

# **Integrovaný systém v budově – Inteligentní rodinný dům – Řídicí systém s centrální stanicí a komunikací**

The Integrated System in the building – Intelligent Family House –  
Control System with a Central Station and Communication

Bc. Zdeněk Karásek

---

Diplomová práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Zdeněk Karásek**  
Osobní číslo: **A11459**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově – Inteligentní rodinný dům – Řídicí systém s centrální stanicí a komunikací**

Zásady pro vypracování:

1. Nastudujte řešení energeticky úsporných rodinných domů s téměř nulovou spotřebou vstupní energie z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
3. Pro konkrétní budovu navrhnete vhodný systém techniky prostředí se zvážením možností využití obnovitelných zdrojů energie. Vytápěcí systém bude odpovídat parametrům rodinného domu se zdrojem ZP a využitím tepelného čerpadla a solárních panelů s možností chlazení vnitřních prostorů.
4. Navrhnete vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA, s případnou vazbou na management budovy.
5. Součástí řešení bude elektroinstalace a navržen a integrován systém EPS a EZS.
6. Zvažte možnost využití fotovoltaických panelů a proveďte jejich technicko-ekonomické hodnocení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **CHYSKÝ, Jaroslav. Větrání a klimatizace. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.**
2. **LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001, 208 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-020-1466-9.**
3. **DANIELS, Klaus a Tomáš SUCHÁNEK. Technika budov: příručka pro architekty a projektanty. 1. čes. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 519 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-889-0563-X.**
4. **JELÍNEK, Vladimír a Tomáš SUCHÁNEK. Technická zařízení budov: podklady pro projekty : určeno pro stud. fak. stavební. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1991, 29 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-010-0586-0.**
5. **MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 978-802-4723-679.**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**24. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce:

**11. června 2013**

Ve Zlíně dne 24. února 2013

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



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

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je seznámení se s problematikou návrhu integrovaných systémů budov, tzv. inteligentních rodinných domů, který spočívá v analýze energetických úsporných domů s minimální spotřebou vstupní energie. Součástí návrhu je výpočet tepelných ztrát, včetně návrhu otopné soustavy a ohřev teplé vody. Elektronický zabezpečovací systém, elektronický požární systém a inteligentní elektroinstalace je pokračováním návrhu inteligentního domu. V práci je vypracováno technicko-ekonomické hodnocení použitých technologií. Celý inteligentní systém je navrhnut nejnovějšími a zároveň moderními trendy tak, aby splňoval požadavky nadstandardního a komfortního bydlení současnosti.

Klíčová slova: integrovaný systém v rodinném domu, tepelné ztráty, tepelné čerpadlo, solární kolektor, vytápění, chlazení, EZS, EPS, SCADA, KNX

## **ABSTRACT**

The aim of this paper is to present the problems of design of integrated building systems, so-called. smart houses, which consists in the analysis of energy-efficient buildings with minimum energy input. The proposal involves the calculation of heat losses, including draft heating system and hot water. Electronic security system, electronic fire systems and smart wiring is a continuation of intelligent building design. In this work the development of technical and economic evaluation of technologies. The whole intelligent system is designed to the latest trends and modern at the same time to meet the requirements of high standard and comfortable living there.

Keywords: integrated in a family house, heat loss, heat pump, solar collector, rating, cooling, EZS, EPS, SCADA, KNX

Tímto děkuji Ing. Martinovi Zálešákovi, CSc. za cenné rady a odborné vedení při tvorbě této diplomové práce.

Poděkování patří i mé rodině, přítelkyni a přátelům, za velkou podporu po čas celého studia na vysoké škole.

**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>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>12</b>
<b>1 ENERGETICKÉ RODINNÉ DOMY.....</b>	<b>13</b>
1.1 NÁROČNOST NA VYTÁPĚNÍ.....	13
1.1.1 Pasivní dům.....	13
1.1.2 Nízkoenergetický dům.....	14
1.1.3 Nulový dům.....	14
1.2 METODIKA HODNOCENÍ NÍZKOENERGETICKÝCH RODINNÝCH DOMŮ.....	15
1.2.1 Započtení ploch a objemů.....	15
1.2.2 Klimatické okrajové podmínky.....	15
1.2.3 Vnitřní tepelné zisky.....	15
1.2.4 Výměna vzduchu.....	15
1.2.5 Výpočet.....	16
1.2.6 Stanovení dalších energetických potřeb domu.....	17
1.2.7 Klasifikace.....	18
1.2.8 Označení hodnocených domů.....	19
1.3 CERTIFIKAČNÍ ŠTÍTKY.....	20
1.4 PŘÍTOMNOST, TRENDY.....	21
<b>2 TEPELNÉ PARAMETRY PROSTŘEDÍ.....</b>	<b>22</b>
2.1.1 Vysoká kvalita vnitřního prostředí.....	22
2.2 TEPELNÁ POHODA.....	22
2.3 OPERATIVNÍ TEPLOTA.....	22
2.4 PPD, PMV.....	23
2.4.1 PMV.....	23
PMV – Ukazatel předpovídající střední teplený pocit velké skupiny osob. ....	23
2.4.2 PPD.....	24
PPD – Předpověď poměrného počtu lidí, kteří budou s daným tepelným mikroklimatem nespokojeni.....	24
2.5 HYGIENICKÉ PARAMETRY PROSTŘEDÍ.....	25
2.5.1 Oxid uhelnatý CO.....	26
2.6 DENNÍ A UMĚLÉ OSVĚTLENÍ.....	27
2.6.1 Druhy umělého osvětlení:.....	27
2.6.2 Osvětlení obytného prostředí.....	28
2.7 AKUSTIKA.....	29
<b>3 OBNOVITELNÉ ZDROJE A JEJICH VYUŽITÍ.....</b>	<b>30</b>
3.1.1 Sluneční energie.....	30
3.1.2 Větrné elektrárny.....	31
3.1.3 Vodní a geotermální energie.....	31
3.2 NEOBNOVITELNÉ ZDROJE A JEJICH VYUŽITÍ.....	32
3.2.1 Uhlí.....	32
3.2.2 Ropa.....	32
3.2.3 Zemní plyn.....	33
<b>4 NÁVRH TEPELNÉ SOUSTAVY.....</b>	<b>34</b>

4.1	POŽADAVKY NA NÁVRH TEPELNÉ SOUSTAVY .....	34
4.1.1	Rozvod tepla.....	35
4.2	REGULACE .....	35
4.2.1	Bezpečnostní zařízení.....	35
4.2.2	Bezpečnostní potrubí.....	36
4.2.2.1	Nastavení hladiny vody .....	36
4.3	TEPELNÉ ČERPADLO .....	36
4.3.1	Charakteristika práce tepelného čerpadla je topný faktor (COP).....	38
4.3.2	Carnotova věta .....	39
4.4	SOLÁRNÍ KOLEKTORY .....	39
4.4.1	Dělení solárních kolektorů .....	39
4.4.1.1	Komponenty solárních kolektorů.....	39
4.4.2	Fotovoltaické panely .....	41
<b>5</b>	<b>VÝMĚNA VZDUCHU – REKUPERACE.....</b>	<b>43</b>
5.1	NÁVRH SYSTÉMU .....	44
5.2	TYPY REKUPERAČNÍCH JEDNOTEK.....	44
5.3	DALŠÍ MOŽNOSTI REKUPERACE, TRENDY.....	45
5.3.1	Integrovaný okenní větrací systém s rekuperací vzduchu.....	45
<b>6</b>	<b>ELEKTRICKÁ SÍŤ .....</b>	<b>46</b>
6.1	Síť TN, TNC.....	46
6.1.1	Materiál pro elektrické rozvody .....	47
6.1.2	Dimenzování vodičů .....	48
6.1.3	Ochrana proti přetížení a zkratu .....	49
6.1.4	Jističe.....	49
6.2	ŘÍZENÍ A KOMUNIKACE .....	49
6.2.1	Centralizovaný X decentralizovaný systém .....	50
6.2.2	Sběrníkový systém EIB/KNX .....	51
6.2.3	Topologie sběrníkového systému .....	51
6.2.4	Struktura KNX .....	53
6.2.4.1	Přenosová média (fyzická).....	53
6.2.4.2	Silové vedení powerline.....	54
6.2.4.3	Příznaky .....	54
6.2.4.4	Typy datových objektu, Telegram .....	55
6.2.5	Projektování v ETS .....	56
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>POPIS NÁVRHOVÝCH SYSTÉMŮ .....</b>	<b>59</b>
7.1	POPIS RD A OKRAJOVÉ PODMÍNKY VÝPOČTU .....	60
7.2	POPIS MÍSTNOSTÍ .....	61
7.3	POSOUZENÍ KONSTRUKCE OBVODOVÉ STĚNY RODINNÉHO DOMU .....	63
7.4	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT .....	64
7.5	SKLADBA KONSTRUKCE RODINNÉHO DOMU .....	65
7.5.1	Tepelné ztráty z vytápěcích místností do venkovního prostředí.....	66
7.5.2	Tepelná ztráta větráním.....	67



7.6	CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA .....	68
7.6.1	Energetický štítek obálky budovy .....	70
7.7	VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ .....	70
<b>8</b>	<b>NÁVRH VYTÁPĚCÍ A CHLADÍCÍ SOUSTAVY .....</b>	<b>73</b>
8.1	VÝBĚR ELEKTRICKÉHO KOTLE .....	73
8.2	VÝBĚR TEPELNÉHO ČERPADLA .....	74
8.3	VÝBĚR ZÁSOBNÍKU TV A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE .....	76
8.4	NÁVRH SOLÁRNÍHO SYSTÉMU .....	78
8.5	OTOPNÁ SOUSTAVA.....	80
8.5.1	Popis schématu, zapojení a regulace otopného systému.....	80
8.5.2	Letní a zimní provoz .....	83
8.5.3	Dimenzování potrubí a výběr čerpadla .....	83
8.5.4	Výběr regulátoru .....	85
8.6	REKUPERACE.....	86
<b>9</b>	<b>DIMENZOVÁNÍ POJISTNÝCH A EXPANZNÍCH ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>87</b>
9.1	POJISTNÝ VENTIL.....	87
9.2	EXPANZNÍ NÁDOBY .....	88
9.3	NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.....	90
9.3.1	Rozdělovač .....	96
9.4	PODLAHOVÉ CHLAZENÍ .....	97
9.5	STROPNÍ CHLAZENÍ.....	98
9.6	NÁVRH PODLAHOVÝCH KONVERTORŮ.....	101
9.7	VYTÁPĚNÍ – SHRUTÍ .....	101
<b>10</b>	<b>NÁVRH ELEKTROINSTALACE .....</b>	<b>103</b>
10.1	PŘÍPOJKA NN .....	103
10.2	NÁVRH SVĚTELNÝCH OBVODŮ .....	104
10.3	NÁVRH ZÁSUVKOVÝCH OBVODŮ.....	104
10.4	NÁVRH KOUPELNOVÝCH OBVODŮ .....	105
<b>11</b>	<b>INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE .....</b>	<b>110</b>
11.1	ROZVODY KNX .....	110
11.2	OSVĚTLENÍ.....	110
11.2.1	Ovládání osvětlení.....	112
11.3	ŽALUZIE – OVLÁDÁNÍ.....	113
11.3.1	Scény .....	114
11.4	EZS.....	115
11.5	EPS116	
11.6	OVLÁDACÍ PANEL.....	117
11.7	MULTIMEDIÁLNÍ OVLÁDÁNÍ POMOCÍ SCADA SYSTÉMU .....	119
11.8	SCADA SYSTÉM .....	122
11.8.1	Prostředí pro mobil, tablet.....	122
<b>12</b>	<b>TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ .....</b>	<b>123</b>

---

12.1	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ.....	123
12.1.1	Náklady .....	124
12.1.1.1	Rekuperace .....	125
12.2	NÁKLADY NA INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACI.....	125
12.3	POUŽITÍ FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ .....	126
12.3.1	Náklady na fotovoltaický systém .....	126
12.4	CELKOVÉ TECHNICKÉ-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ .....	128
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>129</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>131</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>133</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>136</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>138</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>140</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>141</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>142</b>

## ÚVOD

Nedílnou součástí dnešního života téměř každého člověka jsou moderní technologie, které jdou stále rychlejším tempem dopředu. Je tomu tak i v budovách, které svou modernizací určují moderní trendy. Tyto moderní trendy budov nespočívají výlučně v jejich stavební části, ale i v komfortně-technické části budov.

Ve stavební části budov je kladen důraz na takové materiály, které mají co nejmenší součinitel tepelné vodivosti. Stavební prvek s nízkým součinitelem tepelné vodivosti je dražší, na druhou stranu jeho využití je spojeno s nižšími náklady na provoz budov, v důsledku čehož se vložená investice, za takový materiál vrátí během několika let.

Použití stavebních prvků s nízkým součinitelem tepelné vodivosti není zrovna nejlevnějším řešením, avšak v kombinaci s nízkonákladovými vytápěcími systémy, které využívají obnovitelné zdroje energie, jako jsou tepelné čerpadla, solární systémy, fotovoltaické systémy, jsou náklady na provoz budov minimální. Další výhodou těchto systémů je jejich mobilní ovládání, kdy jejich uživatelé jsou schopni ovládat budovu z kteréhokoliv místa na světě, k čemuž jim stačí internetové připojení a přístroj, ze kterého lze budovu ovládat jako je mobil, notebook nebo tablet.

Při použití uvedených moderních technologií je nezbytné správně nastavit komunikaci mezi jednotlivými prvky jak už vytápěcími, chladícími nebo prvky solární soustavy, tak i mezi prvky zabezpečení, k čemuž slouží inteligentní elektroinstalace. Pokud jsou dodrženy všechny předpoklady komunikace a je zajištěn přístup do sítě, postačuje se jen připojit na inteligentní budovu, který tak může být ovládán na dálku.

Zabezpečení inteligentní budovy může být kontrolováno buď agenturou anebo přímo majitelem této budovy pomocí jednoduché sms zprávy nebo emailem. Inteligentní budovy jsou tak plně zabezpečeny proti nedovoleným vniknutím do nich. Majitelé inteligentních budov se tak nemusí obávat, opustit tyto budovy na delší dobu a nemusí při tom obtěžovat sousedy s hlídáním jejich budov.

V jednotlivých inteligentních budovách se dají použít různé systémy od různých výrobců. Technologie použité v inteligentních budovách se mohou různě lišit, ale vždy je nezbytné klást nárok na použití, co nejefektivnějších systémů, za cenu nejvyššího komfortu bydlení.

Tato má diplomová práce si klade za cíl odpovědět na otázku, jak správně inteligentní budovu navrhnout.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ENERGETICKÉ RODINNÉ DOMY

Rozdělení energetických rodinných domů z hlediska spotřeby energie, které se udává v kW/h. Výšku spotřeby ovlivňuje:

- Vytápění
- Ohřev vody

Obecně platí, že prostředky investované na vytápění se dříve nebo později vrátí a ušetří uživateli nemalé náklady.

Domy běžné – klasické stavební materiály, požadavky na úspory jsou minimální

Domy nízkoenergetické - méně přísná kritéria úspor energií na provoz domu

Domy pasivní – splňuje přísná kritéria energetických úspor při provozu domu

Nulový dům – Technologicky zdokonalená varianta pasivního domu, své energetické potřeby saturuje z místních zdrojů.

### 1.1 Náročnost na vytápění

Plusový dům – vyprodukuje víc kWh, než sám stačí spotřebovat.

Nulový dům – roční spotřeba do 5 kWh na m<sup>2</sup> vytápěné plochy.

Pasivní dům – roční spotřeba nejvýše 15kWh na m<sup>2</sup> vytápěné plochy.

Nízkoenergetický dům – roční spotřeba nejvýše 50 kWh na m<sup>2</sup> vytápěné plochy.

Běžná moderní novostavba – roční spotřeba nejvýše 90 kWh na m<sup>2</sup> vytápěné plochy.

Starší dům – roční spotřeba 90 – 280 kWh na m<sup>2</sup> vytápěné plochy.

#### 1.1.1 Pasivní dům

Dřevěné konstrukce – velmi oblíbené, vysoká rychlost výstavby, snadná montáž.

Nevýhoda: Jsou náchylné na vzduchotěsnost, tepelnou stabilitu a akustickou pohodu.

Fošinky = Dřevěné masivy o rozměrech (120/60 a 160/60).

Vazníkové = Lepené, nebo sbíjené příhradové konstrukce z hranolků o rozměrech (70/30).

Zděné konstrukce – tradiční stavební materiál, nemlsně jednodušší, dostatečné tepelná akumulace.

Nevýhoda: Velká tloušťka konstrukcí (oddělení nosné a izolační složky zdiva), komplikovaná montáž.

Keramické zdivo, pórobetony, pěnobetony: síla zdiva do 300 mm, nízká pevnost.

Vápenopískové zdivo: zdivo z betonových tvárnic: vysoká pevnost, štíhlé konstrukce, vyztužování ocelí.

### 1.1.2 Nízkoenergetický dům

#### Výhody:

kratší otopná sezona – vyšší životnost otopné soustavy

nízká spotřeba energií – významné snížení závislosti na dodávkách energií od distributorů, úspora našich peněz

nenáročná obsluha vytápění

tepelná pohoda

snížení zátěže na životní prostředí

celkové investiční náklady nejsou větší jako u běžných domů

možnost čerpání dotací tzv: Zelená úsporám

#### Nevýhody:

Samostatná stavba nízkoenergetických domů je v některých oblastech náročná:

- a) Musíme dbát na důkladnost při návrhu a počítat se všemi vlivy a jejich působením na dům.
- b) Důkladnost na samostatnou stavbu domu, stavět se musí pečlivě a pomalu z důvodu neuděláním zásadní chyby, např: netěsnost okolo rámu okna atd.
- c) Stavba se musí v průběhu jejího vzniku kontrolovat.

### 1.1.3 Nulový dům

K nulovému domu vede cesta vždy přes dům pasivní. Nejdříve je nutné minimalizovat potřebu tepla na vytápění a poté pomocí technologií získat další obnovitelné zdroje energie. Součástí ND bude tepelné čerpadlo, fotovoltaické panely, samozřejmě je rekuperační jednotka. Nulový dům lze získat i dnes z pasivního domu, přidáním právě zvolených technologií tak, aby dům vyprodukoval více kW/h než sám spotřebuje.

## 1.2 Metodika hodnocení nízkoenergetických rodinných domů

### 1.2.1 Započtení ploch a objemů

Ke stanovení ploch konstrukcí se užívají vnější rozměry, tyto rozměry musí být v souladu s ČSN EN ISO 13790 [15] jako hranice vytápěného prostoru. U dvouplášťových větraných konstrukcí se za vnější hranu konstrukce považuje vnější povrch vnitřního pláště.

### 1.2.2 Klimatické okrajové podmínky

Každá lokalita má své specifické podmínky. Pokud se zabýváme přenosem tepla a vlhkosti v budovách, budeme se zabývat podmínkami:

- a) Teplota vzduchu – určuje se základní rozmezí mezi vnitřní a venkovní teplotou.
- b) Vlhkost vzduchu – relativní vlhkost venkovního a vnitřního vzduchu v %.
- c) Sluneční záření – množství dopadajícího záření za určité období, určuje se ve  $W/m^2$ . V budovách je to podstatná okrajová podmínka, velká intenzita způsobí zvýšení vnitřní teploty uvnitř objektu.
- d) Vítr – má vliv na intenzitu přenosu tepla mezi povrchem konstrukcí a venkovním vzduchem.

### 1.2.3 Vnitřní tepelné zisky

Do tepelných zisků se započítává metabolické teplo od osob i teplo uvolněné některými elektrickými spotřebiči a umělým osvětlením. Metabolické a uvolňované teplo se do vytápěného prostoru provozem spotřebičů a umělého osvětlení se uvažuje hodnotou 100W na přítomnou osobu, bez ohledu na stáří osoby. K tomu se připočítá 50W stálé produkce tepla na každou bytovou jednotku bez ohledu na přítomnost osob. Nejmenší plocha na jednu osobu se pro účely výpočtu uvažuje  $20m^2$ , bez ohledu na vyšší počet osob. Koeficient přítomnosti je 0,7.

### 1.2.4 Výměna vzduchu

Výměna vzduchu v otopném období pro účely větrání se uvažuje hodnotou  $25m^3$  čerstvého vzduchu na přítomnou osobu za hodinu. Koeficient přítomnosti je i zde 0,7, větrání musí být celoroční. Ve většině posuzovaných domů pomocí metodiky výměny vzduchu bude užíváno nucené větrání (vytápěný prostor se uvažuje jako celek).

### 1.2.5 Výpočet

Hodnoty součinitelů prostupu tepla se stanovují podle ČSN 73 0540-4 [19] a ČSN EN ISO 6946 [16]. Zhoršující vlivy opakovaně se vyskytující tepelně vodivějších konstrukčních a dalších prvků se uvažují ve formě přírážky  $\Delta U$  k základní hodnotě součinitele prostupu tepla.  $\Delta U$  se uvažuje podle Tab. 1.

Tab. 1. Přírážka  $\Delta U$  k základní hodnotě součinitele prostupu tepla

Charakter konstrukce	Zvýšení hodnoty součinitele prostupu tepla $\Delta U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Poznámka
Konstrukce zcela bez tepelných mostů	0	Výjimečný případ, se zcela souvislou tepelně izolační vrstvou, bez přítomnosti kotevnicích a dalších prostupujících prvků
Konstrukce téměř bez tepelných mostů	0,02	Nejčastější případ, doporučený projektový předpoklad
Konstrukce s mírnými tepelnými mosty	0,05	Konstrukce zpravidla nevhodné pro nízkoenergetické a pasivní domy
Konstrukce s běžnými tepelnými mosty	0,10	Konstrukce nevhodné pro nízkoenergetické a pasivní domy

Výměna vzduchu mezi interiérem a přilehlým prostorem se uvažuje jako nulová. Používá se součinitel  $b$  podle ČSN 73 0540-3 [18]. Je přípustné, navazující nevytápěné prostory ve výpočtu vůbec neuvažovat. V takovém případě se konstrukce na rozhraní vytápěné zóny a nevytápěného prostoru považují za konstrukce v kontaktu s venkovním prostředím.

Přenos přes podlahu nejnižšího vytápěného podlaží, podzemní podlaží, základy a zeminu se započítává metodou podle ČSN EN ISO 13370 [20]. Použití součinitele  $b$  podle ČSN 73 0540-3 [18]. Okna a další prosklené konstrukce se ve výpočtu uvažují jednotlivě, podle poměru zasklení (faktor rámu  $F_F$ ) a jejich stínění. Clonění oken se pro tento výpočet uvažuje jednotně hodnotou  $F_c = 1$ , pokud se nejedná o okna a prosklené konstrukce trvale zacloněné.

Tab. 2. Hodnota  $F_h$  pro orientační hodnocení, bez možnosti zatřídění budovy

Okna a prosklené plochy v nejnižším nadzemním podlaží	$F_h$ nejvýše 0,6
Okna a prosklené plochy ve vyšších nadzemních podlažích	$F_h$ nejvýše 0,9



### 1.2.6 Stanovení dalších energetických potřeb domu

Potřeba tepla (netto) na ohřev teplé vody se uvažuje jednotně hodnotou 550 kWh/osobu a rok. V této hodnotě je již zahrnuta redukce na nepřítomnost osob. I zde se jedná o jednotnou smluvní hodnotu, která jen přibližně může odpovídat skutečnosti.

Potřeba elektrické energie na domácí spotřebiče a umělé osvětlení se uvažuje jednotně hodnotou 800 kWh/os a rok.

Dále je pro provoz domu zapotřebí určité množství elektrické energie sloužící pro čerpadla, ventilátory, regulační prvky apod. Uvažuje se jednotně hodnotou 800 kWh/rok.

Celková účinnost přeměny energie na teplo potřebné pro vytápění a pro ohřev vody se stanoví jednotně podle tabulky 3. Odchyly od uvedených hodnot musí být odpovídajícím způsobem doloženy [10].

Tab. 3. Výpočtová celková účinnost přeměny energie na teplo potřebné pro vytápění a pro ohřev vody

Typ zdroje	Celková účinnost přeměny energie
kotel plynový běžný	0,84
kotel plynový nízkoteplotní	0,90
kotel plynový kondenzační	0,95
kotel na kusové dřevo v zapojení s akumulací nádrží	0,70
kotel na dřevěné peletky v zapojení s akumulací nádrží	0,75
kamna na kusové dřevo	0,50
kamna na kusové dřevo s částečným uvolňováním tepla do akumulací nádrže nebo otopného systému	0,60
kamna na dřevěné peletky	0,7
elektrické přímotopné nebo akumulací vytápění	0,93
tepelné čerpadlo	(COP*0,95)

Použití cirkulace teplé vody v rodinném domě se zpravidla nepovažuje za vhodné řešení.

Tab. 4. Výpočtová hodnota faktoru energetické přeměny pro přepočítání spotřeby energie na hodnoty primární energie

Zdroj	Faktor energetické přeměny [kWh/kWh]
Zemní plyn a další fosilní paliva	1,1
Elektrická energie	3
Dřevo a ostatní biomasa	0,05
Dřevěné peletky	0,15
Solární systémy termické	0,05
Solární systémy fotovoltaické	0,2

### 1.2.7 Klasifikace

Jako **energeticky pasivní rodinný dům** se podle této metodiky označuje dům, který splňuje požadavky č.1, 2, 3, 4, 5, 7 podle tab. 5 a hodnotu měrné potřeby tepla na vytápění má nejvýše 20 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Jako **nízkoenergetický rodinný dům** se podle této metodiky označuje dům, který splňuje požadavky č. 2 a 5 podle tab. 5 a hodnotu měrné potřeby tepla na vytápění má nejvýše 50 kWh/(m<sup>2</sup>a). Požadavky 1a, 1b, 3 a 4 jsou doporučené. Požadavek 7 se nehodnotí.

Energeticky pasivní rodinný dům a nízkoenergetický dům splňující výše uvedené požadavky se zatřídí podle potřeby tepla na vytápění do nejbližší vyšší třídy podle tab. 5. Třídy jsou odstupňovány po 2 kWh v intervalu 10 až 20 kWh a dále po 5 kWh v intervalu 20 až 50 kWh [6].

Tab. 5. Třídy pro zařazení energeticky pasivních a nízkoenergetických rodinných domů

Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> a)] v intervalu	Třída
≤ 10	10
>10 - ≤12	12
>12 - ≤14	14
>14 - ≤16	16
>16 - ≤18	18
>18 - ≤20	20
>20 - ≤25	25
>25 - ≤30	30
>30 - ≤35	35
>35 - ≤40	40
>40 - ≤45	45
>45 - <50	50

### 1.2.8 Označení hodnocených domů

**Energeticky pasivní rodinný dům** se označí písmennou zkratkou PARD doplněnou o dvouciferné označení třídy podle Tab. 8.

**Nízkoenergetický rodinný dům** se označí písmennou zkratkou NERD doplněnou o dvouciferné označení třídy podle Tab. 8.

Pokud je alespoň 50% ročního množství energie potřebné na ohřev teplé vody pokryto pomocí solárního systému a současně  $PE_A \leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , tedy řešení zvláště redukuje potřebu neobnovitelných energetických zdrojů, značení se doplní písmenem S.

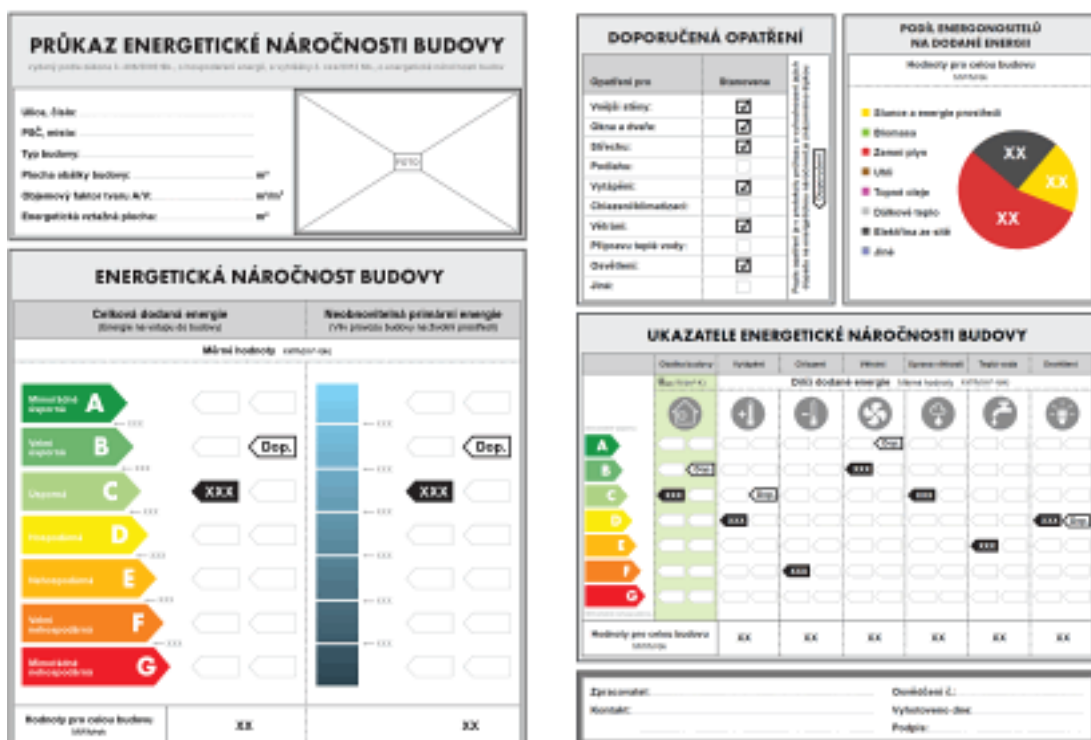
Pokud je dům vybaven zařízeními na energetickou produkci (fotovoltaický systém), která jsou součástí budovy, ať již jsou použita pro vlastní potřebu nebo dále distribuovanou produkci, v takovém rozsahu, že roční bilance dodávané energie na vstupu do budovy a

vyprodukované energie je vyrovnaná, označuje se jako **energeticky nulový dům**. Značení se doplňuje písmenem N.

Pokud budova vytváří přebytek energetické produkce, označuje se jako **energeticky plusový dům**. Značení se doplňuje značkou + (plus) [3] [8].

### 1.3 Certifikační štítky

Domy mají v dnešní době mít tzv. Energetické certifikační štítky, které jsou podobné elektronickým certifikačním štítkům. Pomocí tohoto štítku lze určit, o jaký typ energetického domu se jedná. Energetický štítek je snadno čitelný.



Obr. 1. Certifikační štítek

## 1.4 Přítomnost, trendy

V dnešní době se každý člověk snaží ušetřit co nejvíce peněz, je to dáno vlivem rostoucích cen energií, tudíž se dívá na domy, které mají nejmenší energetickou náročností nejlépe takové, které se blíží svou spotřebou energií k pasivním domům. V ČR jsou zatím málo populární tzv. nulové rodinné domy, kvůli jejich pořizovací ceně, která je vyšší než u ostatních typů domů.

Stále více rodin se staršími domy, přechází na alternativní zdroje energie (tepelná čerpadla a solární kolektory, fotovoltaické kolektory).



Obr. 2. Tepelné čerpadlo, fotovoltaické kolektory

## 2 TEPELNÉ PARAMETRY PROSTŘEDÍ

### 2.1.1 Vysoká kvalita vnitřního prostředí

- teplota interiéru
- teplota povrchů obvodových konstrukcí
- optimální vlhkost interiéru
- kontinuální přívod čerstvého vzduchu, omezení průvanu
- minimalizace materiálů uvolňujících zdraví škodlivé látky
- akustický komfort
- přirozené osvětlení
- zamezení přehřívání v létě

### 2.2 Tepelná pohoda

Mezi základní parametry tepelné pohody patří teplota a relativní vlhkost vzduchu, rychlost a turbulence proudění a sálové účinky okolních ploch. V ČR nejsou extrémní podmínky na vlhkost vzduchu.

### 2.3 Operativní teplota

Operativní teplota  $t_o$  (°C) je definována, jako jednotná teplota uzavřeného černého prostoru, ve kterém by tělo sdílelo radiaci a konvekci stejně tepla, jako ve skutečném teplotněnehomogenním prostředí. Při známé střední radiační teplotě  $t_r$  (°C) a teplotě vzduchu  $t$  (°C) se určí z výrazu:

$$t_o = t_p + A \cdot (t_a - t_p) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

$t_o$  – operativní teplota [°C]

A - funkce rychlosti proudění vzduchu var [m/s], viz. Tab. 6

$t_a$  - teplota vzduchu [°C]

$t_p$  - střední radiační teplota okolních ploch [°C]

Tab. 6. Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu

$v_{ar} [m.s^{-1}]$	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
A [-]	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

## 2.4 PPD, PMV

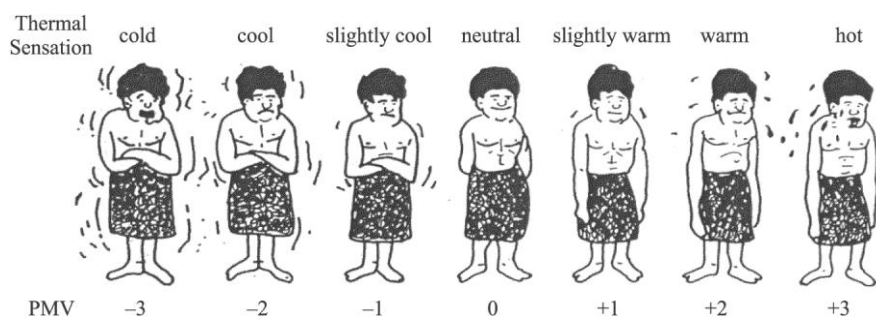
### 2.4.1 PMV

PMV – Ukazatel předpovídající střední tepelný pocit velké skupiny osob.

Ukazatel PMV je možné vypočítat z energetického výdaje – Fyzická námaha, tepelného odporu použitého oděvu, teploty vzduchu, střední radiační teploty, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu dle rovnic uvedených v ČSN EN ISO 7730 [21].

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot L \quad (2)$$

Pro hodnocení úrovně mírného prostředí se používá index předpokládaného středního tepelného pocitu PMV. Je to ukazatel předpovídající střední tepelný pocit velké skupiny osob v sedmistupňové stupnici pro posuzování tepelného pocitu. Pro lehkou tělesnou činnost, vykonávanou převážně v sedu (1 met), což odpovídá podmínkám v kancelářích, obytných prostorách a lehké práci v průmyslu, je možno odvodit vhodné teplotní podmínky. Předpokládá se v zimním období oděv o tepelném odporu  $I_{cccc} = 1 \text{ clo}$  ( $0,155 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ) a v letním období oděv o tepelném odporu  $I_{cccc} = 0,5 \text{ clo}$  ( $0,078 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ).



Obr. 3. Ukazatel PMV

### 2.4.2 PPD

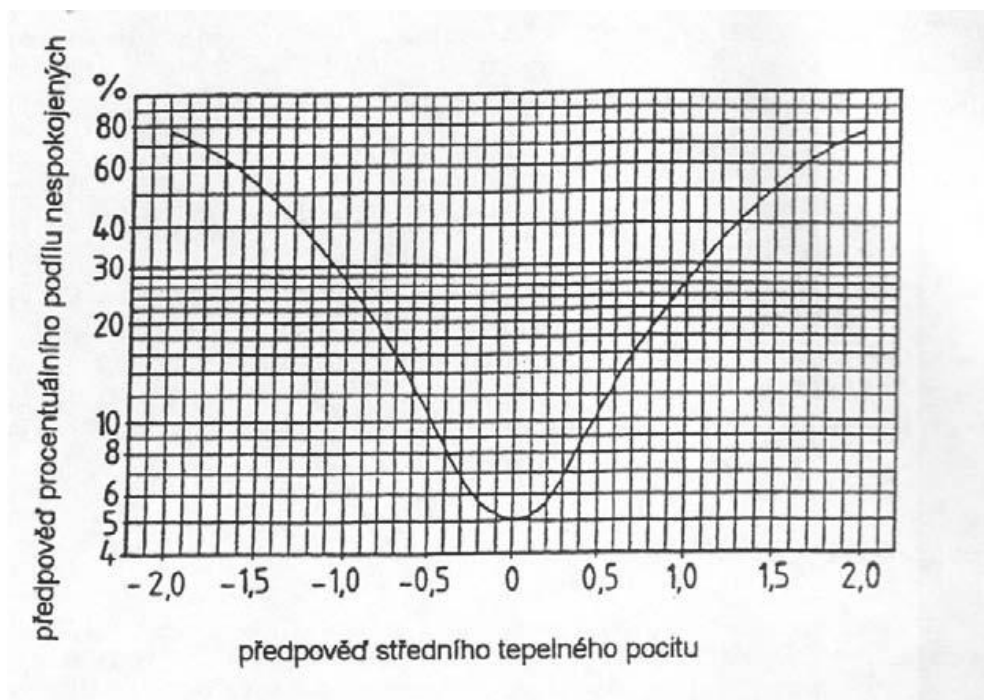
PPD – Předpověď poměrného počtu lidí, kteří budou s daným tepelným mikroklimatem nespokojeni.

PMV – předpokládá velkou skupinu lidí, ne všichni však budou s tepelným komfortem spokojeni, spokojenost závisí na stavu jedince, psychice, zdravotním stavu a fyziologii.

(5% nespokojených – tepelná pohoda, 10% – přípustné podmínky, 20% – přijatelné podmínky). Je – li známa hodnota PMV, je možné PPD odečíst z obrázku nebo vypočítat z rovnice uvedené v ČSN EN ISO 7730 [21].

Ukazatel PPD, závisí na indexu PMV, dle vztahu:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp\left[-\left(0,033 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2\right)\right] \quad (3)$$



Obr. 4. Ukazatel PPD



## 2.5 Hygienické parametry prostředí

Pobytové prostory: množství vyměňovaného vzduchu je  $25\text{m}^3$  na osobu, nebo minimální výměna vzduchu  $0,5\text{ h}^{-1}$ . Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm.

Tab. 7. Účinky  $\text{CO}_2$  na lidský organismus

350 ppm	Úroveň venkovního prostředí
Do 1000 ppm	Doporučená úroveň $\text{CO}_2$ ve vnitřních prostorách
1200 – 1500 ppm	Doporučená maximální úroveň $\text{CO}_2$ ve vnitřních prostorách
1000 – 2000 ppm	Nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000 – 5000 ppm	Nastávají možné bolesti hlavy
5000 ppm	Maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
>5000 ppm	Nevolnost a zvýšený tep
>15000 ppm	Dýchací potíže
>40000ppm	Možná ztráta a vědomí

Norma ČSN 73 0540-2 [17] pro pobytové místnosti se zpravidla požaduje zajistit nejméně  $15\text{m}^3/\text{h}$  čerstvého vzduchu na osobu při klidové aktivitě, nejméně však  $25\text{ m}^3/\text{h}$ .

Obecné kritérium pro stanovení nezbytného množství větracího vzduchu vychází z produkce  $\text{CO}_2$ :

Při produkci  $20\text{ l}\cdot\text{h}^{-1}/\text{os}$ , bez dalšího vnitřního zdroje, při venkovní koncentraci  $0,03\%$   $\text{CO}_2$  a požadované vnitřní  $0,12$  až  $0,15\%$   $\text{CO}_2$  vychází = cca  $15 - 25\text{ m}^3\text{h}^{-1}/\text{os}$ .

Vyhláška č. 20/2012 Sb. – byty: Obytné místnosti musí být dostatečně větrány venkovním vzduchem a vytápění v souladu s normovými hodnotami.

Tab. 8. Produkce vlhkosti v bytech (ČSN EN 15665)

Vodní pára – bdělé osoby	55 g/h na osobu
Vodní pára – spící osoby	40 g/h na osobu
Snídaně	50 g/h na osobu
Oběd	300 g/h na osobu
Vaření na plynu	350 g/den
Praní / sušení	1200 g/praní
sprchování	300 g/sprcha
<b>4členná rodina / den</b>	<b>8 - 10 kg</b>

Koncepce větrání:

- a) Nucené podtlakové větrání – přívod vzduchu pod tlakem větracími otvory, nucený odtah z hygienického zázemí a kuchyně.
- b) Hybridní větrání – přívod vzduchu pod tlakem větrací otvory se střídavým režimem přirozeného a nuceného odvodu vzduchu (kombinace přirozeného a nuceného větrání k zajištění minimální spotřeby energie).
- c) Nucené rovnotlaké větrání se ZZT výměníkem.

### 2.5.1 Oxid uhelnatý CO

- Váže se s hemoglobinem a snižuje okysličování krve.
- Nižší koncentrace (snadná unavitelnost, poruchy úsudku, závratě, poruchy vidění, poruchy kardiovaskulární).
- Vyšší koncentrace (příznaky otravy, bezvědomí, křeče, poruchy dýchání, smrt).

## 2.6 Denní a umělé osvětlení

Vnitřní osvětlení bývá většinou zastoupeno denním a umělým světlem. Kombinace denního a umělého osvětlení se nazývá osvětlení sdružené.

Umělé osvětlení slouží k vytvoření světelného klimatu v době, kdy denní osvětlení není k dispozici (stmívání) nebo není přístupné (komory).

**Světelný tok ( $\Phi$ )** – veličina, které vyjadřuje schopnost způsobit zrakový vjem. Jeho jednotka je lumen (lm). Jeden lumen je světelný tok vysílaný do prostorového úhlu bodovým zrakem, jehož svítivost je ve všech směrech jedna kandela.

**Zářivý tok** – je energie přenesená zářením za jednotku času.

**Svítivost ( $I$ )** – základní jednotka SI, Svítivost v daném směru je podíl části světelného toku, který vychází ze zdroje do malého prostorového úhlu v tomto směru.

**Intenzita osvětlení ( $E$ )** – je podíl té části světelného toku, která dopadá na plošku povrchu tělesa, a této plošky. Jednotka je lux (lx), osvětlení jednoho luxu je vyvoláno světelným tokem jednoho lumenu rovnoměrně rozprostřeného na ploše  $1 \text{ m}^2$ .

**Jas** – podíl svítivosti plošky zdroje v daném směru a průměru této plošky do roviny kolmé k danému směru. Jednotkou jasu je kandela  $\cdot \text{m}^2$ .

Světelné prostředí musí vytvořit podmínky pro zrakovou pohodu. Zraková pohoda má příznivý stav pro psychiku člověka, člověk se cítí lépe a má lepší pracovní výkon.

### 2.6.1 Druhy umělého osvětlení:

- Celkové – rovnoměrné osvětlení prostoru bez ohledu na zvláštní místní požadavky.
- Odstupňované – v části prostoru zesílené na vyšší intenzity (pracoviště).
- Místní – doplňuje celkové osvětlení a je samostatně ovládané, může být bodové (zvyšuje osvětlenost na určité ploše).
- Kombinované – celkové nebo odstupňované osvětlení je doplněno osvětlením místním.

Celkové osvětlení:

- Přímé (všechno světlo od zdroje dopadá na pracovní plochu nebo podlahu).
- Polopřímé (část světla dopadá na stěny a strop).

- Smíšené (světelný tok je rozptýlen do prostoru všemi směry).
- Nepřímé (všechno světlo dopadá na strop a prostor je osvětlen odraženým světlem).

Požadavky zásad dobrého umělého osvětlení:

- Odpovídající úroveň osvětlení podle druhu práce.
- Rovnoměrnost osvětlení.
- Přiměřené rozložení jasů ploch v zorném poli.
- Vhodný převažující směr osvětlení a stínivost.
- Omezení oslnění.
- Vhodné spektrální složení světla zdroje a přiměřené padání barev.
- Možnost použití místního přisvětlení a regulace celkového osvětlení
- Údržba a pravidelná kontrola osvětlovací soustavy.

## 2.6.2 Osvětlení obytného prostředí

Doporučené minimální hodnoty umělého osvětlení obytného prostředí jsou uvedeny v ČSN 73 4301 [37]. Osvětlení obytných interiérů by mělo vytvářet zdravé a příjemné prostředí dle využití prostoru.

Tab. 9. Požadavky na umělé osvětlení podle ČSN 73 4031

Požadavek umělého osvětlení v lx	Místo, činnost
50 - 100	Celkové nebo odstupňované osvětlení obytné místností s místním osvětlením
200 – 500	Celkové nebo odstupňované osvětlení pracovních prostorů bez místního osvětlení
200	Společné jídlo
300	Studium, pasní, kreslení, kuchyňské práce
500	Jemné ruční práce
75	Komunikace v bytě
100	Obytné kuchyně, koupelny, WC

## 2.7 Akustika

Zvuk je mechanické vlnění v látkovém množství, které může vyvolat sluchový vjem. Frekvence, které je člověk vnímat, jsou individuální, záleží na jedinci a leží v intervalu [16;20000] Hz. Všechno co je mimo interval nám sluchový vjem nevyvolá, presto je to zvuk. Frekvence nižší než 16 kHz má infrazvuk, frekvence vyšší jak 20 kHz má ultrazvuk.

Zvukové vlnění se šíří různými prostředí s různou rychlostí, vychýlení ze střední polohy.

$$u = A \cdot \sin \varpi \left( t - \frac{x}{v_z} \right) [^\circ C] \quad (4)$$

A = Amplituda akustické výchylky a  $v_z$  je rychlost zvuku.

Rychlost zvuku  $v = 331,82 + 0,61t$  ( $\text{ms}^{-1}$ ), kde t je teplota.

Hlasitost zvuku je závislá na velikosti akustického tlaku p.

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} [dB] \quad (5)$$

$p_0$  - vztažná hodnota akustického tlaku (práh slyšení):  $p_0 = 2.10 \text{ Pa}$

Hluk je faktor, který může negativně působit na životní prostředí. Při dlouhodobém působení vysokých úrovní nám může nenávratně poškodit sluch.

Hladina akustického tlaku  $L_p$  [dB] – obecná technická míra hluku, není zde však zohledněna míra citlivosti lidského sluchu na zvuky s různými kmitočty.

Akustika staveb se zabývá zejména ochranou před nadměrným hlukem a vibracemi a zajištěním optimálních akustických vlastností prostorů s ohledem na jejich užívání.

Hluk může vznikat: chůzí, mluvením, přenosem vibrací od různých zařízení apod. Tento typ hluku se nazývá kročejový zvuk. Z hlediska navrhování a eliminaci tohoto zvuku jsou podlahy.

Dopplerův jev nastane při relativním pohybu zdroje zvuku a provozovatele. Vyšší nastane při přiblížení, nižší nastane při oddálení.

### 3 OBNOVITELNÉ ZDROJE A JEJICH VYUŽITÍ

Obnovitelný zdroj je takový, jehož energie se dá čerpat další desítky až stovky let. Takové zdroje existují v různých podobách např. slunečního záření, větrné energie, vodní energie, geotermální energie, biomasy.

Definice dle zákona č. 180/2005 Sb. O podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů).

Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou větrná energie, sluneční záření, geotermální energie, vodní energie, bioplyny.

#### 3.1.1 Sluneční energie

Jedná o tzv. čistý a šetrný způsob získávání elektrické energie přímo ze slunečního záření. Účinnost přeměny slunečního záření na energii elektrickou je zhruba z jednoho čtverečního metru aktivní plochy až na 110 kWh elektrické energie za rok.

Princip sluneční elektrárny, elektrickou energii lze získat Přímo a nepřímou přeměnou.

Přímá přeměna – využití fotovoltaického jevu, při kterém v určité látce působením fotonů (světla) uvolňují elektrony, jev nastává v různých polovodičích. Fotovoltaický článek je tvořen nejčastěji tenkou destičkou z monokrystalu křemíku. Když na destičku dopadnou fotony, záporné elektrony se uvolňují a zbývají kladně nabitě “díry“. Takové články nám dávají stejnosměrný proud.

Nepřímá přeměna – jde o získání tepla pomocí slunečních sběračů. V ohnisku těchto sběračů umístíme termočlánky, které mění teplo v elektřinu. Termoelektrická přeměna spočívá na tzv. Seebeckové jevu (v obvodu ze dvou různých drátů vzniká elektrický proud, pokud jejich spoje mají různou teplotu). Jednoduché zařízení ze dvou různých drátů spojených na konci se nazývá termoelektrický článek. Jeho účinnost závisí na vlastnostech obou kovů, z nichž jsou dráty vyrobeny a na rozdílu teplot mezi teplým a studeným spojením. Větší množství termoelektrických článků vhodné spojených se nazývá termoelektrický generátor [13].

### 3.1.2 Větrné elektrárny

Jejich nominální výkon se pohybuje od 300 W po 3 MW.

Působením větru (vzduchu o určité rychlosti) na list rotoru, převádí větrná turbína umístěna na stožáru energií větru na rotační energii mechanickou. Ta je prostřednictvím generátorů zdrojem elektrické energie. Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly, proto mají listy speciálně tvarovaný profil, podobným křídům letadel. S vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou [13]. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. Výhodou je obsluha, dá se říct, že elektrárna je bezobslužná.

### 3.1.3 Vodní a geotermální energie

Ve vodní elektrárně voda roztáčí turbínu, ta je společně hřídeli s elektrickým generátorem. Mechanická energie proudící vody se mění na energii elektrickou, která se odvádí do míst spotřeby. Výběr turbíny závisí na účelu a podmínkách celého vodního díla.

Vedle průtokových vodních elektráren patří mezi nejznámější typy vodních elektráren akumulární elektrárny. Jsou součástí vodních děl často nádrží. Takovéto typy se stavějí často do hrází nádrží.

Geotermální elektrárny využívají k výrobě elektřiny tepelnou energii z vnitra Země – na některých místech je teplotní spád více než 55°C na 1 km hloubky, tyto typy elektráren se staví hlavně ve vulkanických aktivních oblastech [13]. Využívají zde pohonu turbín horkou párou stoupající pod tlakem z gejzírů a horkých pramenů. Jejich výstavba je zhruba pětikrát dražší než výstavba jaderných elektráren.

## 3.2 Neobnovitelné zdroje a jejich využití

Jako neobnovitelný zdroj, se předpokládá takový zdroj, který má omezenou zásobu životnosti, zhruba v rámci stovek let.

Typický příklad neobnovitelného zdroje jsou fosilní paliva (ropa, uhlí a zemní plyn).

Do neobnovitelných zdrojů se počítá i jaderná energie, protože přirozené přírodní zásoby štěpných materiálů jsou taky vyčerpatelné.

### 3.2.1 Uhlí

Hnědé, černé a antracit, to jsou druhy uhlí, které se získávají těžbou. Uhlí je hořlavá hornina, která vznikla geochemickými přeměnami rostlinných zbytků. Uhlí je složeno z uhlíku, vodíku, dusíku a síry. Energeticky nejhodnotnější je antracit.

Uhlí se hlavně používá jako palivo a jako chemická surovina.

Za teploty kolem 900°C bez přístupu vzduchu vzniká karbonizační plyn (jedovatý svítíplyn, dnes nahrazován zemním plynem), dehet a koks.

### 3.2.2 Ropa

Hnědá až nazelenavá hořlavá kapalina tvořena směsí uhlovodíků, především alkanů. Ropa vznikla přeměnou živočišného a rostlinného materiálu obsazeného v horninách.

Nachází se ve svrchních vrstvách zemské kůry, kontinentálních šelfech, horkovodní pánve zahrnující kontinentální svahy.

Vytváří základní surovinu pro petrochemický průmysl. Ropa se při těžbě buď vyvěrá pod tlakem, nebo je čerpána, vyskytuje se spolu se zemským plynem.

Ropa je složena:

- Uhlík 84-87 %
- Vodík 11-14 %
- Kyslík 1 %
- Síra 4 %
- Dusík 1 %



Ropa je dnes využívána u každé masové výroby, přepravy a pěstování zemědělské produkce. Ropa jako zdroj velmi levné energie měla zejména vliv na architekturu měst a dopravní infrastrukturu zemi prvního světa.

Ropný průmysl rozděluje ropu podle jejího původu a také podle hustoty (lehká, light, středně těžká, intermediate a těžká, heavy), rafinérie ji také mohou označovat jako sladkou (sweet), což znamená, že obsahuje málo síry, nebo jako kyselou (sour), což znamená, že tato ropa obsahuje více než 0,5 % síry a vyžaduje náročnější zpracování, aby vyhověla současným normám.

Hlavní světové typy:

- a) Směsná ropa Brent – naleziště v Severním moři, určená pro spotřebu na Západě.
- b) West Texas Intermediate – za jejíž cenu se prodává severoamerická ropa.
- c) Dubai – za jejíž cenu se prodává blízkovýchodní ropa určená pro Asijskou oblast.
- d) Tapis – za jejíž cenu se prodává lehká ropa z Dálného východu.
- e) Minas – za jejíž cenu se prodává těžká ropa z Dálného východu
- f) Koš OPEC – druhy (Arab light, Bonny light, Fateh, Isthmus, Minas, Saharan Blend, Tia Juana Light).

Všechny druhy se řadí mezi klasickou „konvekční“ ropu, kromě ní existují také velká ložiska „nekonvekční“, kterou tvoří živice v dehtových píscích a kerogen v ropných břidlicích [12].

### 3.2.3 Zemní plyn

Přírodní hořlavý plyn využívaný jako významné plynné fosilní palivo. Jeho hlavní složky jsou methan a ethan, těží se z porézních sedimentárních hornin uzavřených ve strukturních pastech podobně jako ropa. Používá se také, jako zdroj vodíku při výrobě dusíkatých hnojiv. Díky obsahu methanu, má v porovnání s ostatními fosilními palivy při spalování nejmenší podíl  $\text{CO}_2$  na jednotku uvolněné energie. Je proto považován za ekologické palivo. Ve vozidlech se využívá stlačené (CNG) nebo ve zkapalněné podobě (LNG) [14].

Methan a ethan jsou bez zápachu, proto se při jeho distribuci provádí tzv. odorizace, tj. přidávají se od něj zapáchající plyny tak, aby čichem bylo možno pocítit zemní plyn ve vzduchu v koncentraci větší než 1 procento. Zemní plyn je využíván jako zdroj energie a také jako surovina pro chemický a palivový průmysl.

## 4 NÁVRH TEPELNÉ SOUSTAVY

### 4.1 Požadavky na návrh tepelné soustavy

Tepelné soustava musí být navržena tak, aby byla funkční s ohledem na náklady s ní spojené, musí být provozuschopná a správně dimenzovaná. Zřetel se musí brát na montáž, přejímku, provoz, údržbu a opravy spojené se soustavou.

V průběhu návrhu je nutné dodržet určité body:

- a) Nutnost dodržení předpisů
- b) Tepelné charakteristiky budovy pro výpočet tepelných požadavků a snížení energií
- c) Výpočtovou venkovní a vnitřní teplotu, metoda výpočtu tepelného návrhu
- d) Způsob zásobování energií, regulace soustavy, umístění
- e) Umístění zdroje tepla při uvažování pro údržbu, odvod spalin a zásobování vzd.
- f) Druh a uspořádání spotřebičů tepla, způsob regulace, způsob úpravy vody
- g) Určení návrhových členů, požadavky na zátopový výkon

Zařízení na pro výrobu a rozvod tepla musí být navrženo, aby zabezpečilo tepelný výkon budovy pro ohřívání, podle normy ČSN EN 12831 [22].

Zařízení pro výrobu a rozvod tepla musí být dimenzováno pro pokrytí tepelného výkonu a tepelné požadavky ohřevu vody.

Výkon zařízení pro výrobu tepla a rozvod tepla se vypočítá následujícím způsobem

$$\Phi_{SU} = f_{HL} \cdot \Phi_{HL} + f_{DHW} \cdot \Phi_{DHW} + f_{AS} \cdot \Theta_{AS} \quad [kW] \quad (6)$$

$\Theta_{SU}$  – návrhový tepelný výkon zdroje tepla [kW]

$\Phi_{HL}$  – návrhový tepelný výkon pro vytápění [kW]

$f_{HL}$  – návrhový součinitel pro tepelný výkon

$f_{DHW}$  – návrhový činitel pro ohřev vody

$\Phi_{DHW}$  – návrhový tepelný výkon pro ohřev vody

$f_{AS}$  – návrhový činitel pro soustavy pro ohřívání

$\Theta_{AS}$  – návrhový tepelný výkon soustav pro ohřívání [kW]

### 4.1.1 Rozvod tepla

Musí být navrhnout tak, aby dodával teplo otopným plochám. Musí se věnovat pozornost na oddělení okruhů pro různé otopné plochy. Kvalita vody se musí řídit projektem a podmínkami použitých výrobků, např. hodnota pH, obsah kyslíku, chloru a karbonátů.

Oběhová čerpadla musí být dimenzována tak, aby bylo možné vyrobené teplo dodat v odpovídajícím množství k otopným plochám.

## 4.2 Regulace

Otopná soustava musí být vybavena automatickým regulačním zařízením nebo ručním ovládáním. Při návrhu regulace musí být pohled na budovu, její užívání a efektivní funkci tepelné soustavy.

Teploty zpětné vody nebo teplotní pokles mezi přívodní a vratnou teplotou vody by měly být navrženy podle údajů výrobce otopných ploch.

Ventily s termostatickými hlavicemi musí být v souladu s ČSN EN 215-1 [23].

### 4.2.1 Bezpečnostní zařízení

Tepelné soustavy musí být vybaveny bezpečnostními zařízeními proti:

- Překročení maximální provozní teploty
- Maximálního provozního tlaku

Bezpečnostní zařízení musí být projektována a zřízena v souladu s:

- Druhem tepelné energie (uzavřené – otevřené)
- Druhem energetického zdroje
- Způsobem dodávky tepla do tepelné soustavy (automaticky – ručně)
- Jmenovitým tepelným výkonem zařízení pro výrobu a rozvod tepla

Bezpečnostní zařízení musí být součástí soustavy, pokud není připravena přímo výrobcem.

Pojistným ventilem musí být vybaven každý zdroj tepelné soustavy, chrání soustavu proti překročení mezního provozního tlaku, ventil by měl být instalován co nejbližší zdroji tepla, pokud však není součástí zdroje tepla.

#### 4.2.2 Bezpečnostní potrubí

Zdroje tepla musí být propojeny s expanzní nádobou. Expanzní nádoba musí být odvzdušněna do ovzduší. Zpětné pojistné a expanzní potrubí musí být připojeno do nejnižší části expanzní nádoby, nejmenší vnitřní průměr pojistného potrubí a expanzního musí být:

- a) pojistné

$$d_s = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{\Phi} \quad [mm] \quad (7)$$

Ale méně než 19 mm vnitřního průměru.

- b) expanzní

$$d_{fe} = 15 + 1,0 \cdot \sqrt{\Phi} \quad [mm] \quad (8)$$

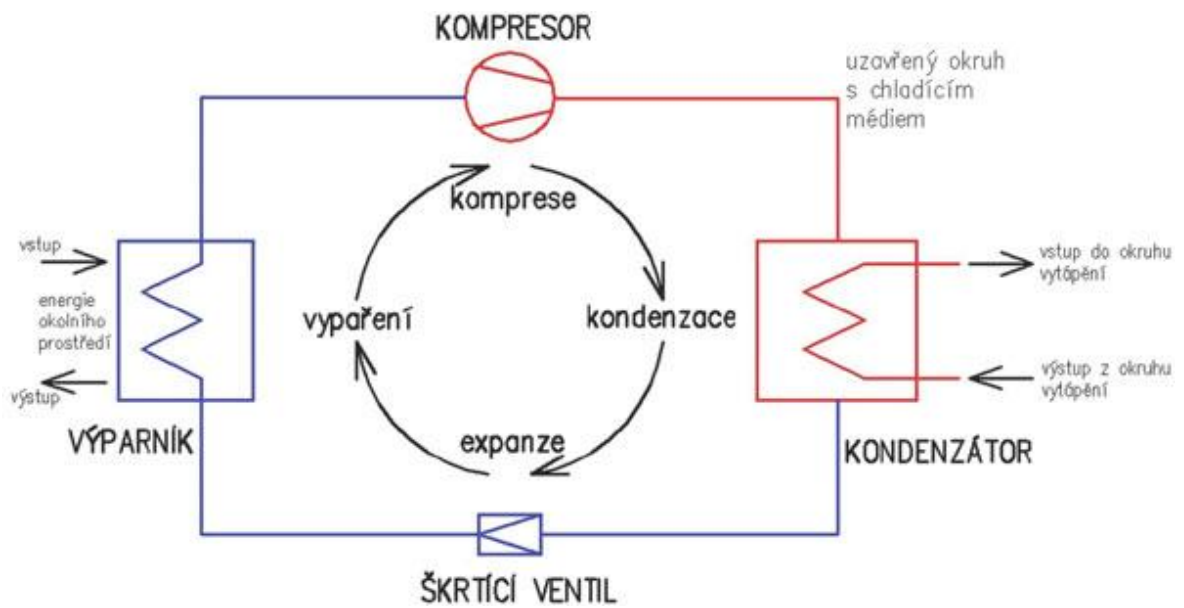
$\Phi$  – jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla [kW]

##### 4.2.2.1 Nastavení hladiny vody

Tepelné soustavy musí být vybaveny zařízeními pro plnění soustavy vodou a nastavení hladiny vody. Propojení na rozvod pitné vody musí být v souladu s EN 806-2. Musí zabránit zpětnému toku vody.

### 4.3 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo využívá energii, která zůstává ze slunečního záření ve vzduchu, zemi, vodě. Tepelné čerpadlo má uzavřený oběh speciální látky – chladiva, která se za nízkých teplot vypaří a absorbují do sebe energii. Páry chladiva jsou stlačeny kompresorem a tím se ohřejí. Za vyšší teploty chladivo v plynném stavu předá teplo do topné vody, změní se na kapalinu a celý cyklus se opakuje znovu.



Obr. 5. Princip tepelného čerpadla

**Výparník** – do výparníku se přivádí okolním vzduchem nízkopotenciální teplo. Přivedené teplo způsobuje vypařování chladiva, páry se stávají nositelem tepelné energie a tu převádějí do kompresoru. Vzduch, jehož proudění přes výparník zajišťuje axiální ventilátor, se přitom ochladí. Vzduchová cesta představuje primární okruh tepelného čerpadla.

**Kompresor** – nasává páry z výparníku, stlačuje je a vytlačuje do kondenzátoru. Práce na pohon kompresoru se přemění v teplo, které se přičítá k teplotě přivedenému z výparníku.

**Kondenzátor** – energie přivedená do kondenzátoru parami chladiva z výparníku a kompresoru se převádí do cirkulujícího topného média (sekundární okruh tepelného čerpadla), převedeným teplem se topné médium ohřívá.

**Škrtící ventil (expanzní)** – kapalné chladivo, které zkondenzovalo při vyšším (kondenzačním) tlaku, se vstříkuje do výparníku, aby se zde opět vypařilo při nižším (vypařovacím) tlaku.

**Chladivo** – proudí v chladícím okruhu a je donuceno k odpařování při nízkém tlaku a teplotě a kondenzovat při vysokém tlaku a teplotě.

Tepelné čerpadlo může odebírat teplo ze vzduchu, vody, páry, proto je dělíme:

- a) **Vzduch/voda** – u tepelného čerpadla prochází vzduch tepelným čerpadlem a přímo ohřívá chladivo ve výměníku (výparníku). Teplo ze vzduchu způsobí vypařování chladiva, které má nízký bod varu, páry chladiva jsou stlačeny kompresorem a tím se jejich teplota zvýší, prochází výměníkem, kde kondenzují a předávají teplo topné vodě, pak se prudce ochladí průchodem expanzním ventilem a celá se cyklus se opakuje.
- b) **Země/voda** – čerpadlo používá k přenosu tepla ze země do čerpadla biologicky rozložitelnou nemrznoucí kapalinu, ta obíhá mezi zemním kolektorem a tepelným čerpadlem. Když kapalina ze země do tepelného čerpadla, má teplotu asi 4°C. Energie se z kapaliny předává chladivu, které cirkuluje v uzavřeném okruhu uvnitř tepelného čerpadla. Odebírat energii může buď z horizontálního plošného kolektoru, nebo z vertikálního vrtu. Na 1 kW výkonu čerpadlo potřebuje 12 m vrtu.
- c) **Voda/voda** – přírodní zdroj je povrchová, podzemní, spodní voda. Ze zdroje se odebírá voda, tu necháme projít výměníkem tepelného čerpadla, který z ní odebere část tepla a vrátí ji zpět do země druhou studnou, vzdálenost vrtu by měla být minimálně 10m, nejlépe ve směru podzemních proudů zdrojová>vsakovací studna. Výhody – vysoký topný faktor, krátká návratnost, nižší pořizovací náklady. Nevýhody – malý počet vhodných lokalit, chemické složení.

#### 4.3.1 Charakteristika práce tepelného čerpadla je topný faktor (COP)

COP určuje účinnost jednotky tepelného čerpadla (určuje kolik kW tepelné energie je vyrobeno oproti 1 kW dodané čerpadlu).

Platí – množství vyprodukovaného faktoru tepla je přímo úměrné topnému faktoru.

Reálný topný faktor v průběhu otopné sezóny není konstantní, celý rok nemáme stejnou teplotu. Pro správně uváděný údaj, je důležité znát podmínky stanovení tohoto parametru (teplotu venkovního vzduchu, teplotu topné vody, příkon ventilátoru).

Topný faktor vytápěcího systému s TČ nemá zdaleka tak velký význam, jak si někteří myslí. Zvyšování tepelného faktoru přináší dostatečně průkazný efekt především u menších výchozích TF, kde se zvýšení dá dosáhnout.

### 4.3.2 Carnotova věta

Účinnost všech vratných cyklů, které pracují mezi stejnými teplotami, je stejná a závisí pouze na teplotách obou zásobníků tepla, účinnost libovolného nevratného cyklu nemůže být větší, než účinnost vratného Carnotova cyklu pracujícího mezi týmiž maximálními teplotami jako nevratný cyklus.

Carnotův cyklus označuje vratný kruhový děj ideálního tepelného stroje, který se skládá ze dvou izotermických a dvou adiabatických dějů.

Účinnost Carnotova cyklu závisí pouze na poměru termodynamických teplot, mezi nimiž tepelný stroj pracuje, účinnost není závislá na druhu použitého plynu.

## 4.4 Solární kolektory

Jako teplonosná látka je zde použita kapalina (voda, nemrznoucí směs vody a propylenglykolu). Jsou používány jako předehřev teplé vody.

### 4.4.1 Dělení solárních kolektorů

Základní dělení je podle:

- Teplonosné látky: kapalinové, vzduchové
- Zasklení: bez zasklení, jednoduché, vícevrstvé, struktura
- Tlak výplně: atmosférický, subatmosférický (vakuový)
- Absorbér: plastový, kovový (selektivní, neselektivní), akumulární
- Konstrukce: ploché, trubkové, koncentrační

Z důvodů rozsáhlého dělení podrobněji rozebereme pouze dva typy kolektorů:

- a) ploché -
- b) trubicové -

#### 4.4.1.1 Komponenty solárních kolektorů

**Sluneční kolektor** – zachycuje sluneční záření a je schopen jej přeměnit na teplo, zachycené teplo v kolektoru je dále odváděno speciální nemrznoucí kapalinou do spotřebiče solární energie.

**Zásobník** – je to spotřebič solární energie, ve kterém se přímo ohřívá užitková voda. Musíme brát v úvahu tepelnou kapacitu, tepelné ztráty, velikost a cenu zásobníku.

**Akumulační nádrž** – další typ zásobníku, ve kterém se ohřívá otopná voda pro vytápění objektu.

**Elektrické otopné těleso** – slouží pro dohřev teplé vody je součástí solárního systému, jeho instalace se provádí buď přímo do solárního zásobníku či akumulaci nádrže.

Oběhové čerpadlo – další součást solárního systému, zajišťuje cirkulaci solárního okruhu.

**Pojistný ventil** – kontroluje a omezuje teplotu a tlak teplé vody v solárním zásobníku a brání dosažení teploty nad 100°C, aby nedošlo k tvorbě páry. Při dosažení nastavených hodnot se ventil automaticky otevře a odpustí takové množství vody, aby se hodnoty teploty a tlaku vrátily do požadovaných limitů. S klesající teplotou a tlakem má i opačnou funkci. Uzavřením ventilu se docílí vyrovnání přednastavených hodnot teploty a tlaku.

**Průtokoměr** – slouží k měření průtoku solární soustavou, hodnoty musí odpovídat provozním podmínkám, musí být přesné a citlivé, musí být odolné až 120°C a musí být umístěny tam, kde nejsou vysoké tlaky.

**Zpětná klapka** – slouží k možnosti odebírání odvzdušňovacího ventilu bez potřeby vyprazdňování celého solárního systému

**Plnicí armatura** – Regulace tlaku uzavřené otopné soustavy, tlak se dá nastavit

**Expanzní nádoba solární** – Souží k vyrovnání změn objemu kapaliny u solárních systémů způsobených změnami teploty. Udržují přetlak v solárním okruhu v předepsaném rozmezí. Použití jen pro solární systémy, nelze použít pro užitkovou či pitnou vodu.

**Spojovací potrubí** – v primárním okruhu je třeba dimenzovat teplotu na 180°C a tlak podle použitého pojistného ventilu. Světlost potrubí se určuje podle jeho délky a počtu kolektorů.

Pro **izolaci** platí stejné požadavky jako pro izolaci teplovodního potrubí, ve vnějším prostředí musí být odolný vůči vlhkosti, UV záření. Musíme počítat s možným výpadkem čerpadla, tudíž by teplota uvnitř trubek dosahovala okolo 170°C, proto se nepřísluší používat v primárním okruhu izolace z plastů, je potřeba použít izolace na bázi minerálních látek, které mají požadované vlastnosti.



**Nosná konstrukce** – je pod stálým vlivem vnějšího prostředí, pokud se jedná o celohliníkovou konstrukci, tak nevyžadují žádnou údržbu a jejich životnost bude stejná, jako v případě slunečních kolektorů, konstrukci je možné namontovat jak na plochou, tak na šikmou střechu a lze ji zabudovat přímo do střešní konstrukce (v takovém případě mohou nahrazovat střešní krytinu).

#### **Přídavná zařízení:**

**Filtr mechanických nečistot** – zachytává piliny a jiné mechanické nečistoty, které se v systému mohou objevit během montáže.

**Tlakoměr** – je důležitý při spuštění systému a pro jeho kontrolu během provozu. Postačující je tlakoměr o průměru 63 mm, rozsah volíme podle maximálního přetlaku v systému.

**Teploměr** – nejvhodnější je bimetalový se stopkou s rozsahem do 150°C, montuje se do potrubí přívodní větve kolektoru pomocí k tomu určenému pouzdru, jestliže regulátor zobrazuje teploty na displeji, tak bimetalové teploměry nejsou potřeba.

**Elektronický regulátor, snímače teploty** – systémy s nucenou cirkulací jsou vybaveny elektronickým regulátorem, Regulátor jednookruhového systému spustí oběhové čerpadlo vždy, když je na kolektoru vyšší teplota než ve spotřebičích tepla (v zásobníku tepla). Regulátory víceokruhových systémů kromě toho přepínají okruhy jednotlivých spotřebičů mezi sebou. Regulátory víceokruhových systémů mají různé doplňkové funkce.

Každý regulátor se dodává se snímači teploty a může se používat jen s nimi nebo se snímači shodných parametrů [11].

#### **4.4.2 Fotovoltaické panely**

Fotovoltaika je proces přeměny sluneční energie na elektrickou, tato energie je získaná ve formě stejnosměrného proudu, energii můžeme buď uchovávat v bateriích, nebo se mění na střídavou a jde do distribuční sítě.

Při návrhu fotovoltaického solárního systému musím dbát na důkladný výběr položení panelů, podobně jako u návrhu solárního systému na ohřev teplé vody. Musíme brát v úvahu celkovou spotřebu všech používaných zařízení v objektu.

Nejvíce rozšířené panely jsou křemíkové, z těch jdou vyrobit panely monokrystalické, polykrystalické a amorfni fotovoltaické články.

Nejlepší umístění panelů je jižním směrem, takové umístění zajistí maximální intenzitu slunečního záření. Výkon článků se liší a závisí na velikosti pole a na účinnosti jednotlivých panelů, součet nám pak udává celkový výkon pole. Energie z pole jde do tzv. střídače (měnič, invertor), ten je řídicí centrum celého systému, udává nám informace o vyrobené energii a provozních stavech. Střídač musí dodávat co nejvyšší výkon, to je zajištěno odstraněním transformátoru s následným snížením tepelných ztrát a užitím pro sledování bodu maximálního výkonu. Střídače mají účinnost až 96%, životnost střídače je omezena a závisí na speciální konstrukci, chlazení, cirkulaci vzduchu bez ventilátoru.

Výkupní ceny se liší, ceny stanovené pro rok 2013:

Zelený bonus od 1.1. – 30.6. 2013

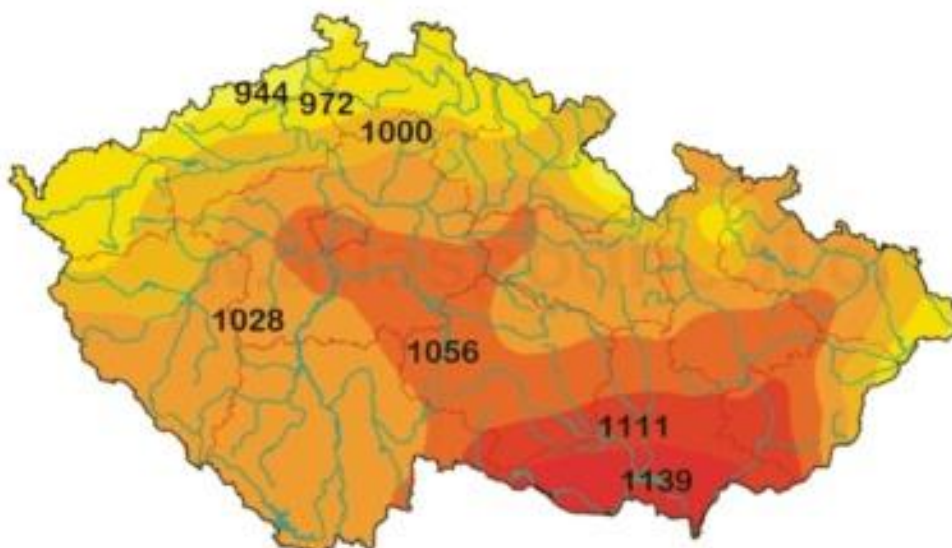
Instalovaný výkon 0-5 kWp = 2,86 Kč/kWh

Instalovaný výkon 5-40 kWp = 2,28 Kč/kWh

Výkupní cena od 1.1. - 30.6. 2013

Instalovaný výkon 0-5 kWp = 3,41 Kč/kWh

Instalovaný výkon 0-5 kWp = 2,83 Kč/kWh



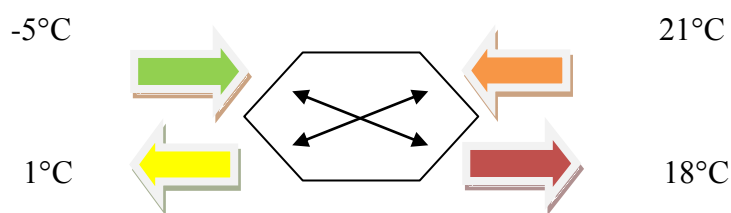
Obr. 6. Dopad slunečního záření v ČR – MWh/kWh/m<sup>2</sup>(dopad na vodorovnou plochu)

## 5 VÝMĚNA VZDUCHU – REKUPERACE

System větrání s rekuperací tepla slouží k zajištění optimální výměny vzduchu v objektu a zároveň minimalizaci tepelných ztrát při větrání. Tepelné ztráty větráním u běžných rodinných domů, kde je větrání zajištěno systémem mikroventilace nebo okenních štěrbin, tvoří až 40 % celkové ztráty objektu. Moderní nízkoenergetické a pasivní rodinné domy se proto již prakticky bez systému nuceného větrání s rekuperací tepla neobejdou.

Stále větší nároky na těsnost obvodového pláště budovy i ostatních konstrukčních prvků vedou k faktu, že v objektu není zajištěna dostatečná výměna vzduchu a hrozí problémy s vlhkostí, plísní a s množením mikroorganismů (roztoci), což vede k mnohdy k častým zdravotním problémům.

Tyto problémy odpadají po instalaci ventilačního systému. Objekt je větrán automaticky, i v době kdy není obýván, v tuto dobu s nižší intenzitou výměny vzduchu.



Obr. 7. Princip rekuperátoru

Šipky: Zelená = čerstvý vzduch, nasávaný mimo objekt (chladný).

Oranžová = Znečištěný vzduch, nasávaný z vnitřních prostor objektu (teplý).

Žlutá = Znečištěný vzduch, odváděný mimo objekt (ochlazený).

Červená = Čerstvý vzduch, přiváděný do pokojů (ohřátý).

Venkovní, čerstvý vzduch je do ventilační jednotky přiváděn přes fasádu objektu, nebo ventilačním komínem ve střešní konstrukci. Správné připojení jednotky je třeba navrhnout podle stavebních možností řešeného objektu [33].

Takto přivedený čerstvý venkovní vzduch je veden do jednotky, kde je na ploše rekuperačního výměníku předehříván odváděným znehodnoceným vzduchem z objektu.

Předehřátý čerstvý vzduch je dále v objektu rozváděn do jednotlivých místností. Naopak z místností, které jsou v objektu více vytápěny je znehodnocený vzduch odváděn.

Jde o tzv. větrání s rekuperací (tj. se zpětným využitím) tepla. Znehodnocený ochlazený vzduch je odveden z objektu přes fasádu nebo střešní konstrukci, je však třeba dodržet minimální vzdálenost od sání.

## 5.1 Návrh systému

1. Zvolíme si rekuperační jednotku, dle počtu osob a velikosti objektu.
2. Vytvořit a promyslet trasy a umístění jednotky a vyústek.
3. Vzduch je nelépe přivádět i odvádět ze stropu, pokud nám to objekt nedovolí, je možné přivádět vzduch z mřížek nad podlahou, odváděný vzduch pak musí být nasáván minimálně 1,5 m nad úrovní podlahy.
4. Potrubní rozvody jsou vedeny od jednotky do jednotlivých místností, vzduch je vždy přiváděn do pokojů a ložnic a vždy odváděn z kuchyní, WC, koupelen.
5. Celý systém je možné provést jedním průměrem DN 125, pouze za předpokladu osazení škrticí klapky v potrubí před každou instalovanou vyústkou. Tyto klapky slouží k nastavení potřebných průtoků na jednotlivých distribučních elementech. Pro rozvody se může použít dva typy potrubí. Kulaté kruhové hadice a hranaté plastové potrubí o určitém průřezu, nejčastěji však 60x200mm [2].

## 5.2 Typy rekuperačních jednotek

V současnosti najedeme v rekuperačních jednotkách několik typů výměníků různých technologií pro zvýšení efektivity přenosu tepelné energie. Kvalitní výměník je vždy hermeticky uzavřen, tak aby nedocházelo k mísení odpadního a čerstvého vzduchu.

- a) Deskový výměník – je dále možné rozdělit na křížový a protiproudý
  - a. Křížový – směry proudícího vzduchu jsou otočeny kolmo na sebe, tedy do pravého úhlu. Toto řešení umožňuje relativně malé rozměry, které jsou vykoupeny nižší, přesto dostatečnou účinností (65-70%).
  - b. Protiproudý – vzduch proudí kanálky proti sobě, z tohoto řešení těží větší účinnost (přes 90%), nevýhodou jsou větší rozměry.
- b) Rotační výměník – rotuje kolem své osy v daných intervalech. Chvíli se „nabíjí“ odpadním teplem po otočení do druhého kanálku s přívodem čerstvého vzduchu nabyté teplo předává přiváděnému vzduchu. Výhodou je snadná údržba, možnost uplatnění v horších podmínkách, nevýhoda je nižší účinnost.

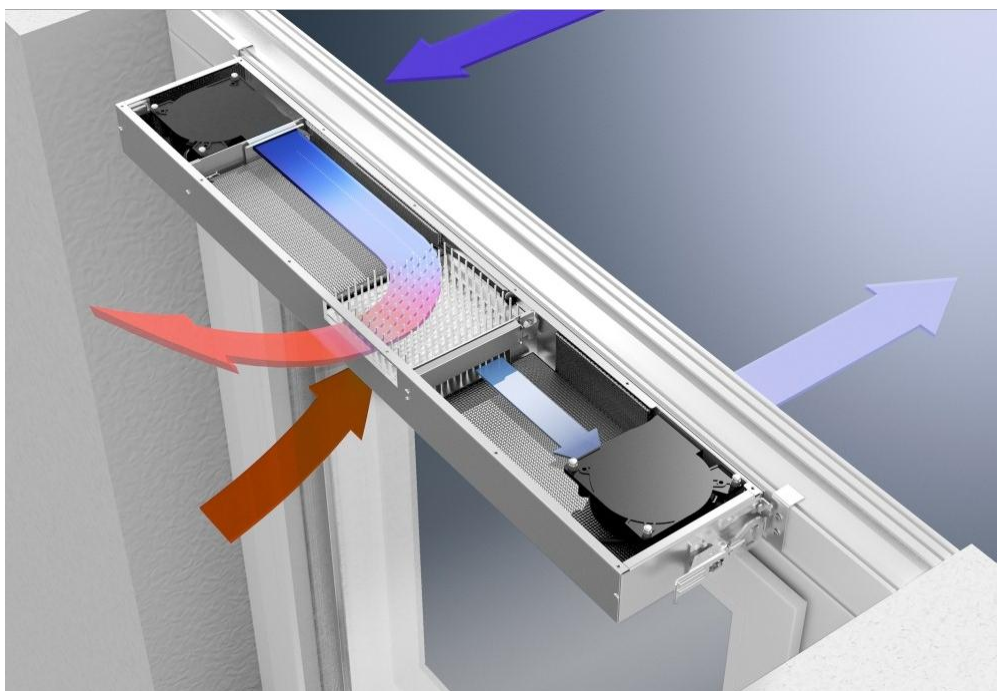
## 5.3 Další možnosti rekuperace, trendy

### 5.3.1 Integrovaný okenní větrací systém s rekuperací vzduchu

Jedná se o integrovaný systém přívodu a odvodu vzduchu s filtrem, rekuperací a řízením pomocí senzorů. Plynulá výměna vzduchu s možností automatického provozu je zajištěna již při zavřeném okně, a to bez průvanu, obtěžování hlukem či hmyzem. Pylový filtr ocení jistě alergici, ale i ostatní lidé. Větrací systém je určen pro integraci do hliníkových a plastových oken, montuje se do ideální pozice v horní části okna, kde za tichého chodu nasává vzduch z interiéru a přivádí ho k rekuperátoru. Ve stejném okamžiku je z exteriéru nasáván čerstvý vzduch, který je přiváděn přes vnější filtr třídy F7 (dle ČSN EN 779 [24]). Poté je venkovní vzduch přiveden k rekuperátoru, kde se ohřívá pomocí odváděného vzduchu a přivádí do interiéru. Odváděný vzduch ochlazený tímto procesem poté odchází ven. Je zde výběr ze dvou režimů intenzity větrání a ovládání se provádí pomocí ovladače integrovaného do rámu okna. Doplňující komfort zajišťuje funkce automatického provozu. V tomto režimu sledují integrované senzory vlhkosti a emisí CO<sub>2</sub> kvalitu vzduchu a řídí odvod znehodnoceného a přívod čerstvého vzduchu.

System je tichý < 26 dB ve stupni 1 (15m<sup>3</sup>/hod), účinnost je zde až 45 %.

Větrací jednotka snižuje energetické ztráty způsobené odvětráním až o 35 %.



Obr. 8. Integrovaný okenní větrací systém

## 6 ELEKTRICKÁ SÍŤ

Druhy elektrických sítí nn

- TN
- TT
- IT

Tab. 10. Druhy elektrických sítí nn

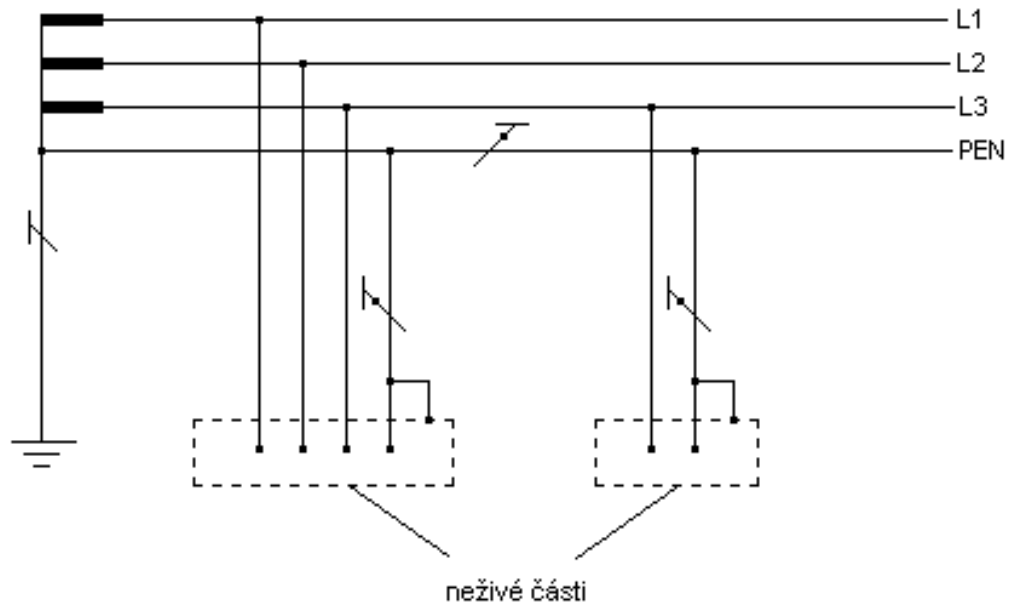
Příklad TN-C soustava	
T	<p><b>1. písmeno</b> způsob uzemnění u dodavatele v transformátorové stanici</p> <p>T – terra = země, uzemnění jednoho bodu soustavy</p> <p>I – izolování – všech živých částí od země, nebo spojení nulového bodu soustavy se zemí přes implementaci</p>
N	<p><b>2. písmeno</b> způsob uzemnění kostry přístrojů</p> <p>T – přímé uzemnění kostry přístrojů</p> <p>N – spojení kostry zařízení se zemnicím vodičem distribuční sítě</p>
C	<p><b>3. písmeno</b> uspořádání neutrálního a ochranného vodiče</p> <p>S – E a N jsou odděleny</p> <p>C – ochranný vodič a neutrální vodič spojeny do jednoho vodiče PEN</p>
Zkratky: T – země, I – izolovaný, N – neutrální, S – oddělený, C - kombinovaný	

### 6.1 Síť TN, TNC

Síť TN – všechny části instalace musí být spojeny s uzemněným bodem sítě prostřednictvím vodiče PEN, průměr vodiče je 10 nebo 16 mm<sup>2</sup>, závisí na materiálu vodiče.

Síť TT – všechny neživé části společně chráněné musí být spojeny spolu s ochrannými vodiči k zemniči, který je společný pro všechny tyto části.

Síť IT – je izolována od země nebo spojena se zemí přes částečně vysokou impedanci, žádný pracovní vodič nesmí být spojen se zemí, neživé části musí být uzemněny jednotlivě, po skupinách nebo společně.



Obr. 9. Schéma zapojení sítě TN-C

Elektrická síť používá na schémata elektrotechnické značky, které najdeme v databázi

IEC 60417-DB a IEC 60617-DB, tyto databáze jsou přístupné na serveru [www.iec.ch](http://www.iec.ch), o tyto stránky se stará Český normalizační úřad.

### 6.1.1 Materiál pro elektrické rozvody

Materiál pro elektrické rozvody dělíme na vodiče a úložný materiál.

#### Vodiče

- a) Můstkové – ukládáme do omítky nebo do zdiva
- b) Kabelové – ukládáme do kabelových kanálů, kabelových výkopů do země
- c) Šňůry – pro pohyblivá prodloužení elektrického vedení

Dělení vodičů podle:

- Materiálu jádra (měděné, hliníkové)
- Tvaru jader (kruhové, obdelníkové)
- Izolace (izolované, holé)
- Konstrukce (dráty, lana, kabely)
- Počtu žil (jednožilové, vícežilové)
- Jmenovitého průřezu (podle normované řady)

### Úložný materiál

- a) Trubka (trubka z PVC, ohebná z PVC, ohebná trubka z kovového pásku, pancéřová trubka)
- b) Kanály (elektroinstalační, parapetní, zemní, podlahové)
- c) Lišty (vkládací, zaklepávací, hranaté, oblé, podlahové)
- d) Krabice dělíme podle účelu, tvaru, hloubky, těsnosti, materiálu, většinou jsou osazeny svorkovnicí

### 6.1.2 Dimenzování vodičů

Je nutno zohlednit krátkodobé a dlouhodobé působení nadproudů, velikost zkratového proudu – jeho působení nesmí způsobit přerušení vodiče, roztavení izolace a následný požár.

Při dimenzování vodičů klademe na důraz, aby

- Bylo dostatečně mechanicky pevné
- bylo hospodárné
- odolávalo účinkům zkratových proudů
- nezpůsobovalo nepřijatelné vysoké úbytky napětí
- zajišťovalo správnou funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem
- nadměrně se neoteplovalo



### 6.1.3 Ochrana proti přetížení a zkratu

Proudové přetížení vzniká, ve správně zapojených obvodech při připojení příliš velkého počtu spotřebičů nebo při zapojení spotřebičů a příliš velkým odběrem proudu.

Zkratové proudy vznikají buďto chybným zapojením nebo spojením dvou míst s rozdílným napětím téměř bez odporu. Jističe přeruší proud dříve, než vznikne velkým ohřevem škoda na izolaci vodičů, na zapojených spotřebičích nebo v jejich okolí.

Proudové jističe chrání vedení a zapojené zařízení před přetížením a zkratem tak, že přeruší automatický proud.

### 6.1.4 Jističe

Jističe pro vedení jsou samočinné vypínače, které vypínají při přetížení a zkratu a lze je po automatickém vypnutí znovu zapnout.

Tepelný vypínač – při proudovém přetížení se zahřeje bimetal tepelného vypínače a ohne se. Tím jistič s určitým zpožděním odpojí.

Elektromagnetický vypínač – pokud vznikne v obvodu zkrat, vytvoří zkratový proud v cívce elektromagnetického vypínače magnetické pole a přitáhne kotvu vypínače, vypínací kontakt jističe pak neprodleně odpojí přetížený obvod.

## 6.2 ŘÍZENÍ A KOMUNIKACE

Inteligentní dům je dnes velmi oblíbený z pohledu uživatelů, kteří mají rádi komfortní bydlení. Inteligentním řešením v domě jde ovládat vytápění, osvětlení, zabezpečení, větrání či chlazení.

Inteligentní dům se dělí do několika skupin:

- a) Obsahující inteligentní zařízení a systémy – jedná se o dům obsahující samostatné inteligentně fungující zařízení a systémy pracující nezávisle na ostatních
- b) Obsahující inteligentní komunikující zařízení a systémy – jedná se o dům obsahující inteligentně fungující zařízení a systémy, které si vyměňují informace mezi sebou.
- c) Propojený dům – systémy jsou mezi sebou propojeny pomocí vnitřní a vnější komunikační sítě

Řídicí jednotka je základ celého inteligentního domu, přes řídicí jednotku se dají nastavit různé teploty v jednotlivých místnostech, různé módy osvětlení, natáčení žaluzií nebo rolet a jiné. Pokud je řídicí jednotka dovoluje připojení na internet, lze celý dům ovládat na dálku z kteréhokoli koutu světa.

Řídicí jednotku je nutné propojit přes sběrnici mezi jednotlivými pomocí určité topologie ať už ovládacími nebo regulačními prvky.

Centrální řídicí systém se nachází v řídicí jednotce a požadavky jsou sdělovány prostřednictvím HMI, které může být v podobě dotykového displeje umístěného na stěně nebo grafického rozhraní na internetu nebo v mobilu či tabletu [5].

### 6.2.1 Centralizovaný X decentralizovaný systém

- a) **Centralizovaný** - jedná se o systém obsahující centrální řídicí jednotku, která je propojená pomocí s ostatními prvky, informace ze senzorů jsou posílány do centrální jednotky, kde jsou zpracovány a výsledné informace jsou posílány do aktorů.

Výhody – levné senzory a aktory.

Nevýhody – složitost funkčnosti centrální jednotky, nutnost propojení centrální jednotky se všemi ostatními prvky systému.

- b) **Decentralizovaný** – obsahuje jednotlivé prvky propojené komunikační sběrnici, po které si navzájem posílají nebo přijímají informace, není zde žádný centrální prvek, což znamená, že všechny prvky jsou si rovnocenné.

Výhody – jednodušší a levnější propojení mezi prvky, variabilita systému, při poruše nedojde k výpadku systému.

Nevýhody – cena prvků z důvodů inteligence jednotlivých prvků.

Aktor je prvek, který provádí naprogramovaný úkol pomocí senzoru, jedná se o výkoné prvky.

Senzor je prvek, který snímá a převádí snímanou veličinu na sběrnici.

### 6.2.2 Sběrníkový systém EIB/KNX

KNX je jednotný systém pro komplexní řízení inteligentních budov a domácností, jenž je plně v souladu s Evropskou normou EN 50090 (European Standard for Home and Building Systems) a normou ISO/IEC 14543.

O správu se stará Asociace Konnex s těmito cíli:

- Definice nového standardu KNX pro inteligentní instalace v budovách
- Založení značky KNX jako záruka kvality a kompatibility mezi různými výrobci
- Podpora KNX jako standardu pro Evropu

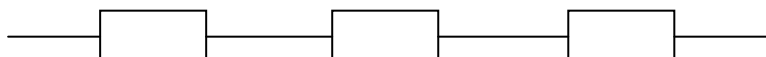
Jedná se o decentralizovaný sběrníkový systém, který se skládá z různých KNX prvků, každý prvek má jedinečnou fyzickou adresu sloužící k identifikaci. Komunikace probíhá pomocí telegramu obsahující instrukce pro daný prvek. Tento telegram je konfigurovatelný programem, sběrnice může být jakékoliv topologie s podmínkou, že délka jedné větve nebo linie nepřesáhne 1 km s maximálním počtem prvků 64. Konfigurace systému probíhá na PC pomocí USB, tento systém je určený pro budovy komerčního využití nebo velkých a luxusních staveb obytného charakteru.

### 6.2.3 Topologie sběrníkového systému

**Liniová topologie** – jednotlivé prvky jsou propojeny za sebou v jedné linii

Výhoda – levná a jednoduchá instalace

Nevýhoda – při výpadku jednoho prvku následuje výpadek celé struktury

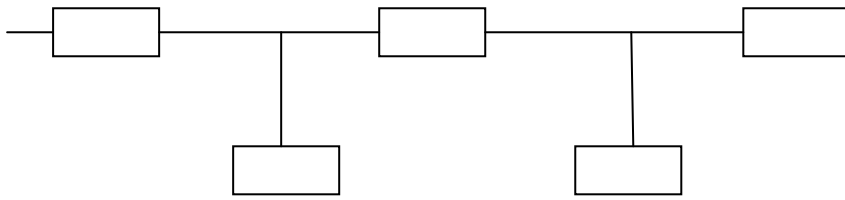


Obr. 10. Liniová topologie

**Lineární** - jednotlivé prvky jsou propojeny lineárně za sebou

Výhoda – přehledná instalace

Nevýhoda – při výpadku propojovacího prvku následuje výpadek celé struktury

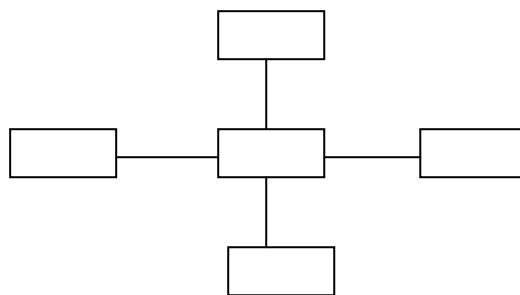


Obr. 11. Lineární topologie

**Hvězdicová** – ve středu struktury je umístěn prvek koncentrátor, který je propojen jednotlivě s okolními prvky

Výhoda – výpadek jednotlivých prvků nezpůsobí výpadek celé struktury, snadné rozšiřování topologie

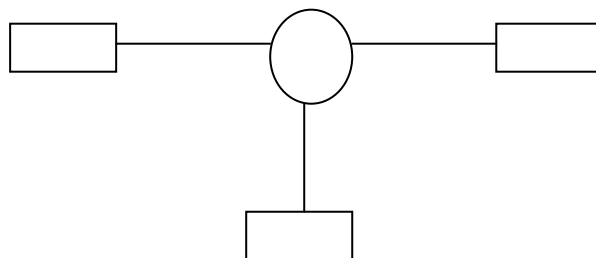
Nevýhody – velký spotřeba propojovacích materiálů



Obr. 12. Hvězdicová topologie

**Kruhová** – neobsahuje žádný centrální prvek, jednotlivé prvky jsou připojeny do kruhu, ve kterém si vyměňují informace

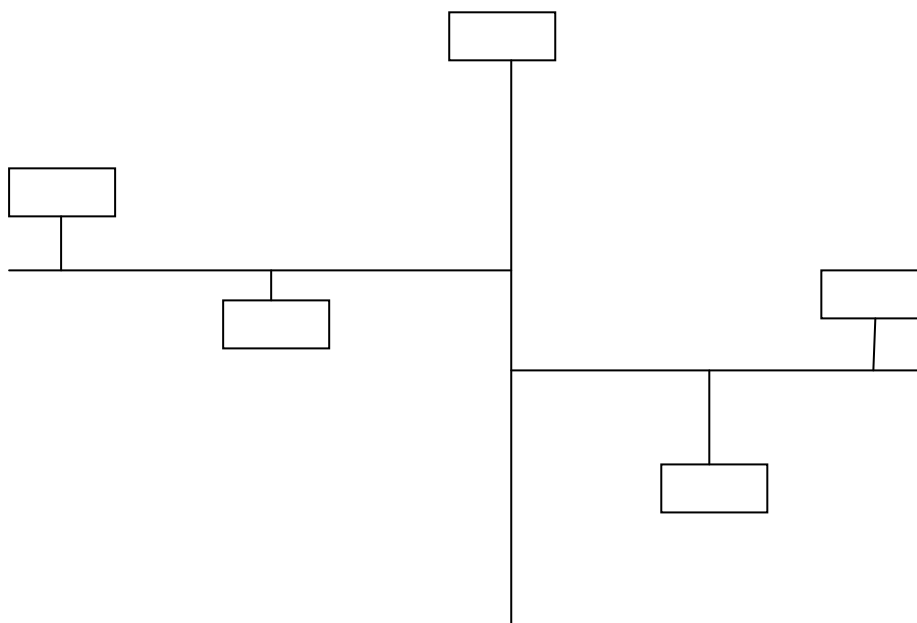
Výhoda – snadná a levná instalace, výpadek jednotlivých prvků nezpůsobí výpadek celé struktury



Obr. 13. Kruhová topologie

**Stromová** – jednotlivé prvky jsou umístěny do větví, které jsou připojeny na centrální sběrnici

Výhoda – při výpadku větve není způsoben výpadek v určitých větvích



Obr. 14. Stromová topologie

#### 6.2.4 Struktura KNX

Celá síť konnex se skládá ze tří úrovní, nejvyšší je úroveň centrální (backbone) s 15 hlavními liniemi (main line – střední úroveň) a na každou z nich může být napojeno dalších 15 linií (spodní úroveň - podsítě). Struktura podsítě umožňuje připojit až 256 zařízení na jednu linku, které mohou být spolu s hlavní linií a částí páteřní sběrnice zahrnuty do jedné skupiny zvané zóna 1 až 15 (area 1 -15).

##### 6.2.4.1 Přenosová média (fyzická)

- Kroucené páry - TP1 – médium převzaté z EIB (rychlost 9,6 kbit/s)
- Napájecí vedení (power line) – metalické vodiče PL110 vychází ze standardu EIB, komunikační rychlost 1200 bit/s, nosná přenosová frekvence 110kHz
- Radiový přenos RF – bezdrátový – plně specifikovaný standardem KNX, umožňuje bezdrátovou komunikaci na frekvenci 868 MHz, kódovanou systémem FSK
- Infračervený přenos – bezdrátový

- Mimo výše vyjmenovaná média lze díky unifikovaným KNX službám použít i média, která jsou založená na IP komunikaci, jako jsou Ethernet, bluetooth, WiFi/Wireless LAN nebo FireWare.

#### 6.2.4.2 Silové vedení powerline

V případě nevyužití TP řešení je možnost využití el. instalace pro přenos po sběrnici. KNX PL 110 používá pro přenos kmitočty 105,6 kHz a 115,2 kHz, proto používáme střední hodnotu 110 kHz. Jako způsob přenosu v kmitočtovém pásmu SFSK. Pro hodnotu 0 se odesílá kmitočet 105,2 kHz a pro hodnotu 1 se odesílá 115,2 kHz. Všechny síťové prvky jsou stále na příjmu a průběžně převádějí přijaté signály na digitální hodnoty, v každé spojnici jsou dva korektory, které porovnávají přijaté digitální hodnoty s uloženými digitalizovanými referenčními vzorky kmitočtů.

Typické aplikace pro KNX PL 110:

- Řízení ve světelných instalacích (spínání a stmívání)
- Aplikace s motorovým pohonem (žaluzie, otevírání vrat)
- Hlášení
- Simulace přítomnosti
- Vizualizace dotykovými display
- Přenos analogových hodnot

#### 6.2.4.3 Příznaky

Tab. 11. Příznaky KNX

Communication	Objekt má normální spojení se sběrnici
	Telegramy budou přijaty, ale objekt zůstane beze změny
Read	Informace objektu lze přečíst přes sběrnici
	Informace objektu nelze přečíst přes sběrnici
Write	Tento objekt může být přes sběrnici pozměněn
	Tento objekt nemůže být přes sběrnici pozměněn
Transmit	Objekt bude změněn a odešle odpovídající telegram
	Objekt odešle jen při požadavku na čtení telegram s odpovědí

Update	Telegram bude interpretován jako povel k zápisu a hodnota objektu bude aktualizována
	Telegram nebude interpretován jako povel k zápisu a hodnota objektu nebude aktualizována

Každý objekt má různé příznaky, které určují způsob jeho komunikace.

#### 6.2.4.4 Typy datových objektu, Telegram

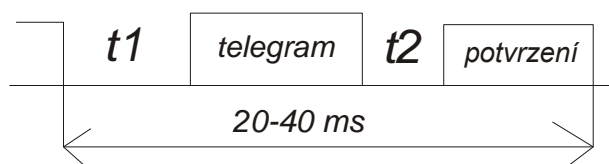
Tab. 12. Typy datových objektů KNX

EIS typ	Jméno objektu	velikost
EIS 1	Přepínač	1 bit
EIS 2	Stmívač	1/4/8 bit
EIS 3	Čas	3 byte
EIS 4	Datum	3 byte
EIS 5	Hodnota	2 byte
EIS 6	Relativní hodnota	1 byte
EIS 7	Rolety	1 bit
EIS 8	Priorita/kontrola	1 bit / 2 bit
EIS 9	IEEE – plovoucí	4 byte
EIS 10	16 bit počítač	2 byte
EIS 11	32 bit počítač	4 byte
EIS 12	Přístup	4 byte
EIS 13	ASCII znak	1 byte
EIS 14	8 bit počítač	1 byte
EIS 15	řetězec	14 byte

**Telegram** – Datový telegram slouží k přenosu informací, takto

Pokud účastník chce odeslat telegram a zjistí, že po určitou dobu  $t_1$  nebyl na sběrnici vyslán žádný telegram (zda byla sběrnice volná). Pak účastník odešle svůj telegram a do doby  $t_2$  obdrží od dotazovaných účastníků potvrzení o přijetí. Pokud nepřijde potvrzení nebo se vyskytne chyba v přenosu, může se odeslání opakovat až 3x v závislosti na důležitosti, takové potvrzení zajišťuje vysokou spolehlivost systému.

Telegramy jsou po sběrnici vysílány ve formě signálu 0/1, přenos je symetrický.



Obr. 15. potvrzení telegramu

### 6.2.5 Projektování v ETS

ETS je Evropský inženýrský programovací nástroj (prostředí) pro vývoj aplikací. Logické vstupy a výstupy jsou standardizovány pro dosažení plné kompatibility programů.

ETS professional je standardní program pro navrhování, uvedení do provozu, projektovou dokumentaci, diagnostiku a řešení problémů KNX systému. Pomocí programu lze spravovat kterýkoliv KNX systém na světě. Obsahuje funkce pro navrhnutí použitých prvků, definování jejich funkcí v obvodu a uvedení systému do provozu. Uvedení systému do provozu může probíhat pomocí USB rozhraní, připojení přes aktor nebo aplikace iETS server.

iETS server je aplikace, která zprostředkovává komunikační bránu mezi systémem KNX a vnější sítí (LAN, internet). Pomocí aplikace je možné spravovat systém dálkově bez nutnosti fyzického dosahu.

Falcon driver library je aplikace, která umožňuje jednoduchý přístup na sběrnici KNX/EIB z prostředí Windows, obsahuje prostředí pro programování aplikací pro KNX.

EiTT je nástroj pro analýzu prvků a instalaci KNX, je využíván výrobci a zkušebními laboratořemi pro monitorování, testování a řešení problému vzájemné spolupráce výrobců



KNX. Nástroj podporuje zkoušení pomocí dvou COM rozhraní zároveň, analýzu telegramu v reálném čase, testování stavů prvků a podobné funkce.

Kroky programování:

- Vytvoření struktury objektu
- Výběr přístrojů v projektu
- Stanovení funkcí v projektu
- Stanovení vzájemných vazeb
- Používají se dvojí odlišné druhy adresace (individuální a skupinová)

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 POPIS NÁVRHOVÝCH SYSTÉMŮ

V praktické části DP se popisuje návrh systémů pro nízkoenergetický dům takovým způsobem, aby byl energeticky úsporný, moderní, trendy, komfortní.

Návrh se týká projekce otopné soustavy, elektroinstalace, EPS, EZS, komunikačního zařízení KNX a ekonomického řešení.

Jako zdroj tepla bude tepelné čerpadla vzduch/voda a jako sekundární zdroj tepla bude elektrický kotel, k ohřevu TV bude sloužit tepelné čerpadlo spolu se solárními panely a elektrickým kotlem.

Pro chlazení domu v teplých letních měsících bude navrženo stropní chlazení v nejteplejší místnosti, proto bude vybráno tepelné čerpadlo vzduch/voda tzv. reverzibilní, které je schopno v létě ochlazovat vodu.

Celková elektroinstalace bude řešená jako inteligentní, do této kategorie zapadá inteligentní osvětlení, které bude splňovat náročný komfortní styl osobám v rodinném domu.

O bezpečnost se budou starat prvky elektronického zásahového systému a elektronického bezpečnostního systému v případě výskytu ohně či neočekávané návštěvy v podobě lupičů.

Prvky budou zapojeny do jednoho logického a řídicího systému, kterým budou uživatelé schopni ovládat jednotlivé prvky v domě, pomocí tzv. SCADA systému.

Jako poslední bod, bude ekonomické zhodnocení jednotlivých prvků v celém objektu.

## 7.1 Popis RD a okrajové podmínky výpočtu

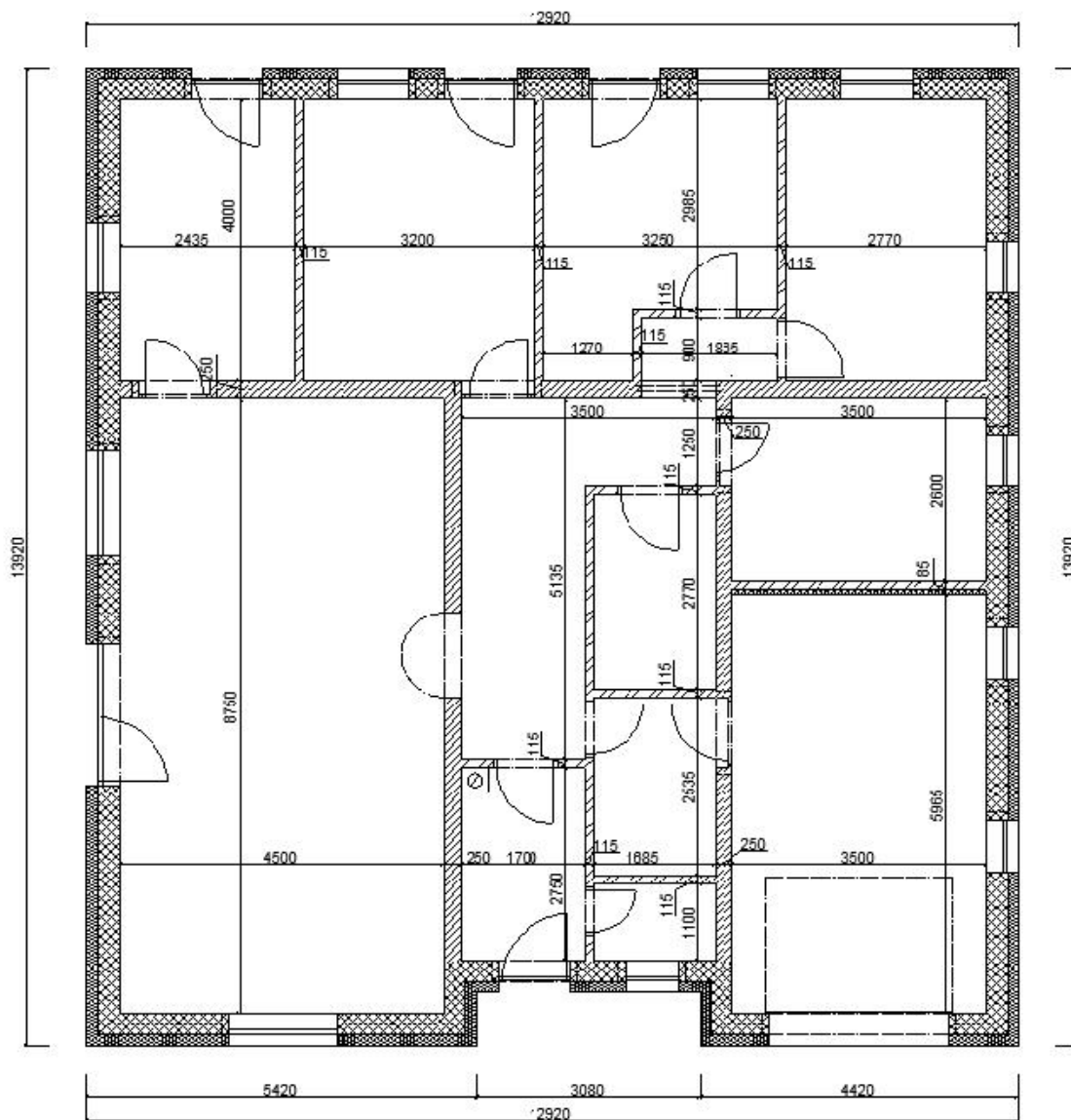
Dům se nachází v Jihomoravském kraji, okrese Hodonína, v těsné blízkosti Slovenských hranic ve vesnici s názvem Kněždub. Rodinný dům byl postaven v roce 2007 a je považován jako novostavba, je samostatně stojící, jde o stavbu tzv. bungalov, kde je obytné jen přízemí, bez využití podkrovního bydlení.

Slouží jako obydlí 4 osobám, které využívají objekt celoročně. Nejvíce je prosklená místnost obývací pokoj, který je spojen s kuchyní a jídelnou, je otočen směrem na východ a jih pro co nejvyšší tepelné zisky.

Okrajové podmínky jsou uvedeny pro obec Kněždub a jsou vypočítané s katalogu okrajových podmínek programu Teplo 2010.

Tab. 13. Okrajové podmínky obce Kněždub

Délka vytápěného období	215 dnů
Průměrná venkovní teplota	4,2 °C
Venkovní výpočtová teplota	-12°C
Nadmořská výška	162 m.n.m.
Celková zastavěná plocha	180 m <sup>2</sup>
Výška místností	2,6 m
Užitková plocha	145 m <sup>2</sup>
Průměrná teplota interiéru	20°C



Obr. 16. Půdorys rodinného domu

## 7.2 Popis místností

V tabulce je uvedený popis místností RD, kde jsou uvedeny jejich parametry a teplota.

Z těchto hodnot vycházejí následující výpočty tepelných ztrát.

Tab. 14. Popis místností v rodinném domu

Číslo místnosti	Název	Půdorysná plocha $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	Objem $V_i$ [m <sup>3</sup> ]	Návrhová teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
1.1	Závětrí, schodiště	2,75	7,15	nevytápěno
1.2	Zádveří	4,50	11,7	20
1.3	WC	1,85	4,81	20
1.4	Chodba	11,00	28,6	20
1.5	Spíž/Komora	4,30	11,18	20
1.6	Šatna	4,65	12,09	20
1.7	Obývací pokoj	25,65	66,69	20
1.8	Kuchyň, jídelna	13,70	35,62	20
1.9	Zastřešená terasa	12,50	32,5	Nevytápěno
1.10	Prádelna, kotelna	9,75	25,35	20
1.11	Ložnice	12,95	33,67	20
1.12	Zastřešená terasa	12,50	32,5	nevytápěno
1.13	Pokoj	11,00	28,6	20
1.14	Pokoj	11,05	28,73	20
1.15	Chodba	1,90	4,95	20
1.16	Koupelna, WC	9,20	23,92	24
1.17	Garáž	20,90	54,34	20

Závětrí a schodiště je část před vstupem do domu, nebudeme ho uvažovat při jednotlivých výpočtech. Budeme však uvažovat stínění, které nám dávají jednotlivé části střechy nad závětrím.

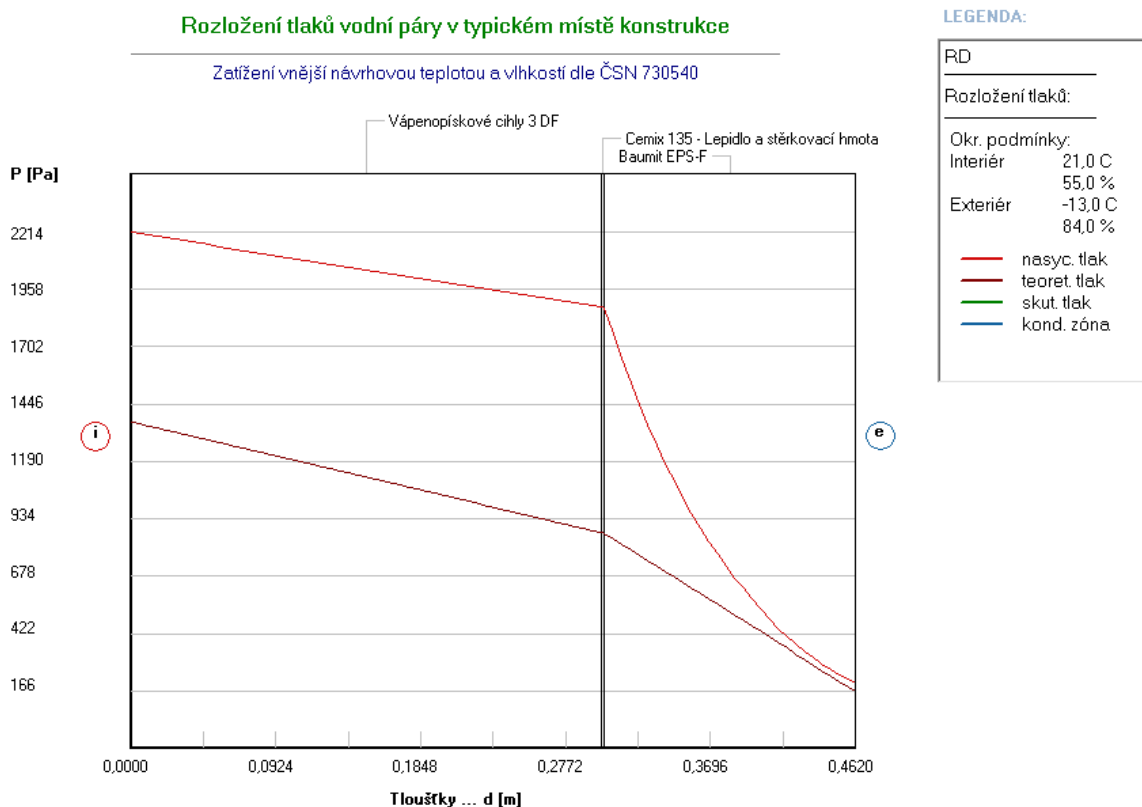
Tab. 15. Rozdělení rodinného domu

Celková plocha fasády	Celková plocha výplní otvorů	Plocha po odečtení výplní otvorů	Podíl ploch výplní a otvorů %
180	32,3145	147,6855	17,95

### 7.3 Posouzení konstrukce obvodové stěny rodinného domu

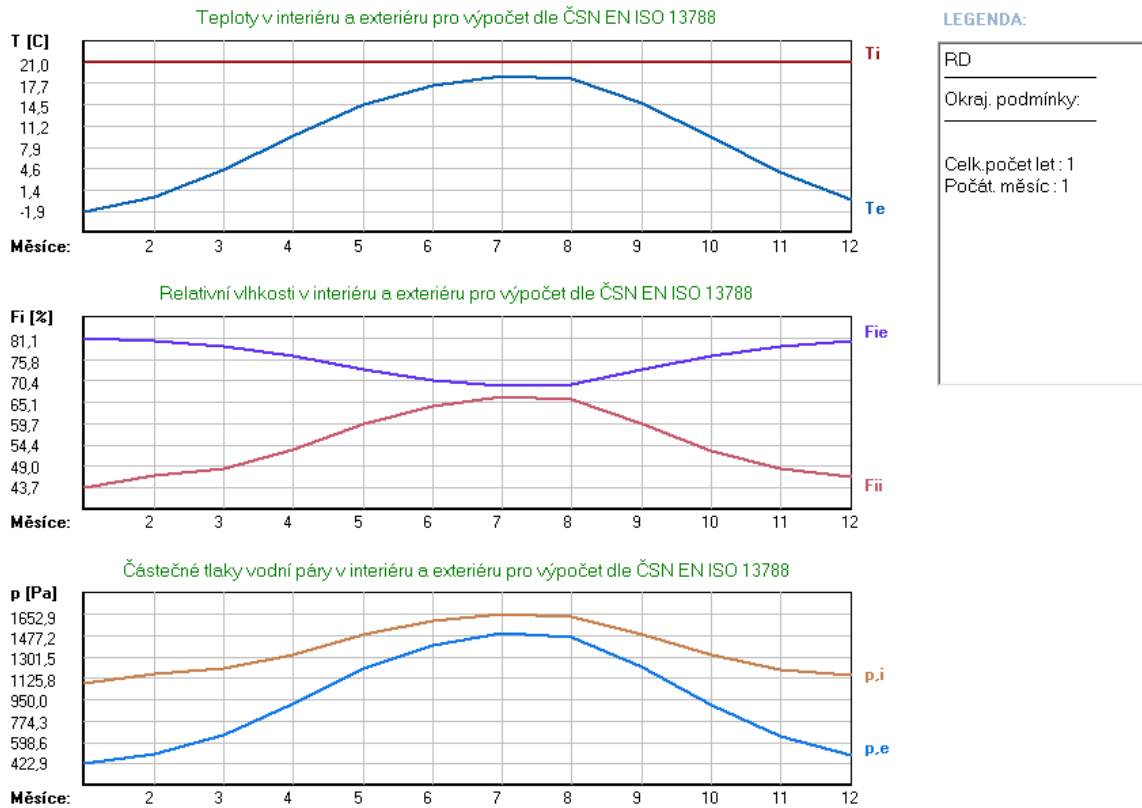
Konstrukce se skládá z vápenopískových cihel DF, které mají tloušťku 30 cm, dům je zateplen polystyrenem tloušťky 15 cm. Obvodová stěna musí splňovat normu ČSN 73 0540-3 [18] z hlediska kondenzaci vodních par.

Výpočet byl proveden v programu Teplo 2010, který provedl výpočet dle normy ČSN 73 0540 [17][18][19], výsledek je vyneseno v grafu.



Graf 1. Kondenzace vodních par – obvodové zdivo

V případě že se vyskytne v objektu kondenzace, má to za následek výskyt plísně na zdech domu a narušení tepelné pohody, můžeme tomu zabránit buď častějším větráním, nebo místo lépe zaizolovat, pokud to jde prakticky.



Graf 2. Teploty, vlhkosti, tlaky vodní páry v interiéru a exteriéru

## 7.4 Výpočet tepelných ztrát

Výpočet tepelných ztrát je velmi důležitý pro návrh optimálního otopného systému.

Postup je uveden v normě ČSN EN 12831 [22]:

- Stanovení hodnoty výpočtové venkovní teploty a průměrné roční venkovní teploty;
- Stanovení stavu každého prostoru (vytápěný nebo nevytápěný) a hodnot pro výpočtovou vnitřní teplotu každého vytápěného prostoru;
- Stanovení rozměrových a tepelných vlastností pro všechny stavební části a pro každý vytápěný a nevytápěný prostor;
- Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát prostupem a násobení návrhovým rozdílem teplot pro získání tepelných ztrát prostupem vytápěného prostoru;



- e) Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát větráním a násobení návrhovým rozdílem teplot pro získání tepelných ztrát větráním vytápěného prostoru;
- f) Stanovení celkové návrhové tepelné ztráty vytápěného prostoru sečtením návrhových tepelných ztrát prostupem a návrhových tepelných ztrát větráním;
- g) Výpočet zátopového výkonu vytápěného prostoru, např. dodatečného výkonu potřebného pro vyrovnání účinku přerušovaného vytápění;
- h) Stanovení návrhového celkového tepelného výkonu sečtením celkových návrhových tepelných ztrát a zátopového výkonu.

## 7.5 Skladba konstrukce rodinného domu

Jako první byl udělán rozbor všech materiálů, z kterých se rodinný dům skládá (obvodová stěna, vnitřní příčky, strop, podlaha).

Jako první se musí spočítat součinitel přestupu tepla  $U_k$ . Pro jeho výpočet je potřebné znát součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ , nebo tepelný odpor  $R$ .

Některé hodnoty udává přímo výrobce, nebo je možné dohledat je v katalogu nebo normě ČSN 73 0540.

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} \quad [W/(m.K)] \quad (9)$$

$U_k$  – součinitel prostupu tepla  $[(m^2.K)/W]$

$R_{si}$  – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $[(m^2.K)/W]$

$R_{se}$  – odpo při přestupu tepla na venkovní straně konstrukce  $[(m^2.K)/W]$

$d$  – šířka vrstvy [m]

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti vrstvy  $[W/(m.K)]$

Tab. 16. Hodnoty součinitele přestupu tepla konstrikcí

Popis konstrukce	Šířka konstrukcí [m]	Skutečné hodnoty $U_k$	Požadované hodnoty $U_{n,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$
Obvodová stěna	0,45	0,25	0,3	0,25
Okna	-	1,2	1,5	1,2
Podlaha	0,43	0,33	0,45	0,3
Strop	0,25	0,161	0,3	0,2
Vrata	-	2,4	1,7	1,2
Dveře	-	1	1,7	1,2

Z těchto hodnot se dají vypočítat celkové ztráty na vytápění, podle kterých počítám a navrhuji vytápěcí soustavu. Výpočet je realizovaný podle normy ČSN EN 12 831 [22].

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} [W] \quad (10)$$

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

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

### 7.5.1 Tepelné ztráty z vytápěcích místností do venkovního prostředí

Tepelná ztráty přímo do venkovního prostředí  $H_{T,ie}$

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k [W / K] \quad (11)$$

Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí  $H_{T,ie}$  včetně tepelných mostů

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k + \sum \psi \cdot l_i \cdot e_i [W / K] \quad (12)$$

$A_k$  je plocha stavební části (k) v ( $m^2$ );

$e_k$  korektní činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů (oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota);

$U_k$  součinitel prostupu tepla stavební části (k), ( $W/m^2 \cdot K$ );

$l_i$  délka lineárních tepelných mostů ( $l$ ) mezi vnitřním a venkovním prostředím (m);

$\Psi_i$  činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu ( $l$ ), ( $W/m^2 \cdot K$ ).

$\Psi_i$  se stanoví pomocí dvou postupů

- Pro hrubé stanovení se použijí tabulární hodnoty uvedené v EN ISO 14683, kde se uvažují pro celou budovu a ne pro postup výpočtu místnost po místnosti.
- Výpočtová metoda podle EN ISO 10211-2.

Výpočet se provedl v programu Ztraty 2010.

### 7.5.2 Tepelná ztráta větráním

Teplené ztráty větráním nám vyřeší problém s vlhkostí vnitřního vzduchu, je potřeba objekt přirozeně a pravidelně větrat. Pokud není možné přirozené větrání je potřeba využít vzduchotechniky, je to ovšem energeticky a finančně nákladnější.

Návrhová ztráta větrání  $\Phi_{V,i}$  se vypočítá podle normy ČSN EN 12831 [22].

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\Theta_{\min,i} - \Theta_e) [W] \quad (13)$$

$H_{V,i}$  – součinitel návrhové teploty ztráty větráním [W/K]

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

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

$$H_{V,i} = 0,34 + V_{\min,i} [W / K] \quad (14)$$

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

$$V_{\min,i} = n_{\min} + V_i [m^3 / h] \quad (15)$$

$N_{\min}$  – minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu [l/h]

$V_i$  – objem vytápěné místnosti vypočítaný z vnitřních rozměrů [ $m^3$ ]

Hodnota minimální intenzity výměny venkovního vzduchu je stanovena normou ČSN EN 12831 [22] pro obytné místnosti má hodnotu 0,5 l/h, pro kuchyň a koupelnu je hodnota stanovena na 1,5 l/h.

## 7.6 Celková tepelná ztráta

Návrhová tepelná ztráta se vypočítá pro vytápěcí systém v celém objektu. Celková návrhová tepelná ztráta se vypočítá součtem tepelných ztrát větráním a tepelných ztrát předaných do venkovního prostředí.

Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty vytápěného prostoru (i)

$$\Phi_{V,i} = \Phi_{T,i} - \Phi_{W,i} [W] \quad (16)$$

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

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

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) [W] \quad (17)$$

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

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

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

$H_{T,ij}$  součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu, př: sousedící místnost uvnitř funkční části budovy nebo vytápěný prostor sousední funkční části budovy (W/K);

$\Theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i), (°C);

$\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota (°C).

Tab. 17. Celkové ztráty místností rodinného domu

Číslo místnosti	Název místnosti	Tepelná ztráta prostupem $\Theta_{T,i}[\text{W}]$	Tepelná ztráta větráním $\Theta_{v,i}[\text{W}]$	Zvýšení výkonu kvůli vytápění $[\text{W}]$	Celková tepelná ztráta $\Theta_{HL,i}[\text{W}]$
1.2	zádveří	196	64	72	331
1.3	WC	74	26	30	130
1.4+1.15	chodba	132	182	206	521
1.5	Komora	38	61	69	168
1.6	Šatna	41	66	74	181
1.7	Obývací pokoj	724	363	410	1498
1.8	Kuchyň/jídelna	270	194	219	683
1.10	Prádelna/kotelna	377	138	156	671
1.11	Ložnice	312	183	207	703
1.13	Pokoj_1	296	156	176	628
1.14	Pokoj_2	250	156	184	591
1.16	Koupelna/WC	202	146	147	496
1.17	garáž	924	296	334	1554
<b>celkem</b>		<b>3839</b>	<b>2030</b>	<b>2286</b>	<b>8155</b>

### 7.6.1 Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy a protokol k němu jsou přehledné technické dokumenty, kterými lze doložit splnění požadavku na prostup tepla obálkou budovy. Podle energetického štítku se dají vypočítat požadavky na vytápění budovy. Hodnotí se jen prostup tepla do venkovního prostředí přes tzv. obálku budovy tj. obvodovou stěnu, střechu, podlahu.

Zařazení do klasifikační třídy se dle ČSN EN 73 0540-2 [17] provádí porovnáním vypočítaného průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy s požadovanou normovou hodnotou průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \left[ \text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \right] \quad (18)$$

$H_T$  – měrná tepelná ztráta, stanovená ze součinitelů prostupu tepla [W/K]

$A$  – plocha obálky budovy, bez otvorů (okna, dveře) [ $\text{m}^2$ ]

Výpočet byl realizován v programu Ztraty 2010, rodinný dům patří do kategorie C – úsporná/vyhovující. Hodnota průměrného přestupu tepla obálkou  $U_{em} = 0,745 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

## 7.7 Výpočet tepelných zisků

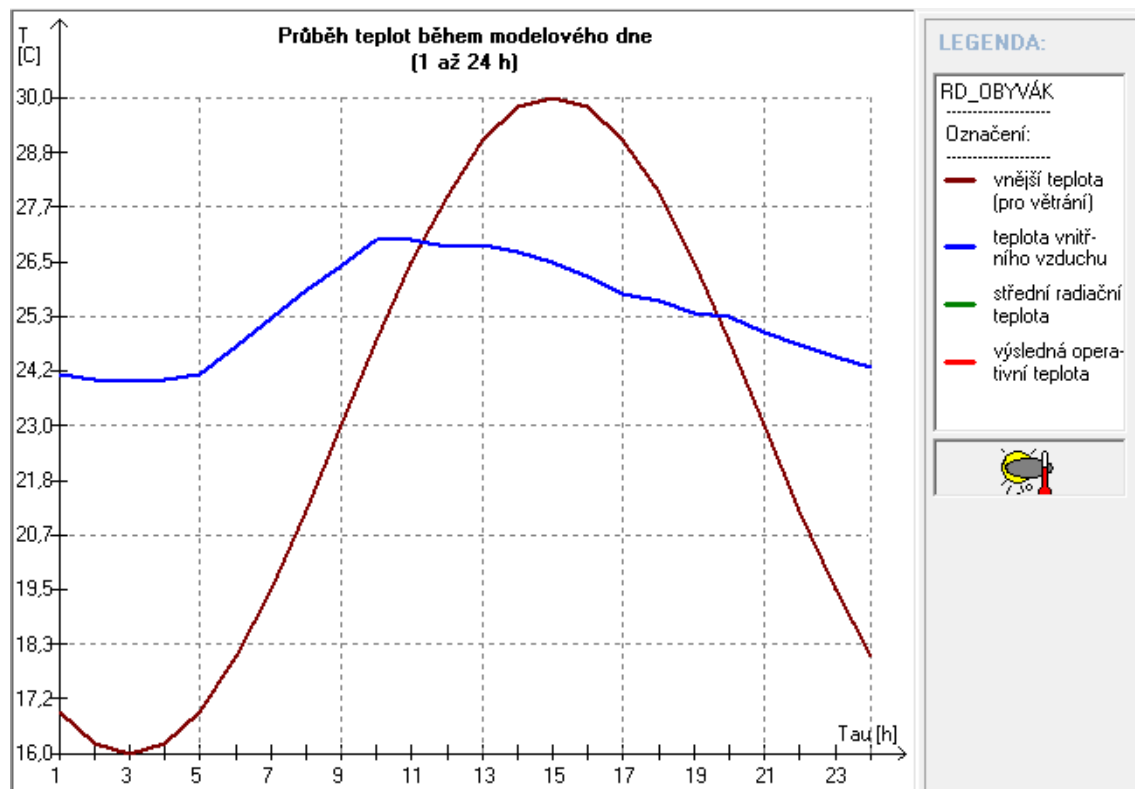
Při návrhu chlazení aklimatizace se musíme řídit výpočtem tepelných zisků. V letním období se může teplota ve venkovním prostředí rovnat až  $35^\circ\text{C}$ , tehdy nám stoupá i teplota uvnitř budovy, která se může pohybovat až  $27^\circ\text{C}$ .

Výpočet je možné provést ručně pro konkrétní stav v souladu s normou

ČSN EN 73 0548 [25].

Celkový chladicí výkon nám vyšel podle výpočtu v programu qPro.cz 2,9 kW, tepelná zátěž vyšla 1970 W.

Nejvyšší podíl na tepelných ziscích má energie získaná převážně ze slunečního záření, musíme uvažovat i na tepelné zisky od spotřebičů, lidí, zvířat v objektu, osvětlení.



Graf 3. Průběh teplot během modelového dne

Metodika výpočtu:

metoda tepelné jímavosti

Obalová plocha místnosti $A_t$ :	134.18 m <sup>2</sup>
Měrný tepelný zisk prostupem $H_t$ :	27.61 W/K
Celk. činitel jímavosti místnosti $Y_t$ :	370.46 W/K
Celkový činitel povrchu $F_{sm}$ :	0.365
Opravný činitel $f_c$ :	0.961
Opravný činitel $f_r$ :	0.935

**Výsledné vnitřní teploty a tepelný tok:**

Čas [h]	Tepelný tok [W]	Teplota vnitřního vzduchu [C]	Teplota střední radiační [C]	Teplota výsledná operativní [C]
1	1487.1	24.08	25.22	24.65
2	1442.4	23.98	25.21	24.59
3	1429.5	23.95	25.21	24.58
4	1442.1	23.98	25.21	24.59
5	1486.5	24.08	25.22	24.65
6	1743.8	24.69	25.73	25.21
7	1993.7	25.28	26.20	25.74
8	2258.2	25.90	26.65	26.28
9	2469.5	26.40	26.94	26.67
10	1561.4	26.97	27.04	27.00
11	1568.4	26.99	27.00	26.99
12	1514.1	26.84	26.81	26.83
13	1518.1	26.85	26.78	26.82
14	1470.7	26.73	26.63	26.68
15	1379.3	26.49	26.38	26.43
16	1258.4	26.17	26.06	26.11
17	1127.9	25.83	25.73	25.78
18	1069.7	25.68	25.60	25.64
19	970.8	25.42	25.38	25.40
20	935.0	25.32	25.34	25.33
21	1875.4	25.00	25.32	25.16
22	1760.9	24.73	25.29	25.01
23	1652.7	24.47	25.26	24.87
24	1563.5	24.26	25.24	24.75
<b>Minimální hodnota:</b>		23.95	25.21	24.58
<b>Průměrná hodnota:</b>		25.42	25.89	25.66
<b>Maximální hodnota:</b>		<b>26.99</b>	<b>27.04</b>	<b>27.00</b>

Obr. 17. Výsledné vnitřní teploty



## 8 NÁVRH VYTÁPĚCÍ A CHLADÍCÍ SOUSTAVY

Hlavní tepelný zdroj je tepelné čerpadlo vzduch/voda. Tepelné čerpadlo je zapojeno v paralelně-bivalentní soustavě spolu s elektrickým kotlem, který vypomáhá tepelnému čerpadlu za nepříznivých venkovních podmínek, elektrický kotel přepíná regulátor, když tepelné čerpadlo nepokrývá celkové tepelné ztráty.

Výkon čerpadla závisí od počasí, čerpadlo je dimenzováno na pokrytí vytápění v přechodném období (jaro, podzim, částečně zima). Tepelné čerpadlo je nám schopno ušetřit i několik tisíc někdy desítek tisíc korun ročně, musí být co nejdéle vytěžováno, aby se nám investice vrátila. Vytápění je navrženo jako nízkoteplotní, ohřátá voda v čerpadle nám nepřesáhne 35°C až 40°C.

### 8.1 Výběr elektrického kotle

Kotel je v tomto systému navrhnout jako sekundární kotel k tepelnému čerpadlu. Kotel by měl v případě poruchy tepelného čerpadla nahradit tepelné čerpadlo na plný (požadovaný) výkon celého systému.

Zvolený kotel je Ray 6K-18K

- jeho účinnost je 99,5 %
- rozsah nastavení teploty OV 25-85 °C
- Min.- Max. tepelný výkon 6,9,12,14,18,21,24,28
- Provozní tlak OV 0,7-3
- Hmotnost 34 kg
- Ovládání kotle signálem HDO
- Vestavěná ekvitermní regulace



Obr. 18. elektrokotel Ray

## 8.2 Výběr tepelného čerpadla

Jako první musíme zvážit, zda máme na čerpadlo dostatečný prostor, což bylo splněno.

Tepelné čerpadlo je zvoleno vzduch/voda a je určeno pro externí prostředí.

Čerpadlo bylo umístěno před prádelnu/kotelnu, kde již máme vyvedený odpad na odkapávání z čerpadla, jeho hluk nebude výrazně omezovat majitele při spaní a dalších relaxačních pobytech v objektu. Nesmíme zapomenout na elektrický příkon čerpadla, to nám zajistí dostatečná kapacita elektrické přípojky.

Zvolil jsem čerpadlo od firmy Dimplex – LA 11ASR s výkonem 12,2 kW při příkonu 4,1 kW, při 10°C s výstupem 35°C ohřátého média.

Při -7°C bude výkon 7,1 kW při příkonu 2,9 kW. Tento typ čerpadla je schopen získávat energii až do teploty -25°C.

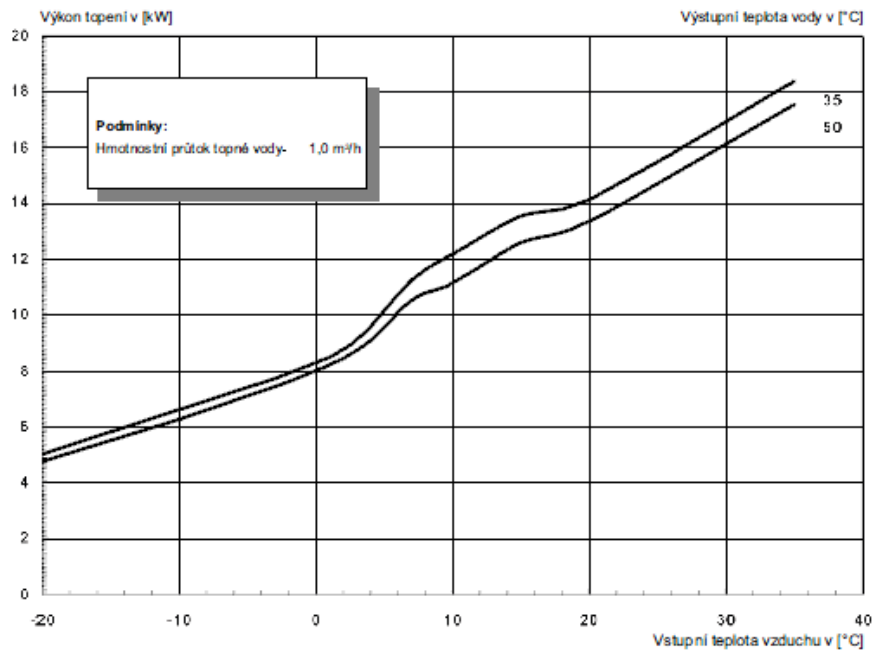
Chladicí topný faktor při 27°C má výkon 9 kW při příkonu 2,9 kW.

Hlučnost čerpadla za normálního provozu na vzdálenost 1 metr bude 63 dB. Elektrická energie je spotřebovávána jen na pohon kompresoru a ventilátoru tepelného čerpadla [34].

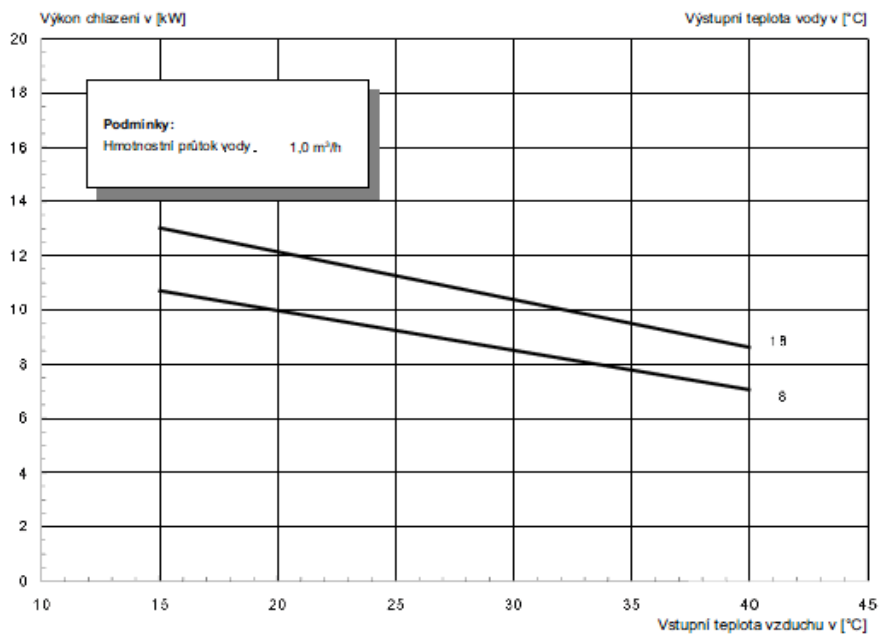


Obr. 19. Tepelné čerpadlo Dimplex

Čerpadlo tvoří přibližně třetinu energie, kterou nám poskytne čerpadlo, díky tomu se může ušetřit až 2/3 energie na potřebné vytápění. Dům při venkovní výpočtové teplotě  $-12^{\circ}\text{C}$  má tepelné ztráty 8,155 kW z kterých tepelné čerpadlo pokryje přibližně 6,1 kW, to představuje 75 %, zbytek ztrát pokryje elektrokotel Ray.



Graf 4. Charakteristika čerpadla Dimplex topný provoz



Graf 5. Charakteristika čerpadla Dimplex chladící provoz

Největší výhodou tepelného čerpadla je reverznost, čili čerpadlo lze v letním období využívat jako klimatizace, v našem případě budeme s čerpadlem chladit strop uvnitř domu.

Při venkovní teplotě 35°C nám čerpadlo bude ochlazovat vodu na 18°C a to s výkonem 9,5 kW za příkon 2,5 kW.

### 8.3 Výběr zásobníku TV a akumulční nádrže

Zásobník je navrhnut pro 4 osoby v domě, průměrná spotřeba vody je 50 l/os a 50 l/spotřebič, výsledek je 300 l zásobník TV.

Podmínky nejlépe splňuje zásobník Regulus R2GC 300/SOL2 STD3.

Zásobníkový ohřívač TV 300 litrů s dvěma topnými hady, smaltovaný se solární jednotrubkovou čerpadlovou skupinou s regulátorem STDC, průměr včetně izolace 700 mm, výška 1450 mm [33].

Kvalita doplňovací a otopné vody je předepsána dle ČSN 07 7401 [26].

Součástí zásobníku je i čerpadlo S2 STDC od firmy Regulus, jeho výbava je následující:

- Tlakoměr, teploměry topné a vratné větve
- Solární pojistný ventil 6 bar
- Napouštěcí a vypouštěcí ventily
- Uzavírací ventil, zpětný ventil solární
- Průtokoměr s regulací průtoku
- Výstup pro připojení expanzní nádoby

Solární regulátor STDC

- Svítící display se schematickým zobrazením systému a teploty
- Snadná obsluha
- Funkce termostatu s možností blokace nebo snížení požadované teploty



Obr. 20. Akumulační nádrž Regulus



Obr. 21. Solární regulátor

## 8.4 Návrh solárního systému

Vhodný návrh solárního systému nám může ušetřit až 30 % celkové roční spotřeby tepelné energie na ohřev pitné vody a vytápění. V letním období je možné pokrýt spotřebu energie na ohřev pitné vody prostřednictvím solárního systému.

V domě se musí počítat i s ohřevem pitné vody, který bude nezávislý na solárních energiích i v dobách, kdy je nepříznivé počasí pro dostatečný ohřev pitné vody.

Optimální velikost plochy solárních kolektorů, zásobníku a stanice pro solární zařízení mají vliv určité faktory, které si musím určit před instalací solárních kolektorů:

- Orientace střechy (kolektory se dávají na jihovýchod)
- Sklon střechy (výrobce předepsaný nejúčinnější úhel sklonu kolektoru)
- Poloha (lokality, ve které se dům nachází)
- Spotřeba teplé vody (pro kolik členů je ohřev pitné vody)

Kolektory jsem volil od firmy Regulus, typ Sluneční plochý kolektor KPW-1.

Podle denní spotřeby pro 4 člennou rodinu zhruba 300l, potřebný výkon kolektorů je zhruba 2,8, pro energetické optimum se volí počet 3 kolektorů.

U solárních systémů nevádí předimenzování, přebytečné teplo je odevzdané do zásobníku, ve kterém je využito jako předehřev nebo slouží jako vytápění. Na kolektor by měl připadnout 100 l zásobník, což splňujeme.

Výrobce udává celkový roční zisk 546 kWh/m<sup>2</sup>, tento údaj byl naměřen ve zkušebně ve Würzburgu. Celkový roční výkon třech kolektorů (při ploše 2,37 m<sup>2</sup>/kolektor) bude

$$E_{kol} = 2,37 \cdot 3 \cdot 546 = 3882 \text{ kWh} / \text{h} \quad (19)$$

Optimální úhel sklonu se udává 30° až 40° a natočení panelů na jih až jihovýchod. Střecha má sklon 22° a je natočena na jih s malou odchylkou na východ což je optimální řešení. Při počítání výkonu je nutné použít korekční součinitel, který má hodnotu 0,854, tu udává výrobce. Počet kolektorů bude 2,8 x 0,854 = 2,4. Tím jsem dokázal, že 3 kolektoru budou dostatečné. Spotřeba tepla pro ohřev vody pro 4 osoby i se spotřebou spotřebičů je podle ČSN EN 06 0320 [2] přibližně 25,8 kWh/den.

Kolektory KPW-1 jsou schopné dodat výkon necelých 11 kW/h za příznivého počasí, což je 42 % celkových požadavků na ohřev teplé vody [33].



Obr. 22. Solární kolektor KPW-1

<b>Rozměry a váhy</b>	
výška x šířka x tloušťka	2140x1215x110 mm
stavební výška	2151 mm
celková plocha	2,609 m <sup>2</sup>
plocha apertury	2,373 m <sup>2</sup>
plocha absorberu	2,373 m <sup>2</sup>
hmotnost bez kapaliny	49,5 kg
<b>Zasklení</b>	
materiál	solární sklo s antireflexní vrstvou
tloušťka	4 mm
propustnost	98 %
<b>Absorbér</b>	
materiál	měď, tl. 0,2 mm
povrchová úprava	Sunselect
konstrukční typ	dvojlyrový, ultrazvukově svařovaný
materiál přípojovacích trubek	měď
rozměr přípojovacích trubek	2 x G 1/2" vnější závit
materiál trubek absorberu	měď
rozměr trubek absorberu	2 x 5 x Ø 8 mm x 0,5 mm
pohltivost slunečního záření	95 %
emisivita	5 %
maximální pracovní tlak	10 bar
maximální pracovní teplota	120°C
stagnační teplota	232 °C
teplonosná kapalina (složení; objem)	vodní roztok monoproplylenglykolu 1:1; 1,24 l
doporučený průtok	80 – 120 l/h
<b>Teplná izolace</b>	
materiál izolace	minerální vlna
tloušťka izolace	60 mm
<b>Rám</b>	
materiál rámu	hliníková slitina
barva rámu	stříbrná
zadní plech	hliníková slitina, tl. 0,5 mm
<b>Koeficienty účinnosti na plochu apertury / absorberu</b>	
$\eta_{0a}$	0,854 / 0,854
$a_{1a}$	3,37 / 3,37 W/m <sup>2</sup> K
$a_{2a}$	0,010 / 0,010 W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )

Obr. 23. Technický list panelu KPW-1

## 8.5 Otopná soustava

### 8.5.1 Popis schématu, zapojení a regulace otopného systému

Pokud má tepelné čerpadlo nejvyšší topné číslo při výstupní teplotě 35°C a venkovní teplotě 2°C, bude tato výstupní teplota sloužit jako ohřev vody v akumulacním zásobníku. Do podlahového vytápění jde stejná teplota jako do akumulacního zásobníku, není zde nutnost dohřívání vody, tzn. že elektrokotel může být vypnutý. Ohřátá voda se bere z části zásobníku, která odpovídá teplotě 35°C.

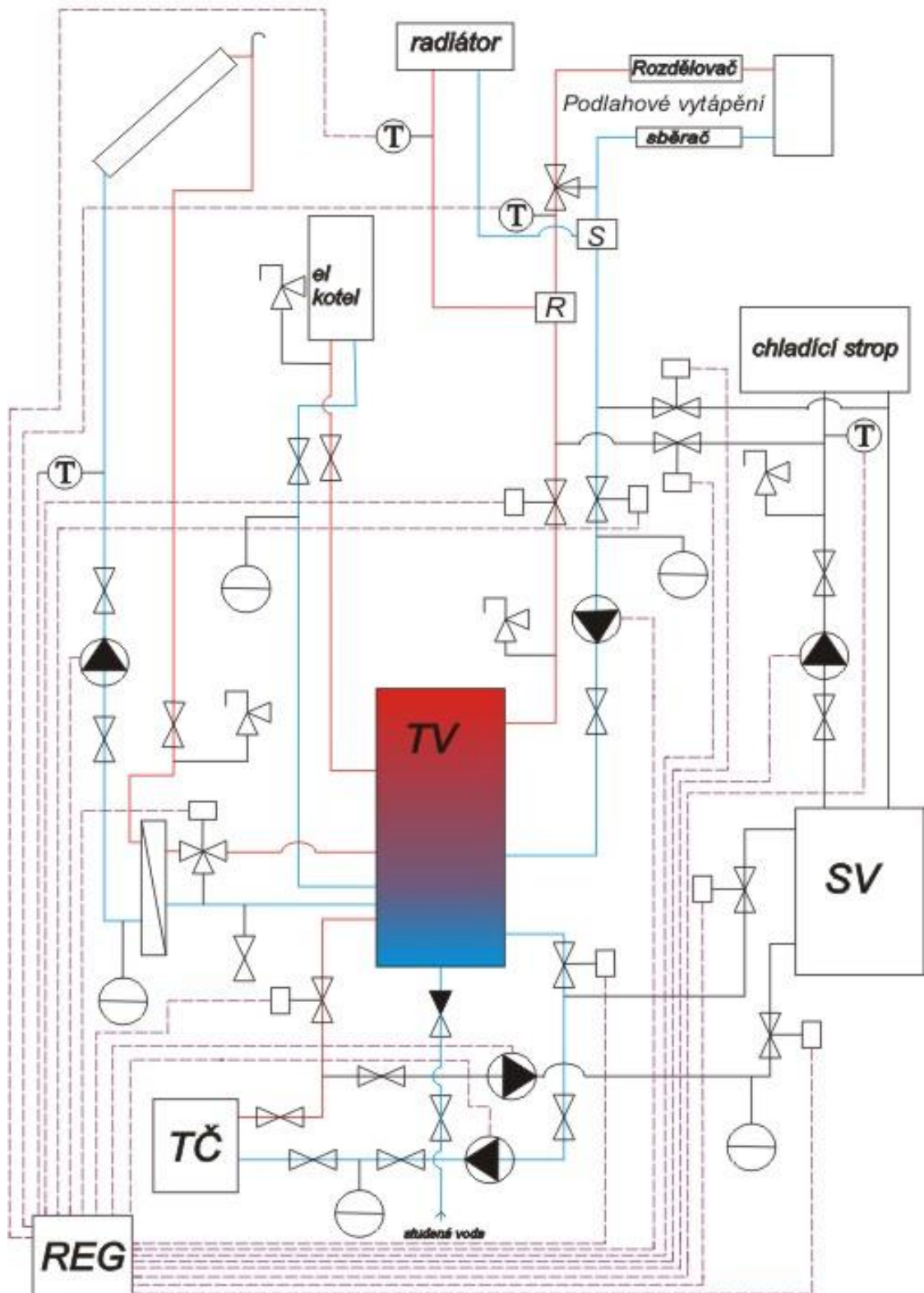
O regulaci tepelného čerpadla se stará regulátor, který sleduje teplotu vody na vstupu a výstupu. Pokud se regulátor dostane do situace, že teplotní rozdíl je nulový, automaticky vyřadí tepelné čerpadlo z oběhu. Zásobování do akumulacní nádrže bude zaručeno solárním ohřevem.

Výstupní teplota média je rozhodujícím faktorem určení která soustava bude zapnutá a která vypnutá. Jako přednostní je nastavena solární soustava, jako druhá soustava je nastavena otopná soustava tepelného čerpadla, jako poslední je zde pro případ výpadku nebo nízkých teplot nainstalován elektrokotel, který zastane při výpadku obě dvě soustavy.

O regulaci solárních panelů se stará regulátor solární STDC, který je přímo součástí zásobníku TV, může se používat pouze pro jedno solární pole, což splňuje.

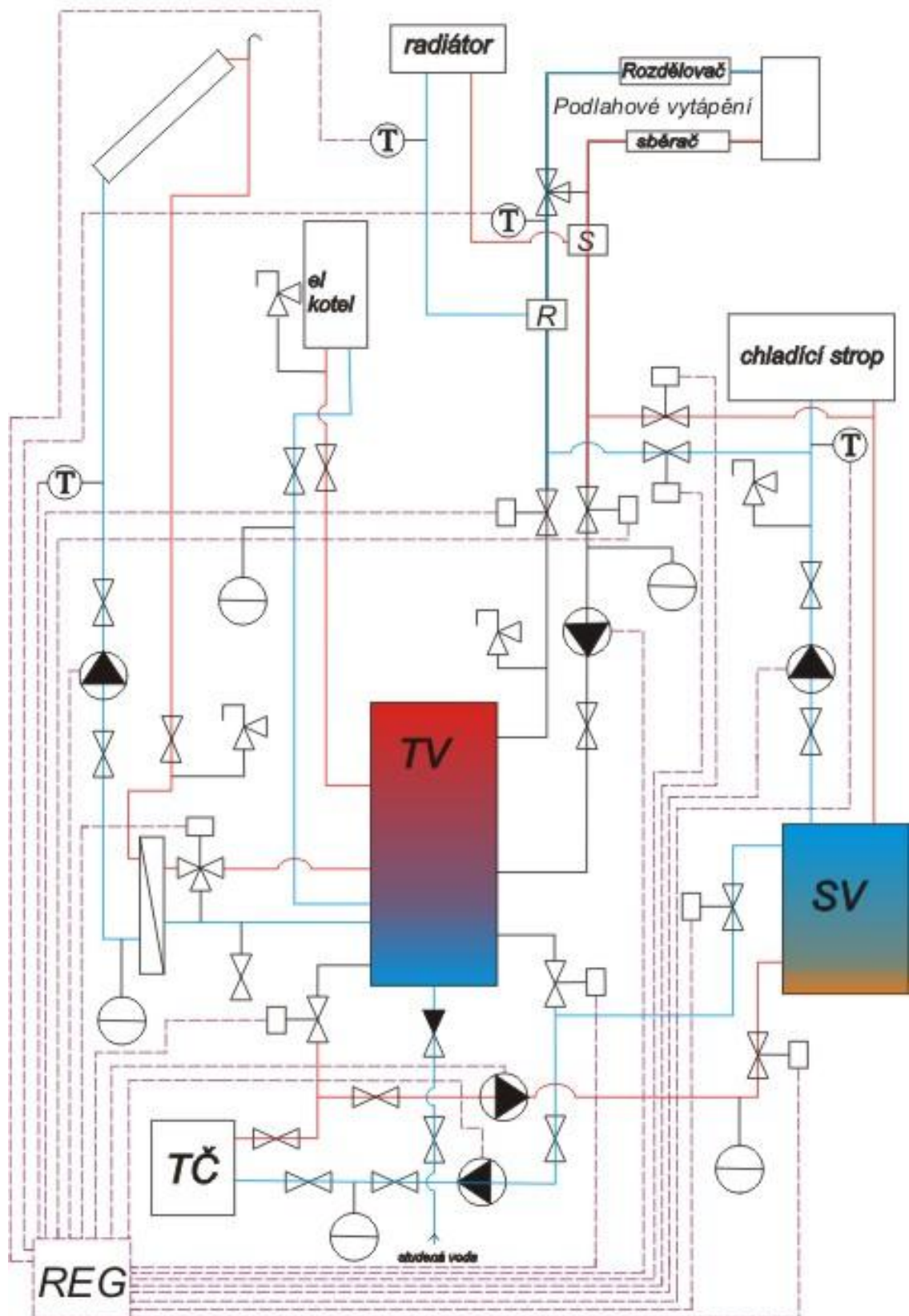


### Zima-vytápění + ohřev TV



Obr. 24. Návrh vytápěcí soustavy v RD

## Léto - chlazení + ohřev TV



Obr. 25. Návrh chladicí soustavy v RD

### 8.5.2 Letní a zimní provoz

Na základě venkovní a vnitřní teploty, nám regulátor určí hraniční hodnotu pro přepínání mezi letním a zimním režimem.

V letním období nedochází k vytápění, regulátor vypne oběhové čerpadlo vytápěcího okruhu. Tepelné čerpadlo je přepnuté do režimu chlazení. Směrem do akumulární nádrže se ventily zavřou, naopak do nádoby se studenou vodou se ventily otevřou. Voda, která je ochlazená v tepelném čerpadle má teplotu 18°C, nižší být nemůže, mohlo by dojít ke kondenzaci vodních par.

V přechodném období lze vytápět i chladit zároveň, chlazení probíhá studenou vodou, která je čerpána ze studny a je dochlazována tepelným čerpadlem. O vytápění se starají sluneční kolektory, které v přechodném období vystačí.

### 8.5.3 Dimenzování potrubí a výběr čerpadla

Jako příklad dimenzování a výběr čerpadla si vypočítáme okruh elektrokotle. Výpočet byl čerpán s knihy Výpočtové tabulky pro vytápění.

Průměr potrubí se odvíjí od maximálního výkonu, který je potřeba soustavou přenést. Jako základní vztah se udává výpočet hmotnostního průtoku TV [2].

$$\dot{m} = \frac{P}{\frac{c_p}{3600} \cdot \Delta\Theta} \quad [\text{kg/h}] \quad (20)$$

$\dot{m}$  - hmotnostní průtok [kg/h]

P – přenášený výkon [W]

$c_p$  – měrná tepelná kapacita [J/(kg.K)]

$\Delta\Theta$  - teplotní rozdíl před a po předání tepla [K]

Maximální výkon elektrokotle je 28 kW, rozdíl teplot je 20 K.

$$\dot{m} = \frac{28000}{\frac{4200}{3600} \cdot 20} = 1206 \text{ kg/h} \quad (21)$$

Podle tabulek, je možné dohledat si vhodný průměr k hmotnostnímu průtoku. Pro náš vypočítaný hmotnostní průtok odpovídá tabulková hodnota 25 mm při rychlosti 0,7 m/s.

Tabulky udávají hodnoty i tlakových ztrát v potrubí, v našem případě to je 250 Pa/m, tzn. že na 3 m potrubí případně tlaková ztráta 750 Pa.

Tab. 18. Dimenzování potrubí a čerpadel

<b>Okruh elektrokotle</b>	
Materiál a průměr potrubí [mm]	Cu 25
Tlaková ztráta [Pa]	1735
Rychlost proudění vody [m/s]	0,63
Zvolené čerpadlo	Kotlové čerpadlo
<b>Okruh tepelného čerpadla</b>	
Materiál a průměr potrubí [mm]	Cu 16
Tlaková ztráta [Pa]	6402
Rychlost proudění vody [m/s]	0,97
Zvolené čerpadlo	Grundfos Alpha 2
<b>Chladicí / Vytápěcí okruh</b>	
Materiál a průměr potrubí [mm]	Cu 32 / Cu 32
Tlaková ztráta [Pa]	14 800 / 13 100
Rychlost proudění vody [m/s]	0,71 / 0,69
Zvolené čerpadlo	Grundfos Alpha 2 / Grundfos Alpha 2
<b>Okruh solárních kolektorů</b>	
Materiál a průměr potrubí [mm]	Cu 18
Tlaková ztráta [Pa]	1664
Rychlost proudění vody [m/s]	1,65
Zvolené čerpadlo	Čerpadlo S2 STDC

Tlakové ztráty místními odpory, znamenají součet jednotlivých prvků umístěných v okruhu (každý prvek jako je T-kus, ventil a další má svůj místní odpor). V návrhu soustavy s elektrokotlem není zapojeno mnoho prvků, což nám značně usnadní výpočet.

Výpočtový okru obsahuje dva uzavírací ventily s tlakovou ztrátou 150 Pa.

Výpočty průměrů a dimenzování čerpadel jednotlivých okruhů je uvedeno v Tab. 18.

#### 8.5.4 Výběr regulátoru

Hydraulická soustava je řízena jedním regulátorem DeltaSol MX, který je možné rozšířit až o 5 modulů EM, rozšíření pomocí jednoho modulu j o 6 vstupů čidel a 5 výstupů na relé [33].

DeltaSol MX - parametry a specifikace:

- Textový displej s navigací v menu (cz)
- Slot na SD kartu pro záznam hodnot přes konfigurace
- 9 přednastavených zapojení
- Definované funkční bloky – možnosti individuálního přizpůsobení
- Sběrnice VBus pro připojení modulů a nastavení z počítače
- 15 vstupů pro čidla teploty
- 4 vstupy pro Gundfos Direct Sensors TM (2xAn; 2xDig) pro připojení průtokoměru a čidel teploty a tlaku
- 3 vstupy pro pulzní průtokoměry
- 1 vstup pro senzor intenzity oslunění (CS10)
- 14 výstupních relé (13 relé mají možnost řízení výkonu oběhových čerpadel)
- 4 výstupy 0-10V, nebo PWM pro řízení nízkoenergetických čerpadel
- 2 topné ekvitermní okruhy (dalších 5 před externí EM moduly)
- Přímé měření dodaného tepla pomocí elektronických nebo pulzních průtokoměrů
- Hodiny reálného času s možností programovat dohřev zásobníku

## 8.6 Rekuperace

Rekuperační jednotka nám zajišťuje přívod čerstvého vzduchu s menšími ztrátami.

Do našeho RD, byla vybrána jednotka Sentinel Kinetic B. Vzduch se přivádí i odvádí ze stropu. Potrubní rozvody jsou vedeny od jednotky do jednotlivých místností v objektu. Vzduch vždy přivádí do ložnic, pokojů a je odváděn s koupelen a WC.

System Regulus využívá tzv. páteřní vedení, od rekuperační jednotky je navrženo hlavní potrubí, do něj jsou pomocí T kusů zaústěna dílčí vedení napojující distribuční elementy místností.

Celý systém je proveden průměrem DN 125, škrticí klapka je instalována před každou vyústkou. Každá klapka se nastaví na potřebný průtok jednotlivých elementů. Pro hlavní rozvod se použije větší průměr potrubí DN 150.

Maximální větrací výkon jednotky je 275 m<sup>3</sup>/hod, jednotka obsahuje Bypass pro letní období. Jednotka je nainstalována v technické místnosti a lze naprogramovat dle potřeby.

Musíme počítat s odvodem kondenzátu do kanalizace, umístění je pod stropem kolmo ke kanálku v místnosti [33].

Ohřívač vzduchu má výkon 300W a je nainstalován přímo v potrubí, slouží nám pro přehřev a je umístěn před jednotku do přívodního potrubí.

Potrubí je kruhového průměru a je ohebné, zamezíme tím, větším zásahům do prostor rozvodů.

## 9 DIMENZOVÁNÍ POJISTNÝCH A EXPANZNÍCH ZAŘÍZENÍ

Každá teplovodní soustava musí obsahovat omezovač teploty, který bude bezpečně reagovat na překročení nastaveného limitu. Norma ČSN EN 12 828 [27] se zabývá návrhem zvolených pojistných zařízení, mezi tyto zařízení patří pojistný ventil a expanzní nádoba.

### 9.1 Pojistný ventil

Každý zdroj tepla tepelné soustavy musí být vybaven alespoň jedním ventilem chránícím soustavu proti překročení nejvyššího provozního tlaku. Jestliže není zdroj tepla dodáván s pojistným ventilem, musí být instalován v soustavě co nejbližže zdroji tepla.

Pojistný ventil musí být v souladu s požadavky pro normu ČSN 06 0830 [28] s nejmenším rozměrem DN 15.

Musí otevřít při tlaku nepřesahujícím nejvyšší návrhový tlak soustavy a být navržený tak, aby nejvyšší provozní tlak nebyl překročen o více než 10 %.

Být namontován takovým způsobem, aby ztráta v přívodním potrubí nepřekročila 3 % a ztráta ve výfukovém potrubí byla nižší než 10 % nastaveného tlaku pojistného ventilu.

Návrh ventilu: Určíme si průřez sedla pojistného ventilu vztahem

$$S_o \geq \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{q_{ot}}} \quad [mm^2] \quad (22)$$

$S_o$  – průřez sedla pojistného ventilu [ $mm^2$ ]

$Q_p$  – pojistný výkon [kW]

$\alpha_w$  – výtokový součinitel pojistného ventilu [-]

$q_{ot}$  – otevírací přetlak pojistného ventilu [kPa]

$$S_o = \frac{2 \cdot 25,8}{0,4 \cdot \sqrt{300}} = 7,38 [mm^2] \quad (23)$$

Zvolený ventil bude pojistný ventil 3 bar, G  $\frac{3}{4}$ '' F x 1'' F Výrobce uvádí skutečný průřez 113  $mm^2$ .

Vnitřní průměr pojistného ventilu  $d_v$  se vypočítá vztahem

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} \quad [mm] \quad (24)$$

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{25,8} = 13,05 mm \quad (25)$$

Použitý ventil bude ten, jehož hodnota se bude blížit průměru potrubí DN 15.

V tabulce jsou uvedené přetlaky pojistných ventilů pro každý okruh.

Tab. 19. Přetlaky pojistných ventilů

Okruhy	Otevírací přetlak [kPa]
Okruh elektrokotle Ray	300
Okruh tepelného čerpadla	300
Okruh solárních panelů	300
Vytápěný okruh	300
Zásobník TV	300/1000

## 9.2 Expanzní nádoby

Expanzní nádoby slouží pro vyrovnání změn objemu otopné vody u otopných systémů způsobených změnami teploty, udržují přetlak v otopné soustavě v předepsaném rozmezí.

Mohou se použít pro otopnou vodu, pro užitkovou či pitnou vodu.

Expanzní zařízení většinou snižují kolísání tlaků a tím zvyšují životnost a spolehlivost zásobníků i celé soustavy. Jako příklad jsem uvedl návrh expanzní nádoby pro elektrokotel Ray v souladu s ČSN EN 06 0830 [28].

Kotel obsahuje z výroby expanzní nádobu o velikosti 7 l, ověříme si výpočtem, zda bude velikost expanzní nádoby dostatečné.

$$V_c = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \quad [l] \quad (26)$$

$V_c$  – objem expanzní nádoby [l]

$V_o$  – objem vody v otopné soustavě [l]

$n$  – součinitel zvětšení objemu [-]



$\eta$  – stupeň využití expanzní nádoby [-]

$$\eta = \frac{P_{a2} - P_{a1}}{P_{a2}} \quad [kPa] \quad (27)$$

$p_{a2}$  – konečný tlak (otevírací tlak pojistného ventilu = 300 kPa)

$p_{a1}$  – počáteční tlak [kPa]

$$p_{a1} = p_{p1} + 100 \quad [kPa] \quad (28)$$

$p_{p1}$  – počáteční tlak [kPa]

$$p_{p1} = \rho \cdot h \cdot g \cdot 10^{-3} \quad [kPa] \quad (29)$$

$\rho$  – hustota vody [ $\text{kg/m}^3$ ]

$g$  – gravitační zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]

$h$  – výška vodního sloupce nad expanzní nádobou [m]

$$p_{p1} = 1000 \cdot 1,5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 15 \quad kPa \quad (30)$$

$$p_{a1} = 15 + 100 = 115 kPa$$

Pak

$$\eta = \frac{300 - 115}{300} \quad [kPa] \quad (31)$$

$$V_c = 1,3 \cdot 129 \cdot 0,01949 \cdot \frac{1}{0,617} = 0,78 [l] \quad (32)$$

Z výpočtu nám plyne, že 7 l nádoba bude dostatečná.

Expanzní potrubí  $d_{ep}$  se vypočítá vztahem

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} \quad [mm] \quad (33)$$

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{25,8} = 13,05 mm \quad (34)$$

Použitý ventil bude ten, jehož hodnota se bude blížit průměru potrubí DN 15.

V tabulce jsou uvedené objemy expanzních nádob na jednotlivé okruhy.

Tab. 20. Objem expanzních nádob

Okruh	Objem expanzní nádrže [l]
Solární kolektory	18
Elektrický kotel	7
Tepelné čerpadlo – vytápění	12
Tepelné čerpadlo – chlazení	10
TV	12

Výpočet tlaku expanzní nádoby – solární kolektory, výrobce nám udává maximální velikost expanzní nádoby 18 l, přetlak v nádobě vypočteme dle vztahu

$$p = 1,3 + (0,1 + 0,5) = 1,7bar \quad (35)$$

$$p_{exp} = p - 0,5 = 1,2bar$$

Výpočet expanzní nádoby – elektrický kotel – výrobce uvádí maximální velikost expanzní nádoby 7 l, přetlak udává v rozmezí 0,8 – 3 bar.

### 9.3 Návrh podlahového vytápění

Dnešní trendy v komfortním až luxusním bydlení jsou spojeny často s podlahovým vytápěním jako hlavním topením v objektu.

Pokud podlahové vytápění poskytne dostatečnou teplotu v objektu není potřeba další instalace sekundárního vytápění, jako jsou radiátory či krb. Do koupelen se instaluje žebříkový radiátor, v koupelně hrají roli sušidla. Francouzská okna jsou specifický případ a před které se musí zabudovat podlahový konvektor, aby zde nedocházelo k zamlžení, čili kondenzaci vodních par [35].

Podlahové vytápění je nízkoteplotní, znamená to, že na vstupu je teplota 40°C, kterou nesmíme přesáhnout. Teplotní spád byl zvolen 35/30 °C.

Podlahy nesmí přesáhnout teplotu v místnosti 29°C.

Jako podlahový vytápěcí systém byl zvolen Nioxy, Universa izolační rohož, které fungují jako podklad pro potrubí Nioxy Universa. Rozměr systémové rohože je 100x1000.



Obr. 26. Systémové řešení Universa Nioxy



Obr. 27. Potrubí Universa Nioxy



Obr. 28. Universa Rozdělovač Unimulti

Návrh podlahové vytápění byl prováděn pomocí katalogu přímo od výrobce.

Určení tepelných ztrát v místnosti jsem zjistil, že pro vybranou místnost je potřebný výkon podlahového vytápění je 2200 W a plocha podlahy je 33 m<sup>2</sup>. Z těchto hodnot je potřeba spočítat hustotu tepelného toku  $q$ , podle vztahu

$$q = \frac{P_p}{A_p} [W / m^2] \quad (36)$$

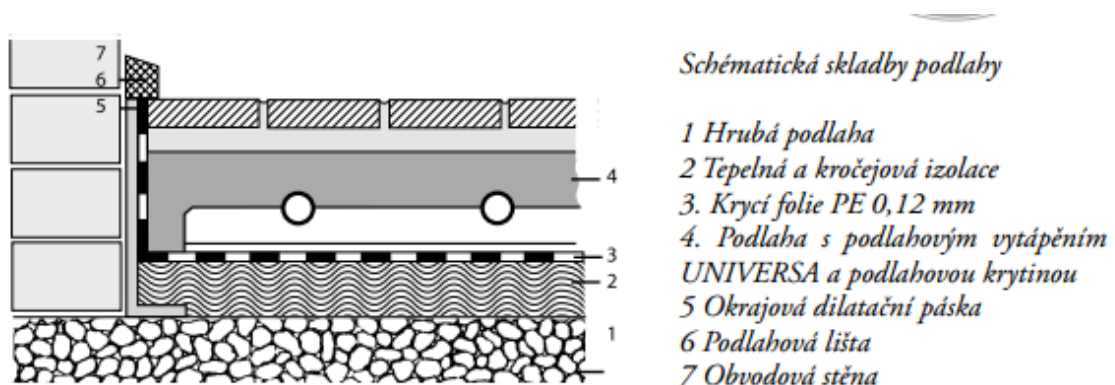
$P_p$  – výkon podlahového vytápění [W]

$A_p$  – plocha místnosti [m<sup>2</sup>]

$$q = \frac{2200}{33} = 70 \text{ W/m}^2 \quad (37)$$

Porovnám svůj výsledek s katalogem výrobce a určím hodnotu tepelného toku.

Určím si vzdálenost trubek dle výrobce, ten uvádí rozteč 150 mm o teplotním spádu 5K.

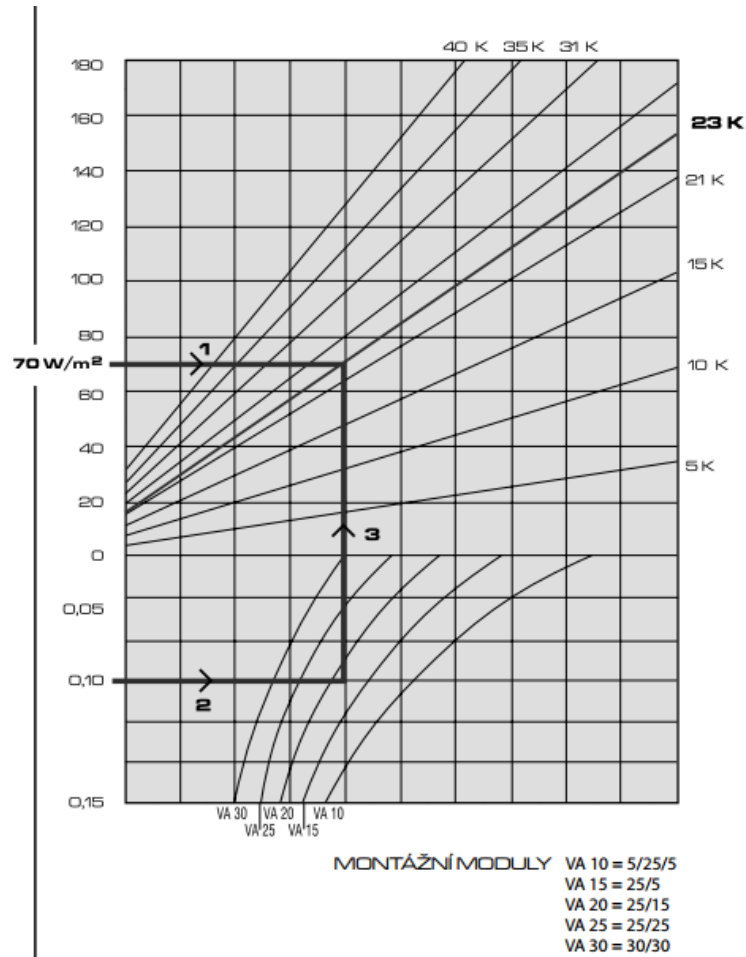


Obr. 29. Schématická skladba podlahy od výrobce Universa Nioxy

Zjištění přenosové teploty z diagramu:

- a) Od hodnoty nejvyšší hustoty tepelného toku (70 W/m<sup>2</sup>), vedeme vodorovnou přímku
- b) Od hodnoty tepelného odporu 0,1 m<sup>2</sup>K/W vedeme druhou přímku
- c) Vedeme svislou spojnicí od průsečíku přímky tepelného odporu a křivky montážní rozteče VA 15K k přímce hustoty tepelného toku

- d) Na průřezu svislá spojnice a přímky hustoty tepelného toku odečteme rozdíl teplot topného média. => 23 K viz diagram



Graf 6. Projektový diagram Trubka Universa Nioxy 17x2,5mm

- e) Určení přívodní teploty

$$\Theta_{V,des} = \Delta\Theta_H + \frac{\sigma}{2} + \Theta_i = 23 + 5/2 + 22 = 47,5^\circ\text{C} \quad (38)$$

Hmotnostní průtok temnotní látky potřebný na pokrytí tepelných ztrát místnosti se vypočítá dle vzorce

$$\dot{m} = 3600 \cdot \frac{P_p}{c_p \cdot \Delta\Theta} = 3600 \cdot \frac{2200}{4180 \cdot 23} = 82,38 \text{ kg/h} \quad (39)$$

$\Delta\Theta$  - teplotní rozdíl vstupu a výstupu [K]

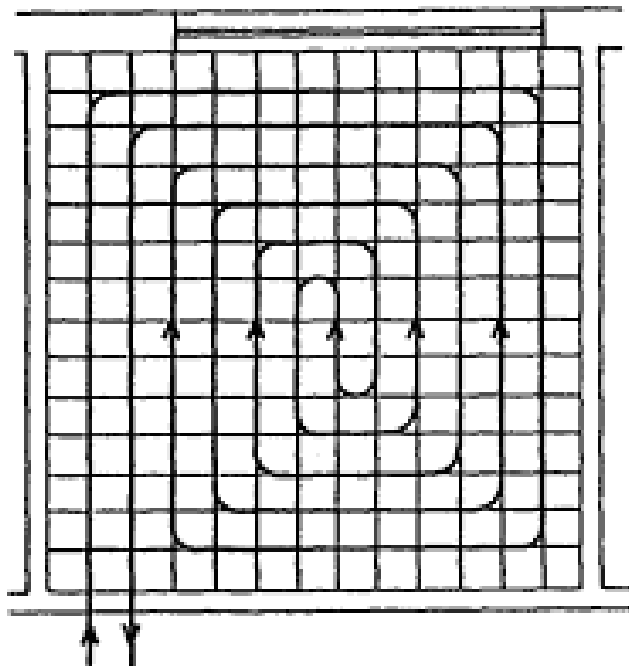
$c_p$  – měrná tepelná kapacita vody [ $c_p = 4180 \text{ J/kg.K}$ ]

Tab. 21. Spotřeba materiálu pro montážní modul vztažený na  $1\text{m}^2$  podlahové plochy

<i>Spotřeba materiálu pro montážní modul (průměrné množství)</i>	<i>30/30</i>	<i>25/25</i>	<i>25/15</i>	<i>25/5</i>	<i>5/25/5</i>
<i>Maximální plocha okruhu 1) [<math>\text{m}^2</math>]</i>	<i>34</i>	<i>27</i>	<i>22</i>	<i>18</i>	<i>12</i>
<i>Vytápěcí trubka [<math>\text{m}/\text{m}^2</math>]</i>	<i>3,6</i>	<i>4,4</i>	<i>5,5</i>	<i>6,6</i>	<i>10</i>
<i>Kotvící lišta [<math>\text{m}/\text{m}^2</math>]</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Příchytka [<math>\text{ks.}/\text{m}^2</math>]</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Okrajová dilatační páska [<math>\text{m}/\text{m}^2</math>]</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Izolační robož 2) [<math>\text{m}^2/\text{m}^2</math>]</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Přísada do betonu 3) [<math>\text{l}/\text{m}^2</math>]</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>

Celková délka potrubí u podlahového vytápění se určí podle tabulky určené výrobcem.

Z tabulky nám plny že bude potřeba 118m trubky. Vytápěcí trubku budeme klást do podoby hadové spirály, kterou vidíme na obrázku.



Obr. 30. Kladení otopného hadu ve tvaru plošné spirály

Nyní bychom měli spočítat tlakové ztráty okruhu, pro optimální výkon tlakového čerpadla. Určí se na základě tlakových ztrát působících třením v podlahovém vytápění a ztrátami na rozdělovači.

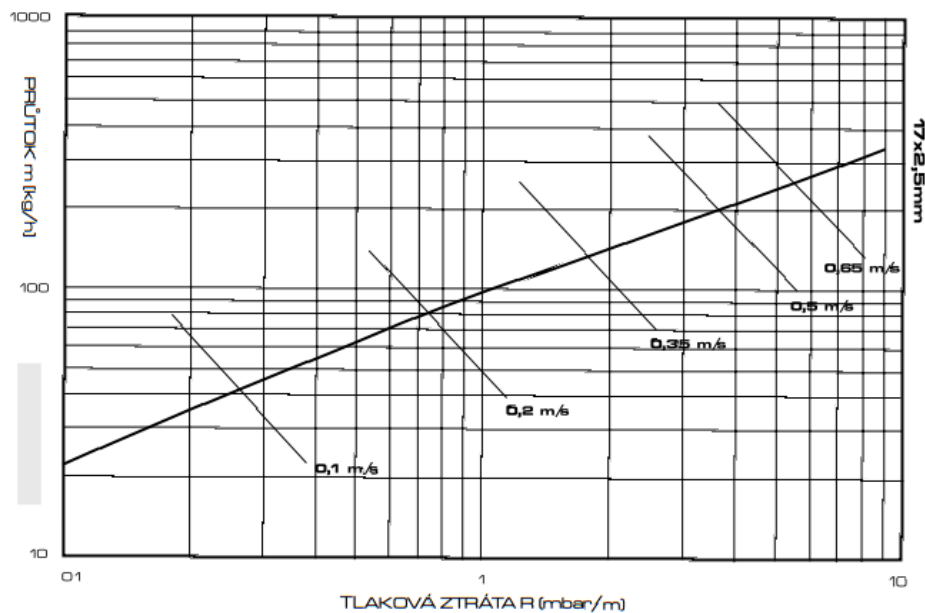
$$\Delta P_c = (\Delta p_r \cdot L_c) + \Delta p_d \quad (40)$$

$\Delta P_c$  – celková tlaková ztráta vytápěného okruhu [Pa]

$\Delta p_r$  – tlaková ztráta na podlahovém okruhu na metr potrubí [Pa/m]

$\Delta p_d$  – tlaková ztráta na rozdělovači [Pa]

Tlaková ztráta  $\Delta p_r$  se určí z grafu do výrobce trubek podlahového vytápění, podle hmotnostního průtoku vytápěcí vody v okruhu a rychlosti proudění.



Graf 7. Tlaková ztráta trubky 17x2,5mm

Tlaková ztráta na rozdělovači  $\Delta p_d$  se určí s diagramu určeného výrobcem, musíme se správně určit hmotnostní průtok vody a správně určit tlakovou ztrátu.

Tlaková ztráta z diagramu vychází  $\Delta p_d = 0,75$  mbar/m.

### 9.3.1 Rozdělovač

Rozdělovač slouží jako rozvod vody do jednotlivých větví (okruhů). Rozdělovač se umísťuje na přístupné místo z hlediska ovládání, kde se předpokládá častý výskyt osob.

Rozdělovač a sběrač je umístěn v technické místnosti, rozdělovač na regulaci teploty je umístěn v obývacím pokoji hned za vstupem. V RD se nacházejí dva okruhy, které se ovládají pomocí rozdělovače Unimulti od firmy Universa [35]. Parametry jednotlivých výstupů rozdělovače:

$\theta_i$  – Teplota v místnosti [°C]

$A_v$  – Vytápěná plocha [m<sup>2</sup>]

$P_k$  – Výkon [W]

$q_k$  – Hustota tepelného toku [W/m<sup>2</sup>]

$\theta_M$  – Střední teplota podlahy [°C]

$d$  – rozteč trubek [mm]

$L_C$  – Celková délka potrubí vratné přípojky [m]

$m$  – Hmotnostní průtok vody [kg/h]

Tab. 22. Okruhy podlahového vytápění

Okruh	1 obývací pokoj s jídelnou a kuchyní	2 chodba, vstupní hala, šatna, komora
$\theta_i$	20	20
$A_v$	39,35	27,3
$P_k$	2200	1700
$q_k$	55,87	61,5
$\theta_M$	26	25
$d$	150	150
$L_C$	118	98
$m$	82,38	77,83



## 9.4 Podlahové chlazení

System podlahového nebo stropního chlazení je vhodný k širokému využití, zejména v kombinaci s tepelnými čerpadly. Oproti pasivnímu chlazení ze zemních jámačů, které je provozně nejúspornější variantou, se varianta s tepelným čerpadlem vzduch-voda nechá použít všude.

Klimatizace prostoru chlazenými podlahami (za předpokladu povrchové teploty krytiny 20°C) sice nedokáže snížit teplotu vzduchu v interiéru o více než 5 K, ale díky posunu výsledné teploty jsou pocity uživatelů více než komfortní [36].

Do okruhu je vháněna voda o teplotě 18°C, která nemůže být nižší, kvůli kondenzaci vodní páry.

Výhody:

- Minimální náklady na údržbu
- Energeticky úsporné řešení
- Tichý chod bez ventilátoru
- Absence proudícího studeného až chladného vzduchu
- Tepelná stabilita prostoru
- Víceúčelové řešení (chlazení a topení v jednom)
- Vhodné pro různé druhy podlahových krytin

Nevýhody:

- Může způsobit zdravotní problémy
- Není zcela komfortní

## 9.5 Stropní chlazení

Jako stropní chlazení bylo použito systému Universa Unitop. Tento systém nechladí místnost prostřednictvím vzduchu, ale odvádí teplo prostřednictvím chladicí vody v prostoru. Proto se počítá u stropního chlazení s konvekčním větráním. Nucené větrání mám pro čerstvý vzduch a odvod bakterií ve starém vzduchu uvnitř místnosti.

Při chlazení v prostoru se musí dbát rychlost odvádění vzduchu, ta by neměl překročit 0,2 m/s, jinak se nedostaví požadované klima.

Aby se předešlo tvoření kondenzátu, musel být strop dimenzovaný takovým způsobem, aby teplota vstupní vody byla vždy nad rosným bodem. Vždy je lepší rozdělení ploch na malé výkony, než jedna plocha s velkým výkonem.

Aby se zabránilo překročení rosného bodu, je omezena maximální povrchová teplota stropu a tím i maximální chladicí výkon.

V našem případě jsme použili systém Unitop 2002, který jsme zabudovali pod sádrový strop.

Jako trubka byla použita QuickFitt, která je odzkoušena normou ÖNORM B 5155, trubky chladicí soustavy jsou odzkoušeny dle materiálových norem DIN 4726.

Regulace je tvořena prostorovým termostatem v kombinaci s vlhkostními čidly. Při zvýšení vlhkosti na přívodním potrubí dá vlhkostní čidlo signál sběrnici, ta pomocí termopohonu zavře příslušný okruh, vlhkostní čidlo bylo umístěno na nejchladnější místo chladicího systému v dané místnosti [35].

Rohože jsou namontovány na plochu 33 m<sup>2</sup>.

Technické údaje chladicí rohože uložené v sádrokartonové desce:

Délka: 1 a 2 m

Šířka: 1,25 m

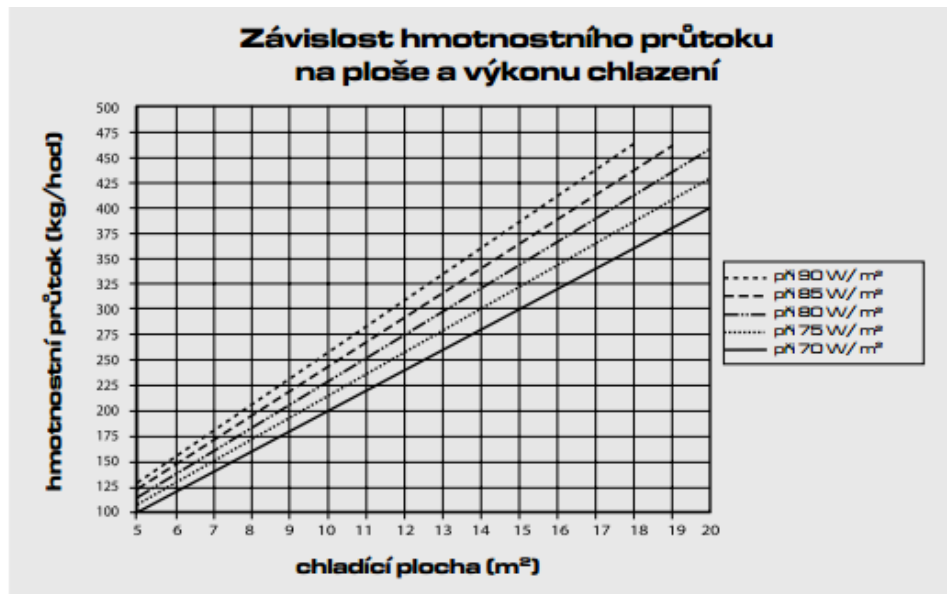
Chladicí výkon: 70 W/m<sup>2</sup>

Obsah vody: 0,56 l/m<sup>2</sup>

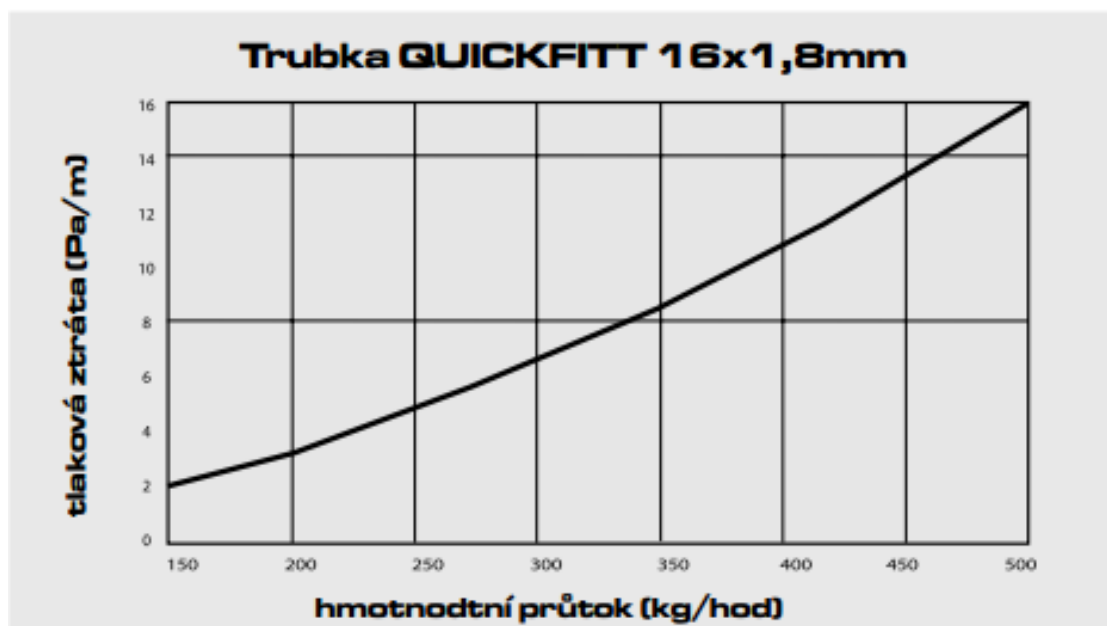
Provozní tlak: 1,5 – 2 bar

Přípojky: zabudovaný přívod délky 1,2 m s označením hloubky zasunutí

V sádkartonové desce je vložena bezpečnostní trubka 8x1 mm v předfrézovaných drážkách.



Graf 8. Hromadný průtok v závislosti na výkonu rohoží

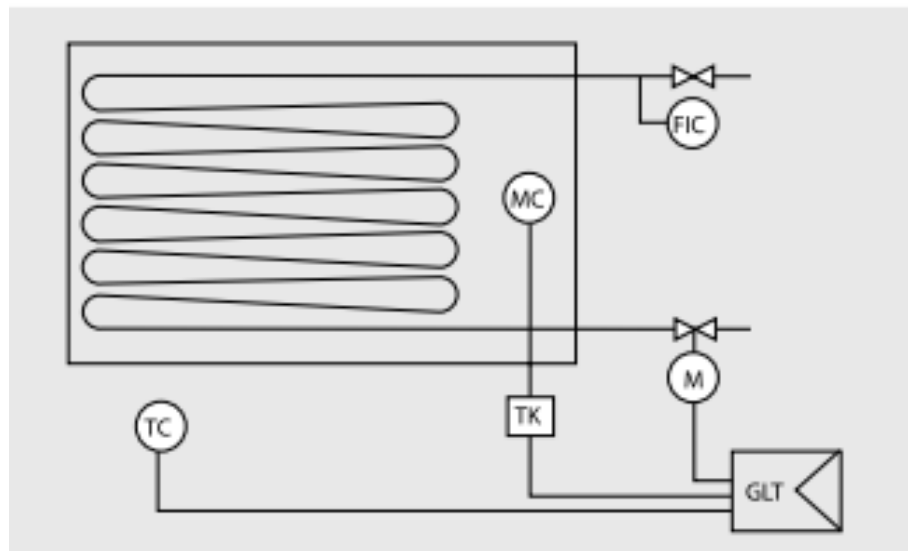


Graf 9. S hmotnostního průtoku stanovíme tlakové ztráty

Rozdělovač nám napájí zóny do 20 m<sup>2</sup>, skládá se s rozdělovače a sběrače z tepelně umělé hmoty. Rozdělovač je vybaven odvzdušňovacími, plnicími a vypouštěcími ventily, jde

rozšířit o termopohon k uzavírání okruhů pomocí řídicí jednotky. Máme dva vývody s objemovým průtokem 8 l/min a ztrátou na vývod 7400 Pa.

Přívod studené vody je realizovaný z tepelně izolační akumulční nádrže na studenou vodu, která má objem 200 l a je bez výměníku, takovým vhodným řešením je nádoba Akumulační nádrž PS 200 N od firmy Regulus.



Obr. 31. Regulace prostřednictvím centrální regulace

- MC čidlo rosného bodu UNITOP 2002
- TC prostorový termostat UNITOP 2002
- TK konvertor rosného bodu UNITOP 2002
- GLT centrální regulace budovy
- M termopohon 24 V

## 9.6 Návrh podlahových konvertorů

Konvektory byly použity tam, kde byly velké zasklené plochy. Problém častého rosení není neobvyklý, řešení nám přináší konvektory, které se montují, z vnitřní strany pod francouzské okno, konvektor se umísťuje cca 150 mm od prosklené plochy. Vytváří nám tepelnou clonu mezi oknem a místností.

Tab. 23. Tabulka výkonů

délka konvektoru (cm)	střední teplota vody (°C)	výkon při $t_f$ 15°C (W)	výkon při $t_f$ 20°C (W)	výkon při $t_f$ 22°C (W)	Výkon pro jiné teplotní stavy $Q_s$ [W]
100	80	236	210	199	$Q_s = Q \cdot (\Delta t_s / 60)^m$
	50	93	74	67	
150	80	389	345	328	
	50	154	122	110	
200	80	541	480	456	
	50	214	170	153	
250	80	694	615	585	
	50	274	218	196	
300	80	846	750	713	
	50	334	265	239	

Nám postačí konvektor s délkou 150 cm, který má při střední teplotě vody 50°C, výkon 154 W. Regulace je mechanická pomocí, termostatické hlavice typu HERZ s kombinací s ventilem s maximální délkou 65 mm.

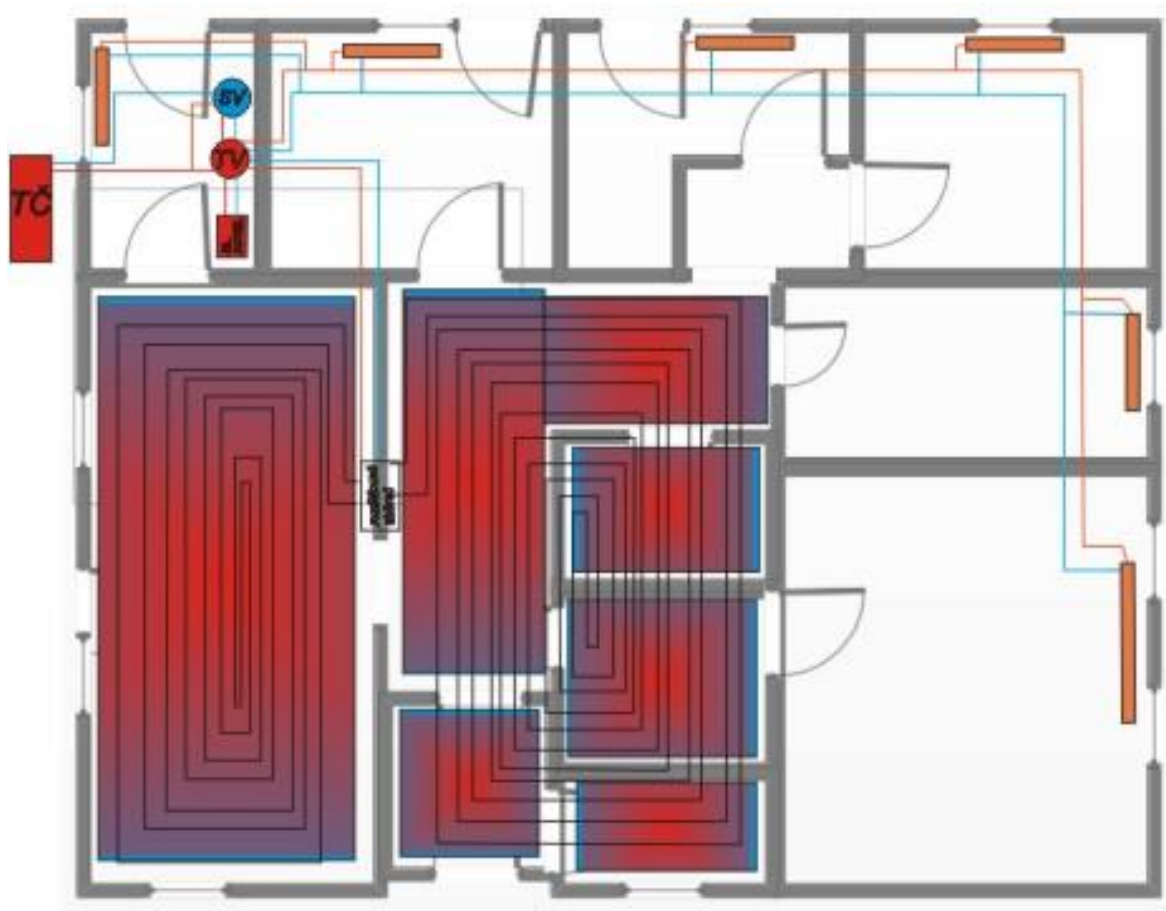
## 9.7 Vytápění – shrnutí

Výhoda je použitých systémů od jednoho výrobce, tím bylo zabráněno, že jednotlivé prvky by spolu nedokázaly komunikovat. V lepším případě nás čeká také jednotná nebo velkoptávková sleva od daného dodavatele nebo přímo od výrobce.

Pomocí regulátoru lze snadno ovládat celou otopnou soustavu pohodlně, komunikace je možná i na dálku. Na následujícím obrázku je zobrazena otopná soustava s pohledu půdorysu, můžeme tam vidět umístění zdroje tepla, akumulární nádrže, tepelné čerpadlo, podlahové vytápění a radiátory.

Regulace teploty je možná pomocí inteligentní elektroinstalace v celém RD. Pro rychlejší nastavení regulace jsou umístěny v jednotlivých místnostech digitální termostaty.

Termostaty jsou propojené se sběrnicí KNX, aby byla možná dálková komunikace. Jejich umístění je vždy za dveřmi uvnitř místnosti, avšak jsou tu místnosti, v kterých termostat chybí, jako je garáž, technická místnost a vstupní zádveží. Podlahové vytápění lze taky připojit k termostatu.



Obr. 32. Návrh vytápění v půdorysném provedení rodinného domu

## 10 NÁVRH ELEKTROINSTALACE

Návrh elektroinstalace spočívá v připojení rodinného domu k veřejné elektrické síti.

Jako distributor elektrické sítě je v tomto případě firma E.ON s.r.o..

V domě musím tudíž navrhnout celkovou vnitřní elektroinstalaci, která se týká zásuvek, světel, inteligentní elektroinstalace, EZS a EPS.

### 10.1 Přípojka NN

Jako první musíme dimenzovat hlavní jistič, tj. musíme zjistit celkový výkon všech elektrických spotřebičů v domě. Pro výpočet průměru použijeme vztah

$$S = \frac{P_s \cdot \rho_{Cu} \cdot l}{U_f \cdot u \cdot \cos(\varphi)} \left[ m^2 \right] \quad (41)$$

$P_s$  – předpokládaný současný výkon [W]

$\rho_{Cu}$  – specifický měrný odpor mědi [ $\Omega \cdot m$ ]

$l$  - délka vedení [m]

$U_f$  - fázové napětí [V]

$u$  - úbytek napětí na přípojce [V]

$\cos(\varphi)$  – účinník sítě

Instalovaný výkon jsem vypočítal součtem všech elektrických výkonů v domě  $P_i = 40$  kW, instalovaný výkon musíme vynásobit koeficientem současnosti  $\beta = 0,75$ . Potom bude současný výkon, který se použije ve vzorci na výpočet průměru vodiče  $P_s = 30$  kW.

$\rho_{Cu}$  – specifický měrný odpor mědi je  $0,0178 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  s délkou přípojky 8 m.

Fázové napětí má hodnotu 230 V, povolený úbytek je 1 %, což je 2,3 V. Účinník sítě se pohybuje od 0,85 až do 0,95, budeme tedy brát hodnotu 0,9 jako určený průměr.

$$S = \frac{30 \cdot 0,0178 \cdot 10^{-6} \cdot 8}{230 \cdot 2,3 \cdot 0,9} = 8,97 mm^2 \quad (42)$$

Minimální průměr vodiče by měl být 9 mm<sup>2</sup>, proto jako vodič volíme kabel CYKY B4x16.

Tímto kabelem, který bude položen v zemi ve volném terénu. Kabel bude veden ze stávající kabelové skříně SP4-FP1, která je umístěna na parcele č. 3013/72. Připojovací kabel bude veden podél zástavby do elektroměrového rozvaděče PER1.

Rozvaděč PER1 je v plastovém provedení s krytím IP43 a je umístěn v pilíři, pilíř je umístěn v hranici zástavby, tak aby byl umožněn přístup z veřejného prostoru. Zapojení bylo provedeno dle EO.N, uživatelská příručka zapojení.

Přívod elektroinstalace rodinného domu je přiveden z elektrického hlavního rozvaděče PER1 kabelem CYKY-J5x10 do rozvaděče PER2.0, který se nachází v plastovém rozvaděči v technické místnosti domu.

## 10.2 Návrh světelných obvodů

Norma ČSN 33 2130 ed.2 [29] udává minimální počet vývodů a rozmístění svítidel v jednotlivých místnostech rodinného domu. Světelný obvod je uvažován jako inteligentní, tudíž bude v místnostech, které jsou často obydlené osobami použité senzory a snímače, které ovládají akční členy řídicí parametry osvětlení, řízení osvětlení je naprogramováno pomocí scén. V místnostech s méně častým výskytem osob jsou umístěny vypínače, jedná se například o technickou místnost, šatnu, komoru, garáž, WC (u zádveří).

Pro světelné obvody byl použit vodič CYKY-J 3x1,5 mm<sup>2</sup> uložený nad sádrokartonem, kabel je uložen v chrániče. Světelný obvod je pod jističem hodnoty 10 A. Obvod koupelny je chráněn proudovým chráničem s proudem vypnutí 30 mA.

## 10.3 Návrh zásuvkových obvodů

Při návrhu se musíme řídit normou ČSN 33 2000-1 ed.2 [31]. Pro pokoje do 12m<sup>2</sup> se doporučuje 4-5 ks zásuvek, do 20m<sup>2</sup> se doporučuje 6-7 ks zásuvek. Zásuvkové obvody lze použít do příkonu 2300 VA pro 10 A a do příkonu 3680 VA pro 16 A jištění.

Zásuvky musí vyhovět požadavků ČSN EN 60309-1\_ed\_3 [30], národní vzory pro ČR jsou uvedeny v IEC-TR 60083:2006.



Zásuvka obsahuje ochranný kolík připojený na ochranný vodič. Jednofázové zásuvky se připojují tak, aby ochranný kolík byl nahoře a střední vodič byl připojen na pravou dutinku při pohledu zpředu. Zásuvky jsou voleny podle napětí a proudové soustavy.

V našem případě mají spotřebiče (varná deska, trouba, kotel, myčka, pračka + sušička, lednice + mrazák, kotel, tepelné čerpadlo, EZS + EPS) vlastní okruh. Tím je zabezpečeno bezpečné používání elektrických spotřebičů, bez výpadků.

Jednofázové zásuvky – na jeden zásuvkový okruh lze připojit nejvýše 10 zásuvkových vývodů, přičemž dvozásuvka se považuje za jeden zásuvkový vývod.

Zásuvkové obvody jsou jištěny jističem, který odpovídá nejvyššímu jmenovitému proudu zásuvky. Na instalaci jednofázových okruhů byl použit materiál CYKY-J 3x2,5 mm<sup>2</sup>, který je uložen pod omítkou. Na instalaci třífázových okruhů byl použit materiál CYKY-5x2,5 mm<sup>2</sup>, který je uložen pod omítkou.

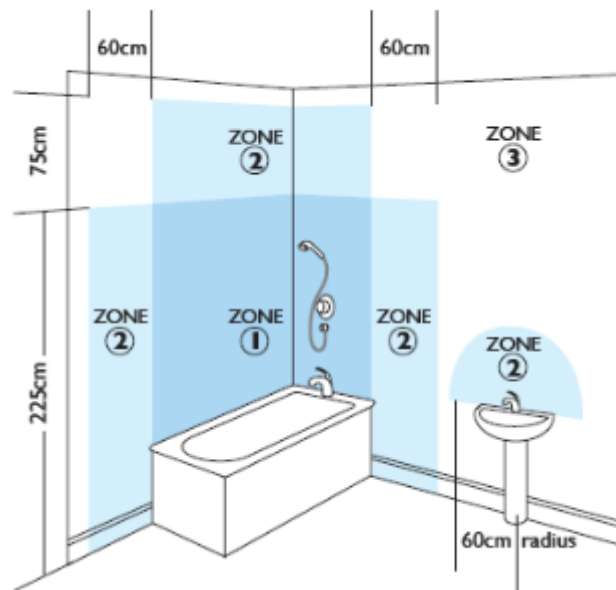
Zásuvky jsou umístěny v místnostech v horizontální výšce od 150 mm do 300 mm, v kuchyni jsou namontovány v horizontální výšce od 1000 mm do 1200 mm, od podlahy.

## 10.4 Návrh koupelnových obvodů

Pro návrh elektroinstalace v koupelně se řídíme normou ČSN 33 2000-1 ed.2 [31], jde o předpisy s prostorem se zvýšeným nebezpečím.

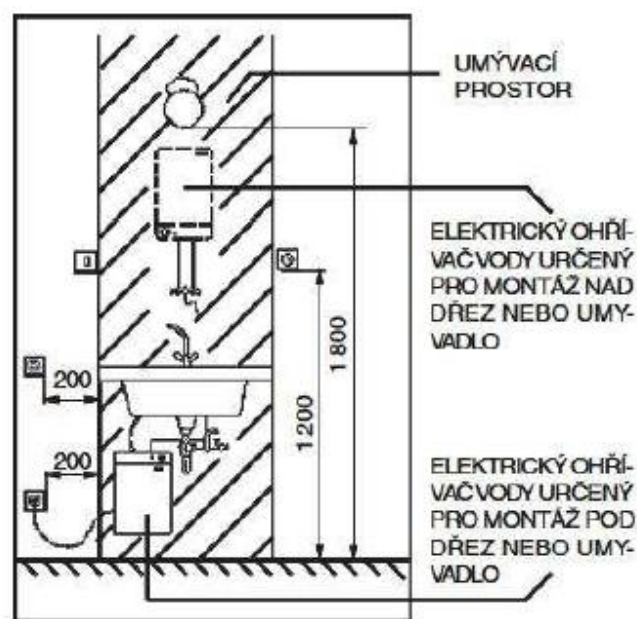
Prostor koupelny dělíme:

- a) zóna 1 – Prostor nad vanou do výšky 225 cm = jen ohřívač vody nebo sprchové čerpadlo, musí mít předřazen proudový chránič 30mA.
- b) zóna 2 – Okolí vany 0,6 m = svítidla, topidla, ventilátory, nutný proudový chránič, pouze zásuvka jistěná proudovým chráničem pro holicí strojek.
- c) zóna 3 – Okolí vany 3 m = ostatní spotřebiče, zásuvky musí mít třívodičové připojení a proudový chránič.



Obr. 33. Rozdělení zón v koupelně

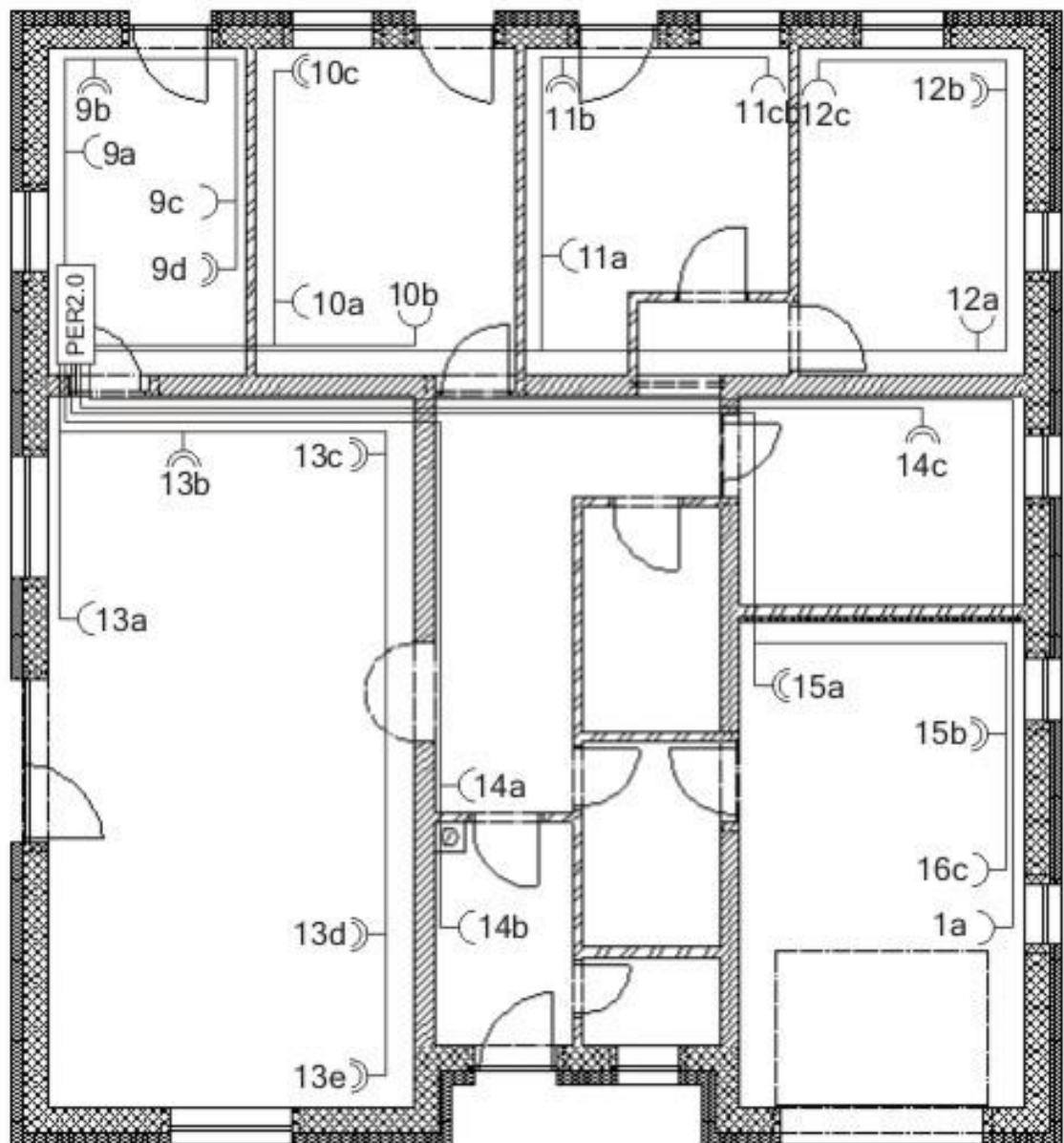
Elektrické zařízení musí mít minimální stupeň ochrany, pro zónu 1 a 2 to je IP X4, nad úrovní sprchové hlavice musí být stupeň ochrany IP X2, v zóně 3 musí být použit stupeň ochrany IP X1. V zóně 0 se nesmí instalovat žádné vypínače ani zásuvky, v zóně 1 se mohou vyskytovat spínače SELV [32]. V zóně 2 mohou být instalované zásuvky SELV a v zóně 3 mohou být instalovány zásuvky, které budou zapojeny přes proudový chránič nebo obvod SELV.



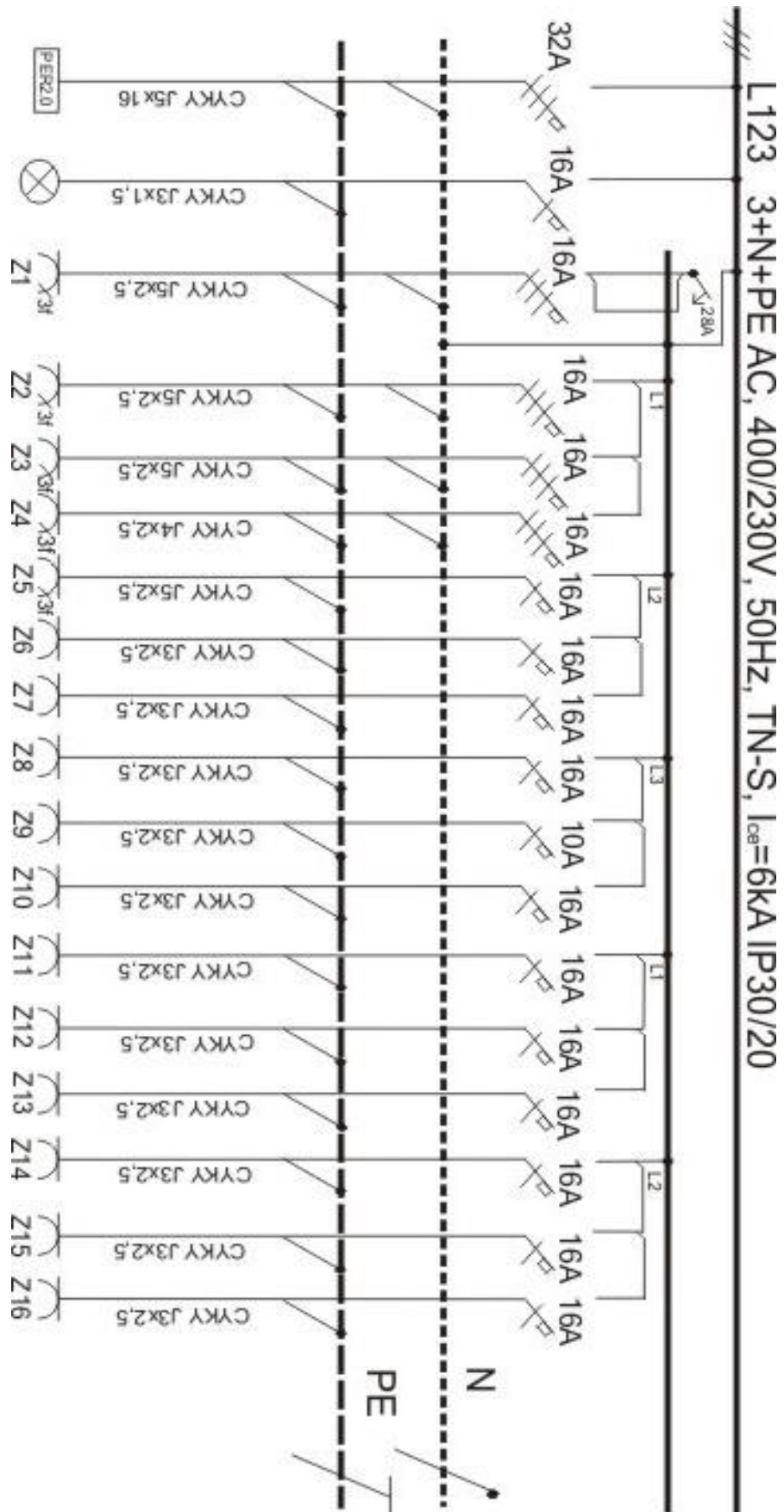
Obr. 34. Umístění vypínačů a zásuvek v okolí umyvadla



Obr. 35. Návrh osvětlení pomocí elektroinstalace KNX



Obr. 36. Návrh zásuvkových obvodů



Obr. 37. Elektrický rozvaděč PER2.0

## 11 INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE

Komfort, úspora, pohodlí to jsou slova, jež vyjadřují moderní inteligentní elektroinstalaci v rodinném domu. Základní stavební prvek inteligentní elektroinstalace je sběrníkový systém KNX, který spojuje všechny prvky do jedné centrální stanice.

### 11.1 Rozvody KNX

Byl použit napájecí zdroj 640 mA, je z nabídky nejvýkonnější, ale některé KNX/EIB přístroje ho vyžadují. K síti nízkého napětí se připojují svorkami (L, N, PE), ke sběrníkové linii je určen vývod malého napětí 24 V. Sběrníkový kabel se klade mezi jednotlivé účastníky, kabel je doporučen certifikovaný, jako vhodný typ byl vybrán kabel KSK 224.

Topologie je volitelná, může být i v kombinaci, platí zde pravidlo, že nesmí tu být uzavřená smyčka.

Maximální počet je účastníků v jedné linii je 64, což nepřekročíme, tím pádem nám stačí pouze jedna linie [38].

Tab. 8. Maximálních délky sběrnice

vzdálenost napájecího zdroje od nejvzdálenějšího přístroje	max. 350 m
vzdálenost od prvního uživatele k poslednímu uživateli	max. 700 m
celková délka sběrnice v linii	max. 1000 m
vzdálenost dvou napájecích zdrojů v jedné linii	max. 200 m

### 11.2 Osvětlení

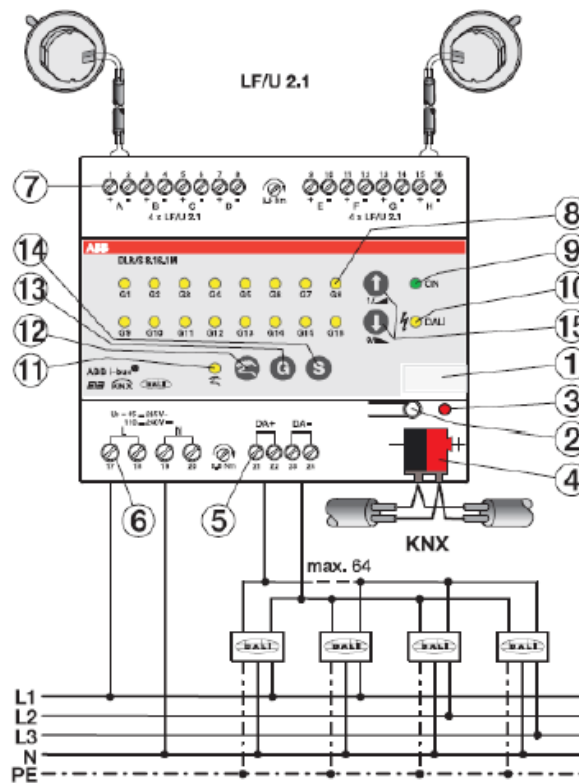
Osvětlení je důležitou částí rodinného domu pro pohodu osob, které se v domě nachází.

Na snímání pohybu byl vybrán snímač pohybu s vícenásobnou čočkou Busch-Wächter 180 UP Komfort II, jeho dosah je až 15 m což nám postačí na vykrytí chodby a jiných místností, nastavení intenzity okolního osvětlení je 5 lx až 150 lx.

Osvětlení v místnostech je ovládáno pomocí snímačů, která nám nahrazují klasické vypínače. Takovéto snímače mohou být ovládány klasicky manuálně nebo pomocí dálkového ovladače.

Regulace osvětlení bude závislá na denním osvětlení, které bude snímat snímač denního světla, který bude součástí pohybového senzoru. Jako akční člen byl použit KNX/DALI kontrolér osvětlení, který se stará o řízení provozu přístrojů systému DALI, tento přístroj se nachází v rozvaděči a musí splňovat normu ČSN IEC 60929 [32], resp. ČSN IEC 602836. Pro řízení na stálou osvětlenost lze vytvořit nejvýše 8 nezávislých skupin, v každé skupině musí být snímač LF/U 2.1..

Pokud chceme snižovat a zvyšovat intenzitu osvětlení, musíme použít správné žárovky. Svítidla IK plus typ Sextan mají vysokou odolnost a životnost, jsou navíc bezúdržbová a úsporná, splňují všechny námi zvolené požadavky [38]. Stmívání nám zajišťuje transformátor Univerzální Centrální stmívač 6583.



Obr. 38. KNX snímač

Tab. 24. Popis připojení přístroje

1	popisový štítek	9	pracovní LED, zelená
2	KNX programovací tlačítko 10	10	DALI LED, žlutá
3	KNX programovací tlačítko LED červená	11	LED žlutá
4	KNX připojení	12	tlačítko
5	DALI výstup	13	skupinové tlačítko
6	Napájecí napětí	14	Detekční tlačítko
7	Snímač osvětlení LF/U 2.1	15	ZAP/VYP – přidat/ubrat
8	LED skupina, žlutá		

### 11.2.1 Ovládání osvětlení

Platí pouze pro podružné ovládání vnějšími tlačítky, pro krátkocestný násuvný modul 6543/10 a 6543/11.

Tlačítkové ovládání:

- a) Zapnutí – krátké stisknutí tlačítka
- b) Zapnutí na požadovanou hodnotu jasu – tlačítko stiskneme a držíme
- c) Stmívání – tlačítko stiskneme a držíme stisknuté – stmívač mění jas připojeného svítidla, při každém uvolnění a opětovném stisku tlačítka se smysl změny jasu obrátí. Při dosažení minima se jas opět začne zvyšovat, při dosažení maxima se proces změny jasu zastaví.

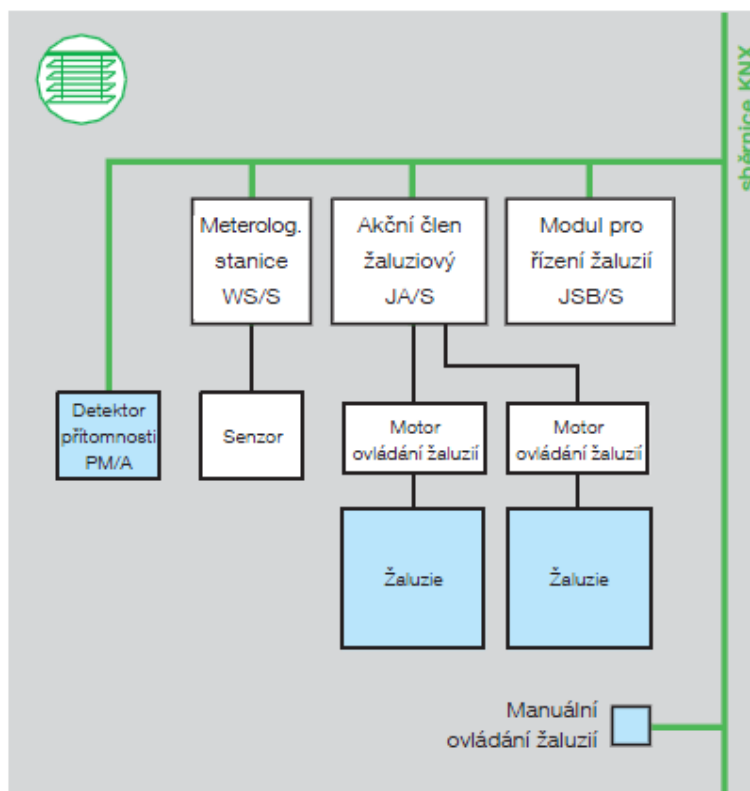
Otočné ovládání:

- a) Zapnutí – stisknutí otočného knoflíku
- b) Zapnutí s minimálním jasem – otočení o 45° doleva a potom stisknutí
- c) Zapnutí s maximálním jasem – otočení o 45° doprava a potom stisknutí
- d) Stmívání – v zapnutém stavu otáčení doleva/doprava
- e) Vypnutí – krátké stisknutí knoflíku podružného ovládání



### 11.3 Žaluzie – ovládání

Žaluzie, rolety, markýzy je možné ovládat nejen ručně, ale i v závislosti na denní době (podle údaje snímače intenzity venkovního osvětlení, podle časového programu), většinou s pomocí ručního zásahu tlačítkovými ovladači. V každém proskleném otvoru se nacházejí žaluzie. Základ je žaluziový akční člen k ovládání pohonů. Byl vybrán Žaluziový akční člen ABB i-bus KNX 8 násobný JRA/S 8.230.1.1, který bude použit k řízení pohonů žaluzií a rolet. K ovládání žaluzií jsou připojeny dva akční členy, pomocí nichž se dá ovládat až 16 motorů se zpětnou vazbou [38]. Ovládání žaluzií je podobné jako ovládání světel, tlačítkovými spínači. K žaluziovému akčnímu členu bude připojena meteostanice, která nám bude určovat aktuální polohu slunce, podle které se budou natáčet lamely žaluzií. Žaluzie se dají vytahovat a zatahovat v závislosti na počasí, ročním období nebo podle přednastavených scén.



Obr. 39. Schéma topologie zapojení žaluzií

Meteostanice byla zvolena Weather Station 4-fold, MDRC WS/S 4.1, 2CDG. K stanici je připojen senzor WES/A, jeho snímání parametrů (jas 1-999 lux, snímá vlhkost, zda prší, rozmezí teplot je od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $+50^{\circ}\text{C}$ , větrnost od  $0,5\text{ ms}^{-1}$  do  $24\text{ ms}^{-1}$ ).

### 11.3.1 Scény

Scény jsou různá charakteristika na různé situace, které závisí na externích nebo interních podmínkách. Jsou to přesně charakterizované parametry osvětlení v závislosti na situaci (oslava, sledování filmu, romantický večer, čtení). Programování scén není složité, musíme si uvědomit, kolik světla nám postačí na danou situaci. Scény se dají nastavit buď na jednotlivé místnosti nebo v celém objektu, nebo ve více místnostech.

Scénický výběr můžeme nastavit pomocí tlačítek, mobilu, tabletu nebo dotykového displeje.

Typy scén:

**Práce** - vytápění snižené na 30-50 %, dle ročního období, EZS a EPS je aktivní, hodinu před příchodem z práce se vytápění zvýší, tak aby bylo docíleno požadované komfortní teploty v době, světla jsou zhasnutá, žaluzie jsou zataženy – jejich pohyb závisí na meteostanici čili na počasí, tak aby byl dům dostatečně prohřátý.

**Den** – osvětlení a multimédia jsou ovládané manuálně, žaluzie jsou ovládané meteostanicí. EZS je neaktivní a EPS je aktivní, vytápění se řídí pomocí meteostanice (venkovní teploty).

**Noc** – vytápění je minimální pro komfortní spánek, EZS a EPS je aktivní, spouští se každý den od 21:00 do 5:00 hodin, žaluzie jsou zataženy, osvětlení je dělané jako tlumené na výkon 40 %.

**Kino** – vytápění je závislé na meteostanici, EZS a EPS je aktivní, osvětlení je minimální zhruba mezi 25 až 35 %, žaluzie jsou zataženy. Tento typ se dá použít v obývací místnosti, ložnici a v dětských pokojích.

**Oslava/událost** – vytápění je řízeno meteostanicí, stejně tak i žaluzie, osvětlení je na 90-100%, EZS je neaktivní, EPS je aktivní.

Prázdný dům – maximální zabezpečení EZS a EPS aktivní, žaluzie zataženy v závislosti na meteostanici, osvětlení je zapnuté pouze v exteriéru (jen v noci), systém simuluje pohyb lidí v domě, zapne a vypne osvětlení v některých částech domu, aby bylo poznat, že dům je obydlen. Vytápění je minimální – před příchodem 1,5 hodin je zapnuto na maximum v závislosti na komfortu obyvatel a na ročním období.

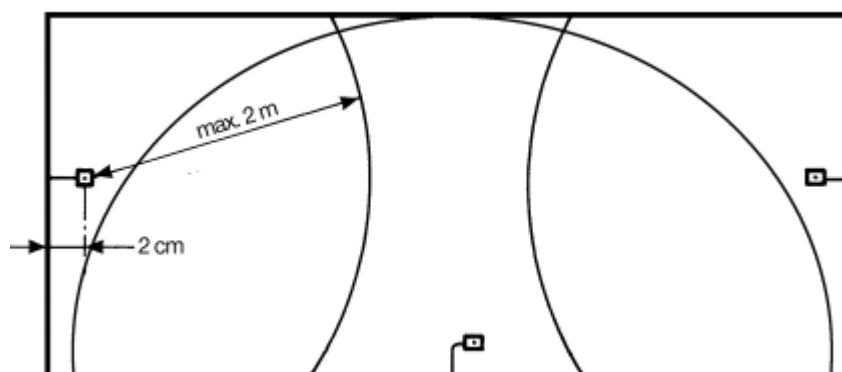
## 11.4 EZS

Elektronický zabezpečovací systém je součástí KNX systému. Chrání a informuje nás při nebezpečném vniknutí do objektu, může být napojená na centrálu Policie ČR nebo na hlídací agenturu. V našem případě bude připojen k internetu a při vniknutí nás bude informovat pomocí SMS, můžeme si sami kontrolovat dům „na dálku“.

Jako základ byl vybrán bezpečnostní terminál ABB MT/S 8.12.2M, který je připojen na sběrnici KNX, zařízení má 8 výstupů na které připojíme všechny detektory pohybu, magnetické čidla v oknech. Terminál je umístěn a namontován do svorkovnice. K přístroji se může připojit i pomocný napájecí zdroj v případě, že by nestačil samotný terminál na pokrytí všech čidel a snímačů.

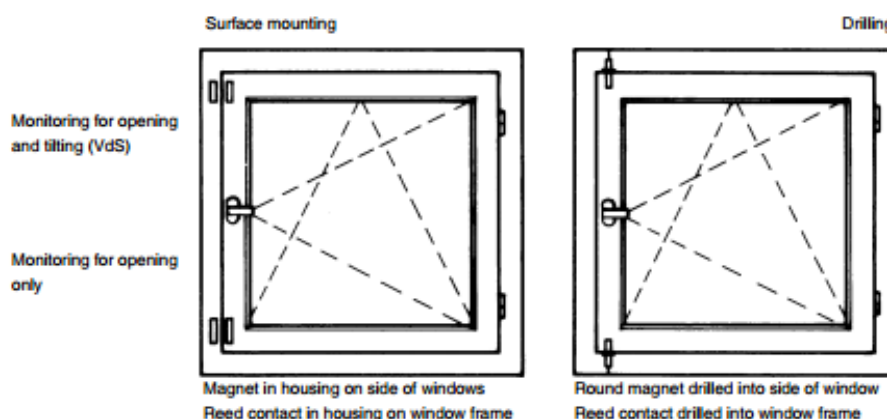
Jako ochrana interiéru jsou vybrány PIR detektory, které detekují pohyb na 180°, montáž je stěnová. Reagují na pohyb osob, pomocí infračerveného záření vydávané osobou v místnosti, pomocí diod. Umístěné jsou ve výšce 2,2 m. Detektory tohoto typu jsou velmi citlivé na přímé sluneční záření a jiné zdroje jako jsou zářivky apod. Monitorovaný systém je rozdělen do několika zón, pokud se záření změní v několika krátkých časových úsecích, otevře se kontakt detektoru a zóna bude označena jako narušení. Možnou výměnou čoček v detektoru si nastavíme požadovanou monitorovanou oblast [38].

Ochranu objektu tvoří čidla umístěná v oknech a francouzských dveřích, které reagují na rozbití skla v oknu a na otevření okna. Piezoelektrické detektory proti rozbití okna mají označení ABB SPGS/B, maximální počet senzorů na jeden okruh je 10. Velikosti okenní tabule musí být v kružnici s průměrem do 2 m, jinak musíme použít na jednu okenní tabuli více detektorů. Ukázka instalace je uvedena na obrázku u okna s velikostí 4,5x2 m.



Obr. 40. Umístění piezoelektrických detektorů

Detektory otevřených oken a francouzských dveří mají označení ABB Magnet Reed Contact Set, řada GH. Detektory se skládají z jazýčkového kontaktu a samostatného permanentního magnetu, jsou namontovány 10 mm od sebe, pokud se přeruší vzdálenost mezi nimi, jazýčkový kontakt se rozezne a tím pádem dojde k přerušení zóny = vyvolání alarmu.



Obr. 41. Umístění magnetických detektorů v oknech

ABB Electronic SSS – siréna je instalována na dvoře pod střechou, vydává přerušovaný signál 2,7 kHz produkovan elektrickým tónem a přeměněn do zvukové podoby, její výkon je 95 dB/ 0,3 m.

Pokud se vyvolá alarm v domě, znamená to, že se spustí siréna a osvětlení celého domu je na 100 %.

## 11.5 EPS

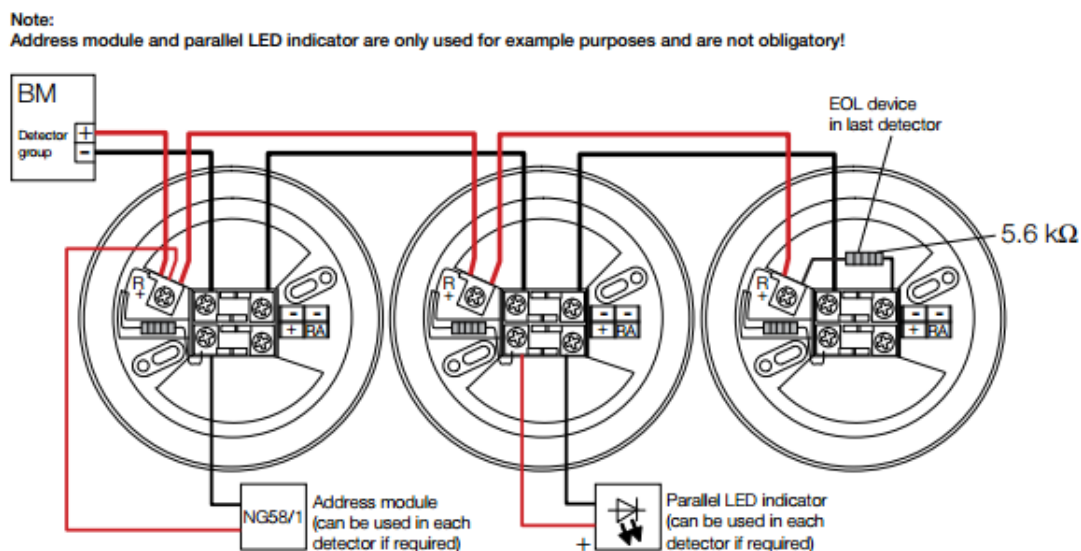
Prvky EPS jsou ABB Optical Smoke Detector FC600/O (kouřový optický hlásič) a ABB Thermal ROR FC/600/TDIFF.

Optický hlásič kouře pracuje na principu rozptýlení světla a je použit tam kde se kouř předpokládá, detektor je odolný vůči prachu a znečištění, zamezuje i vniknutí hmyzu[38].

V požárním hlásiči jsou předdefinované požární hodnoty na teplotu 57°C, reaguje tak na rychlé zvýšení teploty, které se vyskytuje při výskytu požáru. Teplota se sleduje pomocí termistorů, tyto detektory jsou určeny výhradně pro vnitřní použití v suchém prostředí.

Připojení elektronického požárního systému je přes bezpečnostní terminál MT/S 8.12.2M, který je připojen ke sběrnici KNX.

Umístění hlásičů bude stropní, do obytných místností budou instalovány hlásiče kouřové, do koupelen a kuchyní budou instalovány hlásiče teplotní.



Obr. 42. Kouřový bezpečnostní hlásič

## 11.6 Ovládací panel

U inteligentní elektroinstalace je potřeba ovládat více skupin jako je vytápění, žaluzie, EZS, EPS najednou, k tomu nám poslouží BuschCom Comfort Touch Panel ABB, jeho velikost je 9'', je barevný s rozlišením 800x480 a dotykový. Najdeme ho v obývacím pokoji, hned za vstupem směrem od chodby, kde bude na očích všem.

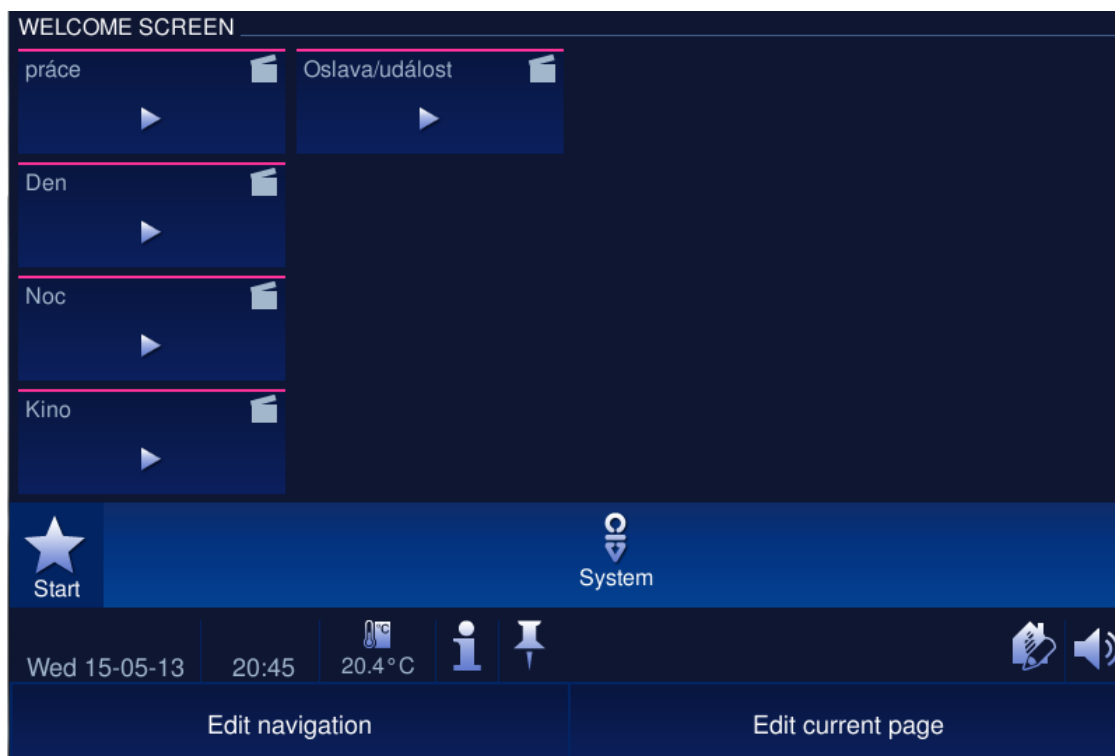
Z nabídky na panelu lze vybrat vše podstatné, panel je přehledný, stačí vybrat místnost a nastavení nebude problém.



Obr. 43. Uvítací obrazovka dotykového Comfort Panelu

Na uvítací ploše panelu můžeme vidět snadné rozčlenění, na stavové liště vidíme, datum čas, informace, připnutou poznámku, hudbu, zapnuté zvuky. Nad ní si zvolíme, co právě máme v plánu dělat, můžeme se podívat do celkového přehledu, jak topíme, kde všude jsou rozsvícená světla, pokud máme zapnutý elektronický požární systém [38].

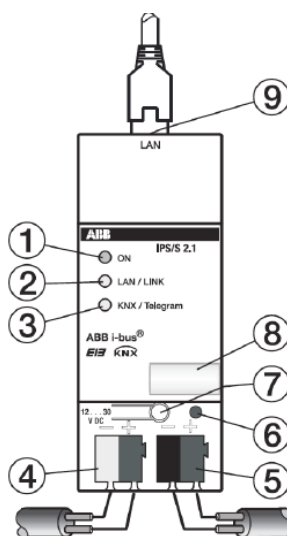
Control panel se programuje pomocí programovacího nástroje IP-project, kde si nastavíme své vlastní pozadí panelu, přednostní funkce, skupinové adresy. Programování je celkem přehledné. Pro menší ukázkou jsem naprogramoval scénický výběr, jednotlivé scény nám ovládají osvětlení v RD.



Obr. 44. Výběr scén na dotykovém Comfort Panelu

## 11.7 Multimediální ovládaní pomocí SCADA systému

Elektroinstalace KNX i-bus bude plně kompatibilní s kterýmikoli přístroji, které jsou schopny připojit se k internetu. Do sítě KNX však musím umístit prvek, který nám zaručí komunikaci. Takový prvek je KNX/IP rozhraní IPS/S 2.1. Jedná se o rozhraní, které převádí telegramy z protokolu KNX na IP telegramy přenášené po síti Ethernetu, podle jejich konfigurace v ETS. Takto mohou být obousměrně přenášena data mezi sběrnici KNX a sítí IP. Přístroj IP/S vyhovuje požadavkům na specifikaci EIBnet/IP, programování přístroje se dá také po síti LAN.



Obr. 45. ABB IPS/S 2.1

Ovládání a indikace přístroje:

- 1- ON LED
- 2- LAN/LINK-LED
- 3- Telegram LED
- 4- Připojení napájecího napětí 10 až 30 V DC
- 5- Připojení sběrnice KNX
- 6- Programovací LED
- 7- Programovací tlačítko
- 8- Popisový štítek
- 9- Připojené LAN/Ethernet

Pro dálkové ovládání je určen přístroj ABB i-bus TG/S 3.2. Telefonní rozhraní nám umožňuje vzdálená hlášení o událostech v KNX systémové instalaci. Signály mohou být přenášeny jako hlasové nebo jako textové zprávy (SMS nebo email). Přístroj TG/S může přijímat příkazy po telefonní síti a tak na dálku řídit činnost přístrojů připojených ke sběrnici KNX. K síti LAN může být připojen PC, kterým lze přístroj konfigurovat. Trvalá činnost přístroje TG/S prostřednictvím LAN pro vzdálenou plochu je možná [38].





*comfort panel*



*detektor otevření dveří/oken*



*PIR detektor*



*teplotní požární snímač*



*kouřový požární snímač*



*siréna*



*detektor rozbití skla*

Obr. 46. Umístění EZS a EPS v rodinném domě

## 11.8 SCADA systém

SCADA je software, který nám zaručí komfortní ovládání a manipulaci v domě prostřednictvím mobilu, PC, tabletu. Jedná se o grafické rozhraní, s kterým lze ovládat pohodlně všechny přístroje připojené na KNX sběrnici.

### 11.8.1 Prostředí pro mobil, tablet

Používání vizualizace scada v mobilním telefonu nebo tabletu stává pomalu samozřejmostí. V případě tabletu je možné použití SCADA vizualizace v plném rozlišení a velikosti, stačí si jen otevřít internetový prohlížeč a připojit se na vzdálenou plochu v tu chvíli jsme plně kompatibilní kdekoli na světě.

Mobilní přístroje mají různé operační systémy, široká škála systémů nám nedovoluje použití jedné vizualizace na každém mobilním aparátu. Proto počítáme s nejrozsáhlejším operačním systémem pro mobilní aparáty a to je ANDROID.

Android je operační systém s hodně možnostmi, bohužel některé programy na android jsou placené. Software, který si nyní představíme, lze koupit na google/APP jmenuje se Loxone. Jeho prostředí je hezké a moderní. Nyní si ukážeme vzhled nainstalované mobilní aplikace pro inteligentní systém KNX.



Obr. 47. Náhled SCADA

## 12 TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Finance jsou jedním z hlavních bodů, kterými se musíme řídit při návrhu systémů a soustav z obnovitelných zdrojů. Peníze hrají nedílnou roli a mají vliv na celkový výkon a komfort daného zákazníka.

### 12.1 Náklady na vytápění

Náklady na vytápění byly vypočítány dle kalkulačky na internetovém portále [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz). Následující vzorce vyjadřují postup výpočtů.

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TV,r} [MWh/rok] \quad (43)$$

$Q_{VYT,r}$  – celková roční energie potřebná na vytápění [MWh/rok]

$Q_{TV,r}$  – celková roční energie potřebná na přípravu teplé vody [MWh/rok]

Návrhové vnitřní a venkovní okrajové podmínky oblasti, kde je rodinný dům postaven.

Tab. 25. Okrajové podmínky obce Kněždub

Délka vytápěného období	215 dnů
Průměrná venkovní teplota	4,2 °C
Venkovní výpočtová teplota	-12°C
Nadmořská výška	162 m.n.m.
Průměrná teplota interiéru	20°C
Tepelná ztráta objektu $Q_c$	8115 W

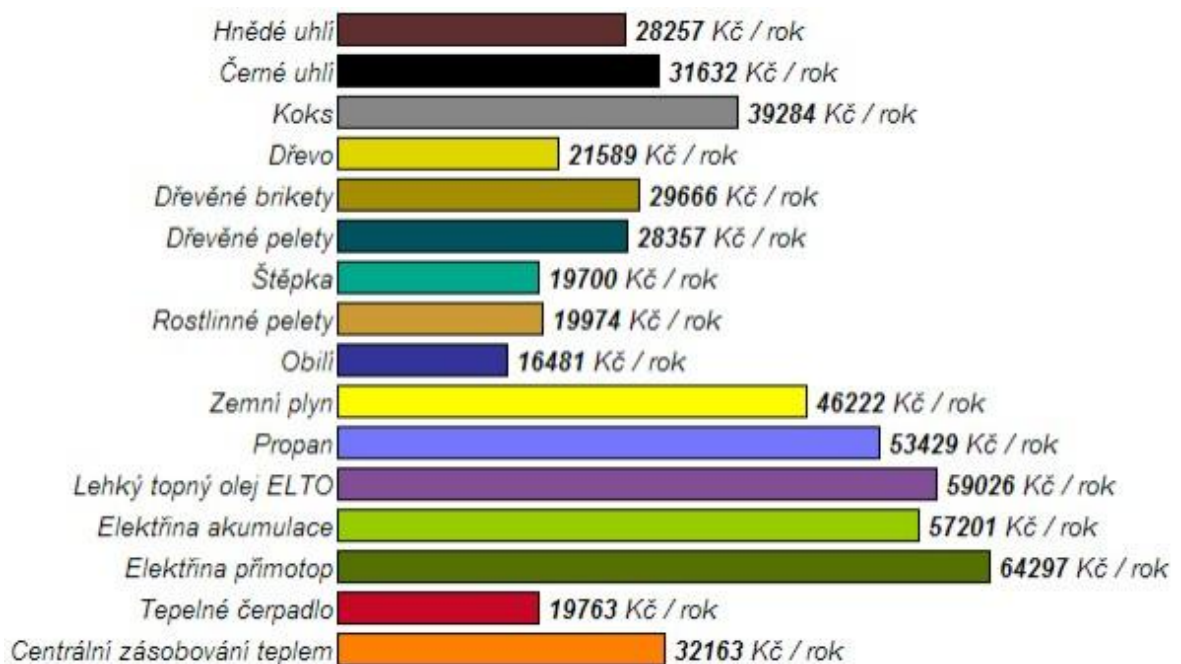
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody.

$$Q_r = 17,8 + 7,9 = 25,7 MWh/rok = 92,6 GJ/rok \quad (44)$$

S návrhem solárních kolektorů, které nám jsou schopny podle výrobce dodat 3,88 MWh/rok. Znamená, že nám celková roční potřeba na vytápění a ohřev teplé vody klesne na hodnotu

$$Q_r = 21,88 \text{ MWh} / \text{rok} = 78,8 \text{ GJ} / \text{rok} \quad (45)$$

Na obrázku jsou zobrazené náklady na vytápění různými palivy. Jejich platnost je od 1.1.2013.



Obr. 48. Náklady na vytápění

Při použití tepelného čerpadla, které má průměrný roční topný faktor 3,3, znamená, že se řadí mezi levnější volby vytápění v daném objektu. Jeho cena je velmi podobná ceně za štěpku či rostlinné pelety. Jako nejlevnější varianta topení s cenou 16 481 Kč se může pyšnit obilí.

Musíme zvážit, že tepelné čerpadlo musí být podporováno při velkých mrazech elektrickým plynovým kotlem, proto jsou ceny jen orientační.

### 12.1.1 Náklady

Náklady na vytápěcí soustavu jsou uvedeny níže v tabulce. Tyto náklady však nejsou spojeny s jejich provozem. Ceny jsem čerpal přímo od zvolených výrobců z jejich ceníků.

Tab. 26. Náklady na otopnou soustavu

Zařízení	Cena (Kč)
Elektrokotel Ray	18 448,-
Tepelné čerpadlo Dimplex	209 725,-
Solární kolektory	64 140,-
Akumulační nádrž TV, SV	34 717,-
Podlahové vytápění, radiátory	148 788,-
Regulace, čerpadla, ventily	45 325,-
celkem	521 143,-

Celkové náklady na otopnou soustavu jsou 521 143,- Kč s DPH.

#### 12.1.1.1 Rekuperace

Náklady na rekuperaci vychází na 48 608,- Kč s DPH. Rekuperaci nebudeme uvažovat v celkovém hodnocení.

## 12.2 Náklady na inteligentní elektroinstalaci

Investice na inteligentní elektroinstalaci je vysoká, proto je považována jako doplňková investice. Její funkce je spíše komfortní až gurmánská. Někteří výrobci jako jsou ABB, Siemens, Domat, Schneider, říkají o svých inteligentních prvcích, že jsou schopny ušetřit 10 až 14 % s celkové spotřeby energií.

Tab. 27. Náklady na inteligentní elektroinstalaci

Inteligentní elektroinstalace	Cena (Kč)
EZS	137 214,-
EPS	25 381,-
Prvky inteligentní elektroinstalace	211 385,-
celkem	373 980,-

Ceny jsem čerpal s ceníku ABB, který platí od 1.5.2013. Ceny jsou uvedené pouze za jednotlivé položky inteligentní elektroinstalace, nemůžeme zapomínat, že se to musí ještě sestavit a spustit, popřípadě naprogramovat.

### 12.3 Použití fotovoltaických panelů

V podmínkách ČR dominují malé odloučené Off-grid systémy o velikosti nejčastěji 0,05 kWp, které jsou instalované na chatách, lodích, karavanech.

Off-grid venkovské – jde o tzv. ostrovní systém zapojení, spotřebitel je zcela odpojen od sítě a závisí pouze na vlastních zdrojích.

On-grid lokální – vytvořená energie se buď dodává do spotřební sítě. Anebo ji využívá objekt pro svou spotřebu a přebytky dodá do spotřební sítě. V systému je nutný střídač, který transformuje jednosměrné napětí na střídavé.

#### 12.3.1 Náklady na fotovoltaický systém

Navrhovaný systém by se skládal z panelů Bosch Solar Module, kterých by bylo 21, jejich jmenovitý výkon je 240 Wp. Plocha kolektorů by pokryla 34,5 m<sup>2</sup> střešní krytiny. Náklady na pořízení kolektorů by činili 250 000,- Kč. Jejich roční výnos je spočítán následujícím postupem.

$$V_V = E_A \cdot C_V [Kč] \quad (46)$$

$V_V$  – roční výnos[Kč]

$E_A$  – roční energetický zisk[kWh]

$C_V$ - výkupní cena[Kč]

Roční energetický zisk (výpočet je uveden v příloze P IV)

$$E_A = 4550KWh \quad (47)$$

Výkupní ceny se liší, ceny stanovené pro rok 2013:

Zelený bonus od 1.1. – 30.6. 2013

Instalovaný výkon 0-5 kWp = 2,86 Kč/kWh

Instalovaný výkon 5-40 kWp = 2,28 Kč/kWh

Výkupní cena od 1.1.- 30.6. 2013

Instalovaný výkon 0-5 kWp = 3,41 kč/kWh

Instalovaný výkon 5-40 kWp = 2,83 kč/kWh

Roční výnos pro příklad zelený úsporám by byl:

$$V_v = 4550 \cdot 2,86 = 13013 \text{Kč} \quad (48)$$

Roční výnos pro příklad výkupu by byl:

$$V_v = 4550 \cdot 3,41 = 15515 \text{Kč} \quad (49)$$

Návratnost se počítá jako podíl ceny celého fotovoltaického systému a hodnoty ročního výnosu:

$$\frac{250000}{13013} = 19,21[\text{roků}] \quad (50)$$

$$\frac{250000}{15515} = 16,11[\text{roků}] \quad (51)$$

Výsledky nám říkají, že doba návratnosti fotovoltaického systému je větší, než bychom čekali. Úvahou zjistíme, že životnost panelů se pohybuje v rozmezí od 20 do 25 let, kterou nám udává výrobce panelů, avšak panel nebude mít po tak dlouho dobu 100% účinnost, ale po dobu například 20 let, bude jeho účinnost jen 80%.

## 12.4 Celkové technické-ekonomické hodnocení jednotlivých systémů

Tab. 28. Celkové hodnocení jednotlivých systémů

Otopný systém [Kč]	KNX [Kč]	Fotovoltaický systém [Kč]	<b>Celkem [Kč]</b>
521 143,-	373 980,-	250 000,-	<b>1 145 123,-</b>

Celkové náklady činí 1 150 000 Kč, což je obrovská suma, vzhledem k nepřipočtení položek za vykonanou práci a nastartování jednotlivých systémů. Je jen málo z nás, kdo si může dovolit, takový systém pořídit. Jsou však jedinci, kteří si za komfortní bydlení připlatí nemalé částky.

Tento návrh je vytvořen na základě specifikace RD. Každý RD je jiný, proto je čas návrhu větší, než čas zapojení.

Použití fotovoltaických panelů se příliš nedoporučuje vzhledem k výkupním cenám, výkupní ceny se mají pomalu propadat, oproti tarifu zelená úsporám, který se má naopak postupem času zvyšovat. Pro využití fotovoltaických panelů, bych doporučil zvýšit výkon celé fotovoltaické soustavy tak, aby návratnost investice nepřesáhla 10 let.



## ZÁVĚR

Výsledkem této mé diplomové práce je návrh integrovaného systému v rodinném domu, který se odvíjel od existujícího stavebního projektu. Návrh integrovaného systému v rodinném domu obsahuje nejmodernější technologie, jež využívají obnovitelné zdroje energie. Uvedený návrh byl zaměřen na použití obnovitelných zdrojů tak, aby byly zajištěny co nejnižší provozní náklady rodinného domu. Tato diplomová práce je rozdělena na dvě části, a to část teoretickou a část praktická, která je poněkud rozsáhlejší.

V teoretické části jsou uvedeny předpoklady, které by měl inteligentní dům splňovat, což se týká zejména konstrukčního řešení, tvorby vnitřního mikroklima tak, aby dům vyhovoval kategorii nízkonákladového bydlení.

V teoretické části jsou uvedeny i různé technologické principy obnovitelných zdrojů a jejich využití. Je zde popsán i řídicí systém inteligentního domu, který je založen na principu inteligentní elektroinstalace a komunikace mezi jednotlivými prvky v systému.

Hlavním úkolem této diplomové práce byl navrhnout integrovaný systém v rodinném domu, o čemž podrobněji pojednává praktická část. Nejdříve bylo zapotřebí zjistit okrajové podmínky. Tyto podmínky jsou nutné k vytvoření návrhového integrovaného systému. Návrh chladících a otopných soustav integrovaného systému byl spojen s výpočtem výkonu, který musí tyto soustavy splňovat, aby byly dostačující na uvedený rodinný dům. Základní stavební prvky jednotlivých chladících a otopných soustav tvoří tepelné čerpadlo a solární systém. Jelikož může v zimním období dojít k vynulování okruhu tepelného čerpadla, je součástí otopné soustavy i elektrokotel zaručující ohřev vody. Celý systém musí mít pojistné body, jako jsou expanzní nádoby a pojistné ventily, které zaručují dostatečný tlak potřebný k vytápění rodinného domu. Prvky otopné a chladící soustavy jsou řízeny jedním regulátorem, který vyhodnocuje nejefektivnější způsob aktuálního vytápění rodinného domu.

Jelikož byl rodinný dům při psaní této diplomové práce pouze hrubou stavbou, bylo zapotřebí navrhnout kompletní elektroinstalaci v celém rodinném domě. Tato elektroinstalace obsahuje návrh zásuvkových a světelných obvodů a dimenzování jednotlivých okruhů elektroinstalace. Na osvětlení, zabezpečení a více komfortní bydlení byla použita inteligentní elektroinstalace. Celkové technicko-ekonomické hodnocení návrhu integrovaného systému v rodinném domu bylo vypočítáno dle aktuálních ceníků

jednotlivých prodejců. Při přípravě jsem uvažoval rovněž o využití fotovoltaického systému, který jsem však v konkrétním případě pro delší návratnost investice nedoporučil.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The result of this thesis is a design of an integrated system in a family house, which was based on the existing construction project. The project of an integrated system in a family house contains the most advanced technologies that use renewable energy sources. The project was focused on the use of renewable energy sources in order to ensure the lowest possible operating cost of the house. This thesis is divided into two parts: a theoretical part and a practical part, which is larger.

In the theoretical part are listed the prerequisites that should the smart home meet, which is particularly structural design, creation of internal microclimate so that the house fulfill the conditions for low-cost housing.

In the theoretical part are listed the various technological principles of renewable resources and their use. It also contains a description of an intelligent building control system, which is based on the principle of intelligent electrical installation and communication between the elements in the system.

The main task of this thesis was to design an integrated system in a family house, which is discussed in more detail the practical part. First, it was necessary to determine the boundary conditions. These conditions are necessary to create the design of the integrated system. The cooling and heating of the integrated system was associated with the calculated performance that these systems must meet to be sufficient to that house. The basic elements of the cooling and heating system is a heat pump and solar system. Provided that in the winter may occur the reset of the heat pump an electric boiler which ensures the heating of water is part of the heating system. The entire system must include safety elements such as the expansion vessel and safety valve to ensure sufficient pressure needed to heat the house. Elements of heating and cooling systems are controlled by one controller, which evaluates the current most effective way of heating a house.

Since the house was during writing this thesis only structural work, it was necessary to design complete electrical installations throughout the house. This project contains the electrical socket and light circuits and design of electrical circuits. Smart wiring was used for lighting, security and more comfortable housing. The total techno-economic evaluation of the proposed integrated system in a family house has been calculated according to the current price list of retailers. In projecting, I also considered the use of a photovoltaic

system which I would not recommend in this particular case considering longer return on investment.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [3] CHYSKÝ, Jaroslav. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
- [2] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. *Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001, 208 s. Sešit projektanta - pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-020-1466-9.
- [3] DANIELS, Klaus. *Technika budov: příručka pro architekty a projektanty*. 1. čes. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 519 s. ISBN 80-889-0563-X.
- [4] JELÍNEK, Vladimír. *Technická zařízení budov: podklady pro projekty: určeno pro stud. fak. stavební*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1991, 29 s. ISBN 80-010-0586-0.
- [5] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [6] TYWONIAK, Jan. Metodika hodnocení nízkoenergetických rodinných domů: Tepelná ochrana budov. In: *Www.tzb-info.cz* [online]. 22.9.2008. 2008 [cit. 2013-05-30]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5088-metodika-hodnoceni-nizkoenergetickych-rodinnych-domu>
- [7] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 110 s. ISBN 80-730-0079-2.
- [8] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [9] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [10] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 193 s. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.
- [11] Konstrukční principy slunečních kolektorů. TOMČIAK, Ján. VIESSMANN. *Www.asb-portal.cz* [online]. 27.12.2010. 2010 [cit. 2013-05-30]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/solarni-kolektory/konstrukcni-principy-slunecnich-kolektoru-2337.html>

- [12] Ropa. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ropa>
- [13] EKOWATT. *Alternativná zdroje energie* [online]. [cit. 2013-05-30]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/>
- [14] Zemní plyn. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 16.5.2013 [cit. 2013-05-30]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Zemn%C3%AD\\_plyn](http://cs.wikipedia.org/wiki/Zemn%C3%AD_plyn)
- [15] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. 1.11.2009. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [16] ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce*. 1.1.2009. 2009.
- [17] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 1.11.2011. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [18] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. 1.11.2005. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [19] ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. 1.7.2005. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [20] ČSN EN ISO 13370. *Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody*. 1.3.2009. Praha, 2009.
- [21] ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. 1.6.2006. Praha, 2006.
- [22] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 1.3.2005. Praha, 2005.
- [23] ČSN EN 215-1. *Ventily pro otopná tělesa s regulátorem teploty. Část 1: Požadavky a zkoušení*. 1.7.1994. Praha, 1994.
- [24] ČSN EN 779. *Filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic pro všeobecné větrání - Stanovení filtračních parametrů*. 1.11.2012. Praha: Centrum technické normalizace, Fakulta strojní ČVUT v Praze, IČ 68407700, 2012.

- [25] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. 1.7.1986. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1986.
- [26] ČSN 07 7401. *Voda a pára pro tepelná energetická zařízení s pracovním tlakem páry do 8 MPa*. 1.12.1992. Praha, 1992.
- [27] ČSN EN 12 828. *Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení*. 1.9.2010. Praha, 2010.
- [28] ČSN 06 0830. *Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení*. 1.10.2006. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- [29] ČSN 06 2130 ed.2. *Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. 1.10.2009. Praha, 2009.
- [30] ČSN EN 60309-1 ed.3. *Vidlice, zásuvky a zásuvková spojení pro průmyslové použití - Část 1: Všeobecné požadavky*. 1.1.2001. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2001.
- [31] ČSN 33 2000-1 ed. 2. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice*. 1.6.2009. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [32] ČSN EN 60929 ed. 3. *Elektronické předřadníky na střídavé napětí k zářivkám - Požadavky na provedení*. 1.12.2006. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- [33] REGULUS S.R.O. [online]. [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/>.
- [34] DIMPLEX S.R.O. [online]. [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: <http://www.dimplex.cz/>.
- [35] UNIVERSA TEPELNÁ TECHNIKA S.R.O. [online]. [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: <http://www.universa.cz/>.
- [36] Technická zařízení budov. [online]. [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/>.
- [37] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. 1.7.2004. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [38] KNX Association. [online]. 2013. vyd. [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: <http://www.knx.org/>
- [38] ABB. [online]. 2013. vyd. [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: <http://www.abb.cz/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CNG	Compressed Natural Gas.
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý.
COP	Coefficient of Performance.
ČR	Česká Republika.
DP	Diplomová práce.
EPS	Elektronický požární systém.
EZS	Elektronický bezpečnostní systém.
ETS	Engineering Tool Software.
FSK	Frequency Shift Keying.
HMI	Human Machine Interface.
IP	Internet Protocol.
KNX	Konnex.
LAN	Local Area Network.
LNG	Liquefied natural gas.
ND	Nulový dům.
NERD	Nízkoenergetický rodinný dům.
PARD	Energeticky pasivní dům.
PELV	Protective Extra-Low Voltage.
PIR	Passive Infrared.
PL	Power line.
PMV	Predicted mean value.
PPD	Predicted percentage of disappointed.
RD	Rodinný dům.
RF	Radio frequency.



---

SCADA	Supervisory control and data acquisition.
SELV	Safety Extra-Low Voltage.
SMS	Short message service.
TČ	Tepelné čerpadlo.
TF	Tepelný faktor.
TP	Twisted pair.
TV	Teplá voda.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Certifikační štítek .....	20
Obr. 2. Tepelné čerpadlo, fotovoltaické kolektory .....	21
Obr. 3. Ukazatel PMV .....	23
Obr. 4. Ukazatel PPD.....	24
Obr. 5. Princip tepelného čerpadla.....	37
Obr. 6. Dopad slunečního záření v ČR – MWh/kWh/m <sup>2</sup> (dopad na vodorovnou plochu).....	42
Obr. 7. Princip rekuperátoru .....	43
Obr. 8. Integrovaný okenní větrací systém .....	45
Obr. 9. Schéma zapojení sítě TN-C .....	47
Obr. 10. Liniová topologie.....	51
Obr. 11. Lineární topologie.....	52
Obr. 12. Hvězdicová topologie .....	52
Obr. 13. Kruhová topologie .....	52
Obr. 14. Stromová topologie.....	53
Obr. 15. potvrzení telegramu .....	56
Obr. 16. Půdorys rodinného domu.....	61
Obr. 17. Výsledné vnitřní teploty .....	72
Obr. 18. elektrokotel Ray.....	73
Obr. 19. Tepelné čerpadlo Dimplex.....	74
Obr. 20. Akumulační nádrž Regulus .....	77
Obr. 21. Solární regulátor .....	77
Obr. 22. Solární kolektor KPW-1 .....	79
Obr. 23. Technický list panelu KPW-1.....	79
Obr. 24. Návrh vytápěcí soustavy v RD .....	81
Obr. 25. Návrh chladicí soustavy v RD .....	82
Obr. 26. Systémové řešení Universa Nioxy.....	91
Obr. 27. Potrubí Universa Nioxy .....	91
Obr. 28. Universa Rozdělovač Unimulti .....	91
Obr. 29. Schematická skladba podlahy od výrobce Universa Nioxy .....	92
Obr. 30. Kladení otopného hadu ve tvaru plošné spirály.....	94
Obr. 31. Regulace prostřednictvím centrální regulace .....	100

---

Obr. 32. Návrh vytápění v půdorysném provedení rodinného domu .....	102
Obr. 33. Rozdělení zón v koupelně.....	106
Obr. 34. Umístění vypínačů a zásuvek v okolí umyvadla .....	106
Obr. 35. Návrh osvětlení pomocí elektroinstalace KNX .....	107
Obr. 36. Návrh zásuvkových obvodů .....	108
Obr. 37. Elektrický rozvaděč PER2.0.....	109
Obr. 38. KNX snímač .....	111
Obr. 39. Schéma topologie zapojení žaluzií .....	113
Obr. 40. Umístění piezoelektrických detektorů .....	115
Obr. 41. Umístění magnetických detektorů v oknech .....	116
Obr. 42. Kouřový bezpečnostní hlásič.....	117
Obr. 43. Uvítací obrazovka dotykového Comfort Panelu .....	118
Obr. 44. Výběr scén na dotykovém Comfort Panelu.....	119
Obr. 45. ABB IPS/S 2.1 .....	120
Obr. 46. Umístění EZS a EPS v rodinném domě.....	121
Obr. 47. Náhled SCADA .....	122
Obr. 48. Náklady na vytápění .....	124

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Přirážka $\Delta U$ k základní hodnotě součinitele prostupu tepla.....	16
Tab. 2. Hodnota $F_h$ pro orientační hodnocení, bez možnosti zatřídění budovy.....	16
Tab. 3. Výpočtová celková účinnost přeměny energie na teplo potřebné pro vytápění a pro ohřev vody.....	17
Tab. 4. Výpočtová hodnota faktoru energetické přeměny pro přepočet spotřeby energie na hodnoty primární energie.....	18
Tab. 5. Třídy pro zatřídění energeticky pasivních a nízkoenergetických rodinných domů.....	19
Tab. 6. Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu.....	23
Tab. 7. Účinky CO <sub>2</sub> na lidský organismus.....	25
Tab. 8. Produkce vlhkosti v bytech (ČSN EN 15665).....	26
Tab. 9. Požadavky na umělé osvětlení podle ČSN 73 4031.....	28
Tab. 10. Druhy elektrických sítí nn.....	46
Tab. 11. Příznaky KNX.....	54
Tab. 12. Typy datových objektů KNX.....	55
Tab. 13. Okrajové podmínky obce Kněždub.....	60
Tab. 14. Popis místností v rodinném domu.....	62
Tab. 15. Rozdělení rodinného domu.....	63
Tab. 16. Hodnoty součinitele přestupu tepla konstrikcí.....	66
Tab. 17. Celkové ztráty místností rodinného domu.....	69
Tab. 18. Dimenzování potrubí a čerpadel.....	84
Tab. 19. Přetlaky pojistných ventilů.....	88
Tab. 20. Objem expanzních nádob.....	90
Tab. 21. Spotřeba materiálu pro montážní modul vztažený na 1m <sup>2</sup> podlahové plochy.....	94
Tab. 22. Okruhy podlahového vytápění.....	96
Tab. 23. Tabulka výkonů.....	101
Tab. 24. Popis připojení přístroje.....	112
Tab. 25. Okrajové podmínky obce Kněždub.....	123
Tab. 26. Náklady na otopnou soustavu.....	125
Tab. 27. Náklady na inteligentní elektroinstalaci.....	125
Tab. 28. Celkové hodnocení jednotlivých systémů.....	128

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. Kondenzace vodních par – obvodové zdivo.....	63
Graf 2. Teploty, vlhkosti, tlaky vodní páry v interiéru a exteriéru .....	64
Graf 3. Průběh teplot během modelového dne .....	71
Graf 4. Charakteristika čerpadla Dimplex topný provoz.....	75
Graf 5. Charakteristika čerpadla Dimplex chladící provoz .....	75
Graf 6. Projektový diagram Trubka Universa Nioxy 17x2,5mm .....	93
Graf 7. Tlaková ztráta trubky 17x2,5mm .....	95
Graf 8. Hromadný průtok v závislosti na výkonu rohoží .....	99
Graf 9. S hmotnostního průtoku stanovíme tlakové ztráty .....	99

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Skladba konstrukcí, přestup tepla

Příloha P II: Návrh fotovoltaického systému

Příloha P III: Simulace, tepelná zátěž v letním období

## PŘÍLOHA P I: SKLADBA KONSTRUKCÍ RD, PŘESTUP TEPLA

Stropní konstrukce	Tloušťka [mm]	Lambda [W/(m.K)]
sádkokarton	15	0,22
Rošt+parozábrana	2	0,17
Zateplení vatou	20	0,033
Difuzní folie	2	0,17
Součinitel prostupu tepla je celkem 0,161 W/m <sup>2</sup> .K		

Podlaha	Tloušťka [mm]	Lambda [w/(m.K)]
štěrkopísek	100	2
železobeton	150	1,58
BASF styrodur	100	0,035
Fatrafol 814	2,5	0,35
Hydrolen S 12T	1,2	0,16
Součinitel prostupu tepla je celkem 0,334 W/m <sup>2</sup> .K		

Obvodová stěna	Tloušťka [mm]	Lambda [w/(m.K)]
Vápenopískové omítka	2	0,99
Vápenopískové cihly KM beta	300	0,86
Cemix 135 -Le	2	0,57
Baumit EPS-F	160	0,411
Součinitel prostupu tepla je celkem 0,246 W/m <sup>2</sup> .K		

## PŘÍLOHA P II: NÁVRH FOTVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

Realizace výpočtu proběhla dle kalkulátoru PhotoVoltaic Geographical Information System, který umí vypočítat kteroukoli lokalitu v Evropě.

Před výpočtem je nutno zadat lokalitu, sklon střechy, parametry natočení.

Fotovoltaické panely jsou použity od firmy Bosch polykrystalické křemíkové.

Výsledky:

- Nominální výkon fotovoltaického systému: 5 kW
- Předpokládané ztráty vlivem teploty: 10,2%
- Předpokládané ztráty vlivem účinku úhlové odrazivosti: 3%
- Jiné ztráty (vodičem, střídačem...): 14%
- Celkové ztráty fotovoltaického systému: 21,1%

Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	5.13	159	1.25	38.7
Feb	8.34	234	2.08	58.4
Mar	12.30	380	3.20	99.2
Apr	16.10	482	4.42	133
May	18.40	569	5.20	161
Jun	18.50	556	5.31	159
Jul	19.40	600	5.58	173
Aug	17.30	535	4.94	153
Sep	14.10	423	3.90	117
Oct	10.80	335	2.86	88.5
Nov	5.38	162	1.36	40.8
Dec	3.53	109	0.86	26.8
<b>Yearly average</b>	<b>12.5</b>	<b>379</b>	<b>3.42</b>	<b>104</b>
<b>Total for year</b>		<b>4550</b>		<b>1250</b>

$E_d$  – Průměrná denní výroba elektřiny[kWh]

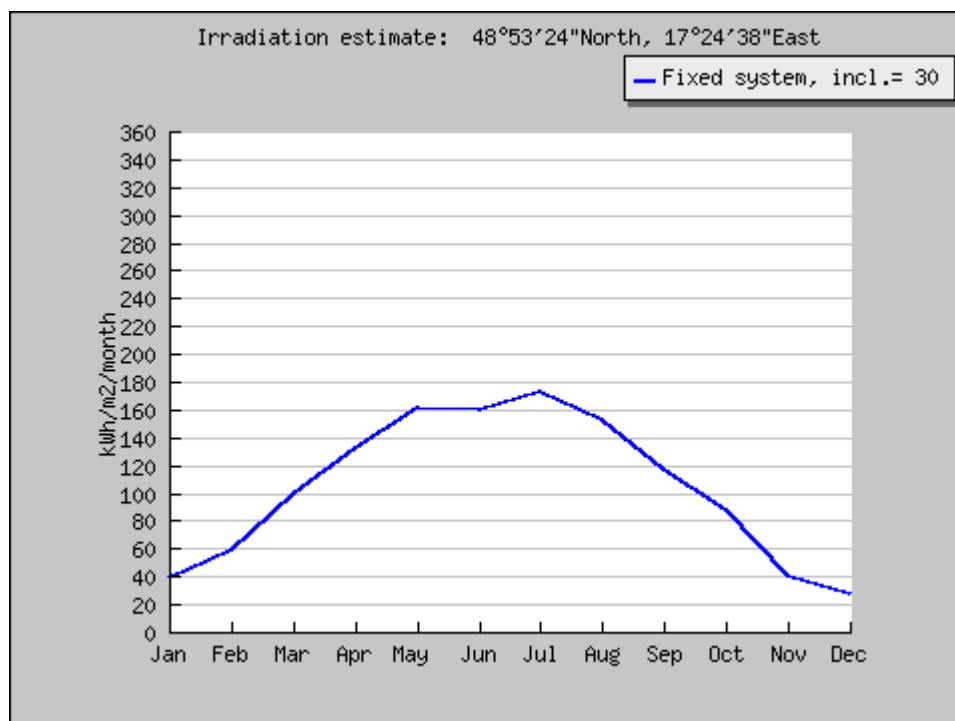
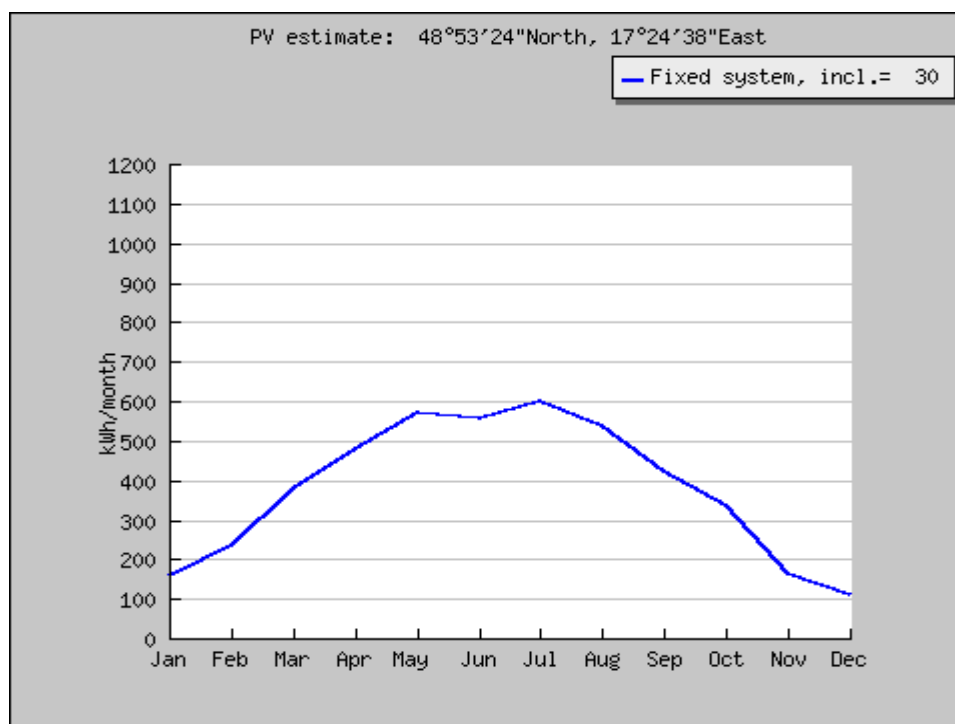
$E_m$  – Průměrná měsíční výroba elektřiny[kWh]

$H_d$  – Průměrné denní množství dopadajícího slunečního záření[kWh/m<sup>2</sup>]

$H_m$  – Průměrné měsíční množství dopadajícího slunečního záření[kWh/m<sup>2</sup>]



Grafy znázorní průměrnou výrobu elektrické energie za měsíc a průměrného měsíčního množství dopadajícího slunečního záření na 1 m<sup>2</sup> plochy:



# PŘÍLOHA P III: SIMULACE, TEPELNÁ ZÁTĚŽ V LETNÍM OBDOBÍ

podle ČSN EN ISO 13792

## Simulace 2010

Název úlohy : **RD\_Obyvák**  
Zpracovatel : Bc. Karásek Zdeněk  
Zakázka : Bučkovi  
Datum : 4.4.2013

### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Datum a zeměpisná šířka: 21. 8. , 52 st.  
Objem vzduchu v místnosti: 66.69 m<sup>3</sup>

#### Okrajové podmínky výpočtu:

Čas [h]	n [1/h]	F <sub>i,i</sub> [W]	T <sub>e</sub> [C]	Intenzita slunečního záření pro jednotlivé orientace [W/m <sup>2</sup> ]								
				I <sub>S</sub>	I <sub>J</sub>	I <sub>V</sub>	I <sub>Z</sub>	I <sub>H</sub>	I <sub>JV</sub>	I <sub>JZ</sub>	I <sub>SV</sub>	I <sub>SZ</sub>
1	2.5	0	16.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2.5	0	16.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2.5	0	16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2.5	0	16.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2.5	0	16.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2.5	0	18.1	67	37	265	37	92	178	37	219	37
7	2.5	0	19.5	69	103	549	69	248	432	69	384	69
8	2.5	0	21.2	95	259	656	95	415	608	95	376	95
9	2.5	0	23.0	116	420	637	116	567	699	116	270	116
10	0.5	0	24.8	132	553	526	132	687	708	151	132	132
11	0.5	0	26.5	142	640	353	142	764	644	345	142	142
12	0.5	0	27.9	145	670	145	145	790	516	516	145	145
13	0.5	0	29.1	142	640	142	353	764	345	644	142	142
14	0.5	0	29.8	132	553	132	526	687	151	708	132	132
15	0.5	0	30.0	116	420	116	637	567	116	699	116	270
16	0.5	0	29.8	95	259	95	656	415	95	608	95	376
17	0.5	0	29.1	69	103	69	549	248	69	432	69	384
18	0.5	0	28.0	67	37	37	265	92	37	178	37	219
19	0.5	0	26.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.5	0	24.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	2.5	0	23.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	2.5	0	21.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	2.5	0	19.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	2.5	0	18.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### VÝSLEDKY VYŠETŘOVÁNÍ ODEZVY MÍSTNOSTI:

Metodika výpočtu: metoda tepelné jímavosti

Obalová plocha místnosti A<sub>t</sub>: 134.18 m<sup>2</sup>  
Měrný tepelný zisk prostupem H<sub>t</sub>: 27.61 W/K  
Celk. činitel jímavosti místnosti Y<sub>t</sub>: 370.46 W/K  
Celkový činitel povrchu F<sub>sm</sub>: 0.365  
Opravný činitel f<sub>c</sub>: 0.961  
Opravný činitel f<sub>r</sub>: 0.935

**Výsledné vnitřní teploty a tepelný tok:**

<b>Čas [h]</b>	<b>Tepelný tok [W]</b>	<b>Teplota vnitřního vzduchu [C]</b>	<b>Teplota střední radiační [C]</b>	<b>Teplota výsledná operativní [C]</b>
1	1487.1	24.08	25.22	24.65
2	1442.4	23.98	25.21	24.59
3	1429.5	23.95	25.21	24.58
4	1442.1	23.98	25.21	24.59
5	1486.5	24.08	25.22	24.65
6	1743.8	24.69	25.73	25.21
7	1993.7	25.28	26.20	25.74
8	2258.2	25.90	26.65	26.28
9	2469.5	26.40	26.94	26.67
10	1561.4	26.97	27.04	27.00
11	1568.4	26.99	27.00	26.99
12	1514.1	26.84	26.81	26.83
13	1518.1	26.85	26.78	26.82
14	1470.7	26.73	26.63	26.68
15	1379.3	26.49	26.38	26.43
16	1258.4	26.17	26.06	26.11
17	1127.9	25.83	25.73	25.78
18	1069.7	25.68	25.60	25.64
19	970.8	25.42	25.38	25.40
20	935.0	25.32	25.34	25.33
21	1875.4	25.00	25.32	25.16
22	1760.9	24.73	25.29	25.01
23	1652.7	24.47	25.26	24.87
24	1563.5	24.26	25.24	24.75
<i>Minimální hodnota:</i>		23.95	25.21	24.58
<i>Průměrná hodnota:</i>		25.42	25.89	25.66
<b><u>Maximální hodnota:</u></b>		<b>26.99</b>	<b>27.04</b>	<b>27.00</b>