

Integrovaný systém v budově

- Rekonstrukce existujícího rodinného domu

The integrated system in the building
- Reconstruction of existing house

Bc. Lucie Neugebauerová



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie Neugebauerová**
Osobní číslo: **A11739**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Integrovaný Systém v Budově – Rekonstrukce RD**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte studii 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 případnou úpravu tepelně-technických parametrů a pro takto upravenou budovu navrhnete vhodný systém techniky prostředí se zvážením možnosti využití obnovitelných zdrojů energie. Vytápěcí systém bude odpovídat parametrům rodinného domu se zdrojem ZP a biopaliva 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. **ZÁLEŠÁK, Martin.** Technika prostředí v oboru Integrované systémy v budovách: Environmental technology in the field of integrated systems in buildings : teze habilitační práce. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2009, 42 s. ISBN 978-80-7318-834-4.
2. **KŘEČEK, Stanislav.** Příručka zabezpečovací techniky. Vyd. 2. S.l.: Cricetus, 2003, 351 s. ISBN 80-902-9382-4.
3. **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.
4. **AULICKÝ, Václav.** Inteligentní budovy a ekologické stavby / editor Michal Janata ; autoři Václav Aulický ... [et al.]. Praha: Raabe, 2008. ISBN 1803-4322.
5. **CIHELKA, Jaromír.** Vytápění, větrání a klimatizace. 3. přeprac. a dopln. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985.
6. **SMOLÍK, Jan.** Technika prostředí. 1. vyd.. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1970. Řada strojírenské literatury.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, ČSc.

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, ČSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, ČSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je návrh integrovaného systému v rekonstruovaném rodinném domě. Práce zpracovává aktuální požadavky na budovu, její tepelně-technické parametry, vnitřní pohodu, úspornost úsporné zdroje energie. Úlohou je zadaná rekonstrukce rodinného domu spojená se zateplením, návrhem tepelné soustavy s využitím tepelného čerpadla, plynového kotle a solárních kolektorů, elektroinstalace domu i se sběrníkovým systémem, zabezpečovací systém a zvážení možností využití fotovoltaických panelů. Práce obsahuje základní teoretické informace včetně následného konkrétního řešení pro budovu.

Klíčová slova: komunikační systémy, fotovoltaické panely, solární kolektory, energeticky úsporný dům, úsporné zdroje energie, tepelná soustava, elektroinstalace.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to design an integrated system in renovated family house. Work processed current requirements for building, on its thermo-technical parameters, the inner being, the efficiency of the building and saving energy. The task of reconstruction is entered the house associated with insulation, design of thermal systems using heat pumps, gas boilers and solar panels, wiring the house and the bus system, security system, fire system and consider to use of photovoltaic panels. The work includes many basic technical information and next specific solution for the single-family house.

Keywords: communication systems, photovoltaic panels, solar collectors, energy efficient house, saving energy, thermal system, wiring.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji garantovi oboru Integrované systémy v budovách, mimo jiné svému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Martinu Zálešákovi, CSc. Za veškerou pomoc, rady, tipy a praktické připomínky z praxe v průběhu celého studia.

Poděkování patří také celé mé rodině, která mne po celou dobu studia podporovala jak psychicky, tak materiálně. Děkuji svým rodičům za jejich výchovu, která mi umožnila uspět a dosáhnout svých cílů.

Také bych chtěla poděkovat svému příteli Ing. Davidovi Řoutilovi za fyzickou i psychickou podporu a také za jazykovou korekturu.

Mé poděkování patří i rodině Řoutilové za svolení tvorby práce na jejich rodinném domě a za poskytnuté podklady.

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

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 SOUČASNÉ RODINNÉ DOMY	11
1.1 POŽADAVKY NA UŽITÍ DOMU.....	11
2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ	12
2.1 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ A JEHO PARAMETRY.....	13
2.1.1 Tepelná pohoda a její parametry.....	13
2.1.1.1 Akustické podmínky.....	21
2.1.1.2 Osvětlení.....	21
3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ	24
3.1 VNĚJŠÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY.....	24
3.1.1 Plynné složky vzduchu.....	24
3.1.2 Teplota vnějšího vzduchu.....	25
3.1.3 Vítr.....	25
3.1.4 Sluneční záření.....	26
3.1.5 Relativní vlhkost vnějšího vzduchu.....	27
4 ENERGETICKY ÚSPORNÉ A INTELIGENTNÍ DOMY	28
4.1 NÍZKOENERGETICKÉ DOMY.....	28
4.2 PASIVNÍ DOMY.....	29
5 STAVEBNÍ FYZIKA, KONSTRUKCE DOMU	31
5.1 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK A PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI.....	31
5.2 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ.....	32
5.2.1 Střešní konstrukce.....	36
5.2.2 Obvodové stěny.....	37
5.2.3 Okna a dveře.....	38
5.2.4 Stropní a podlahové konstrukce.....	39
5.3 TEPELNÁ STABILITA.....	39
5.4 TEPELNÉ ZTRÁTY.....	41
5.5 TEPELNÉ ZISKY.....	43
5.6 TEPLÁ VODA (TV).....	47
5.7 TEPELNÉ SOUSTAVY – ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ.....	52
5.7.1 Návrh otopné soustavy.....	53
6 VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE	65
6.1 SOLÁRNÍ KOLEKTORY.....	65
6.2 FOTOVOLTAICKÉ PANELE.....	67
7 ELEKTROINSTALACE	69
7.1 SYSTÉMY V BUDOVĚ.....	72
7.1.1 EZS.....	72
7.1.2 EPS.....	73
7.1.3 EIB/KNX.....	74
II PRAKTICKÁ ČÁST	75
8 ŘEŠENÍ PRO KONKRÉTNÍ OBJEKT	76

8.1	POPIS BUDOVY A OKRAJOVÉ PODMÍNKY	76
8.2	STAV BUDOVY	78
8.2.1	Skladba konstrukcí	81
8.2.2	Tepelnětechnický posudek konstrukce z hlediska kondenzace.....	83
8.3	TEPELNÉ ZTRÁTY BUDOVY	85
8.4	TEPELNÁ STABILITA, CHLAZENÍ VNITŘNÍCH PROSTOR	86
9	TEPELNÁ SOUSTAVA	90
9.1	OTOPNÁ SOUSTAVA	91
9.1.1	Radiátorové vytápění	92
9.1.2	Podlahové vytápění	95
9.2	TEPLÁ VODA.....	97
9.3	SOLÁRNÍ KOLEKTORY	99
9.4	ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ OTOPNÉ SOUSTAVY	100
9.4.1	Expanzní nádrž solárních kolektorů.....	100
9.4.2	Expanzní nádrž otopného okruhu.....	101
9.4.3	Pojistný ventil plynového kotle.....	102
9.4.4	Pojistný ventil TV	103
10	ELEKTROINSTALACE.....	104
10.1	SVĚTELNÁ A ZÁSUVKOVÁ ELEKTROINSTALACE.....	105
11	SYSTÉMY V BUDOVĚ.....	109
11.1	EZS.....	109
11.2	EPS 110	
11.3	INTELIGENTNÍ SYSTÉM A SCADA.....	112
12	FOTOVOLTAICKÉ PANELE	123
12.1	KALKULACE	123
12.2	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	124
13	FINANČNÍ NÁKLADY PROJEKTU.....	126
14	ZÁVĚR.....	127
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	129
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	131
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	134
	SEZNAM OBRÁZKŮ	135
	SEZNAM TABULEK.....	137
	SEZNAM PŘÍLOH.....	139
	PŘÍLOHA PII: HYDRAULICKÉ SCHÉMA OTOPNÉ SOUSTAVY	140

ÚVOD

Integrovaný systém v budově dnes představuje určitý standard, který ukazuje rostoucí požadavky na rodinný dům. Integrovaní systémů do budovy nahrává maximální využitelnosti, efektivní funkčnosti, co nejjednodušší údržbě a hlavně snížení nákladů na užívání „inteligentního“ domu.

Cílem této práce je vytvoření konceptu pro starý rodinný dům tak, aby odpovídal nárokům majitele a také splňoval podmínky energetické náročnosti. V první řadě je představení návrhu zateplení celé budovy spolu s výměnou oken. To je voleno s ohledem na maximální možné úspory energie na chod budovy a také na vnější klimatické podmínky, ve kterých se budova nachází.

Pro vnitřní část domu je specifický návrh tepelné soustavy, která bude odpovídat také moderním trendům s využitím obnovitelných zdrojů. Zdrojem tepla bude kombinace solárních kolektorů, tepelného čerpadla a plynového kotle. V letních dnech a v případě potřeby také správný způsob ochlazování celého domu.

Další část návrhu renovace domu bude i elektroinstalace a to přes sběrnici KNX a systémy protipožární a zabezpečovací ochrany majetku a zdraví. Vzhledem k velkým možnostem inteligentního systému bude zvažena také možnost propojení na management budovy.

V neposlední řadě bude proveden návrh nových elektrických rozvodů pro světelné i zásuvkové okruhy. Včetně nového rozmístění zařízení, rozvodů a celkové kalkulace.

Součástí těchto návrhů bude také kapitola věnovaná tavební fyzice a provedení určitých stavebních prací, včetně vybudování nové střechy a vnitřních úprav v domě, jako přemístění koupelny a toalety.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SOUČASNÉ RODINNÉ DOMY

V dnešní době lidé preferují spíše rodinné domy situované jako městské či příměstské. To je zapříčiněno životním stylem moderního člověka, který se musí dopravovat do zaměstnání. S rostoucí populací se upřednostňují stavby v těsné blízkosti jiných, kdy vznikají příměstské oblasti, satelitní městečka a domy v těsné blízkosti.

1.1 Požadavky na užití domu

Dnešní požadavky na kvalitu a funkčnost obytných prostor jsou odrazem měnícího se životního stylu moderního člověka. Hlavní požadavek na RD je svým způsobem brán jako rekreační, relaxační a regenerační záležitost, je pravda, že se lidé vrací domů za odpočinkem a již zmíněnou relaxací. Od nových RD se vyžaduje, aby splňovaly normy i požadavky jak dané legislativou, tak majitelem. Mezi ně patří maximální využitelnost a efektivnost jako snižování nákladů na provoz domu, jeho energetické náročnost, údržba, dostatek prostorů úložných i obytných pro denní i sezónní potřebu. Vše je samozřejmě individuální a v nejvyšší míře závislé na nárocích obyvatel domu a nároky se u každého jednotlivce mohou zásadně lišit.

Největší důraz je kladen na optimální tepelnou pohodu v domě, jeho akustické vlastnosti, osvětlení a oslunění vnitřních prostor a samozřejmě funkční prostory se zařízeními spojenými s hygienou, jako například toalety, koupelny, kuchyně. Také je brán ohled na celkový vzhled interiéru, exteriéru i celkového vzhledu domu.

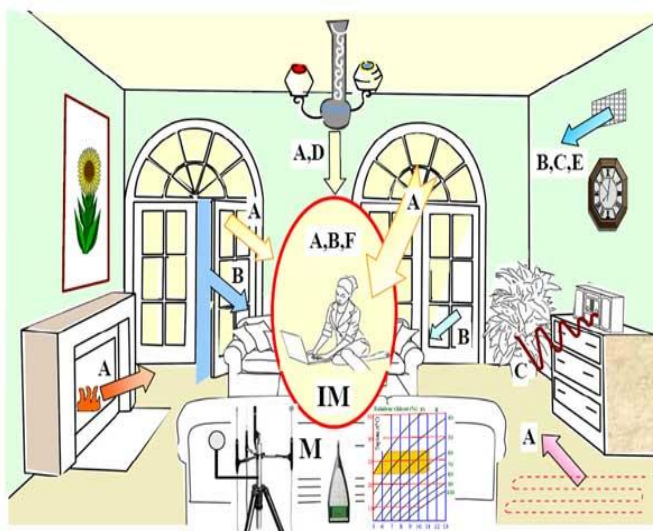
Dům musí být samozřejmě zdravotně nezávadný a to využitím atestovaných materiálů pro stavbu, pro podlahové krytiny i nábytku. Velký důraz je kladen také na vlhkostní podmínky v domě, příliš velká vlhkost může mít za následek šíření plísní a tím různých nemocí či alergií u obyvatel RD.

Vzhledem k vysokým pořizovacím cenám interiérového vybavení a samotné ceně nemovitosti je v dnešní době žádán zabezpečovací systém chránící před nežádaným vnikem a loupežím. Samozřejmostí je také protipožární ochrana domu v podobě detektorů kouře či požáru, samočinných hasicích zařízení nebo hasicími přístroji.

2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Vzhledem k tomu, že člověk tráví ve vnitřních prostorech budov, má vnitřní prostředí v budovách významný vliv na lidské zdraví. S kvalitou prostředí je spojován výskyt různých alergií a jiných onemocnění dýchacího ústrojí. Pokud je do budovy přiváděno dostatečné množství čerstvého vzduchu a nevyskytuje se vlhkost, je toto riziko onemocnění podstatně nižší. Předpokládá se s jistou vlhkostí v budovách, stejně jako se srstí domácích zvířat a také tabákovým kouřem, který je dnes považován za toxickou látku.

Vnitřní prostředí je formováno mnoha složkami. Mezi ty hlavní patří aerosolová, mikrobiální a akustická a tepelně vlhkostní složka, která má největší vliv na člověka a jeho zdravotní stav. Ostatní složky jsou ovlivňovány především větráním. Kvalita vzduchu obsahuje jak subjektivní hodnocení jednotlivců, tak i objektivní hodnocení na základě hygienických požadavků, mezi které patří například koncentrace škodlivých plynů, která není lidským čichem zjistitelná. Ve většině oblastí je kvalita venkovního ovzduší lepší, nežli v uzavřených prostorech budov. Každý člověk produkuje teplo, vodní páru a jiné látky, jako například CO_2 . Škodlivinou v bytech či RD není jen vydechovaný vzduch, ale také látky (formaldehyd) z nábytku, radioaktivita a radon ze zdiva, vlhkost v koupelně či kuchyni. Všechny tyto zmíněné požadavky na maximální koncentraci škodlivin ve vzduchu, tepelnou pohodu, vlhkost a jiné, podléhají jistým limitům a indexům pro IM.



- A. tepelný tok (proudění, sálání),
- B. látkový tok (proudění látek),
- C. akustický tok (vlnění)
- D. světelný tok (záření)
- E. látkový tok (emise)
- F. percepce (subjektivní pocit)
- M. monitorování veličin IM

Obrázek 1: schéma tvorby IM [1].

2.1 Vnitřní prostředí a jeho parametry

Vnitřní prostředí se formuje procesy látkových a tepelných výměn probíhajícími mezi složkami s různými energetickými potenciály. IM budov musí splňovat základní parametry neovlivňující nebo dokonce nepoškozující zdravotní stav obyvatel. Tyto parametry jsou:

- teplotní – mikroklimatické podmínky;
- vlhkostní – míra vlhkosti v prostoru;
- akustické – míra odhlučnění prostoru;
- hygienické – hygienické podmínky;
- světelné – podmínky míry osvětlení (umělé, přirozené).

2.1.1 Tepelná pohoda a její parametry

Optimální tepelné pohody je dosaženo při rovnováze tepelné bilance člověka, kdy produkce metabolického tepla (daného fyzickou aktivitou) je v rovnováze s teplem odváděným do okolního prostředí z lidského těla do okolí.

Pro vytvoření příjemného a správného IM a tím i TP v domě, musíme znát faktory významně ovlivňující IM. Jde o následující návrhové ukazatele [31]:

- tepelná kritéria pro léto a zimu;
- kritéria kvality vzduchu a větrání;
- vlhkostní kritéria;
- kritéria osvětlení;
- akustická kritéria;
- indexy spokojenosti PPD a PMV

Mezi hlavní tepelná kritéria patří tzv. **operativní teplota** - teplota, která je kritériem hodnocení tepelné pohody prostředí, neboli je jedním z parametrů sloužících k vyhodnocení tepelného stavu IM a dovoluje následné zajištění optimálního tepelného komfortu pro obyvatele prostor. [3]

Pro hodnocení tepelné pohody je zavedena tato veličina, která je značena θ_o [$^{\circ}C$], tato veličina zahrnuje vliv sdílení tepla sáláním a konvekcí. Při nízké rychlosti proudění

vzduchu nebo nízkého rozdílu střední radiační teploty a teploty okolního vnitřního vzduchu, lze operační teplota určit ze vztahu:

$$\theta_o = A \cdot \theta_a + (1 - A) \cdot \theta_r \quad [^{\circ}\text{C}]; \quad (1)$$

kde θ_a [$^{\circ}\text{C}$] – teplota vzduchu;

θ_r [$^{\circ}\text{C}$] – střední radiační teplota;

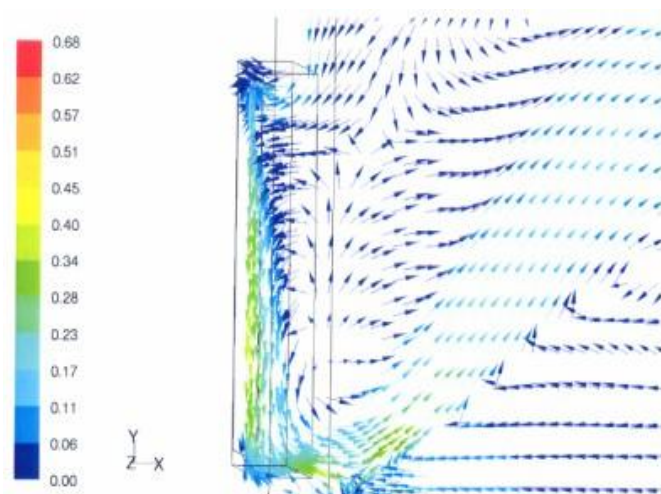
v_{ar} [m/s] – rychlost proudění vzduchu;

A [–] – koeficient, který je funkcí rychlosti proudění vzduchu.

Tabulka 1: hodnoty koeficientu A v závislosti na rychlosti proudění vzduchu v_{ar} .

v_{ar} [m/s]	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00
A [–]	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

Rychlost proudění vzduchu je dalším významným parametrem určujícím tepelnou pohodu. Nepříjemný pocit průvanu je zapříčiněn vyšší rychlosti proudícího vzduchu a to rychlostí nad 0,2 m/s. Rychlost proudění vzduchu značně ovlivňuje tepelný odpor oděvu, který snižuje a tím pádem zvyšuje pocit chladu kvůli odvodu tepla z povrchu lidského těla. Níže uvedený obrázek znázorňuje rychlost proudění vzduchu v místnosti s přirozeným větráním.



Obrázek 2: rychlostní pole středem místnosti [4].

Proudění vzduchu je zapříčiněno výměnou vzduchu, tzv. větráním. Pro správné IM a osobní pohodu lidí je nutné větrat podle jistých zásad a toho jakou práci vykonávají. Základním hlediskem pro přísun čerstvého vzduchu je to, že koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřním prostoru nesmí překročit 0,1% celkového objemu místnosti [31].

Požadované dávky čerstvého vzduchu na osobu závisí na intenzitě výměny vzduchu:

30 m³/h – osoby nevykonávající činnost;

50 m³/h – práce převážně v sedě;

70 m³/h – práce ve stoje a chůze;

90 m³/h – těžká fyzická práce;

120 m³/h – pro příklad na diskotékách, kde je mnoho lidí.

Větrání je navrhováno tak, aby byl splněn požadavek intenzity výměny vzduchu, který je většinou 0,3 až 0,5 objemu za hodinu, u obytných místností domu, koupelny a toalety pak 1,5 nebo musí být splněn požadavek na přívod čerstvého vzduchu v míře 30 až 50 m³ na osobu. Také je důležité zajistit, aby v případě, že v domě nikdo nebude, docházelo k odvodu vlhkosti a škodlivin z vybavení místností, tohoto lze docílit mechanickým otevíráním oken, popřípadě nuceným neboli strojovým větráním [31]. Větrání je charakterizováno přívodem čerstvého vzduchu (dle potřeby i vhodně upravovaného). Vzduch musí být pravidelně vyměňován s intenzitou:

$$n = \frac{V_e}{V}, [\text{h}^{-1}]; \quad (2)$$

kde V_e [m³/h] – objemový tok větracího vzduchu;

V [m³] – vnitřní objem místnosti.

Objemový tok větracího vzduchu lze určit ze známého množství škodliviny ve vzduchu a koncentrací v odváděném vzduchu a přiváděném podle následujícího vzorce:

$$\dot{m}_{\text{škod}} + \dot{V} \cdot k_a = \dot{V} \cdot k \rightarrow \dot{V} = \frac{\dot{m}_{\text{škod}}}{k - k_a}; \quad (3)$$

kde $\dot{m}_{\text{škod}}$ [g/h] – hmotnostní tok vznikajících škodlivin;

k_a [g/m³] – koncentrace v přiváděném vzduchu;

k [g/m³] – koncentrace v odváděném vzduchu.

Vlhkost vzduchu je základní vlastností vzduchu, která udává, jaké množství vody v plynném stavu (vodní páry) je obsaženo v daném množství vzduchu. Rozlišují se tři základní typy vlhkostí vzduchu a to měrná, relativní a absolutní. Každé prostředí by mělo mít jistou míru vlhkosti. V běžných prostředích v rozmezí $\varphi = 30 - 60 \%$, prostředích jako jsou bazénové haly, sprchy a kuchyně by měla být relativní vlhkosti $\varphi \leq 65\%$.

Měrná vlhkost

Měrná vlhkost vzduchu x udává hmotnost vodní páry M [kg] na kilogram suchého vzduchu m_{sv} [kg] a lze ji získat ze vzorce:

$$x = 100 \frac{M}{m_{sv}} \quad [\%]. \quad (4)$$

Vlhkost vzduchu v obytných prostorách by se měla pohybovat mezi 36 a 70 % s tím, že hodnota 50% je doporučována, co se týká možnosti vzniku plísní a různých bakterií. Se zvyšující se vlhkostí vzduchu roste i riziko růstu zmíněných plísní a bakterií, ale i virů a vznik nemocí s nimi spojených. Ovšem pokud je vlhkost nízká, neznamená to, opačné důsledky než při vysoké. Naopak, nízká vlhkost zapříčiňuje různé respirační potíže, onemocnění horních cest dýchacích, vysoušení sliznic, pokožky i oční rohovky.

Relativní vlhkost

Relativní vlhkost, někdy označována jako poměrná, udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě obsahovat při plném nasycení. Značí se φ a udává se bez jednotky [-] nebo *100 v [%]. Při $\varphi = 100\%$ je vzduch zcela nasycen vodní parou.

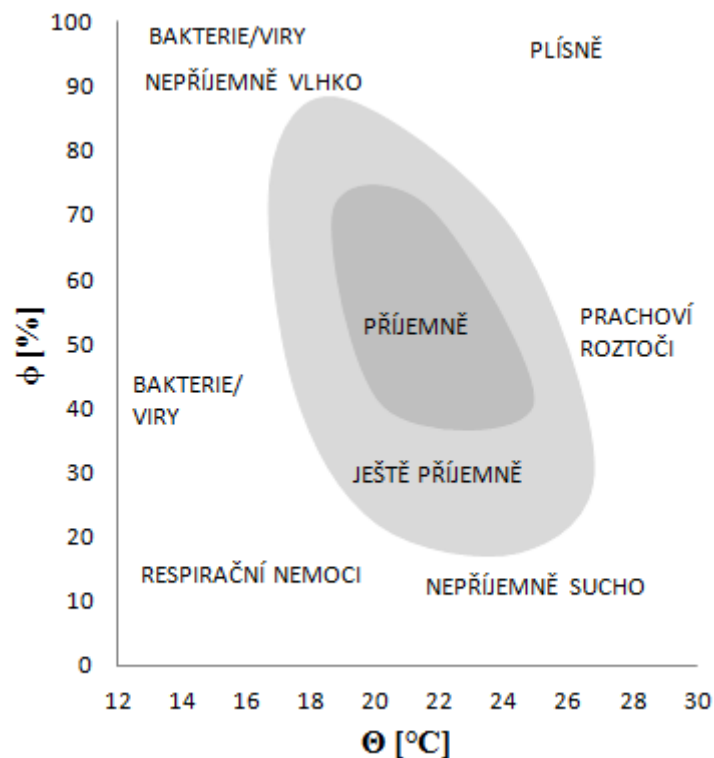
Stav vzduchu, který je maximálně nasycen vodními parami, kdy je relativní vlhkost 100%, se nazývá rosný bod (teplota rosného bodu). Pokud teplota klesne pod tento bod, dochází ke kondenzaci vodní páry. Čím více je ve vzduchu vodní páry, tím je teplota rosného bodu vyšší. Rosný bod je důležitý zejména v oboru meteorologie[31].

Relativní vlhkost je dána stonásobným poměrem mezi hmotnostní vodní páry m [kg] ve vzduchu a hmotností vodní páry M [kg] a lze ji získat ze vzorce:

$$\varphi = 100 \frac{m}{M} \quad [\%]; \quad (5)$$

Tabulka 2: produkce vlhkosti z různých zdrojů [5].

Zdroj vlhkosti	Produkce vodní páry
lidský metabolismus	50 až 250 g/hod/os (podle činnosti)
koupelny	700 až 2500 g/hod
kuchyně	600 až 1500 g/hod
sušení prádla	200 až 500 g/hod/5kg
pokojevé rostliny (20 ks)	500 až 100 g/den



Obrázek 3: vliv vlhkosti a teploty na komfort.

Absolutní vlhkost

Absolutní vlhkost je skutečný obsah nebo spíše hmotnost vodní páry m [kg] ve vzduchu o objemu $V = 1 \text{ m}^3$ [kg]. Jednotkou je kilogram na metr krychlový [kg/m³], lze pak hovořit o hustotě vodní páry ρ_v , kterou lze získat ze vzorce:

$$\rho_v = \frac{m}{V} \quad [\text{kg}/\text{m}^3]. \quad (6)$$

Tabulka 3: hodnoty doporučené pro obytné budovy.

Parametry	Letní období	Zimní období
Operativní teplota vzduchu θ_o [$^{\circ}\text{C}$]	20 - 28	18 - 24
rychlost proudění vzduchu v_a [m/s]	0,1 - 0,2	0,1
rozdíl teplot ve výši 1,7 m a 0,1 m	0,3	3
relativní vlhkost vzduchu φ [%]	40 - 60	40 - 60

Index PMV - na základě testů prováděných na mnoha lidských subjektech (vyjadřujících se psychofyzikální stupnicí zima, chladno, lehce chladno, neutrálně, lehce teplo, teplo, horko) byl stanoven index PMV (Predicted Mean Vote). Tento index je jinak řečeno střední tepelný pocit velké skupiny lidí. PMV lze stanovit pouze za předpokladu předchozího odhadnutí energetického výdeje člověka, hodnoty tepelného odporu jeho oděvu a změřených faktorů ovlivňujících prostředí, ve kterém se člověk nachází. PMV se hodnotí sedmistupňovou stupnicí s hodnotami od +3 do -3.

Pro vyjádření PMV existují dva druhy vyjádření a to (z amerických norem) ASHRAE nebo podle stupnice jež navrhl Bedford.

Tabulka 4: srovnání stupňů PMV.

Index PMV	Bedford	ASHARE
3	velmi teplo	horko
2	teplo	teplo
1	příjemně teplo	mírně teplo
0	příjemně	neutrálně
-1	příjemně chladno	mírně chladno
-2	chladno	chladno
-3	velmi chladno	zima

V každé budově či místnosti bude z x lidí několik nespokojených a to, kolik udává právě index PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) vyjadřující procentuální podíl nespokojených. Empirické vyjádření výzkumu tepelné rovnováhy shrnul Fanger do grafu (Obrázek 4). Z tohoto grafu je patrné, že u velké skupiny lidí pobývajících ve stejném prostředí, bude vždy alespoň 5% nespokojených.

Doporučení je používat PMV v rozmezí od -2 do +2, tedy:

$$\begin{aligned} \text{energetický výdej} \quad M &= 46 \sim 232 \text{ W/m}^2; \\ \text{tepelný odpor oděvu} \quad I_{cl} &= 0 \sim 310 \text{ m}^2\text{K/W}; \\ \text{teplota vnitřního vzduchu} \quad \theta_{ai} &= 10 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}; \\ \text{střední radiační teplota} \quad \theta_{sr} &= 10 \sim 40 \text{ }^\circ\text{C}; \\ \text{rychlost proudění vzduchu} \quad v_{ai} &= 0 \sim 1 \text{ m/s}; \\ \text{parciální tlak vodní páry} \quad p_{ai} &= 0 \sim 2700 \text{ Pa}. \end{aligned}$$

Hodnotu indexu PMV lze určit z níže uvedeného vztahu:

$$\begin{aligned} PMV = (0,303 - e^{-0,036M} + 0,028) \cdot \{ & (M - W) \\ & - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_{ai}] \\ & - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot (5867 - p_{ai}) \\ & - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - \theta_{ai}) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(\theta_{cl} + 273)^4 \\ & - (\theta_{sr} + 273)^4 - f_{cl} \cdot h_c \cdot (\theta_{cl} - \theta_{ai}) \}; \end{aligned} \quad (7)$$

kde M [W/m^2] – energetický výdej, v sedě $M = 58,2 \text{ W/m}^2$;

W [W/m^2] – užitečný mechanický výkon, většina prací $W = 0 \text{ W/m}^2$;

p_{ai} [Pa] – parciální tlak vodní páry;

θ_{ai} [$^\circ\text{C}$] – teplota vzduchu;

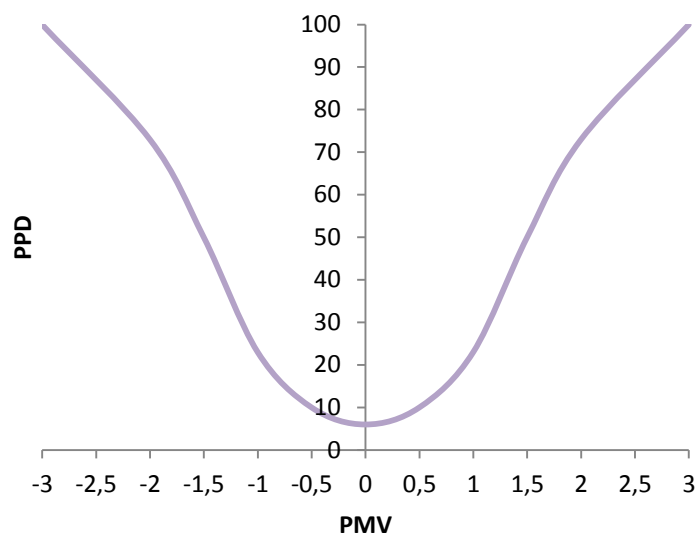
f_{cl} – poměr povrchu těla člověka pokrytého a nepokrytého oděvem;

θ_{cl} [$^\circ\text{C}$] – teplota povrchu oděvů;

θ_{sr} [$^\circ\text{C}$] – střední radiační teplota okolních ploch;

h_c [W/m^2] – součinitel přestupu tepla.

Index PPD - v každé budově či místnosti bude z x lidí několik nespokojených a to, kolik udává právě index PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) vyjadřující předpokládané procento nespokojených. Empirické vyjádření výzkumu tepelné rovnováhy shrnul Fanger do grafu (Obrázek 4). Z tohoto grafu je patrné, že u velké skupiny lidí pobývajících ve stejném prostředí, bude vždy alespoň 5% nespokojených.



Obrázek 4: PPD jako funkce PMV.

Hodnotu indexu PPD lze, v závislosti na indexu PMV, určit ze vztahu:

$$PPD = 100 - 95 \exp[-(0,333PMV^4 + 0,2179PMV^2)]. \quad (8)$$

Index PEL – přípustný expoziční limit v [ppm] (partes per milion = částic na milion) vyjadřuje průměrnou hodnotu koncentrace škodliviny za pracovní směnu.

Index NPK – nejvyšší přípustná koncentrace v [mg/m^3] pak vyjadřuje maximum těchto hodnot.

Oba tyto indexy mají co dočinění s vystavením lidského organismu škodlivinám. Množství škodlivin ovlivňujících lidské zdraví je zahrnuto v hygienických podmínkách prostředí.

Koncentrace CO_2 ve vzduchu vnitřního prostředí nesmí překročit 0,1%.

Tabulka 5: hygienické podmínky IM.

Škodlivina	Hygienické podmínky		
	PEL [mg/m^3]	NPK [mg/m^3]	netechnologické zdroje [mg/m^3]
CO	30	150	10
CO ₂	9000	45000	3000
SO ₂	5	10	2
NO _x	10	20	3

2.1.1.1 Akustické podmínky

Každý živý organismus podléhá různým zvukovým (akustickým) vlivům. Příliš nízké či vysoké zvuky mohou být zdraví ohrožující. Jedním z parametrů ovlivňujících prostředí je hladina hluku neboli akustického tlaku značeného L_A [dB(A)] a lze jej vypočítat ze vzorce:

$$L_A = 10 \cdot \log \sum 10^{0,1(L_{pi}+k_{ai})} \text{ [dB(A)]}; \quad (9)$$

Zdroje hluku mohou být statické nebo pohyblivé, s rostoucí vzdáleností od zdroje hluku se hladina akustického tlaku zmenšuje. Snížení přenosu hluku od zdroje lze zvukovou izolací. Je to schopnost stavební konstrukce přenášet (tlumit nebo zesilovat) akustický výkon.

Tabulka 6: hladiny hluku v různých časech.

PROSTŘEDÍ		HLADINA HLUKU L_A [dB(A)]	
		6 až 22 hod	22 až 6 hod
vnitřní	obytná místnost		-10
	hotelové pokoje	40	0
	nemocnice		-15
chráněné venkovní	nemocnice		-5
	venkovní prostory	50	0
	doprava		5
	prostředí s hudbou	100	
	hluk z letadel	60	-10

2.1.1.2 Osvětlení

Osvětlení je také důležitým parametrem při hodnocení celkové pohody prostředí, je popsáno v níže uvedených normách, kterými se řídí i jeho návrh.

ČSN EN 12665 Definice, termíny a kritéria.

ČSN 730500 Denní osvětlení budov.

ČSN EN 12464 Osvětlení pracovních prostorů.

ČSN 360020 Sdružené osvětlení.

ČSN EN 15193 Energetické požadavky na osvětlení.

Oba extrémny, ať málo světla či málo, má nežádoucí účinky na lidský organismus, proto normy ukládají za povinnost dostatečné osvětlení. Vhodnou hladinu je nutné zabezpečit při jasných i oblačných dnech, ve dne i v noci. Osvětlení tři druhy: denní, sdružené.

Denní osvětlení neboli přirozené je zdroj světla z oken či světlíků a vyskytuje se pouze v částech dne mezi východem a západem Slunce. Toto osvětlení je zdroj světla nestálý, protože závisí na konkrétní hodině, kalendářním dni roku a také na oblačnosti. Úroveň osvětlení se hodnotí činitelem denní osvětlenosti D [–]

Tabulka 7: doporučené množství osvětlení pro různé činnosti.

TŘÍDA	CHARAKTER ČINNOSTI	PŘÍKLAD	D_{min} [%]	$D_{prům}$ [%]
I	mimořádně přesná	finální kontrola výrobků	3,5	10
II	velmi přesná	kontrola, rýsování	2,5	7
III	přesná	jemné šití, lab. práce	2	6
IV	středně přesná	běžné pracovní činnosti	1,5	5
V	hrubší	čekárny, jídelny	1	3
VI	velmi hrubá	úklid, šatny	0,5	2
VII	celková orientace	komunikace, chodby	0,2	1

Činitel denní osvětlenosti lze získat ze vzorce:

$$D = D_o + D_e + D_i; \quad (10)$$

kde D_o – průchod světla z oblohy;

D_e/D_i – odraz světla od vnějších/vnitřních ploch.

Minimální hodnota činitele D v místnosti je 0,5 % a průměrná by měla být minimálně 2 %.

Pro každou činnost je zapotřebí různého množství světla, ať umělého, přirozeného či sdruženého. V tabulce 7 jsou činnosti rozděleny do kategorií i s nutným minimálním osvětlením D_{min} v % a také tyto činnosti mohou být.

Umělé osvětlení je takové, které dodávají různé světelné zdroje, jako jsou lampičky, lustry a další jiné zdroje. Pohybuje se v rozmezí 100 až 1000 lx (luxů). Slouží k vytvoření vhodného osvětlení v době, kdy není možné zajistit osvětlení přirozené. Při výběru umělého osvětlení se zvažují aspekty ekonomické, zraková pohoda a zrakový výkon.

Sdružené osvětlení je kombinací výše uvedených osvětlení přirozeného a umělého. V průběhu dne a různých ročních obdobích je nutné zajištění světelné pohody. To nelze zajistit denním osvětlením při brzkém stmívání a pozdních východech Slunce v zimních obdobích nebo v místnostech s nedostatečným počtem oken nebo světlíků (šatny, kuchyně, sklady, jídelny...).

3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ

Vnější prostředí je jedním z faktorů ovlivňujících kvalitu vnitřního mikroklimatu budov. IM je závislé na mnoha faktorech a zejména na kvalitě vnějšího prostředí (kvalitě ovzduší, množství škodlivin v ovzduší, jeho teplotě, tlaku i rychlosti větru v okolí).

3.1 Vnější klimatické podmínky

Vnitřní prostředí budov je značnou mírou ovlivňováno vnějšími klimatickými podmínkami. Na základě hodnot těchto podmínek jsou navrhovány podmínky pro IM jako vnitřní teplota, vlhkost, větrání, volba vytápěcího systému a mnoho jiných. Souhrnné informace jsou pak uvedeny v normě ČSN 60721 Klasifikace podmínek prostředí.

Mezi nejvýznamnější klimatické podmínky patří:

- plynné složky vzduchu;
- θ_e [$^{\circ}C$] - vnější teplota vzduchu;
- v [m/s] - vítr (rychlost pohybujícího se vzduchu);
- I_o [W/m^2] - sluneční záření;
- relativní vlhkost vnějšího vzduchu.

3.1.1 Plynné složky vzduchu

Vzduch je v podstatě směs, která tvoří plynný obal Země, respektive její atmosféru, která sahá přibližně do 10 000 km. Atmosféra ovlivňuje veškerý život na planetě. Mezi hlavní fyzikální vlastnosti atmosféry patří zejména schopnost transportu vody ovzduším a její koloběh, dále také tepelná kapacita vzduchu, která udržuje na planetě zemi přijatelnou teplotu pro život. Pro lidi je hlavní složkou atmosféry kyslík, který dýchají a také ozon v ozonové vrstvě, který chrání planetu i její obyvatele před nebezpečným slunečním a kosmickým zářením z vesmíru. Na příklad pro rostliny není kyslík tak důležitý pro jejich život, jako oxid uhličitý, který spotřebovávají a vylučují kyslík. Atmosféra však není tvořena pouze kyslíkem, ozonem a oxidem uhličitým, ale mnoha dalšími složkami.

Tabulka 8: plynné složky obsažené ve vzduchu.

Plyn	Značka	% objemu	% hmotnosti
dusík	N ₂	78,09	75,5
kyslík	O ₂	20,95	23,17
argon	Ar	0,93	1,286
oxid uhličitý	CO ₂	0,03	0,043
neon	Ne	1,8.10 ⁻³	1,2.10 ⁻³
helium	He	5,24.10 ⁻⁵	7.10 ⁻⁵
krypton	Kr	1.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴
vodík	H ₂	5.10 ⁻⁵	-
xenon	Xe	8.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
ozon	O ₃	1.10 ⁻⁶	-

3.1.2 Teplota vnějšího vzduchu

Teplota venkovního vzduchu neboli vnější teplota je základní veličina značená θ_e [°C]. Svého minima v denním průběhu dosahuje ve 3 hodiny v noci a maxima pak ve 3 hodiny odpoledne. Zimní období je odvozeno z průměru pěti nejchladnějších dní v roce, letní zase z průměru absolutně nejvyšších teplot, konkrétní čísla pro města v ČR jsou uvedeny v normě ČSN 060210. Vnější teplota vzduchu z hlediska vytápění je rozdělena do tří teplotních pásem.

Tabulka 9: teplotní oblasti České republiky.

Teplotní pásmo	Nadmořská výška	Teplota [°C]
I	400 m n. m.	-15
II	660 m n. m.	-18
III	hory	-21

Při návrhové venkovní teplotě vzduchu rozhoduje norma ČSN 730540 část 3. Vnější teplotou vzduchu se rozumí teplota v zastíněném prostředí ve výšce 2 m nad zemským povrchem změřená v meteorologické stanici.

3.1.3 Vítr

Vítr je faktor ovlivňující počasí a také funkci přirozeného větrání a tím i celé interní mikroklima budovy nebo objektu. Je to klimatická veličina přímo úměrná rozdílu tlaků v i vně budovy. Rychlost větru se v České republice pohybuje v průměru mezi 4 ~ 10 m/s

někdy 2 ~ 8 m/s. Vítr musí být respektován při výpočtu tepelných ztrát infiltrací do budovy.

3.1.4 Sluneční záření

Intenzita slunečního záření závisí na jinak stejných okolnostech daných zeměpisnou šířkou, polohou osluněné plochy a stupněm znečištění atmosféry plynnými a tuhými příměsími a dále závisí na výšce Slunce nad obzorem. Pro vodorovnou plochu dosahuje intenzita slunečního záření v ročním průběhu maxima 21. 6. a minima 22. 12., v denním průběhu je maximum ve 12 hodin (v poledne). Slunce, jehož povrchová teplota je 5800 K vyzařuje do prostoru paprsky v rozmezí vlnových délek od 10^{-10} do 10^3 m, z toho jsou pro přenos tepelné energie významné paprsky s vlnovou délkou od $0,2 \cdot 10^{-6}$ do $3 \cdot 10^{-6}$ m neboli 0,2 ~ 3 μm . Sluneční konstanta jinak řečeno intenzita slunečního záření:

$$I_o = 1340 \sim 1390 \text{ W/m}^2.$$

Sluneční energie dopadající na 1 m^2 Země je přibližně 1387 W/m^2 , což je v rozmezí I_o .

Průchodem paprsků atmosférou se intenzita slunečního záření snižuje. Dochází k absorpci záření víceatomovými plyny (vodní párou, kyslíkem, uhlíkem a ozónem), k rozptýlu paprsků o molekuly vzduchu a prachu obsažených v něm. Mírou snížení intenzity záření je součinitel znečištění atmosféry značený Z [-], který závisí na obsahu příměsí ve vzduchu a atmosférickém tlaku (na nadmořské výšce). Se vzrůstající nadmořskou výškou se součinitel zmenšuje.

$\min Z = 2$ vrcholky velehor;

$\max Z = 6$ průmyslová města;

$Z = 3$ vnekov;

$Z = 4$ města.

Pro danou hodnotu součinitele Z a danou výšku Slunce nad obzorem h [m] lze intenzitu přímého slunečního záření na kolmou plochu ke směru paprsků vypočítat ze vztahu:

$$I_{pm} = I_o \cdot A^{-Z} \text{ [W/m}^2\text{]}; \quad (11)$$

kde A – součinitel závislosti na výšce Slunce nad obzorem.

Intenzita přímého slunečního záření na libovolně orientovanou plochu vzhledem ke světovým stranám a libovolně skloněnou plochu je dána vztahem:

$$I_p = I_{pm} \cdot \cos \gamma; \quad (12)$$

kde γ - úhel dopadu slunečních paprsků,

I_{pm} – intenzita slunečního záření na plochu kolmou ke směru paprsků.

3.1.5 Relativní vlhkost vnějšího vzduchu

Vnější návrhová relativní vlhkost je obdobou vnitřní relativní vlhkosti, akorát je vztažena k vnějšímu prostředí a je závislá na parciálním tlaku vodní páry obsažené ve vzduchu (p_p [Pa]). Značí se φ_e [-] nebo [%]. Vnější relativní vlhkost závisí na již zmíněném tlaku vodní páry a na parciálním tlaku vodní páry při plném nasycení (p_p'') a dále také na vnější teplotě vzduchu θ_e [°C]. Mezi těmito veličinami platí vztahy pro jejich přepočty.

$$\varphi_e = \frac{p_p}{p_p''} \quad (13)$$

$$\text{Pro } p_p'' \text{ platí při } \theta_e \geq 0^\circ\text{C: } p_p'' = 610,5 \cdot e^{\frac{17,27 \cdot \theta_e}{237,3 + \theta_e}} \quad (14)$$

$$\text{při } \theta_e < 0^\circ\text{C: } p_p'' = 610,5 \cdot e^{\frac{21,88 \cdot \theta_e}{265,5 + \theta_e}} \quad (15)$$

Tabulka níže ukazuje vnější vlhkost a parciální tlak vodní páry při různých teplotách.

Tabulka 10: vnější návrhová relativní vlhkost.

θ_e [°C]	φ_e [%]	p_p [Pa]
-20	85	87
-15	84	138,6
-10	83	215,4
-5	82	329
0	81	487
5	79	689
10	76	933
15	73	1244
20	68	1589
25	59	1835

4 ENERGETICKY ÚSPORNÉ A INTELIGENTNÍ DOMY

Energeticky úsporné domy jsou navrhovány a stavěny tak, aby splňovaly požadavky na co nejnižší energetickou náročnost, jak napovídá samotný název. Nízkou energetickou náročností se rozumí to, že dům je navržen tak, aby jeho náklady na provoz a užívání byly nižší, než je uvedeno v normách. Náklady se rozumí spotřeba elektrické energie, náklady na vytápění či chlazení domu, spotřeba vody a náklady na ohřev vody užitkové.

Inteligentní dům je takový dům, který svému vlastníkovy nabízí služby v podobě komunikace. Tou se rozumí například to, že majitel může přes program v mobilním zařízení nebo na vzdáleném počítači vyslat požadavek, aby se např. v 17 hodin zapnulo topení na požadovanou teplotu 22 °C. Ale inteligence domu může člověku nabízet i zpětnou vazbu a to takovou, že dům má zabudovaný nějaký komunikační a hlídací systém. Ten sám kontroluje čidla umístěná po domě, ať už se jedná o čidla požáru, kouře, nežádoucího vniku do objektu či domu nebo o čidla snímající teplotu a tlak v otopných, rekuperačních či klimatizačních soustavách. Pokud některé z těchto čidel zaznamená nežádoucí změnu (vzrůst teploty nebo tlaku, vniknutí do domu) okamžitě zašle majiteli zprávu v podobě SMS o tom, co a kde se v domě právě děje.

Samozřejmostí u takovýchto domů je využití obnovitelných zdrojů energie, mezi které patří projekty získávající energii ze slunečního záření, jako jsou solární panely pro ohřev vody a fotovoltaické panely pro tvorbu elektrické energie.

Pro vytápění jsou důležitou součástí domů vytápěcí soustavy s kotli na různá paliva. Od vytápění zemním plynem, přes vytápění dřevem, uhlím, dřevěnými peletkami až po vytápění elektrickou energií.

Domy, které jsou na trhu, jako domy na klíč musí mít energetický štítek obálky budovy a také průkaz energetické náročnosti budovy, zmiňované výše ve stavební fyzice.

4.1 Nízkoenergetické domy

Nízkoenergetické domy se hodnotí především roční spotřeby tepla na vytápění, ta by podle normy ČSN 370540 měla být mezi 15 a 50 kWh/m². V podstatě je nízkoenergetický dům moderní dům konstruovaný s cílem snížit o 60 % až 75 % energetickou náročnost na vytápění. Spotřeba tepla jde pro snazší pochopení převést do ekonomické formy. Roční spotřeba energie potřebná na vytápění pro rodinný dům o rozloze 150 m² by se měla podle aktuálních tarifů energií pohybovat od 10 000 Kč do 30 000 Kč, u dříve vybudovaných

novostaveb to bylo o desítky tisíc korun více. Z těchto faktů logicky vyplývá, že dům je dobře tepelně izolován. Nízkoenergetické domy umožňují využití nejnovějších pokročilých technologií jako je např. vytápění pomocí vzduchotechniky. Při správném výběru konstrukčních a stavebních materiálů je zaručené správné IM. Avšak nevýhodou je o 10 ~ 15 % vyšší pořizovací cena nízkoenergetického domu oproti ceně klasického levného. Ale i tento nedostatek se investorovi vykompenzuje v horizontu přibližně 20 let.

Základní znaky [8] nízkoenergetických domů jsou následující:

- podrobně a důkladně vypracovaný architektonický plán;
- kompaktní tvar rodinného domu;
- maximální kvalita prosklených ploch (oken nebo dveří);
- prosklené plochy orientovány především na jih nebo jihozápad;
- efektivní a co nejlépe izolované tepelné mosty;
- maximální tepelná izolace, která je dostupná;
- vytápění, které využívá tepelné zisky;
- strojové větrání a rekuperace tepla;
- maximální roční spotřeba tepla na vytápění by neměla přesáhnout 50 kWh/m².

4.2 Pasivní domy

Tyto domy jsou v normě ČSN 730540 popsány následnou definicí:

"Pasivní domy jsou budovy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 20 kWh/(m²a). Takto nízkou energetickou potřebu budovy lze krýt bez použití obvyklé otopné soustavy, pouze se systémem nuceného větrání obsahujícím účinné zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu (rekuperací) a malé zařízení pro dohřev vzduchu v období velmi nízkých venkovních teplot. Navíc musí být dosaženo návrhových teplot vnitřního vzduchu po provozní přestávce v přiměřené (a v projektové dokumentaci uvedené) době. Současně nemá u těchto budov celkové množství primární energie spojené s provozem budovy (vytápění, ohřev TV a elektrická energie pro spotřebiče) překračovat hodnotu 120 kWh/(m²a). "

Pasivní dům je označován dům takový, jehož roční průměrná spotřeba na vytápění nepřesáhne 20 kWh/m². Hlavním cílem takového domu je co nejnižší únik tepla z domu ven do okolního prostoru. Tomuto cíli bývá nakloněna konstrukce domu a počet respektive velikost prosklených ploch. Čím méně prosklených ploch, tím více tepla. Požadavky

na okna pasivních domů jsou velmi vysoké. V zásadě by se mělo jednat o trojskla umístěná vhodně na jižní nebo jihovýchodní stranu domu se součinitelem prostupu tepla o hodnotě $U_k \leq 0,8 [W/(m^2K)]$. Vysoké požadavky a nároky jsou kladeny také na energetickou obálku celé budovy. Pasivním domům stačí pouze „malý přímotop“ a vytopí se celý dům. Pokud investor podřídí svůj luxus finančním podmínkám, může se s cenou za provoz takového domu dostat i na stejnou jaké je možné docílit u domů nízkoenergetických. Pasivní dům je také obdobou moderního stejně jako nízkoenergetický dům konstruovaný s cílem snížit o 85 % až 90 % energetickou náročnost na vytápění. V porovnání se staršími novostavbami se jedná o úsporu až 75 %, což splňuje aktuální předpisy a normy.

Roční spotřeba energie potřebná na vytápění pro rodinný dům o rozloze 150 m² by se měla podle aktuálních tarifů energií pohybovat od 1 000 Kč do 7 000 Kč.

Základní znaky [9] pasivních domů jsou následující:

- spotřeba energie z neobnovitelných zdrojů by neměla přesáhnout 120 kWh/m²;
- průvzdušnost domu by měla být $n_{50} \leq 0,6 [h^{-1}]$;
- maximální roční spotřeba tepla na vytápění by neměla přesáhnout 20 kWh/m².

5 STAVEBNÍ FYZIKA, KONSTRUKCE DOMU

Všechny domy energeticky úsporné či pasivní, jsou stavěny z nových a moderních materiálů, které mají lepší vlastnosti, než jsou požadovány v [16]. Nejvýznamnějším parametrem, který je u všech konstrukcí budov sledován, je součinitel prostupu tepla, který vyjadřuje tepelně izolační parametry. Tento součinitel udává tepelnou ztrátu konstrukce při termodynamické teplotě 1 K vztažené k 1 m² plochy, udává se ve Watech [W]. Čím nižší je součinitel prostupu tepla, tím jsou tepelné ztráty konstrukce nižší. S tímto součinitelem úzce souvisí pojmy Energetický štítek obálky budovy a průkaz energetické náročnosti budovy.

5.1 Energetický štítek a průkaz energetické náročnosti

Energetické štítky jsou v dnešní době samozřejmostí u elektrospotřebičů, jako jsou lednice, myčky nádobí, mrazáky a další. Poslední dobou se s nimi můžeme setkat i u nemovitostí. Nové znění normy pojednávající o energetických štítcích ukládá za povinnost to, že všechny novostavby musí mít od 1. ledna 2013 energetický štítek, u budov již stojících by se energetické štítky měly objevit v letech 2015 až 2019. Vydání štítku by mělo trvat 3 až 4 pracovní dny a jeho trvání by mělo být 10 let.

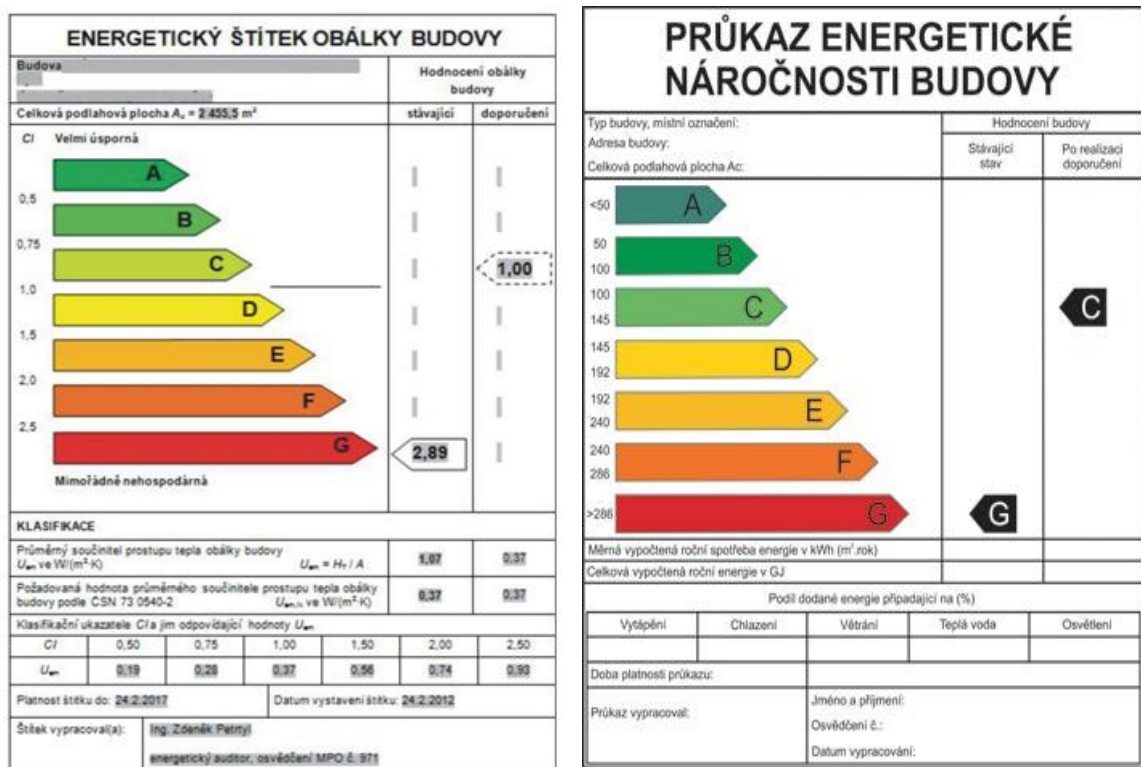
Energetická náročnost je rozdělena do sedmi kategorií označených písmeny abecedy od A do G. A označuje nejvíce úspornou budovu a G pak absolutně nevyhovující.

Tabulka 11: třídy energetické náročnosti.

Kategorie	Energetická náročnost
A	mimořádně úsporná
B	úsporná
C	vyhovující
D	nevyhovující
E	nehospodárná
F	velmi nehospodárná
G	mimořádně nehospodárná

Průkazy energetické náročnosti je obdobou energetického štítku. Pro vystavení tohoto průkazu je nutné, aby žadatel podal informace o objektu, jako je stavební a projektová dokumentace, ve které je technická zpráva, situace, řezy, pohledy a půdorysy objektu,

dále musí dodat dokumentaci o technickém zařízení budov nebo popis zdroje vytápění a ohřevu teplé vody. Průkaz je dokument hodnotící budovu jako celek z hlediska spotřeby všech energií, které se v budově používají pro účely vytápění, chlazení, osvětlení, větrání a spotřeby teplé vody. Výsledný dokument je nekolikastránková práce jehož součástí je energetický štítek a průkaz náročnosti uvedený na obrázku níže. Energetický štítek i průkaz náročnosti je nutné předložit při žádosti o stavební povolení a při prodeji objektu.



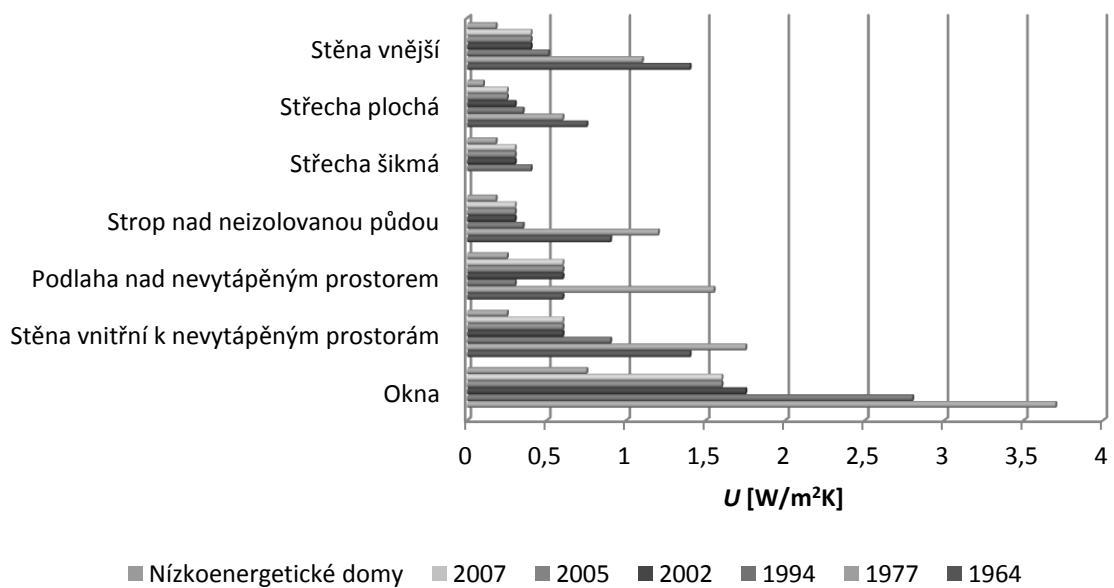
Obrázek 5: energetický štítek obálky budovy [10], průkaz energetické náročnosti budovy [11].

5.2 Součinitel prostupu tepla konstrukcí

Každá budova je sestavena z částí, které se nazývají stavební konstrukce. To jsou prvky budovy střecha, vnější a vnitřní stěny, okna a dveře, podlahy stropy a základy. Na každý prvek konstrukce jsou kladeny jiné požadavky.

Mezi hlavní parametry hodnotící konstrukci patří součinitel prostupu tepla (vzhledem k budově jako celku) značený U [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$] a součinitel prostupu tepla průměrný značený U_m [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]. Oba součinitele musí budova splňovat současně, jak ukládá [16] na straně

12. Pro každou konstrukci platí jiné požadavky na tyto součinitele. Konstrukce se svým složením, tvarem i barvou liší od výrobce k výrobcí, jedno mají však společné a to, že všechny konstrukce musí být velmi dobře izolované. Izolovány musí být zdi s exteriérem, příčky sousedící s nevytápěným prostorem, podlahy na zemině nebo přilehlé ke sklepu.



Obrázek 6: vývoj normovaných požadavků na součinitel prostupu tepla konstrukcemi podle normy ČSN 730540 [12].

Součinitel prostupu tepla je u každé stavební části požadován a doporučen jiný. Požadovaný součinitel, $U_{req}[W/(m^2K)]$ je takový, který musí být splněn nutně pro stavební povolení. Pokud je splněn doporučovaný koeficient $U_{rec}[W/(m^2K)]$, může investor dostat státní dotaci na výstavbu nemovitosti. Tyto součinitele jsou stanoveny také pro domy pasivní.

Tabulka 12: součinitel prostupu tepla dle normy ČSN 730540 – 2 znění z roku 2011.

Typ konstrukce	Požadované	Doporučené	Doporučené pasivním
	$U_{req}[W/(m^2K)]$	$U_{rec}[W/(m^2K)]$	$U_{rec}[W/(m^2K)]$
Střechy šikmé do 45°	0,24	0,16	0,15 - 0,10
Okna střešní	1,4	1,1	0,9
Okna ve svislých konstrukcích	1,5	1,2	0,8 - 0,6
Dveře	1,7	1,2	0,9
Obvodové konstrukce	0,3	0,25	0,18 - 0,12
Podlaha přilehlá k zemině	0,45	0,3	0,22 - 0,15

Například pokud je doporučený součinitel pro vnější svislé plochy (stěny) 25 W/(m²K) minimální tloušťka izolace musí být alespoň 0,15 m. To lze dokázat dosazením správných hodnot do vzorce a vyjádřením tloušťky s [m]:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{h_i}} + \Delta U_{tb} \quad [W/(m^2K)]; \quad (16)$$

Podle [15], značí celkovou výměnu tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími, která jsou oddělena stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami. Zahrnuje také vliv veškerých tepelných mostů, vyskytujících se v konstrukci a to včetně vlivu kotev a hmoždinek, které jsou její součástí. Tento součinitel prostupu tepla je podle normy dán vztahem:

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{\varphi}{(\theta_1 - \theta_2) \cdot A} \quad [W/(m^2K)]; \quad (17)$$

kde R_T [m²K/W] – odpor konstrukce při prostupu tepla

Celkový součinitel prostupu tepla konstrukce musí zahrnovat vliv vzduchové vrstvy nebo vliv přímého styku tepelné izolace s dešťovou vodou. Takovýto součinitel se musí stanovit tak, aby zahrnoval uvedené vlivy a to podle vztahu:

$$U_C = U_T + \Delta U \quad [W/(m^2K)] \quad (18)$$

kde U_T [W/(m²K)] – součinitel prostupu tepla bez vlivů tepelných vazeb

ΔU [W/(m²K)] – celkové zvýšení součinitele se započtenými výše uvedenými vlivy

Součinitel prostupu tepla hodnotí pouze jednotlivé konstrukce z hlediska jejich složení. Pokud je například svislá konstrukce složena z pěti vrstev, hodnotí se pouze tento celek.

Pro posouzení budovy jako celku pak slouží součinitel prostupu tepla průměrný značený $U_m [W/(m^2K)]$. Ten musí splňovat podmínku, že musí být menší nebo roven průměrnému součiniteli prostupu tepla požadovanému $U_{m,req} [W/(m^2K)]$. Pro zjištění $U_{m,req}$ stačí znát A, b, U_c , kde:

$A_j [m^2]$ – celková j-tá plocha konstrukce

$b [-]$ – celkový j-tý teplotní součinitel

$U_{c,req} [W/(m^2K)]$ – celkový požadovaný součinitel prostupu tepla

Tyto hodnoty dosadit do vzorce uvedeného níže a připočítat k nim přírážku na tepelné mosty $\Delta U_{tb} = 0,02 \sim 0,1 [W/(m^2K)]$.

$$U_{m,req} = \frac{\sum H}{\sum A_j} + \Delta U_{tb} \quad [W/(m^2K)] \quad (19)$$

$$H = U_{c,req} \cdot b_j \cdot A_j \quad (20)$$

Celkovou plochou konstrukce se rozumí plocha svislé obvodové konstrukce bez výplně otvorů (oken a dveří), plocha střešní konstrukce, plocha podlahové konstrukce a také plocha oken a dveří.

Tabulka 13: hodnoty doporučených součinitelů prostupu tepla pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla.

Konstrukce	$A[m^2]$	$U_{req} [W/(m^2K)]$	$U_{rec} [W/(m^2K)]$	b	H
Střecha	90,35	0,24	0,16	1	21,68
Okna střešní	4,60	1,4	1,1	1	6,44
Obvodová konstrukce	182,66	0,3	0,25	0,66	36,17
Okna	13,68	1,5	1,2	1	20,52
Dveře	9,66	1,7	1,2	1	16,42
Podlaha	82,10	0,45	0,3	1	36,94
Celkem	383,05				138,18

Po vydělení celkové hodnoty H hodnotou A je získán požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla $U_{m,req}$, který je v tomto případě roven $0,38 [W/(m^2K)]$.

Správným tepelně technickým návrhem je zajištěno zpravidla vytvoření celistvé tepelněizolační obálky budovy s minimem slabých míst a s co nejmenším narušením izolačních vrstev a tím co nejlepších tepelněizolačních vlastností.

5.2.1 Střešní konstrukce

Střecha je stavební konstrukce ukončující stavbu shora a chrání ji proti povětrnostním vlivům. Taktéž odvádí vodu a brání v jejím hromadění. Je složena z nosné konstrukce (krov) a třešní krytiny. Střechy se dělí na ploché, sklonité (šikmé a strmé) nebo na zateplené a nezateplené.

Střechy se podle sklonu dělí na:

ploché – sklon 0 – 5°;

šikmé – sklon do 45°;

strmé – sklon nad 45°.

Při návrhu střešní konstrukce na dům je vhodné brát ohled na to, kde se dům nachází. Není vhodné budovat střechu plochou na dům v horských oblastech, zde se zpravidla vystavují střechy strmé proto, aby se na nich v zimě nadržel sníh, netlačil velkou vahou na střešní i obvodovou konstrukci a případně sjel dolů ze střechy.

Každá budova by měla být co nejlépe zastřešena vhodnou střešní konstrukcí, kterou je podle [16], vhodné zhotovit z certifikovaných systémových řešení použitelných pro danou střešní konstrukci. Není doporučeno navrhovat jednoplášťové nevětrané střešní konstrukce nad prostory s vyšší relativní vlhkostí vzduchu, než 80 %. Tyto konstrukce s nosnou nebo pomocnou dřevěnou konstrukcí by měly být navrhovány s obzvláště vysokou opatrností s ohledem na účinky vlhkosti.

Pro plochou střechu platí, že její tepelněizolační konstrukční řešení musí co nejlépe navazovat na tepelnou izolaci obvodových stěn, se souběžně zajištěním samostatného dilatování atiky [16].

Šikmé střechy nad vtápěnými prostory musí být také tepelně izolovány. Provedení této vrstvy musí co nejlépe navazovat na tepelnou izolaci obvodových stěn (stejně jako u střech plochých). Tepelné izolace střech jsou zpravidla prováděny v prostoru mezi krokviemi, nad krokviemi nebo pod nimi. Krokve, stejně jako jiné prostupující střešní konstrukce zhoršují výsledný tepelněizolační účinek konstrukce a musí být zohledněn při výpočtu a návrhu.

Pro střechy se skládanou střešní krytinou se od výrobce doporučuje použití vhodné pojistné hydroizolační vrstvy pod odvětrávanou vzduchovou vrstvou.

5.2.2 Obvodové stěny

Veškeré domy jsou ze základu postaveny z obvodových svislých konstrukcí, rodinné domy z různých cihlových systémů (Porotherm, Ytong a jiné), panelové domy z panelů, jak napovídá jejich název, dále jsou domy montované, dřevostavby a mnoho dalších. Každá z vnějších konstrukcí musí být náležitě tepelně izolována certifikovaným tepelněizolačním systémem splňujícím předpisy. Při jeho návrhu a realizaci je nutné postupovat podle pokynů výrobce systému a také podle platných norem. U výše zmíněných montovaných (panelových) stěnových konstrukcí je nutné důsledně řešit spáry mezi panely tak, aby byl prostup tepla konstrukcí co nejnižší za reálných podmínek. Výsledné tepelněizolační vlastnosti jsou závislé právě na kvalitě provedeního systému, kde se projeví i nejmenší nedostatky. Obvodové stěny, které jsou ve styku s terénem, musí být chráněny do výšky alespoň 300 mm, podle [16], kvůli pronikání vlhkosti od stékající vody nebo sněhu. Pro omezení vlivu tepelných vazeb v napojení obvodové stěny na základy, podlahu na terénu nebo konstrukce vytápěné sklepní části budovy mlže být výhodné doplnit tepelnou izolaci takových navazujících částí na úroveň součinitele prostupu tepla obvodové stěny. Doplnění je zpravidla efektivní v oblasti přibližně 1 m od místa napojení. Podobný pozitivní účinek může mít i přidaná tepelná izolace vhodného typu umístěná vně budovy, která je schopná dlouhodobě odolávat účinkům vlhkosti.

Podle [13] neexistuje jediný ideální konstrukční systém. Pokud je požadavek na dostatečnou izolaci takový, že její tloušťka nesmí přesáhnout 500 mm, tak potom není možné takovouto konstrukci vystavět jen z tvárnice nebo cihel i kdyby byly tepelněizolační. Použitím co nejtenčího nosného zdiva (25 – 30 cm u cihel s dutinami) a tepelné izolace lze dosáhnout nejlepšího efektu. Pro zvýšení akumulčních schopností konstrukce lze použít masivnější omítky nebo tenké přízdívky. Stěny nemusí mít nutně funkci nosné konstrukce. Dům může být sestaven z nosného železobetonového skeletu z vnitřních zdí a stropů, které mohou nést vnější stěnovou konstrukci. V tomto případě se nemusí řešit tepelněizolační vlastnosti a tepelné mosty způsobené nosnými prvky v obvodových konstrukcích.

5.2.3 Okna a dveře

Součinitelem prostupu tepla výplní otvorů je myšlen součinitel okny U_W , dveří a vrat $U_D [W/(m^2K)]$. Je to celková tepelná výměna v ustáleném stavu mezi dvěma oddělenými prostředími nějakou výplní otvorů. Také zahrnuje vliv všech tepelných mostů, které jsou součástí výplně. Nezahrnuje však výměnu tepla mezi prostředími vlivem proudění vzduchu spárami a dutinami a ani výměnou tepla mezi výplní otvoru a přilehlou konstrukcí.

Okna umístěná na neosluněných částech domu se doporučuje podle [16] volit tak, aby byly požadavky na denní osvětlení byly bez větších rezerv splněny. Na osluněných fasádách se mohou volit okna větších rozměrů.

Střešní okna by měla být navržena a zabudována tak, aby co nejlépe navazovala na střešní krytinu a nenarušovala tepelněizolační vlastnosti střechy, nenarušovala parozábranu i pojistnou hydroizolaci. S ohledem na přehřívání v letních obdobích se musí pečlivě volit velikost prosklené plochy. Pro okna orientovaná na jih nebo jihovýchod se musí pečlivě volit velikost a způsob protisluneční ochrany střešních oken.

Nízkoenergetické domy se vyznačují hojným užitím prosklených otvorů – oken a to z důvodu solárních zisků (zisků prostupem sálavého tepla okny ze slunce). Provedení zasklení musí být provedeno co nejlépe a nejkvalitněji. Mezi doporučované patří izolační dvojskla, trojskla nebo systémy, kde je střední skleněná tabule nahrazena odrazovou fólií. Mezi skly zpravidla nebývá vzduch, ale vzácné plyny mající lepší tepelněizolační vlastnosti nežli právě vzduch. U těchto oken je velkou nevýhodou postupné ubývání plynu z prostoru mezi skly, nasávání vzduchu a tímto také dochází ke snížení tepelněizolačních vlastností oken. Opětovné doplnění plynu je finančně náročné, proto je i pořizovací cena oken vyšší s vyšší kvalitou provedení. Z důvodu co nejvyšší těsnosti domu a při použití strojního chlazení domu se začínají čím dál více prosazovat okna, která nejsou otevíratelná, avšak vždy by mělo být alespoň jedno okno v místnosti otevíratelné pro případ, kdy by nefungovala vzduchotechnika pro chlazení. Velký vliv na kvalitu provedení okna má distanční rám mezi skly, který vždy tvoří tepelný most, proto je vhodné, aby byl v okenním rámu usazen co možná nejhlouběji [14]. Volitelnou součástí oken často bývá selektivní vrstva fungující stejně jako polopropustné zrcadlo. Skrz které projde dovnitř sluneční záření, přemění se na teplo, které se ven nedostane. I přes jistou schopnost okna akumulovat teplo, není tato vrstva až tak dobrá, protože v místnostech je citelně nižší teplota nežli v místnostech s okny, u kterých tato vrstva použita nebyla.

5.2.4 Stropní a podlahové konstrukce

Stropní a podlahové konstrukce jsou vodorovné konstrukce s nášlapnou funkcí.

Nad venkovním prostředím, nad nevytápěnými prostory, jako jsou garáže, suterény, spíže, zádveří a jiné) musí konstrukce splňovat požadavky z hlediska součinitele prostupu tepla a požadavky z hlediska poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce. V zimním období se tepelněizolační vrstva umísťuje zpravidla z chladné strany.

Nad prostory, kde by se mohla vyskytovat zvýšená provozní vlhkost, jako jsou například sprchy, plavecké bazény a jiné, je nutné nášlapnou vrstvu podlahové konstrukce navrhovat s ohledem právě na vysoké vlhkostní zatížení.

Stropní konstrukce a části podlahové konstrukce ze dřeva se podle [16] nedoporučují zakrývat nášlapnými vrstvami z parotěsných materiálů, například z PVC nebo pryžové podlahoviny.

Tepelnou jímavost nejvíce ovlivňuje právě materiál konstrukce, tloušťka nášlapné vrstvy a vrstev nejbližší té nášlapné. Vliv níže položených vrstev výrazně klesá se vzdáleností od nášlapné vrstvy.

5.3 Tepelná stabilita

Tepelná stabilita místnosti se hodnotí jak pro letní, tak pro zimní období, avšak každé období se vyznačuje jinými podmínkami.

Pro zimní období je dána dovoleným poklesem teploty podlahy v nejkritičtější místnosti při přerušovaném vytápění. Kritická místnost objektu je dána její orientací, je to místnost s nejvyšším průměrným součinitelem prostupu tepla konstrukcí a s velkými plochami výplní otvorů. Velmi často je to pak rohová místnost pod střechou. Podle [16] se požaduje, aby kritická místnost (uvnitř domu) na konci doby chladnutí vykazovala pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období podle vztahu:

$$\Delta\theta_v(t) \leq \Delta\theta_{v,N}(t); \quad (21)$$

kde $\Delta\theta_{v,N}(t)$ [°C] – požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období určené podle tabulky z [16].

Tabulka 14: část tabulky požadovaných hodnot poklesu výsledných teplot v místnosti v zimním období.

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

Při tomto hodnocení je předpoklad, že výkon otopné soustavy je nulový v době chladnutí. Tímto hodnocením je ve výsledku získána doba otopné přestávky.

V letním období se kritickou místností rozumí ta místnost, která má největší plochu přímo osluněných oken orientovaných na západ, jihozápad, jih, jihovýchod, východ, v poměru k podlahové ploše přilehlého prostoru. Při posuzování letní a zimní stability mohou být kritické místnosti odlišné. Nejvyšší možná teplota v kritické místnosti (prostoru uvnitř stavby) se určuje podle vztahu:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}; \quad (22)$$

kde $\theta_{ai,max,N}$ [°C] – požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období určené podle tabulky z [16].

Tabulka 15: část tabulky požadovaných hodnot nejvyšších denních teplot vzduchu v místnosti v letním období.

Druh budovy	Nejvyšší denní teplota vzduchu $\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní	27

Nejvyšší denní teplotu lze u obytných budov překročit maximálně o 2 °C nad požadovanou, avšak na souvislou dobu maximálně 2 h během dne pokud s tím majitel (investor) souhlasí. Při tomto hodnocení se nezapočítávají vnitřní zisky v místnosti (od osvětlení, lidí), je však možné brát v potaz proměnlivou intenzitu větrání, která v jisté míře ovlivňuje výslednou maximální teplotu v místnosti. Pokud však hodnocení prokáže velmi vysokou přípustnou teplotu, musí se pro místnost (objekt) zvážit navržení strojního chlazení pro letní období, ve kterém by se budova mohla přehřívat.

5.4 Tepelné ztráty

Celková tepelná ztráta prostoru, který je vytápěný, se vypočítá z rovnice [19]:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} [W]; \quad (23)$$

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

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

Tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i} [W]$ se pro prostor, který je vytápěný vypočítá podle následujícího vzorce [19]:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]; \quad (24)$$

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

$H_{T,iue} [W/K]$ – součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí nevytápěným prostředím;

$H_{T,ig} [W/K]$ – součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy v ustáleném stavu;

$H_{T,ij} [W/K]$ – součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do prostoru sousedního na výrazně odlišnou teplotu uvnitř budovy;

$\theta_{int,i} [^\circ C]$ – vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru;

$\theta_e [^\circ C]$ – výpočtová venkovní teplota.

Tepelná ztráta do exteriéru – součinitel tepelné ztráty je součinitel zahrnující veškeré stavební části i lineární tepelné mosty oddělující vytápěný prostor od vnějšího prostředí. Mezi tyto stavební části patří stěny, podlaha, střecha, strop, dveře, okna. Lze jej určit ze vzorce [19]:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l [W/K]; \quad (25)$$

kde $A_k [m^2]$ – plocha stavební části;

e_k, e_l - korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům (různé oslunění, rychlost větru, teplota a jiné);

$U_k [W/m^2K]$ - součinitel prostupu tepla stavební části podle EN ISO 6946, EN ISO 10077-1 nebo z údajů v Evropských technických schváleních [19];

$l_l[m]$ – délka lineárních tepelných mostů mezi interiérem a exteriérem;

$\psi_l[W/mK]$ – činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu. Stanovuje se podle EN ISO 10211-2 nebo podle EN ISO 14683.

Tepelná ztráta do přilehlé zeminy [19] podlahami a základovými stěnami, přímým a nepřímým stykem s přilehlou zeminou závisí na mnoha faktorech. Tyto faktory zahrnují plochu a obvod podlahové desky, hloubku podzemního podlaží pod úrovní zeminy (pokud toto podlaží objekt má) a také zahrnuje tepelné vlastnosti zeminy samotné. Hodnota tepelné ztráty prostupem do přilehlé zeminy se dle EN ISO 13370 získá podrobným výpočtem nebo zjednodušeným uvedeným níže.

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad [W/K]; \quad (26)$$

kde $A_k [m^2]$ – plocha stavebních částí dotýkajících se zeminy;

$U_{equiv,k} [W/m^2K]$ – ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části stanovený podle typologie podlahy;

G_w – korekční činitel, který zohledňuje vliv spodní vody, tento vliv je uvažován pouze v případě, pokud je vzdálenost mezi hladinou spodní vody a úrovní podlahy podzemního podlaží nižší než 1 m;

f_{g1} – korekční činitel, který zohledňuje vliv ročních změn teploty v exteriéru;

f_{g2} – teplotní redukční činitel, který zohledňuje rozdíl mezi průměrnou roční a výpočtovou teplotou v exteriéru. Tento činitel se stanoví podle vzorce:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}. \quad (27)$$

Tepelná ztráta větráním pro vytápěný prostor je dána vzorcem [19]:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e); \quad (28)$$

kde $\theta_{int,i} [^{\circ}C]$ – vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru;

$\theta_e [^{\circ}C]$ – venkovní výpočtová teplota;

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

určí se ze vzorce:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot c_p \cdot \rho; \quad (29)$$

kde \dot{V}_i [m^3/h] – výměna vzduchu ve vytápěném prostoru;

c_p [$kJ/(kgK)$] – měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$;

ρ [kg/m^3] – hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$.

Za předpokladu konstantní hustoty ρ a měrné tepelné kapacity c_p se rovnice zjednoduší

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i; \quad (30)$$

Přirozené větrání – v případě, že není nainstalována větrací soustava, je předpokladem, že přiváděný vzduch má vlastnosti vzduchu z exteriéru. Tím pádem je tepelná ztráta úměrná rozdílu vnitřní výpočtové a venkovní teploty. Hodnota výměny vzduchu je maximum výměny vzduchu infiltrací, spárami a styky obvodového pláště a minimální výměna vzduchu požadována z hygienických důvodů [19].

Nucené větrání – v případě, že je nainstalována větrací soustava, je předpoklad, že přiváděný vzduch má tepelné vlastnosti následující:

- je možné opětovné využití tepla;
- přiváděný vzduch je ústředně strojově přehříván;
- vzduch může být přiváděn ze sousedních místností.

Tepelné ztráty lze určit i jiným způsobem. Zjištěním hodnot všech ploch obvodových konstrukcí i jejich složení (obvodové zdivo, střecha, podlaha na zemině), plochu průsvitných konstrukcí (oken) a zjištěním vnějších teplot. Všechny tyto hodnoty se zadají do programu Stavební fyzika do podprogramu Ztráty. Po zadání stisknutím tlačítka výpočet, dostaneme tepelnou bilanci ztrát celého objektu anebo dílčích místností a tudíž potřebného výkonu potřebného na vytápění objektu (ve Watech) [19].

5.5 Tepelné zisky

Při energetickém hodnocení budovy pro průkaz její energetické náročnosti je nezbytně nutné správně určit její energetickou bilanci. Jednou z klíčových hodnot po tepelných ztrátách jsou tepelné zisky. Ty jsou výchozí pro správné určení spotřeby energie na vytápění (tepelné ztráty) a pro chlazení u tepelných zisků budovy. Energetická náročnost se určuje podle normy ČSN EN ISO 13790 a podle normy ČSN 730542.

Výpočet na základě normy ČSN 730542 je nejjednodušší pro získání tepelných zisků v jednotlivých měsících. Je možné vypočítat tepelné zisky pro jednotlivé měsíce nebo také celé vytápěcí období. Lze je určit nejen pro dílčí místnosti, ale také pro celý posuzovaný objekt. Výpočet na základě této normy však nezapočítává užití externích stínících prvků, jako jsou markýzy a jiné slunolamy. Tyto prvky mohou významně snížit výsledné tepelné zisky a také mají velký vliv na teplotu uvnitř místností a jejich vnitřní teplotu po dobu oslunění. Výhodou této metody je právě jednoduchý výpočet[21].

Tepelný zisk za 1 měsíc lze stanovit podle vztahu:

$$E_{Zm} = E_{gm} \cdot A_{ok,p} \cdot c_m \cdot c_n \cdot T; \quad (31)$$

kde E_{Zm} [kWh/měs] – průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za 1 měsíc;

E_{gm} [kWh/(m²měs)] – globální sluneční záření podle Tabulka 16;

$A_{ok,p}$ [m²] – plocha průsvitné části okna;

c_m [–] – činitel využití slunečního záření podle **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**;

c_n [–] – činitel korigující nekolmost slunečního záření, $c_n = 0,9$;

T [–] – celková propustnost slunečního záření okna podle vzorce níže:

$$T = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 [-]; \quad (32)$$

kde T_1 [–] – propustnost slunečního záření zasklení;

T_2 [–] – znečištění zasklení, je uvažováno $T_2 = 0,9$;

T_3 [–] – činitel stínění okna.

Tabulka 16: globální sluneční záření za měsíc E_{gm} [$kWh/(m^2m\acute{e}s)$] a za vytápěcí období E_{gVO} [$kWh/(m^2rok)$].

Měsíc	Orientace				
	S	SV, SZ	V, Z	JV, JZ	J
I	5,21	6,42	15,01	32,2	41,91
II	7,26	9,55	22,21	42,17	53,31
III	15,6	23,25	48,89	76,16	89,73
IV	24,04	38,3	65,84	84,33	88,42
X	10,36	14,06	32,23	57,61	71,57
XI	5,52	6,98	15,87	31,99	41,07
XII	4,03	5,09	11,18	23,86	30,95
E_{gVO}	77,02	103,65	211,23	348,32	416,99

Tabulka 17: činitel využití slunečního záření za měsíc c_m [–] a průměrný činitel za vytápěcí období c_{mp} [–].

Měsíc	Orientace				
	S	SV, SZ	V, Z	JV, JZ	J
I	1	1	1	0,97	0,95
II	1	1	1	0,97	0,95
III	1	0,98	0,95	0,86	0,81
IV	1	0,98	0,85	0,73	0,67
X	1	0,95	0,85	0,73	0,67
XI	1	0,98	0,95	0,86	0,81
XII	1	1	1	0,97	0,95
c_{mp}	1	0,97	0,91	0,84	0,8

Na základě normy ČSN 13790 se v první řadě stanoví sluneční tepelný tok podle rovnice:

$$\Phi_{sol} = F_{sh,ob} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol} - F_T \cdot \Phi_T; \quad (33)$$

kde Φ_{sol} [W] – tepelný tok;

$F_{sh,ob}$ [–] – korekční činitel stínění na externí překážky pro solární účinnou plochu;

A_{sol} [m^2] – účinná solární sběrná plocha s danou orientací a úhlem sklonu;

I_{sol} [W/m^2] – sluneční záření, průměrná energie slunečního záření za určitý čas, pro určitou plochu s danou orientací a úhlem sklonu;

$F_T[-]$ – faktor osálení mezi stavebními prvky a oblohou;

$F_T = 1$ - nestíněná horizontální plocha;

$F_T = 0,5$ - nestíněná vertikální plocha;

$\Phi_T[W]$ – přídavný tepelný tok z důvodu sálení mezi oblohou a prvkem.

Podle [21] je možné výše uvedený vztah rozvést a vypočítat podle něj zisky nejen pro hodinové, měsíční, ale také sezónní období a to pouze vynásobením tím časovým údajem, který je požadován, výsledné tepelné zisky jsou potom celková energie v kWh.

Korekční činitel na vnější překážky $F_{sh,ob}$ [21] vyjadřuje snížení hodnoty dopadajícího slunečního záření způsobené stálým zastíněním povrchu a může nabývat hodnot od 0 po 1.

Na toto stínění má vliv:

- ostění a nadpražní stěny (ve kterých je okno zasazeno);
- markýzy;
- okolní topografie (zemský povrch, zalesnění a jiné);
- ostatní budovy;
- ostatní prvky budovy.

Účinná solární sběrná plocha oken A_{sol} [21] je plocha zasklení oken (celková plocha okna, od které je odečten okenní rám). Tato plocha je dána celkovou propustností sluneční energie zasklením, korekčním činitelem stínění, podílem plochy rámu k/ke celkové ploše zasklení a celkovou pohledovou plochou okna. Hodnoty pro určení celkové propustnosti sluneční energie zasklení pro sluneční záření dopadající kolmo na povrch jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 18: celková propustnost slunečního záření.

Typ zasklení	Celková propustnost
jednoduché zasklení	0,85
dvojsklo	0,75
dvojsklo se selektivním nízkoemisivním povrchem	0,67
trojsklo	0,7
trojsklo se selektivním nízkoemisivním povrchem	0,5
zdvojené okno	0,75

Tepelné zisky lze určit i jiným způsobem. Zjištěním hodnot všech osluněných ploch obvodových konstrukcí i jejich složení, ploch vnitřních zdí místností, osluněných průsvitných konstrukcí (oken), určením, jakou mají orientaci (S, J, V, Z), také stínících prvků. Všechny tyto hodnoty se zadají do programu Tepelné zisky (dostupným na www.qpro.cz). Po zadání stisknutím tlačítka výpočet, dostaneme tepelnou bilanci zisků celého objektu anebo dílčích místností a tudíž potřebného chladicího výkonu objektu (ve Watech).

5.6 Teplá voda (TV)

Zařízení pro ohřev vody by mělo být navrženo tak, aby teplota teplé vody (TV) na výtoku (v místě jejího odběru) nepřesahovala teplotu vyšší jak 55 °C, výjimečně až 60 °C. Zařízení musí být snadno přístupné pro údržbu, čištění a jednotlivé části musí být snadno vyjmutelné pro kontrolu bezpečnostní výstroje zařízení. Nejvyšší přetlak, který může být v zařízení při jeho provozu na straně teplotonosné látky nebo ohříváné vody, nesmí překročit maximální dovolený provozní přetlak uvedený na štítku zařízení. Z důvodu co největší úspory vody i financí je doporučováno umisťovat zařízení co nejbližší ke spotřebiteli. V zásobníkových zařízeních pro ohřev vody mohou vznikat bakterie, proto je také doporučováno přechodné periodické zvyšování teploty TV minimálně na 70 °C, aby se bakterie zlikvidovaly, jsou možné i jiné způsoby desinfekce a to z důvodu možnosti opaření [22].

V první řadě je nutné zvolit způsob ohřevu vody podle [22]:

- 1) Způsobu předávání tepla;
 - a) ohřev přímý (ohřívá se směřováním vody s vodní párou či TV);
 - b) ohřev nepřímý (ohřívá se prostupem tepla přes dělicí stěnu).
- 2) Místa ohřevu;
 - a) ohřev místní (ohřev vody v místě odběru);
 - b) ohřev ústřední (ohřev vody v domovní či okrskové kotelně).
- 3) Konstrukce zařízení;
 - a) ohřev zásobníkový (ohřev vody do zásoby);
 - b) ohřev průtočný (ohřev vody při jejím odběru za průtoku – karma);
 - c) ohřev smíšený (ohřev průtočný spolu se zásobníkovým).
- 4) Možnosti ohřevu z různých zdrojů;
 - a) ohřev jednoduchý (teplo z jednoho zdroje);

- b) ohřev kombinovaný (teplo z více zdrojů – teplé vody a el. energie).
- 5) Provozního tlaku;
- a) beztlakové;
- b) tlakové.

Základní požadavky na teplotu vody při navrhování výkonu na ohřev TV jsou:

- teplota studené vody $\theta_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$;
- teplota teplé vody $\theta_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$.

Potřeba teplé vody je stanovována pro mytí osob a nádobí, úklid podle tabulky (Tabulka 19). Dále potřeba TV pro mytí osob V_o se pro danou periodu stanoví podle vzorce:

$$V_o = n_i \cdot \sum V_d \text{ [m}^3\text{]}; \quad (34)$$

$$\sum V_d = \sum (n_d \cdot U_3 \cdot t_d \cdot p_d) \text{ [m}^3\text{]}. \quad (35)$$

Potřeba TV na mytí nádobí V_j je pak spočítána podle vzorce:

$$V_j = n_j \cdot V_d \text{ [m}^3\text{]}. \quad (36)$$

Potřeba TV na úklid V_u je pak spočítána podle vzorce:

$$V_u = n_u \cdot V_d \text{ [m}^3\text{]}. \quad (37)$$

Z toho pak celková spotřeba TV V_{2p} podle vzorce:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u \text{ [m}^3\text{]} \quad (38)$$

kde $V_o \text{ [m}^3\text{]}$ – potřeba TV pro mytí osob;

$V_j \text{ [m}^3\text{]}$ – potřeba TV pro mytí nádobí;

$V_u \text{ [m}^3\text{]}$ – potřeba TV pro úklid;

$V_{2p} \text{ [m}^3\text{]}$ – celková potřeba TV;

$n_i \text{ [-]}$ – počet uživatelů;

$n_j \text{ [-]}$ – počet jídel;

$n_d \text{ [-]}$ – počet dávek;

$n_u \text{ [-]}$ – počet ploch;

U_3 [m^3/h] – objemový průtok TV o teplotě θ_2 ;

t_d [h] – doba dávky;

p_d [–] – součinitel prodloužení doby dávky.

Tabulka 19: potřeba TV pro 1 osobu na jeden den.

Parametr		Umyvadlo	Dřez	Sprcha	Vana
počet dávek	n_d [–]	3	0,8	1	0,3
Objem dávek	V_d [m^3]	0,03	0,002	0,025	0,025
Teplo v dávkách	Q_d [kWh]	1,5	0,1	1,3	1,4
Součet objemu dávek	V_{2p} [m^3]		0,082		
Součet tepla v dávkách	Q_{2t} [kWh]		4,3		

Stanovení potřeby tepla odebraného ohříváči Q_{2p} ze vzorce:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} \text{ [kWh]}. \quad (39)$$

Teoretické teplo odebrané ohříváči Q_{2t} ze vzorce:

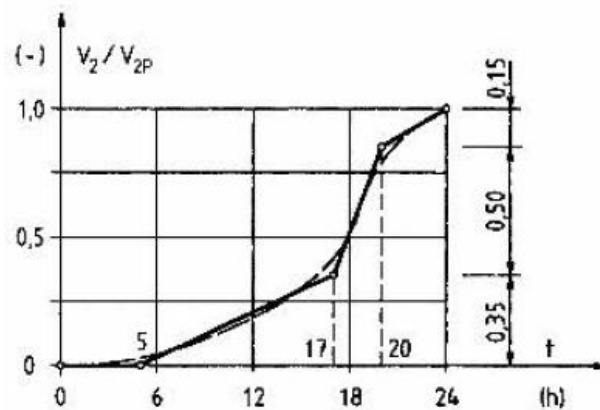
$$Q_{2t} = c \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1) \text{ [kWh]}. \quad (40)$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV Q_{2z} ze vzorce:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \text{ [kWh]}. \quad (41)$$

Teplo dodané ohříváčem do teplé vody během periody je stejné, jako teplo odebrané ohříváči TV během té samé periody [22].

Křivka odběru teplé vody je závislost odběru objemu TV na čase během periody. Její stanovení se provádí měřením na příslušném zařízení nebo podrobným časovým rozbořem odběru TV, v mnoha případech je tato křivka standardního tvaru typická pro některá zařízení.



Obrázek 7: křivka poměrného odběru objemu TV [22].

Křivka odběru TV s časem neroste, sklon tečny ke křivkám k časové ose reprezentuje velikost tepelného výkonu, při nulovém je průběh vodorovný, při nejvyšším výkonu je strmost křivky maximální. Tepelný výkon zdroje má stálou či proměnnou hodnotu, podle druhu zdroje), dodávka tepla se řídí přerušováním chodu kotle či spojitou změnou výkonu.

Je nutné stanovit objem zásobníku pro ohřev TV V_z . Ten se stanoví z křivek dodávky tepla Q_1 a odběru tepla Q_2 po jejich zakreslení do společného grafu, viz graf (Obrázek 8). Rozdíl mezi oběma zakreslenými křivkami reprezentuje nutnou zásobu tepla, ze které je stanovena velikost zásobníku.

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad [m^3]; \quad (42)$$

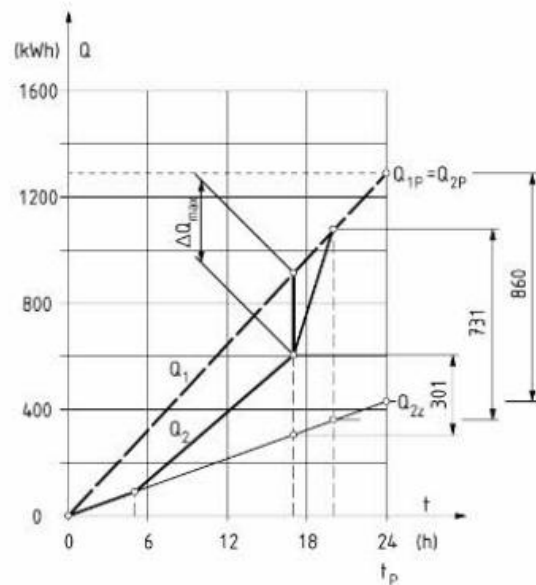
kde $V_z [m^3]$ – objem zásobníku;

$\Delta Q_{max} [kWh]$ – maximální možný rozdíl tepla mezi Q_1 a Q_2 ;

$c [kWh/(m^3 K)]$ – měrná tepelná kapacita vody;

$\theta_1 [^\circ C]$ – teplota studené vody;

$\theta_2 [^\circ C]$ – teplota teplé vody.



Obrázek 8: křivky dodávky a odběru tepla při ohřevu vody [22].

V poslední řadě musí být stanoven tepelný výkon pro ohřev TV.

Ohřev se zásobníkem se stanoví dle vzorce:

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t} \right)_{max} [kW]. \quad (43)$$

Ohřev průtočný pak ze vzorce:

$$\Phi_{1n} = \sum (n_v \cdot q_v) \cdot s [kW]; \quad (44)$$

kde $\Phi_{1n} [kW]$ – jmenovitý tepelný výkon ohřevu;

$Q_1 [kWh]$ – teplo dodané ohřivačem dom TV v čase t od počátku periody;

$t [h]$ – čas;

$\left(\frac{Q_1}{t} \right)_{max} [-]$ – maximální sklon křivky dodávky tepla v čase t během periody;

$n_v [-]$ – počet výtokových zařízení;

$q_v [kW]$ – tepelný výkon přítoku jednoho výtokového zařízení;

$s [-]$ – součinitel současnosti.

5.7 Tepelné soustavy – ústřední vytápění

Tepelná soustava je taková soustava, ve které se vyrábí teplo a to je dopravováno kapalinou nebo parou do tepelných spotřebičů ze zdroje. Zdrojem je rozuměno zařízení, ve kterém se z paliva či jiné energie tvoří teplo a to je předáváno teplonosné látce, kterou se šíří do spotřebičů tepla. To jsou zařízení sloužící k předávání tepla, mezi ně patří otopná tělesa (radiátory), výměníky, ohřívače vzduchu nebo TV a také technologické spotřebiče. Různé teplonosné látky mají různé parametry, např. teplotu, hmotnostní anebo objemový průtok, tlak, ... Tepelné soustavy v budovách jsou z hlediska použité teplonosné látky rozděleny na [23]:

- a) vodní (s nuceným nebo přirozeným oběhem vody);
 - teplovodní nízkoteplotní s nejvyšší teplotou otopné vody do 65 °C;
 - teplovodní s nejvyšší pracovní teplotou otopné vody do 110 °C;
 - horkovodní s pracovní teplotou otopné vody nad 110 °C.

Pozn.: Teplovodní soustavy mohou být otevřené nebo uzavřené, horkovodní jsou vždy uzavřené.

- b) parní;
 - podtlakové – provozní tlak nižší než atmosférický;
 - nízkotlaké – přetlak páry do 0,05 MPa;
 - středotlaké – přetlak páry od 0,05 MPa do 1,6 MPa.

Teplovodní soustavy s pracovní teplotou otopné vody do 110 °C jsou používány pro vytápění objektů, ve kterých je nepřetržitý provoz nebo provoz s minimální otopnou přestávkou. Nízkoteplotní soustavy s maximální pracovní teplotou otopné vody do 65 °C se používají pro vytápění objektů, ve kterých je nutná nízká teplota povrchu otopných těles a to kvůli hygienickým a bezpečnostním předpisům a také zdroj těchto soustav dodává teplonosnou látku o nízké teplotě. Pokud jsou místnosti v objektu nuceně větrány, nesmí teplota v místnosti trvale klesnout pod teplotu stanovenou projektem a rychlost proudění nesmí překročit rychlost stanovenou v hygienických předpisech. Při navrhování výkonu zdroje tepla a parametrů otopné plochy musí být brán ohled na tepelné zisky, zejména pokud jsou dlouhodobé. Pro otopnou vodu je dovoleno použít vodu z vodovodu, pokud to dovolují předpisy a voda splňuje normy. V místě připojení na tepelnou soustavu se doporučuje vybavit vodovod uzavírací, zpětnou a přivzdušňovací armaturou. U soustav

do 100kW je doporučováno použití odnímatelné hadice pro napájení, připojené pouze po dobu, kdy je soustava doplňována za stálého dozoru. Množství doplněné vody by se mělo měřit vodoměrem. V soustavách s otopnou vodou se doplňovací zařízení proti úbytku otopné vody navrhuje podle ČSN 383350, pokud není zajištěno doplňovacími čerpadly expanzního zařízení. Nutné je opatřit části tepelné soustavy izolací a to z důvodu snížení tepelných ztrát, omezení chladnutí teplotnosné látky a také z důvodu snížení povrchové teploty kvůli bezpečnosti a hygienickým předpisům [23].

5.7.1 Návrh otopné soustavy

Při navrhování otopné soustavy je nutné znát pojmy jako: výpočtová vnitřní teplota uprostřed vytápěného prostoru ve výšce 0,6 až 1,6 m; výpočtová venkovní teplota pro výpočet tepelných ztrát; teplota vnějšího vzduchu (mimo objekt); vytápěný prostor (místnost); otopné období (doba, po kterou je nutné vytápění prostoru a udržení vnitřní výpočtové teploty); místní regulace; nejvyšší provozní tlak; nejvyšší provozní teplota, atd.

Postup návrhu deskových otopných těles

Otopná tělesa (OT) jsou navrhována v závislosti na místnosti, především na počtu oken, jejich délce a výšce parapetu a také na teplotě přiváděné TV a vratné vody studené. V každé místnosti by mělo být otopné těleso pokrývající její tepelné zisky a v závislosti na tomto se volí otopná tělesa.

V první řadě je nutné určit, kde v místnosti bude otopné těleso umístěno, mělo by být právě pod okny. Maximální délka OT je délka okna a výška OT podle výšky parapetu pod oknem. Když jsou teoreticky OT umístěna, volí se výrobce radiátorů podle jeho doporučení a hlavně tepelného výkonu. Tepelný výkon těles je volen podle toho, jaká byla určena tepelná ztráta dané místnosti. Plocha OT lze určit i podle vzorce:

$$A = \frac{P}{h \cdot (\theta_m - \theta_i)} \quad [m^2]; \quad (45)$$

$$\theta_1 \leq 50 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (46)$$

$$\theta_1 - \theta_2 = 15 \div 20\text{K}; \quad (47)$$

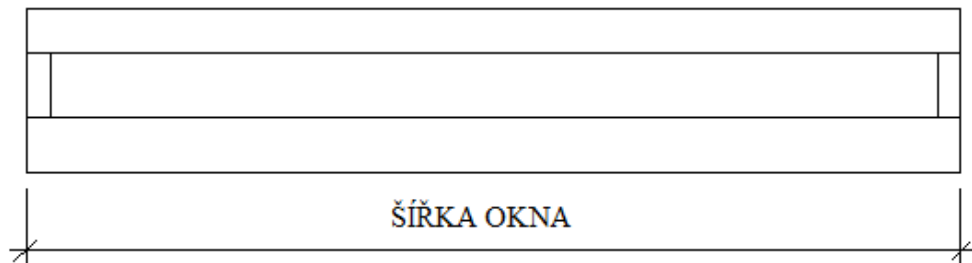
kde A [m^2] – Plocha OT;

P [W] – výkon OT;

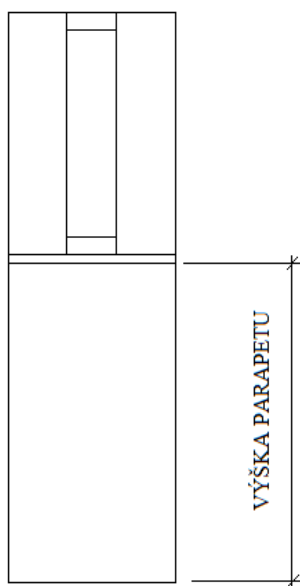
h [m] – výška parapetu;

θ_1 [$^{\circ}\text{C}$] – vstupní (přiváděná) teplota;

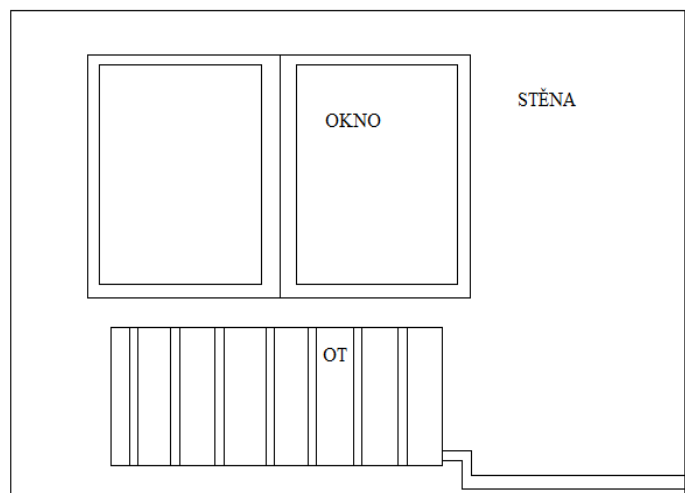
θ_2 [$^{\circ}\text{C}$] – výstupní (vratná) teplota.



Obrázek 9: návrh otopných těles – šířka okna.



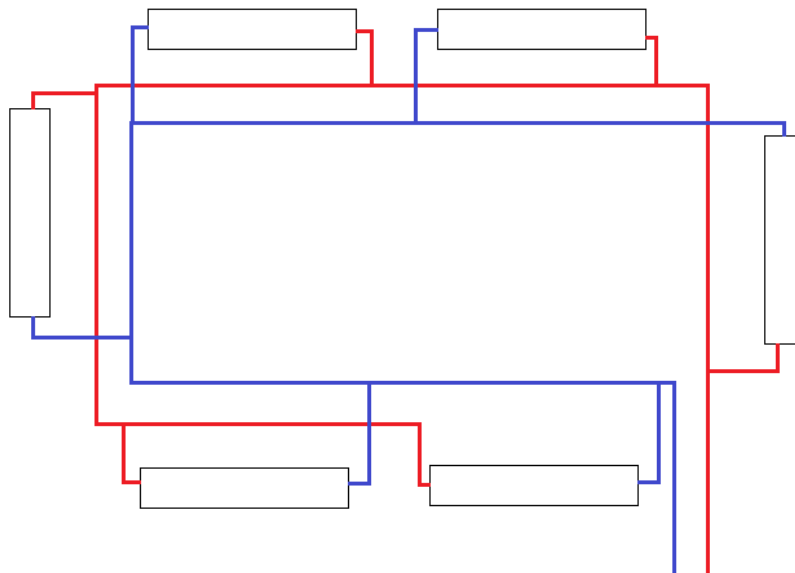
Obrázek 10: návrh
OT – výška parapetu.



Obrázek 11: ukázka OT pod oknem.

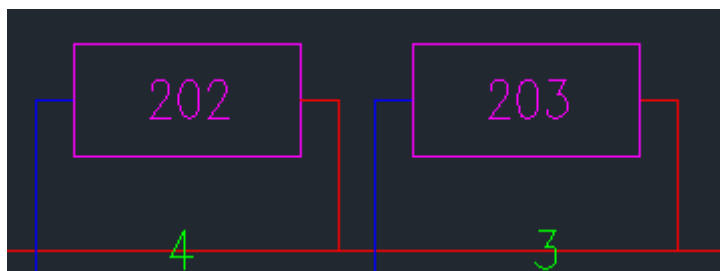
Po navržení rozmístění, velikosti a výkonu OT je nutné zvolit způsob vedení potrubí. Pro rodinné domy, kde není otopná soustava rozlehlá, je vhodná volba systému zapojení podle Tichelmanna. V tomto zapojení má každé těleso stejnou délku připojovacího okruhu od zdroje tepla, stejnou tlakovou ztrátu na každém OT (pouze při stejném výkonu OT). Každé OT má od výrobce daný teplotní spád, to znamená rozdíl mezi teplotou přicházející

do tělesa (teplou) θ_1 a odcházející z tělesa studenou vodou (vratnou) θ_2 . Je doporučeno, aby byl tento teplotní rozdíl volen mezi 10 K až 15 K.



Obrázek 12: schéma zapojení podle Tichelmana, kde je červená přívodní potrubí a modrá vratné potrubí.

Po určení zapojení soustavy je nutné stanovit délku potrubí přívodního i vratného a také to, z jakého materiálu bude. Před stanovováním délky potrubí je nutné rozdělit vytápěcí systém do úseků. Kde jeden úsek je délka potrubí od jednoho uzlu k druhému. Například od jednoho OT po druhé, viz obrázek (Obrázek 13). Délky je vhodné určovat podle půdorysu objektu. Materiálem vhodným pro potrubí je měď či ocel.



Obrázek 13: ukázka úseků.

Podle Laboutky [25] se v dalším kroku návrhu určuje rychlost proudící tekutiny v potrubí w [m/s], průměr potrubí d [mm], tlakový spád R [Pa/m], součinitel tření ξ [–] a na základě těchto hodnot se stanovuje celková tlak působící na čerpadlo Δp [Pa]. Součinitel

tření se určuje podle toho jaké jsou použité armatury na potrubí, např.: kolena, T-rozdělovače, kotle, ventily, vstupy/výstupy do/z otopných těles, každá tato armatura má svou hodnotu, ty se určují také z Laboutky.

Tabulka 20: ukázka výpočtu hodnot pro určení tlaku na čerpadle.

Úsek	Výkon P [W]	Hmotnostní průtok m [kg/h]	Délka l [m]	Rychlost w [m/s]	Průměr d [mm]	R [Pa/m]	ΔP_λ [Pa]	ξ [-]
1	7891	679,61	0,5	0,25	32	28	14	2,5
2	3699	318,57	9,5	0,28	20	65,5	622	1
3	2879	247,95	2	0,22	20	42,5	85	4,5

Tabulka 21: ukázka určení součinitele tření.

Úsek	Armatura	ξ	ks	$\sum \xi$
1	kotel	2,5	1	2,5
2	T kus	0	1	1
	koleno	0,5	2	
3	T kus	0	1	4,5
	koleno	0,5	1	
	radiátor vstup	1	1	
	radiátor výstup	0,5	1	
	radiátor	2,5	1	

Pokud je volba systému provedena, je nutná další a to volba způsobu regulace soustavy.

Způsoby regulace:

- zónová – v každé zóně by měly být podobné podmínky;
- ústřední – čidlo neovlivnitelné jinými podmínkami než je teplota vzduchu;
- místní – škrcení přívodu do OT;
 - každý spotřebič zvlášť nebo skupina spotřebičů.

Druhy regulace:

- otevřeno/zavřeno;
- zpětná vazba;
- časově závislá;
- přerušovaná;

- NO (normálně otevřená);
- NZ (normálně zavřená).

Vytápěcí výkon OT je dán vzorcem:

$$\Phi_{\text{TOP}} = \sum P_{\text{OT.TĚLESO}} [W]; \quad (48)$$

kde $P_{\text{OT.TĚLESO}} [W]$ – výkon otopného tělesa

Celkový výkon objektu na vytápění a ohřev vody by neměl překročit 250 kW a je dán vzorcem:

$$\Phi_{\text{CELK}} = \sum \Phi = \Phi_{\text{TOP}} + \Phi_{\text{TUV}} + \Phi_{\text{TECH}} + \Phi_{\text{VZT}} [W]; \quad (49)$$

kde $\Phi_{\text{TOP}} [W]$ – výkon vytápěcí;

$\Phi_{\text{TUV}} [W]$ – výkon na ohřev teplé užitkové vody;

$\Phi_{\text{TECH}} [W]$ – výkon od technologií;

$\Phi_{\text{VZT}} [W]$ – výkon vzduchotechniky (pokud je v objektu).

Celková tlaková ztráta, kterou čerpadlo musí být schopné zvládnout je:

$$\Delta p_c = \Delta p_{v1} + \Delta p_{v2} + \Delta p_o \quad (50)$$

kde $\Delta p_{v1,2} [Pa]$ – tlaková ztráta na ventilech (tolik, kolik jich je);

$\Delta p_o [Pa]$ – tlaková ztráta okruhu;

k tomuto je nutné určit autority použitých ventilů v otopné soustavě:

$$a = \frac{\Delta p_{v1}}{\Delta p_o + \Delta p_{v1} + \Delta p_{v2}}; \quad (51)$$

$$\Delta p_{v1} = 0,2 \cdot \Delta p_o; \quad (52)$$

$$\Delta p_{v2} = 0,2 \cdot \Delta p_o; \quad (53)$$

hodnota, na základě které je vybrán vhodný ventil:

$$k_v = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p}}; \quad (54)$$

pro čerpadlo platí:

$$\Delta p_c = \Delta p_{\text{čerp}} = 1,4 \cdot \Delta p_o \quad [Pa]. \quad (55)$$

Pro bezpečný provoz vytápěcí soustavy je nutné, aby tato soustava obsahovala zabezpečovací zařízení, mezi která patří pojistná zařízení a zařízení expanzní.

Zařízení pojistná:

- umístěna v pojistném úseku;
- zamezují příliš vysokému tlaku;
- umístěna na straně s vyšší teplotou (na výstupu);
- v případě poruchy – plyn – uzavření přívodního plynu;
 - tuhá paliva – studená voda + uzavření přívodu vzduchu.

Zařízení expanzní:

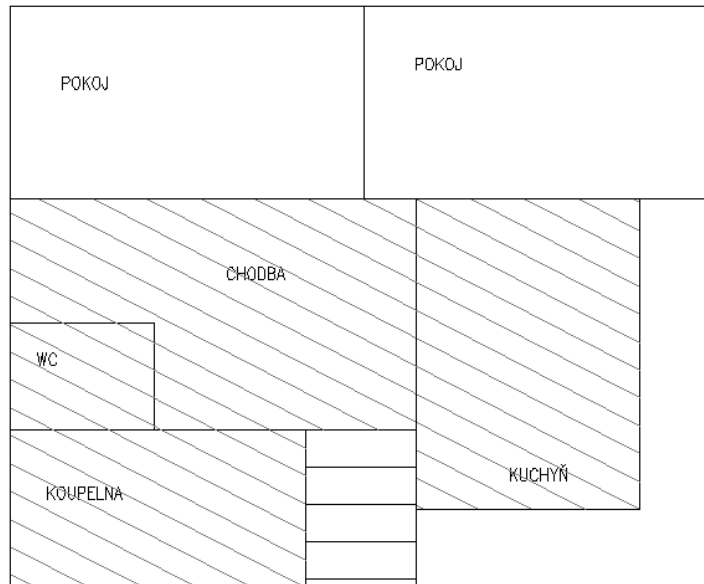
- pro roztažení kapaliny při zvýšení tlaku, teploty;
- pokud je expanzní zařízení za čerpadlem – v okruhu je podtlak (ve směru proudění);
- pokud je expanzní zařízení před čerpadlem – v okruhu je přetlak (ve směru proudění).

Definice:

- neutrální bod – místo připojení expanzního zařízení;
- nejvyšší pracovní přetlak – nastaveno pojistným zařízením na 2,5 bar;
- pracovní přetlak – tlak při provozu;
- nejvyšší dovolený přetlak – v závislosti na tlaku charakteristického zařízení;
- nejvyšší pracovní teplota – nastaveno pojistným zařízením;
- jmenovitý výkon – trvale udržitelný;
- zabezpečovací zařízení – pojistné a expanzní;
- pojistné místo – místo připojení pojistného zařízení;
- pojistný úsek – místo mezi zdrojem a uzávěrem;
- pojistný výkon – tepelný výkon pojistného zařízení;
- pojistný průtok – průtok k pojistnému zařízení;
- pojistné potrubí – potrubí v pojistném úseku s pojistnými zařízeními;
- expanzní zařízení – zařízení pro vyrovnávání tlaků.

Postup návrhu teplovodního podlahového vytápění

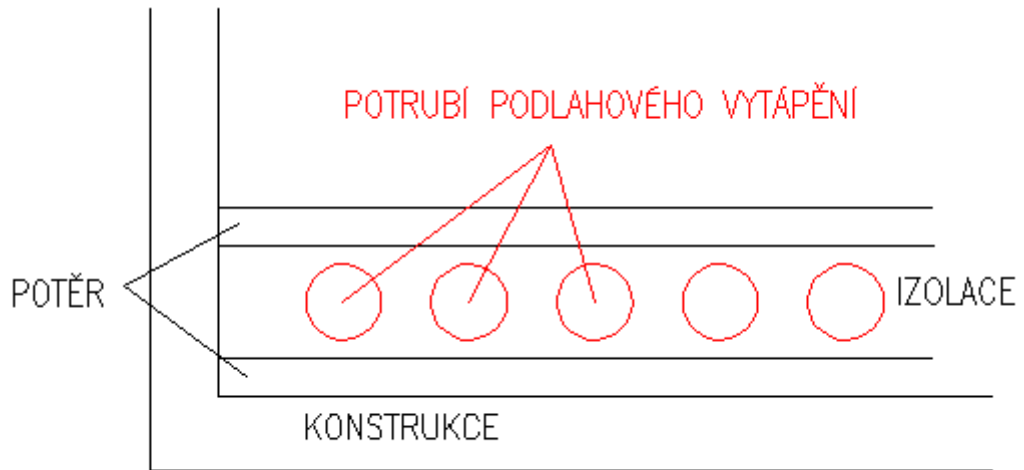
Předpokladem pro podlahové vytápění je především tepelný komfort uživatelů objektu (RD) a to zejména na chladných podlahách (kámen, keramika nebo i plovoucí) v zádveřích, celých chodbách, kuchyních, koupelnách a toaletách.



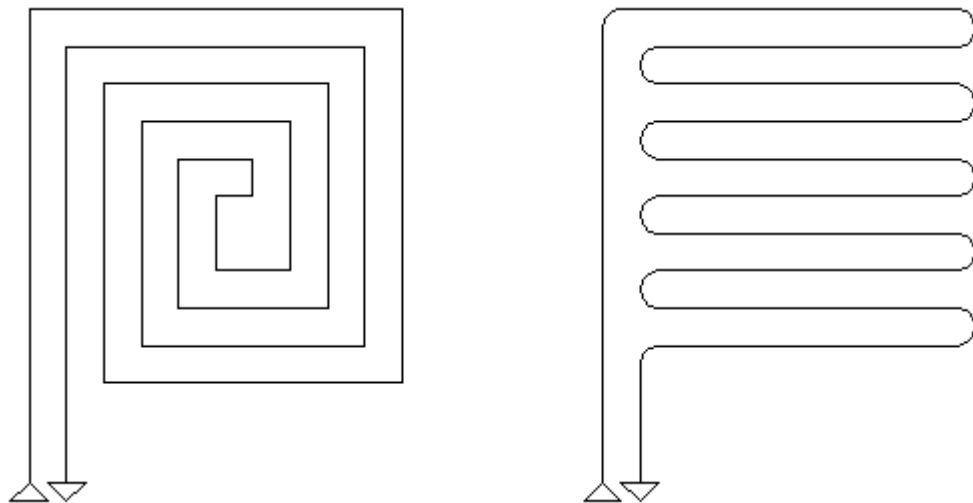
Obrázek 14: příklad umístění podlahového vytápění.

Mezi tři základní volby patří:

- způsob uložení potrubí;
 - suchý;
 - mokrý;
- materiál potrubí;
 - měď, náročné při ohýbání meandrů;
 - plast (s kovovou vložkou);
 - modifikovaná pryž (Optiheat), finančně náročné;
- typ potrubí;
 - meandry;
 - spirála.



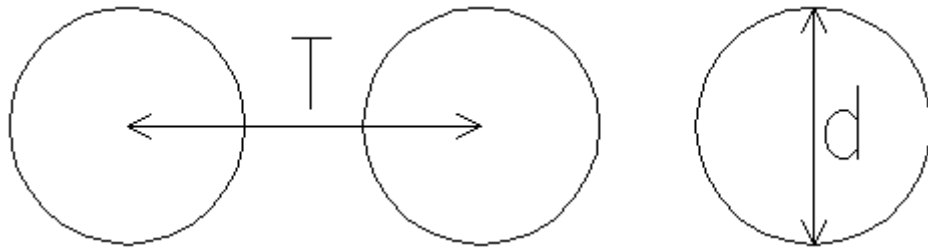
Obrázek 15: suchý způsob uložení potrubí podlahového vytápění.



Obrázek 16: spirála a meandr.

Uložení potrubí do spirály má tu výhodu, že v každé části místnosti je pak stejná teplota oproti uložení s meandry, kde jsou okrajové teploty vyšší než blíže středu místnosti.

Při výpočtu podlahového vytápění, respektive tlakových ztrát v potrubí je nutná také volba rozteče T [m] a průměru d [m], viz Obrázek 17.

Obrázek 17: rozteč potrubí T a průměr d potrubí.

Pro prostor pod podlahou platí, že $R_{U,min} = 0,75 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ pro vytápěnou místnost, pro nevytápěnou místnost na zemině pak $R_{U,min} = 1,25 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ a pro venkovní prostor podle teploty: pro $\theta_e = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ je $R_{U,min} = 1,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$;

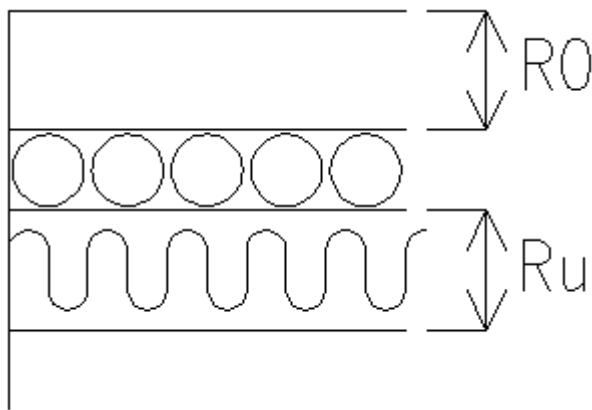
pro $\theta_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ je $R_{U,min} = 2 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$;

$$R = \frac{s}{\lambda} [\text{m}^2\text{K}/\text{W}]; \quad (56)$$

kde $s [\text{m}^2]$ – plocha;

$\lambda [\text{W}/(\text{mK})]$ – tepelná vodivost;

$\theta_e [^\circ\text{C}]$ – vnější teplota.



$$R_0 = \sum \frac{s}{\lambda} [m^2 K/W]; \quad (57)$$

$$R_U = \sum \frac{s}{\lambda} [m^2 K/W]; \quad (58)$$

$$R_0 \leq R_U. \quad (59)$$

Obrázek 18: prostor pod podlahou.

Dané parametry:

- vnitřní teplota v místnosti;
- vnitřní teplota pod podlahou;
- tepelná ztráta místnosti;
- skladba podlahové konstrukce.

Počítané parametry:

- použitelnost podlahového vytápění;
- průměr a rozteč potrubí;
- teplota teplotonosné látky;
- hmotnostní průtok;
- tlaková ztráta.

Měrný výkon podlahového vytápění:

$$q = 8,92 \cdot (\theta_f - \theta_i)^{1,1}; \quad (60)$$

$$\theta_f - \theta_i \max 9 K; \quad (61)$$

$$q = \frac{P_{ztr}}{A_f}; \quad (62)$$

$\theta_{f,max}$	θ_i	q_{max}	
[°C]	[°C]	[W/m ²]	

29	20	100	obytná místnost
33	24	100	koupelna
35	20	175	okrajové části

kde P_{ztr} [W] – tepelná ztráta;

A_f [m²] – plocha podlahy.

Požadovaný výkon na vstupu je pak určen ze vztahu:

$$P_{pož} = A_f \cdot q \cdot \left(1 + \frac{R_0}{R_U} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_U} \right); \quad (63)$$

kde θ_u [°C] – teplota podlahy pod potrubím.

Sřední teplota podlahy je určena ze vztahu:

$$\theta_f - \theta_i = \frac{(\theta_m - \theta_i)}{R_0 \cdot h_p} \cdot \frac{\operatorname{tgh}(m \cdot \frac{T}{2})}{m \cdot \frac{T}{2}}; \quad (64)$$

kde θ_f [°C] – povrchová teplota podlahy;

θ_i [°C] – vnitřní teplota v místnosti;

θ_m [°C] – střední teplota potrubí

$$\theta_m = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}; \quad (65)$$

h_p [W/(m²K)] – součinitel prostupu tepla podlahou $h_p = 10,75$ W/(m²K);

m [–] – charakteristické číslo podlahy;

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_U})}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}}; \quad (66)$$

kde λ_d [°C] – tepelná vodivost roznášecí vrstvy;

d [m] – průměr potrubí.

Pro výpočet tlakové ztráty potrubí Δp_{ztr} je nutné určit délku potrubí l a rychlost proudící otopné tekutiny w následovně:

$$l = \frac{A_f}{T} \quad [m]; \quad (67)$$

$$w = \frac{\dot{m}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho} \quad [m/s]; \quad (68)$$

$$\Delta p_{ztr} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho; \quad (69)$$

kde ρ [kg/m³] – hustota proudící tekutiny;

λ [–] – součinitel ztráty třením;

\dot{m} [kg/s] – hmotnostní průtok tekutiny potrubím;

$$\dot{m} = \frac{P_{celk}}{\Delta\theta \cdot c_p} \text{ [kg/s];} \quad (70)$$

kde P_{celk} [W] – tepelná ztráta místnosti;

c_p [J/(kgK)] – měrná tepelná kapacita tekutiny v potrubí.

Podlahové vytápění musí být také zaznamenáno ve schématu s rozdělením na uzly a započítáno do celkových tlakových ztrát pro určení celkového výkonu potřebného k vytápění vnitřních prostor na požadovanou teplotu v zimním období.

6 VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE

Jedním ze způsobů, jak snížit energetickou náročnost budovy a tím snížit i finanční náklady, je využití sluneční energie, která je dostupná takřka všem a všude.

6.1 Solární kolektory

Solární kolektor je zařízení, které je schopné přeměňovat sluneční záření dopadající na povrch Země, na jiný druh energie – teplo.

Fotovoltaický kolektor – běžně známý pod pojmem solární panel, vytváří ze sluneční energie energii elektrickou.

Fototermický kolektor – přeměňuje sluneční energii na teplo a to tak, že sluneční záření dopadá na zařízení zvané absorbér, který je spojen s trubicemi kolektoru. Absorbér je hlavním prvkem kolektoru, může to být skleněná deska s povrchem neodrážejícím sluneční záření. Přenos energie je zajištěn předáváním tepla v teplonosném médiu proudícím mezi výměníkem tepla a kolektorem. Tato ohřátá teplonosná látka je poté odváděna k místu okamžité spotřeby nebo do akumulární zásobníkové nádoby. Tyto panely mohou být umístěny na střechách takřka jakékoli budovy.

Fototermické solární kolektory jsou vyráběny ve dvou typech podle tvaru a podle teplonosné látky.

Dle teplonosné látky:

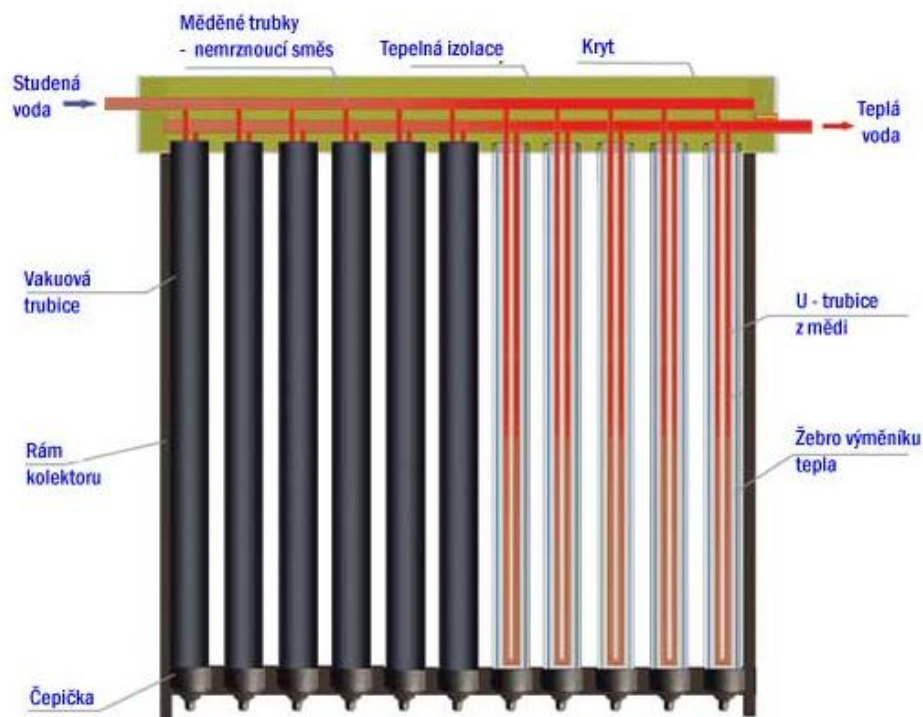
- kapalinové;
- vzduchové;

dle tvaru:

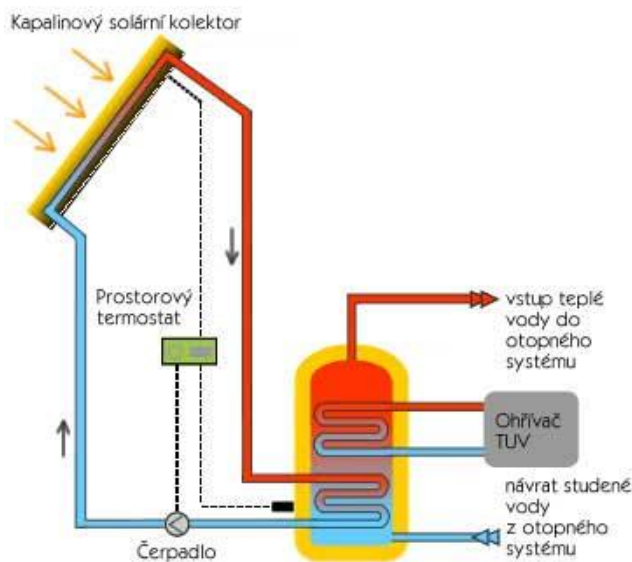
- trubicové/vakuové;
- ploché.

Základním prvkem plochého kolektoru je absorpční plocha se selektivní vrstvou (moderní kolektory) nebo plochou s černou barvou (kolektory klasické). Černá barva velmi dobře absorbuje tepelnou energii, ale také ji dobře odevzdává – vysoká emisivita černého povrchu u klasických kolektorů. Panely opatřené selektivní vrstvou se chovají jako černá tělesa – teplo pouze přijmou, ale nepustí ho ven.

U trubicového neboli vakuového kolektoru je absorbér uložen právě v trubicích - žádný přenos tepla mezi okolními prostory, tudíž žádné tepelné ztráty a vysoká účinnost při dosažení vyšších teplot na výstupu [26], [27].



Obrázek 19: trubicový solární kolektor [26].



Obrázek 20: solární systém [26].

Kolektory jsou nejčastěji používány pro ohřev TV, vody v bazénech anebo podporují systém s nízkoteplotním vytápěním (podlahové, stěnové či stropní vytápění), obvykle bývají navrhovány pro pokrytí 60 – 70 % spotřeby TV a mají minimální provozní náklady. Jejich orientace by ideálně měla být jižní na střeších se sklonem 40° – 45°.

6.2 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické solární panely (FSP) jsou čím dál více se rozvíjejícím způsobem pro přeměnu slunečního záření na energii elektrickou. Elektřina získaná touto cestou je mnohem levnější nežli nákup energie z veřejné sítě.

FSP jsou plochá zařízení, stejně jako solární kolektory, vytvářející elektrickou energii. Elektrony jsou vyzařovány z látky absorpcí elektromagnetického záření. Při tomto jevu dochází k fotoelektrické emisi. K výrobě elektřiny bývají používány polovodičové součástky, které při dopadu slunečních paprsků vytvářejí napětí od 0,6 – 0,7 V. Při zapojení článků do sérioparalelního tvaru lze pak získat FSP o požadovaném výkonu a napětí [27]. Podle [28] za sebou mají FSP přibližně 50 let dlouhý vývoj a v dnešní době jsou známy čtyři generace fotovoltaických panelů.

První generace - fotovoltaický článek vyráběn z destiček monokrystalického křemíku a i v dnešní době jde stále o nejpoužívanější typ s účinností od 14 do 17 %.

Druhá generace - článek vyráběn z monokrystalického, amorfního nebo polykrystalického křemíku. Ve srovnání s první generací jsou tyto články levnější (nižší spotřeba křemíku). Jejich použití je všestranné dokonce i na ohebných podkladech – fóliové střešní krytiny či dokonce oblečení). Tyto články mají účinnost mezi 13 a 16 %.

Třetí generace - články této generace již nevyužívají křemíkových destiček, ale organické polymery, v této době však nejsou příliš používány.

Čtvrtá generace - články jsou vyráběny z několika vrstev, které jsou schopné lepšího využití slunečního spektra (každá vrstva využívá světlo s odlišnou vlnovou délkou).

Po propojení článků sériově či paralelně a po jejich zapouzdření vzniká fotovoltaický solární panel. Články musí být zapojeny tak, aby bylo dosaženo potřebného elektrického napětí a proudu. Mechanickou i klimatickou odolnost zajišťuje hermetické uzavření panelů. Při větších mezerách mezi články roste energetická ztráta na jednotku plochy článku, než je udáváno výrobcem.

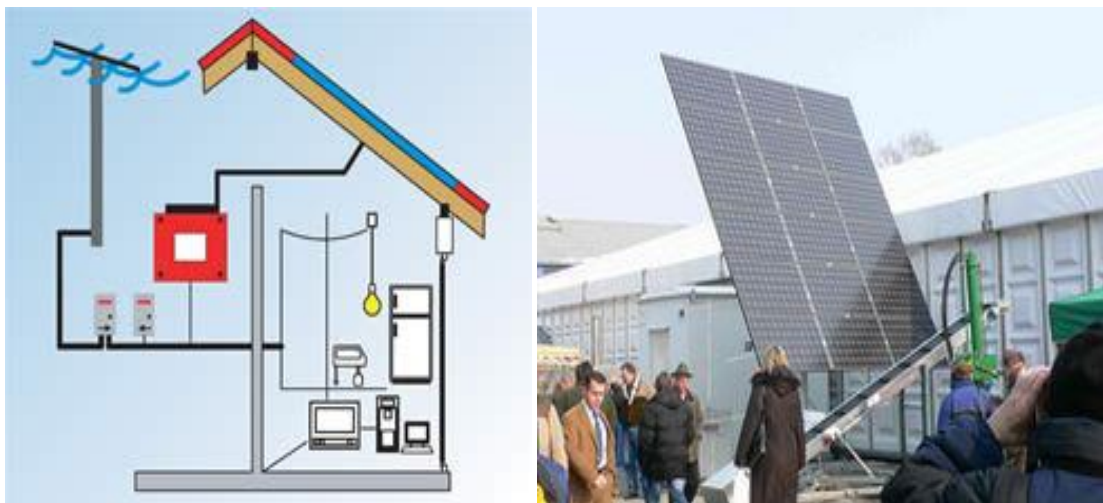
Energetický zisk z FSP je možné zvyšovat jejich vzájemnou kombinací nebo i jinými způsoby a to:

- **panely, které se samy natáčejí za sluncem** – řešení pomocí dvouosého polohovacího zařízení, které má vysoké provozní i investiční náklady. Pokud paprsky dopadají na panel kolmo je možné zvýšení výnosnosti přibližně o 35 %;

- **panely oboustranné** – instalací článků na podložku z průhledného materiálu je umožněn dopad slunečních paprsků na obě strany. Na stranu umístěnou dole však dopadá pouze záření odražené a difúzní, ale i přes to je výrobcí udávána až o 30 % vyšší produkce elektrické energie;
- **koncentrátory** – jak z názvu plyne je zde sluneční záření koncentrováno použitím čoček nebo zrcadel (plochých a korýtkových). Koncentruje se sluneční záření z větší plochy a směřuje na článek. Při použití těchto zařízení je nutné brát ohled na potřebu vysoké odolnosti vůči vysokým teplotám z koncentrátorů. Čím je koncentrátor větší, tím je vyšší i výnosnost o desítky procent.

Nejvyšší účinnosti je dosahováno v letním období, při instalaci u nízkoenergetických domů jsou FSP využívány pro chlazení vnitřních prostor klimatizací, pro provoz ostatních spotřebičů v domácnosti, popřípadě na ohřev TV.

Při volbě a umístění FSP jsou rozhodující přírodní podmínky na území ČR jako je oblačnost a znečištění atmosféry. Na toto území dopadá sluneční energie o velikosti přibližně 900 až 1200 kWh/m² za rok, v jednotlivých letech se množství energie liší zhruba o 10 %. Systém o výkonu 1 kW je schopen v ČR dodat ročně 800 až 1000 kWh elektrické energie při velikosti osluněné plochy panelu do 10 m², ovšem panely musí být vhodně umístěné (bez zastínění a správná orientace). Při použití velkých ploch je možné z nízkoenergetického domu udělat dům pasivní takřka nezávislý, na veřejné síti nebo dokonce mít energetické přebytky, které je možné právě do energetické sítě prodávat [28].



Obrázek 21: zapojení systému s dodávkou energie do sítě a natáčecí FSP [29].

7 ELEKTROINSTALACE

Elektroinstalací je myšlena soustava elektrotechnických zařízení pro rozvod a vedení elektrického proudu a jiných elektrických signálů. V případě elektroinstalace v budovách se pak hovoří o silových rozvodech (rozvodná síť), datových rozvodech, popřípadě sdělovací rozvody (slaboproudé vedení). Elektroinstalační soustava je tvořena vzájemně propojenými vodiči, ovládacími prvky jako jsou spínače, stykače a jiná relé, a také jisticími prvky, mezi které patří pojistky, jističe, proudové chrániče a různé přepěťové ochrany. V obytných i průmyslových budovách je elektroinstalace uložena ve stěnách v elektroinstalačních trubkách nebo přímo pod omítkou, některé druhy vedené mohou být i na povrchu, případně uloženy v lištách, žlabech či kanálech. V bytových a jim podobných instalacích mohou být ve společných zásuvkách uloženy silové, datové, telefonní, televizní/satelitní rozvody, je možné spolu vést a uložit i rozvody pro ovládací sběrnici KNX/EIB v inteligentních budovách [32].

Vodiče

Pod pojmem vodič si lze představit soustavu dvou a více kabelů pod společným pláštěm. Jednotlivé žíly elektrického kabelu mohou být celé z drátu nebo také na způsob lana spletené z několika menších drátků. Takto složené jsou například vodiče silnoprůdových kabelů o průměru od 25 mm².

Uložení kabelů pod omítkou je prováděno dvěma způsoby:

- vodiče jsou příchýtkami upevněny na neomítnutou zeď nebo uchyceny v drážce vysekané do zdiva. V tomto případě jsou použity kabeli s dvojitou izolací známým pod pojmem CYKY. Před nanesením omítky na stěny musí být všechny kabely i instalační krabice uloženy na svá místa;
- vodiče jsou dodatečně zatahovány do formovatelných plastových trubek (tzv. husí krk), které byly již uloženy pod omítku. Tímto způsobem lze ukládat i jednotlivé kabely tak, že jsou pomocí protahovacích per vtahovány do trubek po ukončení zednických prací. Tohoto způsobu je využíváno spíše při ukládání datových, telekomunikačních kabelů či kabelů TV/SAT.

Značení vodičů

V běžných rozvodech silové energie do napětí 1 kV jsou již od 30. let stanoveny barvy izolací, podle svého účelu, ke kterému jsou určeny. Od října 1992 stanovuje tyto barvy norma ČSN 330165 následovně [33]:

- vodič fáze, značený L (line) – černý (stále napájený obvod) nebo hnědý (dočasně napájený obvod) nebo oranžový (zvláštní aplikace);
- vodič nulový, značený N (neutral) – světle modrý;
- vodič zemnicí neboli ochranný PE (potenciál of earth) – kombinace žluté a zelené;
- vodič v rozvodu stejnosměrného proudu s kladným pólem – červený;
- vodič v rozvodu stejnosměrného proudu se záporným pólem – tmavě modrý;

Rozvody světel

Tyto rozvody slouží k napájení světelných zdrojů v budově. Při navrhování těchto rozvodů musí být brána v úvahu podmínka říkající, že na jeden světelný okruh nesmí být připojeno více světelných zařízení, jejichž součet jmenovitých proudů je větší než jmenovitý proud jističího přístroje v tom daném obvodu. Počet světel a jejich umístění musí být navrhováno s ohledem na uspořádání a nároky vnitřních prostor. Pro jištění světelných okruhů jsou dostačující jističe o velikosti 10 A.

Nedílnou součástí světelných rozvodů jsou mimo osvětlení i vypínače, spínače či přepínače. Jejich umístění by mělo být voleno na straně otevírání dveří ve výšce kolem jednoho metru nad podlahou.

Podrobný návrh těchto rozvodů je v praktické části diplomové práce.

Rozvody zásuvek

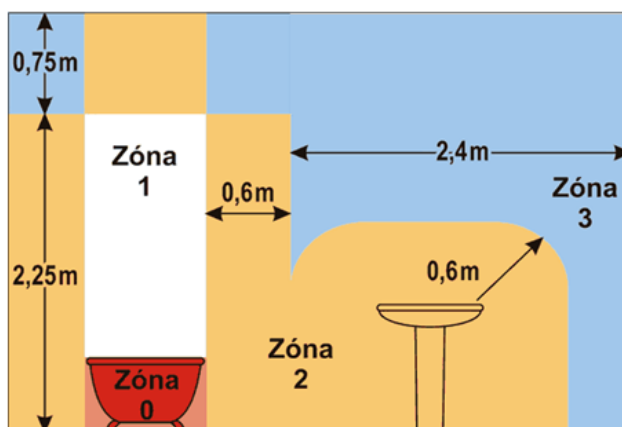
Zásuvkové obvody bývají zřizovány pro připojení spotřebičů přes vidlici do zásuvky pro 230 V. Lze je použít i pro připojení spotřebiče při krátkodobém použití, maximálně však do celkového příkonu 2000 VA. Tyto rozvody bývají chráněny 10 A a 16 A jističi, podle počtu připojených zařízení. V případě jednofázových spotřebičů s příkonem nad 2000 VA jsou zajišťovány samostatně jištěné obvody. Jeden zásuvkový okruh je schopný „unést“ až deset zásuvek i v tom případě, že se jedná o dvojjásuvku. Při jištění 16 A jističem je možné na okruh připojit spotřebiče o maximálně 3520 VA, v případě 10 A

jističe to je 2200 VA. Připojení třífázového spotřebiče lze prostřednictvím jednoho zásuvkového okruhu, avšak celkový výkon zařízení nesmí překročit 15 kVA.

Norma ČSN 332130 ukládá vést zásuvkové obvody pod omítkou, 300 mm nad podlahou, z bezpečnostních důvodů a snazšího hledání zásuvek by měly být dodrženy elektroinstalační zóny (viz obrázek). Svislé vedení bývá instalováno ve vzdálenosti 150 mm od rohů či hran v místnostech. Zóny směřující od podlahy ke stropu mají šířku 200 mm, podél oken a dvoukřídlých dveří je tato zóna po obou stranách, u dveří jednokřídlých vždy na straně zámku.

Pokud se jedná o třífázový okruh, lze na něj připojit pár třífázových zásuvek, které mají stejný jmenovitý proud, např.: zásuvky s proudem 16 A a 32 A lze připojit na jeden okruh. Tyto okruhy musí být chráněny jističem odpovídajícím maximálně jmenovitému proudu zásuvky.

Obvod s připojenou pračkou bývá zřizován jako samostatný okruh a chráněn jističem 10 A. Rozvody v koupelnách podléhají specifickým požadavkům, které ukládá aktualizované vydání normy ČSN 332000-7-71 z roku 2007, kde je koupelna rozdělena do čtyř zón.



Obrázek 22: příklad rozdělení zón – koupelna.

7.1 Systémy v budově

Systémy v budově jsou prostředky, které zvyšují komfort obyvatelů domu i ochranu jejich majetku. Systémy ochraňující majitele i jeho majetek jsou elektronické zabezpečovací systémy (EZS) a systémy protipožární (EPS) Mezi komfort zvyšující systémy patří komunikační systém KNX, např. prostřednictvím inteligentního osvětlení, stahování žaluzií a podobně.

7.1.1 EZS

Elektronické zabezpečovací systémy jsou nejčastěji používány jako poplašné systémy neboli alarmy. Zařízení takovýchto systémů reagují na nežádoucí narušení objektu, domu například na analogový podnět (při přerušení drátu) či digitální (detektor pohybu – PIR).

Detektory komunikují s ústřednou prostřednictvím kabelu, bezdrátově nebo oběma systémy současně.

Druhy detektorů

- PIR – detektor pohybu reagující na pohyb v jejich zorném poli;
- PIR+MW – obdoba PIR s mikrovlnou analýzou;
- PIR+CAM – klasický PIR s obrazovým signálem v podobě videa či obrazu z kamery;
- PIR+GLASSBREAK – PIR s MW ve spojení s detekcí rozbití okna (změna tlaku);
- magnetické detektory – reakce na rozepnutí magnetické smyčky (okna, dveře, ...);
- infra závory – obdoba magnetických detektorů;
- detektory jedovatých plynů – reakce na koncentraci škodlivin v ovzduší.

V dnešní době je alarmy možné ovládat mnoha způsoby, mezi které patří:

- klávesnice – nastavení celého systému, zaalarmování i odalarmování;
- dálkové ovládání – dálkový ovladač;
- čipové karty, přívěšky – karty či přívěšky obsahující RFID;
- internet – prostřednictvím integrovaného webového rozhraní s uživatelským heslem;
- mobilní telefon – prostřednictvím SMS příkazů.

7.1.2 EPS

Elektronická protipožární zařízení jsou zařízení pro ochranu majetku i obyvatel prostřednictvím protipožárních hlásičů, které v pravou chvíli signalizují požár. Signály jsou přijímány ústřednou, u které je stálá obsluha, která v případě požáru přivolá jednotku požární ochrany. V případě, že ústředna není opatřena stálou obsluhou, je jednotka požární ochrany přivolána zařízením dálkového přenosu.

Druhy EPS

- jednostupňová – 1 nebo více ústředn s připojenými samočinnými a tlačítkovými hlásiči požáru. Na ústřednu jsou připojeny také doplňující či ovládací zařízení.
- vícestupňová – má hlavní a vedlejší ústředny s připojenými zařízeními jako jednostupňová, vedlejší ústředny jsou nižšího stupně.
- s kolektivní adresací – tento systém je schopen rozlišit, ze které linky přišel signál o požáru, ale už nezjistí, ze kterého hlásiče tento signál přišel.
- s individuální adresací – tento systém je schopen identifikace jednotlivých hlásičů a tímto upřesnění místa požáru a zkrácení doby příjezdu hasičských jednotek.

Hlásiče požáru

- tlačítkové – nevyhodnocují fyzikální parametry, ale člověk musí vyhodnotit stav a v případě nebezpečí stisknout tlačítko hlásiče, ten pak předá informaci ústředně;
- samočinné – reagují na změnu fyzikální veličiny

Hlásiče se dále dělí podle:

sledovaných parametrů – teplotní, kouřové, vyzařování plamene a speciální;

způsobu vyhodnocení sledované veličiny – maximální;

– diferenciální;

– kombinované;

– inteligentní;

časového zpoždění – se zpožděním či bez zpoždění;

speciální – hlásiče se vzorkováním vzduchu.

7.1.3 EIB/KNX

Jedná se o otevřený světový standard pro automatizaci budov, domácích spotřebičů a jejich síťového propojení. Základem standardu Konnex Bus (KNX) je sběrnice EIB díky jejím technickým specifikacím. Výrobky různých firem jsou díky certifikátům kompatibilní a jejich uvedení do provozu je snadné a jednotné tzn., že výrobky pro sběrnici EIB jsou plně kompatibilní se standardem KNX [34].

Propojení zařízení je prováděno prostřednictvím nízkonapěťových kabelů (kroucený pár vodičů s napětím 24 V), vysokonapěťových síťových kabelů (napětí 230 V, propojení akčních členů), bezdrátově (komunikační frekvence 868 MHz), pomocí infračerveného přenosu, IP komunikace (Ethernet, Bluetooth, WiFi/Wireless LAN či FireWire) [34].

V rozvodech bývá použita dvojice stíněných kroucených párů vodičů, pro napájení i přenos slouží pouze jeden pár, druhý pár je brán jako rezerva v případě poškození některého vodiče sběrnice.

Maximální dovolená vzdálenost napájení k jednotce je 350 m, mezi dvěma přístroji je pak tato maximální vzdálenost 700 m, při použití dvou či více napájecích jednotek musí být jejich odstup minimálně 200 m, maximální celková délka vodičů na jedné linii je 1000 m [34]. Programování, monitorování i řízení celého systému EIB/KNX je prováděno v programu ETS4 (KNX/EIB Tool Software).

Inteligentní systémy pro svou komunikaci (ovládání, monitorování, řízení) potřebují komunikační protokoly. Tyto protokoly jsou soubory pravidel, která jsou požadována pro správnou komunikaci mezi dvěma nebo více systémy [35]. Mezi protokoly patří:

BACnet – univerzální popis funkcí zařízení, bezplatná licence, BACnet definuje služby (sdílení dat, alarmy, časování, trendy, správa událostí, zařízení i sítě) a objekty (datové body, požadované hodnoty, kalendáře a časové programy).

LonTalk – navržen podle síťového modelu ISO/OSI, umožňuje specifické řídicí řešení, vysoce spolehlivý a výkonný protokol.

Modbus – otevřený protokol pro komunikaci mezi různými zařízeními po různých sítích a sběrnicích, předávání zpráv na principu master-slave.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 ŘEŠENÍ PRO KONKRÉTNÍ OBJEKT

Konkrétním objektem diplomové práce je rodinný dům postavený roku 2004. Koncepce řešení zahrnuje okrajové podmínky RD, identifikaci momentálního stavu objektu a tepelně technické posouzení celé konstrukce.

Navrhovaný stav objektu je navržen tak, aby co nejlépe vyhovoval a odpovídal tepelně technickým parametrům určujícím nízkoenergetické rodinné domy spolu s návrhem otopných soustav a korespondující se stávajícím uspořádáním vnitřních prostor domu.

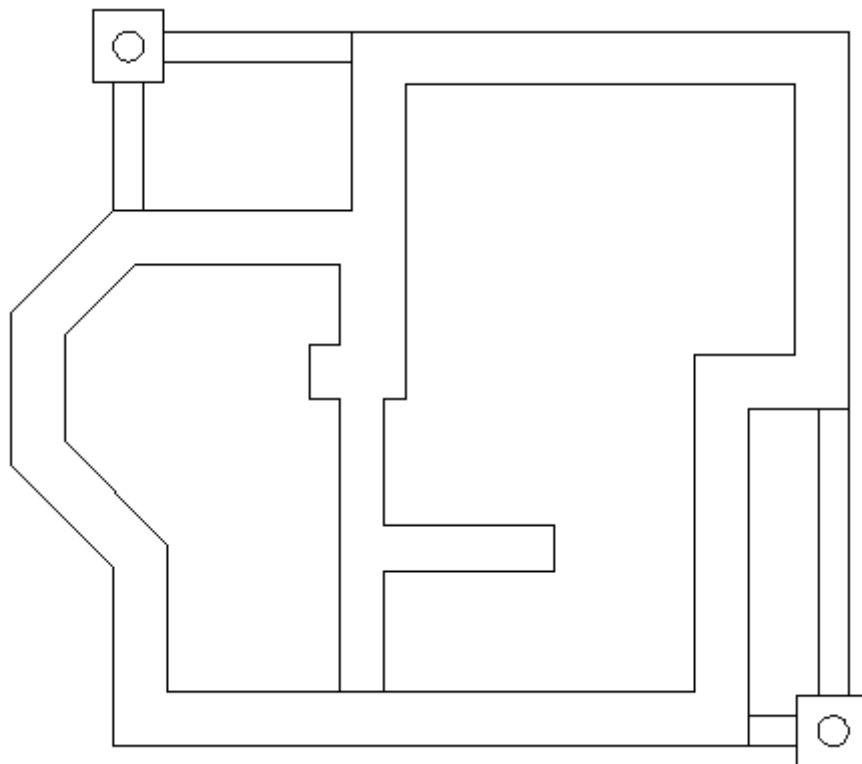
Pro objekt nebylo nutné navrhovat novou tepelnou ochranu, protože stávající splňovala tepelněizolační podmínky. Pro posouzení splnění podmínek je uveden průměrný součinitel prostupu tepla včetně porovnání s normativními údaji. Z těchto údajů byl vytvořen energetický štítek obálky budovy. V závěru kapitoly je proveden výpočet stability místnosti v zimním i letním období a je navržena možnost chlazení a vytápění vnitřních prostor rodinného domu.

8.1 Popis budovy a okrajové podmínky

Popisovaný objekt se nachází v Olomouckém kraji v katastru města Uničov. Jedná se o 9 let starý rodinný dům stojící v ulici Bratří Čapků. Dům je obklopen městskou zástavbou a jinými rodinnými domy v rovinatém terénu nacházejícím se přibližně 250 m nad mořem. Budova je jednogenerační dvojpatrový rodinný dům bez podsklepení s garáží, která však nemá společné zdi s vytápěnými prostory. Dům je ve své podstatě obdélníkového tvaru s rozměry 9000 mm na 10 550 mm, avšak se stavebními detaily, které tomu nenasvědčují, viz půdorys základů níže.

Tabulka 22: okrajové podmínky.

Délka vytápěcího období - d	242 dní
Návrhová (výpočtová) venkovní teplota - θ_e	-15 °C
Průměrná roční teplota venkovního vzduchu - $\theta_{e,m}$	8,2 °C
Průměrná vnitřní teplota v objektu - $\theta_{i,m}$	20,3 °C
Celková zastavěná plocha	87 m ²
Výška místnosti	2,7 m
Vytápěný prostor	75,4 m ²
Obestavěný prostor vytápěných částí budovy - V	400 m ³
Nadmořská výška	248 m. n. m.



Obrázek 23: půdorys základů popisovaného RD.



Obrázek 24: projekt RD, podle firmy Euroline [30].

8.2 Stav budovy

Rodinný dům byl již roku 2004 postaven již zateplený s vysokými tepelněizolačními i technickými nároky. Pro určení energetické náročnosti byly v RD identifikovány podlaží a místnosti v nich. Vnitřní výpočtová teplota $\Delta\theta_i$ a vlhkost $\varphi = 50\%$ podléhá požadavku platné normy [17]. Obytné místnosti mají vnitřní návrhovou teplotu 20 °C, kromě koupelny, která má 24 °C.

Podle tabulky platí pro obytné místnosti následující podmínky.

Tabulka 23: návrhové hodnoty vnitřního prostředí podle [17].

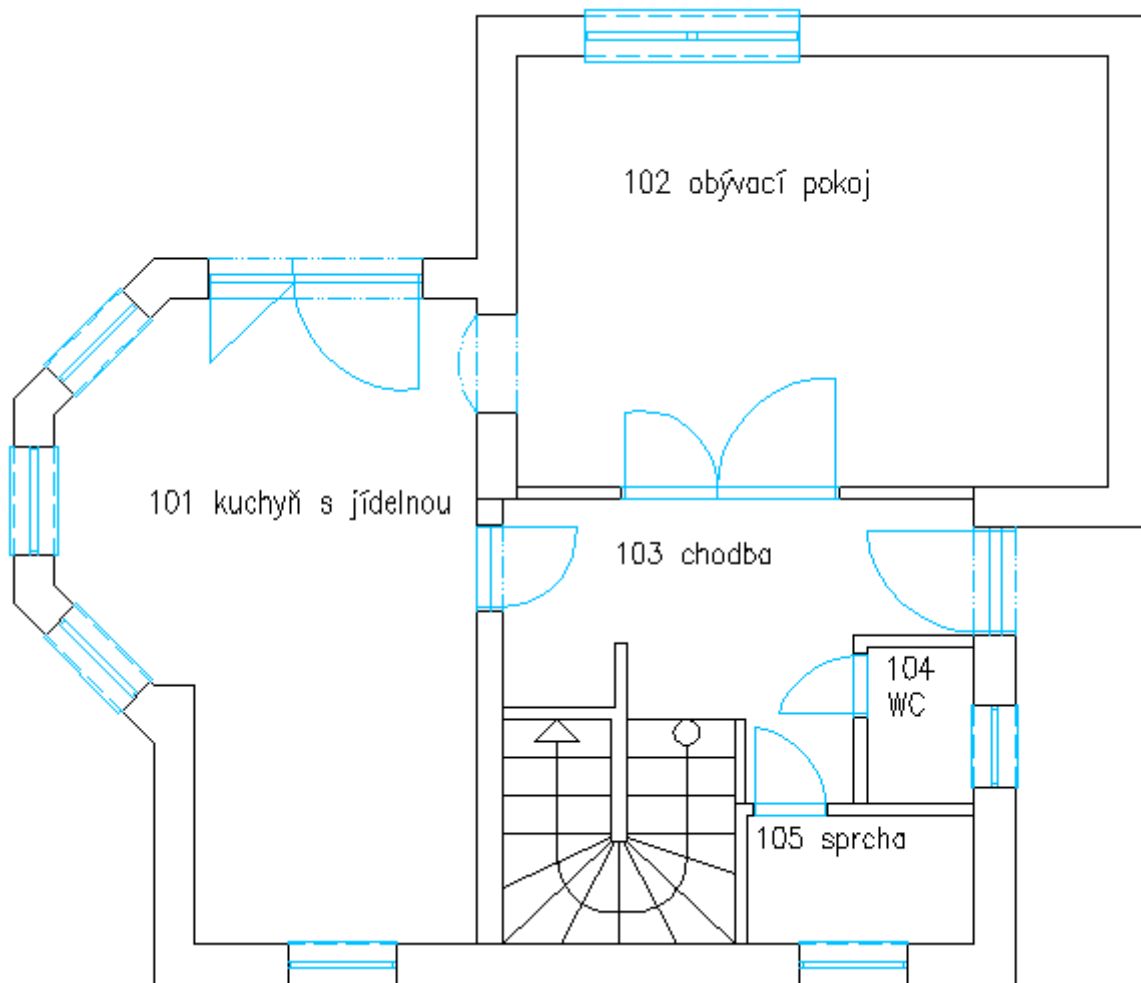
Druh místnosti s požadovaným stavem vnitřního prostředí	Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i [°C]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ [%]
Obytné budovy		
<i>Trvale užívané</i>		
Obývací místnosti (obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje, aj.)	20	50
Kuchyně	20	50
Koupelny	24	50
Klozety	20	50

Přízemí

Tabulka 24: místnosti přízemí.

Číslo místnosti	Místnost	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Intenzita větrání [1/h]
101	kuchyně + jídelna	19,7	53,19	20	0,5
102	obývací pokoj	21,9	59,13	20	0,5
103	chodba	15,6	42,12	20	0,5
104	WC	1,5	4,05	20	0,5
105	sprcha	2,5	6,7	24	0,5

Tabulce a hodnotám pro dílčí místnosti pod ní odpovídá zjednodušený půdorys přízemí s popisem místností.



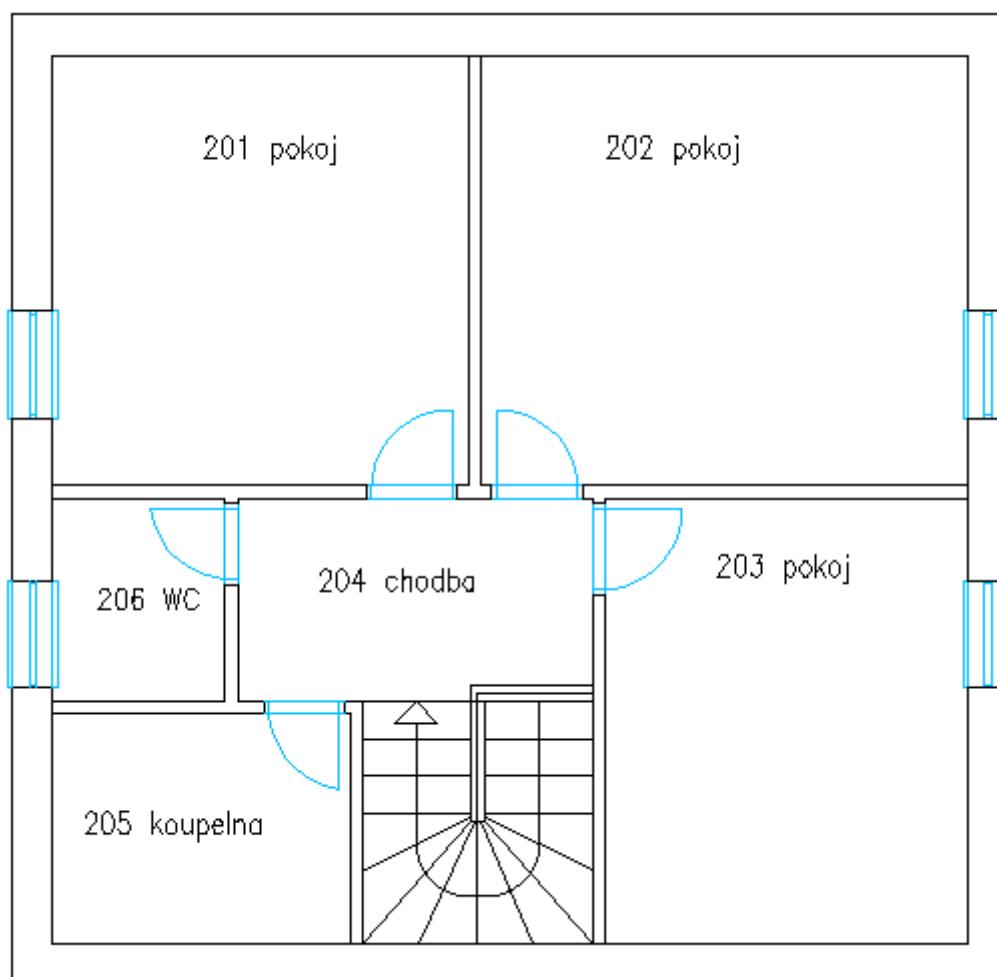
Obrázek 25: půdorys přízemí s popisem místností.

Půdorysná plocha místností je odlišná od skutečné plochy podlahy uvedené v tabulce (Tabulka 24). Tento fakt je dán normou, která říká, že rozměr půdorysné plochy podlahy včetně započítané poloviny tloušťky stěn obklopující tuto podlahu.

Podkroví

Tabulka 25: místnosti podkroví.

Číslo místnosti	Místnost	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Intenzita větrání [1/h]
201	ložnice	15,4	41,04	20	0,5
202	pokoj 1	18	48,6	20	0,5
203	pokoj 2	13,9	37,53	20	0,5
204	chodba	8	24	20	0,5
205	koupelna	15,93	15,93	24	0,5
206	WC	3	8,1	20	0,5



Obrázek 26: půdorys podkroví s popisem místností.

Půdorysná plocha místností je odlišná od skutečné plochy podlahy uvedené v tabulce (Tabulka 25). Tento fakt je dán normou, která říká, že rozměr půdorysné plochy podlahy včetně započítané poloviny tloušťky stěn obklopující tuto podlahu.

8.2.1 Skladba konstrukcí

Skladby konstrukcí byly navrženy tak, aby splňovaly celkový součinitel prostupu tepla, který stanovuje norma ČSN 730540 – 2 pro domy s nízkou energetickou náročností.

Obvodový plášť celé konstrukce je opatřen tepelnou izolací tvořenou deskami Isover Orsil o tloušťce 150 mm, na kterých je nanесena termoizolační omítka Baunit o tloušťce 50 mm. Střešní konstrukce je izolována vrstvami z fólie Bramac, Illbruck a minerální vlnou Nobasil PP o tloušťce 200 mm a podhledy jsou tvořeny sádkartonem. Podlaha na zemině je izolována deskami Rigidur o tloušťce 200 mm překrytou plovoucí podlahou či keramickou dlažbou.

Podle vzorce na str. 36 byl vypočítán průměrný součinitel prostupu tepla, při kterém byla uvažována přírážka na tepelné mosty $\Delta U_{tb} = 0,002 \text{ W/m}^2\text{K}$. Podle normy ČSN 730540 – 2 byla vytvořena tabulka požadovaných hodnot součinitele prostupu tepla, které musí být splněny. Z těchto hodnot byl pak určen požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{m,req} = \frac{H}{A} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$, který musí být větší nebo roven průměrnému součiniteli prostupu tepla z hodnot, které byly vypočítány pro zkoumaný rodinný dům.

Tabulka 26: Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla.

	A	U_{req}	U_{rec}	b	$H_T = AU_{req}b$
Střecha	90,3	0,24	0,16	1	21,7
Okna střešní	4,6	1,4	1,1	1	6,4
Obvodová kce.	182,7	0,3	0,25	0,66	36,2
Okna	13,7	1,5	1,2	1	20,5
Dveře	9,7	1,7	1,2	1	16,42
Podlaha	82,1	0,45	0,3	1	36,9

Tabulka 27: hodnoty pro zkoumaný rodinný dům.

	A	U_{skut}	b	$H_T = AU_{req}b$
Střecha	90,3	0,191	1	17,3
Okna střešní	4,6	1,1	1	5,1
Obvodová kce.	182,7	0,143	0,66	17,2
Okna	13,7	1,1	1	15,1
Dveře	9,7	1,1	1	10,6
Podlaha	82,1	0,21	1	17,2

Pro zkoumaný RD vyšel průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,skut} = \frac{\sum H}{\sum A} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ a je splněna podmínka $U_{em,skut} \leq U_{em,req}$, kde $0,24 \leq 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$, tudíž dům i jeho dílčí konstrukce, ze kterých je složen, splňuje podmínky stanovené normou.

Na základě hodnoty $U_{em,skut}$ lze budovu posuzovat podle aktuální a platné normy ČSN 730540 a z hlediska energetické úspornosti. Tato úspornost je dána energetickým štítkem o pěti třídách (A – velmi úsporná až G – mimořádně neúsporná) zmiňovaným v kapitole 5.1 Energetický štítek a energetická obálka budovy. Energetický štítek je v této době nepostradatelnou součástí dokumentace novostaveb i rekonstruovaných budov, přičemž minimální požadavek je určen horní hranicí třídy C.

Tabulka 28: klasifikační ukazatel CI s hodnotami referenční budovy.

CI	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
U_{em}	0,233	0,349	0,466	0,699	0,931	1,164

Podle tabulky klasifikačního ukazatele odpovídá posuzovaná budova hodnotě:

$$CI = \frac{U_{em}}{U_{em,req}} = \frac{0,24}{0,38} \cong 0,632;$$

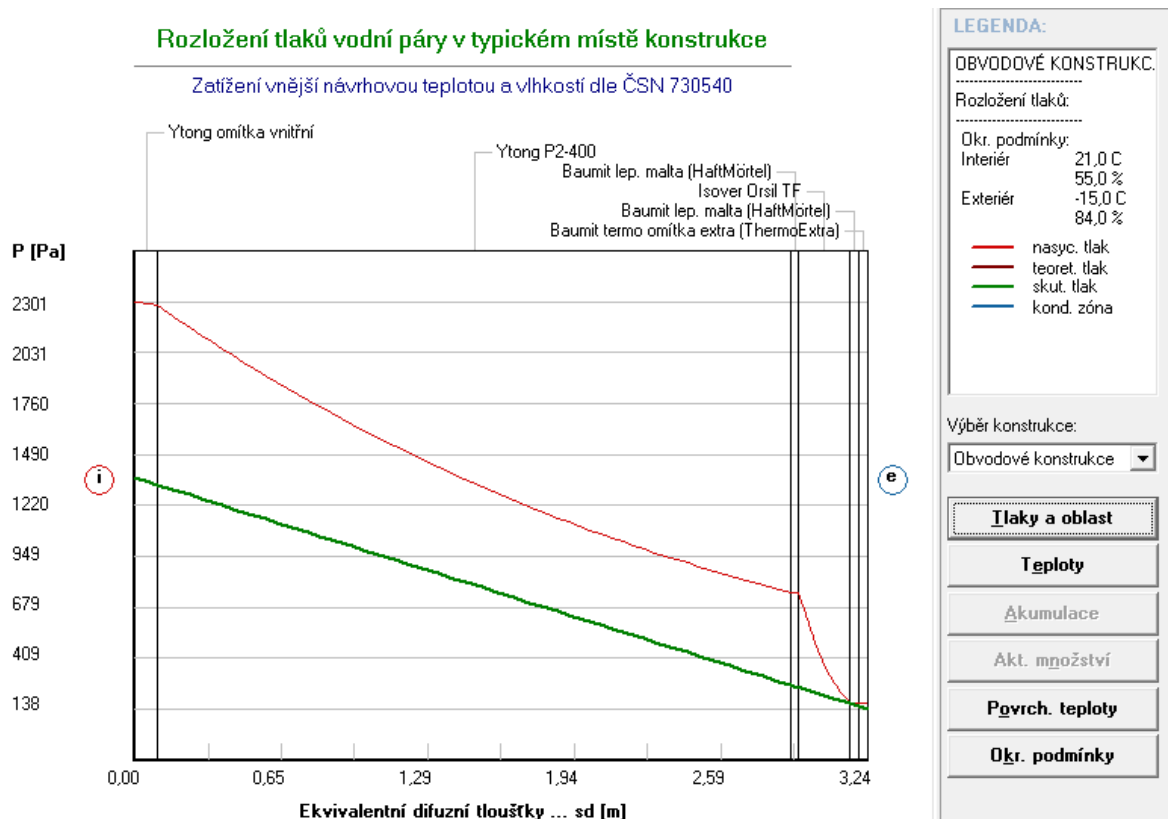
ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Rodinný dům				Hodnocení obálky budovy		
bratří Čapků, Uničov 783 81						
Celková podlahová plocha A=135 m ²				stávající	doporučení	
CI	Velmi úsporná					
0,5	A					
0,75	B					
1,0	C					
1,5	D					
2,0	E					
2,5	F					
	G					
Mimořádně ne hospodárná						
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy				0,24		
U _{em} ve W/m ² K U _{em} = H _T /A						
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2				0,38		
U _{em,N} ve W/m ² K						
Klasifikační ukazatel CI a jím odpovídající hodnoty U _{em}						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U _{em}	0,233	0,349	0,466	0,699	0,931	1,164
Platnost štítku do			Datum			
			Jméno a příjmení			

Obrázek 27: energetický štítek budovy.

8.2.2 Tepelnětechnický posudek konstrukce z hlediska kondenzace

Obvodová konstrukce je navržena tak, aby v ní nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti. Potenciální kondenzát v konstrukci by vytvářel ideální podmínky pro různé mikroby či plísně a jejich šíření, snížení tepelněizolačních vlastností a také by snižoval celkovou mechanickou odolnost a stabilitu celé konstrukce. V normě ČSN 730540 je požadováno to, aby kondenzace vodních par v zateplené části konstrukce nevedla k jejímu ohrožení. Proto množství zkondenzované vodní páry za rok nesmí překročit roční kapacitu odparu a zároveň nesmí překročit hodnotu 0,1 kg/m².

V programu Stavební fyzika 2011 – Teplo byly simulovány okrajové podmínky pro konstrukce objektu. Na obrázku níže je důkaz toho, že v obvodové konstrukci nedochází ke kondenzaci vodních par. Simulace byla provedena pro všechny stavební konstrukce se stejným výsledkem – bez důkazu kondenzace.

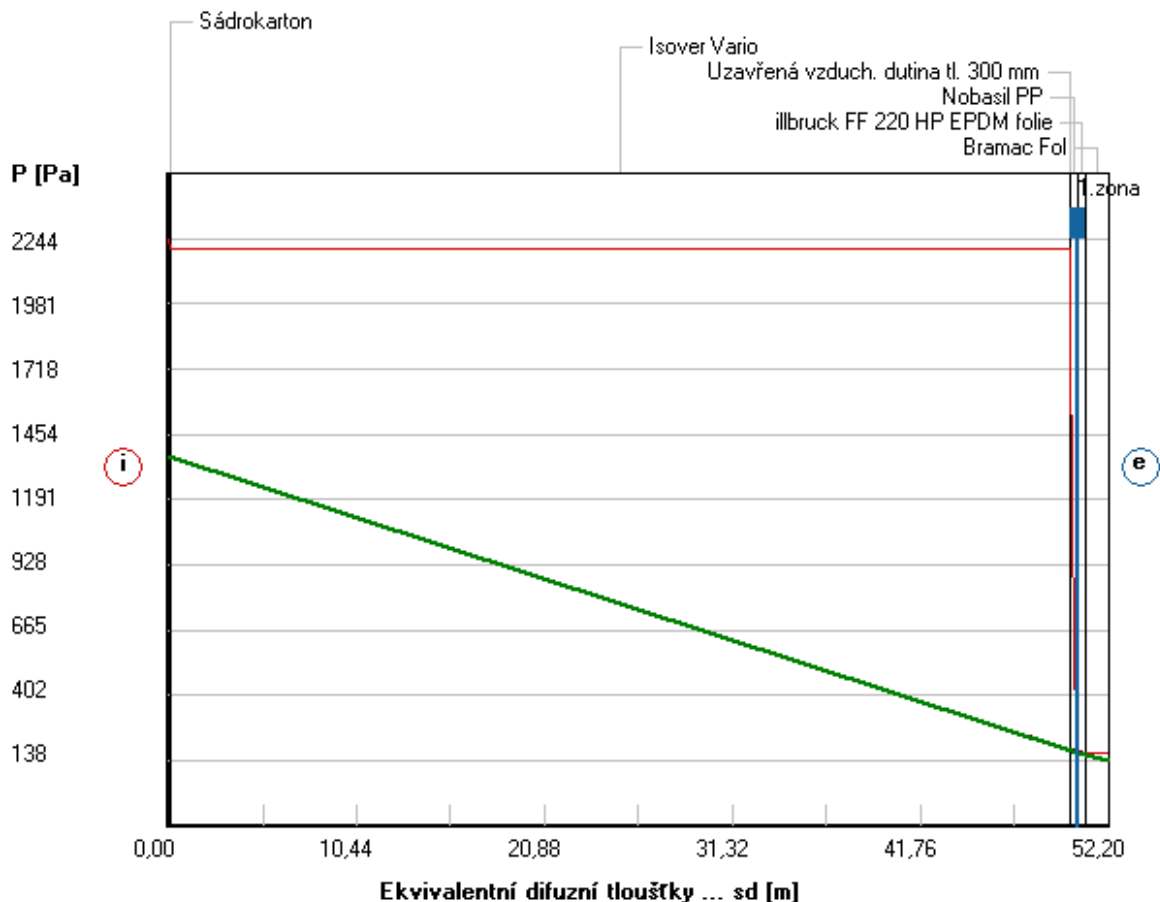


Obrázek 28: důkaz toho, že v obvodové konstrukci nedochází ke kondenzaci vodních par.

Při navrhování zateplovacího systému jakékoli konstrukce může dojít k chybě a následnému kondenzování vodní páry. Proto program Teplo dokáže simulovat podmínky během roku (po vložení složení konstrukcí) a tímto určit možnou kondenzační zónu. Příklad špatného návrhu střešní konstrukce na obrázku níže, kde modrá čára se čtvercem reprezentuje 1. zónu, ve které by potenciálně docházelo ke kondenzaci. Pokud by takováto konstrukce byla postavena, byla by ohrožena její konstrukce i zdraví uživatelů objektu vlivem vzniku a šíření plísní z vlhkosti.

Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Zatížení vnější návrhovou teplotou a vlhkostí dle ČSN 730540



Obrázek 29: příklad kondenzace ve střešní konstrukci.

8.3 Tepelné ztráty budovy

Určení tepelných ztrát budovy je důležitou a nedílnou součástí pro vytvoření energetického štítu objektu. Norma ČSN EN 12831 udává postup výpočtu tepelných ztrát budovy a navrhovaného tepelného výkonu, pomocí výpočtu je stanoveno množství tepla potřebné pro dosažení vnitřních návrhových teplot.

Základním předpokladem je určení tepelných podmínek. Další předpoklady nutné k výpočtu je počet místností včetně jejich parametrů viz tabulky (Tabulka 24 a Tabulka 25) spolu se znalostí hodnot součinitele prostupu tepla konstrukcemi (Tabulka 27).

Na základě postupu výpočtu z normy ČSN EN 12831 byly zjištěny následující hodnoty tepelných ztrát v místnostech rodinného domu.

Tabulka 29: tepelné ztráty místností ve zkoumaném rodinném domě.

Označení p./č.m.	Název místnosti	Teplota θ_i [°C]	Vytápěná plocha A_f [m ²]	Objem vzduchu V [m ³]	Celková ztráta ϕ_{HL} [W]	% z celk. ϕ_{HL}	Podíl $\frac{\phi_{HL}}{\Delta\theta}$ [W/K]
1/101	kuchyň	20	19,7	53,2	1681	22,3	48,02
1/102	obývací	20	22	59,1	1322	17,5	37,8
1/103	chodba	20	15,6	42,1	636	8,4	18,2
1/104	WC	20	1,5	4,1	91	1,2	2,7
1/105	sprcha	24	2,5	6,7	208	2,8	5,3
2/201	pokoj 1	20	15,4	41	894	11,9	25,6
2/202	pokoj 2	20	18	48,6	993	13,2	28,4
2/203	pokoj 3	20	13,9	37,5	796	10,6	22,8
2/204	chodba	20	8	24	367	4,9	10,5
2/205	koupelna	24	5,9	15,9	356	4,7	9,1
2/206	WC	20	3	8,1	191	2,5	5,5
SOUČET			125,5	340,3	7535	100	213,7

Tabulka je soupisem ztrátového tepelného výkonu budovy pro jednotlivé místnosti, podlaží dům celkově. Přízemí má tepelnou ztrátu 3,9 kW a podkroví 3,598 kW. Pokud sečteme celkovou ztrátu prostupem $\phi_T = 3,2$ kW, celkovou ztrátu větráním $\phi_V = 2,05$ kW a korekci ztrát o velikosti 2,3 kW dostaneme hodnotu stejnou jako při součtu tepelných ztrát místností (podlaží) a to 7,5 kW.

8.4 Tepelná stabilita, chlazení vnitřních prostor

Pro zjištění tepelné stability vnitřních prostor byl použit program Simulace a Stabilita z balíčku Stavební fyziky. Tepelná stabilita se určuje pro letní i zimní období, kdy zimní je řešeno programem Stabilita a letní Simulace. Pro zimní období je dána v případě přerušovaného vytápění o dovolený pokles dotykové teploty podlahy v nejkritičtější místnosti. Tato místnost je dána svou orientací, účelem a plochami ochlazovaných konstrukcí. V normě ČSN 730540 – 2 jsou definovány kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy a podle požadované a doporučené hodnoty.

Tabulka 30: požadované a doporučené hodnoty [16].

Druh budovy	Účel místnosti	Kategorie podlahy	
		Pož.	Dop.
	dětský pokoj, ložnice	I.	
Obytná budova	obývací pokoj, pracovna, předsíň sousedící s pokoji, kuchyň	II.	I.
	koupelna, WC	III.	II.
	předsíň před vstupem do bytu	IV.	III.

Tabulka 31: kategorie podlah podle poklesu dotykové teploty podlahy [16].

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

[16] udává, že místnost pro určení stability nemusí být tatáž, proto byla pro letní období volena nejhorší místnost v přízemí, která by se mohla přehřívat, je orientována na jihovýchodní stranu a má nejvíce plochy oken k/ke ploše podlahy. Pro zimní období byla zvolena nejhorší místnost podkroví a to ložnice, orientována na sever. Pokles dotykové teploty podlahy nesmí klesnout o více než 3,8 °C, ke kterému by mohlo dojít již po 3 hodinách.

Letní období

Pro výpočet tepelné stability v letním období bylo v programu Simulace nutné zadat všechny prvky ovlivňující tento výpočet. Vkládanými parametry byly vnitřní zdroje tepla, vnější teplota, výměna vzduchu, intenzita slunečního záření, neprůsvitné konstrukce (vnější obvodová konstrukce, podlaha ve styku se zeminou a vnitřní konstrukce) a průsvitné konstrukce (skladba oken i s jejich orientací). Při výpočtu s těmito parametry bylo zjištěno, že by se místnost mohla v létě přehřívat, proto bylo určeno vylepšení, které tomuto přehřívání zamezuje a to v podobě stínících prvků jako je markýza umístěná nad velkými balkonovými dveřmi, popřípadě přidáním jiných neprůsvitných konstrukcí.

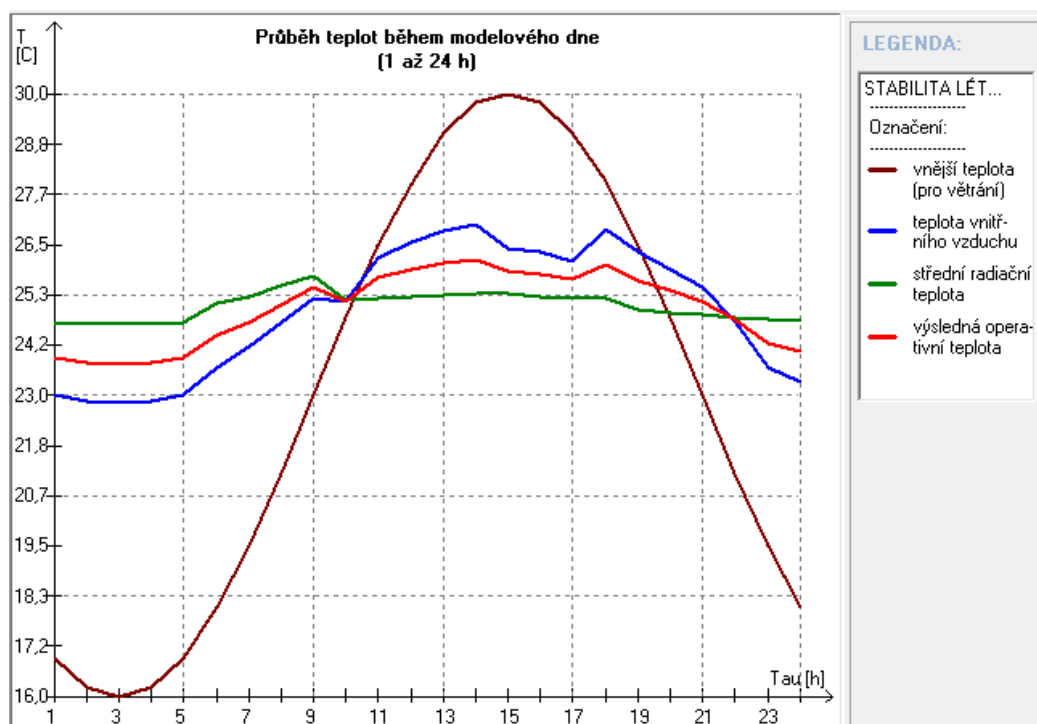
Výpočet byl proveden metodou tepelné jímavosti, kdy byla maximální teplota vnitřního vzduchu 26,99 °C (norma dovoluje překročení o maximálně 3 °C nad limit jí určený

po dobu 2 hodin maximálně, což je v tomto případě 27 °C, ty překročeny nebyly, ale jen těsně – viz tabulka (Tabulka 32).

Tabulka 32: nejvyšší denní teplota pro letní období [16].

Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,n}$ [°C]
Nevýrobní		27
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	do 25 W/m ³ včetně	29,5
	nad 25 W/m ³	31,5

Po konzultaci s majiteli domu bylo rozhodnuto, že vzhledem k nízkému překročení teploty pouze v jedné místnosti, která není trvale obývaná, není nutné navrhovat strojní chlazení. Chlazení domu je jinak řešeno přirozenou cirkulací čerstvého vzduchu (v denních hodinách), nočních hodinách toto chlazení zprostředkovávají otevřená okna v místnostech. Pro zvýšení komfortu lze například instalovat chlazení v podobě nástěnné klimatizační jednotky. Vzhledem ke způsobu chlazení vnitřních prostor nejsou v práci uvedeny vnitřní tepelné zisky budovy či místností, sloužící k návrhu strojního chladicího systému.



Obrázek 30: průběh teplot během modelového dne.

Z grafu určeného programem Simulace je patrné, že teplota vnitřního vzduchu nepřekročí teplotu 27 °C, tím pádem tuto maximální hodnotu nepřekročí ani jedna teplota.

Zimní období

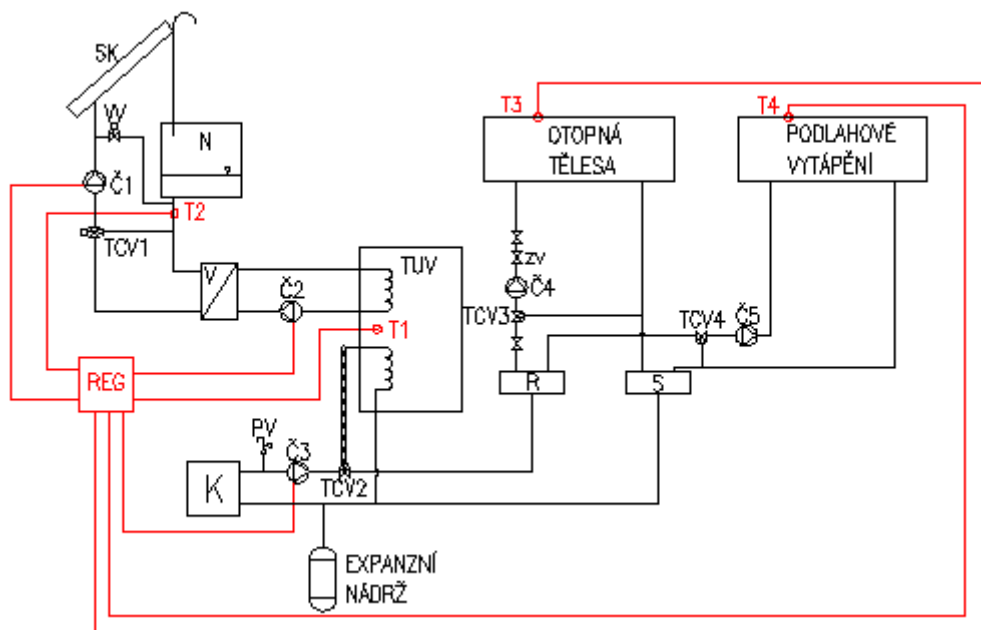
Obdobně jako při určování letní stability, byl i pro určení zimní použit program Stavební fyzika – Stabilita. I v tomto případě je nutné zadat prvky ovlivňující výpočet. Vkládanými parametry jsou okrajové podmínky (teplotní oblast, venkovní teplota v zimním období, což je -15 °C, návrhová vnitřní teplota). Jako další byl vložen popis jednotlivých obalových konstrukcí, hodnocené místnosti i s okny či dveřmi. Parametry byly vkládány opět pro podle normy nejhorší místnost, tou byla v tomto případě ložnice v podkroví domu, s nejnižším poměrem plochy oken k/ke podlaze.

9 TEPELNÁ SOUSTAVA

Podle požadavků majitele domu je hlavním zdrojem tepla plynový kotel. Vzhledem ke stanovenému teplotnímu spadu 65/75 °C pro otopná tělesa byl použit běžný plynový kotel.

Ve slunných dnech bude zajišťovat ohřev teplé vody set solárních kolektorů, který je navržen tak, aby v letním období pokryl veškerou potřebu teplé vody.

Do rodinného domu bylo navrženo následující hydraulické zapojení, vše s ohledem na teplotní spády a zadání diplomové práce.



Obrázek 31: hydraulické schéma TV v rodinném domě.

Legenda k hydraulickému schématu:

Č1-5 – čerpadla; TCV1-4 – trojcestné ventily; T1,2 – teplotní čidla; VV – vypouštěcí ventil; N – nádrž; SK – solární kolektor; REG – regulátor; V – protiproudý výměník voda/voda; TV – nádoba ohřevu teplé vody; K – plynový kotel; PV – pojistný ventil; EN – expanzní nádoba; ZV – zpětný ventil; R – rozdělovač; S – sběrač.

Fungování soustavy podle hydraulického schématu:

Mezi zdroje tepla jsou zamýšleny solární kolektory a plynový kotel na zemní plyn, celkové zapojení těchto dvou zdrojů tvoří celý otopný systém řešeného rodinného domu. Teplá užitková voda je uvažována v okruhu otopné soustavy s otopnými tělesy a pro mytí i úklid.

Solární kolektory umístěné na jihovýchodně orientované straně střechy akumulují sluneční energii v podobě tepla předávaného médiu (voda s nemrznoucí směsí). Po spuštění soustavy ovládací jednotka/regulátor uzavře vypouštěcí ventil a sepne čerpadlo (Č1). Čerpadlo (Č1) nutí médium k cirkulaci z nádrže (N) přes otevřenou část TCV1 zpět do SK. V této chvíli zásobníkem (TV) na teplou užitkovou vodu médium neprotéká. Měřena je teplota vody na výstupu z nádrže teplotním čidlem či teploměrem (T2) a teplota v nádrži TV pak teploměrem (T1), ovládací jednotka pak otevírá/uzavírá ventily VV a TCV1. Č1 provádí cirkulaci do té doby, dokud nemá médium vyšší teplotu (T2) na výstupu z N než je teplota na T1 v TV. Pokud se tak stalo, REG začne uzavírat TCV1 a otevírat přímou větev tohoto ventilu do úplného otevření a spustí Č2. Po celou dobu jsou stále měřeny teploty T1 i T2, tudíž jsou i stále vyhodnocovány a díky tomu jsou plynule ovládány ventily. Takto je zamezeno ochlazování přehřáté vody v akumulační nádrži (TV). V případě, že by Č1 nefungovalo (zimní provoz, teploty pod 0 °C) je otevřený VV a voda ze SK vlivem gravitace oteče do N. Po dosažení maximální teploty je solární ohřev dočasně vypnut.

Ovládací jednotka (REG) automaticky vyhodnocuje denní doby na základě softwarového kalendáře v REG. Také vyhodnocuje časový interval běhu okruhu pro zapnutí/vypnutí Č1 a otevření/uzavření VV.

V případě poklesu teplot (zimní provoz, nevlídné meteorologické podmínky) je plynový kotel hlavním zdrojem tepla. V případě aktivace K dá REG signál ke/k otevření ventilu TCV2, jakmile dojde k dosažení shodné teploty s teplotou v TV, REG otevře hlavní větev. Plynový kotel je taktéž součástí vytápění vnitřních prostor. Teplotní čidla T3,4 pro snímání teplot v místnostech a na základě vyhodnocování těchto teplot je spouštěn K.

9.1 Otopná soustava

Otopná tělesa (radiátory a podlahové topení) byla navržena tak, aby pokryla tepelné ztráty jednotlivých místností, aby respektovala uskupení i rozměry vnitřních prostor a také požadavky majitele domu. Ve všech vytápěných místnostech jsou otopná tělesa firmy

Korado, v podkroví v koupelně a na toaletě je navíc použito podlahové vytápění. V koupelně je spolu s klasickým plochým radiátorem použit i žebříkový model s elektronickou patronou pro možný ohřev v přechodném období, kdy se nevytápí celý dům. OT jsou umístěna pod okny, tak aby vyhovovala normě a zabraňovala srážení vnitřní vlhkosti.

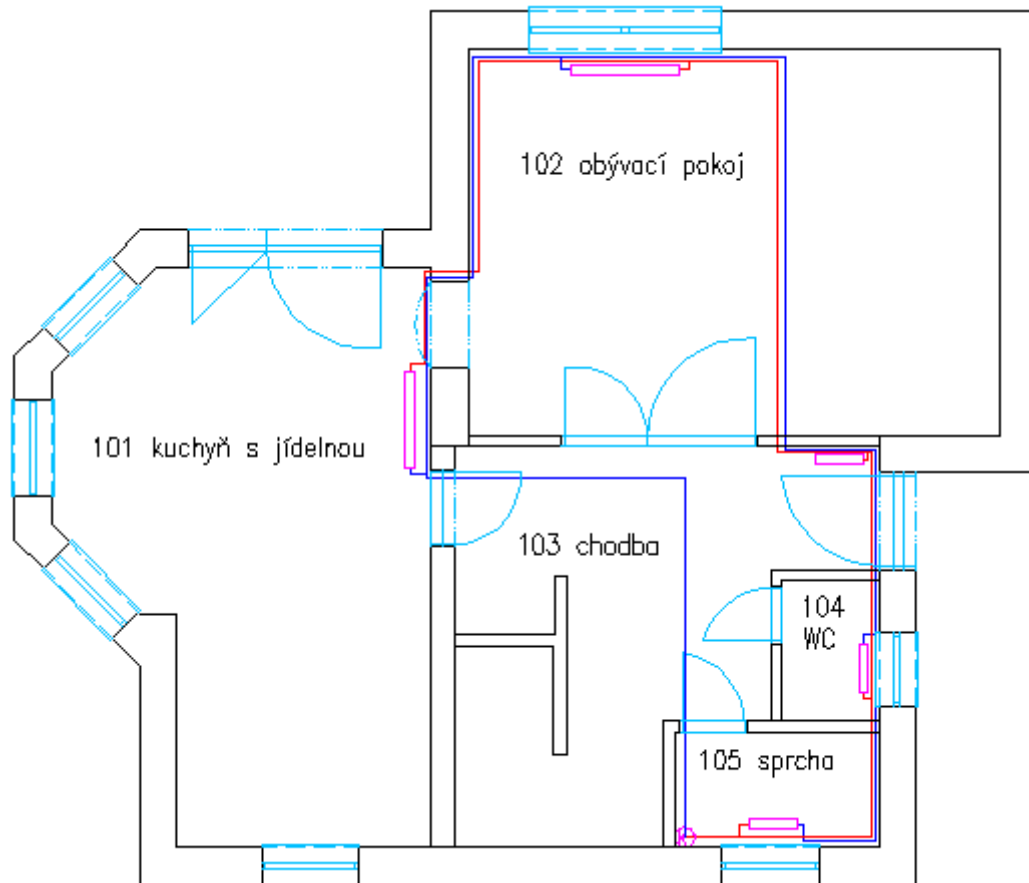
9.1.1 Radiátorové vytápění

Pro návrh OT byly použity katalogy výrobce otopných soustav Korado a byla vybrána OT s teplotním spádem 65/75 °C. Navržená otopná tělesa jsou uvedena v tabulce níže spolu se svým výkonem a tepelnou ztrátou místnosti, kterou musí pokrýt.

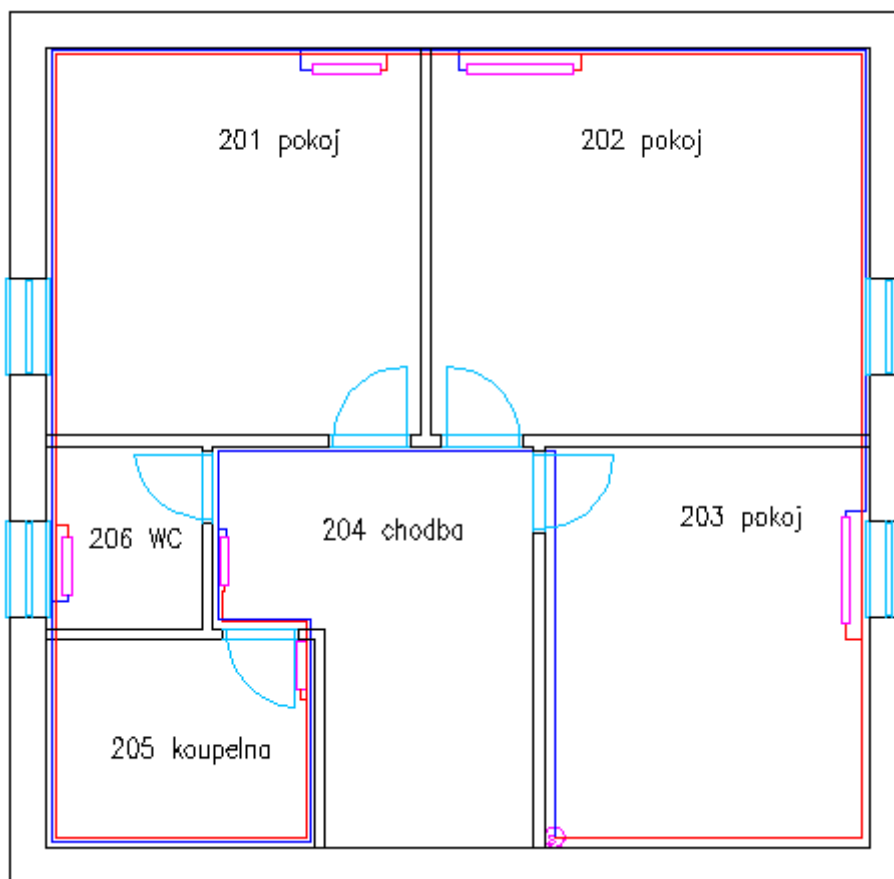
Tabulka 33: navrhovaná otopná tělesa.

Místnost	Délka [mm]	Výška [mm]	Výkon [W]	Ztráta místnosti [W]	
101 kuchyň	1000	900	1754	1681	Přízemí
102 obývací	1100	600	1417	1322	
103 chodba	500	600	644	636	
104 WC	500	300	165	91	
105 sprcha	500	400	212	208	
201 pokoj1	700	600	902	894	Podkroví
202 pokoj2	1100	400	1033	993	
203 pokoj3	1100	300	820	796	
204 chodba	500	300	373	367	
205 koupelna	500	300	373	356	
206 WC	600	300	198	191	

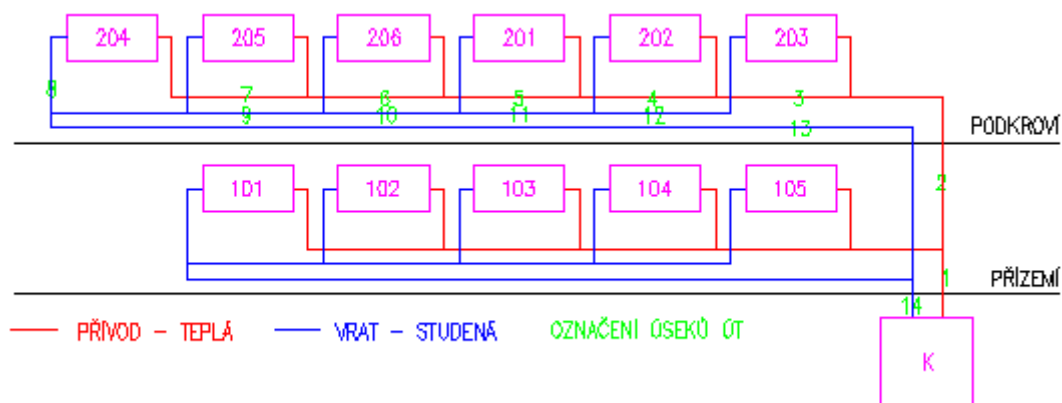
Výkony OT jsou naddimenzovány tak, aby pokryly ztráty místnosti, ve které jsou umístěny. V kuchyni s jídelnou je velké francouzské okno směřující do zahrady, to je nutné od spodní části vyhřívat, proti srážení vlhkosti. V tomto případě by mohl být použit topný konvektor Minib, který je určen pro zabudování do podlahy. Radiátory jsou ve většině případů umístěny pod okny, pokud to dovoluje koncepce místnosti. Dále všechna otopná tělesa musí ctít šířku okna (minimálně 90 % šířky), výšku parapetu. Umístěný pod okny zabraňuje srážení vlhkosti na výplních oken a také pomáhá přirozené cirkulaci vzduchu v místnosti.



Obrázek 32: schematické znázornění umístění navržených OT v přízemí.



Obrázek 33: schematické znázornění umístění navržených OT v podkroví.



Obrázek 34: schematické znázornění stoupaček radiátorového vytápění.

9.1.2 Podlahové vytápění

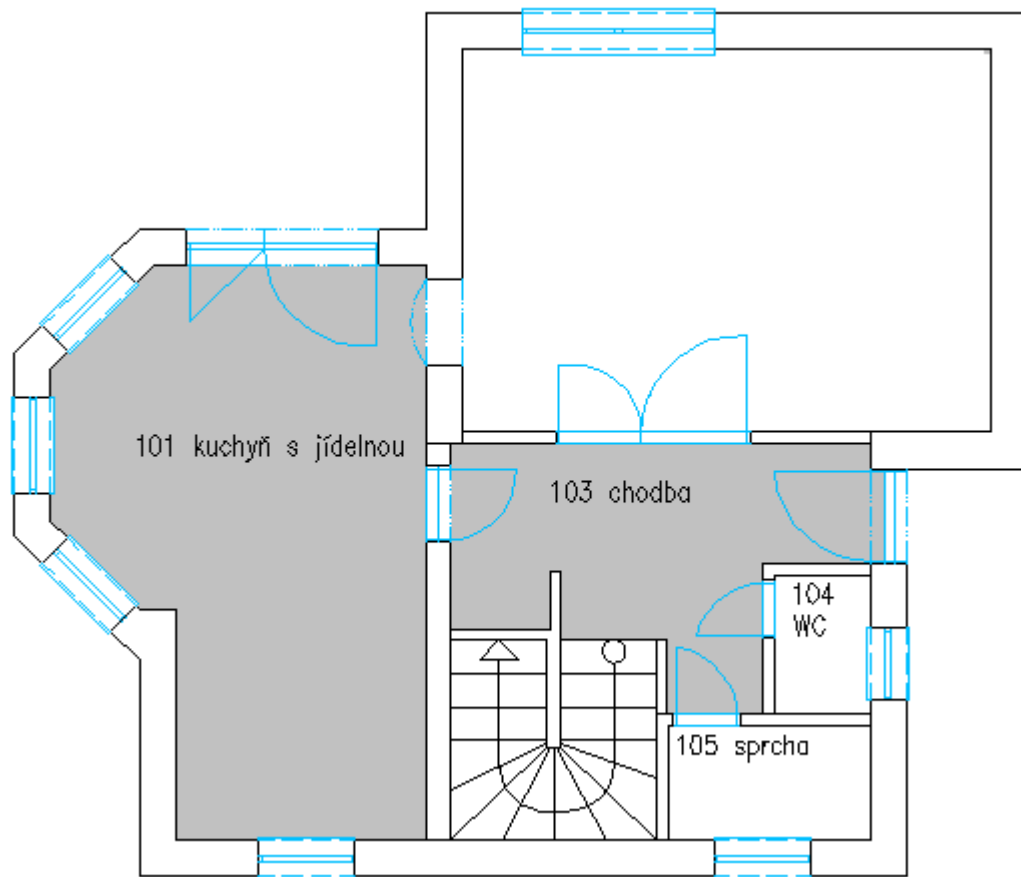
Pro kuchyň s jídelnou, chodbu v přízemí a koupelnu v podkroví bylo navrženo podlahové vytápění. Návrh byl proveden podle postupu v kapitole 5.7.1 „Návrh otopné soustavy.“ v části „Postup návrhu teplovodního podlahového vytápění“, vypočítané hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 34: navrhovaná podlahová topení.

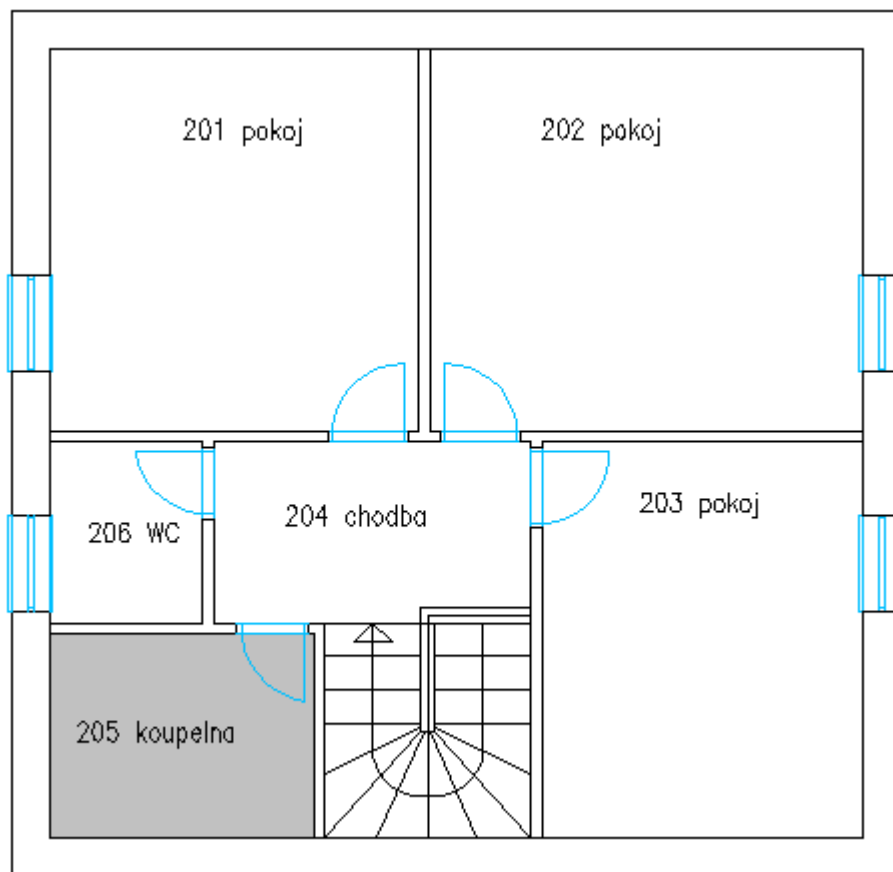
Místnost		Plocha místnosti [m ²]	Délka otopného hadu [m]	Výkon [W]	Tlaková ztráta [Pa]
Označení	Název				
101	kuchyň s jídelnou	15	100	1961	944
103	chodba	14	93	742	126
205	koupelna	4	27	415	12

Plochy místností a pro ně určené podlahové vytápění bylo vybíráno s ohledem na vnitřní uskupení nábytku, jako je kuchyňská linka a spotřebiče, v koupelně pak vana, popřípadě sprchový kout. V těchto místech není nutné podlahu vytápět, proto je plocha menší než je plocha celé místnosti. Jako materiál pro otopné hady byla zvolena měď.

V kuchyni je navrhovaná povrchová teplota 28 °C, přičemž maximální dovolená povrchová teplota nášlapné vrstvy v obytných místnostech je 29 °C. Pro koupelnu je maximální dovolená povrchová teplota nášlapné vrstvy 33 °C, navrhovaná povrchová teplota je 32 °C.



Obrázek 35: umístění navrhovaného podlahového vytápění v přízemí.



Obrázek 36: umístění navrhovaného podlahového vytápění v podkroví.

9.2 Teplá voda

Při návrhu TV musí být dodržena podmínka, že voda na výstupu (v místě odběru) musí mít teplotu v rozsahu od 50 do 55 °C.

Pro posuzovaný objekt byl navržen zásobníkový způsob ohřevu teplé vody, kdy je voda ohřívána do zásoby a je čerpána z nádoby pro to určené. Takto je pokryt odběr teplé vody během uvažovaného období a to 24h. Ohřev TV je uvažován pro spotřebu vody na mytí osob, mytí nádobí a také pro vodu na úklid.

Množství TV bylo stanoveno na základě normy ČSN 060320, kde je také stanovena průměrná hodnota celkové spotřeby tepla na ohřev TV na jeden den.

Součinitel objemových dávek - $V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3$;

součinitel tepla v dávkách - $Q_{2t} = 4,3 \text{ kWh}$.

Pro pět osob uvažovaných v objektu to pak bude $Q_{2t} = 21,5 \text{ kWh}$ a $V_{2p} = 0,41 \text{ m}^3$.

Při ohřevu a distribuci se určitá část tepla ztratí (během celého dne rovnoměrně),

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 21,5 \cdot 0,5 = 10,75 \text{ kWh},$$

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

Teplu dodané ohříváčem do vody během periody:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 21,5 + 10,75 = 32,25 \text{ kWh}.$$

Z celkového množství TV se během 24 hodin odebere:

1. od 5 h do 17 h je odebráno 35 % $\rightarrow Q_{2t} = 0,35 \cdot 21,5 = 7,53 \text{ kWh}$

2. od 17 h do 20 h je odebráno 50 % $\rightarrow Q_{2t} = 0,5 \cdot 21,5 = 10,75 \text{ kWh} \rightarrow 18,28 \text{ kWh}$

3. od 20 h do 24 h je odebráno 15 % $\rightarrow Q_{2t} = 0,15 \cdot 21,5 = 3,23 \text{ kWh} \rightarrow 21,5 \text{ kWh}$

Teplu dodané ohříváčem do teplé vody během periody je stejné, jako teplo odebrané ohříváči TV během té samé periody [22].

Křivka odběru teplé vody je závislost odběru objemu TV na čase během periody. Její stanovení se provádí měřením na příslušném zařízení nebo podrobným časovým rozbořením odběru TV, v mnoha případech je tato křivka standardního tvaru typická pro některá zařízení. Na základě odebraných hodnot byl sestaven graf poměrného odběru, ze kterého byla po zakreslení křivek ztrát tepla určena hodnota maximálního rozdílu tepla mezi teplotami $\Delta Q_{max} = 7,33 \text{ kWh}$. Na základě tohoto rozdílu byla určena velikost zásobníku.

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{7,33}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,14 \text{ m}^3 \cong 140 \text{ l}.$$

Jmenovitý tepelný výkon ohříváče byl stanoven takto:

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{\Delta Q_1}{t} \right)_{max} = \frac{Q_{1p}}{t_p} = \frac{32,25}{24} = 1,34 \text{ kW}.$$

Vzhledem k naddimenzování potřeb a vypočítaného objemu 140 litrů byla vybrána akumulární nádrž od společnosti Dražice OKHE 160. Nádrž je určená pro zavěšení na zeď o velikosti o objemu až 200 l.

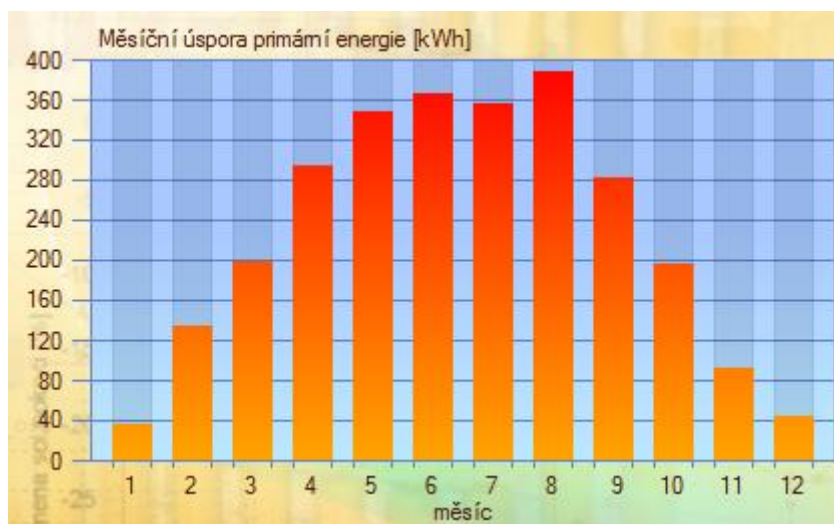
Vzhledem k umístění všech nádrží, čerpadel a plynového kotel, bylo pro cirkulaci vody ze zdrojů tepla do zásobníku zvoleno oběhové čerpadlo energetické třídy A od firmy

Grundfos. Čerpadlo Alpha2 25-40 s maximální výtlačnou výškou 4 m, s tlakem do 10 barů a spotřebou do 5 W.

9.3 Solární kolektory

Pro přehřev TV solárními panely byly zvoleny panely firmy Suntime model 2.1, výrobce uvádí plochu panelu o velikosti $2,13 \text{ m}^2$, o rozměrech 1900 x 1060 mm, hmotností 41 kg, doporučeným průtokem $25 \text{ l}/(\text{m}^2 \text{ hod})$ a maximálním počtem v sérii zapojených kolektorů 6 (jeden o objemu zhruba 1,5 l).

Přesný výpočet solárních kolektorů bylo prostřednictvím volně dostupného programu Suntiware 10.2. V prostředí tohoto programu byl zvolen Olomoucký kraj, orientace kolektorů jihovýchodní, se sklonem 35° . Počet osob 5 s teplotou teplé vody 55°C a teplotou studené vody 10° . Program Suntiware 10.2 určilo solární systém s pěti kolektory o ploše přibližně 10 m^2 . Tento solární systém má výkon $411 \text{ kWh}/\text{m}^2$ a celková energie získaná kolektory je $3786 \text{ kWh}/\text{rok}$. Tento solární systém také splňuje požadavky projektu „Zelená úsporám“ a je možné získat dotaci. Program na základě údajů určil grafický podíl energie získané od slunečních kolektorů v jednotlivých měsících.



Obrázek 37: energie získaná kolektory.

9.4 Zabezpečovací zařízení otopné soustavy

Pojistná zařízení jsou zařízení, kterými musí být osazen každý zdroj tepla, připojené v pojistném místě, ve kterém musí být spolu s pojistným zařízením i tlakoměr a teploměr. S měnícím se objemem média v soustavě (na základě objemové roztažnosti vody vzhledem k teplotě) se také mění přetlak soustavy. Z těchto důvodů je nutné soustavu opatřit expanzní nádrží, která je schopna tyto objemové změny vyrovnávat. V hydraulickém systému je několik okruhů a každý z nich by měl mít svou expanzní nádrž s dostatečným objemem.

Ochranou jsou vybaveny všechny zdroje tepla již od výrobce (plynový kotel, solární kolektory). Ochranou je zamýšleno odstavení zdroje tepla od energie v případě jakékoli kolize či problému, například u solárních kolektorů je nutné spustit dočasný oběh pro zchlazení kolektorů.

Pojistné ventily, jejich hodnoty a umístění musí být pečlivě navrženo, kvůli zajištění ochrany celého systému před překročením maximálního dovoleného přetlaku.

9.4.1 Expanzní nádrž solárních kolektorů

U okruhu se solárními panely byl zvolen nejjednodušší a i nejspolehlivější způsob a to s otevřenou expanzní nádobou. V tomto případě je nádoba umístěna v podkroví, či na půdě pod solárními kolektory. Objem nádrže takto uvažovaného systému by měla být 1,5 násobek objemu kolektorů instalovaných na střeše objektu tedy 13,5 l. Vybraná expanzní nádrž od firmy Expanzomat Dukla s objemem 140 litrů.

Průměry potrubí expanzního d_{exp} a pojistného d_{poj} byly určeny z výkonu solárních panelů ϕ_{poj} , které určuje norma ČSN EN 12828.

$$d_{exp} = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{\phi} = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{14,22} = 20,28 \text{ mm}$$

$$d_{poj} = 15 + \sqrt{\phi} = 15 + \sqrt{14,22} = 18,77 \text{ mm}$$

Systém je otevřený a v tomto případě nehrozí žádné nebezpečí, pokud by nastala porucha nebo jakýkoli problém, médium by odteklo kohoutkem a proto také není nutné řešit pojistný ventil.

9.4.2 Expanzní nádrž otopného okruhu

Expanzní nádrž otopného okruhu se navrhuje podle normy ČSN EN 12828, jako expanzní nádrž okruhu se solárními kolektory.

$$V = V_k + V_t + V_v \text{ [l];}$$

kde V [l] – celkový objem soustavy;

V_k [l] – objem kapaliny v otopných tělesech;

V_t [l] – objem kapaliny v potrubí;

V_v [l] – objem kapaliny v zásobníku;

$$V_k = \sum v_n \cong 70 \text{ l;}$$

$$V_t = \sum l_n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cong 10 \text{ l;}$$

$$V_v = 140 \text{ l;}$$

$$V = 70 + 10 + 140 = 220 \text{ l.}$$

Expanzní objem nádrže byl určen následovně:

$$V_{exp} = e \cdot \frac{V}{100} = 4,21 \cdot \frac{220}{100} = 9,26 \text{ l;}$$

kde e [l] – změna objemu vody závisící na maximální teplotě vody v soustavě, která je v tomto případě 100 °C se určí podle tabulky níže.

Tabulka 35: objemová změna vody.

Nejvyšší návrhová expanzní teplota t [°C]	Změna objemu vody e [%]
30	0,66
40	0,93
50	1,29
60	1,71
70	2,22
80	2,81
90	3,47
100	4,21
110	5,03
120	5,93
130	6,9

V normě ČSN EN 12828 je uvedeno, že je nutné určit objem rezervy vody vyrovnávající objem vody, která mění svůj objem na základě teploty. U expanzních nádrží s objemem menším než je 15 litrů musí být alespoň 20 % rezervy, pro nádrže s větším objemem je to pak 0,5 % objemu soustavy, nejméně však 3 litry.

$$V_{WR} = 0,5 \cdot \frac{220}{100} \cong 1,1 \text{ l.}$$

Vypočítaný objem rezervy je nižší než minimální možný uvedený normou, proto je tato rezerva volena o objemu 3 litry.

Pro zjištění plnicího tlaku expanzní nádrže je nutné znát i její celkový minimální objem.

$$V_{exp,min} = (V_{exp} + V_{WR}) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = (9,26 + 1,1) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 0,62} \cong 20 \text{ l}$$

$$p_e = 2,5 \text{ bar}; \quad p_0 = p_{dyn} + p_{stat};$$

$$p_0 = h \cdot \rho \cdot g + p_{dyn} = 6.982,9,81 + 4187 \cong 62000 \text{ Pa} = 0,62 \text{ bar}$$

Plnicí tlak expanzní nádrže byl vypočítán takto:

$$p_{a,min} \geq \frac{V_{exp,min} \cdot (p_0 + 1)}{V_{exp,min} - V_{WR}} - 1 = \frac{20 \cdot (0,62 + 1)}{20 - 1,1} - 1 \cong 0,71 \text{ bar};$$

$$p_{a,max} \leq \frac{(p_e + 1)}{1 + \frac{(p_e + 1)}{V_{exp,min} \cdot (p_0 + 1)}} - 1 = \frac{2,5 + 1}{1 + \frac{2,5 + 1}{20 \cdot (0,62 + 1)}} - 1 \cong 0,9 \text{ bar}.$$

Minimální objem expanzní nádrže musí být alespoň 20 litrů, pro tento okruh byla vybrána expanzní nádrž Ivam Solar 24L s plnicím tlakem v rozmezí od 0,71 bar do 0,9 bar.

9.4.3 Pojistný ventil plynového kotle

Průměr pojistného potrubí d_s byl určen z výkonu plynového kotle $\phi = 20 \text{ kW}$, na základě normy ČSN 060830, která uvádí platný vztah platící v případě, kdy nemůže dojít k vývinu páry.

$$d_s = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{\phi} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{20} \cong 12,7 \text{ mm};$$

minimální průřez sedla pojistného ventilu je pak:

$$S_0 = \frac{2 \cdot \phi_{poj}}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_{ot}}} = \frac{2 \cdot 20}{0,44 \cdot \sqrt{250}} \cong 5,75 \text{ mm}^2;$$

kde α_v [–] – celkový výtokový součinitel pojistného ventilu, udává ho výrobce;

p_{ot} [kPa] – otevírací přetlak pojistného ventilu.

V případě běžné provozní teploty do 100 °C říká norma ČSN 060830, že pojistný výkon je daný vlastním výkonem zdroje tepla.

$$\phi_{poj} = \phi_{PK} = 20 \text{ kW};$$

pro pojistný průtok pak platí:

$$V_{poj} = \phi_{poj} \cdot 10^{-3} = 20 \text{ m}^3/\text{hod}.$$

Výpočtem výše byl ověřen dostatečný průřez navrhovaného pojistného ventilu. Pojistné potrubí bylo zvoleno měděné DN 18. Pojistný ventil musí být umístěn do dvaceti násobku průměru potrubí od plynového kotle.

Tlaková ztráta pojistného potrubí před pojistným ventilem nesmí přesáhnout 7,5 kPa.

$$\Delta p_{ztr} \leq 0,03 \cdot p_{dov} = 0,03 \cdot 250 = 7,5 \text{ kPa}$$

Tlaková ztráta pojistného potrubí nesmí přesáhnout 25 kPa.

$$\Delta p_{ztr} \leq 0,1 \cdot p_{dov} = 0,1 \cdot 250 = 25 \text{ kPa}.$$

9.4.4 Pojistný ventil TV

Pojistný ventil umístěný na vstupu do zásobníku TV je ventil s výtokovým součinitelem $\alpha_v = 0,44$ a nejmenším průtočným průřezem 113 mm².

10 ELEKTROINSTALACE

V navrhované elektroinstalaci tohoto domu jsou na základě platných předpisů a norem zakresleny světelné a zásuvkové obvody, i bleskosvod. Jedná se o elektroinstalaci pro plynofikovaný RD. Dům je připojen k II. napěťovému pásmu pro střídavé napětí ve smyslu ČSN 330130 – 3/N/PE AC 400/230V 50Hz TN-S.

Základní údaje o napájeních:

Druh proudu: střídavý.

Rozvodné sítě: střídavé – jednofázové, trojvodičové – krajní vodič 1;

– neutrální vodič 1;

– ochranný vodič 1;

– trojfázové, pětivodičové – krajní vodiče 3;

– neutrální vodič 1;

– ochranný vodič.

V RD v přízemí bude v místnosti č. 105 namontována ekvipotenciální přípojnice (EP1), která bude napojena na samostatný uzemňovač uzemňovacím pásem FeZn 30/4 mm, podle ČSN 332000-4-41 s odporem maximálně 15 Ohmů. Na tuto EP1 bude připojen vodič hlavního ochranného spojení CY 16 mm², který bude propojen s přípojnicí EP2 umístěnou v rozvodnici RD, kde bude také hlavní ochranný vodič, jež bude napojen na uzemňovací svorku kotle v místnosti č. 105. Místo přívodu energie bude elektroměrový rozvaděč umístěný na veřejně přístupném místě, jak ukládá norma ČSN 333320.

Teoretické zatížení domu by mělo být 5 kW pro světelnou elektroinstalaci, 13 kW pro zásuvkovou elektroinstalaci, elektrický ohřívač vody 2 kW, elektrický sporák 7 kW. To je $P_i = 20,6 \text{ kW}$, kde pak $P_s = 12 \text{ kW}$ a roční spotřeba elektrické energie bude přibližně 25 kW.

Druh elektrických rozvodů a způsob instalace závisí na charakteru jejich umístění, vlastnostech stěn, na kterých budou uloženy, na přístupnosti rozvodů osobám a zvířatům, na napájecím napětí z hlediska izolace vodičů a na namáhání vodičů vystavených montáži, provozu a údržbě.

Průřezy vodičů jsou dány jejich nejvyšší dovolenou teplotou, dovoleného úbytku napětí, elektromagnetických účinků v důsledku zkratových proudů a mechanického namáhání. Ochranné přístroje jsou dány s ohledem na jejich funkci proti nadproudům, zemnímu poruchovému proudu, přepětí a podpětí, zkratům napětí.

10.1 Světelná a zásuvková elektroinstalace

V místnosti 103 v přízemí bude namontována rozvodnice RD, z plastu, ve třídě ochrany II, zapuštěná, v krytí IP40, s krytem přístrojů po otevření dvířek IP20.

Do rozvodnice RD bude zhotoven přívod elektroměrového rozvaděče kabelem CYKY 5Cx 16 mm². Fázové vodiče přívodního kabelu budou v rozvodnici připojené na svorky hlavního vypínače 3 x 32 A.

Z rozvodnice RD budou zhotoveny světelné vývody kabely CYKY 3C x 1,5 mm² s jištěním fázového vodiče jisticími přístroji. Zásuvkové vývody pro zásuvky 16 A AC 250V 50 Hz TN-S budou kabely CYKY 3C x 2,5 mm² s jištěním fázového vodiče jisticím přístrojem. Zásuvky umístěné v koupelnách, zásuvky pro elektrospotřebiče používané ve venkovním prostředí budou navíc chráněny proudovými chrániči 25 A. Z rozvodnice bude také veden kabel CYKY 3C x 2,5 mm² s jističem pro napojení zařízení STVA, která budou v místnostech č. 102 a č. 101. Kotel a elektrický ohříváč vody v místnosti č. 105 budou připojeny taktéž kabely CYKY 3C x 2,5 mm² s jističem i proudovým chráničem s doutnavkou. Elektrický sporák bude připojen kabelem CYKY 5C x 2,5 mm² s fázovým jističem spolu s vypínačem s doutnavkou.

Veškeré kabely v domě budou uloženy pod omítkou, jak je zakresleno na obrázcích podle normy ČSN 332000-5-52.

Světelné vývody nebudou ovládány klasickými spínači, ale vypínači inteligentního systému. Vývody pro svítidla budou ukončeny ve svítidlových svorkách (v domě krytí IP 20, na fasádě IP56). Při volbě druhu svítidla a světelného zdroje je potřeba postupovat podle normy ČSN 360450 – Intenzita osvětlení místností, která je uvedena v textu dále. Tyto světelné vývody budou na stěnách ve výšce 2 m nebo na stropěch ve výšce 2,7 m, tak aby byly dostupné z podlahy popřípadě žebříku.

Zásuvky budou polozapuštěné 16 A AC 250 V 50 Hz TN-S s krytím IP20, budou umístěny ve výšce min. 30 cm a max. 1,2 m nad úrovní podlahy. Zásuvky v koupelnách a v kuchyni

je nutné montovat podle normy ČSN 332000-7-701, mimo umývací prostor umyvadel či van, ve výšce 1,2 m nad úroveň podlahy.

Elektrická instalace musí být uspořádána tak, aby byl zajištěn dostatečný prostor pro instalaci a pozdější výměnu jednotlivých částí elektrického zařízení, přístup na ovládání, zkoušení, revizi, údržbu, opravu a chlazení. Rozvodky elektroinstalace budou umístěné ve stěnách ve výšce od 2 do 2,5 m.

V místnosti č. 103 bude osazena rozvodka pro budoucí telefonní zásuvku, z tohoto místa bude na fasádu vedena PVC trubka 16 mm, kde bude ukončena. Přes ni budou zataženy vodiče veřejných telefonních rozvodů.

V místnosti č. 102 bude ve stěně osazeno zařízení STVA, ze kterého budou vést trubky stěnami, fasádou na střechu pro anténní přívod.

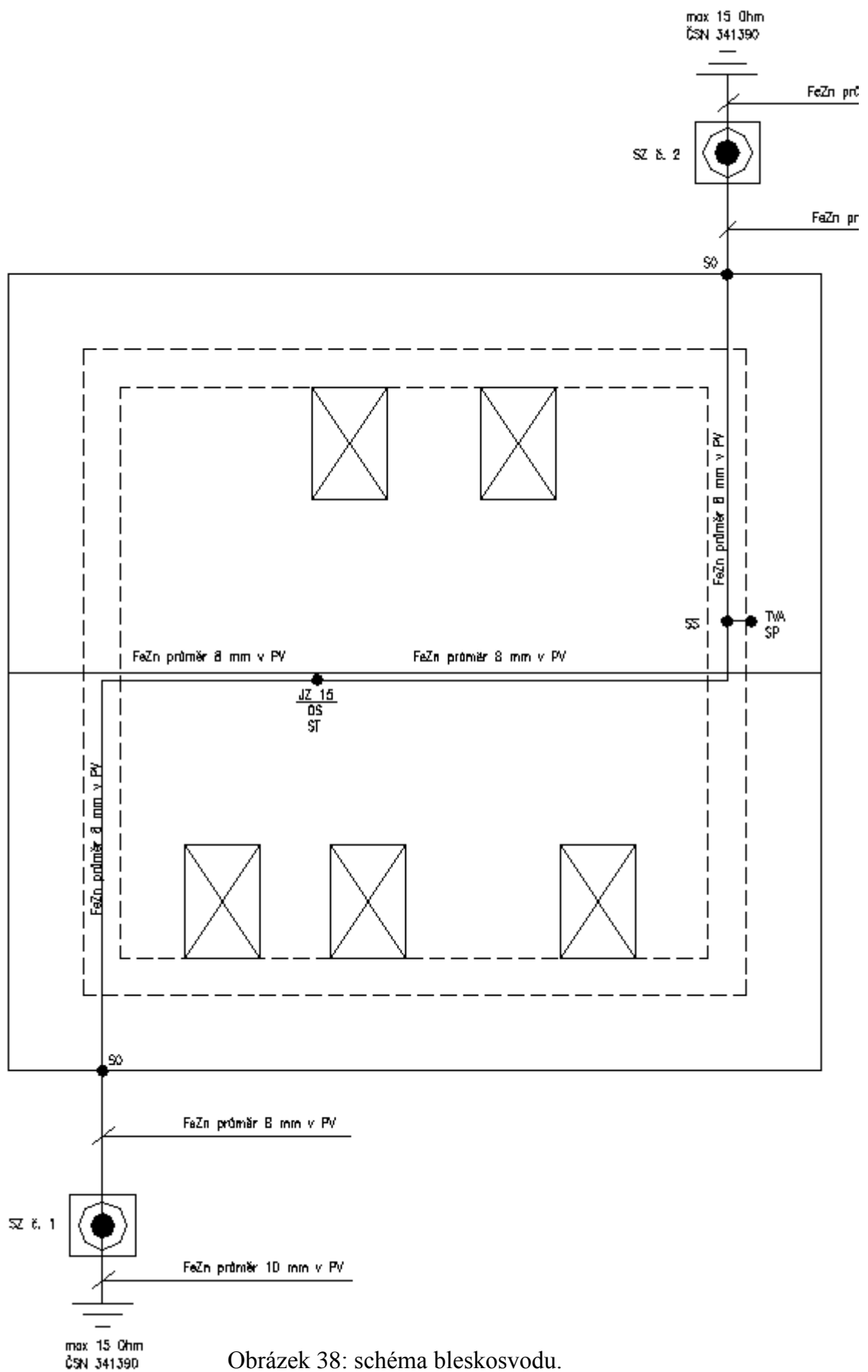
Na střeše domu bude pak umístěn bleskosvod z FeZn vodičů s průměry 8 mm a 10 mm.

V tabulce (Tabulka 37) je uvedena spotřeba materiálu pro navrhovanou elektroinstalaci.

Tabulka 36: hodnoty osvětlení.

Místnost	Osvětlení [Lx]	
101 kuchyň s jídelnou	300	Přízemí
102 obývací pokoj	300	
103 chodba	200	
104 WC	100	
105 sprcha	200	
201 pokoj1	200	Podkroví
202 pokoj2	200	
203 pokoj3	200	
204 chodba	100	
205 koupelna	200	
206 WC	100	

Schéma návrhu elektroinstalace v přízemí a podkroví je na obrázcích (Obrázek 41 a Obrázek 42).



Obrázek 38: schéma bleskosvodu.

Tabulka 37: soupis materiálů pro navrhovanou elektroinstalaci.

Materiál		
Rozvodnice		1 ks
Rozvodka		88 ks
Kabel CYKY	3C x 1,5 mm ²	130 m
	2A x 1,5 mm ²	80 m
	5C x 1,5 mm ²	20 m
	3A x 1,5 mm ²	100 m
	3C x 2,5 mm ²	235 m
	5C x 2,5 mm ²	35 m
	5C x 6 mm ²	15 m
Kabely CY	4mm ²	50 m
	16 mm ²	30 m
Svorka		10 ks
Pás FeZn 30/4 mm		30 m
EP1		1 ks
Zásuvka	250V, dvojitá IP20	20 ks
	250V, IP44	2 ks
	400/230V	1 ks
Svítidlová svorkovnice		6 ks
Trubka PVC	d 16 mm	40 m
	d 29 mm	40 m

11 SYSTÉMY V BUDOVĚ

V této kapitole jsou zahrnuty návrhy všech tří systémů zvyšujících komfort obyvatel domu spolu s ochranou jejich vlastní i majetku. Část s názvem EZS obsahuje návrh zabezpečovacího systému domu, EPS pak systém protipožární, oba dva tyto systémy jsou zcela nezávislé na třetí části: inteligentní systém a SCADA, kde je popsán návrh inteligentních rozvodů v domě v podobě ovládání osvětlení, žaluzií a vytápění spolu s vizualizací usnadňující orientaci pro maximální využití navrženého systému.

11.1 EZS

Jak již bylo zmiňováno, úlohou elektronického zabezpečovacího systému je chránit majetek obyvatel domu proti vloupání, poškození či krádeži.

Pro návrh EZS byl použit systém firmy Jablotron. Základní částí zabezpečovacího systému jsou detektory pohybu a rozbití skla (JS-25), tento detektor je kombinací PIR snímače pro prostorovou vnitřní ochranu spolu se snímačem glassbreak pro plášťovou ochranu. Tento detektor má tři samostatné výstupy – pohyb osoby, rozbití skla, sabotáž snímače. PIR detektor zpracovává násobnost signálu, glassbreak pak vyhodnocuje 2 fyzikální veličiny (změny tlaku v místnosti a následné šíření zvuku rozbití skla). V tomto detektoru je možnost výměny originální čočky za čočku se zónou pro pohyb domácích zvířat. Umístění detektoru je zpravidla pod stropem v místě průchodu mezi místnostmi. Navrhované detektory jsou napojeny na sirénu JA-111AO, ta je napájena akumulátorem, používá piezoelektrický akustický měnič, obsahuje senzory proti sabotáži v podobě sejmutí krytu či stržení sirény z místa montáže. Verze sirény 360A je vhodná pro aplikaci v místech, kde by se mohl zvuk odrážet od okolních staveb, což platí v tomto případě RD. Pro ovládání zabezpečovacího systému je určena klávesnice JA-80H, která obsahuje čtečku karet přístupu, tlačítko pro zvonek a podsvícenou klávesnici. Tato klávesnice je vhodná pro ovládání přístupu (ovládání dveřního zámku) či pro ovládání celého systému. Klávesnice musí být připojena k ústředně, to je provedeno prostřednictvím rozhraní WJ-80. Ústředna má v sobě integrovaný napájecí zdroj pro připojené detektory i sirénu. Tato ústředna je umístěna v chodbě přízemí domu u vstupních dveří.

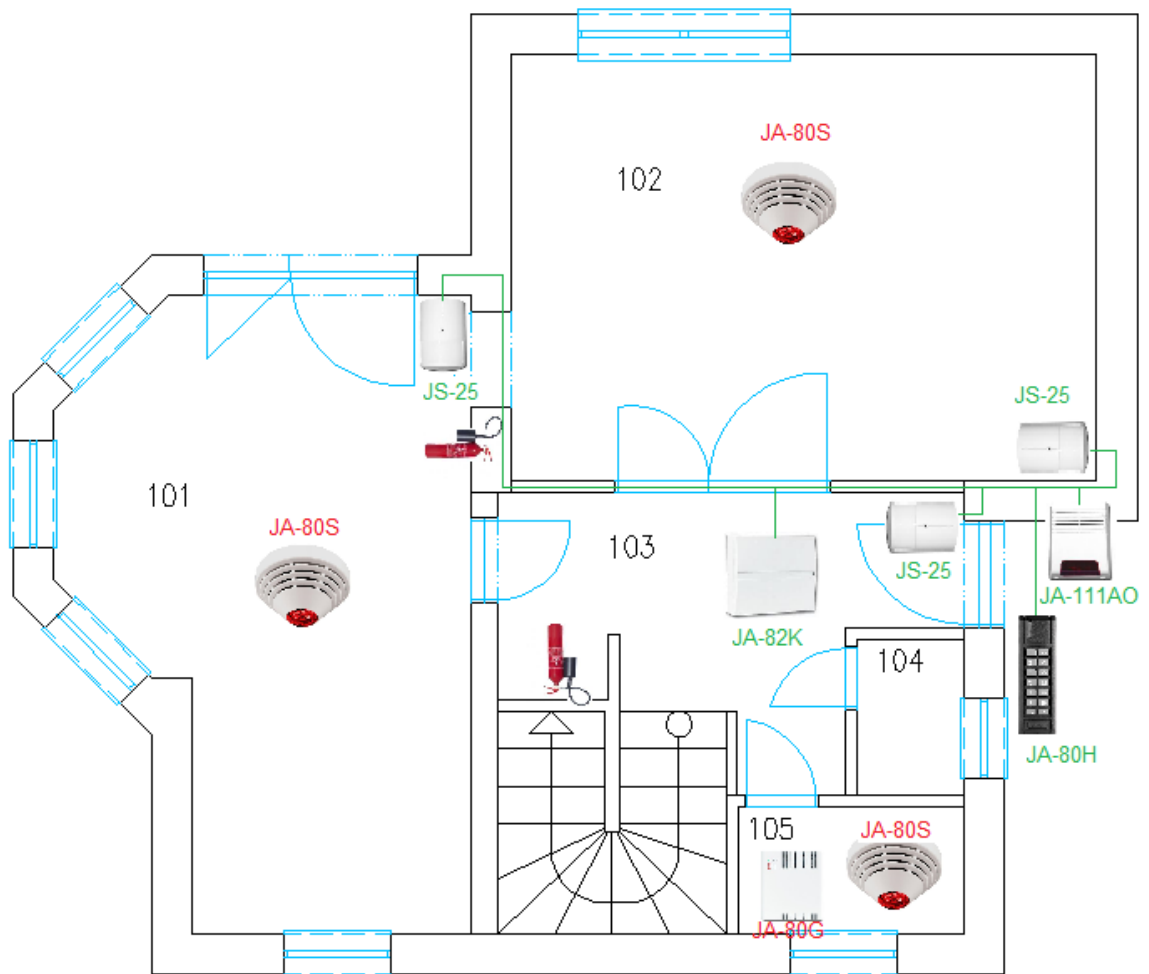
Navrhované rozmístění EZS je na obrázcích (Obrázek 39 a Obrázek 40).

11.2 EPS

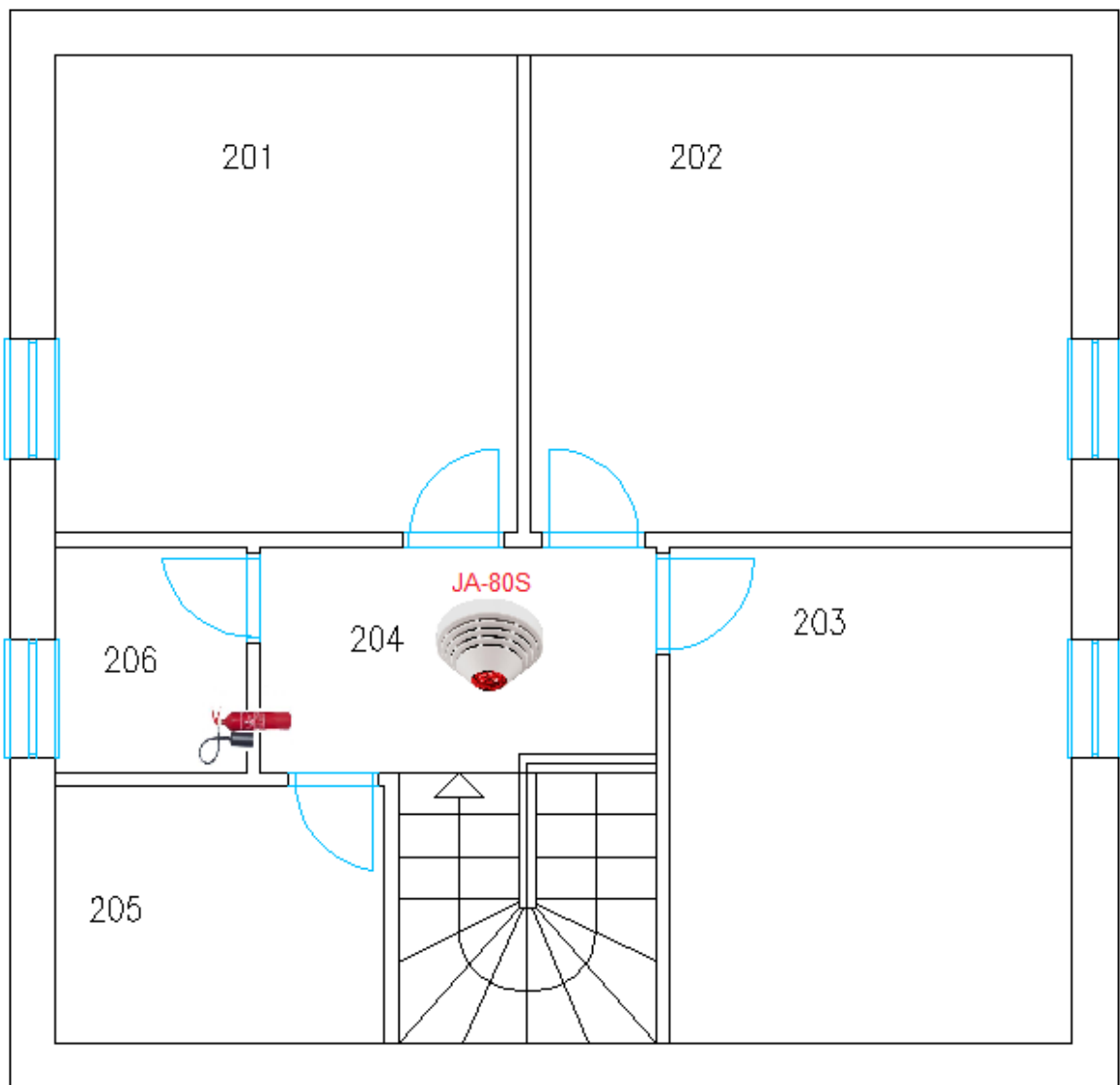
Úkolem tohoto systému je ochrana obyvatel domu i jejich majetku před nebezpečím vzniku požáru. Instalace požárních hlásičů a přenosných hasicích přístrojů je povinností při výstavbě či rekonstrukci budov, jak ukládá vyhláška č. 23/2008 sb., která vešla v platnost 1. 7. 2008. Kouřový detektor je nutné umístit v té části domu, která vede k východu ven, vzhledem k tomu, že posuzovaný objekt je patrový, musí být detektor umístěn v nejvyšším bodě společné chodby, v tomto případě nad schodištěm v podkroví. Detekci požáru v RD zajišťuje detektor firmy Jablotron JA-80S, tento model v sobě kombinuje optický detektor kouře a detektor teplotní. Optický det. funguje na principu rozptylu světla, je velmi citlivý na větší částice, které jsou obsaženy v hustém kouři, avšak hůře reaguje na malé částice obsažené v čistém dýmu a vůbec není schopen detekce hoření kapalin. Z tohoto důvodu obsahuje čidlo teploty, tímto je det. schopen reakce na hoření s vysokou rychlostí růstu teploty. Detektory požáru jsou umístěny v místnostech s vyšším rizikem vzniku požáru a to v kuchyni, technické místnosti s plynovým kotlem (místnost č. 105 sprcha), obývacím pokojem, je umístěn také v chodbě podkroví nad schodištěm. V místnosti č. 105 je také umístěn bezdrátový detektor JA-80G, který detekuje hoření zemního plynu, svítiplynu, propanu, butanu a jiných. Tento detektor indikuje nebezpečí svítivými diodami a sirénou.

Hasicí přístroj (S5če-89B) použitý při návrhu systému je sněhový umístěný v kuchyni, na chodbě v přízemí a na chodbě v podkroví rodinného domu.

Navrhované rozmístění EPS je na obrázcích (Obrázek 39 a Obrázek 40).



Obrázek 39: navržené rozmístění EZS a EPS v přízemí domu.



Obrázek 40: navržené rozmístění EZS a EPS v podkroví.

11.3 Inteligentní systém a SCADA

Inteligentní systém

Základním prvkem inteligentního systému je ovládací LCD panel, díky kterému je možné automatické ovládání různých prvků celého domu. Mezi prvky, které lze ovládat patří intenzita vybraného osvětlení, regulace teploty a ovládání žaluzií na oknech. Po konzultaci s majitelem RD byl pro umístění panelu zvolen obývací pokoj v přízemí domu.

Inteligentní rozvody jsou řešeny pomocí sběrnicevého systému KNX, použité prvky tohoto systému jsou od společnosti ABB, od této je i ovládací systém Ego-n použitý v systému.

E-gon je inteligentní elektroinstalace představující ideální řešení elektrické instalace v novostavbách či rekonstruovaných domech. Pomocí jediného tlačítka snímače je obyvatel domu schopen ovládat různé prvky (žaluzie, osvětlení, vytápění). Jde o centralizovaný systém s řídicí jednotkou, která umožňuje propojení až 512 systémových prvků přes čtyřvodičovou sběrnici. Akční členy tohoto systému jsou v modulovém provedení – DIN lišta do rozvaděče s možností připojení i bezdrátových radiových vysílačů.

Úkolem ovládacího systému Ego-n je vytápění domu. Systém kontroluje teploty naměřené v exteriéru, v nádržích a místnostech domu, na základě naprogramovaných požadavků (kalendáře) reguluje tepelnou soustavu. Regulace trojcestných ventilů, respektive termohlavice, je systémem prováděna pomocí modulu (3270-C67600) ovládajícího šest termohlavic (2-D42-00-101). Regulace topných okruhů je řešena pomocí termostatů umístěných v každé místnosti. Systém řídí otopná tělesa přes elektronicky ovládané ventily. Tento systém lze využít i pro ovládání podlahového vytápění.

Snímačem s LCD (3273E-A98900) v obývacím pokoji, termostatem (3273E-A58100) a modulem 3270-C67400 jsou ovládány žaluzie. Po vyhodnocení dílčích faktorů jsou žaluzie staženy/vytaženy nebo skloněny, podle toho, jak jsou faktory vyhodnoceny. Žaluzie jsou staženy v teplých a slunných dnech, kdy by mohlo docházet k přehřívání interiéru. Tyto dny jsou dány geografickou polohou RD, dnem v roce a také teplotou v místnostech. Regulace je plynulá a do místností pouští dostatek denního světla.

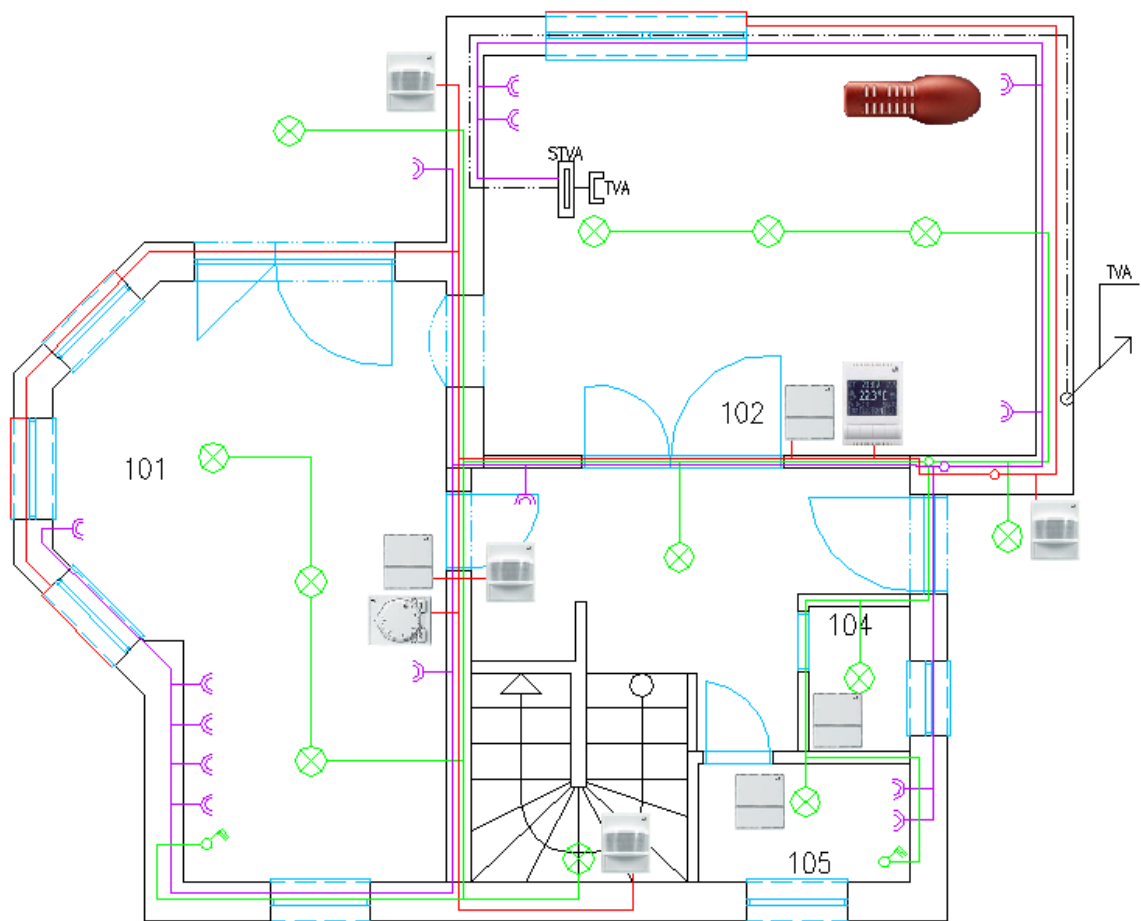
Pro ovládání jsou použity jedno a dvojnásobné tlačítkové snímače, které umožňují snadné ovládání spotřebičů (světla) v domě. V každé místnosti je uvažován jeden spínaný světelný okruh, v obývacím pokoji je možnost ovládání i dálkové prostřednictvím bezdrátového vysílače (3299-96900). Prostřednictvím stmívacího modulu je možné ovládat intenzitu osvětlení pro zrakovou pohodu a také šetření elektrické energie. Detektory pohybu umístěné u vchodu do domu, na chodbě v přízemí i podkroví, na schodišti a také na terase automaticky rozsvěcují osvětlení jim přiřazené při detekování pohybu v oblasti.

Systém Ego-n má centrální funkce, např.: při opouštění domu lze stisknutím tlačítka na jediném místě vypnout všechna světla (případně i zásuvky, ty musí být napojeny na systém Ego-n), taktéž umožňuje upravení vytápěcího režimu. Tato nastavení lze provádět prostřednictvím mobilního telefonu, PC či tabletu. Je možné dostávat informace

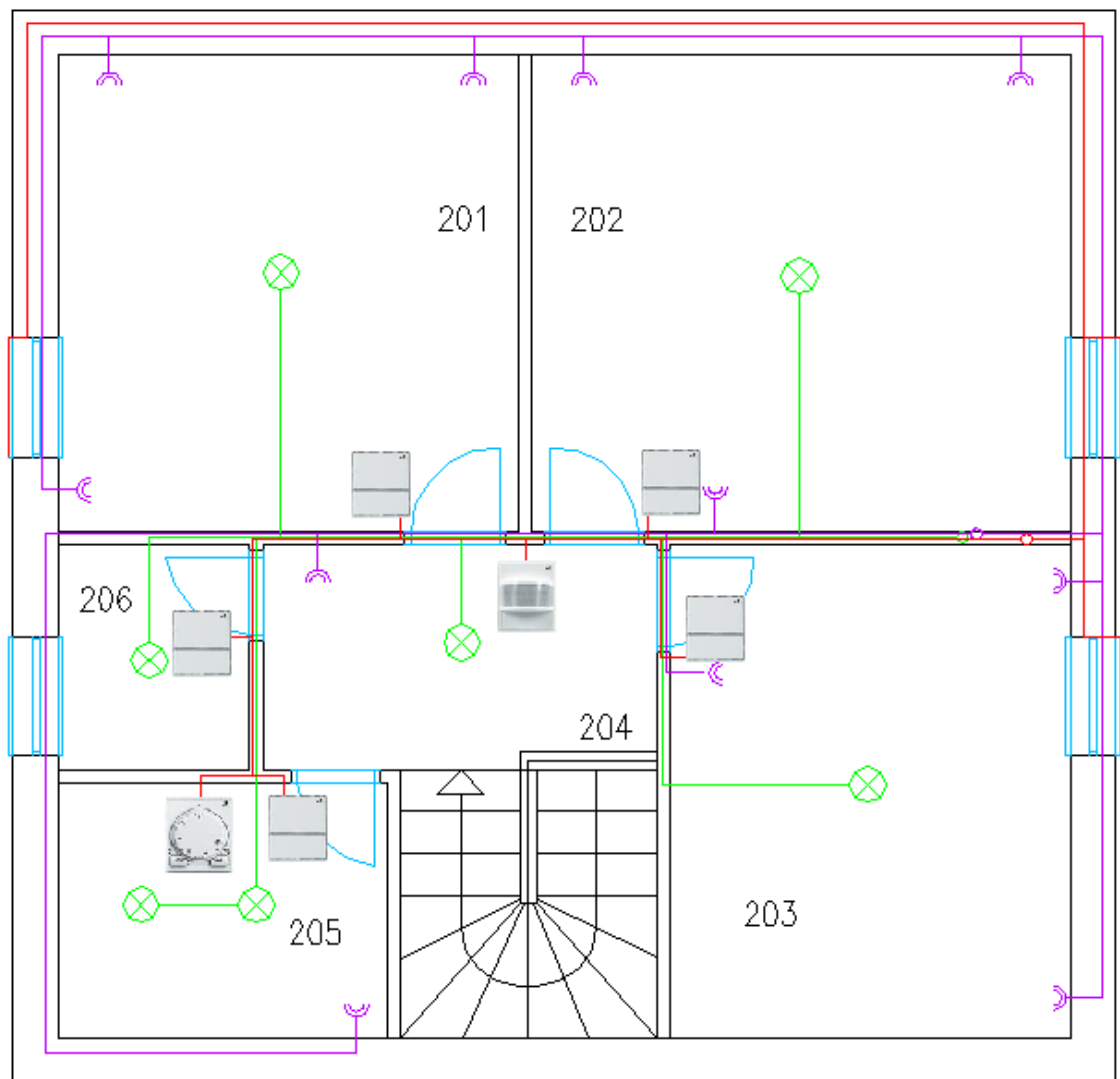
a ovládat systém prostřednictvím SMS. Na zařízení, umožňující takovéto ovládání je potřeba vizualizace objektu a jednotlivých místností.

Tabulka 38: prvky KNX použité v inteligentním systému.

Označení	Prvek Název	Množství [ks]	Cena [MJ/ks]	Cena [Kč]
3270-C16100	řídící modul	1	8976,8	8976,8
3270-C16900	napájecí modul	1	4694,2	4694,2
3271E-A28900 01	tlačítkový snímač, jednonásobný	9	1396,5	12568,5
3271E-A48900 01	tlačítkový snímač, dvojnásobný	5	1450,4	7252
3271E-A48800 01	tlačítkový snímač s RF	2	2842	5684
3272E-A18100 01	snímač pohybu	5	2146,2	10731
3274E-A58200 01	termostat	2	1891,4	3782,8
3270-C87100	spínací modul	3	5145	15435
3270-C67400	žaluziový modul	1	6027	6027
KSE224	sběrníkový kabel (100 m)	2	2116,8	4233,6
3270-C27900	stmívací modul	1	6173	6173
3270-C16400	modul logických funkcí	1	5625,2	5625,2
3273E-A98900 01	tlačítkový snímač s LCD	1	4704	4704
3270-C67600	modul termohlavice	1	5625,2	5625,2
3273E-A58100 01	programovací termostat	1	3479	3479
3299-96900 C	vysílač RF	1	1197	1197
3279-C00100	programovací přípravek	1	803,6	803,6
2-D42-00-101	ovládaná termohlavice	3	970,2	2910,6



Obrázek 41: návrh světelných rozvodů (zelená), zásuvkových rozvodů (fialová) a inteligentních rozvodů (červená) – přízemí.



Obrázek 42: návrh světelných rozvodů (zelená), zásuvkových rozvodů (fialová) a inteligentních rozvodů (červená) – podkroví.

Vizualizace

Kromě naprogramovaných možností systému, může do nastavení zasáhnout i obyvatel domu prostřednictvím uživatelského rozhraní v aplikaci k tomu určené. Vizualizace domu prostředí SCADA, z anglického supervisory control and data acquisition - dispečerské řízení a sběr dat, je program díky kterému může být dům libovolně ovládán. Vytvoření SCADA je možné v mnoha programech, pro tento projekt byl vybrán program Reliance 4.

Tato vizualizace je zobrazována na LCD, přes webové rozhraní nebo PC, či tabletu. Ovládání je snadné a přehledné z okna hlavního menu – Obrázek 36.

HLAVNÍ MENU



Obrázek 43: hlavní menu.

Základní obrazovka s hlavním menu zprostředkovává přístup k dílčím nastavením domu – vytápění, osvětlení, žaluzie a také nastavení pro dům jako celek. Po stisku tlačítka program nabídne menu s položkami, které lze libovolně nastavovat.

Po stisku tlačítka DŮM se zobrazí nabídka nastavení pro dům jako celek. V této nabídce lze nastavovat rožnutí/zhasnutí všech světel v domě/patře, stažení/vytažení žaluzií v domě/patře a také nastavení vytápění – zapnout/vypnout.

CELOPLOŠNÁ NASTAVENÍ

PŘÍZEMÍ

- zhasnout všechna světla
- rozsvítit všechna světla
- stáhnout žaluzie
- vytáhnout žaluzie
- zapnout vytápění
- vypnout vytápění

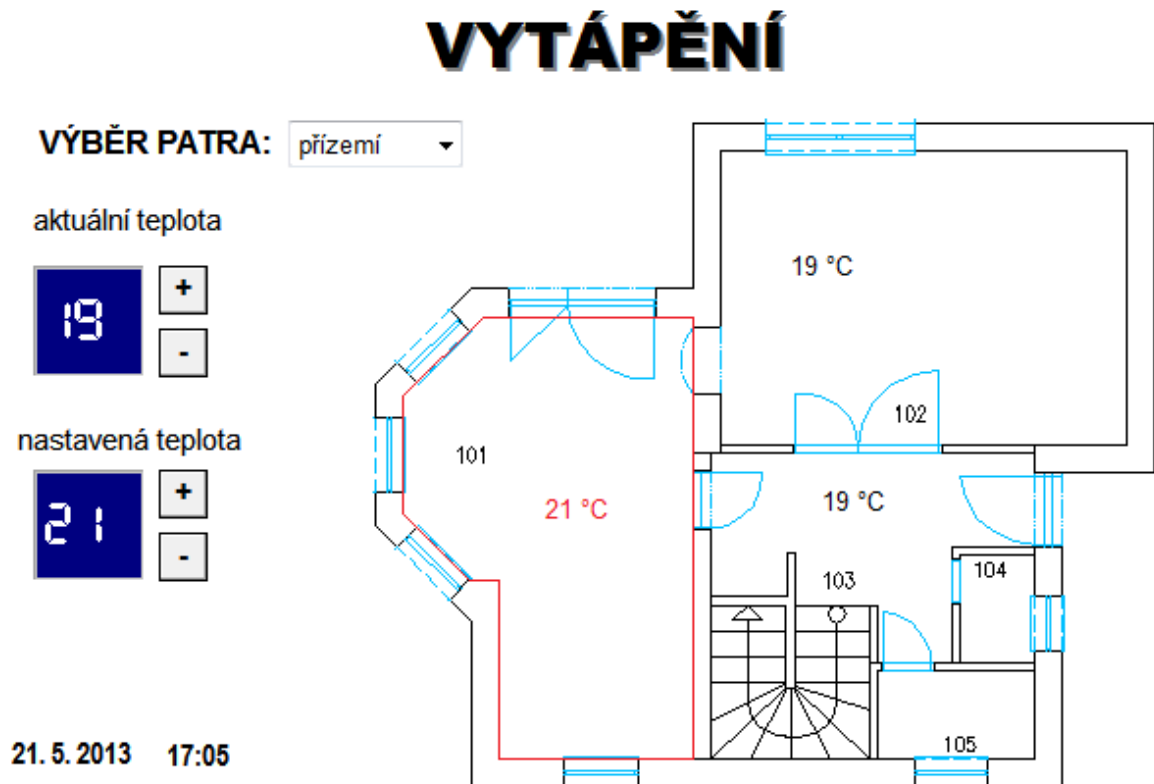
PODKROVÍ

- zhasnout všechna světla
- rozsvítit všechna světla
- stáhnout žaluzie
- vytáhnout žaluzie
- zapnout vytápění
- vypnout vytápění

21. 5. 2013 17:05

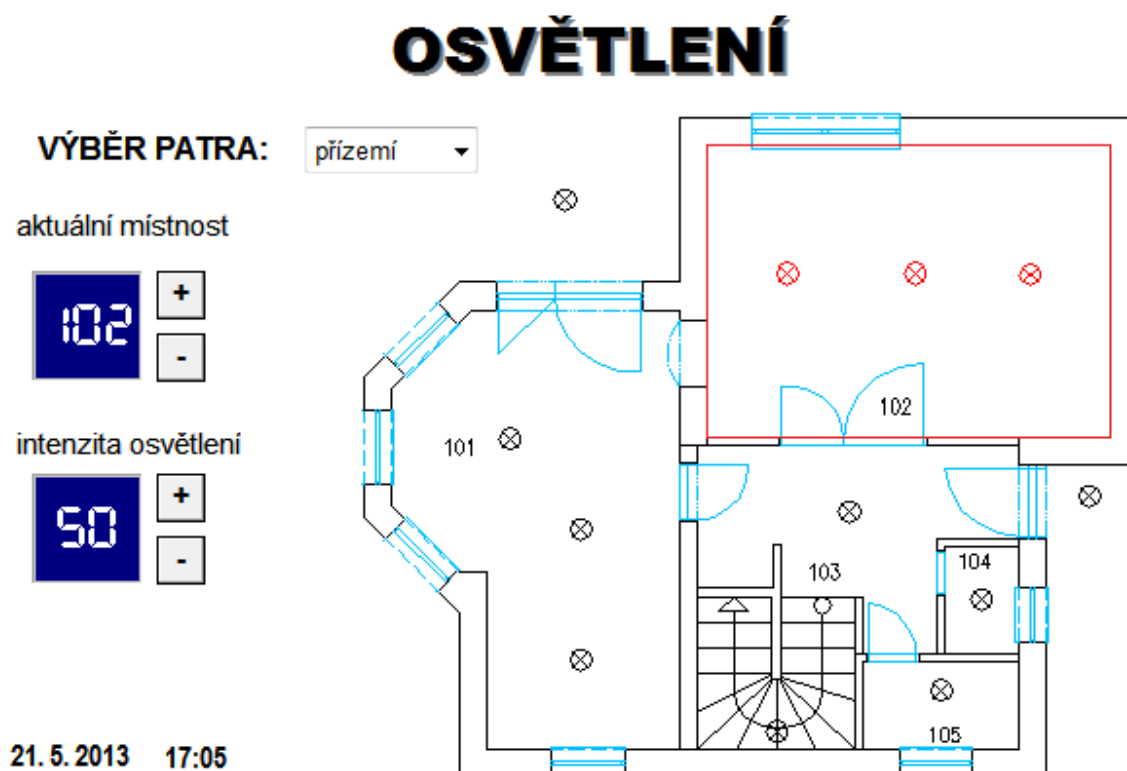
Obrázek 44: nastavení celého domu.

Po stisku tlačítka VYTÁPĚNÍ se zobrazí okno s nabídkou nastavení vytápění domu. V okně je nabídka výběru patra, které chceme vytápět. Na modrém displeji je aktuální teplota v místnosti, tu lze vybrat tlačítky + a - u tohoto displeje. Pod tím je položka nastavená teplota, kde si uživatel nastavuje tlačítky + a - teplotu, na kterou chce vybranou místnost vytápět.



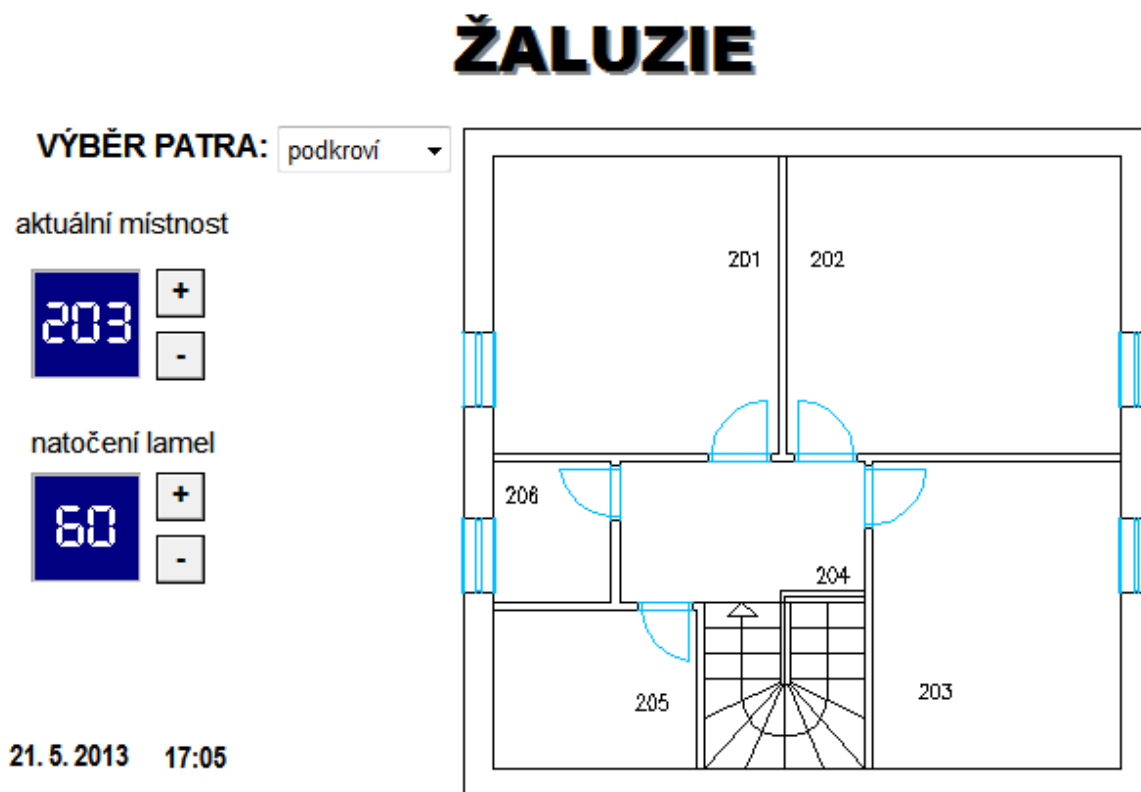
Obrázek 45: nastavení vytápění.

Pod tlačítkem OSVĚTLENÍ je opět možné vybrat podlaží, které chceme nastavit. Na displeji je zobrazeno číslo aktuální místnosti, tlačítka + a - jsou místnosti přepínány. Pod tímto je procentuální vyjádření intenzity osvětlení, v tomto případě 50 %. Rozsah intenzity je 0 % zhasnuto až 100 % plně rozsvíceno.



Obrázek 46: nastavení osvětlení.

Obdobně se chová nastavení pod tlačítkem ŽALUZIE, kde je opět výběr patra a místnosti. Displej níže zobrazuje procentuální vyjádření natočení lamel v rozsahu 0 % až 100%. Kde 0 % jsou žaluzie vytažené, procenta 10 až 100 reprezentují úhel natočení od 0 ° do 90 °.



Obrázek 47: nastavení žaluzií.

V případě jakékoli poruchy jsou tyto chyby nahlášeny v okně, které se automaticky zobrazí. Při nálezů chyby je zobrazeno podlaží, kterého se toto hlášení týká, jako další je zobrazena oblast poruchy. V tomto případě je zobrazená oblast osvětlení, a to z důvodu popsaného v okně níže – nesvítí žárovka v místnosti.

CHYBOVÁ HLÁŠENÍ

PODLAŽÍ PORUCHY:

podkroví

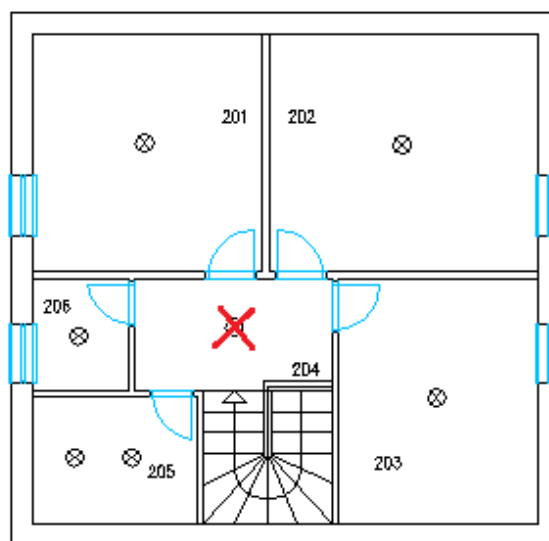
OBLAST PORUCHY:

osvětlení

POPIS:

Nesvítí žárovka na chodbě v podkroví domu.

21. 5. 2013 17:05



Obrázek 48: hlášení o chybách.

12 FOTOVOLTAICKÉ PANELE

Umístění fotovoltaických panelů je zvoleno na jihovýchodní straně střechy. Pro tento projekt byly zvoleny vysoce účinné monokrystalické fotovoltaické články (s vrstvenou skleněnou fólií s hliníkovou vrstvou) s účinností 16 % až 17 % Solarwatt M220 60 GET AK. Jeden panel má rozměry 1680 x 990 x 50 mm (osluněná plocha panelu je 1,66 m²), o váze 24 kg, nominální výkon 235 W. Provozní teplota těchto panelů je - 40 °C až + 45 °C. V sérii je možné zapojit maximálně 27 panelů. Bylo zvoleno 14 panelů s pokrývající plochou přibližně 24 m². Výrobcem uváděný předpokládaný energetický zisk je přibližně 3,3 kWp za rok (kWp – jednotka špičkového výkonu fotovoltaické elektrárny při standardních testovacích podmínkách, kde p=peak).

Vyrobena energie pro spotřebu domu by nebyla příliš ekonomická, proto je tato energie uvažována jako dodávka energie do sítě ČEZ. Výkupní cena elektřiny je přibližně 6000 Kč za MWh, to je 6 Kč/kWh při přímé dodávce.

12.1 Kalkulace

Pro kalkulaci výroby elektrické energie byl použit model, který byl vytvořen výzkumným centrem Evropské komise, z oho důvodu, že je zdarma a on-line [36]. Tato elektronická kalkulačka je dostupná na <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>.

Dům, pro který jsou fotovoltaické panely navrhovány, se nachází ve městě Uničov, které se nachází na 49°46'15" severní šířky a 17°7'17" východní délky ve výšce 243 metrů nad úrovní hladiny moře. Jmenovitý výkon fotovoltaického systému je 3,3 kW a použitý materiál je krystalický křemík. Odhadované ztráty na základě teploty jsou 7,5 % (při použití místní teploty), ztráta v důsledku úhelní odrazivosti je 3 %, další ztráty jsou 14%, kombinovaná ztráta je pak 22,8 %. Navrhovaný systém bude pevně ukotvený se sklonem 35 ° a jihovýchodní orientací, tyto hodnoty jsou ideálně určené zmiňovaným modelem.

V následující tabulce je množství získané energie ze slunečního záření za jednotlivé měsíce, za rok průměrně a za rok celkově.

E_d je průměrná denní výroba elektřiny daným systémem [kWh],

E_m je průměrná měsíční výroba elektřiny daným systémem [kWh],

H_d je průměrná denní suma globálního záření na m² [kWh/m²],

H_m je průměrná měsíční suma globálního záření na m^2 [kWh/m²].

Průměrná roční výroba elektřiny navrhovaného fotovoltaického systému je 3120 kWh.

Tabulka 39: množství získané energie.

Měsíc	E_d	E_m	H_d	H_m
Leden	2,95	91,6	1,09	33,7
Únor	5,37	150	2,05	57,4
Březen	9,48	294	3,73	116
Duben	12,8	383	5,27	158
Květen	12,7	394	5,43	168
Červen	12,7	380	5,47	164
Červenec	12,1	375	5,28	164
Srpen	12	371	5,19	161
Září	9,81	294	4,08	122
Říjen	6,31	196	2,54	78,6
Listopad	3,59	108	1,37	41
Prosinec	2,76	85,5	1,03	32
Průměr za rok	8,55	260	3,55	108
Celkem za rok	3120		1300	

12.2 Ekonomické hodnocení

Firma zhotovující fotovoltaické panely VR OZE systems s.r.o. má ve své nabídce komplexní balíček služeb, kde garantuje maximální pořizovací náklady na přibližně 240 000 Kč, to je dáno druhem instalace. Tato cena v sobě zahrnuje 14 panelů, střídač, rozvaděč, kabeláž stejnosměrnou i kabeláž pro připojení ke třífázovému elektrickému rozvodu, zahrnuje taktéž přípravu konstrukce, montáž celého systému, zprovoznění dodávky energie i revize během provozu.

Pro určení ekonomické efektivity je nutné znát:

dobu životnosti projektu: $t = 20$ let;

celkové investice: $IN = 240\,000$ Kč;

průměrný roční výnos: $CF = 34\,000$ Kč;

diskont: $r = 5$ %;

inflaci: $\alpha = 4$ %.

Z těchto hodnot je možné získat prostou dobu návratnosti:

$$T = \frac{IN}{CF} = \frac{240\,000}{34\,000} \cong 7,05 \text{ let};$$

to znamená, že za dobu o něco delší než je 7 let by se teoreticky měla investice vrátit, ovšem nebere v úvahu peněžní tok a čas, proto se uvažuje diskontová doba návratnosti:

$$T_d = \frac{\ln \left[1 + \frac{IN}{CF} \cdot (\alpha - r) \right]}{\ln \frac{1 + \alpha}{1 + r}} = \frac{\ln [1 + 7 \cdot (0,04 - 0,05)]}{\ln \frac{1 + 0,04}{1 + 0,05}} \cong 7,77 \text{ let};$$

z výsledku vzorce výše vyplývá, že přesnější doba, za kterou se investice vrátí, je více než 7 let.

Čistá současná hodnota:

$$NPV = CF \cdot \frac{(1 + r - \alpha)^t - 1}{(r - \alpha) \cdot (1 + r - \alpha)^t} - IN;$$

$$NPV = 34\,000 \cdot \frac{(1 + 0,05 - 0,04)^{20} - 1}{(0,05 - 0,04) \cdot (1 + 0,05 - 0,04)^{20}} - 240\,000 \cong 373\,114 \text{ Kč};$$

tato hodnota vyjadřuje současnou hodnotu budoucích peněžních toků a případného současného výdaje. Tato hodnota zohledňuje časový faktor.

Vnitřní výnosové procento, *IIR* je ve své podstatě úroková míra, která se určí následovně:

$$CF \cdot \frac{(1 + IIR)^t - 1}{IIR \cdot (1 + IIR)^t} = 0;$$

$$IIR \cong 13 \%;$$

procento, které vyjde, vyjadřuje výnos, to znamená, že se investice během životnosti vrátí, ale také vynesou dalších 13 %.

13 FINANČNÍ NÁKLADY PROJEKTU

V poslední řadě je při rekonstrukci důležitý rozpočet, tedy sumace nákladů na realizaci. Ceny byly odvozeny z aktuálních ceníků materiálů, výrobků od výrobců či dodavatelů. Rekonstrukce RD v sobě zahrnuje výměnu oken a dveří za okna lépe izolující objekt, vodu+topení spolu s otopnými tělesy, elektroinstalaci společně s inteligentním systémem Ego-n, taktéž elektronický zabezpečovací a protipožární systém. Součástí projektu je i návrh fotovoltaického a solárního systému.

Tabulka 40: celkové náklady na rekonstrukci.

Druh výdaje	Cena za materiál [Kč]
Výměna oken a dveří	129000,00
Voda+topení+OT	140684,50
Elektroinstalace	21047,00
EZS	6336,00
EPS	10357,00
Inteligentní systém	109902,50
Solární systém	140000,00
Fotovoltaický systém	240000,00
CELKOVÉ NÁKLADY	797327,00

Z tabulky výše plynou náklady na rekonstrukci řešeného rodinného domu v celkové výši 797 327 Kč.

14 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navržení integrovaného systému do rekonstruovaného rodinného domu. Integrovaný systém představují inteligentní rozvody tvořící příjemné vnitřní prostředí. Všechny tyto systémy jsou řízeny sběrníkovým systémem KNX prostřednictvím uživatelského snadno ovladatelného rozhraní SCADA. Prvky tvořící inteligentní systém komunikující přes sběrnici KNX jsou výrobky Ego-n od firmy ABB. Dalšími částmi integrovaného systému jsou zabezpečovací a protipožární systém spolu s návrhem elektroinstalace rodinného domu.

Diplomová práce je rozdělena do dvou hlavních částí. Do teoretické části, která tvoří základ práce pro tvorbu další části – praktické, která obsahuje řešení a návrh pro konkrétní rodinný dům.

Teoretická část této práce je ve své podstatě stručnou studií energeticky úsporných domů, které jsou v této době velmi požadované. Vysoké požadavky na takovéto domy jsou kladeny jak ze strany investorů, tak ze strany orgánů tvořících normy. V souvislosti s tímto byly v teoretické části popsány hlavní požadavky na vnitřní mikroklima a jeho tvorbu, vnější vlivy působící na objekt a jeho obyvatele. Spolu požadavky na vnitřní a vnější prostředí byl kladen důraz také na obnovitelné zdroje energie, které byly v teoretické části také popsány. Hlavním důvodem využití obnovitelných zdrojů je úspora energie, neznečišťování životního prostředí a také jakási nezávislost na dodavatelských energiích. Součástí teoretické části je kapitola o stavebních konstrukcích, která pojednává o důležitosti tepelně izolačních vlastnostech všech konstrukčních částech. Na základě tohoto je vypracováván tepelný štítek obálky budovy, který je nedílnou součástí novostaveb i rekonstruovaných budov.

Druhou částí diplomové práce je část praktická. Ta na svém začátku identifikuje celý rodinný dům včetně jeho dislokace a veškerých návrhových podmínek, jako další je identifikace stavebních konstrukcí spolu s jejich tepelněizolačními vlastnostmi. Na základě kterých byl navržen tepelný štítek budovy, ze kterého je patrné, že dům vyhovuje všem požadavkům, které ukládají normy, s tímto souvisí snížení tepelných ztrát. Budova ve svém navrhovaném stavu dosahuje úrovně nízkoenergetického rodinného domu.

Další částí je kapitola o tepelné soustavě, kde jsou navržena otopná tělesa vytápějící dům tak, aby byly pokryty tepelné ztráty, součástí kapitoly je i postup navrhování podlahového

vytápění v místnostech určených majiteli domu. Navrhovaný hydraulický systém sestává spolu s vytápěcím i systém solárních kolektorů spolu s jejich návrhem a energetickým pokrytím potřeb ohřevu teplé vody.

Praktická část pojednává o návržení elektrických rozvodů pro světelné a zásuvkové okruhy. Spolu s elektroinstalací byly navrženy systémy ochraňující obyvatele domu před vloupáním, krádežemi a proti požáru – zabezpečovací a protipožární systém. Světelné zdroje nejsou navrženy jako klasická svítidla ovládaná vypínači, nýbrž jako inteligentní – ovládána integrovaným inteligentním systémem KNX pro zvýšení životního komfortu obyvatel rodinného domu. Ovládání domu je možné prostřednictvím vizualizace SCADA, kterou je možné aplikovat do mobilního telefonu, tabletu či osobního počítače.

V dnešní době je kladen velký důraz na obnovitelné zdroje, z tohoto důvodu je další kapitolou návrh a využití fotovoltaických panelů, včetně celkové kalkulace návratnosti, pro snížení energetických nákladů.

Poslední kapitolou praktické části je finanční náročnost celého projektu.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this thesis was to design an integrated system in a renovated house. Integrated system of an intelligent distribution is forming a comfortable indoor environment. All these systems are controlled via KNX bus system easy-to-use user interface SCADA. Elements forming an intelligent system communicating via KNX products are Ego-n from ABB. Other parts of the integrated system are fire and alarm system and proposal for wiring a house.

The thesis is divided into two main parts. In the theoretical part, this is forming the basis for job creation, next section - practical solution which includes a proposal for concrete house.

The theoretical part of this work is essentially a brief study of energy-efficient homes that are at this time highly desired. High requirements for such houses are imposed both by investors and by the institutions making up the standards. In connection with this were the theoretical part describes the main requirements for the internal microclimate and its creation, external influences acting on the object and its inhabitants. Along the requirements for internal and external environment, the emphasis was also on the renewable energy sources that have been in the theoretical part also described. The main reason for the use of renewable resources, energy conservation, doesn't pollute environmental and also a kind of independence from energy suppliers. The theoretical part of the chapter on building structures, which discusses the importance of thermal insulation properties of all components. On the basis of this label is being developed thermal envelope of the building, which is an integral part of both new and refurbished buildings.

The second part is the practical part. It identifies the beginning of his entire family including his house dislocation and all design conditions, such as the identification of other structures along with their thermal insulation properties. Under which the thermal plate designed buildings from which it is apparent that the house meets all the requirements imposed by standards linked with this reduction in heat loss. The building in its proposed state reaches the level of low-energy house.

Another part is the chapter on thermal system where radiators are designed heating house so as to cover the heat losses included in this chapter is also a design under floor heating in the rooms for homeowners. The proposed hydraulic system consists along with heating system and solar panels, together with their design and coverage of energy needs for hot water.

The practical part deals with the design of electrical systems for lighting and socket circuits. Along with the electrical systems were designed protecting the occupants of the house against burglary, theft and fire - a fire alarm system. Light sources are designed as classic lamps

controlled by a switch, but as intelligent - controlled integrated intelligent KNX to increase living comfort inhabitants of the house. House management is possible through visualization, SCADA, which can be applied to a mobile phone, tablet or PC.

Today is a great emphasis on renewable resources, for this reason, the next chapter the design and use of photovoltaic panels, including total return calculations, to reduce energy costs.

The last chapter of the practical part is about the financial requirements of the project.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GEBAUER, Günter. Formování vnitřního prostředí budov. *Formování vnitřního prostředí budov* [online]. 2008, 11-12 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=1732>
- [2] RUBINOVI, Olga a Aleš. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. *Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka* [online]. 2005 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>
- [3] FANGER, P.O., 1972. *Thermal comfort*. McGraw-Hill, New York.
- [4] POSPÍŠILOVÁ, V.: Vliv umístění otopných těles ve vytápěném prostoru na teplotní a proudové pole. Praha, ČVUT v Praze, 2008. [cit. 2013-02-05]. DP - 64 s
- [5] Kvalita vnitřního prostředí. *Pasivní domy* [online]. © 2006-2010 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/vnitri-prostredi-domu/kvalita-vnitriho-prostredi.html?chapter=hodnoceni-kvality-vnitriho-prostredi>
- [6] Meteoradar. *Oblačnost nad Českou republikou* [online]. [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://radar.meteopress.cz/>
- [7] ÚSEK HYDROLOGIE, Český hydrometeorologický ústav. *Průměrné srážky v České republice za rok 2004* [online]. 2005 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/hr04/images/us04mm.jpg>
- [8] Plastová okna SCHÜCO - Požadavky pro nízkoenergetické domy - Plastová okna Plastokno. *Plastokno - specialista na plastová okna* [online]. © 2007-2010 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.plastova-okna-plastokno.cz/plastova-okna-schuco-pozadavky-nizkoenergeticke-domy>
- [9] HOLUŠA, Petr. Výstavba pasivních domů: Základní principy. *Intoza - Stavíme s radostí* [online]. INTOZA s. r. o., © 2010 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.intoza.cz/vystavba-pasivnich-domu/zakladni-principy.html>
- [10] PETRTYL, Zdeněk. Technické zařízení budov. *Energetický štítek obálky budovy* [online]. 2012 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/110906-energeticky-stitek-obalky-budovy>
- [11] Sendwix. *Průkaz energetické náročnosti budovy* [online]. 2012 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: http://www.sendwix.cz/servis/pen_budovy.html
- [12] Technická zařízení budov. KREJČOVIČOVÁ, Alice, Jan ANTONÍN, František MACHOLDA, Petr KOTEK a Petr VOGEL. *Statistický přehled panelových domů v krajích ČR* [online]. 2010 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/regenerace-bytovych-domu/6323-statisticky-prehled-panelovych-domu-v-krajich-cr>
- [13] BERANOVSKÝ, Jiří, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. Zásady výstavby nízkoenergetických domů. *I-EKIS: Internetové energetické konzultační a informační středisko* [online]. Topinfo s.r.o., © 2001-2008 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.i-ekis.cz/?page=nizkoenergeticke>
- [14] BERANOVSKÝ, Jiří, Lenka HUDCOVÁ, Monika KAŠPAROVÁ, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. Zásady výstavby nízkoenergetických domů. *EkoWATT* [online]. © EkoWATT, 2007, 2010 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-nizkoenergetickych-domu>
- [15] ČSN 730540 - 1. *Tepelná ochrana budov: Terminologie*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [16] ČSN 730540 - 2. *Tepelná ochrana budov: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

- [17] ČSN 730540 - 3. *Tepelná ochrana budov: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [18] ČSN 730540 - 4. *Tepelná ochrana budov: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [19] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [20] ČSN 730542. *Způsob stanovení energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov*. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [21] ČSN EN ISO 13790: *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [22] ČSN 060320. *Tepelné soustavy v budovách: Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [23] ČSN 060310. *Tepelné soustavy v budovách: Projektování a montáž*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [24] ČSN EN 12828. *Tepelné soustavy v budovách: Navrhování tepelných soustav*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [25] 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.
- [26] Solární systém. In: *Topení-topenáři: Solární vytápění kapalinové | Sluneční kolektory* [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>
- [27] Fotovoltaické solární systémy. In: *Topení-topenáři: Fotovoltaické solární systémy | Sluneční kolektory* [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/fotovoltaicke.php>
- [28] Úsporné zdroje energie. *Pasivní domy* [online]. Brno: Centrum pasivního domu, © 2006-2010 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/usporne-zdroje-energie.html?chapter=vhodne-kombinace-zdroju>
- [29] ENERGIE SLUNCE - VÝROBA ELEKTRINY. In: *ekoWATT: ENERGIE SLUNCE - VÝROBA ELEKTRINY* [online]. 2007 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---vyroba-elektriny>
- [30] Aktuál 36: rodinný dům. In: *Euroline* [online]. 1995 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.euroline.cz/cz/projekty/rodinne-domy/detail-domu/RD-Aktual-036.html>
- [31] ČSN EN 15251. *Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky*. Praha: Ústav pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [32] BASTIAN, Peter. *Praktická elektrotechnika*. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2004, 295 s. ISBN 80-867-0607-9.
- [33] BERKA, Štěpán. *Elektrotechnická schémata a zapojení*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 199 s. ISBN 978-80-7300-229-9.
- [34] VOJÁČEK, Antonín. *Sběrnice KNX pro řízení budov - 2.část - kabely, propojení a EIB. Automatizace.HW.cz* [online]. 27.srpen 2006 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2006082701>
- [35] MATZ, Václav. *Systémy používané v "inteligentních" budovách - přehled komunikačních protokolů*. *TZB-info* [online]. 25.10.2010 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6879-systemy-pouzivane-v-inteligentnich-budovach-prehled-komunikacnich-protokolu>
- [36] Ekwatt. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)* [online]. © 2008 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://fotovoltaika.ekowatt.cz/pvgis.php>

- [37] ZÁLEŠÁK, Martin. *Technika prostředí v oboru Integrované systémy v budovách: Environmental technology in the field of integrated systems in buildings : teze habilitační práce*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2009, 42 s. ISBN 978-80-7318-834-4.
- [38] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky: Environmental technology in the field of integrated systems in buildings : teze habilitační práce*. Vyd. 2. [S.l.: s.n.], 2003, 351 s. ISBN 80-902-9382-4.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RD	Rodinný dům, rodinné domy.
IM	Vnitřní mikroklima, interní mikroklima.
C	Význam třetí zkratky.
TP	Tepelná pohoda.
tzv.	Takzvaný/á/é
PPD	Predicted percentile dissatisfied.
PMV	Predicted mean vote.
NPK	Nejvyšší přípustná koncentrace.
PEL	Přípustný expoziční limit.
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air-Contitioning.
TV	Teplá voda.
FSP	Fotovoltaické solární panely.
kce.	Konstrukce.
EZS	Elektronický zabezpečovací systém.
EPS	Elektronický protipožární systém.
KNX	Konnex bus.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: schéma tvorby IM [1].....	12
Obrázek 2: rychlostní pole středem místnosti [4].....	14
Obrázek 3: vliv vlhkosti a teploty na komfort.	17
Obrázek 4: PPD jako funkce PMV.	20
Obrázek 5: energetický štítek obálky budovy [10], průkaz energetické náročnosti budovy [11].	32
Obrázek 6: vývoj normovaných požadavků na součinitel prostupu tepla konstrukcemi podle normy ČSN 730540 [12].	33
Obrázek 7: křivka poměrného odběru objemu TV [22].	50
Obrázek 8: křivky dodávky a odběru tepla při ohřevu vody [22].....	51
Obrázek 9: návrh otopných těles – šířka okna.	54
Obrázek 10: návrh OT – výška parapetu.	54
Obrázek 11: ukázka OT pod oknem.	54
Obrázek 12: schéma zapojení podle Tichelmanna, kde je červená přívodní potrubí a modrá vratné potrubí.	55
Obrázek 13: ukázka úseků.	55
Obrázek 14: příklad umístění podlahového vytápění.	59
Obrázek 15: suchý způsob uložení potrubí podlahového vytápění.	60
Obrázek 16: spirála a meandr.	60
Obrázek 17: rozteč potrubí T a průměr d potrubí.....	61
Obrázek 18: prostor pod podlahou.....	62
Obrázek 19: trubicový solární kolektor [26].....	66
Obrázek 20: solární systém [26].	66
Obrázek 21: zapojení systému s dodávkou energie do sítě a natáčecí FSP [29].	68
Obrázek 22: příklad rozdělení zón – koupelna.	71
Obrázek 23: půdorys základů popisovaného RD.....	77
Obrázek 24: projekt RD, podle firmy Euroline [30].....	77
Obrázek 25: půdorys přízemí s popisem místností.	79
Obrázek 26: půdorys podkroví s popisem místností.....	80
Obrázek 27: energetický štítek budovy.	83
Obrázek 28: důkaz toho, že v obvodové konstrukci nedochází ke kondenzaci vodních par.....	84

Obrázek 29: příklad kondenzace ve střešní konstrukci.	85
Obrázek 30: průběh teplot během modelového dne.	88
Obrázek 31: hydraulické schéma TV v rodinném domě.	90
Obrázek 32: schematické znázornění umístění navržených OT v přízemí.	93
Obrázek 33: schematické znázornění umístění navržených OT v podkroví.	94
Obrázek 34: schematické znázornění stoupaček radiátorového vytápění.	94
Obrázek 35: umístění navrhovaného podlahového vytápění v přízemí.	96
Obrázek 36: umístění navrhovaného podlahového vytápění v podkroví.	97
Obrázek 37: energie získaná kolektory.	99
Obrázek 38: schéma bleskosvodu.	107
Obrázek 39: navržené rozmístění EZS a EPS v přízemí domu.	111
Obrázek 40: navržené rozmístění EZS a EPS v podkroví.	112
Obrázek 41: návrh světelných rozvodů (zelená), zásuvkových rozvodů (fialová) a inteligentních rozvodů (červená) – přízemí.	115
Obrázek 42: návrh světelných rozvodů (zelená), zásuvkových rozvodů (fialová) a inteligentních rozvodů (červená) – podkroví.	116
Obrázek 43: hlavní menu.	117
Obrázek 44: nastavení celého domu.	118
Obrázek 45: nastavení vytápění.	119
Obrázek 46: nastavení osvětlení.	120
Obrázek 47: nastavení žaluzií.	121
Obrázek 48: hlášení o chybách.	122

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: hodnoty koeficientu A v závislosti na rychlosti proudění vzduchu v_{ar}	14
Tabulka 2: produkce vlhkosti z různých zdrojů [5].	17
Tabulka 3: hodnoty doporučené pro obytné budovy.	18
Tabulka 4: srovnání stupňů PMV.	18
Tabulka 5: hygienické podmínky IM.	20
Tabulka 6: hladiny hluku v různých časech.	21
Tabulka 7: doporučené množství osvětlení pro různé činnosti.	22
Tabulka 8: plynné složky obsažené ve vzduchu.	25
Tabulka 9: teplotní oblasti České republiky.	25
Tabulka 10: vnější návrhová relativní vlhkost.	27
Tabulka 11: třídy energetické náročnosti.	31
Tabulka 12: součinitel prostupu tepla dle normy ČSN 730540 – 2 znění z roku 2011.	34
Tabulka 13: hodnoty doporučených součinitelů prostupu tepla pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla.	35
Tabulka 14: část tabulky požadovaných hodnot poklesu výsledných teplot v místnosti v zimním období.	40
Tabulka 15: část tabulky požadovaných hodnot nejvyšších denních teplot vzduchu v místnosti v letním období.	40
Tabulka 16: globální sluneční záření za měsíc E_{gm} [$kWh/(m^2m\acute{e}s)$] a za vytápěcí období E_{gVO} [$kWh/(m^2rok)$].	45
Tabulka 17: činitel využití slunečního záření za měsíc $cm[-]$ a průměrný činitel za vytápěcí období $cmp[-]$	45
Tabulka 18: celková propustnost slunečního záření.	46
Tabulka 19: potřeba TV pro 1 osobu na jeden den.	49
Tabulka 20: ukázka výpočtu hodnot pro určení tlaku na čerpadle.	56
Tabulka 21: ukázka určení součinitele tření.	56
Tabulka 22: okrajové podmínky.	76
Tabulka 23: návrhové hodnoty vnitřního prostředí podle [17].	78
Tabulka 24: místnosti přízemí.	78
Tabulka 25: místnosti podkroví.	80
Tabulka 26: Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla.	81
Tabulka 27: hodnoty pro zkoumaný rodinný dům.	82

Tabulka 28: klasifikační ukazatel Cl s hodnotami referenční budovy.....	82
Tabulka 29: tepelné ztráty místností ve zkoumaném rodinném domě.	86
Tabulka 30: požadované a doporučené hodnoty [16].....	87
Tabulka 31: kategorie podlah podle poklesu dotykové teploty podlahy [16].....	87
Tabulka 32: nejvyšší denní teplota pro letní období [16].	88
Tabulka 33: navrhovaná otopná tělesa.....	92
Tabulka 34: navrhovaná podlahová topení.	95
Tabulka 35: objemová změna vody.	101
Tabulka 36: hodnoty osvětlení.....	106
Tabulka 37: soupis materiálů pro navrhovanou elektroinstalaci.	108
Tabulka 38: prvky KNX použité v inteligentním systému.	114
Tabulka 39: množství získané energie.	124
Tabulka 40: celkové náklady na rekonstrukci.	126

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI Technické výkresy rodinného domu.

PŘÍLOHA PII Hydraulické schéma otopné soustavy.

PŘÍLOHA PII: HYDRAULICKÉ SCHÉMA OTOPNÉ SOUSTAVY

