čo celoročne využívané systémy musia mať natočenie, ktoré je výsledkom kompromisu medzi letným a zimným sklonom. Maximálne množstvo energie môže totižto kolektor prijať, iba ak rovina kolektorovej plochy zvierá s dopadajúcim slnečným žiarením uhol  $90^\circ$ . Na celoročnú prevádzku sa odporúča naklonenie kolektorov  $45^\circ$ , pri letnom využití je to uhol sklonu od  $30^\circ$  do  $45^\circ$  a pri čisto zimnej prevádzke je najoptimálnejší sklon od  $60^\circ$  do  $90^\circ$ . Osadenie solárnych panelov systémami na sledovanie dráhy slnka sa z ekonomického hľadiska neosvedčilo, pretože použitím polohovacieho systému nedôjde k takému nárastu účinnosti, aby bolo zriadenie a prevádzka systému rentabilné. [8] – [10]

#### 4.2.2 Poloha a osadenie kolektorov

Slnečné kolektory sa môžu umiestňovať viacerými spôsobmi s ohľadom na možnosti ich inštalácie. Vo všeobecnosti rozoznávame dva základné spôsoby umiestnenia:

- Voľne stojace slnečné kolektory
- Kolektory osadené na strešnej konštrukcii resp. v strešnej konštrukcii

V prípade voľne stojacich slnečných kolektorov (kolektorových plôch) sú konštrukcie voľne predsadené pred budovou alebo sú dodatočne osadené na fasády alebo ploché strechy objektov. Osadenie zabezpečujú podperné konštrukcie s ukotvením do terénu alebo stavebnej konštrukcie.

Druhým spôsobom je osadenie kolektorovej plochy priamo na krytinu pomocou montážnych lišt a kotviacich príchytiek alebo aplikácia kolektorov priamo do strešnej resp. stenovej konštrukcie. Tento spôsob sa používa v prípade plochých a šikmých striech.

Z hľadiska montáže sa vyrábajú slnečné kolektory ako:

- horizontálne
- vertikálne

Vertikálne kolektory sa umiestňujú predovšetkým na šikmé strechy a fasádne plochy, zatiaľ čo horizontálne kolektory je vhodné umiestňovať na pôdorysne rozľahlých plochách alebo šikmých strechách a na voľných priestranstvách, pri bazénoch, kúpaliskách a pod.

Z pohľadu kompaktnosti inštalácie rozlišujeme dva typy inštalácií:

- kompaktné kolektorové pole
- oddelené kolektorové pole

Ako už názvy oboch typov inštalácií predpovedajú v prípade kompaktného kolektorového poľa sú všetky kolektory súčasťou jedného kompaktného celku, tvoriaceho kolektorové pole. V prípade oddeleného kolektorového poľa sú kolektory zoskupené do dvoch alebo viac skupín oddelených konštrukčným stavebným prvkom (okno, komín) alebo iným oddeľovacím prvkom (terénna nezrovnalosť) v prípade voľného umiestnenia pred budovou. [8] – [10] [12] – [16]

#### 4.2.3 Druhy a konštrukčné riešenie kolektorov

Vývoj slnečných kolektorov prešiel dlhú cestu a v súčasnosti existuje niekoľko druhov kolektorov a hodnotiacich klasifikačných kritérií. Z hľadiska konštrukčného a technického riešenia sa slnečné kolektory rozdeľujú na dva základné druhy:

- Ploché kolektory
- Koncentrujúce kolektory

Ploché kolektory sú také, kde je absorpčná plocha rovnako veľká ako vrchná, transparentná plocha, ktorou prechádzajú slnečné lúče.

Oba typy kolektorov môžu byť v špeciálnom vákuovom vyhotovení. Jedná sa o vyhotovenie zabezpečujúce vysokú absorpciu slnečného žiarenia s malými tepelnými stratami. Podľa spôsobu vytvorenia vákuu v kolektoroch sa môže jednať o:

- ploché vákuové kolektory
- vákuové koncentrujúce kolektory v rúrkovom vyhotovení

Vákuum vo vnútri kolektora zabezpečuje vysokú tepelnú účinnosť aj pri nízkych vonkajších teplotách a pri malej intenzite slnečného žiarenia. Vysoká účinnosť kolektora je zabezpečená celoročne počas mimoriadne dlhej životnosti kolektora. Priemerný ročný energetický zisk plochého vákuového kolektora oproti podobnému plochému nevákuovému kolektoru predstavuje pri teplotách nad 60 °C až 20-25 %. [10] [14] [15]

### **Koncentrujúce kolektory**

Koncentrujúce kolektory sú na rozdiel od plochých také, kde sú odrazové plochy podstatne väčšie ako plocha absorpčná, do ktorej sa sústreďujú slnečné lúče. Sú určené najmä pre vysokoteplotné energetické systémy s teplotou nad 150 °C a do teploty 250 °C. Kolektory existujú vo vyhotovení s parabolickým koncentrátorom alebo s koncentrátorom s rovinnými zrkadlami. Koncentrujúce kolektory zachytávajú len priame slnečné žiarenie na rozdiel od plochých kolektorov, ktoré zachytávajú aj difúzne slnečné žiarenie. [10]

### **Ploché kolektory**

Pre nízkoteplotné systémy na aplikáciu v budovách sú v súčasnosti najvhodnejšie ploché kolektory. Tie zachytávajú priame i difúzne slnečné žiarenie a sú relatívne málo citlivé na smer dopadu slnečných lúčov. Ploché kolektory sa dnes vyrábajú v rôznych konštrukčných riešeniach a je možné ich klasifikovať podľa viacerých kritérií napr. teplonosnej látky, teploty systému, absorpčnej plochy, spôsobu pripevnenia, umiestnenia, materiálu a použitia. Plochý kolektor sa skladá z troch základných vrstiev, ktorými pri prevádzke prechádzajú tepelné toky kolmo na jeho povrch. Jedná sa o:

- transparentnú vrstvu
- absorpčnú vrstvu (absorbér)
- tepelnoizolačnú vrstvu.

Transparentná vrstva je tvorená krycím sklom alebo plastovou fóliou a jej funkciou je znižovanie tepelných strát konvekciou alebo vedením do okolitého prostredia, zvyšovanie

tepelné účinnosti, ochrana pred vniknutím vody a poveternostnými vplyvmi. Vrstvu tvorí jednoduché, dvojité alebo trojité zasklenie prípadne viacvrstvové plastové krytie.

Absorpčná vrstva je najdôležitejším prvkom plochého kolektora, pretože absorbuje slnečné žiarenie a odovzdáva ho vo forme tepla teplonosnej látke. Materiálové vyhotovenie absorpčnej plochy môže byť rôznorodé, no najčastejšie sa používa meď, hliník, špeciálna oceľ alebo plast. Taktiež geometrické usporiadanie kanálikov a rúrok s teplonosným médiom môže byť meandrovité – priečne, pozdĺžne, dvojité alebo sa môže jednať o rúrkový register.

Tepelnoizolačná vrstva má za úlohu redukovať tepelné straty absorpčnej vrstvy prechodom do okolitého prostredia. Materiál tepelnoizolačnej vrstvy musí mať výborné tepelnotechnické vlastnosti a zároveň odolať vysokým teplotám a zaručovať dlhú životnosť. Takéto podmienky spĺňajú penový polyuretán, penový polystyrén, sklenená alebo čadičová vlna a izolácie z minerálnych vlákien. Vyhotovenie tepelnoizolačnej vrstvy môže byť jednovrstvové alebo sendvičové – viacvrstvové.

Všetky vrstvy sú uložené v skriňovej alebo rámovej konštrukcii zabezpečujúcej ochranu voči mechanickému poškodeniu a tepelnovlhkostnému poškodeniu. [10] [12] – [16]

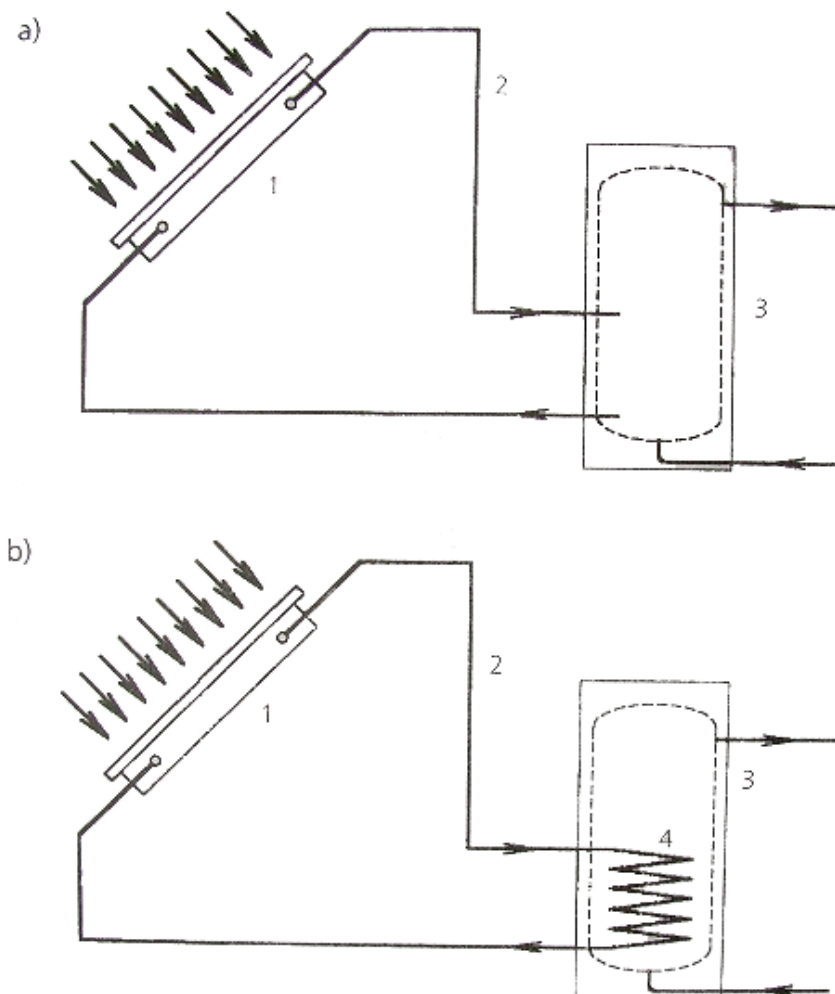
#### 4.2.4 Nízkoteplotný solárny energetický systém

Aplikáciou solárnych kolektorov a vytvorením úplného solárneho okruhu dostávame nízkoteplotný solárny energetický systém. Takéto systémy je možné rozdeliť podľa viacerých hľadísk. Najdôležitejším je užívateľské a prevádzkové hľadisko, ktoré závisí od technického riešenia solárneho systému. Z tohto hľadiska rozoznávame slnečné energetické systémy podľa:

- Spôsobu využitia - na prípravu teplej vody, na vykurovanie, na ohrev bazénovej vody
- Spôsobu ohrevu teplonosnej látky - s priamym ohrevom vody, s nepriamym ohrevom vody
- Obehu teplonosnej látky - s prirodzeným obehom, s núteným obehom
- Času prevádzky - s celoročnou prevádzkou, so sezónnou prevádzkou
- Zabezpečovacieho zariadenia – otvorené, uzavreté

- Konceptie technického riešenia – monovalentné, bivalentné, viacvalentné
- Počtu odberových miest – jednokruhové, dvojkruhové, viacokruhové

Stanovením si presných požiadaviek na základe vyššie spomenutých kritérií dostávame systém vhodný pre daný typ aplikácie napr. dvojkruhový bivalentný uzavretý systém s celoročnou prevádzkou a núteným obehom určený na vykurovanie s nepriamym ohrevom vody. [8] – [10] [12] – [16]



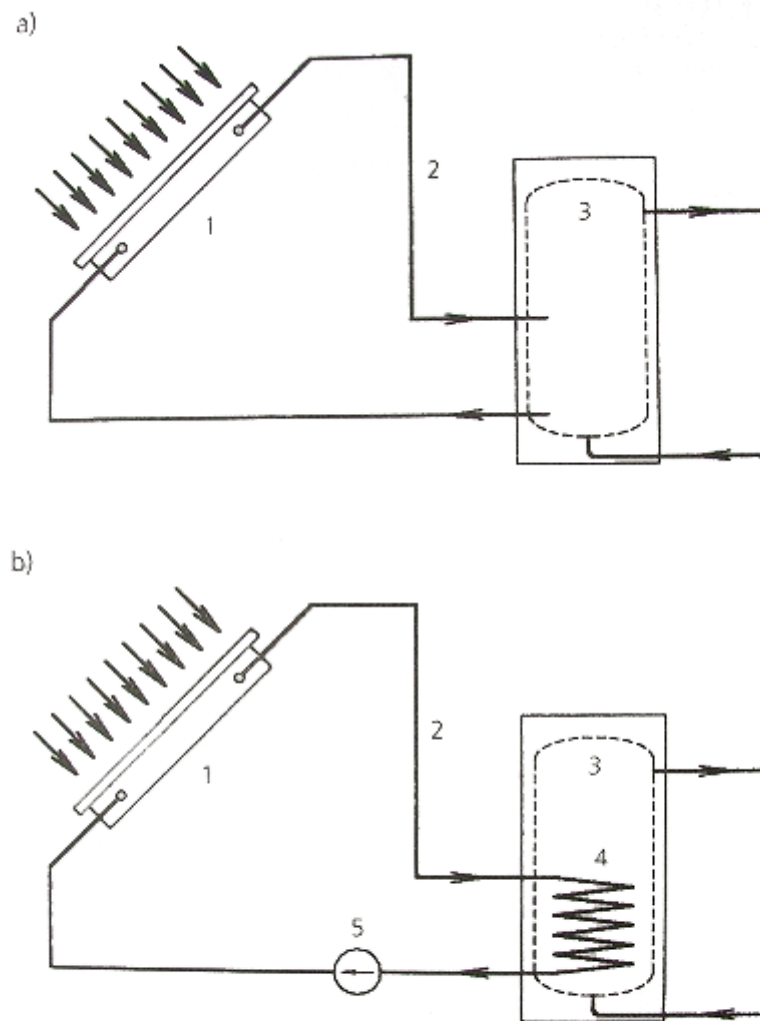
Priamy a nepriamy ohrev vody v kolektorovom okruhu

a) priamy ohrev, b) nepriamy ohrev

1 - snečné kolektory, 2 - potrubná sieť, 3 - zásobník vody, 4 - výmenník tepla

Obr. 5. Priamy a nepriamy ohrev vody v kolektorovom okruhu





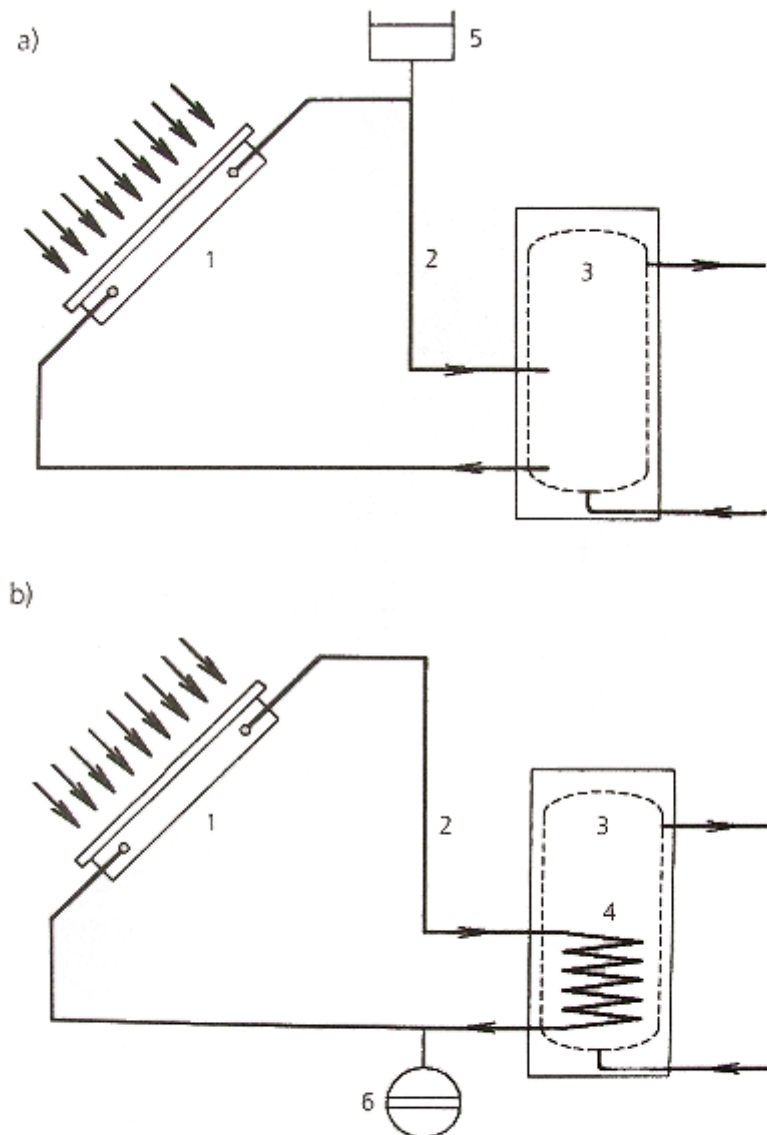
Kolektorový okruh s prirodzeným a núteným obehom teplonosnej látky

a) s prirodzeným obehom vody, b) s núteným obehom vody

1 - slnečné kolektory, 2 - potrubná sieť, 3 - zásobník vody, 4 - výmenník tepla, 5 - obehové čerpadlo

-

Obr. 6. Kolektorový okruh s prirodzeným a núteným obehom teplonosnej látky



Kolektorový okruh so zabezpečovacím zariadením

a) s otvorenou expanznou nádobou, b) s uzavretou - tlakovou expanznou nádobou  
 1 - slnečné kolektory, 2 - potrubná sieť, 3 - zásobník vody, 4 - výmenník tepla, 5 - otvorená expanzná nádoba, 6 - tlaková expanzná nádoba

Obr. 7. Kolektorový okruh so zabezpečovacím zariadením

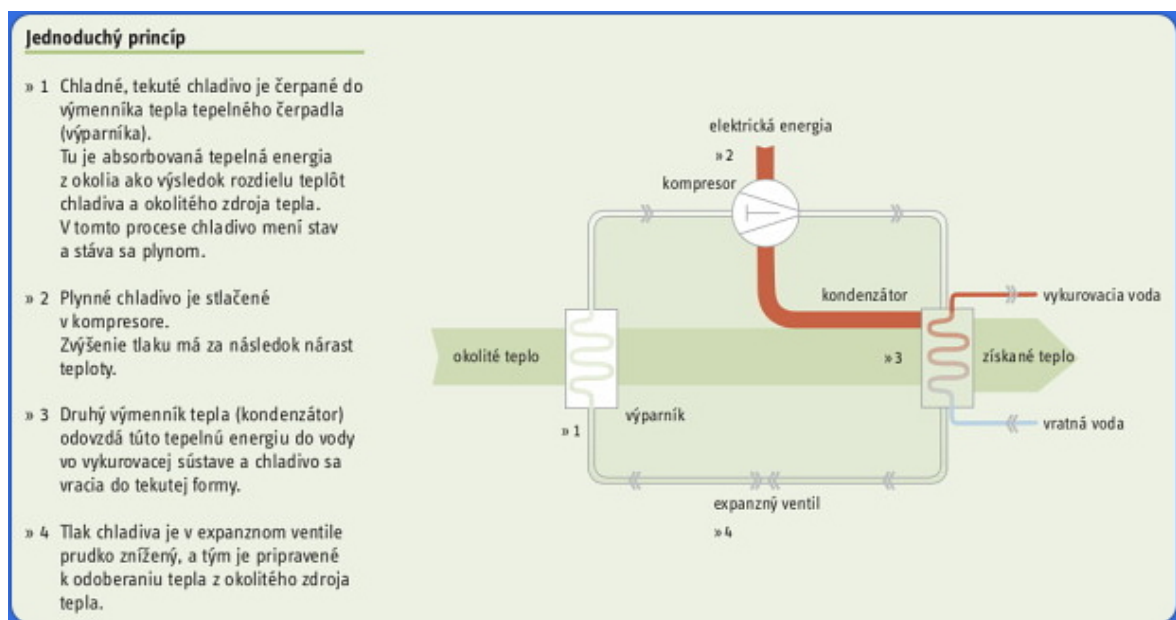
### 4.3 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlá (TČ) sú považované za moderné, ekologické, energeticky úsporné zariadenia využívajúce obnoviteľné zdroje nízkopotenciálnej energie. V súčasnosti ponúkané výkonové rozsahy tepelných čerpadiel umožňujú ich nasadenie nielen v pasívnych a nízkoenergetických rodinných domoch, ale i v bytových domoch, športových objektoch a občianskych budovách. Veľkou výhodou je možnosť ich

kaskádového zapojenia na dosiahnutie vyšších výkonov v prípade, že jednotlivé čerpadlo nedosahuje požadovaný tepelný výkon na krytie tepelných strát budovy. Súčasné tepelné čerpadlá umožňujú dosahovať teploty výstupného média 60 °C, čo ich predurčuje na použitie s podlahovými, radiátorovými a teplovzdušnými vykurovacími systémami a to v monovalentnej, bivalentnej alebo viacvalentnej prevádzke. V prípade, že je tepelné čerpadlo použité v bivalentnej resp. viacvalentnej prevádzke je potrebné stanoviť teplotu bivalencie. Jedná sa o teplotu, pri ktorej sa zapína druhý zdroj tepla napr. elektrokotol. Hodnota teploty bivalencie sa zvyčajne pohybuje od +5 do 0 °C (resp. -5 °C u najnovších typov tepelných čerpadiel). [8] - [10]

### 4.3.1 Princíp funkcie tepelného čerpadla

Princíp funkcie tepelného čerpadla spočíva v transformácii nízko-teplotnej energie vzduchu, vody alebo zeme na vysokoteplotnú energiu za príspevia elektrickej energie. Principiálne sa jedná o chladiaci stroj (bežná chladnička), od ktorého sa odlišuje iba tým, že z chladiaceho stroja sa využíva chlad, zatiaľ čo z tepelného čerpadla sa využíva teplo. Podrobné vysvetlenie princípu funkcie sa nachádza na Obr. 8.



Obr. 8. Princíp funkcie tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo je charakterizované tepelným výkonom, elektrickým príkonom a vykurovacím faktorom (koeficient výkonnosti - **COP**, výkonové číslo). Všetky 3 spomínané hodnoty sa menia v závislosti na rozdieli teploty na vstupnej strane a teploty na výstupnej strane. Čím je tento rozdiel menší (vstupná teplota je vyššia a výstupná teplota je

nižšia), tým je koeficient výkonnosti vyšší a naopak. Práve už spomenuté výkonové číslo je hlavnou charakteristikou na posúdenie efektívnosti TČ. Toto číslo je definované ako pomer zisku z tepelného čerpadla  $\Phi_k$  k dodanej vonkajšej práci  $P_k$  nasledovne:

$$COP_{TČ} = \frac{\Phi_k}{P_k} \quad (5)$$

$\Phi_k$  – vykurovací (tepelný) výkon [W]

$P_k$  – elektrický príkon (dodaná vonkajšia práca) [W]

**COP** sa môže pohybovať medzi 1,5 až 5,5, pričom jeho priemerná hodnota by nemala klesnúť pod 3 a hodnoty nižšie ako 2,5 sa považujú za nežiaduce a energeticky a ekonomicky neefektívne a TČ by sa v takýchto prípadoch nemalo používať.[10] [14] [15]

#### 4.3.2 Typy tepelných čerpadiel

Tepelné čerpadlá sú zariadenia, ktoré odoberajú teplo okolitému prostrediu – zdroju nízkopotenciálneho tepla (voda, vzduch, zem) pomocou teplonosnej látky a odovzdávajú navýšené teplo teplonosnému médiu (voda, vzduch). Podľa toho, z akého prostredia tepelné čerpadlo odoberá teplo a akému teplonosnému médiu teplo odovzdáva sa tepelné čerpadlo označuje ako typ zdrojové prostredie - teplonosné médium:

- Voda-voda
- Vzduch-voda
- Zem-voda
- Voda-vzduch
- Vzduch-vzduch
- Zem-vzduch

Rozdelenie tepelných čerpadiel podľa zdrojového prostredia a cieľového teplonosného média je najpoužívanejším rozdelením. Typy voda-vzduch a zem-vzduch sa bežne v Európe nepoužívajú a sú typické najmä pre Severnú Ameriku a preto nebudú ani ďalej rozobraté. [8] – [10] [12] – [16] [35]

#### Typ voda-voda

Tento typ tepelného čerpadla odoberá teplo z vody a taktiež odovzdáva teplo vode. Zdrojová voda môže byť povrchová stojatá – jazero, rybník alebo tečúca – rieka, potok a podpovrchová (spodná) – 1 studňový a 2 studňový systém. V prípade povrchovej stojatej vody môže byť vodný kolektor umiestnený v jazere alebo rybníku alebo sa využíva princíp nasávania a výpuste vody z a do vodného zdroja. Pri podpovrchovej vode sa získavanie tepla vykonáva prostredníctvom vrtaných studní, kde pri dvojstudňovom zapojení jedna slúži ako sacia a druhá ako vsakovacia a pri jednostudňovom sa jedná o čerpanie vody zo studne a jej vypúšťanie mimo studňu. V prípade tečúcej vody sa používa iba vodný kolektor. Teplota vody v hĺbke 15 m pod povrchom je takmer nemenná a má hodnotu okolo 10 °C, pri použití povrchových vôd je potrebné zvoliť nezámraznú hĺbku. Základnou podmienkou použitia vody ako nízkopotenciálneho zdroja tepla je dostatočná tepelná výdatnosť zdroja, dostatočný prietok alebo hĺbka, aby nedochádzalo k zamrznutiu v zimných mesiacoch.

Výhody – nízke prevádzkové náklady, zdroj tepla s pomerne konštantou teplotou = konštantný vykurovací faktor, ekologický zdroj tepla, vhodné pre monovalentné (monoenergetické) systémy.

Nevýhody – vysoké vstupné náklady spojené s budovaním studní a kolektorov, potreba dostatočne výdatného zdroja, vyššie náklady na servis, vyžaduje pravidelný dozor a údržbu. [8] – [10] [12] – [16] [35]

### **Typ vzduch-voda**

V súčasnosti najrozšírenejší typ tepelných čerpadiel. Existuje vo vyhotovení split – (čerpadlo tvorí vonkajšia a vnútorná jednotka, ktoré sú oddelené) a vo vyhotovení kompaktné (kompaktná ucelená jednotka).

Výhody – ekologický zdroj tepla, nevyžaduje investície do vrtov a studní – najnižšie obstarávacie náklady, jednoduchšia a rýchlejšia inštalácia.

Nevýhody – premenlivý vykurovací faktor závislý na teplote vonkajšieho vzduchu, potreba reverzného chodu resp. elektrického ohrevu výparníku na odmrázovanie v zimnom období, nevhodné na monovalentnú prevádzku, vyššie prevádzkové náklady, kratšia životnosť, nevhodné pre nasadenie v horských oblastiach a oblastiach s nízkymi priemernými ročnými teplotami vzduchu. [8] – [10] [12] – [16] [35]

### **Typ zem-voda**

Zdrojom nízopotenciálneho tepla je zem, z ktorej je odoberané teplo horizontálnym výmenníkom – zemný kolektor alebo vertikálnym vrt – zemná sonda. Uloženie zemného kolektora je v nezámrznej hĺbke s priemernou teplotou 10 °C, ktorá sa dosahuje v priemere pri hĺbke 1,5 až 2,5 m podľa oblasti. Maximálna dĺžka rúrkového zväzku by nemala presiahnuť 100 m so vzdialenosťou trubiek 0,3 až 1,5 m. V praxi sa pri budovaní zemného kolektora používa jednotrubkové, dvojtrubkové zvislé a horizontálne a štvortrubkové prevedenie v každom výkope. Pri použití zemných sond sa odporúča minimálna vzdialenosť sond 5 m od seba. Teplonosné médium primárneho okruhu je najčastejšie nemrznúca zmes na báze glykolu (voda a glykol) alebo solanka (voda a soľ). Plocha zemného kolektora a hĺbka zemných sond závisí od požadovaného výkonu a od vlastností podlažia.

Výhody – ekologický zdroj tepla, zdroj tepla s pomerne konštantou teplotou = vyrovnaný vykurovací faktor, vhodné pre monovalentné (monoenergetické) systémy, nízke prevádzkové náklady, možnosť chladenia v letnom období.

Nevýhody - vysoké vstupné náklady spojené s budovaním vrtov a kolektorov, v prípade kolektora nutnosť veľkej plochy, v prípade vrtu potrebné stavebné povolenie.

### **Typ vzduch-vzduch**

Jedná sa o typ tepelného čerpadla odoberajúci teplo z vonkajšieho vzduchu a odovzdávajúci teplo vykurovaciemu vzduchu. Podobne ako typ vzduch-voda aj typ vzduch-vzduch môže byť vo vyhotovení kompaktné alebo split.

Výhody – nízke obstarávacie náklady, jednoduchá a rýchla inštalácia, možnosť funkcie klimatizácia a čistenie vzduchu, ekologický zdroj tepla.

Nevýhody - premenlivý vykurovací faktor závislý na teplote vonkajšieho vzduchu, potreba reverzného chodu resp. elektrického ohrevu výparníku na odmrazovanie v zimnom období, nevhodné na monovalentnú prevádzku, kratšia životnosť, vyššie prevádzkové náklady.

[8] – [10] [12] – [16] [35]



Typ voda-voda - studňa



Typ voda-voda - kolektor



Typ vzduch-voda



Typ zem-voda – zemný kolektor



Typ zem-voda – zemná sonda



Typ vzduch-vzduch

Obr. 9. Typy tepelných čerpadiel

## 5 RIADIACE SYSTÉMY V BUDOVÁCH

Predstava modernej budovy súčasnosti bez riadiaceho systému je nemysliteľná. So vzrastajúcimi nárokmi na komfort a riadiace funkcie sa totiž stali klasické elektrické inštalácie nedostačujúce. Riešením zdanlivo bezvýhodiskovej situácie, keď sa ukladanie vnútorných elektrických rozvodov stalo takmer nereálne, je nasadenie riadiacich systémov budov. Spoločným rysom všetkých riadiacich systémov budov bez ohľadu na typ a je snaha o minimalizáciu spotreby energií pri maximálnej úrovni komfortu. Riadiace systémy budov možno rozdeliť na:

- Centralizované
- Decentralizované

### 5.1 Centralizované riadiace systémy

Hlavnou myšlienkou centralizovaných riadiacich systémov (systémov s riadiacou centrálou) je nasadenie centrálnej riadiacej jednotky, cez ktorú musí prebiehať všetka komunikácia a ktorá zároveň určuje, kedy a ktorý účastník bude vysielat' namerané hodnoty alebo prijímať rozkazy. Tento krok bol potrebný z dôvodu zaistenia postupného predávania správ a eliminácie konfliktných situácií, kedy súčasne vysiela svoje správy niekoľko účastníkov.

Prenos informácií v systémoch s riadiacou centrálou je založený na priamej komunikácii medzi riadiacou jednotkou a ktorýmkoľvek účastníkom, jedná sa o komunikáciu typu master-slave. V takomto prípade je potrebné vykonať komunikáciu medzi snímačom a akčným členom tak, že snímač predá údaje riadiacej jednotke, ktorá ich vyhodnotí a pošle odpovedajúce príkazy akčnému členu.

Nevýhodou centralizovaných systémov pre užívateľa je, že po celú dobu životnosti systému bude odkázaný na využívanie zariadení pôvodného dodávateľa. Z tohto pohľadu sa jedná o uzavretý systém.

Ďalšou nevýhodou pri nasadení tohto typu systémov je ich obmedzená kapacita, zväčša sa jedná o jednoúčelové systémy na riadenie jedného typu zariadení napr. regulácia žalúzií, osvetlenia atď.



Logika komunikácie centrálne riadených systémov neumožňuje ich nasadenie v prípadoch, kde je vyžadovaná spätná kontrola. Nie je totiž možné podávať spätné hlásenia od akčných členov až k snímačom.

Veľkou výhodou centrálne riadených systémov je bezkonfliktná prevádzka zbernice pri vysokých prenosových rýchlostiach. [1] [3] [17]

## 5.2 Decentralizované riadiace systémy

Odpoveďou na nedostatky centrálne riadených systémov sú decentralizované systémy. Jedná sa o odlišnú koncepciu komunikácie medzi účastníkmi, v počítačovej terminológii nazývanú peer-to-peer. Každý prvok môže komunikovať s ľubovoľným prvkom pripojeným na zbernicu. Takýto typ komunikácie si však vyžaduje vybavenie každého prvku riadiacou jednotkou a použitie softvéru na programovanie prvkov.

Výhodou decentralizovaných systémov je, že umožňujú riadenie rôznych funkcií a druhov zariadení s možnosťou spätných hlásení, vizualizácie, protokolovania udalostí a sú vhodné pre nasadenie v malých i veľkých objektoch vďaka stavebnicovému - postupnému spôsobu budovania.

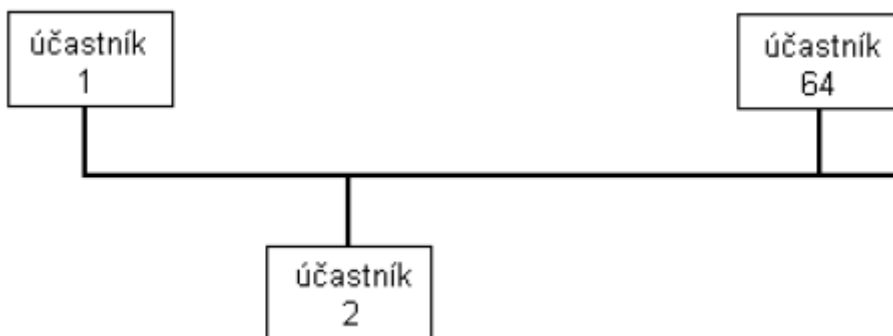
Decentralizované systémy umožňujúce pripojenie na zbernicu pomocou zbernicových spojok, programovanie a prístup k ľubovoľnému prístroju z ľubovoľného miesta na zbernici a taktiež postupné rozširovanie systému sa nazývajú otvorené zbernicové systémy. Najvýznamnejší predstavitelia týchto systémov sú KNX, BACnet, LONWorks. [1] [3] [17]

## 5.3 EIB/KNX

V Európe azda najpoužívanejší otvorený zbernicový systém vznikol špecializáciou priemyslového komunikačného protokolu ProfiBUS. Časť EIB z názvu predstavujú systémovú inštalačnú zbernicu (European Installation Bus), zatiaľ čo časť KNX predstavuje asociáciu Konnex, ktorá vznikla združením troch európskych štandardov pre vývoj systémov inteligentných budov – BCI, EHS a EIB. Zbernica EIB je striktne štandardizovaná vo všetkých smeroch – prenos dát, dátové typy i vnútorné chovanie základných stavebných modulov (BCU, BAU) podľa normy EN 50090, čo umožňuje rôznym výrobcam vyrábať komponenty vzájomne kompatibilné. Systém EIB/KNX je striktne decentralizovaný, čo si vyžaduje inteligenciu každého prvku siete. [17]

### 5.3.1 Topológia siete a adresovanie

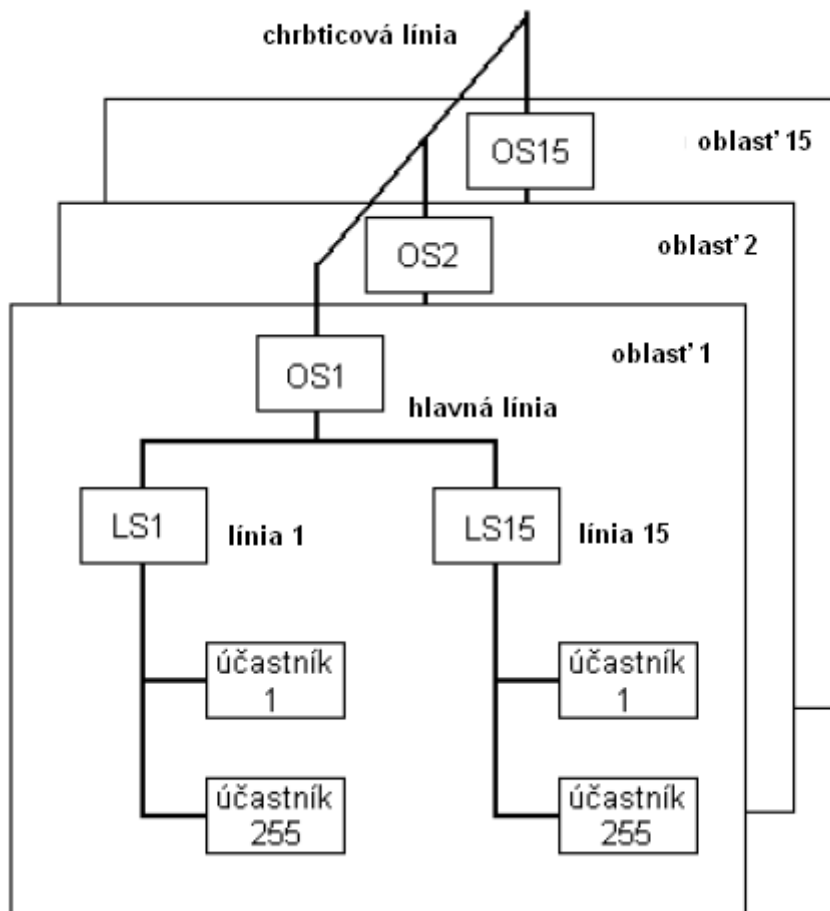
Topológia siete KNX je viacúrovňová umožňujúca prispôsobenie veľkosti siete projektu. Základným topologickým prvkom je línia. Tá môže byť tvorená až 4 líniovými vetvami, pričom každá z vetiev vyžaduje vlastný napájací zdroj a umožňuje pripojenie až 64 účastníkov tak ako je znázornené na Obr. 10.



Obr. 10. Líniová vetva KNX línie

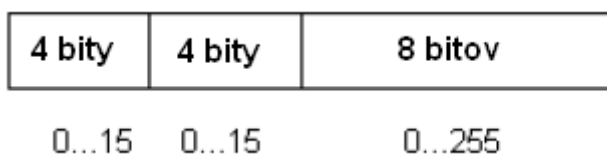
V prípade, že je rozsah 1 línie nedostatočný pre aplikáciu, je možné vytvoriť oblasť, ktorá umožňuje k hlavnej línii pripojiť až 15 ďalších línii. Ak ani takýto rozsah nie je dostatočný, je možné pristúpiť k vytvoreniu chrbticovej línie, na ktorú sa dá pripojiť až 15 oblastí ako je znázornené na Obr. 11.

Postupným rozširovaním siete do jej maximálnych rozmerov sa dostávame na maximálny možný počet účastníkov 61455. Účastníci pritom môžu byť pripojení priamo k hlavným líniam alebo samotnej chrbticovej línii. Za účastníkov sa považujú i zariadenia slúžiace na prepájanie jednotlivých častí siete, ako napr. líniová spojka (LS) slúžiaca na prepojenie línie a hlavnej línie alebo oblastná spojka (OS) slúžiaca na pripojenie hlavnej línie k chrbticovej línii. LS i OS sú v podstate totožné prístroje líšiace sa iba funkciou, je možné ich použiť taktiež ako líniový opakovač (LO) slúžiaci na rozšírenie línie. Vo všetkých prípadoch si k svojej činnosti vyžadujú vyhradenie adresy.



Obr. 11. Topológia KNX

Samotná topológia by ku komunikácii nepostačovala a je potrebné, aby každé zariadenie malo priradenú svoju fyzickú adresu. Jej tvar je na Obr. 12.



Obr. 12. Fyzická adresa účastníkov v sieti KNX

Prvé 4 bity adresy označujú oblasť 1-15 s tým, že hodnota 0 je vyhradená účastníkom na chrbtícovej línii. Ďalšie 4 bity (stredná časť adresy) udávajú líniu 1-15 v danej oblasti a podobne je hodnota 0 vyhradená pre účastníkov na hlavnej línii. Posledných 8 bitov predstavuje označenie účastníka v línii. Hodnota 0 je rezervovaná pre líniový spojku.

Druhý typ adresy používaný v sieti KNX je skupinová adresa slúžiaca na komunikáciu medzi zariadeniami v skupine. Každá skupina má definovanú adresu a dátový typ a jej členom môže byť každé zariadenie v sieti. Skupinová adresa je 15 bitové číslo, ktoré sa

zapisuje vo forme čísel oddelených lomítkami. Existuje v dvoch formách ako dvojúrovňová skupinová adresa, kde prvé číslo označuje hlavnú skupinu v rozsahu od 0 do 15 a druhé číslo označuje podskupinu v rozsahu 0 až 2047 alebo ako častejšie používaná trojúrovňová skupinová adresa pozostávajúca z hlavnej skupiny v rozsahu 0-15, strednej skupiny v rozsahu 0-7 a podskupiny v rozsahu 0-255. Logický význam jednotlivých častí záleží od rozsahu projektu a od projektanta, ale najčastejšie sa jedná o budovu, poschodie, miestnosť a podobne. Skupinová adresa tak môže mať tvar napr. 2/7 pre dvojúrovňovú formu alebo 1/5/18 pre trojúrovňovú formu. [17]

### 5.3.2 Prvky KNX

Prvky KNX je možné rozdeliť na systémové prístroje, kam patria napájacie zdroje, líniové a oblastné spojky, líniové opakovače, rozhrania s PC a pod., ďalej riadiace prvky ako napr. logický modul a základné prvky (základní účastníci) na zbernici – senzory.

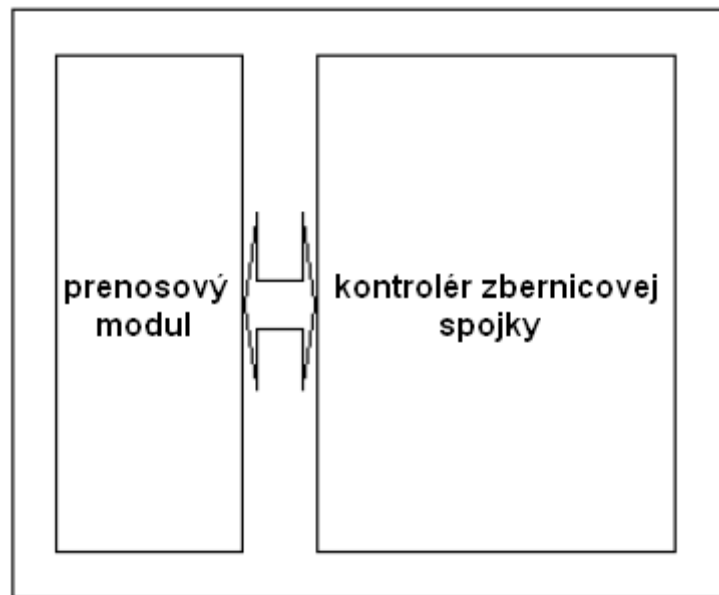
Základných účastníkov na zbernici je možné podľa funkcie rozdeliť na snímače a akčné členy. Každý účastník systému pozostáva z 3 základných blokov, ktoré sú zobrazené na Obr .13.



Obr. 13. Štruktúra účastníka KNX

Zbernicová spojka (BCU) je jadrom celého zariadenia a zaisťuje jeho inteligenciu. Ak sa jedná o snímač, tak sleduje činnosť aplikačného modulu a vysiela informácie na zbernicu. V prípade akčného člena prijíma informácie zo zbernice a riadi aplikačný modul. Na komunikáciu medzi zbernicovou spojkou a aplikačným modulom slúži aplikačné rozhranie. Zbernicová spojka a aplikačný modul sa môžu nachádzať oddelene alebo v jednom puzdre.

Zatiaľ čo aplikačný modul je „nedeliteľný“, zbernicová spojka sa skladá z 2 základných častí, ktoré sú zobrazené na Obr. 14.



Obr. 14. Štruktúra zbernicovej spojky

Kontrolér zbernicovej spojky obsahuje prepisovateľnú pamäť, ktorá slúži na uloženie aplikačného programu a adries. Je tvorený mikrokontrolérom a obsahuje systémové profily, ktoré nie je možné v pamäti ROM meniť, a podľa ktorých sa komunikuje s aplikačným modulom. Prenosový modul je určený na pripojenie k médiu a ochranu zariadenia proti prepólovaniu, ovláda vysielanie a príjem a zabezpečuje oddelenie dát a napájacieho napätia. [17]

### 5.3.3 Prenosové médiá

Systém KNX nie je viazaný na jeden druh prenosového média a umožňuje komunikáciu pomocou krúteného páru vodičov TP, silového vedenia PL, rádiového prenosu RF, infračerveného prenosu IR alebo prebieha výmena informácií pomocou IP komunikácie.

#### TP 1

Základným a zároveň najpoužívanejším komunikačným médiom je krútený pár vodičov TP. Na komunikáciu sa využívajú 2 vodiče, hoci predpísaný komunikačný kábel obsahuje vodiče 4. Štandardne sa využívajú červený (+) a čierny (-) vodič, ktoré slúžia k napájaniu jednosmerným napätím 20 až 30 V a zároveň na prenos signálu. Biely a žltý vodič sú záložné pre prípad prerušenia vedenia, prípadne môžu slúžiť iným účelom. Certifikovaný

zelený kábel s označením KNX splňa požiadavky kladené na jeho vlastnosti. Požadovaný elektrický odpor má hodnotu  $72 \Omega$  a kapacita slučky kábla o dĺžke 1000 m je  $0,12 \mu\text{F}$ . Pri dodržaní predpísaných vlastností sú možné nasledovné parametre siete:

- Nie je potrebný koncový odpor (terminátor)
- Vzďialenosť 2 napájačov minimálne 200 m
- Vzďialenosť 2 zariadení od seba maximálne 700 m
- Vzďialenosť zariadení od napájača maximálne 350 m
- Celková dĺžka všetkých káblov v línii maximálne 1000 m

Doporučené káble sú YCYM 2x2x0,8 alebo J-Y(St)Y 2x2x0,8.

V prípade, že sa použije miesto centrálného napájača niekoľko čiastkových zariadení na napájanie, ich počet by nemal prekročiť 8.

Rýchlosť prenosu signálu pomocou TP 1 je 9600 bps a pokles napätia pri log 0 sa prejavuje iba na červenom vodiči. [17]

### **PL 110**

Jedná sa o komunikáciu využívajúcu silové vedenie (PL) s 230 V AC. Tento spôsob sa však využíva minimálne a to len na doporučené aplikácie ako je riadenie osvetlenia, prípadne žalúzií. Jeho výhodou je absencia signálového TP kábla. Označenie 110 v názve predstavuje priemer frekvencií v kHz pre log 0 a log 1. Prenosová rýchlosť je 1200 bps. [17] [36]

### **RF**

V poslednej dobe zaznamenáva rádiová komunikácia (RF) najväčší rozmach z používaných typov komunikácie v systémoch KNX. Využíva sa frekvencia 868 Mhz (resp. 868,8) a pre kódovanie slúži FSK metóda. Maximálna vzdialenosť medzi komunikujúcimi je 300 m vo voľnom priestore a 30 m v budove, pričom maximálny počet komunikujúcich zariadení je 64. Rýchlosť komunikácie 16,4 kbps a použitá je prístupová metóda CSMA. Pri použití sa odporúča minimálna vzdialenosť od zariadení vyžarujúcich elektromagnetické žiarenie (televízor, mikrovlnná rúra) 1 m. [17] [39]

### 5.3.4 Programovanie a diagnostika

Jediný softvérový nástroj určený na programovanie a oživovanie systémových inštalácii KNX, ktorý zároveň obsahuje i diagnostické nástroje, sa nazýva ETS a je dodávaný asociáciou EIB/KNX. Existencia jediného softvéru a princíp programovania založený na fakte, že jednotliví výrobcovia dodávajú pre svoje výrobky iba aplikačný software importovateľný do ETS zaručuje kompatibilitu medzi zariadeniami rôznych výrobcov. Programové vybavenie zahŕňa dve základné verzie softvéru ETS X Tester/Starter a ETS X Professional (kde X predstavuje číslo verzie napr. ETS 3). Okrem už spomenutých verzií existujú i ďalšie varianty:

- Demo – bez licencie, max. 1 projekt, max. 20 prístrojov, nie je prístup na zbernicu = nie je možné programovať prístroje
- Trainee – licencia, max. 1 projekt, max. 20 prístrojov, prístup na zbernicu je časovo obmedzený
- Plná verzia – licencia, bez obmedzenia funkcií
- Supplementary – dodatočná licencia určená pre ďalšie PC

Licencia je určená pre 1 PC a je neprenosná, pretože je viazaná na jeho ID. Je možné použiť i hardwarový kľúč.

Okrem programovania ponúka softvérový nástroj ETS i diagnostiku pomocou vstavaných diagnostických funkcií. Umožňuje vykonať kontrolu projektu, zobrazenie všetkých dostupných informácií o hardware a software zvoleného účastníka, overiť, či sa prístroj so zadanou fyzickou adresou v sieti skutočne nachádza a ak hej, tak ho lokalizovať. Ďalej obsahuje nástroje na sledovanie a ovplyvňovanie pohybu telegramov po zbernici, sledovanie vytáženie zbernice, záznam a analýzu všetkých telegramov, ktoré sa objavia na zbernici. [17] [36] [37]

### 5.3.5 Komunikácia KNX

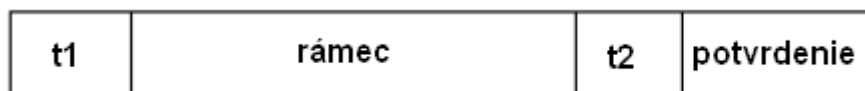
Systém KNX používa komunikačný model, ktorý neobsahuje všetky vrstvy ISO OSI modelu. Použité sú nasledovné vrstvy:

- Fyzická
- Linková

- Transportná
- Aplikačná

Úlohou **fyzickej vrstvy** je pripojenie pomocou krúteného páru vodičov. Zabezpečuje ju analógová časť obvodu TP-UART IC.

Digitálna časť obvodu TP-UART IC má za úlohu vykonávať úlohy **linkovej vrstvy**, konkrétne sa jedná o usporadúvanie dát z fyzickej vrstvy do rámcov. Linková vrstva je rozdelená na vrstvu MAC, ktorá riadi prístup k médiu a na vrstvu LLC, ktorá zabezpečuje logické riadenie liniek.



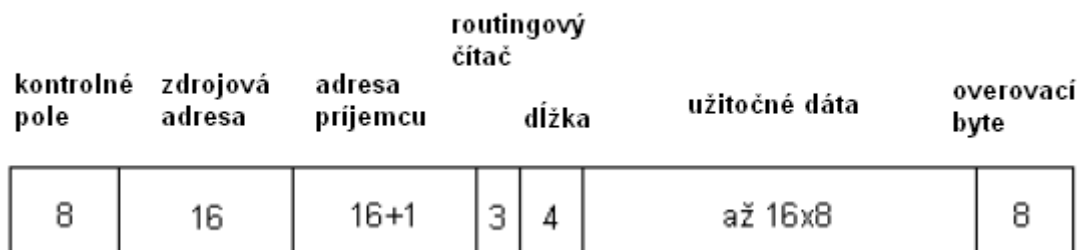
Obr. 15. KNX telegram

Princíp komunikácie je zobrazený na predchádzajúcom Obr. 15. Ak je počas doby t1, ktorá je 50 bitov, voľná zbernica, zaháji sa vysielanie. Po odoslaní rámca nasleduje kontrola správneho prijatia, jedná sa o dobu t2, ktorá je 13 bitov. Po dobe t2 nasleduje potvrdenie, ktoré môže mať 3 formy:

- ACK – kladné potvrdenie, príjem v poriadku
- NACK – záporné potvrdenie, príjem nie je v poriadku
- BUSY – príjemca je zaneprázdnený

V prípade potreby sa odoslanie telegramu opakuje trikrát.

Štruktúra samotného rámca je zobrazená na Obr. 16.



Obr. 16. Rámec KNX



Tretia použitá, **transportná, vrstva** má za úlohu vytvárať logické väzby pri komunikácii. Podporované sú tri základné väzby – 1 pre niekoľko (multicast), 1 pre všetkých (broadcast), 1 pre 1 (one-to-one).

Vytváranie samotných funkčných celkov zabezpečuje **aplikačná vrstva**.

Komunikačný protokol KNX pracuje s 15 dátovými typmi a 5 vlajkami. Jedná sa o typy – switch, dimming, time, date, value, scaling, drive control, float, 8bit counter, 16bit counter, 32bit counter, ASCII character, character string.

Vlajky používané pri komunikácii v KNX:

- Communication – umožňuje normálna komunikácia
- Read – umožňuje čítanie objektu po zbernici
- Write – umožňuje meniť hodnotu objektu po zbernici
- Transmit – umožňuje nastaviť reakcie pri zmene objektu
- Update – umožňuje zaistiť, že sa pomocou odpovede aktualizuje hodnota objektu

[1] [3] [17] [36] [37] [39]

## II. PRAKTICKÁ ČASŤ

## 6 NÁVRH TECHNICKÝCH ZARIADENÍ BUDOVY

Aplikáciou teoretických poznatkov na konkrétny rodinný dom vznikne inteligentný rodinný dom, v ktorom budú použité moderné energetické systémy a spôsoby tvorby mikroklimy spolu s elektronickým zabezpečovacím a protipožiarnym systémom. Riadenie, monitorovanie a komunikácia všetkých systémov v budove bude prebiehať prostredníctvom integrovaného zbernicového systému KNX, komunikačnej brány a SCADA rozhrania. Tepelnú pohodu v zimnom i v letnom období zabezpečí tepelné čerpadlo v súčinnosti so vzduchotechnickým systémom umožňujúcim vykurovanie i chladenie s možnosťou rekuperácie vzduchu. Ohrev teplej vody zabezpečí tepelné čerpadlo a solárne panely, ktoré slúžia zároveň ako podpora vykurovania. Súčasťou návrhu budú aj systémy elektroinštalácie a v neposlednom rade vykonanie ekonomického zhodnotenia projektu.

### 6.1 Podklady pre návrh systémov TZB

Celý návrh inteligentného rodinného domu je postavený na reálnom projekte rodinného domu, ktorý je v štádiu výstavby. Z projektovej dokumentácie bola použitá časť stavebnej dokumentácie. Všetky v práci použité systémy boli navrhnuté autorom tejto práce v duchu koncepcie inteligentného rodinného domu.

Medzi údaje potrebné k výpočtom vedúcim k návrhu systémov technických zariadení budov patria:

- klimatické údaje - výpočtová vonkajšia teplota  $\Theta_e$ , priemerná ročná vonkajšia teplota  $\Theta_{m,e}$
- výpočtová vnútorná teplota  $\Theta_i$  a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu  $\varphi_{ai}$
- údaje o budove – rozmerové vlastnosti (vnútorný objem vzduchu každej miestnosti  $V_i$  a plocha každej stavebnej časti  $A_k$ ), tepelné vlastnosti (súčiniteľ prechodu tepla pre každú stavebnú časť  $U_k$ ) a polohové vlastnosti (orientácia objektu vzhľadom k svetovým stranám, poloha v krajine)

Pri návrhu inteligentného rodinného domu boli rešpektované a splnené požiadavky na tepelnú ochranu budov kladené normou ČSN 73 0540-2.

Hodnoty v Tab. 9. a Tab. 10. sú získané z normy ČSN EN 12 831.

Tab. 9. Výpočtová vonkajšia teplota  $\Theta_e$ , ročná priemerná vonkajšia teplota  $\Theta_{m,e}$ 

Mesto	Nadmorská výška (m)	$\Theta_e$ [°C]	Vykuřovacie obdobie pre $\Theta_e = 12$ °C		Vykuřovacie obdobie pre $\Theta_e = 15$ °C		Vykuřovacie obdobie pre $\Theta_e = 13$ °C	
			$\Theta_{m,e}$ [°C]	počet dní	$\Theta_{m,e}$ [°C]	počet dní	$\Theta_{m,e}$ [°C]	počet dní
Zlín	234	-12	3,6	216	5,1	257	4	226

Tab. 10. Výpočtová vnútorná teplota  $\Theta_i$  a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu  $\varphi_{ai}$ 

Druh vykurovanej miestnosti	výpočtová vnútorná teplota $\Theta_i$ [°C]	relatívna vlhkosť vzduchu $\varphi_{ai}$ [%]
obývacia izba s jedálenským kútom, spálňa, detské izby	20	60
kuchyňa	20	60
kúpeľne	24	90
WC	20	60
vykurované schodište, predsieň, chodby	20	60

Charakteristika budovy:

- samostatne stojaci 3 podlažný rodinný dom s 1 podzemným a 2 nadzemnými podlažiami v predmestskej zástavbe mierne kopcovitej lokality Zlína
- natočenie 45° vzhľadom k svetovým stranám
- počet osôb 6
- pôdorysná plocha podlahy objektu – 323,1 m<sup>2</sup>
- pôdorysná plocha podlahy vykurovaných častí objektu – 261,7 m<sup>2</sup>
- obstavaný objem vykurovaných častí budovy – 725,3 m<sup>3</sup>
- obstavaný objem nevykurovaných častí budovy – 156,5 m<sup>3</sup>

Rozpis jednotlivých miestností spolu s ich podlahovými plochami a vzduchovým objemom sa nachádza v Tab. 11.

Tab. 11. Rozpis miestností

	č. m.	Názov miestnosti	plocha podlahy [m <sup>2</sup> ]	vzduchový objem miestnosti [m <sup>3</sup> ]
suterén	001	chodba a schodisko	7,4	16,9
	002	garáž	21,0	48,3
	003	technická miestnosť	12,7	29,1
prízemie	101	zádverie	7,6	19,8
	102	chodba a schodisko	17,5	45,4
	103	WC	1,4	3,5
	104	kúpeľňa	8,4	21,7
	105	obývacia izba a jedáľenský kút	34,1	88,7
	106	kuchyňa	14,5	37,6
	107	izba	15,3	39,7
	108	spálňa	21,0	54,6
1. poschodie	201	chodba a schodisko	18,7	46,8
	202	izba 1	17,8	44,5
	203	šatník	9,0	22,4
	204	WC	4,5	11,3
	205	kúpeľňa	5,6	14,1
	206	izba 2	17,2	42,9
	207	izba 3	14,8	37,1

V dome sú vykurované obe nadzemné podlažia, suterén nie je vykurovaný. Keďže podzemné podlažie nie je vykurované, v ďalšej časti práce sa pri návrhu systémov TZB pracuje už len s dvoma nadzemnými podlažiami a so suterénom sa uvažuje iba ako s umiestnením technickej miestnosti.

Ďalšími podkladovými údajmi pre návrh systémov TZB sú údaje o tepelných vlastnostiach stavebných konštrukcií a použitých stavebných prvkov. Nasledujúca tabuľka obsahuje jednotlivé prvky a konštrukcie spolu s hodnotami súčiniteľa prechodu tepla  $U_k$ . Hodnoty súčiniteľa prechodu tepla konštrukcie uvedené v tabuľke nižšie sú získané z materiálov výrobcov alebo vypočítané pomocou nasledovného vzťahu.

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} \text{ [W/(m}^2\text{.K)]} \quad (6)$$

$R_{si}$  – odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie (príloha P I) [(m<sup>2</sup>.K)/W]

$R_{se}$  – odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie (príloha P I) [(m<sup>2</sup>.K)/W]

$d$  – hrúbka vrstvy [m]

$\lambda$  – súčiniteľ tepelnej vodivosti vrstvy [W/(m.K)]

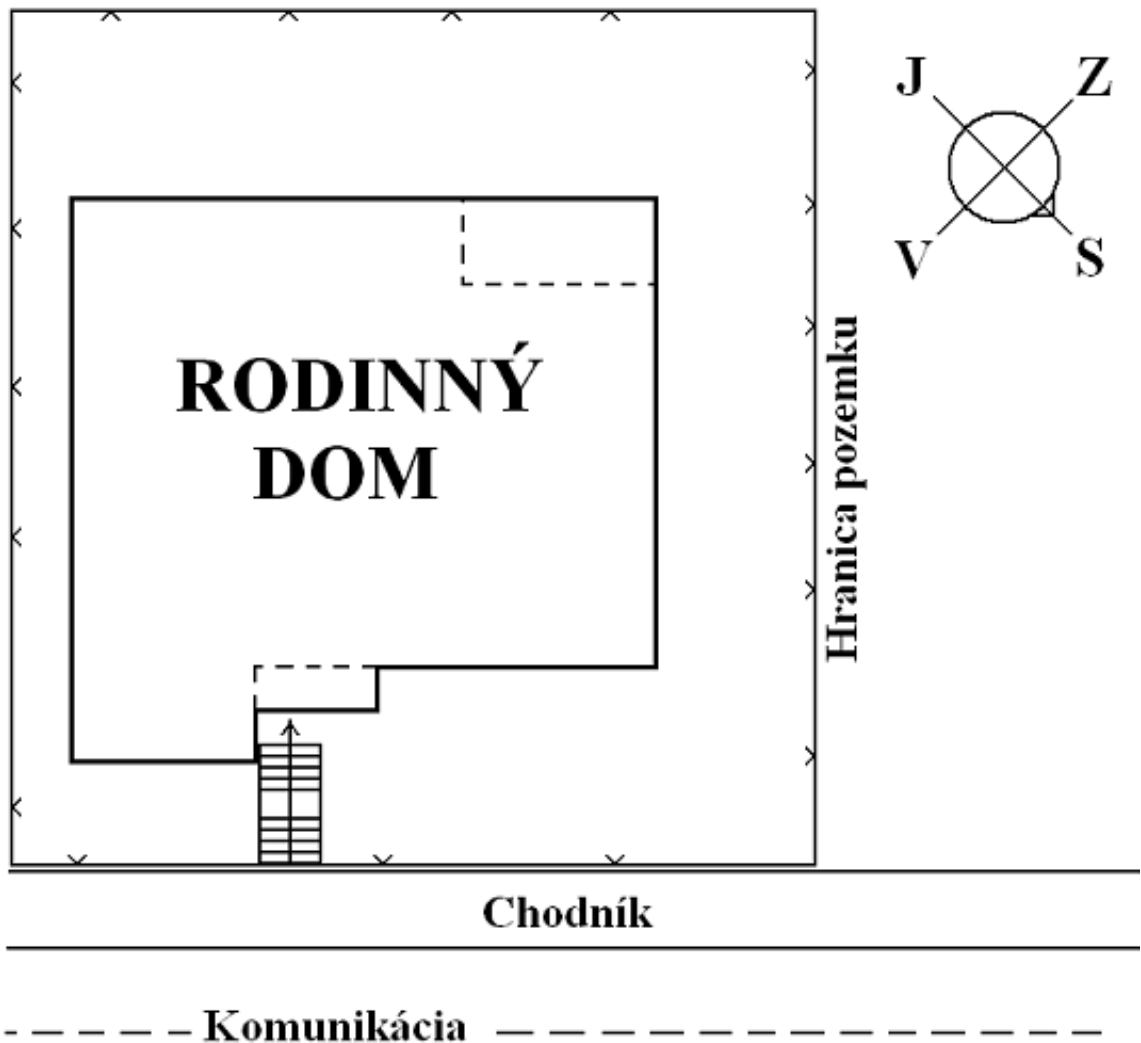
Hodnoty  $R_{si}$ ,  $R_{se}$  sú tabuľkové hodnoty, hrúbka vrstvy  $d$  je daná stavebnou dokumentáciou a súčiniteľ tepelnej vodivosti vrstvy  $\lambda$  je získaný z dokumentácie jednotlivých výrobcov častí stavebnej konštrukcie, prípadne ak takýto údaj nebol k dispozícii, boli použité tabuľkové hodnoty.

Tab. 12. Súčiniteľ prechodu tepla pre použité stavebné konštrukcie a prvky

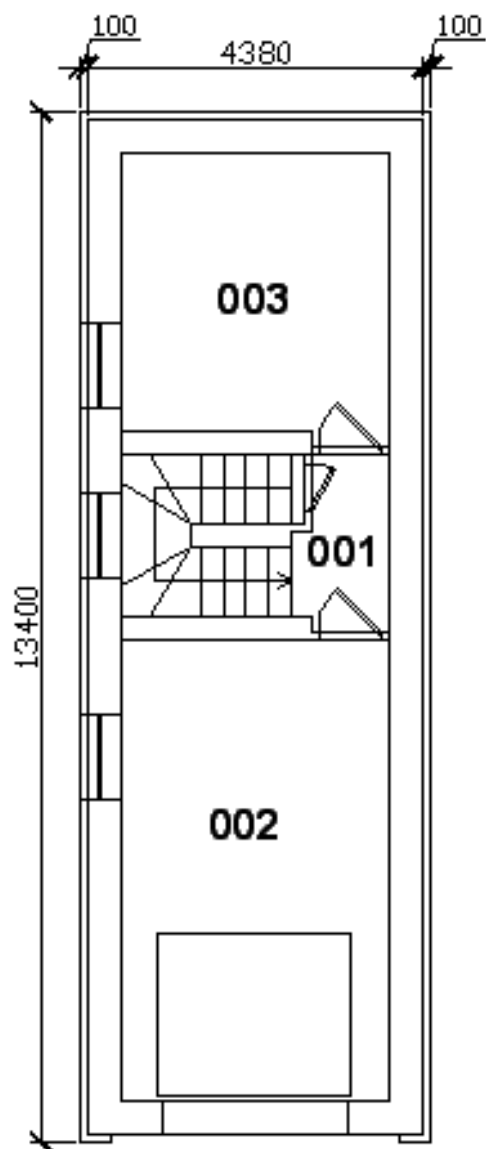
stavebná konštrukcia/prvok	Popis, zloženie	súčiniteľ prechodu tepla $U_k$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]
obvodová stena	Porotherm P+D 44 Si + malta + omietky	0,22
nosná priečka	Porotherm 30 + malta + omietky	0,50
nenosná priečka I	Porotherm 14 P+D + malta + omietky	1,50
nenosná priečka II	Porotherm 8 P+D + malta + omietky	1,77
podlaha prízemí	podkladový armovací betón, hydroizolácia Bitagit, tepelná izolácia, betónová mazanina, ker. dlažba (pláv. podlaha)	0,35
strecha	plechová krytina, latovanie, kontralatovanie, dif. fólia, krokvy, odvetraná vzd. medzera, tep. izolácia, parozábrana, sádkartón	0,18
okno	Slovaktual ID 8000, izolačné 3 sklo, 8 komorové	0,78

vstupné dvere	Rehau Brilliant - Design	0,80
garážové dvere	Lomax garážové dvere lamelové	1,10
vnútorné dvere plné	bez sklennej výplne	2,00
vnútorné dvere so sklenenou výplňou	sklenená výplň 1/2 plochy	3,00

Pre lepšiu predstavivosť o situácii budovy, o rozmeroch budovy a jednotlivých miestností ako aj o ich fyzickom usporiadaní nasleduje obrázok situácie a pôdorysy suterénu, prízemnia a 1. poschodia spolu s označením jednotlivých miestností korešpondujúcim s číselným označením miestností v Tab. 11.

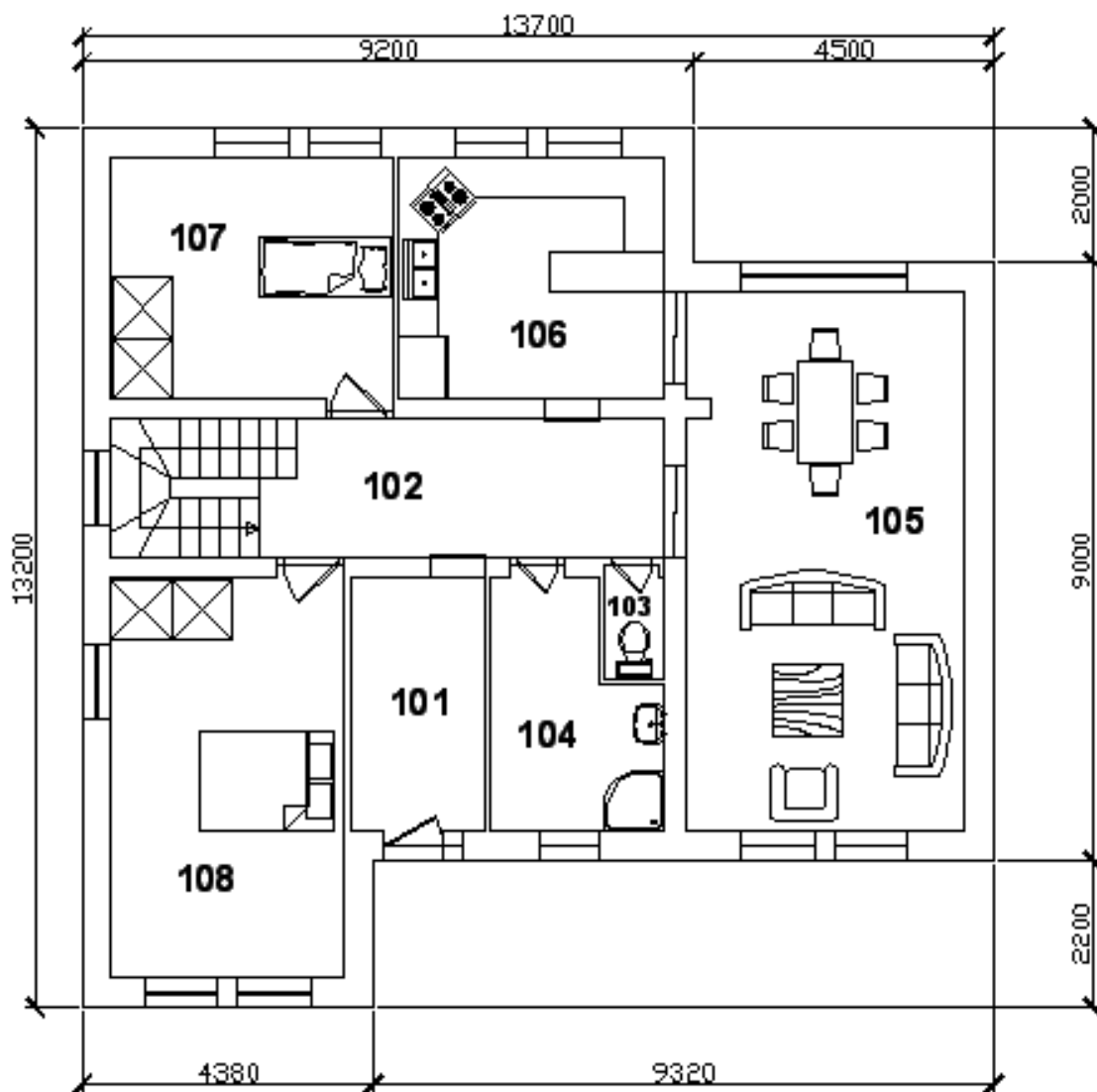


Obr. 17. Situácia

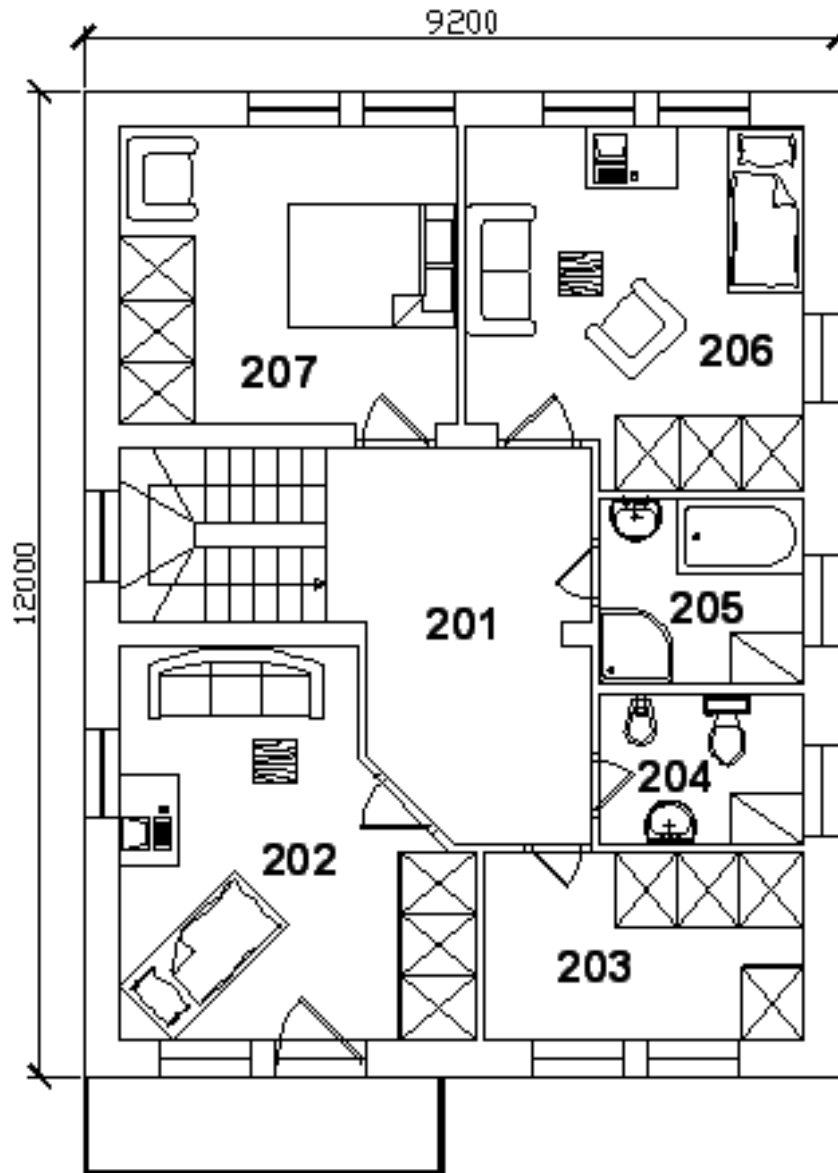


Obr. 18. Pôdorys suterénu





Obr. 19. Pôdorys prízemí



Obr. 20. Pôdorys 1. poschodia

## 6.2 Popis navrhovaného systému

Navrhovaný systém bude srdcom inteligentného rodinného domu a bude sa významnou mierou podieľať na tvorbe užívateľského komfortu vytváraním tepelnej pohody, preto je dôležité, aby bol tento systém energeticky výkonný a súčasne ekonomicky efektívny. Práve kvôli vyššie spomenutým dôvodom boli zvolené moderné systémy využívajúce obnoviteľné zdroje energie. Základ tvorí tepelné čerpadlo typu zem – voda, ktoré bude zdrojom tepla v zimnom a prechodnom období a zdrojom chladu a/alebo tepla v letnom období. Keďže systém bude pracovať v bivalentnom resp. trivalentnom zapojení, druhým zdrojom tepla budú solárne kolektory a v prípade potreby budú k dispozícii i elektrické

špirály, integrované do zásobníkov tepla, ako tretí zdroj tepla. Teplo získané obnoviteľnými zdrojmi energie bude distribuované do 2 nezávislých integrovaných zásobníkov tepla. Jeden bude slúžiť ako akumulčný zásobník pri vykurovaní resp. chladení a druhý bude určený na ohrev teplej vody (ďalej TV). Vykurovací okruh ďalej pozostáva zo vzduchotechnického systému. Jeho jadrom je vzduchotechnická jednotka umožňujúca vetranie i vykurovanie resp. chladenie vzduchom. Jednotka má v sebe integrované 2 výmenníky voda – vzduch, primárne jeden vo funkcii chladiča a druhý vo funkcii ohrievača. Na maximálne využitie energie odpadového vzduchu odvádzaného z priestorov stropnými vzduchovodmi slúži rekuperačný výmenník na spätné získavanie tepla. Na prívod vzduchu do jednotlivých miestností slúžia podlahové rozvody vzduchu. V miestnostiach, kde nie je z bezpečnostných a legislatívnych dôvodov inštalované vzduchotechnické vykurovanie sú na krytie tepelných strát použité vykurovacie rebríky. Ohrev teplej vody je zabezpečený solárnymi panelmi a tepelným čerpadlom.

Riadenie, monitorovanie a komunikáciu systémov techniky budovy a ďalších použitých systémov zabezpečuje použitie systémovej zbernice KNX.

### 6.3 Výpočet tepelných strát

Základným predpokladom pre návrh systémov techniky prostredia budovy je znalosť tepelných strát budovy. Postup výpočtu tepelných strát budovy sa stanoví na základe normy ČSN EN 12831. Norma popisuje výpočet návrhového vykurovacieho výkonu nutného k bezpečnému dosiahnutiu výpočtovej vnútornej teploty pre jednotlivé miestnosti a vykurované priestory ako aj pre celú budovu. Používa sa pre štandardné prípady pri návrhových podmienkach. Za štandardné prípady sa považujú všetky budovy s obmedzenou výškou miestností nepresahujúcou 5 m a s vykurovaním do ustáleného stavu pri návrhových podmienkach. Vybraný rodinný dom spĺňa podmienky použitia tejto normy. Samotný výpočet môže byť v súlade s normou vykonaný „štandardnou“ metódou alebo zjednodušenou výpočtovou metódou.

Pri výpočtoch budú použité hodnoty a údaje z kapitoly 6.1 Podklady pre návrh systémov TZB.

Celkové návrhové tepelné straty budovy  $\Phi$  sa určia podľa nasledujúceho vzorca.

$$\Phi = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (7)$$

$\Sigma \Phi_{T,i}$  – suma návrhových tepelných strát prechodom tepla všetkých vykurovaných priestorov budovy [W]

$\Sigma \Phi_{V,i}$  – suma návrhových tepelných strát vetraním všetkých vykurovaných priestorov budovy [W]

Výpočet tepelných strát v súlade s normou ČSN EN 12831 bol vykonaný v programe Tepelná technika modul Ztráty 2009. Pri výpočtoch tepelných strát sme zohľadnili, že dom bude vybavený teplovzdušným núteným vykurovaním s prívodom zdola, ktoré bude vybavené rekuperáciou so strednou účinnosťou 80 %. Vykurovanie bude prerušované s prerušením na 8 hodín a s dobou zátopu 3 hodiny. Keďže podľa tabuliek v norme sa jedná o stavbu so strednou akumuláciou a vysokou hmotnosťou budovy, maximálny pokles teploty je uvažovaný 3 °C.

### 6.3.1 Návrhová tepelná strata prechodom tepla

Tepelná strata prechodom tepla sa stanovuje pre všetky obklopujúce plochy miestnosti, ktoré zdieľajú teplo. Z toho vyplýva, že na jej veľkosť vplyvajú tepelnoizolačné vlastnosti a plocha jednotlivých stavebných konštrukcií.

Návrhovú tepelnú stratu prechodom tepla  $\Phi_{T,i}$  pre vykurovaný priestor (i) vypočítame podľa nasledujúceho vzťahu.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \text{ [W]} \quad (8)$$

$H_{T,ie}$  – súčiniteľ tepelnej straty prechodom z vykurovaného priestoru (i) do vonkajšieho prostredia (e) plášťom budovy [W/K]

$H_{T,iue}$  – súčiniteľ tepelnej straty prechodom z vykurovaného priestoru (i) do vonkajšieho prostredia (e) nevykurovaným priestorom (u) [W/K]

$H_{T,ig}$  – súčiniteľ tepelnej straty prechodom z vykurovaného priestoru (i) do zemin (g) [W/K]

$H_{T,ij}$  – súčiniteľ tepelnej straty prechodom z vykurovaného priestoru (i) do susedného priestoru (j) vykurovaného na výrazne inú teplotu [W/K]

$\Theta_{int,i}$  – výpočtová vnútorná teplota vykurovaného priestoru (i) [°C]

$\Theta_e$  – výpočtová vonkajšia teplota [°C]

Vypočítané hodnoty návrhovej tepelnej straty prechodom tepla pre jednotlivé miestnosti sú uvedené v tabuľke nižšie. Pri miestnosti 103 – WC na prízemí je vidno zápornú hodnotu pre straty, ktorá signalizuje, že pre túto miestnosť prevládajú zisky nad stratami.

Tab. 13. Návrhová tepelná strata prechodom tepla  $\Phi_{T,i}$ 

	č. m.	názov miestnosti	návrhová tepelná strata prechodom tepla $\Phi_{T,i}$ [W]
prízemie	101	zádverie	85
	102	chodba a schodisko	160
	103	WC	-50
	104	kúpeľňa	344
	105	obývacia izba a jedáľenský kút	1394
	106	kuchyňa	367
	107	izba	604
	108	spáľňa	905
1. poschodie	201	chodba a schodisko	200
	202	izba 1	603
	203	šatník	450
	204	WC	82
	205	kúpeľňa	352
	206	izba 2	558
	207	izba 3	546

### 6.3.2 Návrhová tepelná strata vetraním

Druhú zložku celkových návrhových tepelných strát budovy tvorí návrhová tepelná strata vetraním. Táto s postupným vývojom tepelnoizolačných vlastností stavebných materiálov nadobúda čoraz väčší význam a v súčasnosti je neraz rovnako veľká ak nie aj väčšia ako návrhová tepelná strata prechodom tepla. Na veľkosť návrhovej tepelnej straty vetraním má vplyv spôsob a systém vetrania. Metóda výpočtu sa mení podľa toho, či nie je v budove

nainštalovaná vetracia sústava a jedná sa tak o prirodzené vetranie alebo je v budove implementovaná vetracia sústava a vetranie je nútené.

Návrhovú tepelnú stratu vetraním  $\Phi_{V,i}$  pre vykurovaný priestor (i) určíme z nasledujúceho vzťahu.

$$\Phi_{V,i} = 0,34 * V_i * (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \text{ [W]} \quad (9)$$

$V_i$  – výmena vzduchu vo vykurovanom priestore (i) [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$\Theta_{int,i}$  – výpočtová vnútorná teplota vykurovaného priestoru (i) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\Theta_e$  – výpočtová vonkajšia teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Keďže budova bude vybavená vzduchotechnickým systémom slúžiacim na vetranie a zároveň zabezpečujúcim pokrytie tepelných strát, hodnota výmeny vzduchu vo vykurovanom priestore  $V_i$  sa určí podľa vzťahu pre nútené vetranie.

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} * f_{vi} + V_{mech,i} \text{ [m}^3/\text{h}]$$

$V_{inf,i}$  – množstvo vzduchu infiltráciou vo vykurovanej miestnosti (i) [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$V_{su,i}$  – množstvo privádzaného vzduchu do vykurovanej miestnosti (i) [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$f_{vi}$  – teplotný redukčný činiteľ [-]

$V_{mech,i}$  – rozdiel množstva medzi nútene odvádzaným a privádzaným vzduchom z vykurovanej miestnosti (i) [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

Bez ohľadu na to o aký typ vetrania sa jedná, musia byť splnené hygienické limity a požiadavky na minimálne hygienické množstvo vzduchu. Hodnota  $V_i$  musí byť rovnaká alebo vyššia ako je minimálne množstvo vzduchu  $V_{min,i}$ , ktoré určíme z nasledujúceho vzťahu.

$$V_{min,i} = n_{min} * V_i \text{ [m}^3/\text{h}] \quad (10)$$

$n_{min}$  – minimálna intenzita výmeny vonkajšieho vzduchu [1/h]

$V_i$  – objem vykurovanej miestnosti (i) vypočítaný z vnútorných rozmerov [ $\text{m}^3$ ]

Norma ČSN EN 12831 udáva ako hodnotu minimálnej intenzity výmeny vzduchu  $n_{min}$  pre obytné miestnosti hodnotu  $n_{min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ .

Tab. 14. Návrhová tepelná strata vetraním  $\Phi_{V,i}$

	č. m.	názov miestnosti	návrhová tepelná strata vetraním $\Phi_{V,i}$ [W]
prízemie	101	zádverie	107
	102	chodba a schodisko	247
	103	WC	19
	104	kúpeľňa	148
	105	obývacia izba a jedáľenský kút	482
	106	kuchyňa	205
	107	izba	217
	108	spáľňa	297
1. poschodie	201	chodba a schodisko	255
	202	izba 1	242
	203	šatník	122
	204	WC	61
	205	kúpeľňa	96
	206	izba 2	233
	207	izba 3	202

### 6.3.3 Zátopový tepelný výkon

Zátopový tepelný výkon  $\Phi_{RH,i}$  sa vyžaduje v prípade priestorov s prerušovaným vykurovaním. Slúži na nahradenie účinku prerušovaného vykurovania a určí sa zo vzťahu.

$$\Phi_{RH,i} = A_i * f_{RH} \text{ [W]} \quad (11)$$

$A_i$  – podlahová plocha vykurovaného priestoru (i) [m<sup>2</sup>]

$f_{RH}$  – korekčný činiteľ závisiaci na zátopovej dobe a predpokladanom poklese vnútornej teploty v útlmovej dobe [W/m<sup>2</sup>]

Hodnota korekčného zátopového činiteľa  $f_{RH}$  je tabuľkovou hodnotou a závisí od účelu budovy, predpokladaného poklesu vnútornej teploty počas teplotného útlmu, hmotnosti budovy a od zátopového času. Pre zvolený rodinný dom vyšla podľa tabuľky v norme

hodnota korekčného zátopového činiteľa  $f_{RH} = 16$ . Túto hodnotu sme získali zadaním parametrov budovy – obytná budova, zátopový čas 3 hodiny, predpokladaný pokles vnútornej teploty 3 °C, vysoká hmotnosť budovy.

Tab. 15. Zátopový tepelný výkon

	č. m.	názov miestnosti	zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$ [W]
prízemie	101	zádverie	148
	102	chodba a schodisko	342
	103	WC	30
	104	kúpeľňa	168
	105	obývacía izba a jedáľenský kút	690
	106	kuchyňa	302
	107	izba	317
	108	spáľňa	462
1. poschodie	201	chodba a schodisko	329
	202	izba 1	357
	203	šatník	196
	204	WC	92
	205	kúpeľňa	114
	206	izba 2	349
	207	izba 3	309

#### 6.3.4 Celkový návrhový tepelný výkon

Celkový návrhový tepelný výkon  $\Phi_{HL}$  slúži na stanovenie tepelného výkonu pre dimenzovanie vykurovacích telies, výmenníkov tepla a zdroja tepla. Jedná sa o súčet celkových návrhových tepelných strát budovy so zátopovým výkonom a vypočítame ho podľa nasledujúceho vzťahu.

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (12)$$



Tab. 16. Celkový návrhový tepelný výkon

	č. m.	názov miestnosti	návrhová tepelná strata prechodom tepla $\Phi_{T,i}$ [W]	návrhová tepelná strata vetraním $\Phi_{V,i}$ [W]	zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$ [W]	návrhový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ [W]
prízemie	101	zádverie	85	107	148	340
	102	chodba a schodisko	160	247	342	749
	103	WC	-50	19	30	-1
	104	kúpeľňa	344	148	168	660
	105	obývacia izba a jedáľenský kút	1394	482	690	2566
	106	kuchyňa	367	205	302	874
	107	izba	604	217	317	1138
	108	spáľňa	905	297	462	1664
1. poschodie	201	chodba a schodisko	200	255	329	784
	202	izba 1	603	242	357	1202
	203	šatník	450	122	196	768
	204	WC	82	61	92	235
	205	kúpeľňa	352	96	114	562
	206	izba 2	558	233	349	1140
	207	izba 3	546	202	309	1057
spolu			6600	2933	4205	13738

Z tabuľky vidno, že celkové návrhové tepelné straty prechodom tepla sú  $\Sigma\Phi_{T,i} = 6600$  W, čo predstavuje 48 % z celkového návrhového tepelného výkonu. Celkové návrhové tepelné straty vetraním predstavujú 21 % a majú hodnotu  $\Sigma\Phi_{V,i} = 2933$  W. Celkový zátopový tepelný výkon tvorí 31 % a je  $\Sigma\Phi_{RH,i} = 4205$  W. Celkový návrhový tepelný výkon má hodnotu  $\Phi_{HL} = 13738$  W.

## 6.4 Výpočet tepelnej zát'áže klimatizovaných priestorov

Tak, ako je pre zimné obdobie dôležitý a nevyhnutý výpočet tepelných strát budovy, ktorý je základom pre návrh vykurovacieho systému, je pre letné obdobie a návrh, dimenzovanie vetracích a klimatizačných zariadení dôležitý výpočet tepelnej zát'áže klimatizovaných priestorov. Tepelnú pohodu v interiéri je potrebné vytvárať bez ohľadu na ročné obdobie a vonkajšie resp. prevádzkové podmienky v budove. V letnom období však dochádza k narušeniu tepelnej pohody z dôvodu nadmernej produkcie tepla z vnútorných zdrojov alebo prechodom tepla z vonkajšieho prostredia obvodovým plášťom budovy. Na kompenzáciu týchto nepriaznivých vplyvov a na udržanie tepelnej pohody v letných mesiacoch sa dimenzujú vetracie a klimatizačné systémy. Pri výpočte tepelnej zát'áže sa postupuje podľa normy ČSN 73 0548 Výpočet tepelnej zát'áže klimatizovaných priestorov. Táto norma pracuje s dvoma pojmami, ktoré sú často zamieňané, no ich význam je rovnaký a sice tepelná zát'áž a tepelné zisky. V súlade s normou je názov kapitoly tepelná zát'áž, no ďalej v texte sa pracuje s pojmom tepelné zisky. Pri výpočtoch boli použité údaje o parametroch stavebných prvkov, vlastnostiach budovy a klimatické parametre z kapitoly 6.1 Podklady pre návrh systémov TZB. Ďalšie vstupné údaje boli zvolené nasledovne:

- Maximálna vonkajšia výpočtová teplota vzduchu  $\theta_{e, max} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$
- Vnútorná výpočtová teplota vzduchu  $\theta_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$
- Intenzita výmeny vzduchu  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$

Tepelné zisky možno rozdeliť do dvoch skupín:

- Tepelné zisky z vnútorných zdrojov tepla
- Tepelné zisky z vonkajšieho prostredia

V niektorých prípadoch sa uvažuje aj so ziskami z vlhkosti, ale keďže tieto významne neovplyvňujú tepelné zisky, pri výpočtoch tepelných ziskov sa s nimi neuvažovalo. V prípade tepelných ziskov z vnútorných zdrojov tepla považujeme za zdroje tepla ľudí, svietidlá, elektromotory, elektronické zariadenia, ventilátory a iné zdroje tepla. Potom tepelné zisky z vnútorných zdrojov tepla pozostávajú z:

- Produkcie tepla ľuďmi  $\dot{Q}_l$  [W]
- Produkcie tepla svietidlami  $\dot{Q}_{sv}$  [W]

- Produkcie tepla elektromotormi  $\dot{Q}_m$  [W]
- Produkcie tepla elektronickými zariadeniami  $\dot{Q}_e$  [W]
- Produkcie tepla ventilátormi  $\dot{Q}_v$  [W]
- Produkcie tepla inými zdrojmi tepla  $\dot{Q}_z$  [W]

Okrem vnútorných tepelných ziskov treba uvažovať aj tepelné zisky z vonkajšieho prostredia, ktoré sa skladajú z:

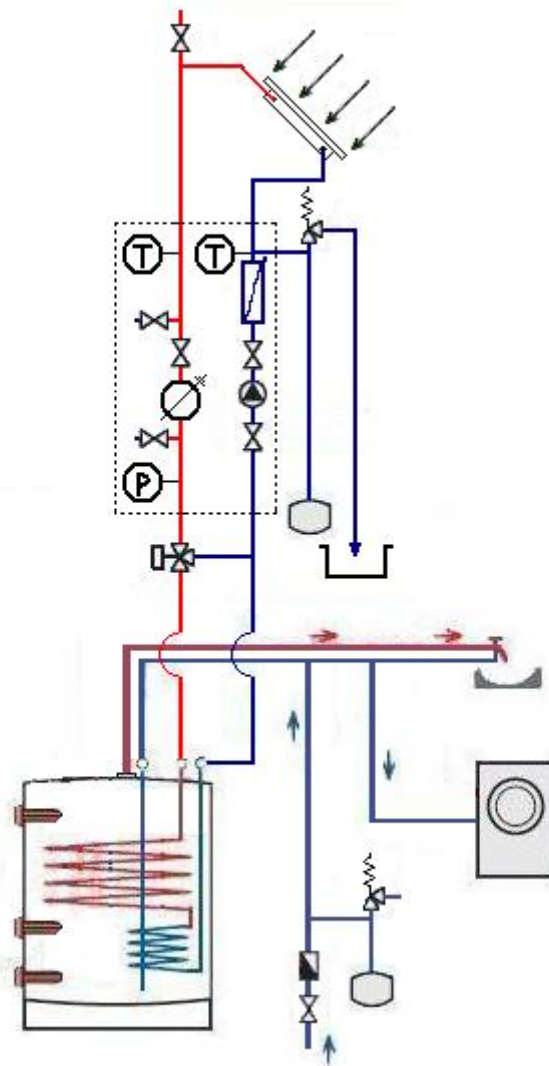
- Tepelnej záťaže oknami  $\dot{Q}_{ok}$  [W]
- Tepelnej záťaže stenami  $\dot{Q}_s$  [W]
- Tepelných ziskov infiltráciou vonkajšieho vzduchu  $\dot{Q}_L$  [W]

Výpočet tepelnej záťaže klimatizovaných priestorov bol vykonaný pomocou aplikácie Výpočet tepelných zisků od firmy Qpro. Pri výpočte sa postupovalo po jednotlivých hodinách 0-24 a mesiacoch v roku 1-12 pre typický výpočtový deň každého mesiaca, kedy sa očakávajú najvyššie tepelné zisky budovy. Výsledkom je tabuľka uvedená v prílohe P II: Tepelné zisky. Z tabuľky vidno, že maximálne tepelné zisky sú v mesiaci august o 15 hodine a majú hodnotu 8425 W.

## 6.5 Návrh solárneho systému

Druhým obnoviteľným zdrojom použitým v navrhovaných systémoch technických zariadení budov je solárna energia. Na jej využitie je v dome nainštalovaný solárny systém, ktorý bude primárne slúžiť na ohrev teplej vody. Solárny systém bude pomocou výmenníka v integrovanom zásobníku tepla pripojený aj do vykurovacieho okruhu a teda môže slúžiť i na podporu vykurovania resp. v prípade zlyhania tepelného čerpadla spolu so záložnými elektrickými špirálami zabezpečiť vykurovanie. Rovnako je aj tepelné čerpadlo pripojené do systému ohrevu teplej vody, avšak uvažuje sa s ním iba ako s doplnkovým resp. záložným zdrojom. Z toho dôvodu bude solárny systém projektovaný tak, aby samostatne zabezpečil a pokryl potrebu tepla na ohrev teplej vody. Bude sa jednáť o systém s nepriamym ohrevom vody (cez výmenník v zásobníku) a použitím uzavretej – tlakovej expanznej nádoby. Kolektory budú zapojené sériovo v 3 radách po 3 kolektoroch. Použitá bude solárna stanica AGS 10 s integrovaným odlučovačom vzduchu, čerpadlom

solárneho okruhu, preplachovacími a plniacimi armatúrami, uzatváracími kohútmi s integrovaným teplomerom, manometrom, poistným ventilom a nastaviteľnými gravitačnými brzdami vo vstupnom i výstupnom potrubí. Stanica je určená pre 6-10 kolektorov. Na riadenie bude použitý solárny regulátor Junkers TDS 300. Jedná sa o multifunkčný regulátor pre rôzne solárne aplikácie. Regulátor obsahuje grafický LCD displej na jednoduché nastavenie parametrov a prehľadné získanie informácií o systéme. Zároveň umožňuje dátový výstup pomocou rozhrania RS232. Ovládanie solárnych čerpadiel je plynulou reguláciou otáčok.



Obr. 21. Solárny systém na ohrev teplej vody

### 6.5.1 Návrh tepelnej sústavy na prípravu teplej vody

Pred samotným návrhom solárneho systému je potrebné navrhnuť tepelnú sústavu na prípravu teplej vody, tento návrh bude neskôr slúžiť ako podklad pre dimenzovanie a projektovanie solárneho systému. Návrh tepelných sústav na prípravu teplej vody má svoje špecifiká, ktoré sú odlišné od návrhu vykurovacích sústav. Použitá sústava bude využívať zásobníkový ohrev a z hygienických a zdravotných dôvodov musí umožniť krátkodobé zvýšenie teploty v zásobníku na 70 °C, čo má za následok zamedzenie tvorby baktérie Legionella Pneumophily. Dohrev na požadovaných 70 °C zabezpečia elektrické špirály integrované v zásobníku vody. Návrh tepelnej sústavy bol vykonaný v súlade s normou ČSN 06 0320. Vstupnými údajmi pre návrh boli:

- Počet osôb – 6
- Perióda ohrevu – 24 h
- Teplota studenej vody –  $\Theta_1 = 10$  °C
- Teplota teplej vody –  $\Theta_2 = 55$  °C
- Teplota teplej vody pred výtokovou armatúrou –  $\Theta_3 = 55$  °C
- Pomerná strata tepla pri ohreve a distribúcii vody –  $z = 0,5$

Prvým krokom pri dimenzovaní zariadení ohrevu vody je stanovenie potreby teplej vody. Celková potreba teplej vody  $V_{2p}$  v danej perióde (24 h) je súčtom potreby teplej vody na umývanie osôb, umývanie riadu a upratovanie.

Potrebu teplej vody na umývanie osôb  $V_o$  v danej perióde určíme nasledovne:

$$V_o = n_i * \sum V_d \text{ [m}^3\text{]} \quad (13)$$

$$\sum V_d = \sum (n_d * U_3 * t_d * p_d) \text{ [m}^3\text{]} \quad (14)$$

$n_i$  – počet užívateľov

$V_d$  – objem dávky [m<sup>3</sup>]

$n_d$  – počet dávok

$U_3$  – objemový prietok teplej vody o teplote  $\Theta_3$  do výtoku [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>]

$t_d$  – doba dávky [h]

$p_d$  – súčiniteľ predĺženia doby dávky [-]

Hodnoty  $n_d$ ,  $U_3$ ,  $t_d$  a  $p_d$  sú tabuľkové hodnoty uvedené v norme ČSN 06 0320. Dosadením potrebných hodnôt do vyššie uvedených vzťahov získame potrebu teplej vody na umývanie osôb  $V_o = 0,47454 \text{ m}^3$ .

Nasledujúcim krokom je určenie potreby teplej vody na umývanie riadu  $V_j$  v danej perióde, ktorú určíme zo vzťahu:

$$V_j = n_j * V_d \text{ [m}^3\text{]} \quad (15)$$

$n_j$  – počet jedál

$V_d$  – objem dávky [ $\text{m}^3$ ]

Pri počte osôb 6 a 4 jedlách denne na osobu a objeme dávky  $0,002 \text{ m}^3$  dostávame potrebu teplej vody na umývanie riadu  $V_j = 0,048 \text{ m}^3$ .

Poslednou časťou celkovej potreby teplej vody je potreba teplej vody na upratávanie a umývanie podláh  $V_u$  v danej perióde, ktorú určíme z nasledujúceho vzťahu.

$$V_u = n_u * V_d \text{ [m}^3\text{]} \quad (16)$$

$n_u$  – počet (výmer) plôch

$V_d$  – objem dávky [ $\text{m}^3$ ]

Pri objeme dávky  $0,02 \text{ m}^3$  na  $100 \text{ m}^2$  a výmere plochy  $261,7 \text{ m}^2$  dostávame hodnotu potreby teplej vody na upratávanie a umývanie podláh  $V_u = 0,0522 \text{ m}^3$ .

Celkovú potrebu teplej vody v danej perióde potom určíme ako súčet predchádzajúcich čiastkových potrieb podľa vzťahu:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u \text{ [m}^3\text{]} \quad (17)$$

Súčtom dostávame celkovú potrebu teplej vody za 24 h  $V_{2p} = 0,57474 \text{ m}^3$ .

Keďže celková potreba teplej vody je vstupným údajom pre ďalšie výpočty, po jej vypočítaní môžeme pristúpiť k stanoveniu potreby tepla. Potreba tepla odobraného z ohrievača teplej vody počas jednej periódy  $Q_{2p}$  sa stanoví zo vzťahu:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} \text{ [kWh]} \quad (18)$$

Kde  $Q_{2t}$  je teoretické teplo odobrané z ohrievača v dobe periódy a určí sa zo vzťahu:

$$Q_{2t} = c * V_{2p} * (\Theta_2 - \Theta_1) \text{ [kWh]} \quad (19)$$

$c$  – merná tepelná kapacita vody  $c = 1,163 \text{ [kWh.m}^{-3}.\text{K}^{-1}]$

$V_{2p}$  – celková potreba teplej vody za 24 hodín  $[\text{m}^3]$

$\Theta_2$  – teplota teplej vody  $[\text{°C}]$

$\Theta_1$  – teplota studenej vody  $[\text{°C}]$

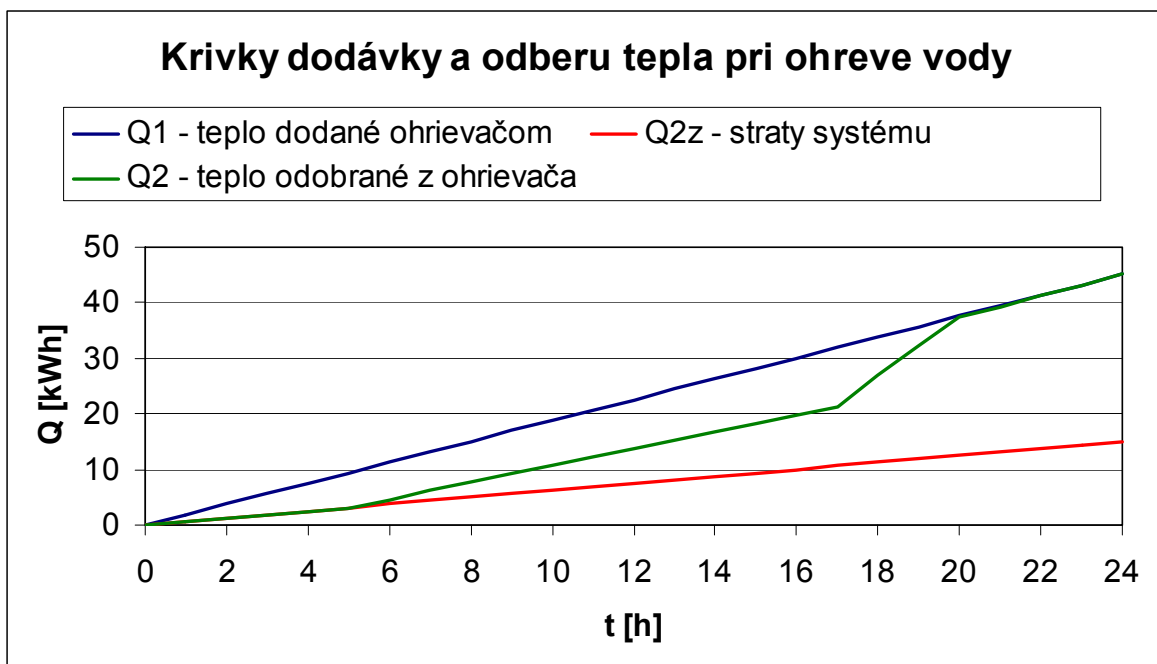
a  $Q_{2z}$  je teplo stratené pri ohreve a distribúcii teplej vody v dobe periódy, ktoré stanovíme nasledovne:

$$Q_{2z} = Q_{2t} * z \text{ [kWh]} \quad (20)$$

$z$  – pomerná strata tepla pri ohreve a distribúcii vody

Dosadením do predchádzajúcich vzťahov dostávame hodnoty  $Q_{2t} = 30,07902 \text{ kWh}$ ,  $Q_{2z} = 15,03951 \text{ kWh}$  a  $Q_{2p} = 45,11853 \text{ kWh}$ .

Ďalej je potrebné stanoviť krivky odberu a dodávky tepla, ktoré slúžia na stanovenie objemu zásobníka a stanovenie tepelného výkonu pre ohrev vody. Jednotlivé krivky sa vytvoria podľa postupu opísaného v norme ČSN 06 0320. Výsledný graf zobrazujúci všetky tri základné krivky je uvedený nižšie.



Obr. 22. Graf dodávky a odberu tepla pri ohreve vody

Po vytvorení kriviek dodávky tepla a odberu tepla je možné stanoviť objem zásobníku  $V_z$ . Z vyššie uvedeného grafu možno získať najväčší možný rozdiel medzi krivkami dodávky a odberu tepla  $Q_1$  a  $Q_2$ , ktorý predstavuje nutnú zásobu tepla. Veľkosť zásobníka  $V_z$  sa stanoví podľa vzťahu:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c * (\Theta_2 - \Theta_1)} \text{ [m}^3\text{]} \quad (21)$$

$\Delta Q_{\max}$  – najväčší možný rozdiel tepla medzi  $Q_1$  a  $Q_2$  (Obr. 22.) [kWh]

$c$  – merná tepelná kapacita vody  $c = 1,163 \text{ [kWh.m}^{-3}.\text{K}^{-1}]$

$\Theta_2$  – teplota teplej vody [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\Theta_1$  – teplota studenej vody [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Najväčší možný rozdiel tepla medzi  $Q_1$  a  $Q_2$  má hodnotu  $\Delta Q_{\max} = 10,77831 \text{ kWh}$ . Po dosadení do vzorca dostávame veľkosť zásobníka  $V_z = 0,205949 \text{ m}^3$ .

Posledným krokom je stanovenie tepelného výkonu pre ohrev vody  $\Phi_{In}$ . Určíme tak podľa vzťahu pre ohrev so zásobníkom uvedeného v norme ČSN 06 0320:

$$\Phi_{In} = \left( \frac{Q_1}{t} \right)_{\max} \text{ [kW]} \quad (22)$$

$Q_1$  – teplo dodané ohrievačom do teplej vody v čase  $t$  od počiatku periódy [kWh]

$t$  – čas [h]

$\left( \frac{Q_1}{t} \right)_{\max}$  - maximálny sklon krivky dodávky tepla  $Q_1$  v čase  $t$  počas periódy (Obr. 22.)

Veľkosť tepelného výkonu na ohrev vody  $\Phi_{In}$  bola na základe predchádzajúceho vzťahu stanovená na  $\Phi_{In} = 1,879939 \text{ kW}$ .

Pri výpočtoch podľa normy sa uvažuje so zdrojom rovnomerne dodávajúcim teplo počas celej periódy 24h, čomu zodpovedajú aj vypočítané hodnoty veľkosti zásobníka  $V_z$  a veľkosti tepelného výkonu na ohrev vody  $\Phi_{In}$ . Keďže solárna energia nie je dodávaná konštantne počas celého dňa, pri projektovaní solárneho systému na ohrev teplej vody sa z výpočtov vykonaných podľa normy využije iba hodnota celkovej spotreby teplej vody za 24 hod.



### 6.5.2 Dimenzovanie solárnych kolektorov

Dimenzovanie solárneho systému pozostáva z niekoľkých krokov, ktoré na seba nadväzujú a sú určené a popísané výrobcou solárneho systému. Použitá tepelná solárna technika je od firmy Junkers a z toho dôvodu sú všetky výpočty a návrh vykonaný podľa projekčných podkladov a doporučení tejto firmy. Vstupnými údajmi k projektovaniu sú:

- Celková denná spotreba teplej vody  $V_{2p} = 0,57474 \text{ m}^3$
- Orientácia a sklon kolektorov – JV orientácia (J-45°), sklon 45°
- Hodnota slnečného svitu v meste Zlín – 1050 kWh/m<sup>2</sup>

Prvým krokom návrhu je určenie veľkosti solárneho zásobníka. Podľa odporúčaní výrobcu by sa mal objem solárneho zásobníka pohybovať v rozmedzí 1,2-1,8 násobku celkovej dennej spotreby teplej vody. Vychádzajúc z týchto predpokladov dostávame nasledovné vzťahy a veľkosti zásobníkov:

$$V_{z,\min} = 1,2 * V_{2p} \text{ [m}^3\text{]} \quad (23)$$

$$V_{z,\max} = 1,8 * V_{2p} \text{ [m}^3\text{]} \quad (24)$$

$V_{z,\min}$  – minimálna veľkosť zásobníka [m<sup>3</sup>]

$V_{z,\max}$  – maximálna veľkosť zásobníka [m<sup>3</sup>]

$V_{2p}$  – celková spotreba teplej vody za 24 hod [m<sup>3</sup>]

Dosadením do predchádzajúcich vzťahov dostávame, že veľkosť zásobníka  $V_z$  by sa mala pohybovať v rozmedzí 689,688 l až 1034,532 l. Na základe týchto skutočností sme zvolili zásobník od firmy Atrea. Jedná sa o model určený pre solárne sústavy a tepelné čerpadlá IZT-C-TTSE o objeme  $V_z = 925 \text{ l}$ .

Na základe veľkosti zásobníka je možné stanoviť predbežnú plochu kolektorov z grafu, ktorý výrobca uvádza v projekčných podkladoch. Odčítaním hodnoty prislúchajúcej objemu zásobníka 925 l dostávame predbežnú plochu kolektorov  $A_{kol,pred} = 15,5 \text{ m}^2$ .

Vzhľadom na to, že umiestnenie kolektorov nebude „optimálne“ (južný smer a sklon 45°), je potrebné zohľadniť orientáciu a sklon kolektorov. Kolektory budú umiestnené na fasáde v JV smere a so sklonom 45°. Týmto hodnotám podľa výrobcu zodpovedá 8 %-né zníženie úspory energie, čo má za následok, že predbežná plocha kolektorov musí byť zväčšená o 8 % nasledovne:

$$A_{kol,kor} = 1,08 * A_{kol,pred} \text{ [m}^2\text{]} \quad (25)$$

$A_{kol,kor}$  – korigovaná plocha kolektorov po zohľadnení orientácie a sklonu [m<sup>2</sup>]

$A_{kol,pred}$  – predbežná plocha kolektorov [m<sup>2</sup>]

Predbežná plocha kolektorov sa po zohľadnení orientácie a sklonu zväčší na  $A_{kol,kor} = 16,74 \text{ m}^2$ .

Keďže hodnota slnečného svitu nie je pre celé územie Českej republiky rovnaká, je potrebné započítať aj miesto inštalácie. Podľa výrobcom uvedenej tabuľky zodpovedá hodnote slnečného svitu 1050 kWh/m<sup>2</sup> danej pre Zlín korekčný faktor pre plochu kolektoru 1,125. Celkovú požadovanú plochu kolektorov  $A_{kol}$  vypočítame nasledovne:

$$A_{kol} = 1,125 * A_{kol,kor} \text{ [m}^2\text{]} \quad (26)$$

$A_{kol,kor}$  – korigovaná plocha kolektorov [m<sup>2</sup>]

Celková požadovaná plocha kolektorov má po započítaní miesta inštalácie hodnotu  $A_{kol} = 18,8325 \text{ m}^2$ .

Z celkovej požadovanej plochy kolektorov je možné určiť požadovaný počet kolektorov. Použité sú ploché kolektory Junkers FKC-1 s plochou absorbéru 2,23 m<sup>2</sup> na kolektor. Po vydelení celkovej požadovanej plochy kolektorov plochou absorbéru jedného kolektora dostávame počet 8,445 kusu. V prípade desatinného výsledku výrobca udáva zaokrúhlenie smerom dolu pre ekonomické optimum a zaokrúhlenie smerom nahor pre energetické optimum. Pri projektovaní systému dostalo prednosť energetické optimum a počet kolektorov bol stanovený na 9 kusov.

### 6.5.3 Návrh zabezpečovacích zariadení sústavy

Súčasťou solárneho systému na ohrev teplej vody je aj bezpečnostná (zabezpečovacia) skupina s expanznou nádržou obsahujúca okrem iného i poistný ventil s manometrom a plniace/vypúšťacie zariadenie. Výrobca udáva tabuľky na jednoduché stanovenie parametrov bezpečnostných prvkov, ale taktiež výpočet na ich presné stanovenie a potvrdenie tabuľkových hodnôt. Návrh poistného ventilu a expanznej nádoby prebieha v niekoľkých krokoch a predchádza mu stanovenie niektorých charakteristík solárneho systému.

Ako prvé je potrebné stanoviť expanzný objem  $V_D$ , ktorý je súčtom výparného objemu pri odstavení systému a zmeny objemu solárnej kvapaliny v dôsledku zvýšenia teploty a určí sa nasledovne:

$$V_D = V_{kol} + V_r + e * V_A \quad [l] \quad (27)$$

$V_{kol}$  – objem kolektorov [l]

$V_r$  – objem pripojovacieho potrubia, v ktorom dochádza k vyparovaniu [l]

$e$  – súčiniteľ rozťažnosti solárnej kvapaliny

$V_A$  – objem systému tvorený objemom kolektorov, pripojovacieho potrubia a tepelného výmenníku [l]

Objem kolektorov je súčinom objemu jedného kolektora a počtu kolektorov. Objem absorbéra zvoleného kolektora FKC-1 je 1,25 l a pri počte kolektorov 9 je výsledný  $V_{kol} = 11,25$  l. Objem  $V_r$  je daný dĺžkou pripojovacieho potrubia, v ktorom dochádza k vyparovaniu a jeho objemom na meter dĺžky. V našom prípade je použité pripojovacie potrubie Cu 22x1 s objemom 0,314 l/m a k vyparovaniu dochádza v 2 metroch potrubia. Súčiniteľ rozťažnosti solárnej kvapaliny udáva výrobca 0,085. Celková dĺžka pripojovacieho potrubia je 20 m a objem tepelného výmenníku je 40l. Po dosadení všetkých hodnôt do predchádzajúceho vzťahu dostávame expanzný objem  $V_D$ :

$$V_D = V_{kol} + V_r + e * V_A = 11,25 + 2 * 0,314 + 0,085 * (11,25 + 20 * 0,314 + 40) = 16,76864 \text{ l}$$

Ďalšou časťou je určenie kvapalinovej predlohy  $V_V$ , ktorá má zabrániť vzniku podtlaku v solárnom systéme. V našom prípade sa podľa údajov výrobcu  $V_V = 3$  l.

Nasledujúcim krokom je určenie plniaceho tlaku systému  $p_a$  podľa vzťahu:

$$p_a = 0,5 + h_{syst} * 0,1 \quad [\text{bar}] \quad (28)$$

$h_{syst}$  – výška systému [m]

Po dosadení výšky systému 7 m dostávame hodnotu plniaceho tlaku systému  $p_a = 1,2$  bar.

Na základe hodnoty  $p_a$  stanovíme z tabuľky uvádzanej výrobcom poistný ventil a menovitý tlak  $SV$ , ktorý bude mať hodnotu 4 bar. Výrobca však odporúča plniaci tlak 2,5 baru, čomu odpovedá poistný ventil nastavený na hodnotu 6 bar, ktorý je súčasťou solárnej stanice AGS 10. Na výslednú veľkosť expanznej nádoby by však táto zmena nemala vplyv.

Predposledným krokom je určenie konečného tlaku systému  $p_e$ , ktorý určíme nasledovne:

$$p_e = 0,9 * SV \text{ [bar]} \quad (29)$$

$SV$  – menovitý tlak [bar]

Konečný tlak systému  $p_e = 3,6$  bar.

Po určení potrebných hodnôt môžeme pristúpiť k výpočtu minimálneho objemu expanznej nádrže  $V_{MAGmin}$ .

$$V_{MAGmin} = (V_D + V_V) * \frac{p_e + 1}{p_e - p_a} \text{ [l]} \quad (30)$$

$V_D$  – expanzný objem [l]

$V_V$  – kvapalinová predloha [l]

$p_e$  – konečný tlak systému [bar]

$p_a$  – plniaci tlak systému [bar]

Po dosadení hodnôt z predchádzajúcich výpočtov získame objem expanznej nádrže

$$V_{MAGmin} = (16,76864 + 3) * \frac{3,6 + 1}{3,6 - 1,2} = 37,88989 \text{ l.}$$

Z rady štandardne vyrábaných veľkostí volíme najbližšiu väčšiu nádobu o objeme 50 l. Podrobný výpočet nám potvrdil veľkosť expanznej nádoby z tabuľky pre rýchle určenie jej objemu, ktorá pre 9-10 kolektorov udáva použitie 50 l expanznej nádoby.

## 6.6 Návrh vykurovania a chladenia

Vykurovanie a chladenie domu bude zabezpečovať systém zložený zo vzduchotechnického systému zabezpečujúceho rozvod teplého vykurovacieho vzduchu v zimnom období a studeného chladiaceho vzduchu v letnom období a zo systému tepelného čerpadla dodávajúceho potrebné teplo a energiu na ohrev vzduchu. Odovzdávanie tepla sa uskutočňuje v integrovanom zásobníku tepla, ktorý je okrem 2 výmenníkov tepla na solárny systém a tepelné čerpadlo vybavený aj záložnými elektrickými špirálami. Zapojenie solárneho systému je v systéme vykurovania a chladenia havarijné v prípade zlyhania tepelného čerpadla.

### 6.6.1 Systém tepelného čerpadla

Zdrojom energie vo vykurovacom systéme je tepelné čerpadlo typu zem-voda. Konkrétne sa jedná o tepelné čerpadlo Viessmann Vitocal 350 BWH 113. Keďže sa jedná o tepelné čerpadlo získavajúce teplo zo zeme, bolo potrebné určiť typ systému pre prenos a získavanie zemného tepla. Na základe doporučení výrobcov bol ako zdrojový systém tepla zvolené zariadenie pre vertikálny prenos zemného tepla – sondy zemného tepla. Tepelný výkon vybraného tepelného čerpadla je pri pracovnom bode B2/W55 (B2 - vstupná teplota nemrznúcej zmesi 2 °C/W55 – výstupná teplota vody na kúrenie 55 °C) 17,7 kW pri elektrickom príkone 5,7 kW, čo predstavuje výkonový faktor **COP** = 3,11. Navrhovaný systém však počíta aj s možnosťou chladenia v letných mesiacoch, preto je potrebné, aby tepelné čerpadlo disponovalo funkciou chladenia. Zvolené čerpadlo spĺňa túto požiadavku a disponuje chladiacim výkonom 12 kW, ktorý dostatočne pokrýva tepelné zisky budovy v letných mesiacoch. Vysoký chladiaci výkon je zabezpečený tzv. AC-Boxom, ktorý umožňuje chladenie v dvoch režimoch. „Natural Cooling“ je režim chladenia, v ktorom sa obchádza kompresorový okruh a v obehu sú iba čerpadlá primárneho a vykurovacieho (sekundárneho) okruhu. Ako náhle je výkon „natural cooling“ nedostatočný, systém automaticky prechádza na režim „active cooling“, v ktorom sa spúšťa kompresorový obeh a dôjde k obráteniu funkčnosti vstupov a výstupov a tým pádom je teplo aktívne odvedené do zemnej sondy.

V zimnom období bude tepelné čerpadlo vykurovať požadované priestory a chladiaci okruh bude vrátane chladiča vo vzduchotechnickej jednotke odstavený. V prechodnom období bude tepelné čerpadlo v nočných hodinách vykurovať a chladenie bude mimo prevádzky a počas dňa bude v prípade potreby chladenia spustený režim „natural cooling“ a kompresorový okruh bude odstavený. V letnom období, kedy sa očakáva iba požiadavka na chladenie sa bude využívať chladiaci okruh a chladenie v režime „natural cooling“ a v prípade jeho nedostatočného výkonu dôjde k spusteniu režimu „active cooling“, čiže k spusteniu reverznej funkcie tepelného čerpadla.

### 6.6.2 Návrh a osadenie sond na zemné teplo

Použitie sondy na zemné teplo sú súčasťou programu systémovej techniky pre využitie zemného tepla RAUGEO firmy REHAU a konkrétne sa jedná o sondy RAUGEO PE-Xa. Sondy sú vyrobené z polyetylénu zosieťovaného za vysokého tlaku PE-Xa a sú vhodné na

vykurovanie i chladenie s minimálnym vplyvom na životné prostredie. Samotná sonda je dvojité sonda U tvorená dvomi jednoduchými sondami U vzájomne spojenými do križa. Použité sú trubky s rozmerom 40x3,7 mm, ktoré sa pokladajú do vrtaných otvorov.

Návrh sond pozostáva z niekoľkých krokov a vychádza sa pri ňom z parametrov použitého čerpadla a podložia, do ktorého budú sondy umiestnené.

Prvým krokom je určenie výkonu odparovača  $\Phi_{od}$ , ktorý vychádza z parametrov tepelného čerpadla a určí sa nasledovne:

$$\Phi_{od} = \frac{\Phi_T * (COP - 1)}{COP} \text{ [kW]} \quad (31)$$

$\Phi_T$  – tepelný výkon tepelné čerpadla [kW]

$COP$  – výkonový faktor tepelného čerpadla

Po dosadení parametrov tepelného čerpadla udávaných výrobcom a síce  $COP = 3,11$  a  $\Phi_T = 17,7$  kW. Dostávame výkon odparovača  $\Phi_{od} = 12,00868$  kW.

Ďalej na základe znalostí o podloží, v ktorom budú sondy umiestnené určíme podľa tabuľky uvádzanej v dokumentácii k programu RAUGEO firmy REHAU špecifický odberový výkon sondy  $\Phi_{s,od}$ . Vychádzajúc z tabuľky určenej pre tepelné čerpadlá do 30 kW výkonu a pre maximálnu dĺžku sondy 100 m dostávame pre počet prevádzkových hodín 2400 h pre normálnu pevnú horninu (hlina a vodou nasýtený sediment, íl) hodnotu  $\Phi_{s,od} = 50$  W/m sondy.

Potrebnú dĺžku sondy  $l$  určíme z doposiaľ vypočítaných a určených hodnôt nasledovne:

$$l = \frac{\Phi_{od}}{\Phi_{s,od}} \text{ [m]} \quad (32)$$

$\Phi_{od}$  – výkon odparovača [W]

$\Phi_{s,od}$  – odberový výkon sondy [W/m]

Po dosadení do vzorca dostávame požadovanú celkovú dĺžku sondy 240 m. Na dosiahnutie požadovaného výkonu a dĺžky sondy použijeme 3 sondy RAUGEO s dĺžkou 80 m. Pri inštalácii sond musia byť dodržané pokyny výrobcu a síce, že minimálna vzdialenosť medzi sondami by mala byť 6 m, minimálna vzdialenosť od budovy 2 m, vzdialenosť od zásobovacích vedení 0,7 m, vrchná hrana sondy v nezámrznej hĺbke 1,2-1,5 m.

Teplonosným médiom je nemrznúca kvapalina namiešaná v pomere 22:78. Z celkového objemu je teda 22 % etylenglykol a 78 % vody. Takýto pomer zodpovedá zámraznej teplote  $\theta = -10^{\circ}\text{C}$ .

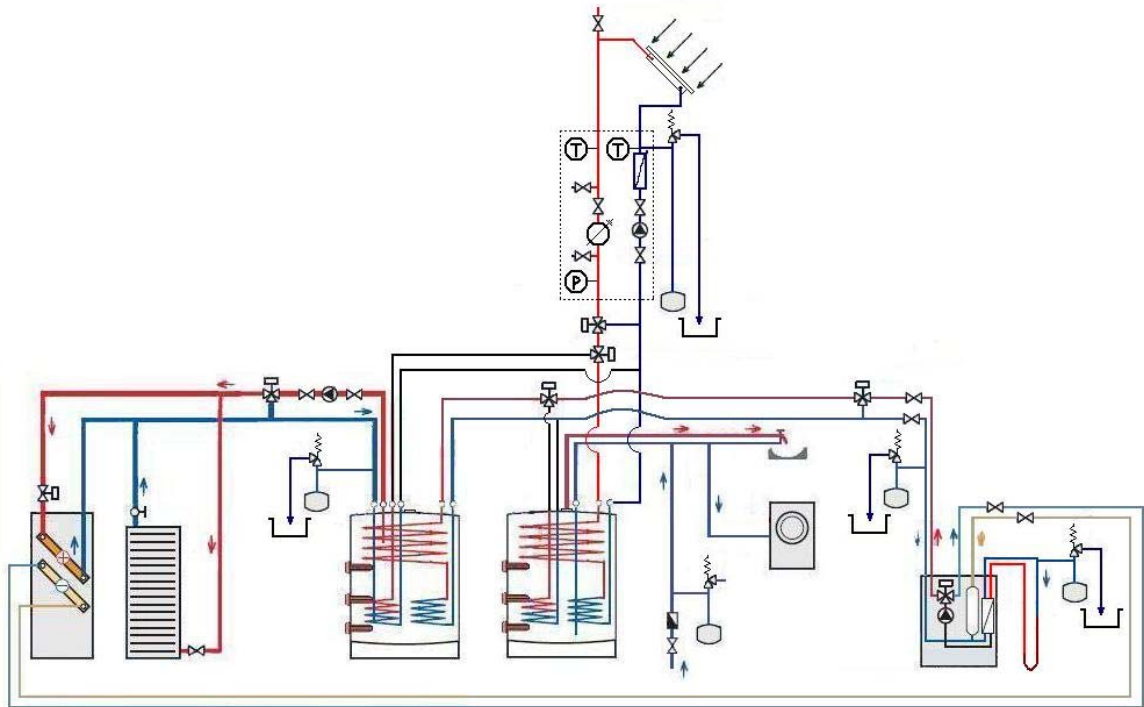
Vstupy a výstupy sond sú sústredené do rozdeľovača a zberača z mosadznej trubky s KFE kohútom, automatickým odvzdušnením a guľovými kohútmi každého okruhu na prítoku i vratnom toku.

Výrobca ďalej k čerpadlu dodáva ucelenú sadu príslušenstva k primárnemu okruhu. Jedná sa o zostavenú pripojovaciu sadu pozostávajúcu z plniacich a vypúšťacích kohútov, poistného ventilu nastaveného na tlak 3 bary, manometra, odlučovača vzduchu, expanznej nádrže a čerpadla primárneho okruhu.

### **6.6.3 Hydraulické zapojenie systému tepelného čerpadla**

Tepelné čerpadlo je na primárnej strane napojené na zemné sondy, z ktorých získava energiu. Takto získanú nízkoteplotnú energiu za dodania elektrickej energie zmení na vysokopoteplotnú energiu, ktorú na sekundárnej strane odovzdáva pripojenej vykurovacej sústave. Voda ohriata tepelným čerpadlom odovzdáva svoju energiu prostredníctvom výmenníka v akumuláčnej nádrži vode slúžiacej na ohrev vykurovacieho vzduchu vo vzduchotechnike.

Akumulačný zásobník je rovnakého typu ako v solárnom systéme použitý solárny zásobník tepla. Jeho veľkosť je 615 litrov a jedná sa o model IZT-C-TTSE od firmy Atrea. Zásobník obsahuje okrem 2 tepelných výmenníkov i zálohové elektrošpirály s celkovým výkonom 10 kW.



Obr. 23. Hydraulické zapojenie systému vykurovania a ohrevu teplej vody

## 6.7 Návrh vzduchotechnického systému

K návrhu vzduchotechnického systému je potrebná znalosť o parametroch každej z vykurovaných miestností, v ktorej bude vzduchotechnický systém slúžiť na vykurovanie a pokrytie tepelných strát. Medzi tieto parametre patria vzduchový objem miestnosti, celková tepelná strata každej z miestností, vlastnosti vzduchu – výpočtová vnútorná teplota a relatívna vlhkosť vzduchu a intenzita výmeny vzduchu pre každú miestnosť. Tieto podklady zistíme z kapitoly 6.1. Podklady pre návrh systémov TZB.

Celkový vzduchový objem miestností, v ktorých je nainštalovaný vzduchotechnický systém je  $530,1 \text{ m}^3$ . Celkový vzduchový objem vzduchotechnickým systémom vykurovaných miestností je  $479,5 \text{ m}^3$ . Rozdiel medzi vyššie spomenutými celkovými vzduchovými objemami miestností je spôsobený tým, že z bezpečnostných a hygienických dôvodov nie je možné použiť vzduchotechnický systém na vykurovanie určitých typov miestností, kam patria aj kúpeľne a WC v bytových priestoroch. Avšak aj v týchto priestoroch je nainštalovaný vzduchotechnický systém a konkrétne nasávanie odpadového vzduchu.



Vzduchotechnický systém bol navrhnutý tak, aby boli dodržané parametre vnútorného prostredia uvedené v Tab. 17.

Tab. 17. Doporučené parametre vnútorného prostredia obytných budov

	vo vykurovacom období		v letnom období	
	optimálne	prípustné	optimálne	prípustné
výsledná teplota $\Theta_i$ [°C]	20,8±0,8	18-24	26±0,5	22,0-28,0
teplota podlahy $\Theta_p$ [°C]	min. 24,0	min. 17,5	min. 24,0	min. 17,5
relatívna vlhkosť $r_{hi}$ [%]	30-55	20-70	-	-
rýchlosť prúdenia vzduchu $v$ [m/s]	max. 0,15	max. 0,2	max. 0,15	až 1,0

Z celkového vzduchového objemu miestností vykurovaných vzduchotechnickým systémom a z minimálnej intenzity výmeny vzduchu, ktorá je uvedená v časti výpočtu tepelných strát vetraním dostávame hodnotu minimálneho prietoku vzduchu 239,75 m<sup>3</sup>/h, ktorý musí byť schopná vzduchotechnická jednotka zabezpečiť, aby bola splnená podmienka minimálnej intenzity výmeny vzduchu. Splnenie predchádzajúcej hodnoty minimálneho prietoku vzduchu by bolo postačujúce, keby sa jednalo čisto o vetraciu jednotku. V projekte sa však uvažuje s tým, že vzduchotechnický systém slúži na krytie tepelných strát, z toho dôvodu je potrebné určiť objemový prietok  $V_p$  privádzaného vzduchu pre krytie tepelných strát nasledovne:

$$\dot{V}_p = \frac{\dot{Q}_{ZTR}}{\rho * c * \Delta\Theta_p} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (33)$$

$\dot{Q}_{ZTR}$  – tepelné straty kryté vzduchotechnickým systémom [W]

$\rho$  - hustota vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

$c$  – merná tepelná kapacita [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>]

$\Delta\Theta_p$  – pracovný rozdiel teplôt privádzaného vzduchu [°C]

Tepelné straty kryté vzduchotechnickým systémom získame odčítaním tepelných strát kúpeľní a WC od celkových tepelných strát pričom dostávame hodnotu  $\dot{Q}_{ZTR} = 12282$  W. Hustota vzduchu pri teplote 20°C, tlaku 101325 Pa a relatívnej vlhkosti  $\varphi = 50$  % je  $\rho = 1,2$  kg/m<sup>3</sup>. Merná tepelná kapacita vzduchu je pri bežných teplotách  $c = 1010$  J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>. Je

však potrebné túto hodnotu vydeliť 3600 a tak ju previesť na  $c = 0,28056 \text{ Wh.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Požadovaná hodnota pracovného rozdielu teplôt privádzaného vzduchu je pre podlahové výustky  $\Delta\theta_p = 25 \text{ °C}$ . Dosadením všetkých hodnôt do vzťahu dostávame objemový prietok  $V_p = 1459,247525 \text{ m}^3/\text{h}$ . Na základe vypočítaného objemového prietoku bola vybratá vyhovujúca vzduchotechnická jednotka.

Požiadavke na veľkosť objemového prietoku privádzaného vzduchu, vykurovacieho a chladiaceho výkonu vyhovuje vzduchotechnická jednotka Duplex-S 2200, ktorej maximálny prietok privádzaného vzduchu je  $2200 \text{ m}^3/\text{h}$ , maximálny vykurovací výkon  $24 \text{ kW}$  a maximálny chladiaci výkon pri použití vstavaného vodného chladiča je  $12 \text{ kW}$ . Použitý vzduchotechnický systém vrátane rozvodov i vzduchotechnickej jednotky je od firmy Atrea. Rekuperačný výmenník obsiahnutý v centrálnej vzduchotechnickej jednotke je protiprúdového typu – s protiprúdovým usporiadaním dosiek a dosahuje maximálnu účinnosť rekuperácie až  $90 \%$ . Keďže táto je dosahovaná za „ideálnych“ podmienok, pri návrhu sa uvažovalo s účinnosťou rekuperácie  $80 \%$ , čo je v dnešnej dobe reálne dosiahnuteľná stredná hodnota účinnosti rekuperácie. Vzduchotechnická jednotka okrem rekuperačného výmenníka obsahuje vstavanú by-passovú klapku, cirkulačnú klapku, uzatváraciu klapku prívodného vzduchu, teplovodný ohrievač, regulačný uzol teplovodného ohrievača pre riadenie vykurovacieho výkonu, vodný chladič, regulačný uzol vodného chladiča pre reguláciu chladiaceho výkonu, prívodný a odťahový radiálny ventilátor s pružne uloženým elektromotorom, výsuvné filtre privádzaného a odsávaného vzduchu triedy G4 a odvodňovaciu vaňu na odvod kondenzátu. Pohony klapiek zabezpečujú servopohony typu Belimo 230 V.

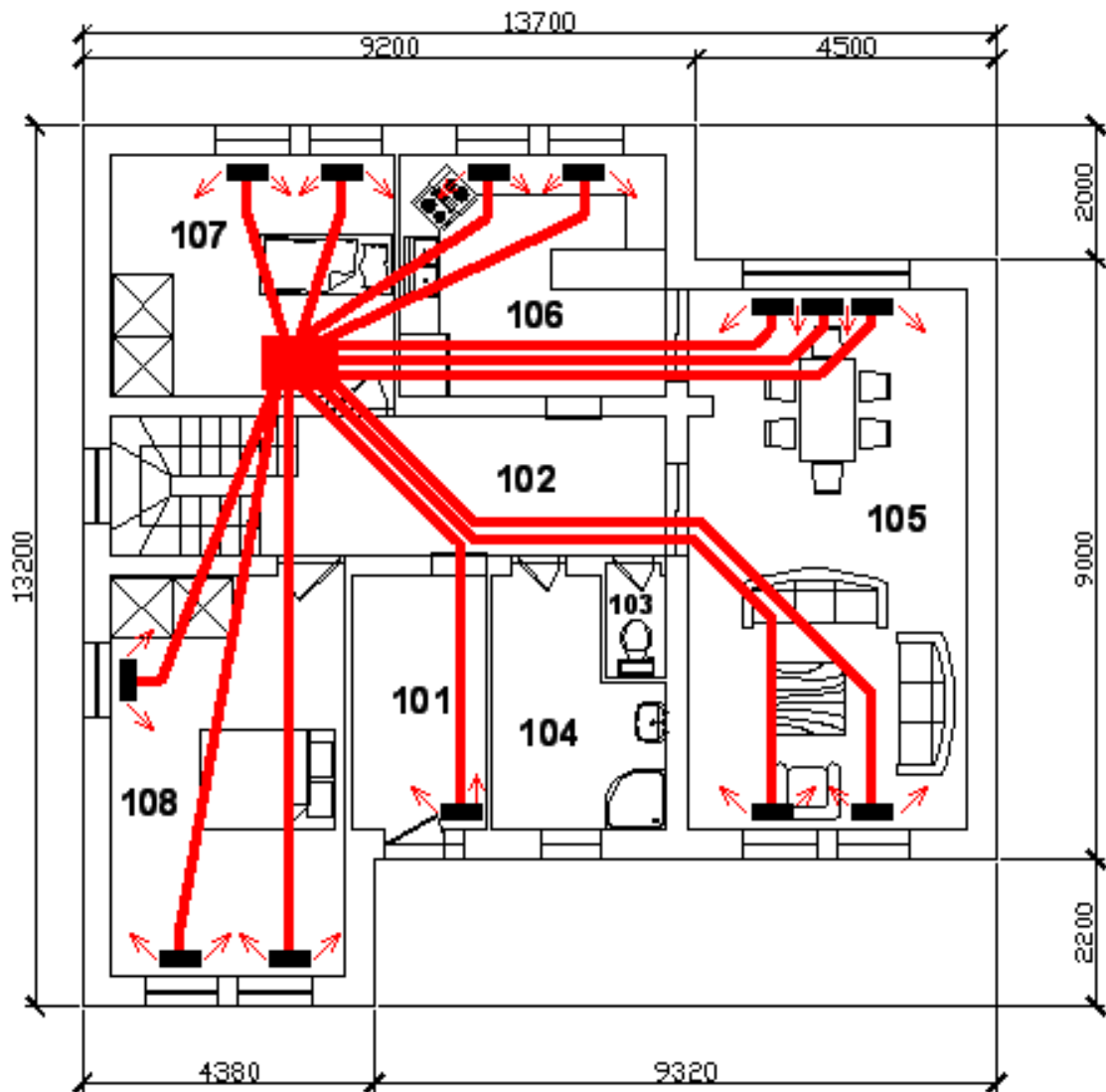
### 6.7.1 Návrh rozvodov vzduchu

Nasávanie čerstvého vzduchu z exteriéru do vzduchotechnickej jednotky je prostredníctvom nasávacieho otvoru umiestneného na fasáde budovy cez protidažďovú žalúziu s rozmermi  $350 \times 350 \text{ mm}$ .

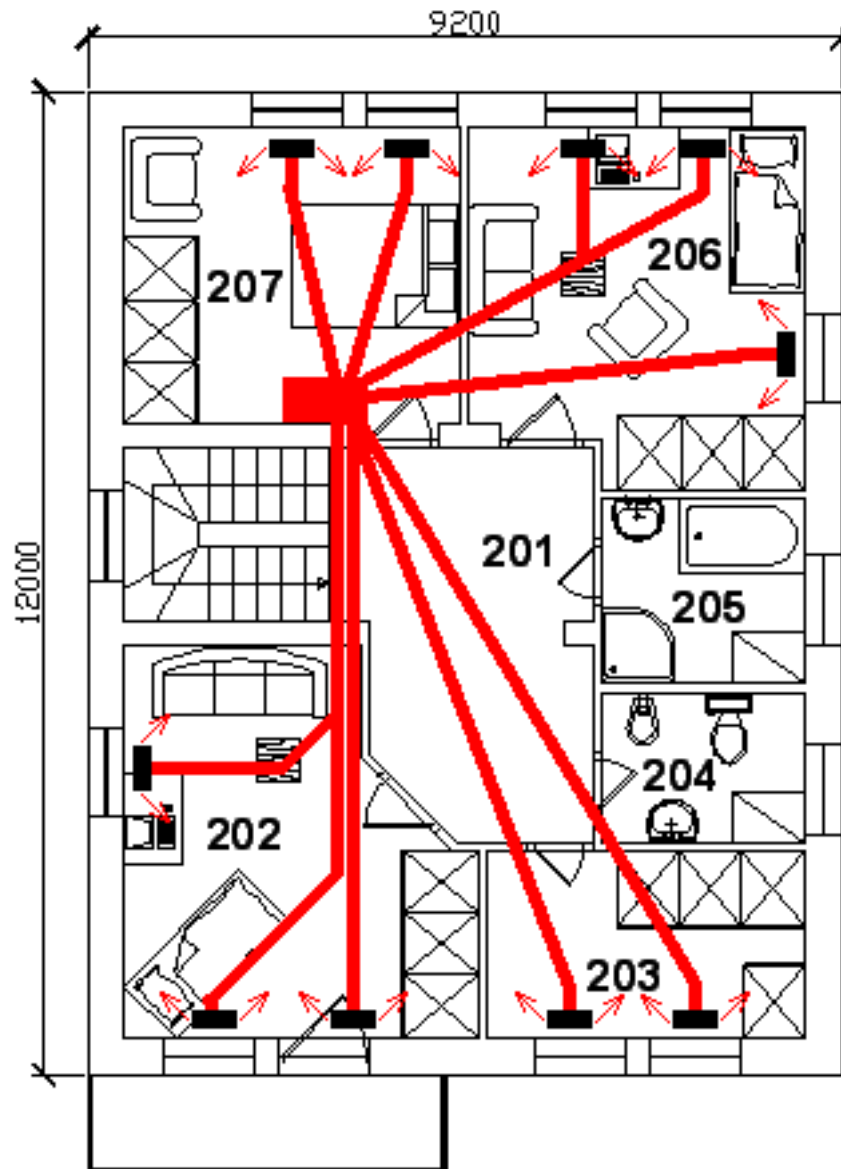
Rozvody vykurovacieho resp. chladiaceho vzduchu sú umiestnené v podlahovej konštrukcii vo forme plochých vzduchovodov s rozmermi  $200 \times 50 \text{ mm}$ , ktoré sú ukončené podlahovými regulovateľnými výustkami s mriežkami s rozmermi  $100 \times 250 \text{ mm}$  umiestnenými v oblasti pod oknami miestnosti. Do šírky okna  $2200 \text{ mm}$  je osadený 1 kus výustky, v prípade širšieho okna je použitý väčší počet výustiek zodpovedajúci šírke okna.

Počet výustiek a vzduchovodov je vždy navrhnutý tak, aby boli pokryté celkové tepelné straty miestnosti a zároveň splnená podmienka, že maximálny vykurovací výkon kanálu s rozmermi 200x50 mm pri maximálnom prietoku vzduchu 80 m<sup>3</sup>/h je 550-600 W pri použití 55 °C vykurovacej vody.

Rozmiestnenie podlahových kanálov a umiestnenie výustiek zobrazujú Obr. 24 a Obr. 25. Podlahové kanály sú na nich zobrazené červenou farbou, výustky predstavujú čierne obdĺžniky a červené šípky symbolicky naznačujú smer prúdenia teplého vzduchu z výustiek. Všetky horizontálne podlahové kanály sa zbiehajú do vertikálneho potrubia umiestneného v izbe č. 107 na prízemí resp. v izbe č. 207 na poschodí, odkiaľ smerujú do suterénu k vzduchotechnickej jednotke.



Obr. 24. Rozmiestnenie podlahových kanálov v prízemí rodinného domu



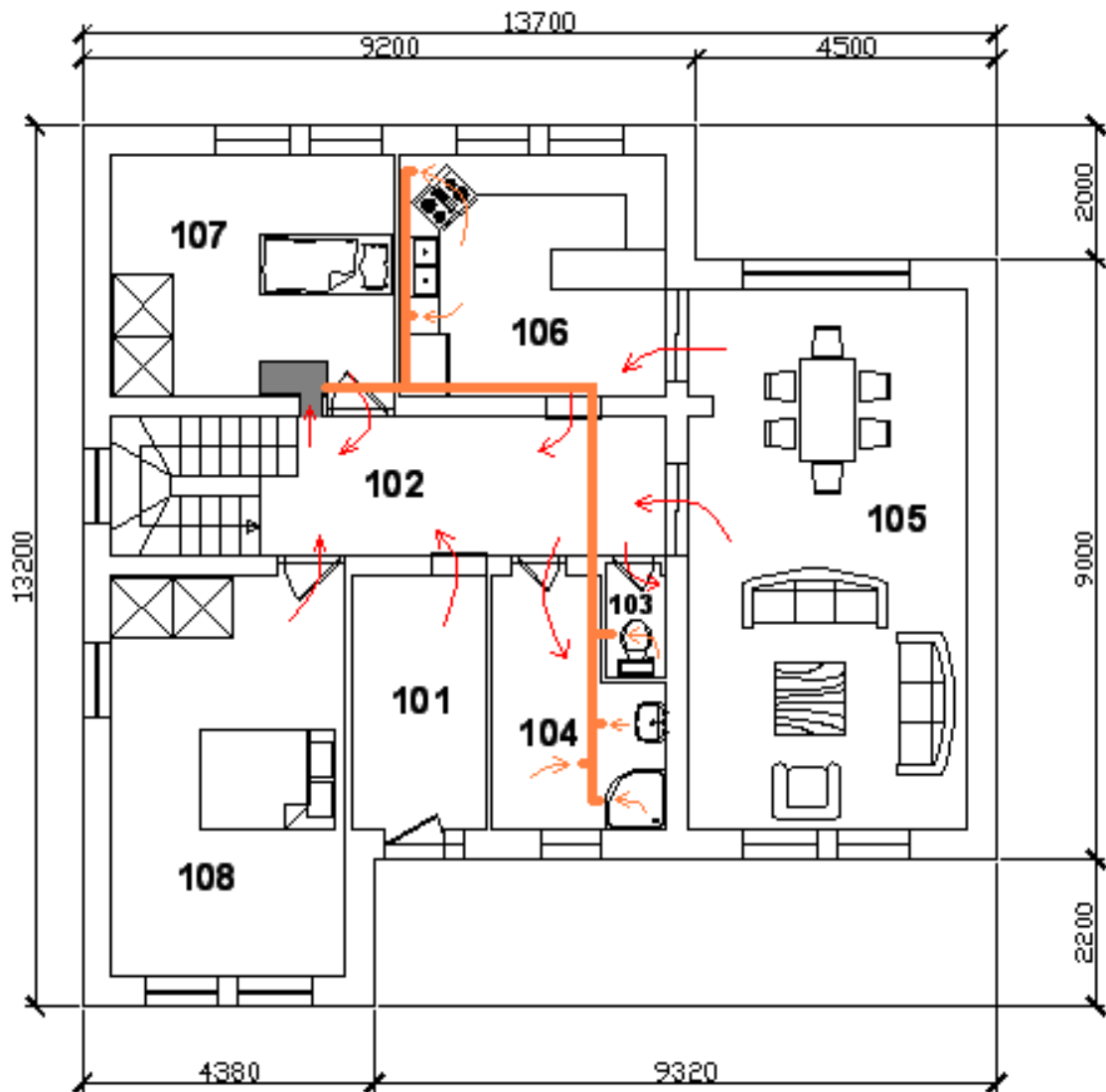
Obr. 25. Rozmiestnenie podlahových kanálov na 1. poschodí rodinného domu

Odsávanie odpadového vzduchu je vykonávané stropnými odsávacími ventilmi s reguláciou a potrubnými kruhovými rozvodmi z priestorov WC, kúpeľní a kuchyne samostatnými kanálmi a z ostatných miestností sa odvádza pod dverami bez prahov do chodby na každom podlaží, kde sa odsáva stenovou mriežkou s rozmermi 280x405 mm umiestnenej pod stropom. Tento vzduch je vedený do rekuperačného výmenníka, kde odovzdá svoje teplo privádzanému vzduchu a následne je vyvedený do exteriéru. Výfuk vzduchu sa nachádza podobne ako nasávanie na fasáde domu. Taktiež je osadený

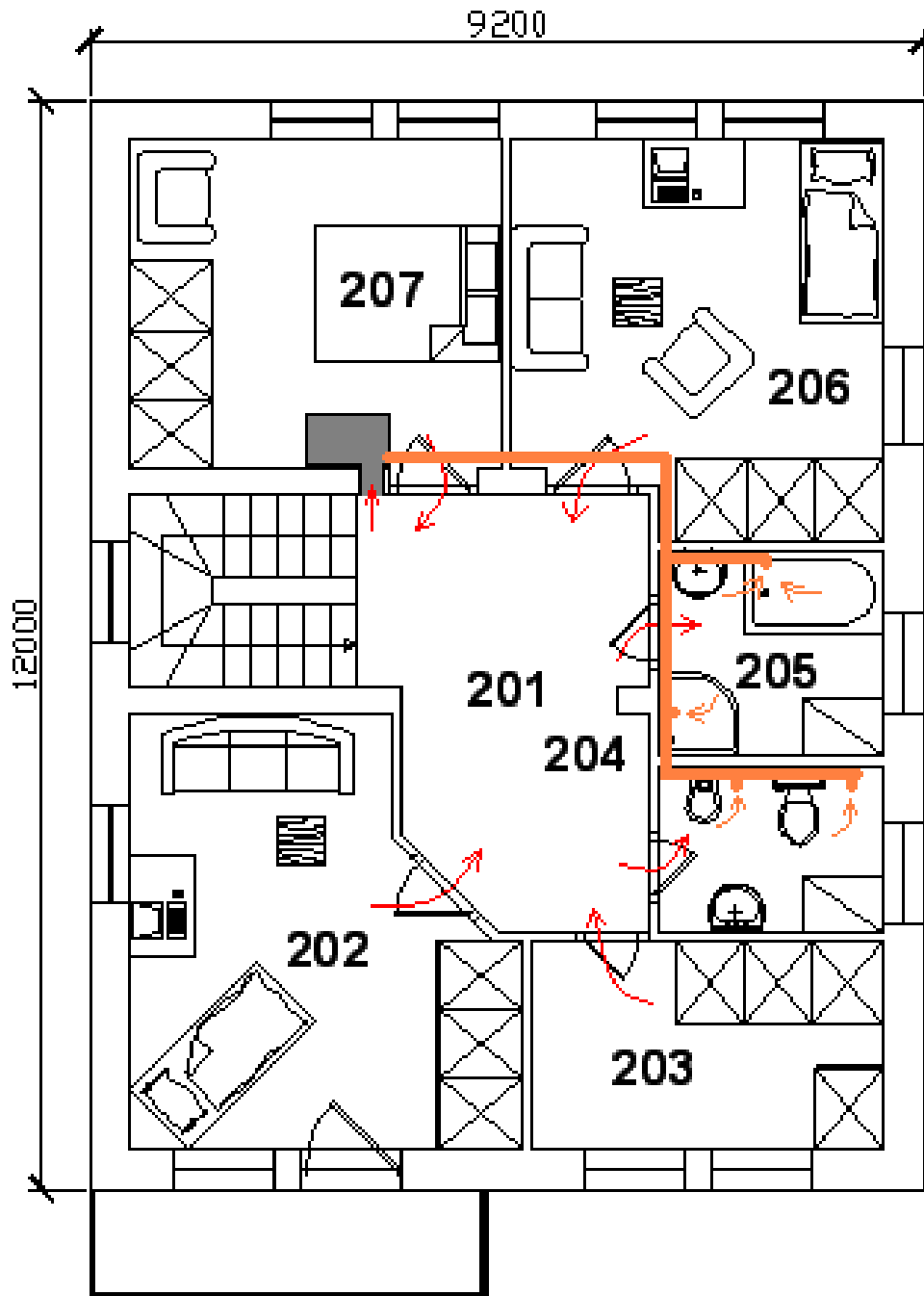
protidažďovou žalúziou s rozmermi 350x350 mm v blízkosti, ktorej je umiestnená spätná klapka RSK. Vzďalenosť medzi sacou a výfukovou žalúziou je 1,9 m osovo v smere prevládajúcich vetrov.

Rozmiestnenie stropných odsávacích ventilov a potrubných kanálov ako i princíp odsávania z obytných miestností je znázornený na Obr. 26 a Obr. 27.

Červenými šípkami sú schematicky naznačené smery odsávania vzduchu popod dvere bez prahov do chodby a následne stenovou mriežkou a vertikálnym potrubím do vzduchotechnickej jednotky. Oranžovou farbou je znázornené odsávanie z priestorov WC, kúpeľní a kuchyne



Obr. 26. Odsávanie vzduchu v prízemí rodinného domu



Obr. 27. Odsávání vzduchu na 1. poschodí rodinného domu

## 6.8 Návrh doplnkových vykurovacích telies

Použitie vzduchotechnického teplovzdušného vykurovania nie je vhodné pre priestory WC a kúpeľní. Z toho dôvodu je potrebné pre tieto miestnosti navrhnuť iný typ vykurovania, ktorý by dostatočne pokryl tepelné straty a vytvoril tak tepelnú pohodu užívateľom rodinného domu. Z možných systémov pripadajúcich do úvahy sú použité trubkové

vykurovacie telesá firmy Korado rady Koralux. Tieto okrem funkčných vlastností splňajú aj estetickú funkciu a vďaka použitým kvalitným materiálom dodávajú interiéru nádyh luxusu. Použité telesá sú vhodné pre teplovodné vykurovacie sústavy s núteným i gravitačným obehom. Vykurovacie telesá sú vyrobené z uzatvorených oceľových profilov s povrchovou úpravou nerez a ich konštrukčné riešenie umožňuje, aby boli použité na sušenie textílií. Súčasťou dodávky je okrem samotného vykurovacieho telesa a sady pre upevnenie na stenu i odvzdušňovacia a zaslepovacia zátka. Výhodou použitia takéhoto druhu vykurovacích telies je, že je ich možné doplniť elektrickou vykurovacou špirálou s integrovaným regulátorom teploty. Táto vlastnosť umožňuje teleso použiť aj v letných mesiacoch pri nefunkčnosti vykurovacej sústavy resp. pri jej využívaní na chladenie. Ak sa vyskytne požiadavka na kúrenie jednoducho sa využije elektrické vykurovacie teleso. Pripojenie vykurovacieho trubkového telesa do vykurovacej sústavy je prostredníctvom pripojovacej armatúry HM s integrovanou termostatickou hlavicou určenej pre 2 trubkové systémy.

Všetky použité trubkové vykurovacie telesá sú model Tubus M, líšia sa iba rozmermi a tepelným výkonom samotného telesa a elektrickej vykurovacej špirály.

V kúpeľni na prízemí bude inštalované vykurovacie teleso KTM 1830.750, ktorého tepelný výkon pre teplotu vykurovacej vody  $\theta_T = 55 \text{ }^\circ\text{C}$  a uvažovanú teplotu v kúpeľni  $\theta_i = 24 \text{ }^\circ\text{C}$  je  $Q = 708 \text{ W}$ . Doplnkové elektrické vykurovacie teleso je typu Z-KTTR-0700 s vykurovacím výkonom  $Q = 700 \text{ W}$ .

WC na prízemí bude vybavené najmenším modelom danej rady a to typom KTM 780.450 s tepelným výkonom  $Q = 235 \text{ W}$  dosahovaným pri teplote vykurovacej vody  $\theta_T = 55 \text{ }^\circ\text{C}$  a uvažovanej teplote v miestnosti  $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Doplnkové elektrické vykurovacie teleso má vykurovací výkon  $Q = 300 \text{ W}$  a jedná sa o typ Z-KTTR-0300.

Rovnaký typ trubkového vykurovacieho telesa i doplnkového elektrickej vykurovacej špirály, ktoré je nainštalované na WC v prízemí, je osadený aj na WC na 1. poschodí.

V priestoroch kúpeľne na poschodí bude osadené trubkové vykurovacie teleso typu KTM 1830.600, ktoré pri uvažovanej teplote v kúpeľni  $\theta_i = 24 \text{ }^\circ\text{C}$  a teplote vykurovacej vody  $\theta_T = 55 \text{ }^\circ\text{C}$  dosahuje tepelný výkon  $Q = 566 \text{ W}$ . Vykurovací výkon doplnkového elektrického vykurovacieho telesa typu Z-KTTR-0600 je  $Q = 600 \text{ W}$ .

## 7 NÁVRH ELEKTRICKÝCH ROZVODOV

Návrh elektroinštalácie rodinného domu pozostáva z 3 základných celkov, ktorými sú návrh distribučnej prípojky nízkeho napätia, návrh vnútornej elektroinštalácie a návrh hromozvodu s uzemnením. Vnútorná elektroinštalácia zahŕňa všetky elektrické rozvody v dome. Tieto rozvody možno rozdeliť na silnoprúdové - zásuvkové a svetelné obvody, pričom v každej z miestností sa nachádzajú oba tieto obvody s tým, že každý z nich je istený samostatne a slaboprúdové – rozvody a zariadenia pre telefóny, príjem televízneho signálu, prístupové systémy, požiaru signalizáciu, zabezpečovacie systémy a ovládanie. Pri návrhu elektrických rozvodov sa postupovalo podľa platných noriem pre návrh a projektovanie elektroinštalácie. Základnou normou pre projektovanie vnútornej elektroinštalácie je norma ČSN 33 2130. Pre špeciálne zariadenia a priestory ako sú napr. sprchy a kúpeľne je vydaná samostatná norma ČSN 33-2000-7-701, podľa ktorej prebehol návrh elektroinštalácie v týchto priestoroch. Norma ČSN EN 62 305-1-5 (resp. ČSN 34 1390) týkajúca sa ochrany budov pred bleskom striktno nepožaduje zriadenie ochrany rodinného domu pred bleskom, ale z dôvodu uzatvorenia poisťnej zmluvy bude dom hromozvodom vybavený. Jeho návrh však nebude predmetom tejto práce.

Na určenie minimálneho požadovaného prierezu vodiča bol vo všetkých prípadoch návrhu vodičov použitý vzťah:

$$S = \frac{P * \rho * l}{U_f * \Delta u * \cos \varphi} * 10^6 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (34)$$

$P$  – súdoby výkon [W]

$\rho$  – špecifický merný odpor [ $\Omega \cdot m$ ]

$l$  – dĺžka prípojky [m]

$U_f$  – fázové napätie [V]

$\Delta u$  – úbytok napätia na prípojke [V]

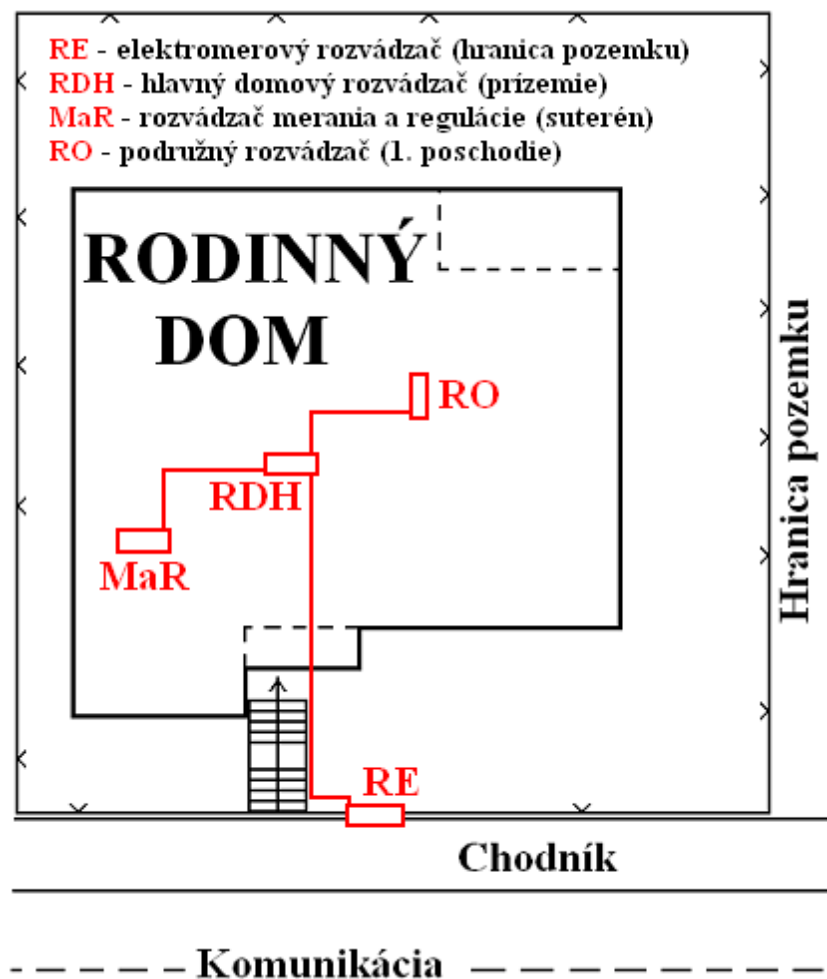
$\cos \varphi$  - účinník siete

Vzorový výpočet bude vykonaný na určenie prierezu vodičov hlavného prívodného kábla k domovému rozvádzaču. Súdoby výkon dostaneme ako súčin celkového predpokladaného inštalovaného príkonu spotrebičov  $P_p = 30$  kW a koeficientu súdobosti  $\beta = 0,75$ . Špecifický merný odpor medi má hodnotu  $\rho = 0,0178 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ . Dĺžka prípojky je  $l = 15$



m. Za hodnotu fázového napätia dosadíme  $U_f = 230$  V. Povolený úbytok napätia je 1 % z hodnoty  $U_f$ , čo predstavuje hodnotu  $\Delta u = 2,3$  V. Hodnota účinníka siete sa pohybuje v rozmedzí 0,85-0,95, pričom pri výpočte sa uvažovalo so strednou hodnotou  $\cos\varphi = 0,9$ . Po dosadení všetkých hodnôt dostávame minimálny požadovaný prierez vodiča  $S = 12,6181$  mm<sup>2</sup>. Z vyrábaných káblov volíme ten s najbližším vyšším priemerom a síce 16 mm<sup>2</sup> (CYKY 4Bx16). Zvolenému typu kábla (prierezu vodiča) zodpovedá 3-fázové istenie 50 A.

Hlavný domový rozvádzač je umiestnený na prízemí a obsahuje hlavný vypínač, ističe, prúdové chrániče a stýkače pre vývod elektroinštalácie. Okrem hlavného domového rozvádzača bude na 1. poschodí umiestnený aj podružný rozvádzač, z ktorého budú vedené zásuvkové a svetelné okruhy na poschodí a v suteréne sa bude nachádzať rozvádzač merania a regulácie.



Obr. 28. Situácia – elektroinštalácia

Hlavný prívod z elektroenergetického rozvádzača umiestneného v pilieri oplotenia pozemku k domovému rozvádzaču je v systéme siete TN-C, 3+PEN, 50 Hz, 400/230 V, AC a je vykonaný káblom CYKY 4Bx16. V rozvádzači dôjde k rozdeleniu vodiča PEN (ochranný a neutrálny) na samostatné vodiče PE (ochranný) a N (neutrálny) a vzniká tak sústava TN-S, 3+N+PE, 50 Hz, 400/230, AC, ktorá je použitá na všetky silnoprúdové elektrické rozvody v budove.

V objekte budú zriadené hlavné uzemňovacie svorky tvoriace hlavnú ekvipotenciálnu svorku, na ktorú sa musí pripojiť ochranné pospájanie v dome - hlavný ochranný vodič, hlavný uzemňovací vodič a rozvodné potrubia (voda, plyn, ústredné kúrenie) v budove spolu s kovovými časťami budovy a zároveň všetky vodivé časti (potrubia) vstupujúce do domu (voda, plyn, kanalizácia), ktoré je potrebné pospájať čo najbližšie k ich vstupnému miestu do domu.

Na rozvody boli použité štandardné typy kabeláže a síce silový kábel CYKY na podomietkové svetelné a zásuvkové rozvody, telefónny inštalačný kábel SYKFY na vnútorné inštalácie telekomunikačnej techniky a na pripojenie telefónnych liniek a koaxiálny kábel VLEOY na prenos televízneho signálu.

## 7.1 Návrh svetelných obvodov

Svetelný obvod je určený pre pevné pripojenie svietidiel. V priestoroch s väčším počtom svietidiel (jedáleň s obývacou miestnosťou) sú svetelné zdroje členené na viacero samostatne ovládaných skupín. Spínače na ovládanie svetelných obvodov sú umiestnené pri vchodových dverách do miestnosti na strane, kde sa otvárajú dvere vo výške 0,9 od úrovne podlahy. Na rozvody svetelnej inštalácie boli použité káble CYKY 3Cx1,5 resp. káble CYKY 2Ax1,5 alebo CYKY 3Ax1,5 v prípade 1-pólových spínačov a prepínačov. Istenie svetelných obvodov je ističmi na 10 A. Návrh svetelných obvodov je v súlade s normou ČSN 33 2130.

Osvetlenie je zabezpečené kombináciou žiariviek, žiaroviek a halogénových osvetľovacích telies. Ich rozmiestnenie je dané účelom jednotlivých priestorov, charakteristikou ich využívania a použitím resp. nepoužitím v scénových režimoch. V scénach je totiž vyžadované osvetlenie umožňujúce plynulú zmenu osvetľovacieho výkonu telesa, zatiaľ čo v priestoroch kúpeľní sa počíta s krátkodobým využitím svietidiel.

Počet svetelných vývodov a ich umiestnenie v jednotlivých miestnostiach vyhovuje požiadavke na minimálny počet vývodov, ktorý je daný normou ČSN 33 2130.

Rozmiestnenie, počty svetelných vývodov, členenie a vedenie jednotlivých svetelných obvodov sú zobrazené na obrázkoch Obr. 29 až Obr. 31.

## 7.2 Návrh zásuvkových obvodov

Zásuvkový obvod slúži na pripojenie spotrebičov vidlicou do zásuvky. Všetky zásuvky sú vybavené ochranným kolíkom, ktorý je v súlade s normou pripojený na ochranný vodič (PE). Fázový vodič (L) je pripojený na ľavú dierku pri pohľade spredu na zásuvku. Pravá dierka je pripojená na neutrálny vodič (N). Ochranou pred úrazom sa zaoberá norma ČSN 33 2000 v častiach 46N6.1 až 46N6.5.

Pri dimenzovaní zásuvkových obvodov sa vychádzalo z požiadaviek uvedených v príslušných normách a síce, že na jeden zásuvkový obvod je zapojených max. 10 zásuvkových vývodov s tým, že viacnásobná zásuvka je považovaná za jednoduchý zásuvkový vývod. Zároveň musí byť splnená podmienka maximálnej záťaže 2200 VA pri istení 10 A a 3520 VA pri istení 16 A. Zásuvkové rozvody boli vykonané káblom CYKY 3Cx2,5. Na ochranu zásuviek budú slúžiť 2-pólové prúdové chrániče na 16 A,  $I_r = 30$  mA.

Keďže sa v dome nachádzajú zariadenia s príkonom vyšším ako je 3000 W, v dome zavedený i trojfázový zásuvkový obvod. Návrh zásuvkových obvodov je v súlade s normou ČSN 33 2130. Zásuvkové obvody v oboch kúpeľniach a v kuchyni sú chránené prúdovými chráničmi v súlade s platnou legislatívou.

Tepelné čerpadlo, vzduchotechnická jednotka a elektrické vykurovacie špirály v zásobníkoch budú napojené jednotlivo priamo z domového rozvádzača umiestneného na prízemí káblom CYKY 5Cx6. Istenie bude zabezpečené ističom na 25 A.

Počet zásuvkových vývodov a ich umiestnenie v jednotlivých miestnostiach vyhovuje požiadavke na minimálny počet vývodov, ktorý je daný normou ČSN 33 2130.

Rozmiestnenie, počty zásuvkových vývodov, členenie a vedenie jednotlivých zásuvkových obvodov sú zobrazené na obrázkoch Obr. 29 až Obr. 31.

### 7.3 Návrh kúpeľňových obvodov

Pri projektovaní obvodov v kúpeľniach je treba splniť požiadavky dané normou ČSN 33 2000-7-701, ktorá sa zaoberá návrhom elektroinštalácie v priestoroch s vaňou alebo sprchou a umývacími priestormi. Norma rozoznáva 4 základné zóny: zóna 0, zóna 1, zóna 2 a zóna 3, ktoré majú svoje vymedzené rozmery s ohľadom na steny, dvere, priečky, stropy a výklenky účinne vymedzujúce ich rozmery. Pre každú zónu sú charakteristické požiadavky na rozmerové vlastnosti a použité spotrebiče. Ďalším pojmom uvádzaným v norme je umývací priestor, pre ktorý sú taktiež stanovené požiadavky. Pri projektovaní elektroinštalácie boli zohľadnené požiadavky normy a priestory kúpeľní rozdelené na jednotlivé zóny a umývací priestor a na základe toho bola navrhnutá elektroinštalácia.

Spínače a zásuvky sú osadené do zóny 3 spodným okrajom vo výške 1,2 m nad úrovňou podlahy. Osvetľovacie telesá, ventilátory, elektrické ohrievače a zásuvky sú v príslušnom krytí vyžadovanom pre jednotlivé zóny v kúpeľni. Trieda krytia je II.

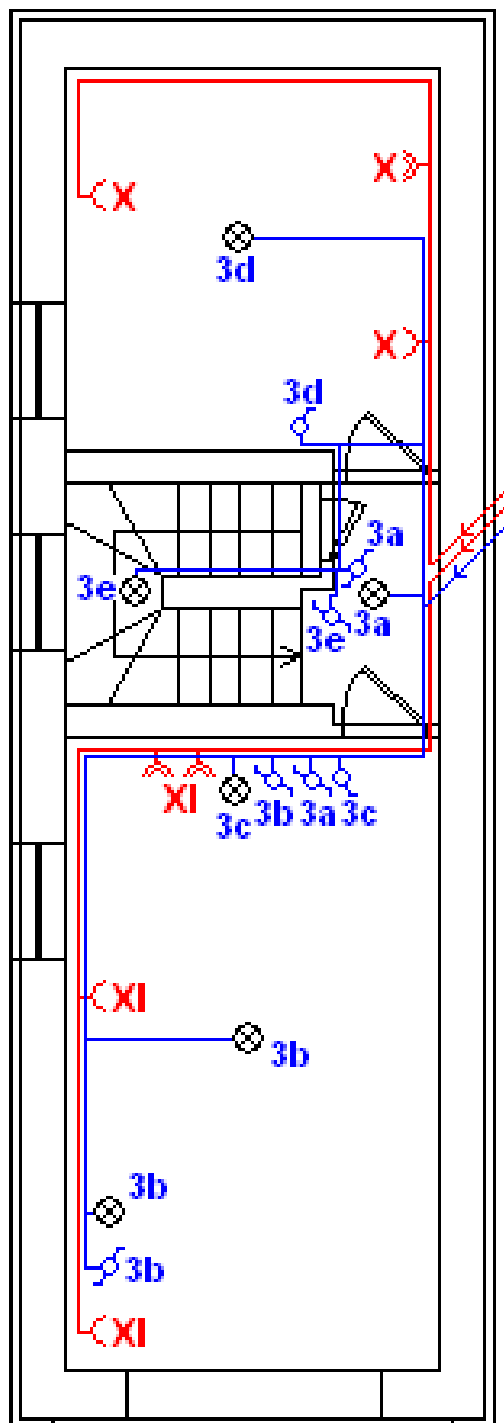
V kúpeľniach bolo vykonané miestne doplňujúce pospájanie na zabezpečenie dostatočného stupňa ochrany pred úrazom osôb. Zároveň sú kúpeľňové obvody vybavené doplnkovou ochranou v podobe prúdového chrániča, ktorý zabezpečí samočinné odpojenie spotrebiča od napájania v prípade vzniku život ohrozujúcej situácie. Použité sú 2-pólové prúdové chrániče s  $I_r = 30$  mA.

### 7.4 Svetelné a zásuvkové obvody

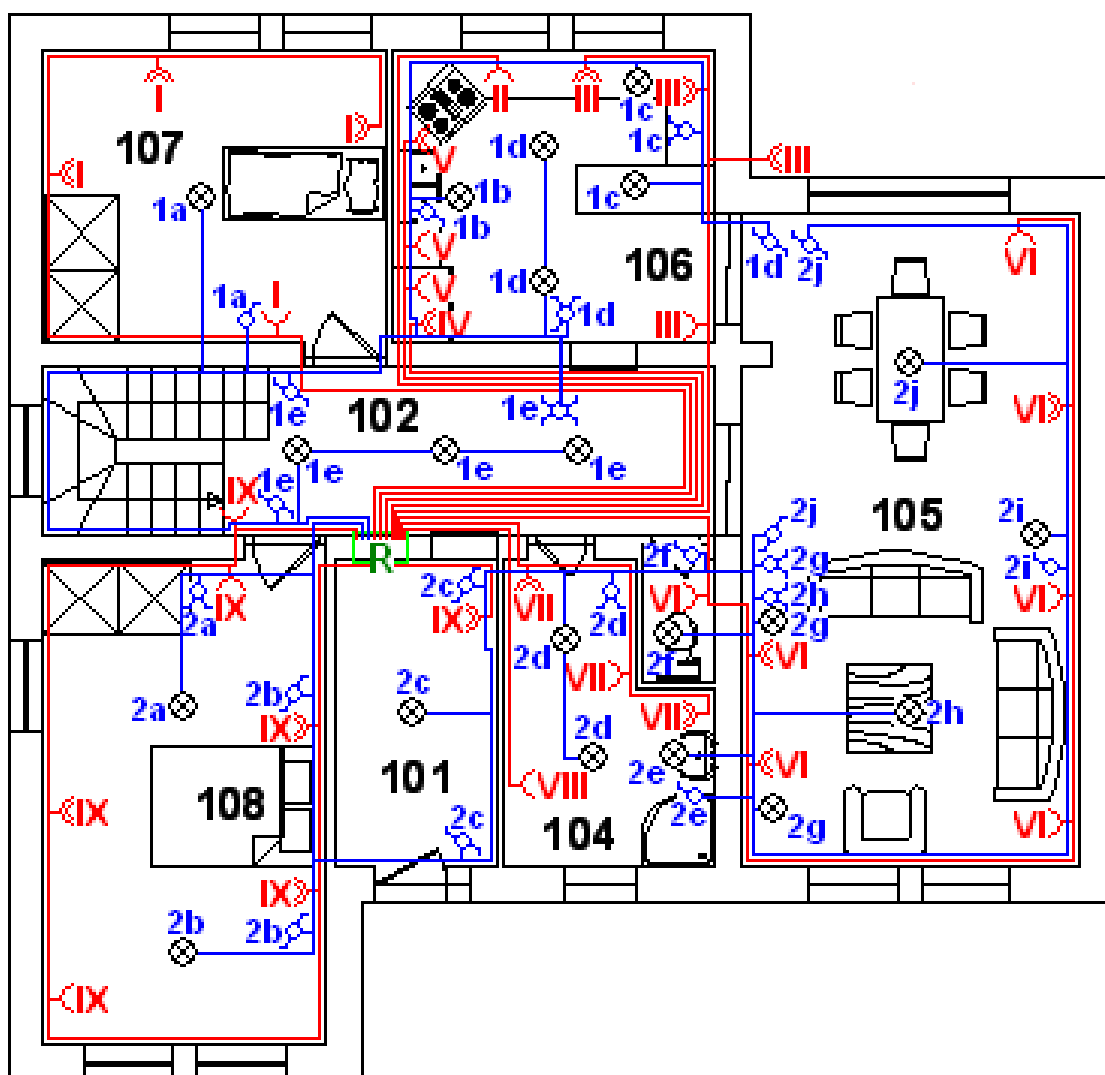
Zásuvkové a svetelné obvody boli pre lepšiu predstavivosť a pochopenie navrhnutej elektroinštalácie spoločne zakreslené do nasledujúcich obrázkov.

#### Legenda:

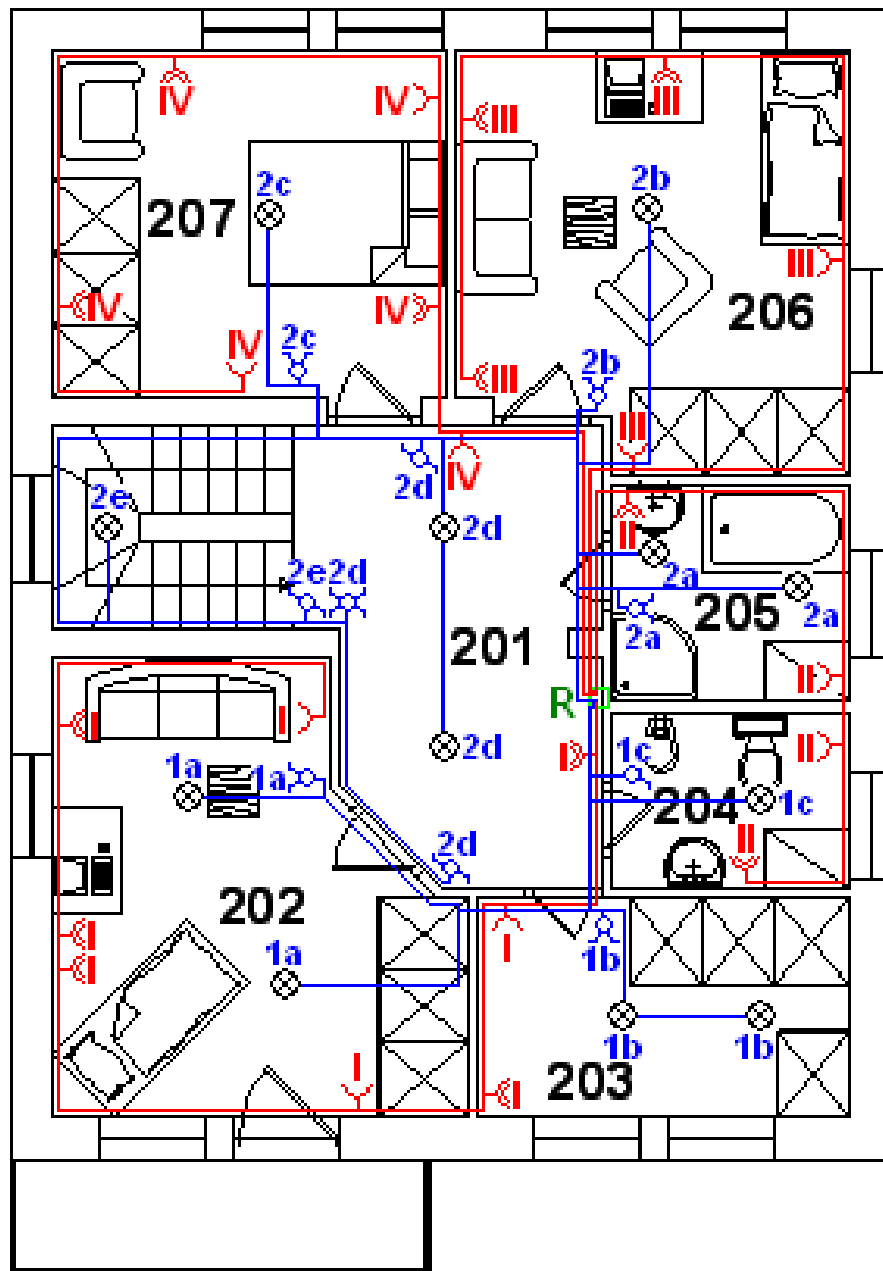
—	zásuvkový obvod	⊗	osvetľovacie teleso (svetelný vývod)
↪	zásuvka jednoduchá	⚡	spínače osvetlenia
↪↪	zásuvka dvojitá	3d	označenie spínača/osvetľovacieho telesa
✗	označenie zásuvkového obvodu	R	rozdávač
—	svetelný obvod		



Obr. 29. Pôdorys suterénu - elektroinštalácia



Obr. 30. Pôdorys prízemnia – elektroinštalácia



Obr. 31. Pôdorys poschodia – elektroinštalácia

Vyššie uvedené schémy zobrazujú prepojenie a umiestnenie prvkov „klasickej elektroinštalácie“, ale keďže v dome bude nainštalovaný systém KNX, tak je potrebné si uvedomiť, že spínače osvetlenia budú ovládať jednotlivé osvetľovacie telesá prostredníctvom zbernice KNX a nie štandardne silovým vedením. Na rozmiestnenie a funkciu osvetľovacích telies a zásuvkových obvodov nemá zavedenie „inteligencie“ do rodinného domu žiaden vplyv. Taktiež budú dodržané funkčné páry spínač – osvetľovacie teleso, tak ako sú nakreslené v schémach vyššie.

## 8 RIADIACE SYSTÉMY BUDOVY

Použitie kvalitných materiálov, sofistikovaných systémov, moderných technológií a obnoviteľných zdrojov energie ešte nevedie k vytvoreniu ekonomicky a energeticky efektívneho a zároveň užívateľsky komfortného prostredia. K tomu slúžia práve riadiace systémy budovy využívajúce potenciál budovy a inštalovaných systémov a pružne sa adaptujúce na meniace sa prevádzkové a vonkajšie podmienky a požiadavky. Návrh takýchto systémov je predmetom tejto kapitoly.

Každý z použitých systémov môže pracovať samostatne nezávisle na funkčnosti iných systémov, ale takýto stav, keď „jedna ruka nevie, čo robí druhá“ je v dnešnej dobe nežiaduci a preto bude nad všetkými čiastkovými systémami pôsobiť nadradený otvorený riadiaci systém založený na zbernici KNX. Princípy fungovania, prvky, logické a fyzické zapojenie zbernicového systému KNX sú opísané v teoretickej časti venovanej zbernicovým systémom.

### 8.1 Regulácia solárneho systému na ohrev vody

Úlohou regulácie solárneho systému je jeho riadenie a kontrola. Regulátor má za úlohu riadiť cirkulačné čerpadlo pre dosiahnutie optimálneho odberu slnečnej energie. Bude sa jednať o reguláciu na základe teplotného rozdielu. Informácie o teplote sú získavané minimálne z dvoch snímačov teploty. Jeden je umiestnený v najteplejšom mieste solárneho okruhu a meria teplotu pred výstupom z kolektorov a druhý sa nachádza v solárnom zásobníku a meria teplotu vo výške tepelného výmenníka. Riadiaca jednotka spracováva signály zo snímačov a následne ich porovnáva a na základe toho sa rozhoduje, či je dosiahnutý spínací teplotný rozdiel určujúci zapnutie resp. vypnutie čerpadla, prípadne plynulou reguláciou otáčok reaguje na tepelnú situáciu zmenou objemového prietoku. Ďalšou funkciou regulácie je vypínanie zariadenia pri dosiahnutí nastavenej maximálnej teploty zásobníku. Systém umožňuje reagovať aj na situácie, kedy je teplota v zásobníku vyššia ako teplota na výstupe zo solárnych kolektorov. V takom prípade dochádza v 3 cestnom ventile k uzatvoreniu vetvy do solárneho zásobníka a k cirkulácii vody až kým sa neohreje na požadovanú teplotu, kedy sa opäť otvorí kompletný okruh a voda začne prúdiť do výmenníka v solárnom zásobníku. Použitý autarktný- nezávislý regulátor TDS 300 umožňuje kombinovať reguláciu solárneho systému s reguláciou vykurovacích zariadení od iných výrobcov. Vďaka podsvietenému grafickému LCD displeju s animovanými



piktogramami je obsluha systému jednoduchá a užívateľsky prístupná. Vďaka integrovanému meraču tepla obsiahnutého v príslušenstve WMZ3 a existujúcemu rozhraniu RS 232 je možný výstup dát a pripojenie na nadradený riadiaci systém.

## 8.2 Regulácia tepelného čerpadla

Reguláciu tepelného čerpadla zabezpečuje ekvitermicky riadená digitálna regulácia tepelného čerpadla CD 60, ktorá má v sebe integrovanú i chladiacu funkciu. V regulácii je integrovaný diagnostický systém na diagnostiku prípadných porúch. Regulácia je založená na ekvitermických krivkách, ktoré predstavujú závislosť teploty vykurovacej vody (vykurovacieho výkonu) na teplote vonkajšieho vzduchu, regulácia vychádza z teplôt nameraných vonkajším snímačom teploty a z teploty vstupnej vody do zásobníka. Systém regulácie chodu tepelného čerpadla je uzatvorený a neumožňuje zásahy nadriadených systémov alebo užívateľa do spôsobu riadenia čerpadla. Umožňuje však pripojenie na nadradený riadiaci systém alebo PC prostredníctvom rozhrania RS 232. Nastavovanie požadovaných hodnôt, kontrola systému ako i informácie o aktuálnom stave systému (merané teploty, prietok a pod.) je možné priamo na paneli umiestnenom na prednej strane čerpadla.

## 8.3 Regulácia vzduchotechnického systému

Vzduchotechnické jednotky firmy Atrea sa dodávajú s ucelenými systémami regulácie vyvinutými pre vzduchotechnické systémy danej firmy. Použitý je typ regulácie C – digitálny vo vyhotovení regulátorov KP 01 – komfortný. Jedná sa o systém regulácie určený pre komfortné aplikácie teplovzdušného vykurovania a chladenia jednotkami rady Duplex S. Umožňuje 7 krokové (40 % - 100 %) nezávislé riadenie otáčok ventilátorov a reguláciu na konštantný tlak alebo prietok. Súčasťou riadiaceho systému sú snímače teploty - ADS, vlhkosti – RH 3, kvality vzduchu (CO<sub>2</sub>) – RQ 3, ktoré tak umožňujú kombinovať riadenie podľa viacerých parametrov na dosiahnutie optimálneho prostredia a minimalizáciu ekonomických nákladov prevádzky vzduchotechnického systému vykurovania a chladenia. Základnými typmi riadenia je riadenie podľa priestorovej teploty, podľa kvality vzduchu a podľa priestorovej vlhkosti. Systém regulácie je integrovaný do zariadení, odskúšaný z výroby a väčšina prvkov je už zapojená takže odpadajú riziká spôsobené nesprávnym zapojením. Taktiež odpadá nutnosť projektu systému regulácie a je

možné využiť typizovaných schém výrobcu. Samozrejmosťou je programovanie týždenného režimu, čo umožňuje prispôbiť nastavenie systému požiadavkám v jednotlivých dňoch týždňa. Najväčšou výhodou však je možnosť prepojenia s nadradeným systémom.

Riadiacim centrom celej regulácie sú moduly vstavané do jednotlivých zariadení:

- Modul RMD – riadenie otáčok ventilátorov, klapiek atď, obsiahnutý v jednotke Duplex S 2200
- Modul RMT – riadenie teplovodného ohrievača
- Modul RMCH – riadenie chladenia

Všetky moduly sú osadené v plastovej rozvodnici na bočnej strane vzduchotechnickej jednotky.

Použitie digitálne komfortné regulátory KP 01 umožňujú i vďaka zobrazovaciemu podsvietenému displeju a 8 tlačidlovej klávesnici presné nastavenie požadovaných hodnôt prípadne ovládanie klapky by-passu a cirkulačnej klapky. Dostatočne veľký displej s rozmermi 2 x 24 znakov slúži na prehľadné zobrazenie okamžitých teplôt a stavov systému. Samozrejmosťou sú 2 prevádzkové režimy: ručný – všetky parametre systému sú nastavené priamo ručne a automatický režim prevádzky vychádzajúci z už spomenutého týždenného režimu alebo z hodnôt snímača vlhkosti (kvality) vzduchu. Nastavenie týždennej prevádzky je možné až v troch užívateľsky definovaných programoch napr.: bežný týždeň, sviatky/prázdniny, dovolenka a až v piatich prednastavených programoch. Podporovaný autodiagnostický a inštaláčny režim umožňuje autotestovanie, inštaláciu a oživenie systému vrátane indikácie porúch a upozornenia na nutnosť výmeny filtrov.

Ako už bolo spomenuté vyššie, systém je možné pripojiť k nadradenému centrálnemu systému riadenia. Toto pripojenie je vykonané prostredníctvom analógovo – digitálneho prevodníka RMAD 23. Prevodník je osadený displejom 2 x 24 znakov, signalizačnou LED diódou a viacúčelovým ovládacím tlačidlom. Prepojenie digitálneho systému regulácie vzduchotechniky s nadradeným systémom môže byť v nasledujúcich vyhotoveniach:

- Funkcia riadenia – režim riadenia 0 – 10 V
- Funkcia signalizačná – režim Monitor
- Funkcia regulačná – priame riadenie a regulácia na konštantný tlak

V režime riadenia 0 – 10 V je systém plne ovládaný analógovými signálmi cez prevodník RMAD 23, čo znamená, že v systéme nemusia byť regulátory KP 01 firmy Atrea, prípadne, že ak sú tieto regulátory nainštalované, nie sú v činnosti.

V režime Monitor je systém ovládaný autonómne štandardným regulátorom KP 01 a prevodník sa využíva iba na signalizáciu prevádzky, odosielanie meraných hodnôt a poruchových hlásení pre nadradený riadiaci systém.

Ďalšími funkciami sú regulačné funkcie, kedy RMAD 23 riadi vzduchotechniku podľa prednastavených scén, ktoré obsahujú jednotlivé parametre jednotky v prípade priameho riadenia alebo udržiava nastavenú tlakovú diferenciu vo vzduchovom rozvode zmenou otáčok motorov v prípade regulácie na konštantný tlak.

Okrem výkonového riadenia je možné voliť jeden zo štyroch prevádzkových režimov jednotky podľa aktuálnych požiadaviek. Jednotka umožňuje prevádzku v nasledujúcich režimoch:

- Vetranie s rekuperáciou s ohrevom/chladením
- Kombinované vetranie s rekuperáciou, s cirkuláciou a ohrevom/chladením
- Cirkulačné vykurovanie/chladenie
- Vetranie bez rekuperácie (cez by-pass klapku) s ohrevom/chladením

## 9 ELEKTRONICKÝ ZABEZPEČOVACÍ A POŽIARNÝ SYSTÉM

Súčasťou systémového vybavenia rodinného domu je aj elektronický systém zabezpečujúci ochranu majetku a osôb v rodinnom dome pred neoprávnenými osobami signalizáciou ich vniknutia do objektu a zároveň systém požiarnej signalizácie. Oba systémy prispievajú k zvýšeniu bezpečnosti a užívateľského komfortu obyvateľov. Elektronický zabezpečovací systém (EZS) i Elektronický požiarne systém (EPS) sú založené na otvorenom systéme zbernice KNX a stávajú sa tak súčasťou inteligentnej elektroinštalácie a spolu s ostatnými nainštalovanými systémami tvoria inteligentný rodinný dom pružne reagujúci na meniace sa vnútorné i vonkajšie podmienky. Oba systémy budú tvorené prvkami firmy ABB a navrhnuté budú podľa odporúčaní výrobcu.

Hoci sú systémy určené pre napojenie na zbernicu KNX vďaka spôsobu prepojenia jednotlivých senzorov sú splnené všetky podmienky kladené na zabezpečovacie a požiarne systémy a je možné ich tak použiť i v aplikáciách so zvýšenými požiadavkami na bezpečnosť.

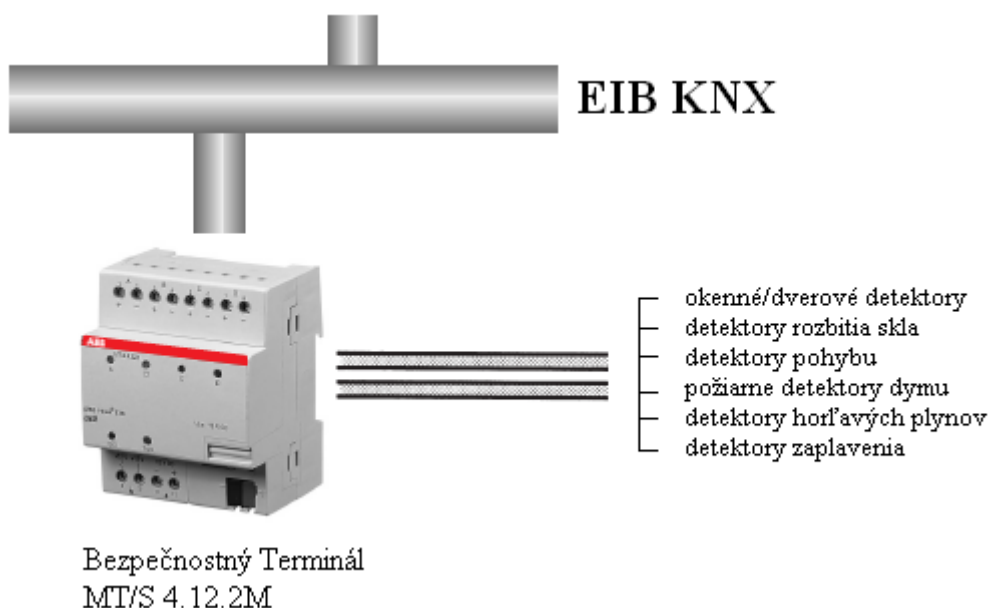
Jednotlivé detektory sú zapojené v zónach a na ich prepojenie v rámci zóny sa používa zbernica XIB tvorená 4 vodičovým káblom LIYY 4x0,14 mm<sup>2</sup>. Každá zóna je ukončená 2,7 kΩ EOL rezistorom.

Rozhranie medzi bezpečnostnými/požiarne systémami a zbernicou KNX tvorí bezpečnostný terminál. Použitý je typ MT/S 4.12.2M, ktorý umožňuje pripojenie 4 zón. Použitie terminálu umožňuje využívať detektory nielen na bezpečnostné funkcie, ale taktiež na funkcie riadenia. Schematické zapojenie systému je uvedené na Obr. 32. Prepojenie EZS/EPS a KNX.

So zabezpečovacími a požiarne systémami súvisí aj možnosť svetelnej a/alebo zvukovej signalizácie v prípade narušenia alebo ohrozenia. Použité sú 2 typy signalizačných zariadení. Obe však majú spoločné to, že sa ovládajú a pripájajú na zbernicu KNX priamo prostredníctvom bezpečnostného terminálu MTS/S 4.12.2M resp. prostredníctvom binárneho výstupu SA/S4.10.1. Na vonkajšiu signalizáciu bude použité signalizačné zariadenie typu SSF/GB kombinujúce v sebe zvukovú i svetelnú signalizáciu. Umiestnené bude na fasáde domu nad garážovými dverami. Okrem vonkajšej signalizácie bude na každom poschodí na chodbe umiestnené vnútorné signalizačné zariadenie typu SSS určené na vnútornú zvukovú signalizáciu.

Pripojením zabezpečovacieho systému na zbernicu KNX sa možnosti systému rozšíria a je možné použiť správy od detektorov na riadenie osvetlenia, vykurovania, žalúzií atď., prípadne vytvárať rôzne kombinácie zabezpečenia zodpovedajúce scénickým režimom. Elektronický požiarny systém je v činnosti vždy bez ohľadu na nastavenia ostatných systémov a aktivovaný scénický režim.

Aktivovanie/deaktivovanie, informovanie a nastavovanie systému EZS užívateľmi bude prostredníctvom prvkov KNX, konkrétne dotykových panelov umiestnených na prízemí a 1. poschodí. Po aktivácii/pred deaktiváciou systému EZS, či už samostatne alebo spustením niektorého zo scénických režimov, je na základe požiadavky užívateľa nastavená „mŕtva doba“, počas ktorej systém nevyhlási poplach. Jedná sa o čas určený na opustenie budovy resp. deaktivovanie EZS v prípade príchodu do budovy. Systém bude rozoznávať 3 oblasti stráženia totožné s poschodiami. Aktivovanie/deaktivovanie oblasti suterénu bude okrem iného naviazané na otváranie resp. zatváranie garážovej brány diaľkovým ovládaním. Dotykovými displejmi bude možné spustiť/ukončiť ochranu jednotlivých oblastí resp. úplnú ochranu celého domu.



Obr. 32. Prepojenie EZS/EPN a KNX

V dome bude taktiež nainštalovaný videotelefón COMMAX CDV-70A/DRC-40CH pozostávajúci z monitorov a vonkajšej kamerovej jednotky. V prízemí i na 1. poschodí sa budú na chodbe nachádzať farebné 7“ LCD obrazovky, prostredníctvom ktorých bude užívateľ komunikovať s osobou pri vonkajšej kamerovej jednotke umiestnenej pri

vstupných dverách na pozemok. Samozrejmosťou je otváranie vstupného elektromagnetického zámku EFP 511 pomocou videotelefónu. Hoci sa nejedná o súčasť EZS/EPS systému, bude prispievať nielen k zvýšeniu komfortu užívateľov, ale taktiež k zvýšeniu bezpečnosti.

## 9.1 Návrh elektronického zabezpečovacieho systému

Neodmysliteľnou súčasťou systémov implementovaných v moderných nielen rodinných domoch je elektronický zabezpečovací systém. Úlohou EZS je detekcia a následná signalizácia vniknutia neoprávnených osôb do priestorov chráneného objektu. Ochrana objektu spočíva v:

- ochrane plášťa objektu
- v ochrane vnútorných priestorov.

Na každý typ ochrany sú vhodné iné typy detektorov a z toho dôvodu bolo pri návrhu potrebné zvážiť, ktoré z ponúkaných detektorov budú použité a zároveň zvážiť ako budú umiestnené tak, aby bol dosiahnutý čo najvyšší stupeň ochrany a pokrytia priestorov pri čo najmenšom počte použitých detektorov.

Plášťovú ochranu zabezpečujú okenné/dverové detektory a detektory rozbitia skla. Prvé zo spomínaných sú nainštalované na všetkých oknách a vonkajších dverách v suteréne, prízemí i na 1. poschodí zatiaľ čo detektory rozbitia skla sú osadené iba v suteréne a na prvom poschodí.

Okenné/dverové detektory slúžia na detekciu otvorenia okien a/alebo dverí. Jedná sa o magnetické detektory pozostávajúce z dvoch častí. Jednu časť detektora tvorí magnet pripevnený na pohyblivé krídlo (časť) okna alebo dverí a druhú časť tvorí samotný senzor umiestnený v ráme okna alebo zárubniach dverí. Po neoprávnenom otvorení dôjde k prerušeniu magnetického poľa pôsobiaceho na senzor a k vyslaniu správy na zbernicu. Všetky použité okenné/dverové detektory sú typu MRS/W od firmy ABB.

Detektory rozbitia skla sú inštalované do chránených priestorov tak, aby v zóne ich pokrytia (pre použité detektory je maximálna monitorovacia oblasť kruh s polomerom 2 m) boli monitorované sklenené výplne okien a/alebo dverí. Detektor zachytí a následne vyhodnotí vibrácie, ktoré sú typické pre násilné rozbitie sklenených tabúl okien a dverí. Použité detektory sú typu SPGS/W od firmy ABB.

Vnútornú priestorovú ochranu a dohľad zabezpečujú detektory pohybu. Z na trhu dostupných vyhotovení boli zvolené pasívne infračervené detektory pohybu, ktoré pracujú na princípe reakcie na zmeny tepelného žiarenia v infračervenej oblasti v priebehu času. Použité detektory pohybu typu IR/B od firmy ABB umožňujú ich prispôsobenie charakteru monitorovaných priestorov. Je možné ich použiť v nástennom prevedení štandardne na monitorovanie kompletných priestorov (monitorovací uhol 86°, dosah 12 m), na monitorovanie dlhých izieb a chodieb (monitorovací uhol 7°, dosah 20 m) alebo na monitorovanie povrchov stien (monitorovací uhol 5°, dosah 10 m). Druhým typom použitých pohybových detektorov je typ EIM/DB umožňujúci montáž na strop s 360° pokrytím priestoru.

## 9.2 Návrh elektronického požiarneho systému

Veľmi dôležitou súčasťou ochrany majetku a obyvateľov rodinného domu je ochrana pred požiarom. Z toho dôvodu je rodinný dom vybavený elektronickým požiarным systémom resp. elektronickou požiarnou signalizáciou, ktorej úlohou je včasné lokalizovanie a signalizácia požiaru. Tieto funkcie sú zabezpečované 2 typmi použitých detektorov.

V priestoroch kuchyne je na strope nad kuchynskou linkou v časti so sporákom umiestnený detektor horľavých plynov typu SGL, ktorý slúži na detekciu zemného plynu vo vzduchu. Detektor na základe vyhodnotenia koncentrácie sledovaných plynov vo vzduchu preruší kontakt a bezpečnostný terminál spustí signalizačné zariadenie a/alebo pošle správu na zbernicu.

Druhý typ detektora je použitý na detekciu vznikajúceho požiaru na základe včasnej detekcie dymu v ostatných priestoroch domu. Jeho označenie je ORM2351. Jedná sa o programovateľný optický detektor dymu umožňujúci nastavenie citlivosti na dym v 3 úrovniach. Detektory sú umiestnené na strope v jednotlivých miestnostiach.












## 9.3 Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS

Rozmiestnenie a prepojenie prvkov tvoriacich elektronický zabezpečovací systém a elektronický požiarny systém je uvedené na obrázkoch Obr. 33. – Obr. 35.

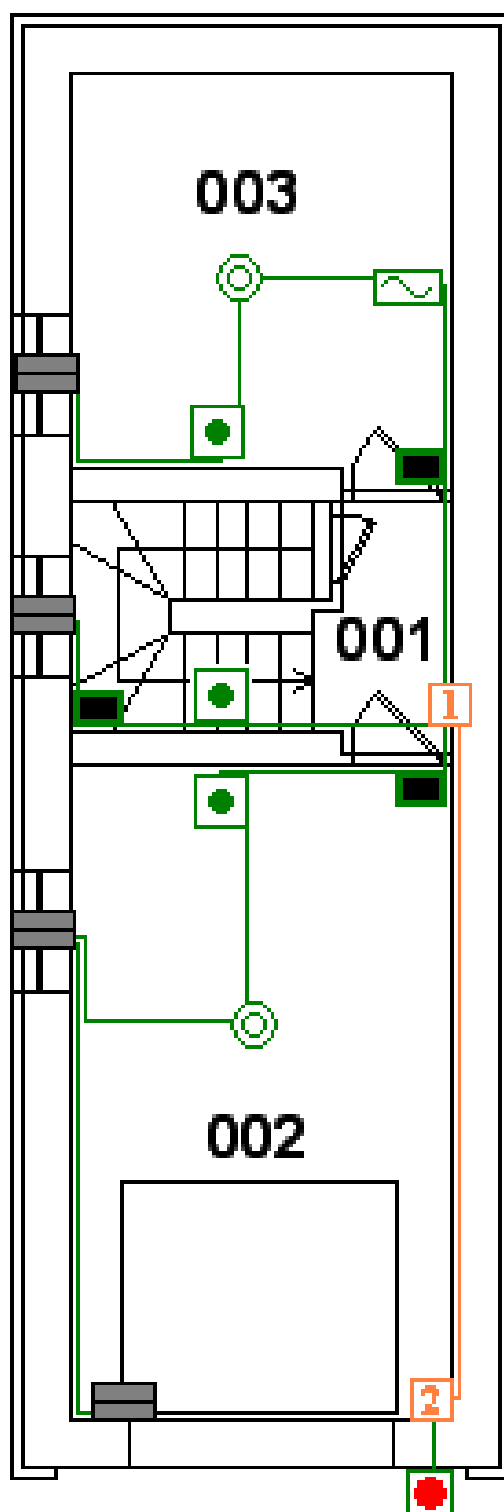
Okrem už spomínaných prvkov oboch systémov sú v dome nainštalované i senzory zaplavenia. Jedná sa o detektory reagujúce na prítomnosť vody v monitorovanej oblasti.

Ich umiestnenie je najmä v priestoroch s predpokladaným možným výskytom vody vplyvom poškodenia vodovodného potrubia, poruchy umývačky riadu, práčky, prípadne zlyhania zariadení v technickej miestnosti. Detektor zachytí takýto únik a včasne signalizuje prítomnosť vody v monitorovaných miestnostiach, čím minimalizuje alebo úplne predíde vzniku materiálnych škôd. Hoci sa nejedná o štandardný detektor systémov EZS a EPS, pripája sa rovnakým spôsobom do okruhov spolu s inými detektormi a nevyžaduje ani použitie špeciálneho vyhodnocovacieho zariadenia štandardu KNX. Použité sú detektory zaplavenia typu SWM 4 od firmy ABB, ktoré sa automaticky zresetujú po zaniknutí detekovanej situácie (vysušení snímaného zasiahnutého územia).

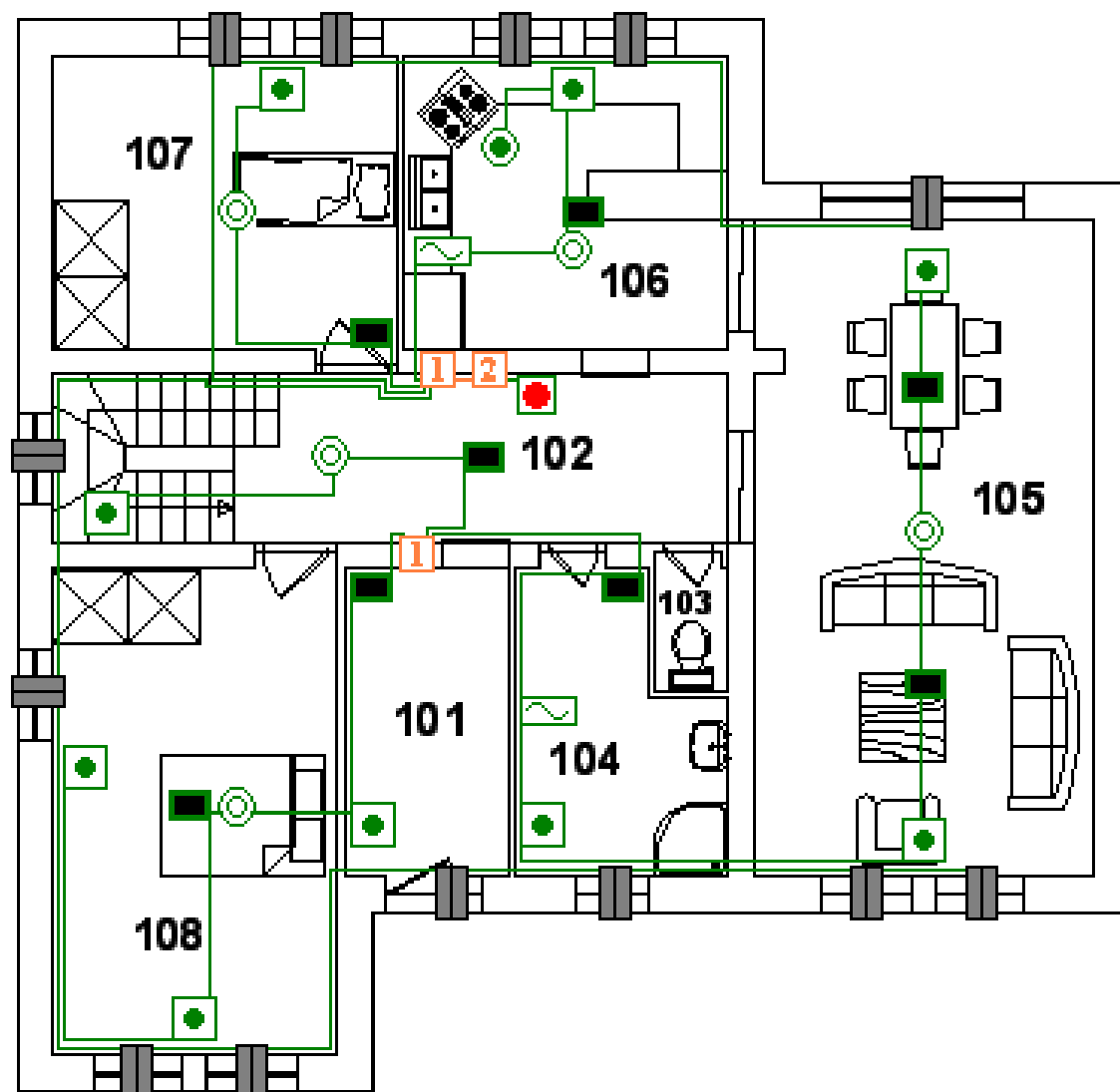
### Legenda:

	okenný/dverový detektor		detektor zaplavenia
	detektor rozbitia skla		požiarny detektor dymu
	detektor pohybu		interiérová/exteriérová siréna
	detektor horľavých plynov		EZS/EPS okruh
	zbernica KNX		rozhranie KNX-EZS/EPS
	binárny výstup		

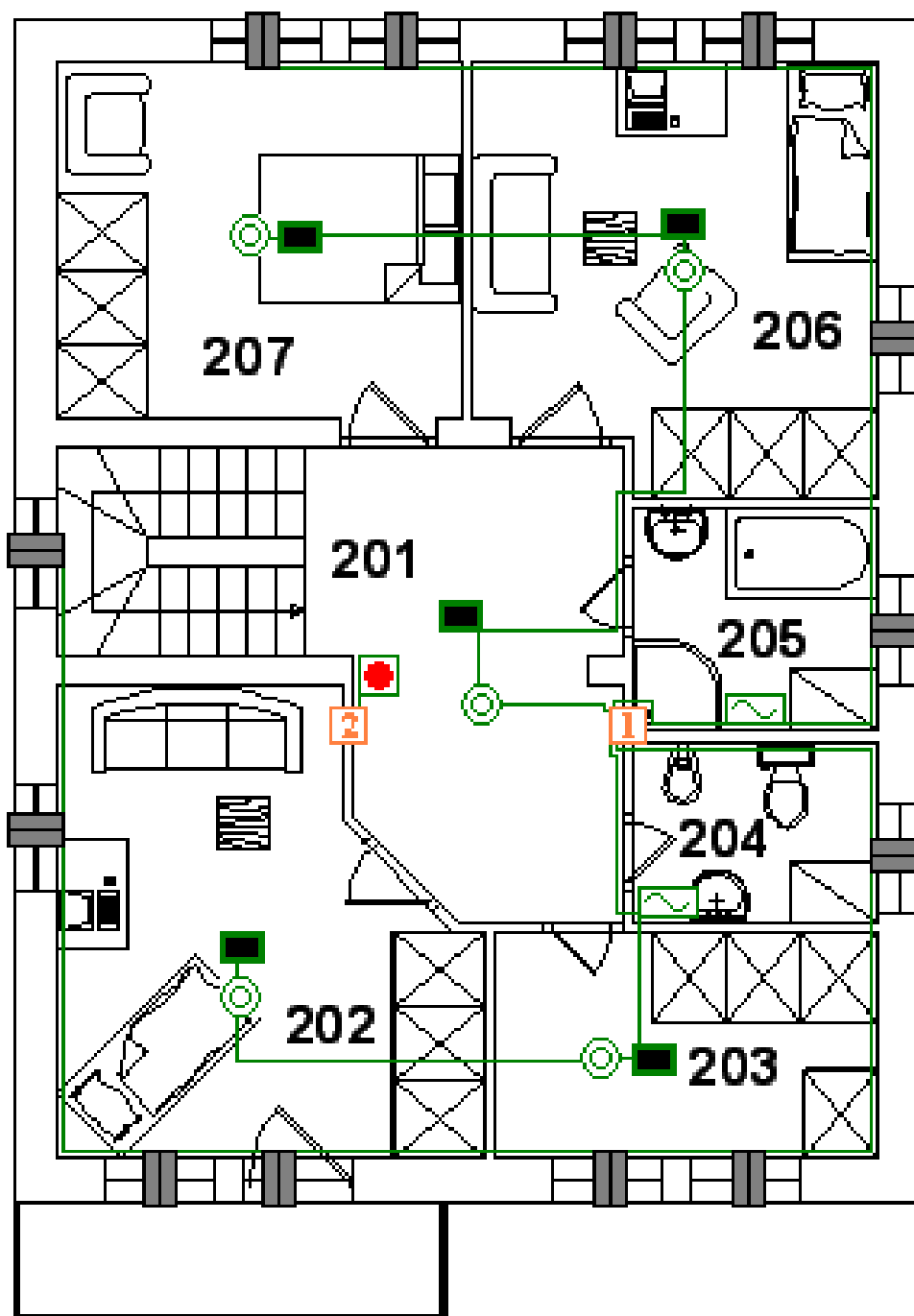




Obr. 33. Rozmiestnenie prvkov EZS  
a EPS v suteréne



Obr. 34. Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS v prízemí



Obr. 35. Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS na 1. poschodí

## 10 INTELIGENTNÁ ELEKTROINŠTALÁCIA

Inteligentný rodinný dom by nemohol existovať bez použitia inteligentnej elektroinštalácie. Za nosný systém elektroinštalácie bol zvolený zbernicový systém KNX. Všetky použité prvky tvoria ucelený systém vzájomne spolupracujúci a kompatibilný s inými systémami a to nielen vďaka tomu, že boli použité prvky výhradne od jedného výrobcu, ktorým je firma ABB, ale najmä z toho dôvodu, že bol použitý stavebnicový systém založený na zbernici KNX. Systém, v takom stave ako je navrhnutý, je možné rozšíriť o ďalšie prvky podľa potreby užívateľov a taktiež je možné ho upraviť podľa aktuálnych požiadaviek bez toho, aby bolo potrebné zasahovať do štruktúry systému, prípadne vykonávať stavebné úpravy v objekte, čo je významnou devízou inteligentnej elektroinštalácie oproti „klasickej“ elektroinštalácii.

Inteligentná elektroinštalácia rieši silnoprúdové i slaboprúdové rozvody KNX/EIB v priestoroch rodinného domu a zároveň napojenie ostatných systémov na inteligentnú elektroinštaláciu, aby tak bol vytvorený komplexný celok. Návrh inteligentnej elektroinštalácie zahŕňa zavedenie riadiaceho systému KNX na ovládanie osvetlenia, žalúzií a prepojenie systému so systémom vykurovania, ohrevu teplej vody, elektronickým zabezpečovacím systémom a elektronickým požiarom systémom.

Systém je riešený ako viaclíniový, konkrétne sú použité 2 línie. Napájanie zbernice je 24 V DC, prenosová rýchlosť 9600 b/s a ako zbernica je použitý krútený tienený kábel YCYM 2x2x0,8. Obe línie spolu pokrývajú všetky priestory rodinného domu a sú vedené tak, aby bolo možné bezproblémové pripojenie všetkých v súčasnosti i v budúcnosti požadovaných prvkov. Väčšina výkonových prvkov (akčných členov) je umiestnená v rozvádzačoch na prízemí a 1. poschodí, niektoré sú umiestnené priamo na zbernici v mieste ich pôsobenia. Systémové prvky sa nachádzajú v rozvádzači na prízemí. Na ovládanie sú použité tlačidlové snímače, detektory pohybu a prítomnosti, dotykové panely zabudované/prenosné a diaľkové ovládania. Samozrejmosťou je existencia rozhrania RS 232 pre prepojenie so systémami vykurovania a ohrevu teplej vody a USB pre prepojenie s PC.

Súčasťou systému bude i meteorologická stanica, ktorá bude zdrojom údajov nielen pre riadenie žalúzií a osvetlenia, ale počíta sa do budúcnosti s ovládaním zavlažovania a bazénovej techniky na základe informácií získaných zo snímačov v nej osadených.

Ako už bolo spomenuté vyššie, inteligentná elektroinštalácia bude napojená na systémy EZS/EPS a bude využívať detektory primárne určené na bezpečnostné aplikácie na riadenie osvetlenia a žalúzií a zároveň bude spolu s bezpečnostnými systémami zvyšovať úroveň zabezpečenia rodinného domu zodpovedajúcim riadením osvetľovacích a tieniacich prvkov. Prostredníctvom nej bude možné systémy EZS a EPS aktivovať/deaktivovať a nastavovať.

Neodmysliteľnou súčasťou aplikácie inteligentnej elektroinštalácie v budovách je vytvorenie scénických režimov. Počet, úroveň náročnosti a komplexnosti režimov závisí na požiadavkách užívateľov. Okrem štandardných zahŕňajúcich svetelné scénické režimy je možné zapojiť aj systém ovládania žalúzií, multimediálny systém a systémy EZS a EPS. Podrobnejší popis scénických režimov je uvedený v podkapitole 10.1.1 Scénické režimy.

Navrhnutý systém neobsahuje v súčasnej podobe napojenie na multimediálny systém avšak do budúcnosti je možné ho implementovať a získať tak komplexné ovládanie audiovizuálnej techniky, ktorá môže byť začlenená i do scénických režimov.

## 10.1 Návrh ovládania osvetlenia a žalúzií

Ovládanie osvetlenia bude zabezpečovať systém KNX. Nebude sa teda jednať o štandardné silové ovládanie osvetlenia ako je tomu pri „klasickej elektroinštalácii“. Počet a rozmiestnenie osvetľovacích telies, ako i spínačov osvetlenia, však korešponduje so zobrazením na Obr. 29 – Obr. 31 v kapitole 7.4. Svetelné a zásuvkové obvody. Taktiež budú dodržané funkčné páry spínač – osvetľovacie teleso, hoci tie je možné softvérovo upraviť podľa požiadaviek užívateľa. Osvetľovacie telesá v jednotlivých miestnostiach budú štandardne ovládané tlačidlami KNX snímačmi ABB rady Solo (snímač = vypínač klasickej elektroinštalácii) vo vyhotovení bez alebo s implementovanými prijímačmi diaľkového ovládania s totožným spínacím programom ako má tlačidlo. Rozhodnutie, ktoré zo snímačov budú plniť funkciu prijímačov diaľkového ovládania, bude vykonané na základe požiadaviek obyvateľov domu pri programovaní systému. Okrem tlačidlových snímačov a diaľkového ovládania ručnými ovládačmi typu 6010-25-500 bude možné ovládať osvetlenie dotykovými panelmi typu 8136-500 a 6136/100C-102-500. Svetidlá na schodisku, chodbách a vonkajšie osvetlenie budú primárne ovládané detektormi pohybu a prítomnosti osôb systému EZS a sekundárne štandardnými tlačidlami spínačmi. Takéto ovládanie bude rešpektovať množstvo prirodzeného

denného svetla a tak pri dostatočnom prirodzenom osvetlení nedôjde k zopnutiu osvetlenia, hoci bola detektormi pohybu detekovaná prítomnosť osôb.

V priestoroch kúpeľní a WC môže byť na systém ovládania osvetlenia napojený vzduchotechnický systém a na základe zadania od užívateľov bude dochádzať k spusteniu odsávania buď súčasne so zapnutím osvetlenia, s oneskorením, úplne samostatne tlačidlými spínačmi alebo na základe snímačov kvality a vlhkosti vzduchu.

Ovládanie svietidiel bude viacnásobnými spínacími akčnými členmi rady SA/S X.10.1 a rady SA/S X.16.5S, kde X predstavuje počet spínaných svietidiel/okruhov a univerzálnymi spínacími/stmievacími akčnými členmi UD/S 2.300.2 a LR/S 2.16.1 umiestnenými v rozvádzačoch.

Scénické režimy budú realizované pomocou tlačidlých snímačov, dotykových panelov, mobilnej komunikácie alebo prostredníctvom PC lokálne alebo vzdialene cez Internet.

Pri návrhu ovládania osvetlenia sa vychádzalo z požadovaných funkcií, ktoré by mal byť systém schopný vykonávať:

- Spínanie z jedného alebo viacerých miest
- Centrálné a skupinové ovládanie
- Stmievanie (tlmenia osvetlenia)
- Schodiskové svetlo
- Oneskorenie zapnutia/vypnutia (On/Off)
- Časovač
- Ovládanie podľa času – časové programy
- Ovládanie detektormi pohybu a prítomnosti
- Ovládanie podľa úrovne denného svetla
- Svetelné scény
- Svetelný poplašný alarm

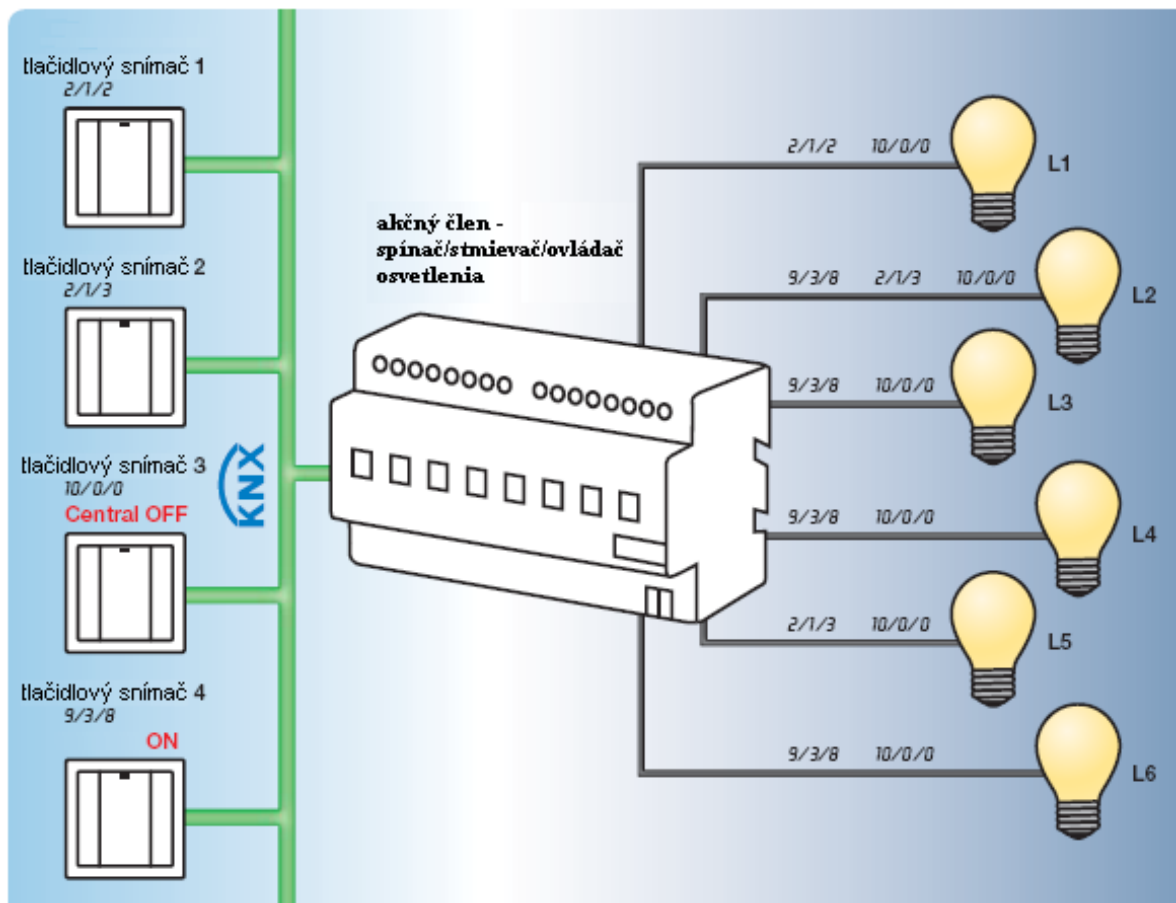
Pre jednotlivé požadované funkcie je možné nastavovať doplňujúce parametre ako veľkosť oneskorenia, rýchlosť stmievania, spôsob stmievania (krokovno, plynule) atď. podľa požiadaviek užívateľov. Mnohé z funkcií (napr. schodiskové svetlo, On/Off oneskorenie,

časovač atď.) sú iba otázkou naprogramovania a nevyžadujú si použitie špeciálnych prvkov resp. je možné ich implementovať softvérovo i hardvérovo. Z ekonomických dôvodov bola v takýchto prípadoch zvolená softvérová implementácia.

Osvetlenie sa ovláda dvoma základnými spôsobmi:

- Krátky stisk spínača – zapnutie/vypnutie svietidla
- Dlhý stisk spínača – stmievanie/rozsviecovanie osvetlenia

Prípojenie snímačov a akčných členov na zbernicu a ovládanie osvetlenia prostredníctvom KNX je principiálne zobrazené na Obr. 36.



Obr. 36. Princíp ovládania osvetlenia prostredníctvom KNX

Ovládanie žalúzií a tieniacej techniky bude principiálne zhodné s ovládaním osvetlenia. Taktiež ho budú zabezpečovať tlačidlové snímače v miestnostiach, diaľkové ovládače prípadne dotykové panely rovnakého typu ako v prípade osvetlenia. Scénické režimy

tvorené pre osvetlenie budú aplikované aj na žalúzie a tak je možné vytvoriť rôznymi kombináciami osvetlenia a polohy žalúzií požadované svetelné i tepelné podmienky. Okrem scénických režimov budú vytvorené i časové programy pre ovládanie žalúzií a ovládanie na základe teploty v miestnosti.

Rodinný dom bude vybavený dvoma typmi žalúzií. Na prízemí sa bude jednať o bezpečnostné žalúzie so zvýšenou odolnosťou voči mechanickému poškodeniu vplyvom vetra, dažďa prípadne pokusu o vlámanie a na 1. poschodí sa bude jednať o štandardné žalúzie bez bezpečnostných funkcií. Pre každú skupinu žalúzií je typické iné „správanie sa“ v určitých podmienkach a situáciách. Zatiaľ čo bezpečnostné žalúzie na prízemí sa pri búrke a silnom vetre, prípadne neprítomnosti osôb v rodinnom dome zatahnu, žalúzie na 1. poschodí sa naopak vytiahnu a zafixujú v zabezpečenej pozícii. Použité žalúziové pohony budú využívať striedavé napätie 230 V. Na prízemí budú použité SMI motory so spätnou väzbou a na ich ovládanie budú použité žalúziové akčné členy typu JA/S 4.SMI.1M. Žalúzie na 1. poschodí budú osadené štandardnými motormi a na ich ovládanie budú použité žalúziové akčné členy typu JA/S X.230.1, kde X predstavuje počet ovládaných žalúzií.

Pri návrhu ovládania žalúzií sa vychádzalo z požadovaných funkcií, ktoré by mal byť systém schopný vykonávať:

- Spínanie z jedného alebo viacerých miest
- Centrálna a skupinová spínanie
- Ovládanie podľa času – časové programy
- Pohyb do požadovanej pozície
- Sensorické ovládanie – senzormi počasia, teploty, polohy slnka

Mnohé z požadovaných funkcií nevyžadujú použitie špeciálnych prvkov a sú implementované softvérovo. Niektoré (napr. sensorické ovládanie) si však vyžadujú použitie špeciálnych hardvérových prvkov. Plnenie logických funkcií pri sensorickom ovládaní si vyžaduje použitie logického modulu typu LM/S 1.1. Ovládanie na základe senzorov počasia by nebolo možné bez meteorologickej jednotky WZ/S 1.1, ktorá spracováva informácie o počasí z kombinovaného senzora počasia typu WES/A 1.1

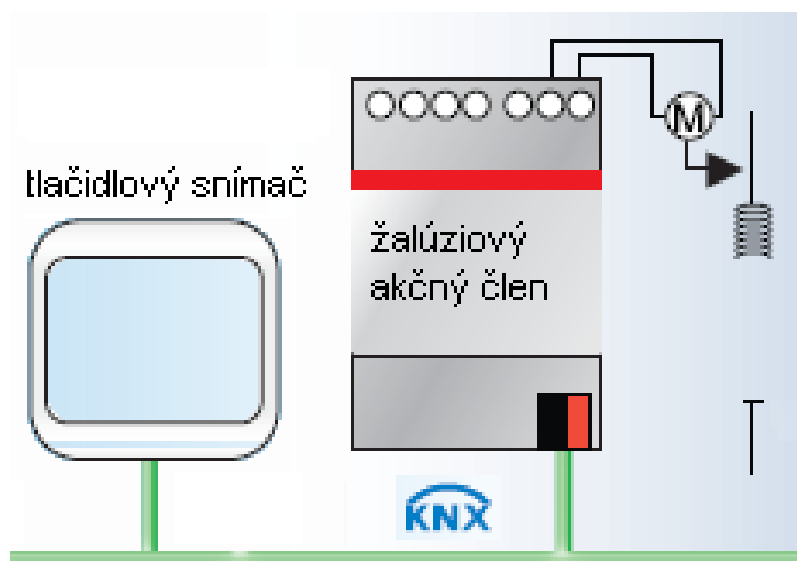


nainštalovaného na streche, ktorý zaznamenáva teplotu, rýchlosť vetra, úroveň jasu v 3 smeroch, detekuje dážď, súmrak a deň/noc.

System umožňuje niekoľko základných operácií a spôsobov ovládania pohybu žalúzií a tieniacej techniky:

- Dlhý stisk spínača – pohyb žalúzie smerom hore/dolu do krajných pozícií resp. do signálu zastavenia
- Krátky stisk spínača – zastavenie žalúzie v aktuálnej pozícií
- Opakovaný krátky stisk spínača – krokový pohyb žalúzie žiadaným smerom

Pripojenie snímačov a akčných členov na zbernicu a ovládanie žalúzií prostredníctvom KNX je principiálne zobrazené na Obr. 37.



Obr. 37. Princíp ovládania žalúzií prostredníctvom KNX

### 10.1.1 Scénické režimy

Scénický režim je pevne uložená kombinácia nastavení jednotlivých prvkov systému podľa požiadaviek užívateľa, ktorá sa púšťa presne definovaným spôsobom. Scénický režim je v podstate svetelná scéna, ktorá môže byť obohatená o nastavenie ďalších napr. multimediálnych prvkov systému. Štandardne sa jedná o nastavenie osvetlenia a polohy žalúzií, avšak nie je problém v budúcnosti integrovať do scénických režimov nastavenia audiovizuálnych prvkov.

Scénické režimy si užívatelia definujú samostatne podľa svojich potrieb a požiadaviek. Je možné kedykoľvek pridávať, uberať, prípadne meniť už existujúce režimy. Režimy je možné rozdeliť na celoobjektové, aplikované v celom objekte alebo priestorové, viažuce sa iba ku konkrétnym priestorom. Systém bude v základnom nastavení obsahovať nasledujúce scénické režimy.

Klasik – štandardne používaný scénický režim platný pre celý objekt rodinného domu. Systém sa nachádza v základnom stave, nie sú pevne nastavené stavy osvetlenia a polohy žalúzií. Osvetlenie je spúšťané manuálne (prípadne senzormi pohybu ak je splnená svetelná požiadavka), žalúzie sú riadené na základe meteorologických údajov a izbových termostatov resp. manuálne. Systém EZS je mimo činnosti. Vykurovanie je v štandardnom režime.

Noc – režim je platný pre všetky priestory rodinného domu. Je spúšťaný a vypínaný manuálne alebo automaticky v nastavenú hodinu. Všetky žalúzie sú štandardne zatiahnuté, v prípade nepriaznivého počasia sú žalúzie na 1. poschodí vytiahnuté do bezpečnej pozície. Osvetlenie je vypnuté. Vykurovanie je v udržiavacom režime nastavenom na teplotu 19 °C s dodržaním minimálnej požadovanej hygienickej výmeny vzduchu. Režim zahŕňa aj vypnutie nastavených zásuvkových obvodov. Aktivovaná je ochrana plášťa domu.

Krátkodobá neprítomnosť osôb (KNO) – Ďalší z režimov platných pre celý objekt rodinného domu je, ako jeho názov hovorí, určený pre prípady krátkodobého opustenia domu. Jeho použitie je predovšetkým počas pracovného týždňa. Režim je spúšťaný a vypínaný automaticky v nastavený čas alebo manuálne užívateľom. Počas režimu je vypnuté vykurovanie, osvetlenie a nastavené zásuvkové okruhy. Žalúzie na prízemí sú stiahnuté, na 1. poschodí vytiahnuté. Elektronický zabezpečovací systém je aktivovaný.

Dlhodobá neprítomnosť osôb (DNO) – režim je platný pre celý dom v prípadoch viacdňovej neprítomnosti užívateľov v dome. Režim je aktivovaný/deaktivovaný manuálne užívateľom. Štandardne je vypnuté osvetlenie a definované zásuvkové okruhy sú odpojené. Žalúzie sú na oboch poschodiach zatiahnuté, ak nie je na základe meteorologických údajov vyhodnotená situácia ako riziková. V takom prípade dôjde k zafixovaniu žalúzií na 1. poschodí do zabezpečenej polohy. Vykurovanie je nastavené na 18 °C s vnútornou cirkuláciou vzduchu. Počas tohto režimu je aktivovaná simulácia prítomnosti osôb, ktorá krátkodobo a náhodne spína osvetlenie a mení polohy žalúzií.

Návšteva – scénický režim určený pre prípady obsadenia rodinného domu vyšším počtom osôb. Spúšťanie i vypínanie režimu je čisto manuálne užívateľom. Režim je aplikovaný na priestory obývacej izby na prízemí. Výkon vzduchotechniky je v daných priestoroch maximálny, aby nedošlo k zníženiu kvality vzduchu vplyvom väčšieho počtu osôb. Systém EZS nie je aktivovaný. Osvetlenie a žalúzie sú riadené automaticky na základe údajov z meteorologických senzorov. Počas dňa je osvetlenie vypnuté a žalúzie v závislosti od počasia vyťahované resp. čiastočne zatiahnuté. Po zotmení je zapnuté hlavné osvetlenie miestnosti nad stolíkom a žalúzie sú zatiahnuté.

Televízia – jedná sa o druhý z režimov platných iba v priestoroch obývacej izby. Aktivovanie/deaktivovanie režimu je manuálne. Vzduchotechnický systém pracuje v štandardnom režime. Systém EZS je deaktivovaný. Žalúzie sú zatiahnuté a o vytvorenie svetelnej atmosféry sa postará postranné stenové osvetlenie.

## 10.2 Ovládacie prvky KNX

Systém KNX umožňuje použitie viacerých ovládacích prvkov a spôsobov ovládania užívateľmi na dosiahnutie maximálneho pohodlia a komfortu užívateľov. Hoci už boli tieto prvky spomenuté vo viacerých predchádzajúcich kapitolách, ich použitím sa podrobnejšie venuje práve táto kapitola.

Základným ovládacím prvkom použitým v celom dome je tlačidlový snímač. Výrobná rada snímačov Solo od firmy ABB je dostatočne široká, aby uspokojila nároky aj najnáročnejších klientov. V dome je použitých viacero druhov snímačov a niektoré z nich sú zobrazené na Obr. 38. Podľa potreby sú použité jednoduché i viacnásobné tlačidlové snímače s možnosťou príjmu IR. Snímače umožňujú spínanie, stmievanie, ovládanie žalúzií, svetelných scén. Medzi ich základné vlastnosti patria popisovateľné tlačidlá, ochrana proti vlámaniu a signalizácia LED diódou.



Obr. 38. Tlačidlové snímače Solo

Na zvýšenie užívateľského komfortu ovládania majú obyvatelia rodinného domu k dispozícii ručné IR vysielače. Jedná sa o programovateľné vysielače firmy ABB umožňujúce ovládanie až 10 spotrebičov a voľbu z 2 pamätí pre scény. Použitý typ vysielača je zobrazený na Obr. 39.



Obr. 39. Ručný IR vysielač

Najvyššiu formu užívateľského komfortu ovládania a poskytovania informácií o systéme predstavujú farebné dotykové LCD panely. Použité panely ponúkajú až 210 funkcií. Na 9“ displeji s maximálnym rozlíšením 800 x 640 pixelov umožňujú zobrazenie prevádzkových stavov systému, chybových správ a hlásení a meraných hodnôt. Taktiež umožňujú komfortnú správu časových programov a svetelných scén. Voliteľne je možné v prípade požiadaviek užívateľa naprogramovať zvukové upozornenia a poplachové funkcie a panely môžu slúžiť taktiež ako zábavno-informačné centrum. Použité sú 2 typy panelov od firmy ABB, jeden z nich je zobrazený na Obr. 40. – Obr. 42.

V Základnom režime máme na výber zobrazenie informácií o systéme ako celku alebo výber jednotlivých jeho častí. Obrazovka je rozdelená na 3 sekcie. V spodnej časti sa nachádza informačná lišta s údajmi o čase, dátume, teplote, upozorneniach atď. Nad lištou je výberová časť, ktorej vzhľad závisí od naprogramovania a počet a rozsah ponúkaných položiek na výber závisí od rozsahu systému. Najväčšia časť obrazovky je venovaná grafickému zobrazeniu nastavovaných alebo informačných údajov. Dôraz je kladený na názornosť a jednoduchosť ovládacieho užívateľského rozhrania. Z toho dôvodu je možné si vložiť pre každú miestnosť niekoľko pohľadov a na fotografii vytvoriť aktívne dotykové

body v miestach, kde sa skutočne nachádzajú ovládané a ovládacie prvky tak ako to zobrazujú Obr. 40. až Obr. 42.



Obr. 40. Dotykový ovládací LCD panel – výber miestnosti



Obr. 41. Dotykový ovládací LCD panel – nastavenie miestnosti



Obr. 42. Dotykový ovládací LCD panel – Menu Scény

### 10.2.1 Vzdialené ovládanie

Ovládanie a monitorovanie systémov nainštalovaných v dome je možné pomocou PC alebo mobilného telefónu. Počítač môže byť pripojený v lokálnej sieti alebo prostredníctvom Internetu. Na prízemí v spálni, ktorá zároveň slúži i ako pracovňa a v rozvážači na prízemí sa nachádza USB rozhranie na pripojenie k PC. Vďaka tomuto rozhraniu je možné programovať a diagnostikovať systém. Na plnohodnotné pripojenie systému KNX k počítačovej sieti je však použité IP rozhranie IPS/S 2.1 firmy ABB, ktoré okrem programovania systému umožňuje odosielanie a prijímanie dát z/do KNX napr. za účelom vizualizácie. Pomocou počítača vybaveného vizualizačným softvérom tak bude môcť užívateľ vykonávať všetky úkony ako prostredníctvom vyššie spomenutých ovládacích prvkov a na viac bude môcť na základe zaznamenaných údajov vytvárať štatistiky, prehľady a spracovávať údaje do grafov. Zariadenie využíva EIBnet/IP protokoly a podporuje pevnú IP adresu alebo automaticky pridelenú IP adresu z DHCP servera. Pre jednoduchosť ovládania bude prostredie vizualizačného softvéru upravené tak, aby bolo totožné s prostredím dotykových LCD panelov.

Prepojenie so „svetom mimo“ rodinný dom bude zabezpečovať dátová telefónna brána TG/S 3.2, ktorá umožňuje posielat' konfigurovateľné hlasové správy cez telefónnu sieť až na 10 telefónnych čísiel. Rovnako podporuje posielanie emailov a SMS správ a vďaka

integrovanému web serveru umožňuje jednoduché operácie a parametrizáciu použitím bežného internetového prehliadača.

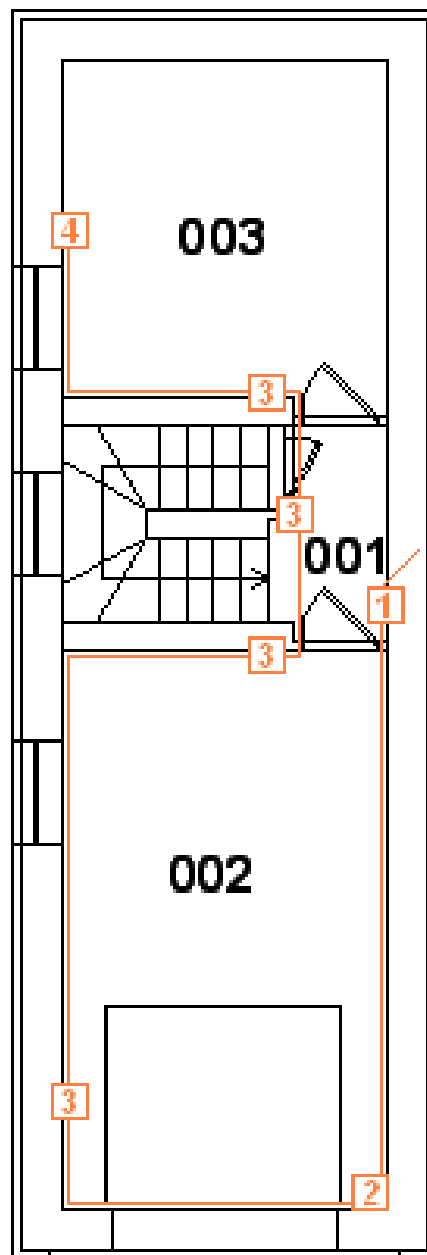
### 10.2.2 Použité prvky KNX

Vplyvom relatívne veľkého počtu použitých prvkov KNX je možné stratiť prehľad o tom, kde a aký prvok bol použitý a aká je jeho funkcia. Z toho dôvodu je príloha P III: Použité prvky KNX súhrnom použitých KNX prvkov. Tabuľka v prílohe P III, obsahuje všetky typy prvkov KNX, ktoré boli v systéme inteligentnej elektroinštalácie použité. V prípadoch prvkov, kde je v typovom označení použité X napr. JA/S X.230.1, znamená toto označenie, že daný prvok sa vyrába v rôznych vyhotoveniach líšiacich sa iba počtom vstupov/výstupov, zatiaľ čo ostatné vlastnosti a charakteristiky sú zachované. Keďže boli v projekte použité takéto prvky, z dôvodu prehľadnosti bolo zvolené dané značenie a prvok je v tabuľke uvedený iba raz, hoci sa fyzicky môže v systéme vyskytovať viackrát. Schémy umiestnenia jednotlivých prvkov v priestoroch rodinného domu sú umiestnené ďalej v tejto kapitole na Obr. 43 až Obr. 45. Vzhľadom na to, že sa jedná o aplikáciu menšieho až stredného rozsahu a bol zvolený centralizovaný model, je väčšina systémových prvkov a akčných členov umiestnená v rozvádzačoch KNX prvkov na prízemí a 1. poschodí, ktoré sa nachádzajú na rovnakom mieste ako štandardné elektrické rozvádzače. Prvky nachádzajúce sa v rozvádzačoch nie sú na schémach zakreslené z dôvodu prehľadnosti, ale sú uvedené v tabuľke v prílohe P III a taktiež sa s nimi počítalo pri určovaní nákladov na systém KNX.

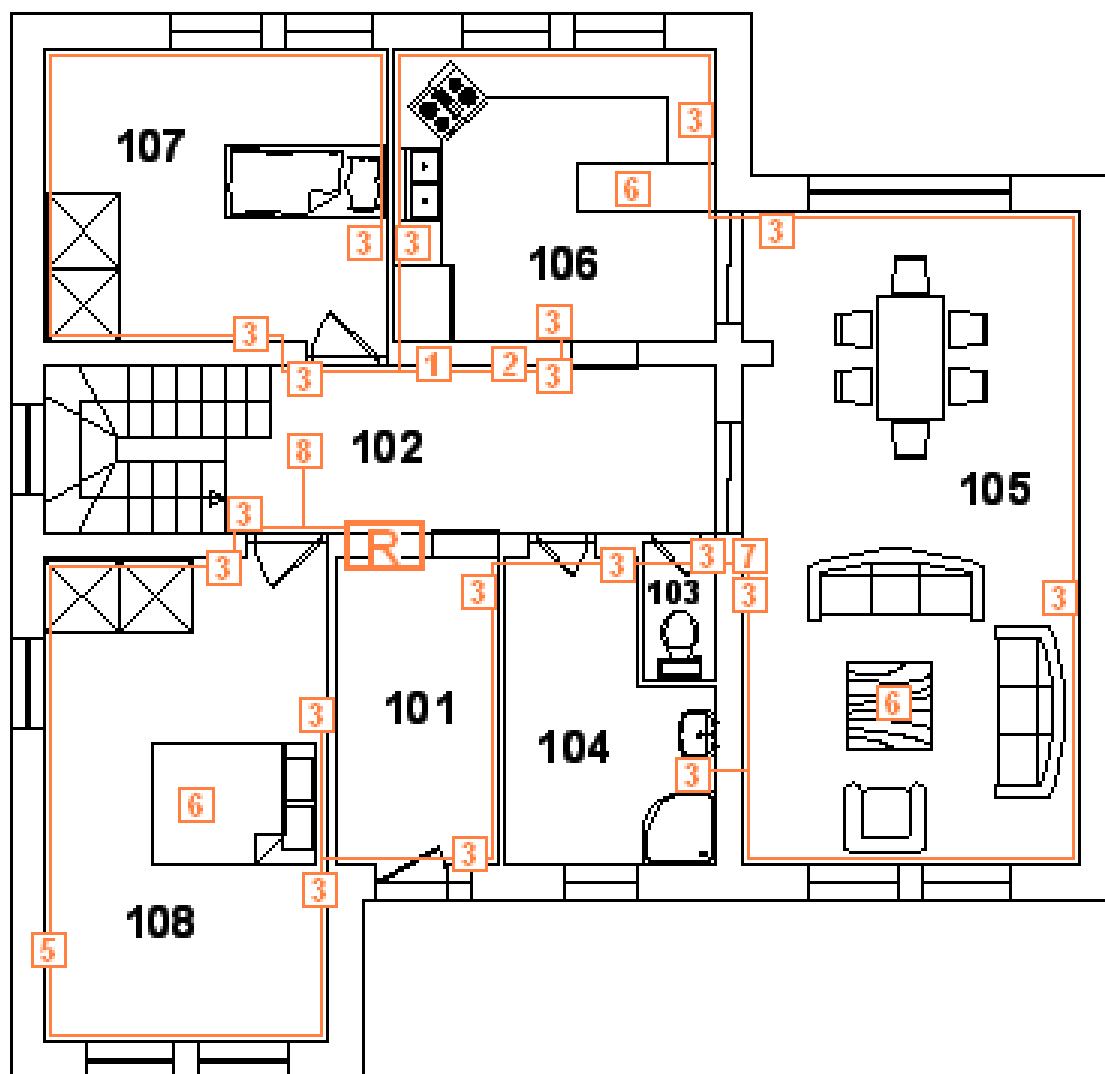


**Legenda:**

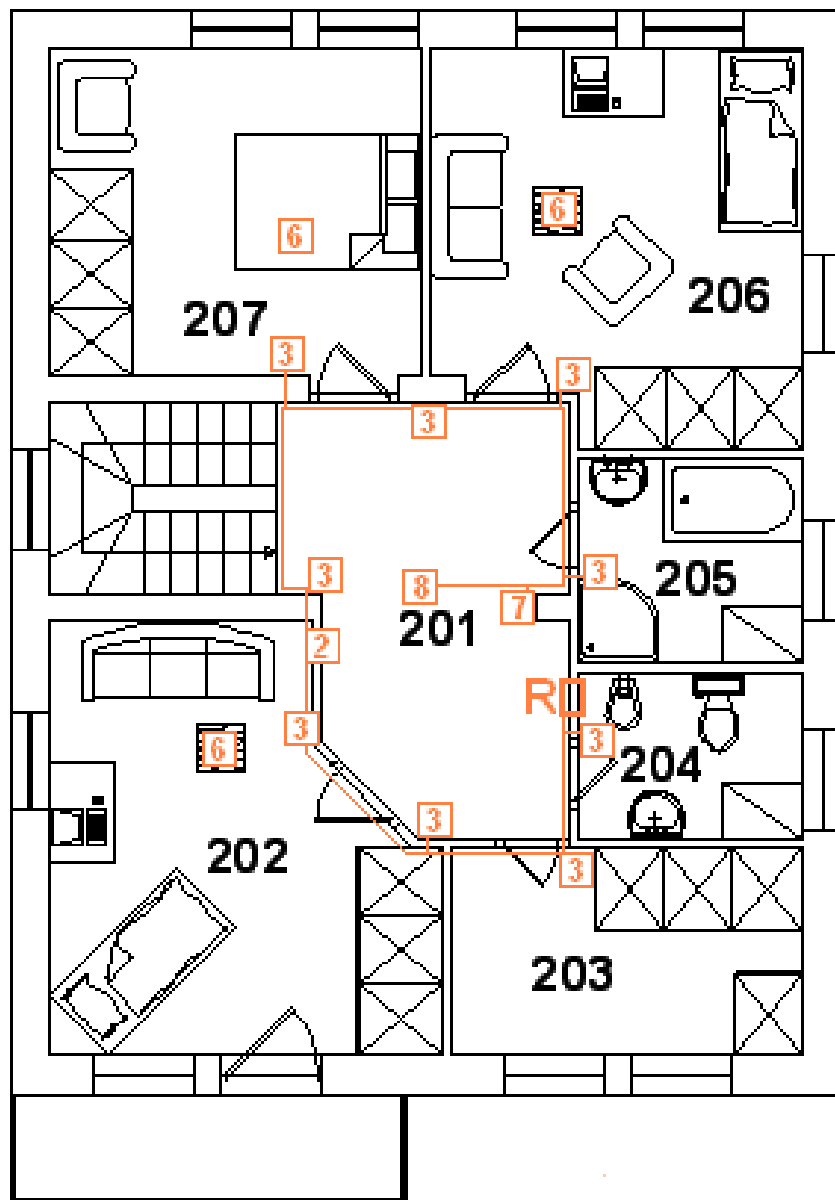
- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| — zbernica KNX          | 5 USB rozhranie    |
| 1 rozhranie KNX-EZS/EPS | 6 IR ručný ovládač |
| 2 binárny výstup        | 7 riadiaci panel   |
| 3 tlačidlový snímač     | 8 snímač jasu      |
| 4 rozhranie RS 232      | R rozvádzač KNX    |



Obr. 43. Suterén - rozmiestnenie prvkov KNX



Obr. 44. Prízemie – rozmiestnenie prvkov KNX



Obr. 45. 1. poschodie – rozmiestnenie prvkov KNX

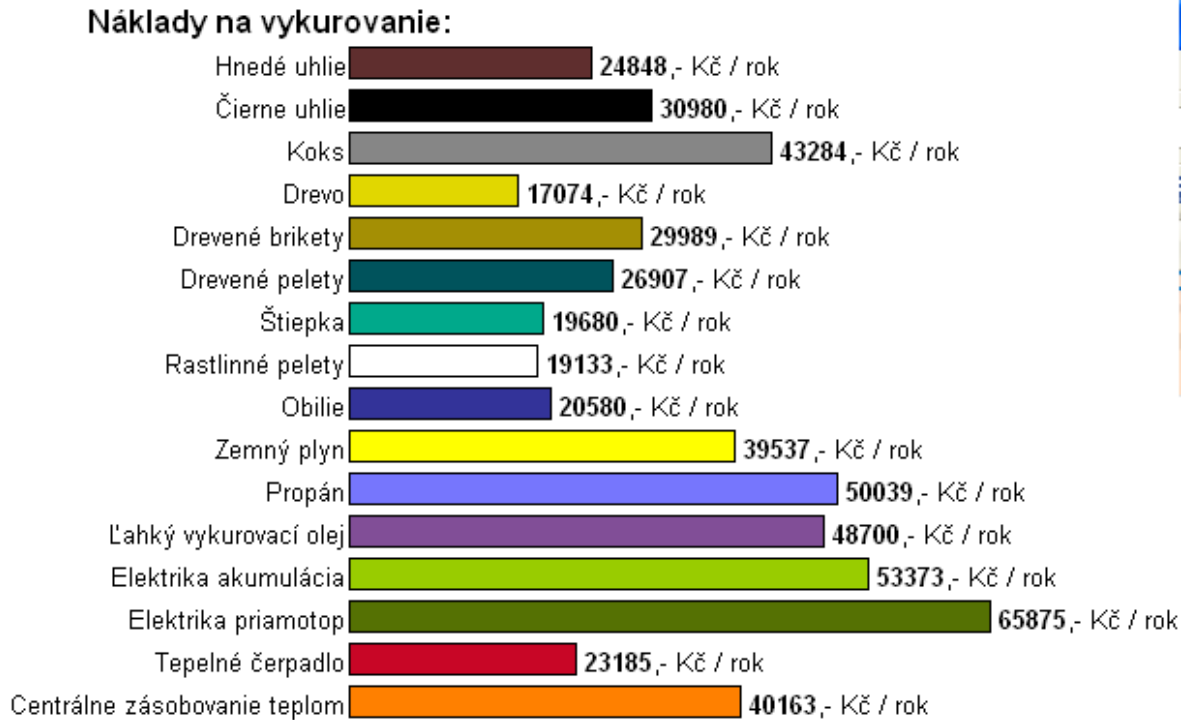
## 11 EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE SYSTÉMU

Pri navrhovaní akéhokoľvek systému je nutné brať do úvahy jeho ekonomické zhodnotenie. Žiaden systém, bez ohľadu na jeho kvality sa v praxi nepresadí, ak bude súčet jeho prevádzkových a obstarávacích nákladov vyšší ako prípadný prínos získaný počas doby životnosti nasadeného systému. Nasadenie moderných a inteligentných systémov spolu s obnoviteľnými zdrojmi energie so sebou prináša vysoké počiatkové náklady. Zároveň však spojenie takýchto systémov s inteligentným riadením minimalizuje prevádzkové náklady.

### 11.1 Náklady na vykurovanie a ohrev teplej vody

Celkové náklady na vykurovanie a ohrev teplej vody sa stanovujú na základe potreby tepla na vykurovanie a ohrev teplej vody. Výpočty potreby tepla na vykurovanie a ohrev teplej vody boli vykonané výpočtovou pomôckou umiestnenou na [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) v sekcii Vytápění a podsekcii Tabulky a výpočty. Vypočítaná hodnota potreby tepla na ohrev teplej vody je  $Q_{TUV,r} = 14$  MWh/rok (= 50,6 GJ/rok) a vypočítaná hodnota potreby tepla na vykurovanie je  $Q_{VYT,r} = 27,3$  MWh/rok (= 98,4 GJ/rok). Ich súčtom dostávame celkovú ročnú potrebu tepla (energie) na vykurovanie a ohrev teplej vody  $Q_r = 41,3$  MWh/rok (= 149 GJ/rok).

Na rovnakom umiestnení ako vyššie spomenutá výpočtová pomôcka sa nachádza aj nástroj na porovnanie nákladov na vykurovanie podľa druhu paliva a typu zdroja. Po zadaní potreby tepla na vykurovanie dostávame prehľadne graficky znázornené náklady na vykurovanie tak ako sú zobrazené na Obr. 46. Keďže vykurovanie bude v našom prípade zabezpečovať tepelné čerpadlo, dôležitým údajom sú práve ročné náklady na vykurovanie pomocou tepelného čerpadla, ktoré porovnávame s nákladmi na vykurovanie pri použití iných typov zdrojov resp. druhu použitého paliva. Náklady na vykurovanie predstavujú prevádzkové náklady, s ktorými musí užívateľ počítať počas prevádzky daného systému.



Obr. 46. Náklady na vykurovanie

### 11.1.1 Náklady na vybudovanie systému

Náklady na vybudovanie systému predstavujú jednorazové investičné náklady potrebné na vybudovanie a sprevádzkovanie daného vykurovacieho systému.

Pri použití tepelného čerpadla zem-voda je potrebné k samotným nákladom na tepelné čerpadlo pripočítať i náklady na vykonanie vrtov pre zemné sondy, ktoré tvoria nezanedbateľnú časť nákladov na systém.

Tab. 18. Obstarávacie náklady

Systém	Cena v Kč
Tepelné čerpadlo	624 165,-
Solárny systém	310 544,-
Vzduchotechnika	366 912,-
Doplňkové vykurovanie	35 239,-
<b>Spolu</b>	<b>1 336 860,-</b>

Náklady na zavedenie a sprevádzkovanie jednotlivých systémov sú uvedené v Tab. 18. Jedná sa o celkové konečné obstarávacie náklady, v ktorých sú zahrnuté všetky prvky daného systému vrátane potrubí, čerpadiel, zabezpečovacích a poistných zariadení, riadenia a regulácie. Informácie o cenách boli získané z aktuálnych cenníkov výrobcov alebo predajcov daných systémov a výrobkov.

### 11.1.2 Ekonomicko-technické hodnotenie vykurovania a ohrevu teplej vody

Pri ekonomicko-technickom hodnotení systému vykurovania a ohrevu teplej vody a jeho porovnávaní s inými systémami je potrebné brať do úvahy obstarávacie i prevádzkové náklady. Taktiež je potrebné zvážiť spoločenskú hodnotu systému vychádzajúcu z komfortu získaného nasadením daného systému a úžitkových vlastností systému. Z toho dôvodu nie je možné porovnávať diametrálne odlišné systémy založené na rozdielnych druhoch paliva resp. zdrojoch tepla. Pri pohľade na Obr. 46. je vidno, že ročné náklady na vykurovanie tepelným čerpadlom nie sú najnižšie spomedzi všetkých zobrazených. Avšak si treba uvedomiť, že sa jedná o bez obslužný a relatívne bez údržbový systém, zatiaľ čo v prípade vykurovania drevom, uhlím, briketami a pod., ktoré vychádza lacnejšie, sa o bez údržbovosti a bez obslužnosti nedá hovoriť. Vykurovaniu tepelným čerpadlom sa užívateľským komfortom vyrovnajú iba systémy založené na vykurovaní zemným plynom alebo elektrickou a centrálné zásobovanie teplom. Pri porovnaní prevádzkových nákladov s týmito systémami je vidno, že pri použití tepelného čerpadla sú tieto náklady zo všetkých najnižšie a ročné ušetrenie voči druhému najlacnejšiemu z daných systémov (vykurovanie zemným plynom) predstavuje 16 352,- Kč a voči najdrahšiemu systému (vykurovanie elektrickým priamotopom) až 42 690,- Kč, čo nie sú zanedbateľné sumy.

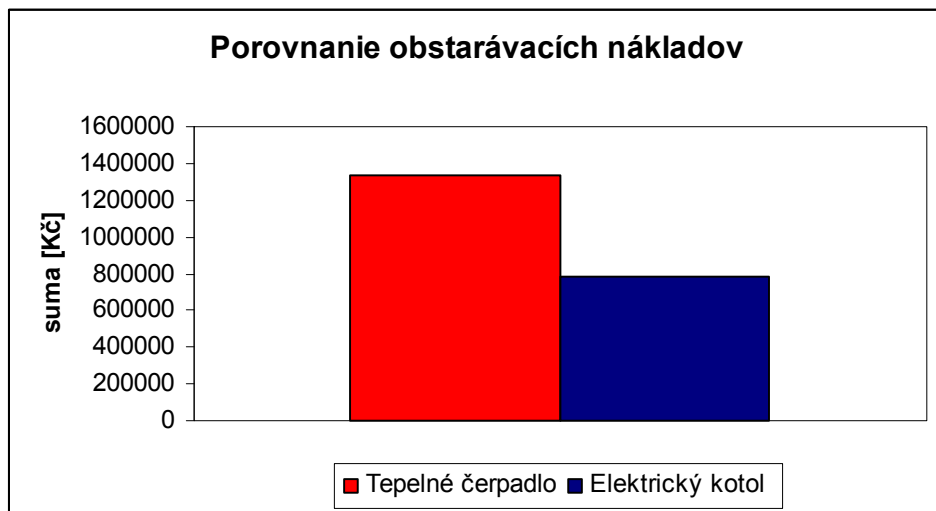
Spojením tepelného čerpadla s ekvitermickou reguláciou a inteligentným systémom KNX je možné zníženie prevádzkových nákladov až o 25 %, čo by znamenalo pokles z ročných nákladov na vykurovanie z hodnoty 23 185,- Kč na úroveň 17 388.8,- Kč.

Pri ohreve teplej vody solárnym systémom sú prevádzkové náklady minimálne a dostávajú sa na úroveň nákladov na prevádzku obehového čerpadla, prípadne v krajnom prípade dohrev vody elektrickými špirálami.

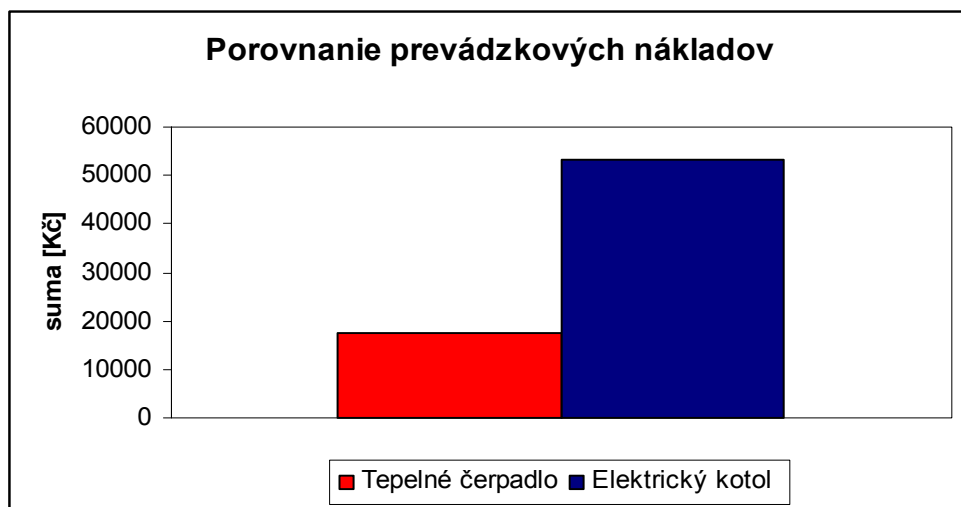
Nevýhodou nasadenia systémov vykurovania a ohrevu teplej vody využívajúcich obnoviteľné zdroje energie je ich vysoká nadobúdacia cena, ktorá aj napriek nízkym prevádzkovým nákladom často vedie k ich nenasadeniu. Aj napriek tejto skutočnosti je

voľba tepelného čerpadla a solárneho systému logická a z dlhodobého hľadiska ekonomicky výhodná.

Ak porovnáme navrhovaný systém so systémom, kde je miesto tepelného čerpadla použitý elektrický kotol ako zdroj tepla, pričom ostatné prvky ako vzduchotechnika a solárny systém zostanú zachované, dostávame ekonomickú bilanciu zobrazenú na Obr. 47. a Obr. 48. Obstarávacia cena elektrického kotla s príslušenstvom je 75 000,- Kč. Porovnanie oboch systémov bude však len v teoretickej úrovni, pretože tepelné čerpadlo sa používa i v letnom období na chladenie, zatiaľ čo kotol bude slúžiť iba na vykurovanie v zimnom a prechodnom období.



Obr. 47. Porovnanie obstarávacích nákladov



Obr. 48. Porovnanie prevádzkových nákladov

Použitím finančného kalkulótoru umiestneného na stránkach [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) v sekcii TZB-INFO a podsekcii Tabulky a výpočty bola zhodnotená ekonomická efektívnosť investícií. Vypočítané hodnoty sú nasledujúce:

- Doba návratnosti – 13 rokov
- Diskontovaná doba návratnosti – 14 rokov

Pri výpočtoch návratnosti investícií sa predpokladala doba životnosti projektu 30 rokov a diskont (výnos alternatívnej investície) na úrovni 3 %.

Na použité systémy je možné v dnešnej dobe žiadať dotácie z programu Zelená úsporám, čím by sa znížili obstarávacie náklady a zvýšila by sa ekonomická efektívnosť nasadenia daných systémov. Systém spĺňa podmienky udelenia dotácii na tepelné čerpadlo a solárny systém spolu vo výške 170 000,- Kč.

## 11.2 Náklady na vybudovanie systému KNX

Celkové náklady na zavedenie zbernicového systému KNX predstavujú súčet obstarávacích nákladov na samotnú zbernicu, systémové, riadiace, komunikačné prvky, akčné členy a snímače a taktiež náklady na vybudovanie systémov EZS a EPS založených na systéme KNX. Obstarávacie náklady na jednotlivé časti systému sú uvedené v Tab. 19.

Tab. 19. Obstarávacie náklady na systém KNX

Prvky KNX	Cena v Kč
Systémové, riadiace, komunikačné prvky, akčné členy, snímače	719 070,-
EZS+EPS	495 735,-
<b>Spolu</b>	<b>1 214 805,-</b>

### 11.2.1 Ekonomicko-technické hodnotenie systému KNX

Hodnotenie systémov založených na zbernici KNX čisto z ekonomického hľadiska zväčša vyznieva v neprospech nasadenia takýchto systémov. Obstarávacie náklady na vybudovanie zbernicového systému KNX sú 1 214 805,- Kč, z toho tvoria náklady na systémy EZS a EPS 495 735,- Kč. Vzhľadom na to, že tieto systémy neprinášajú zisk, pretože „nezarábajú“ je z ekonomického hľadiska neefektívne ich nasadzovať. Ak si však



človek uvedomí, že majetok (resp. ľudské životy), ktorý tieto systémy chránia pred poškodením alebo odcudzením môže mať niekoľkonásobne vyššiu hodnotu, je ich nasadenie jednoznačne dobrou voľbou. Druhú časť nákladov na systém KNX tvoria obstarávacie náklady na prvky zabezpečujúce ovládanie osvetlenia, žalúzií, komunikáciu medzi systémami a ovládanie domu na diaľku. Výška týchto nákladov je 719 070,- Kč. Opäť sa jedná o investíciu, ktorá v pravom zmysle slova nie je zisková. Hoci jej nasadením môže dôjsť až k 20 %-nému zníženiu prevádzkových nákladov na vykurovanie, nepokryje takéto ušetrenie investičné náklady. Veľkou a peniazmi neoceníteľnou devízou však je, že použitie zbernicového systému KNX vedie k zvýšeniu užívateľského komfortu.

### 11.3 Celkové hodnotenie projektu

Navrhnutý systém využíva obnoviteľné zdroje energie na vykurovanie a ohrev teplej vody v spojení s modernými technológiami riadenia a tvorby vnútornej mikroklimy vytváraním tepelnej a svetelnej pohody spolu so zabezpečením optimálnej kvality vzduchu. Výsledkom je Inteligentný rodinný dom, ktorý spĺňa energetické a ekologické požiadavky kladené v súčasnosti na novostavby a zároveň zabezpečuje vysokú úroveň komfortu jeho užívateľom. Práve spomenutý užívateľský komfort je tou časťou, ktorú obyvatelia domu najviac ocenia. Eliminácia vzniku prievanu, alergií, plesní, prehrievania alebo naopak chladnutia interiéru sú len niektoré z benefitov inteligentného rodinného domu. Ak sa k tomu prirátá použitie svetelných scén, ovládanie osvetlenia a žalúzií programovateľnými tlačidlovými snímačmi, ručnými ovládačmi a dotykovými LCD panelmi a komunikácia so systémami v dome prostredníctvom Internetu a mobilného telefónu dostávame rozdiel medzi štandardným rodinným domom využívajúcim obnoviteľné zdroje energie a navrhnutým inteligentným rodinným domom.

Hoci sa môže zdať cena navrhnutého systému privysoká, treba si však uvedomiť, že sa v súčasnosti nejedná o technológie a systémy určené k masovému nasadeniu v rodinných domoch a že cena plne zodpovedá použitým technológiám a úžitkovej hodnote navrhnutého systému.

## ZÁVER

Práca sa zaoberá problematikou inteligentného rodinného domu. Je rozdelená na dve hlavné časti, teoretickú a praktickú.

V teoretickej časti sú popísané vonkajšie klimatické podmienky pôsobiace na každú budovu počas jej životnosti, nasledované architektonicko-stavebnými požiadavkami vedúcimi k minimalizácii spotreby energie, ktoré musí moderná budova rešpektovať, aby spĺňala nízkoenergetický štandard. Ďalšia kapitola opisuje požiadavky kladené na vnútorné prostredie, s ktorými sa musia vyrovnávať technické zariadenia budov. Niektoré zo systémov používaných na tvorbu vnútornej klímy sú opísané v predposlednej kapitole teoretickej časti, jedná sa o systémy využívajúce obnoviteľné zdroje energie. Inteligentný rodinný dom by nemohol existovať bez systému ako je KNX, ktorému sa po krátkom úvode do problematiky riadiacich systémov venuje posledná časť teoretickej časti práce.

Podstatou práce však bol návrh inteligentného rodinného domu, ktorý je opísaný v rozsahovo väčšej praktickej časti. Návrh prebiehal v niekoľkých krokoch, čomu zodpovedá i členenie tejto časti na kapitoly.

Prvá kapitola je venovaná technickým zariadeniam budovy. Pred samotným návrhom zariadení však bolo potrebné určiť tepelné straty v zimnom období a tepelné zisky v letnom období. Tie sú kľúčovým podkladom pre návrh vykurovacej a chladiacej sústavy tvorenej tepelným čerpadlom a vzduchotechnickým systémom. Na ohrev teplej vody v dome slúži solárny systém, ktorého projektovanie je taktiež súčasťou tejto kapitoly. Keďže vzduchotechnický systém nemôže slúžiť na vykurovanie celého domu, bolo potrebné navrhnuť i doplnkové vykurovanie, ktorému sa venuje posledná podkapitola.

Druhú časť návrhu tvorí projektovanie silnoprúdových rozvodov, kam patria zásuvkové a svetelné rozvody.

Tretia kapitola praktickej časti popisuje riadenie a reguláciu jednotlivých systémov a ich napojenie na nadradený riadiaci systém.

Návrh systémov EZS a EPS a návrh inteligentnej elektroinštalácie spolu do značnej miery súvisia, pretože sú založené na systéme KNX. Ich projektovaniu sú však pre jednoduchšiu orientáciu a zlepšenie prehľadnosti vyhradené dve samostatné podkapitoly.

Tak ako žiaden iný projekt, ani projekt inteligentného rodinného domu sa nezaobíde bez technicko-ekonomického zhodnotenia. Tomu je venovaná záverečná kapitola praktickej časti diplomovej práce.

## ZÁVER V ANGLIČTINE

The thesis deals with the topic of intelligent family house. It is divided into two main sections, the theoretical and the practical part.

In the theoretical part, there are described outside climatic conditions affecting each building during its lifetime. They are followed by architectural-construction demands on minimization of the energy consumption, which have to be strictly respected in order to meet low-energy standard. The next chapter describes requirements on interior environment, which services (technical equipment of buildings) have to face up to. Some systems used for creation interior climate are described in next to last chapter in theoretical part. These systems use renewable energy sources. The intelligent family house would not exist without system like KNX, which the last chapter in the theoretical part is after short introduction focused on.

The merit of the thesis is designing an intelligent family house, which is described in the larger practical part. The design proceeded in several steps, which is represents the division of chapters.

The first chapter describes services. It is necessary to do heat loss calculation for winter and heat profits calculation for summer to design heating and cooling system, which consists of heat pump and air conditioning. This chapter also contains design of water heating system with solar collectors. There is used supplement heating system designed in the rooms without air conditioning that is mentioned in the end of this chapter.

Second part is attended to project of power current wiring including lighting circuits and socket-outlet branch circuit.

The third chapter of the practical part describes control and regulation of systems and their connection to higher-level control system.

The electronic safety system design and electronic fire system design pertinent to design of intelligent house wiring, they all are based on KNX system. For better orientation they are in two separate subchapters.

As any other project even this project of intelligent family house needs technical economic valuation. It is described in the last chapter.

**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY**

- [1] AULICKÝ, Václav, et al. *Inteligentní budovy a ekologické stavby*. Michal Janata. 1. vyd. Praha : Nakladatelství Dr. Josef Raabe, s.r.o, 2008. 280 s. ISBN 1803-4322
- [2] CHYSKÝ, Jaroslav, et al. *Větrání a klimatizace*. třetí, zcela přepracované. Praha : Bolit - B press Brno, 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8
- [3] HERMANN, Merz, HANSEMAN, Thomas, HUBNER, Christof. *Automatizované systémy budov : Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s, 2008. 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9
- [4] SCHRAMEK, Ernst-Rudolf. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik : Einschleisslich Warmwasser und Kältetechnik*. 1. Auflage. Munchen : Oldenbourg Industrieverlag, 2007. 2030 s. ISBN 3-8356-3104-7
- [5] KŘEČEK, Stanislav, et al. *Průručka zabezpečovací techniky*. 4. aktualiz. vyd. [s.l.] : Cricetus, 2002. 350 s. ISBN 80-902938-2-4
- [6] HUMM, Othman. *Nízkoenergetické domy*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s, 1999. 353 s. ISBN 80-7169-657-9
- [7] SZÉKYOVÁ, Marta; FERSTL, Karol; NOVÝ, Richard. *Větrání a klimatizace*. první české vydání. Bratislava : JAGA GROUP , s.r.o., 2006. 359 s. ISBN 80-8076-037-3
- [8] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla : Biomasa - Tepelná čerpadla - Solární systémy*. 1. vydání. Praha : BEN - technická literatura, 2003. 112 s. ISBN 80-7300-079-2
- [9] DUFKA, Jaroslav. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. první vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2007. 112 s. ISBN 978-80-247-2019-7
- [10] PETRÁŠ, Dušan, et al. *Obnovitelné zdroje energie pro nízkoteplotné systémy*. prvé vydanie. Bratislava : JAGA GROUP , s.r.o., 2009. 223 s. ISBN 978-80-8076-075-5
- [11] VALEŠ, Miroslav. *Inteligentní dům*. 2. vydání. Brno : ERA group spol. s r.o, 2008. 123 s. ISBN 978-80-7366-137-3

- [12] *Nízkoenergetické EKO bývanie*. Žilina : MEDIA/ST, s.r.o, 2009. 191 s. ISBN 978-80969789-5-3
- [13] *Nízkoenergetické EKO bývanie*. Žilina : MEDIA/ST, s.r.o, 2010. 175 s. ISBN 978-80969789-5-3
- [14] *Všetko o vykurovaní a úspore energií*. Bratislava : JAGA GROUP , s.r.o., 2008. 158 s. ISSN 1335-9142
- [15] *Technologické zariadenia nízkoenergetických a pasívnych domov*. Bratislava : VERSO spol. s r.o., 2009. 112 s. ISBN 978-80-970239-0-4
- [16] Energetické alternatívy. *Stavebníctvo a bývanie*. 2009, 11, 12, s. 68-96. ISSN 1336-0191
- [17] ZÁLEŠÁK, Martin. *Integrované systémy řízení v budovách*. Zlín : [s.n.], 63 s
- [18] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. [s.l.] : [s.n.], 1.3.2005. 76 s
- [19] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : [s.n.], 1.4.2007. 44 s
- [20] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha : [s.n.], 1.4.1986. 32 s
- [21] ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha : [s.n.], 1.9.2006. 20 s
- [22] ČSN 33 2130. *Elektrotechnické předpisy. Vnitřní elektrické rozvody*. Praha : [s.n.], 1.10.1984. 40 s
- [23] ČSN 33 2000-7-701ed.2. *Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Prostory s vanou nebo sprchou*. Praha : [s.n.], 1.9.2007. 20 s
- [24] *Atrea s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2010-05-10]. Dostupné z WWW: <[www.atrea.sk](http://www.atrea.sk)>
- [25] *TZB-info* [online]. 2001 [cit. 2010-05-22]. Dostupné z WWW: <[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)>
- [26] *QPRO : TECHNIKA PROSTŘEDÍ* [online]. 2008 [cit. 2010-05-11]. Dostupné z WWW: <[www.qpro.cz](http://www.qpro.cz)>

- [27] *Viessmann* [online]. 2009 [cit. 2010-05-12]. Dostupné z WWW: <[www.viessmann.cz](http://www.viessmann.cz)>
- [28] *Junkers* [online]. 2009 [cit. 2010-05-05]. Dostupné z WWW: <[www.junkers.cz](http://www.junkers.cz)>
- [29] *Wienerberger* [online]. 2009 [cit. 2010-04-20]. Dostupné z WWW: <[www.wienerberger.sk](http://www.wienerberger.sk)>
- [30] *Korado* [online]. 2009 [cit. 2010-05-17]. Dostupné z WWW: <[www.korado.cz](http://www.korado.cz)>
- [31] *Rehau* [online]. 2007 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <[www.rehau.cz](http://www.rehau.cz)>
- [32] *Elektroinstalace bytové jednotky* [online]. 2010 [cit. 2010-05-17]. Dostupné z WWW: <<http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/73/elektroinstalace.pdf>>
- [33] *Elektroinstalace* [online]. 2010 [cit. 2010-05-19]. Dostupné z WWW: <[www.stavocentrum.cz](http://www.stavocentrum.cz)>
- [34] *Silnoprádové zariadenia* [online]. 2010 [cit. 2010-05-19]. Dostupné z WWW: <<http://siz.q-azy.sk/obsah.html>>
- [35] *IVT* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Dostupné z WWW: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/>
- [36] *ABB* [online]. 2009 [cit. 2010-05-17]. Dostupné z WWW: <[www.abb.com](http://www.abb.com)>
- [37] *Smart Home and Intelligent Building Control* [online]. 2009 [cit. 2010-05-20]. Dostupné z WWW: <[http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto\\_g/English/\\_HTML/](http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/_HTML/)>
- [38] *Zelená úsporám* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Dostupné z WWW: [www.zelenausporam.cz](http://www.zelenausporam.cz)
- [39] *Systém inteligentní elektroinstalace pro nevšední řešení - ABB CD*. [s.l.] : [s.n.], 2009.
- [40] *Študijné materiály k predmetom Technika prostredí a Systémy techniky prostredí*. [s.l.] : [s.n.], 2009.

**ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK**

AC	Alternating Current.
ACK	Acknowledgement.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange.
BAU	Bus Application Unit.
BCU	Bus Connection Unit.
COP	Coefficient Of Performance.
CSMA	Carrier Sense Multiple Access.
ČR	Česká republika.
DC	Direct Current.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol.
EHS	Environmental Health and Safety.
EIB	European Installation Bus.
EPS	Elektronický požiarový systém.
ETS	Engineering Tool Software.
EÚ	Európska únia.
EZS	Elektronický zabezpečovací systém.
FSK	Frequency-Shift Keying.
ID	Identification.
IP	Internet Protocol.
IR	Infrared.
ISO OSI	International Standardization Organization Open System Interconnection.
KNX	Konnex Association.
LCD	Liquid Crystal Display.
LED	Light Emitting Diode.



---

LLC	Logical Link Control.
LO	Líniový opakovač.
LS	Líniová spojka.
MAC	Medium Access Control.
NACK	Negative Acknowledgement.
OS	Oblastná spojka.
PC	Personal Computer.
PL	Power Line.
RD	Rodinný dům.
RF	Radio Frequency.
ROM	Read Only Memory.
RS 232	Recommended Standard 232.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
SMS	Short Message Service.
TČ	Tepelné čerpadlo.
TP	Twisted Pair.
TP-UART	Twisted Pair-Universal Asynchronous Receive Transmit.
TV	Teplá voda.
TZB	Technické zariadenie budovy.
USB	Universal Serial Bus.
WC	Water Closet.

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1. Slnečný svit v kWh/m <sup>2</sup> .....	17
Obr. 2. Výkon slnečného žiarenia.....	17
Obr. 3. Pole tepelnej pohody .....	23
Obr. 4. Energetické zásoby, spotreba energie.....	32
Obr. 5. Priamy a nepriamy ohrev vody v kolektorovom okruhu .....	40
Obr. 6. Kolektorový okruh s prirodzeným a núteným obehom teplonosnej látky.....	41
Obr. 7. Kolektorový okruh so zabezpečovacím zariadením.....	42
Obr. 8. Princíp funkcie tepelného čerpadla .....	43
Obr. 9. Typy tepelných čerpadiel .....	47
Obr. 10. Líniová vetva KNX línie .....	50
Obr. 11. Topológia KNX .....	51
Obr. 12. Fyzická adresa účastníkov v sieti KNX.....	51
Obr. 13. Štruktúra účastníka KNX.....	52
Obr. 14. Štruktúra zbernicovej spojky .....	53
Obr. 15. KNX telegram.....	56
Obr. 16. Rámec KNX .....	56
Obr. 17. Situácia .....	63
Obr. 18. Pôdorys suterénu.....	64
Obr. 19. Pôdorys prízemí .....	65
Obr. 20. Pôdorys 1. poschodia.....	66
Obr. 21. Solárny systém na ohrev teplej vody.....	76
Obr. 22. Graf dodávky a odberu tepla pri ohreve vody .....	79
Obr. 23. Hydraulické zapojenie systému vykurovania a ohrevu teplej vody .....	88
Obr. 24. Rozmiestnenie podlahových kanálov v prízemí rodinného domu.....	91
Obr. 25. Rozmiestnenie podlahových kanálov na 1. poschodí rodinného domu.....	92
Obr. 26. Odsávanie vzduchu v prízemí rodinného domu .....	93
Obr. 27. Odsávanie vzduchu na 1. poschodí rodinného domu .....	94
Obr. 28. Situácia – elektroinštalácia .....	97
Obr. 29. Pôdorys suterénu - elektroinštalácia.....	101
Obr. 30. Pôdorys prízemí – elektroinštalácia.....	102
Obr. 31. Pôdorys poschodia – elektroinštalácia.....	103

---

Obr. 32. Prepojenie EZS/EPS a KNX.....	109
Obr. 33. Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS v suteréne .....	113
Obr. 34. Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS v prízemí .....	114
Obr. 35. Rozmiestnenie prvkov EZS a EPS na 1. poschodí .....	115
Obr. 36. Princíp ovládania osvetlenia prostredníctvom KNX.....	119
Obr. 37. Princíp ovládania žalúzií prostredníctvom KNX .....	121
Obr. 38. Tlačidlové snímače Solo.....	124
Obr. 39. Ručný IR vysielateľ.....	125
Obr. 40. Dotykový ovládací LCD panel – výber miestnosti .....	126
Obr. 41. Dotykový ovládací LCD panel – nastavenie miestnosti.....	126
Obr. 42. Dotykový ovládací LCD panel – Menu Scény.....	127
Obr. 43. Suterén - rozmiestnenie prvkov KNX .....	129
Obr. 44. Prízemie – rozmiestnenie prvkov KNX.....	130
Obr. 45. 1. poschodie – rozmiestnenie prvkov KNX.....	131
Obr. 46. Náklady na vykurovanie.....	133
Obr. 47. Porovnanie obstarávacích nákladov .....	135
Obr. 48. Porovnanie prevádzkových nákladov .....	135

**ZOZNAM TABULIEK**

Tab. 1. Zníženie oblastnej výpočtovej teploty $\Theta_e$ s ohľadom na nadmorskú výšku.....	14
Tab. 2. Výňatok z ČSN 12 831 .....	14
Tab. 3. Relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu.....	15
Tab. 4. Rýchlosť vetra .....	16
Tab. 5. Súčiniteľ $A$ .....	22
Tab. 6. Rýchlosť prúdenia vzduchu v pobytových miestnostiach.....	24
Tab. 7. Index $PMV$ .....	24
Tab. 8. Index $PPD$ .....	26
Tab. 9. Výpočtová vonkajšia teplota $\Theta_e$ , ročná priemerná vonkajšia teplota $\Theta_{m,e}$ .....	60
Tab. 10. Výpočtová vnútorná teplota $\Theta_i$ a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu $\varphi_{ai}$ .....	60
Tab. 11. Rozpis miestností.....	61
Tab. 12. Súčiniteľ prechodu tepla pre použité stavebné konštrukcie a prvky .....	62
Tab. 13. Návrhová tepelná strata prechodom tepla $\Phi_{T,i}$ .....	69
Tab. 14. Návrhová tepelná strata vetraním $\Phi_{V,i}$ .....	70
Tab. 15. Zátopový tepelný výkon .....	72
Tab. 16. Celkový návrhový tepelný výkon.....	73
Tab. 17. Doporučené parametre vnútorného prostredia obytných budov .....	89
Tab. 18. Obstarávacie náklady.....	133
Tab. 19. Obstarávacie náklady na systém KNX.....	136

## ZOZNAM PRÍLOH

Príloha P I    Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie  $R_{si}$ , vonkajšej strane konštrukcie  $R_{se}$

Príloha P II    Tepelné zisky

Príloha P III   Použité prvky KNX

**PRÍLOHA P I: ODPOR PRI PRESTUPE TEPLA NA VNÚTORNEJ  
STRANE KONŠTRUKCIE  $R_{SI}$  , VONKAJŠEJ STRANE  
KONŠTRUKCIE  $R_{SE}$**

typ konštrukcie		$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
zvislá konštrukcia		0,13
vodorovná konštrukcia	tepelný tok hore	0,10
	tepelný tok dolu	0,17

Obdobie	$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
zimné obdobie	0,04
zimné obdobie (nadm. výška $\geq$ 1000 m. n. m.)	0,03
letné obdobie	0,07

## PRÍLOHA P II: TEPELNÉ ZISKY

### VYHODNOTENIE VÝPOČTU TEPELNÝCH ZISKOV PRE OBJEKT [W]

Mesiac	Hodiny																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-5462	-5609	-5681	-5678	-5598	-5069	-841	-537	-219	136	454	1578	2615	2571	1387	1225	1101	933	310	23	-316	-649	-978	-5252
2	-4446	-4594	-4667	-4665	-4585	-3960	863	1127	1445	1800	2122	3252	4471	4906	4364	2900	2766	2597	1903	1616	1273	940	654	-4218
3	-3466	-3616	-3690	-3687	-3605	-2871	2687	2991	3198	3545	3886	4570	6028	6747	6869	5725	4512	4343	3542	3250	2920	2625	2326	-3233
4	-2646	-2796	-2868	-2865	-2789	-284	4240	4268	4254	4559	4887	5178	6322	7084	7152	6536	5583	5370	4491	4190	3897	3589	3271	-2405
5	-1967	-2112	-2202	-2184	-735	1735	5365	5430	5175	5463	5762	6086	6708	7546	7750	7344	6549	6297	5364	5040	4741	4423	4108	-1721
6	-1541	-1699	-1777	-1723	-64	2028	5410	5556	5430	5723	6054	6351	6710	7447	7621	7219	6738	6547	5694	5323	5016	4689	4381	-1303
7	-1354	-1508	-1587	-1579	-509	1843	5453	5628	5560	5890	6204	6484	7033	7762	7893	7432	6870	6679	5836	5500	5174	4848	4537	-1109
8	-1404	-1557	-1635	-1634	-1544	955	5480	5497	5481	5840	6159	6443	7595	8362	8425	7818	6863	6636	5759	5472	5128	4821	4513	-1170
9	-1752	-1901	-1974	-1975	-1889	-1192	4032	4298	4591	4946	5301	5894	7175	7742	7543	6511	5946	5778	5010	4683	4350	4035	3747	-1524
10	-2310	-2454	-2531	-2521	-2443	-1828	3002	3270	3590	3940	4260	5392	6654	7075	6536	5068	4946	4740	4044	3750	3420	3082	2787	-2084
11	-3075	-3222	-3299	-3293	-3212	-2677	1551	1842	2174	2523	2846	3964	4904	4960	3774	3613	3490	3320	2702	2409	2080	1732	1414	-2860
12	-3947	-4082	-4161	-4154	-4083	-3571	425	728	1047	1393	1718	2708	3614	3365	2468	2485	2368	2196	1604	1309	977	643	315	-3726

## PRÍLOHA P III: POUŽITÉ PRVKY KNX

Názov KNX prvku	Typ	Funkcia/Popis	Umiestnenie
Napájací zdroj 640 mA	SV/S 30.640.5	napájanie zbernice	Rozvádzač na prízemí
Záložný napájací zdroj 640 mA	SU/S 30.640.1	záložné napájanie zbernice z batérii	Rozvádzač na prízemí
Batériový modul 12 V, 10 min	AM/S 12.1	batérie k záložnému napájacímu zdroju	Rozvádzač na prízemí
Napájací zdroj 12 V, 1600 mA	NT/S 12.1600	napájanie zariadení KNX	Rozvádzač na prízemí
Prepät'ová ochrana	US/E 1	ochrana zariadení na zbernici proti prepätiu	Rozvádzač na prízemí
Líniová spojka	LK/S 4.1	spájanie viacerých KNX línii	Rozvádzač na prízemí
USB rozhranie	USB/S 1.1	pripojenie PC na programovanie a diagnostiku	Rozvádzač na prízemí
USB rozhranie	6123 USB-X	pripojenie PC vo farebnom vyhotovení X	Spáľňa na prízemí
IP rozhranie	IPS/S 2.1	rozhranie na pripojenie KNX do siete LAN	Rozvádzač na prízemí
Koncentrátor 32 I/O	UK/S 32.2	univerzálny koncentrátor snímačov a svetidiel	Rozvádzač na prízemí
IR ručný ovládač	6010-25-500	univerzálny diaľkový ovládač osvetlenia/žalúzií	Obývací izba, spáľňa, kuchyňa, izby
Zbernicový kábel	KSK224	zbernicový kábel YCYM 2x2x0,8	Domové rozvody KNX
Žalúziiový akčný člen SMI	JA/S 4.SMI.1M	ovládanie žalúzií s pohonmi so spätnou väzbou	Rozvádzač na prízemí
Žalúziiový akčný člen X-násobný	JA/S X.230.1	ovládanie žalúzií so štandardnými pohonmi	Rozvádzač na 1. poschodí



riadiaci panel	6136/100C-102-500	farebný dotykový riadiaci panel s 210 funkciami	Chodba na 1. poschodí
Buch - Comfort dotykový panel	8136-500	programovateľný IP/KNX dotykový panel	Obývacia izba na prízemí
Logický modul	LM/S 1.1	vykonáva log. funkcie - scény, časovač,...	Rozvádzač na prízemí, 1. poschodí
Senzor jasů	HS/S 3.1	sníma hodnotu svetla v mieste osadenia	Chodby na všetkých poschodiach
Meteorologická jednotka	WZ/S 1.1	spracovanie dát z meteo senzorov	Rozvádzač na prízemí
Meteorologické senzory	WES/A 1.1	senzor jasů, teploty, rýchlosti vetra, dažďa	V exteriéri
Binárny výstup 10 A, X-násobný	SA/S X.10.1	spínací akčný člen osvetlenia	Rozvádzač na prízemí, 1. poschodí
Binárny výstup 16 A, X-násobný	SA/S X.16.5S	spínací akčný člen osvetlenia s detekciou prúdu	Rozvádzač na prízemí, 1. poschodí
Univerzálny stmievací akčný člen	UD/S 2.300.2	spínanie a stmievanie osvetlenia	Rozvádzač na prízemí, 1. poschodí
Ovládač osvetlenia/spínač/stmievač	LR/S 2.16.1	spínanie, stmievanie, riadenie svetelných okruhov	Rozvádzač na prízemí
Tlačidlový snímač rady Solo		vo vyhotovení podľa požiadaviek užívateľov	všetky miestnosti
Zbernicová spojka	6120 U-102-500	pripojenie snímačov a senzorov na zbernicu	všetky miestnosti
Univerzálne rozhranie X-násobné	US/U X.2	pripojenie konvenčných vstupov/výstupov	Rozvádzač na prízemí, 1. poschodí
Rozhranie RS 232	EA/S 232.5	pripojenie systémov tzb	Technická miestnosť
Telefónna brána	TG/S 3.2	odosielanie emailov, SMS, hlasových správ	Rozvádzač na prízemí