

Integrovaný systém v budově - Inteligentní rodinný dům s využitím obnovitelných zdrojů energie - Řídicí systém s komunikací KNX

Integrated Building Systems - An Intelligent House with
Renewable Energy Sources - Control System with KNX

Bc. Lukáš Sovek

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Sovek**
Osobní číslo: **A12441**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově – Inteligentní rodinný dům s využitím obnovitelných zdrojů energie – Řídicí systém s komunikací KNX**

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 možností využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
3. Pro konkrétní budovu navrhnete vhodný systém techniky prostředí s možností využití obnovitelných zdrojů energie. Vytápěcí systém bude odpovídat parametrům rodinného domu se zdrojem ZP a využitím tepelného čerpadla a solárních panelů s možností chlazení vnitřních prostorů.
4. Navrhnete vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA, s případnou vazbou na management budovy.
5. Součástí řešení bude elektroinstalace a navržen a integrován systém EPS a EZS.
6. Zvažte možnost využití fotovoltaických panelů a proveďte jejich technicko-ekonomické hodnocení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. DANIELS, K.: **TECHNIKA BUDOV**. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X
2. **ASHRAE HANDBOOK** . Díl 1 - 4 . American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tuttle Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.
3. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: **Větrání a klimatizace**. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
4. VALENTA, V. a kol.: **TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3**. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
5. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: **Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky**. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9
6. KŘEČEK, S. a kol.: **Příručka zabezpečovací techniky**. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4
7. MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: **Automatizované systémy budov**. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9
8. CIHELKA, J. a kol. **Vytápění, větrání a klimatizace**. SNTL Praha, 1985.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

7. března 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

11. června 2014

Ve Zlíně dne 7. března 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je návrh integrovaného systému v rodinném domě, který zajistí komfortní prostředí bydlení. V práci jsou zpracovány aktuální požadavky na projektování budov z hlediska energetické úspornosti, stavebně fyzikálních parametrů a řešení tvorby celkového mikroklimatu pro užívání domu. Hlavními body jsou návrhy systémů techniky prostředí, které využívají dispozice domu a dostupné zdroje energie. Tyto návrhy budou sloužit jako podklad pro rekonstrukci domu. Jsou zde také popsány a navrženy řešení pro instalace v domě a celkové technicko-ekonomické hodnocení.

Klíčová slova: inteligentní dům, úsporný dům, sběrníkový systém KNX, SCADA, tepelné čerpadlo, solární panely, elektroinstalace, vytápěcí systém

ABSTRACT

The aim of this thesis is to design an integrated system in a family house, which ensure a comfortable living environment. In this thesis are prepared the current requirements for projecting of buildings in terms of energy efficiency, building physical parameters and making the overall solving microclimate for use of a house. The main points are the draft of environmental engineering systems that use the disposition of the house and available energy sources. These proposals will serve as a basis for the reconstruction of the house. There are also described and designed solutions for installation in a house and overall techno-economic evaluation.

Keywords: intelligent building, low-energy house, KNX bus system, SCADA, heat pump, solar panels, electrical wiring, heating system

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Martinu Zálešákovi, CSc., za ochotu, rady a jeho cenný čas věnovaný mé práci.

Také bych rád poděkoval mé rodině za trpělivost a poskytnutí zázemí během celého studia a všem kamarádům za podporu.

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	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVI	12
1.1 NÍZKOENERGETICKÝ DŮM	13
1.2 PASIVNÍ DŮM.....	13
1.3 NULOVÝ DŮM.....	13
2 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ	14
2.1 TEPELNÁ POHODA	14
2.1.1 Operativní teplota.....	15
2.1.2 Rychlost proudění vzduchu.....	15
2.1.3 Vlhkost vzduchu.....	16
2.1.3.1 Relativní vlhkost vzduchu	16
2.1.4 PMV	17
2.1.4.1 Energetický výdej	18
2.1.4.2 Tepelný odpor oděvu	19
2.1.5 PPD	19
2.2 AKUSTICKÉ PODMÍNKY	20
2.3 SVĚTELNÉ PODMÍNKY.....	21
3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ	23
3.1 TLAK VZDUCHU.....	23
3.2 PLYNOVÉ SLOŽKY VZDUCHU	23
3.3 TEPLOTA VZDUCHU	24
3.3.1 Zimní období.....	25
3.3.2 Letní období	25
3.4 VÍTR.....	25
3.5 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ A GEOMETRIE	25
3.5.1 Přímé sluneční sálání.....	26
3.5.2 Difúzní sluneční záření	26
4 STAVEBNĚ FYZ. PARAMETRY A VLASTNOSTI BUDOVY	28
4.1 ŠÍŘENÍ TEPLA KONSTRUKCÍ	28
4.1.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce	28
4.1.2 Součinitel prostupu tepla.....	29
4.1.2.1 Součinitel prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce.....	29
4.1.2.2 Průměrný součinitel prostupu tepla	30
4.2 ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ	31
4.2.1 Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce	32
4.2.2 Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce.....	32
4.3 TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI	33
4.3.1 Pokles teploty v místnosti v zimním období.....	33
4.3.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období	34
4.4 TEPELNÁ ZTRÁTA BUDOVY.....	34
4.4.1 Tepelná ztráta prostupem tepla	35

4.4.2	Tepelná ztráta větráním.....	35
5	SPOTŘEBA ENERGIE V BUDOVĚ.....	37
6	VHODNÉ SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ.....	39
6.1	TEPELNÉ ČERPADLO.....	39
6.1.1	Topný faktor tepelného čerpadla.....	40
6.2	SOLÁRNÍ KOLEKTORY.....	41
6.3	FOTOVOLTAICKÉ PANELY.....	42
6.3.1	Návrh fotovoltaického zařízení.....	43
6.4	OHŘEV VODY.....	43
6.4.1	Návrh potřeby teplé vody.....	44
6.5	TEPELNÁ SOUSTAVA - VYTÁPĚNÍ.....	46
6.5.1	Návrh otopné soustavy – desková otopná tělesa.....	46
7	ELEKTRONICKÉ BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY EZS A EPS.....	48
7.1	ELEKTRONICKÉ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉMY (EZS).....	48
7.2	ELEKTRONICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE (EPS).....	48
8	KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE KNX.....	50
8.1	TOPOLOGIE KNX.....	50
8.2	PŘENOSOVÁ MÉDIA KNX.....	51
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	52
9	POPIS KONKRÉTNÍHO OBJEKTU A ZÁKLADNÍ STANOVENÍ JEHO PARAMETRŮ.....	53
9.1	POPIS OBJEKTU.....	53
9.2	STANOVENÍ SOUČinitele prostupu tepla.....	56
9.2.1	Posouzení pláště budovy.....	56
9.2.2	Energetický štítek obálky budovy.....	58
9.3	STANOVENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT.....	62
9.4	STANOVENÍ TEPELNÝCH ZISKŮ.....	63
10	NÁVRH SYSTÉMŮ TECHNIKY PROSTŘEDÍ.....	65
10.1	NÁVRH SOUSTAVY.....	65
10.2	NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA.....	65
10.3	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY.....	66
10.4	NÁVRH SOLÁRNÍHO KOLEKTORU.....	67
10.5	NÁVRH VYTÁPĚNÍ.....	68
10.5.1	Návrh otopné soustavy.....	68
10.5.2	Návrh zdroje vytápění.....	71
10.6	ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	71
10.6.1	Návrh pojistného ventilu.....	72
10.6.2	Návrh expanzní nádrže.....	72
11	ELEKTROINSTALACE.....	75
11.1	SILNOPROUDÁ ELEKTROINSTALACE.....	75
11.1.1	Návrh světelných rozvodů.....	77
11.1.2	Návrh zásuvkových rozvodů.....	80

11.2	NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMŮ EPS A EZS	83
12	ŘÍZENÍ A KOMUNIKACE	86
12.1	NÁVRH OVLÁDÁNÍ VYTÁPĚČÍHO SYSTÉMU	89
12.2	NÁVRH OVLÁDÁNÍ PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY	89
12.3	NÁVRH OVLÁDÁNÍ OSVĚTLENÍ	89
12.4	NÁVRH OVLÁDÁNÍ ŽALUZII	90
12.5	NÁVRH VIZUALIZACE – OVLÁDACÍ SYSTÉM SCADA	90
13	FOTOVOLTAICKÉ PANELY	94
13.1	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	95
14	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	97
14.1	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV VODY	97
14.2	NÁKLADY NA INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACI.....	99
14.3	CELKOVÉ HODNOCENÍ NÁKLADNOSTI PROJEKTU	99
	ZÁVĚR	101
	CONCLUSION	103
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	105
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	108
	SEZNAM OBRÁZKŮ	109
	SEZNAM GRAFŮ	111
	SEZNAM TABULEK.....	112

ÚVOD

Integrované systémy v budově, byly ještě před několika lety výsadou hotelů a různých komerčních budov a staveb. Hlavní výhodou celého řešení těchto systémů je ulehčit práci s řízením vnitřních systémů v budově jako je vytápění, větrání, osvětlení nebo zabezpečení objektu apod. Tyto systémy mohou zvládat daleko více činností než člověk a celou práci zautomatizovat, tím vlastně ulehčit a zvýšit celkový komfort na užívání objektu. Pokud jsou jednotlivé integrované systémy v objektu naprojektovány tak, že mezi sebou dokáží komunikovat a působit spolu jako jeden celek, jedná se již o inteligentní budovu.

V dnešní době již toto povědomí proniklo k lidem bez odborného vzdělání, a tím se i inteligentní systémy dostaly do rodinných domů a běžných staveb. Tak jako tomu bylo v předešlých letech, tak i nyní integrované systémy v budově přispívají nejen ke zvýšení komfortu bydlení, ale také nemalou měrou přispívají ke snížení energetické potřeby, tedy snižují provozní náklady domu. Úspora je docílena zejména použitím vhodného zdroje energie. U dnešních inteligentních a úsporných domů je to především využití obnovitelných zdrojů energie, jako je zejména energie ze Slunce, a dále pak jsou využívána tepelná čerpadla, která odebírají tepelnou energii z vnějšího prostředí a dodávají ji domu.

Pokud bychom chtěli inteligentní dům specifikovat nějakým popisem, nalezneme v různých zdrojích tuto definici: „Inteligentní budova je taková budova, která je schopná se přizpůsobit změnám ve způsobech jejího užívání a změnách životního stylu jejích obyvatel a nepřestává jim sloužit a vytvářet příjemné a odpovídající prostředí.“ Tuto definici osobně považuji za velmi výstižnou.

V této práci jsou uvedeny popisy, nároky, nařízení a pravidla na vybudování nízkonákladového inteligentního domu, které se dají aplikovat při různých návrzích těchto moderních objektů. Práce je koncipována a zaměřena na domy určené k bydlení. Určitá část této práce bude použita jako podklad pro realizaci rekonstrukce rodinného domu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY

Všechny domy lze rozdělit do několika různých skupin. V dnešní době se hlavně hovoří o rozdělení budov podle energetické náročnosti, kde dělicím kritériem je potřeba tepla na vytápění. Současné domy jsou zařazeny jako novostavby, nízkoenergetické domy, pasivní domy a dům s přebytkem tepla neboli nulový dům. Zpětně jsou samozřejmě zařazeny i staré budovy, i když jejich hodnoty jsou dnes již dávno překonané. Nejběžněji se dnes vyskytují nízkoenergetické domy.

Tab. 1: rozdělení budov podle energetické potřeby

Typ domu	Charakteristika	Potřeba tepla na vytápění [kWh/(m ² a)]
běžné domy v 70. – 80. letech	zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí, větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	> 200
současná novostavba	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	80 – 140
nízkoenergetický dům	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplená konstrukce, řízené větrání	< 50
pasivní dům	pouze teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	< 15
nulový dům	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů	< 5

Hlavním cílem dnešních vysokých nároků na stavbu je dosažení stavu, kdy novostavby budou realizovány jako budovy s nulovou energetickou náročností nebo na velmi blízké úrovni parametrů. Efektivní cestu představují stavební řešení s velmi redukovanou potřebou tepla na vytápění a dalších energetických potřeb, jako chlazení, příprava teplé vody, elektrická energie pro provoz technického zařízení budovy a elektrická energie pro užívání budovy. K dalším krokům patří přednostní volba energetických zdrojů s nízkým faktorem energetické přeměny, produkujících energii z obnovitelných zdrojů v budově nebo jejím bezprostředním okolí.[2]

1.1 Nízkoenergetický dům

Nízkoenergetické domy jsou stavby, které se vyznačují výbornými izolačními vlastnostmi, a tím i nízkými náklady na jejich vytápění. U těchto staveb podle normy ČSN 73 0540-2 [2] nesmí roční spotřeba energie na vytápění být větší než 50 kWh/m^2 a rok. Dosažení této hodnoty bývá realizováno především díky optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy. Dřevostavby jsou proto vhodnou variantou jak dosáhnout u domu nízkoenergetických vlastností, je třeba ale počítat s nízkou tepelnou akumulací konstrukce. Dobré tepelné vlastnosti těchto domů zajišťují zejména zvolené tepelné izolace, které tvoří vnější obálku domu (obvodové stěny, střecha, strop nad nevytápěným půdním prostorem a podlaha.) Správnou funkci izolačních materiálů zajišťuje též i vzduchotěsnost obvodového pláště domu. [1]

1.2 Pasivní dům

Pasivní budovy jsou charakterizovány minimalizovanou potřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů na jejich provoz díky optimalizovanému stavebnímu řešení a dalšími opatřeními. Pasivní domy mají potřebu tepla na vytápění maximálně 15 kWh/m^2 a rok. [2, s. 7]

Protože se již jedná o nízkou hodnotu tepla, musí být splněno několik dalších faktorů, které pomohou splnit potřebné parametry. Jedním z faktorů je hlavně teplovzdušné vytápění budovy s rekuperací tepla, ale také zisk energie ve formě tepla od osob nacházejících se uvnitř, solární zisk a teplo vyzářené spotřebiči.

1.3 Nulový dům

Nulový dům, nazývaný také jako dům s téměř nulovou spotřebou energie, je budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů [19]. Podle normy má mít nulový dům maximální hodnotu potřeby tepla na úrovni 5 kWh/m^2 a rok. To znamená, že kromě zvláštních stavů výpadku systému si musí dům vystačit s energiemi sám.

Ještě lepších parametrů dosahuje tzv. aktivní dům. Tento dům produkuje sám velké množství energie a využívá energetické zisky v takovém množství, aby bylo možné pokrýt veškerou energetickou potřebu domu a přebytečnou elektrickou energii dodávat do rozvodné sítě.

2 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Spotřeba energie budov závisí na kritériích vnitřního prostředí (teplota, větrání a osvětlení) a návrhu a provozování budovy (včetně systémů). Vnitřní prostředí také ovlivňuje zdraví, produktivitu a pohodu uživatelů. Nedávné studie ukázaly, že pro zaměstnavatele, vlastníka budovy a pro společnost jako celek jsou často kladeny na vyhovující vnitřní prostředí značně vyšší náklady, než náklady na energie ve stejné budově. Bylo také prokázáno, že dobrá kvalita vnitřního prostředí může celkově zlepšit pracovní a studijní výkon a snížit absenci v daném prostředí. Kromě toho, osoby nespokojené s tepelným stavem mohou přijmout opatření, aby se samy cítily pohodlně, což může mít energetické důsledky. Energetická certifikace bez vazby na vnitřní prostředí nemá žádný smysl. Proto je potřeba stanovit kritéria vnitřního prostředí pro návrh, energetické výpočty, spotřebu a provoz budov. [3, s. 9]

Pro pobyt a činnost osob ve vnitřním prostředí jsou důležitým ovlivňujícím faktorem tyto základní prvky:

- teplota vzduchu
- teplota okolních stěn
- relativní vlhkost vzduchu
- rychlost proudění vzduchu
- akustické podmínky
- osvětlení
- tělesná aktivita člověka

2.1 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda nebo také komfort je tepelný pocit člověka. Převážně závisí na tepelné rovnováze jeho těla jako celku. Tuto rovnováhu ovlivňuje tělesná činnost a oděv i environmentální charakteristiky: teplota vzduchu, střední radiační teplota, rychlost proudění vzduchu a vlhkost vzduchu.

2.1.1 Operativní teplota

Pro posuzování tepelné pohody existuje celá řada kritérií. Pro zjednodušení se zavádí veličina nazvaná operativní teplota. Tato teplota v sobě zahrnuje vliv konvekční výměny vzduchu a vliv sdílení tepla sáláním. [4]

Pro stanovení operativní teploty ve skutečném prostředí na základě měření je zapotřebí naměřit střední radiační teplotu, teplotu vzduchu a rychlost proudění vzduchu. Ve většině případů je rozdíl mezi střední radiační teplotou a teplotou vzduchu ($< 4 \text{ }^\circ\text{C}$) nebo rychlost proudění vzduchu je menší než $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V takovém případě je možné vypočítat operativní teplotu s dostatečným přiblížením jako aritmetický průměr střední radiační teploty a teploty vzduchu. Při větším rozdílu teplot nebo vyšších rychlostech vzduchu se operativní teplota počítá podle rovnice (1).

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

kde

- θ_o operativní teplota [$^\circ\text{C}$]
- A koeficient závislý na rychlosti proudění vzduchu podle Tab. 2 [-]
- θ_a teplota vzduchu [$^\circ\text{C}$]
- θ_r střední radiační teplota [$^\circ\text{C}$]

Tab. 2: závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu w_a

$w_a [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
$A [-]$	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

Při rychlostech proudění vzduchu menších než $0,2 \text{ m/s}$ lze nahradit operativní teplotu výslednou teplotou kulového teploměru.[4]

2.1.2 Rychlost proudění vzduchu

Proudění vzduchu způsobují rozdíly tlaku na dvou různých místech. Rozdíl tlaků způsobí, že se vzduch pohybuje z místa o vyšším tlaku do místa s tlakem nižším. Tento pohyb je charakterizován rychlostí a směrem.[8]

Rychlost proudění vzduchu v prostoru je nutno měřit metodami, které umožňují stanovit s dostatečnou přesností nízké rychlosti proudění cca $0,05 - 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Měření komplikují vlastnosti vzduchu, který se v prostoru pohybuje turbulentně a je časově proměnný, proto je nutné měřit střední hodnoty za delší časový interval. Uvažuje se citlivost měřidla a také směr proudění vzduchu.[9]

Hygienické požadavky upravují rychlost proudění vzduchu v místnosti. I rychlost proudění vzduchu má vliv na tepelnou pohodu. Běžně udávané hodnoty v místnostech jsou $< 0,2\text{m/s}$. Hodnoty nad $0,2\text{ m/s}$ bývají vyhodnoceny jako průvan a jsou již pocitově znatelné.

2.1.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkost může být vyjádřena jako relativní nebo absolutní. Absolutní vlhkost je vyjádřena jako tlak vodní páry ve vzduchu, který ovlivňuje u osoby tepelnou ztrátu odpařováním. To má vliv na celkový tepelný komfort těla (tepelná rovnováha). V mírných teplotách (do 26°C) a mírných intenzitách činností je však tento vliv poměrně omezený. V mírných prostředích má vlhkost vzduchu jen malý vliv na tepelné vnímání. 10% zvýšení relativní vlhkosti vzduchu je typicky pocíťováno jako zvýšení pracovní teploty o $0,3^{\circ}\text{C}$. Pro vyšší teploty a intenzivnější činnosti je tento vliv větší. Vlhkost může mít také významný vliv v přechodových stavech. [5, s. 40]

Jestliže jsou vlhkostní limity založeny na udržování přijatelných tepelných podmínek výhradně z hlediska komfortu včetně tepelného pocitu vlhkosti kůže, suchosti kůže a podráždění očí, je přijatelný široký rozsah vlhkosti. [5, s. 40]

Běžně je udávána v rámci vnitřního prostředí relativní vlhkost.

2.1.3.1 Relativní vlhkost vzduchu

Hodnota udávající poměr mezi množstvím vodní páry ve vzduchu a množstvím páry, které by měl vzduch o stejné teplotě a tlaku při plném nasycení. V zimním období dochází zpravidla k nízké relativní vlhkosti vzduchu a vysušování vzduchu v důsledku vysokých teplot otopných těles. Relativní vlhkost, která nedosáhne hranici 20%, může podpořit zvyšující se prašnost. Naopak relativní vlhkost nad 70%, může s vysokou teplotou vyvolávat pocit dusna a přináší také možnost vzniku plísní.[3, s. 17 - 20]

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

kde	φ	relativní vlhkost [%]
	m	množství vodní páry ve vzduchu [g/m^3]
	M	množství vodní páry ve stavu nasycení [g/m^3]

2.1.4 PMV

PMV (Predicted Mean Vote) je ukazatel, který předpovídá střední tepelný pocit na základě odevzdaných hlasů velké skupiny osob, které hodnotí svůj pocit pomocí sedmibodové stupnice tepelných pocitů založené na tepelné rovnováze lidského těla. Tepelná rovnováha nastává, když se vnitřní tepelná produkce těla rovná tepelné ztrátě v daném prostředí. V mírném prostředí se termoregulační systém člověka automaticky pokusí modifikovat teplotu kůže a vylučováním potu udržovat tepelnou rovnováhu. [5, s. 8]

Tab. 3: index **PMV**

tepelný pocit	Horko	Teplo	Mírné teplo	Neutrálně	Mírné chladno	Chladno	Zima
index PMV	3	2	1	0	-1	-2	-3

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \cdot L \quad [-] \quad (3)$$

kde **PMV** index PMV [-]

M energetický výdej člověka [W]

L rozdíl energetického výdeje a odvedeného tepla [W]

PMV je definováno tedy jako index funkce rozdílu mezi tepelným tokem produkovaného organismem **M** a aktuálního toku tepla, které je tělu odnímáno prostředím, tento rozdíl se označuje **L**.

PMV lze použít k ověření, zda dané tepelné prostředí odpovídá kritériím komfortu a ke stanovení požadavků pro různé úrovně přijatelnosti. Položením $PMV=0$ vznikne rovnice umožňující předpověď kombinaci činnosti, oděvu a parametrů prostředí, které v průměru vyvolají tepelně neutrální pocit. [5, s. 9]

Ukazatel **PMV** se má používat jen pro hodnoty mezi -2 a +2, a tehdy, je-li šest hlavních parametrů uvnitř následujících rozmezí: [5, s. 9]

- Tepelná produkce organismu $M = 46 - 232 \text{ W/m}^2$
- Tepelný odpor oděvu $I_a = R_{cl} = 0 - 0,31 \text{ (m}^2\text{K)/W}$
- Teplota vzduchu $t_a = 10 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$
- Radiační teplota $t_r = 10 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$

- Rychlost proudění vzduchu $w_a = 0 - 1 \text{ m/s}$
- Parciální tlak vodní páry $p_a = 0 - 2700 \text{ Pa}$

2.1.4.1 Energetický výdej

Výdej energie závisí na druhu fyzické aktivity. Lidské tělo energii vydává, musí ji ale i přijímat. Příjem a výdej by měly být v rovnováze. Energetický výdej se skládá ze tří složek:

- 1) Bazální metabolismus – energie potřebná pro zachování životních funkcí organismu (činnost srdce, ledvin, plic, zažívání atd.) Bazální metabolismus představuje největší část celodenního výdeje energie. Pohybuje se okolo 60-70%, což se odvíjí od pohlaví, věku a podílu svalové hmoty.
- 2) Energie potřebná na stravení potravy - tzv. termický efekt jídla - je energie potřebná k trávení, vstřebávání a zpracování přijaté potravy. Termický efekt se odhaduje na 10-15 % z celodenního energetického výdeje. Jeho hodnota je závislá na množství požitého jídla, jeho konzistenci a složení.
- 3) Energetický výdej na fyzickou aktivitu – je to složka ovlivnitelná chováním. U lidí neaktivních se pohybuje kolem 20%, u sportovců asi 50%. [6]

V následující tabulce je uveden vztah mezi pracovní činností a energetickým výdejem M [W/m^2]:

Tab. 4: energetický výdej při určitých činnostech

Třída práce	Činnost	M [W/m^2]
I	Práce v sedě	80
IIa	Řízení osob vozidla	81-105
IIb	Práce u výrobního pásu	106-130
IIIa	Práce ve stoje	131-160
IIIb	Stavebnictví	161-200
IVa	Práce v lesnictví	201-250
IVb	Práce v lomech	251-300
V	Výkopové práce	300 a více

2.1.4.2 Tepelný odpor oděvu

Tepelný odpor oděvu (*clo*) je jeden z hlavních faktorů ovlivňující odvod tepla z lidského těla do okolí. Tomuto faktoru byla přiřazena i jednotka *clo*, která odpovídá izolační hmotě s tepelným odporem $R_{cl} = 0,155 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ neboli *1 clo* je izolační hodnota běžného pánského obleku v kombinaci s bavlněným prádlem. Celková hodnota *clo* je potom pro soubor oblečení 0,82 násobek součtu hodnot jednotlivých částí oblečení.[7]

Tab. 5: tepelný odpor částí oblečení

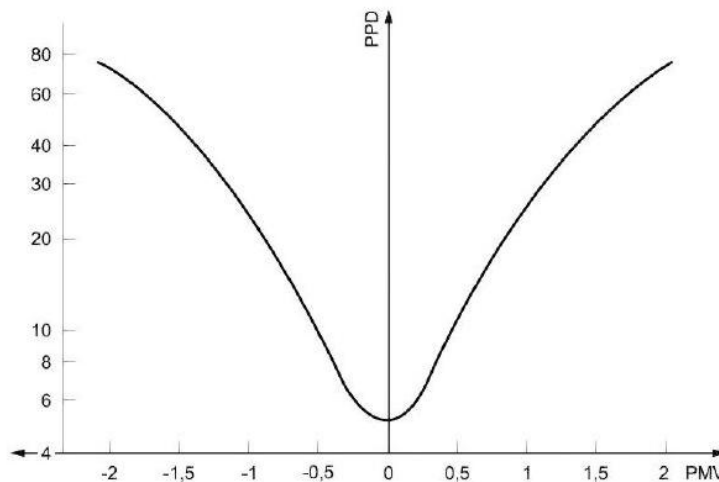
Část oblečení	Tepelný odpor [clo]
kabát	0,60
kalhoty	0,35
tričko	0,09
svetr	0,28
sako	0,35
ponožky	0,02

2.1.5 PPD

PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) je ukazatel stanovující kvantitativní předpověď procenta osob nespokojených s tepelným prostředím, které pociťují jako příliš chladné nebo příliš teplé. Pro účely této mezinárodní normy jsou za nespokojené s tepelným prostředím považovány ty osoby, které budou volit na sedmibodové stupnici obdobně jako v Tab. 3. [5, s. 9]

Je-li určená hodnota **PMV**, vypočítá se **PPD** z následující rovnice:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2} \quad [\%] \quad (4)$$

Obr. 1: závislost *PPD* jako funkce *PMV*

2.2 Akustické podmínky

Každý člověk podléhá zvukovým (akustickým) vlivům. Tím je určitým způsobem vytvořen hluk. Hluk je hodnocen na reprezentativním vzorku různých vzduchotechnických systémů, zónách, oknech a orientaci. Hluková kritéria, či akustické podmínky, nemají běžně vliv na energetickou náročnost budovy. Nicméně v přirozeně větraných budovách by se mohl vyskytovat problém, když požadované množství venkovního vzduchu nemůže být přivedeno otevíratelnými okny, neboť hluk z venkovního prostředí by znamenal porušení kritérií. Rovněž v případě nuceného větrání a chlazení by zajištěním požadovaného průtoku vzduchu mohly být nepříjemné hladiny hluku od ventilátorů. Pokud požadované větrání závisí na otevření oken, použije se pro hodnocení hluku ekvivalentní hladina akustického tlaku (včetně doby otevření oken a doby vystavení místnosti hluku z venkovního prostředí). [3]

Hladina akustického tlaku L_A (v normě značeno také jako A) je vyjádřena v decibelech [dB] nebo v [dB(A)], což jsou decibely, ale s aplikací určitého filtru, na který je citlivé lidské ucho a člověk. Hluk je námi vnímán subjektivně. Někdo slyší lépe, někdo hůře. Jsou ale určité stupně od ticha až po nepříjemný hluk, které můžeme odlišit určitou hranicí.

Tab. 6: příklady rozlišení zvuků pro určitou hladinu akustického tlaku

L_A [dB(A)]	Vnímatelná hlasitost	Zvuk
0	práh slyšitelnosti	-
20	extrémně tiché	šelest listí, tichá místnost
40	velmi tiché	vrčící lednička
60	středně hlasité	běžná konverzace, restaurace
80	velmi hlasité	městský provoz, nákladní auto
100	extrémně hlasité	symfonický orchestr, traktor
120	práh bolesti	startující tryskové letadlo

Pro určitou pohodu vnitřního prostředí je důležité také stanovit návrhové hodnoty vnitřního hluku, které udává norma ČSN EN 15 251 [3].

Tab. 7: příklad návrhových hodnot vnitřního hluku [3]

Budova	Typ prostoru	Hladina akustického tlaku A [dB]	
		Typický rozsah	Standardní návrhová hodnota
Obytná budova	Obývací pokoj	25 – 40	32
	Ložnice	20 – 35	26

Další kritéria a návrhové hodnoty hladiny akustického tlaku pro určité budovy a typy prostor jsou uvedeny v normě ČSN EN 15 251. [3]

2.3 Světelné podmínky

K provádění přesných a efektivních vizuálních úkonů musí být lidem poskytnut dostatek světla odpovídajících parametrů (bez vedlejších účinků jakými jsou odlesky a oslnění).[3]

Požadovaná úroveň osvětlení je nezávislá na ročním období. Přesnou návrhovou hladinu osvětlenosti můžeme zajistit denním světlem, umělým osvětlením, nebo kombinací obou. Z důvodů ochrany zdraví, komfortu a z energetických důvodů je ve většině případů dávána přednost dennímu světlu (i v kombinaci s přidavným osvětlením), před umělým osvětlením. Samozřejmě to závisí na mnoha vlivech, jakými jsou běžná doba užívání, autonomie (časový úsek při obsazenosti, během kterého je dostatek denního světla),

umístění budovy (zeměpisná šířka), množství hodin s denním světlem v průběhu léta a zimy atd.[3, s. 20 – 21]

Jak bylo popsáno výše, rozlišujeme tedy základní druhy osvětlení:

- Umělé osvětlení
- Přirozené osvětlení
- Sdružené osvětlení

Mezi umělé osvětlení patří žárovky, zářivky, LED svítidla apod., tedy zdroje světla využívající elektrickou energii. Přirozené osvětlení je to, kde sluneční světlo dopadá nebo je nějak rozptýleno na určitý povrch. Sdružené osvětlení, jak již název napovídá, kombinuje umělé a přirozené osvětlení.

Tab. 8: příklady některých návrhových hodnot osvětlenosti podle ČSN 12464-1 [17]

Typ budovy	Prostor	Udržovaná osvětlenost na pracovním místě E [lx]	Index hodnocení oslnění URG [-]	Index podání barev Ra [-]
Kancelářské budovy	Jednotlivé kanceláře	500	19	80
	Velkoplošné kanceláře	500	19	80
	Konferenční místnosti	500	19	80
Budovy pro vzdělání	Učebny	300	19	80
	Učebny pro dospělé	500	19	80
	Posluchárny	500	19	80

3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ

Klimatickými podmínkami nazýváme průběh parametrů vnějšího vzduchu v závislosti na čase. Pro budovy je nejdůležitější složení vzduchu, průběh teploty a vlhkosti vzduchu, proudění vzduchu a sluneční záření. Tyto hodnoty závisejí na zeměpisné šířce, nadmořské výšce, vzdálenosti od mořského pobřeží, vegetaci v příslušné oblasti atd.

Vnější klimatické podmínky:

- Výpočtové
- Návrhové
- Skutečné

Řídí se dle ČSN 730540-3 (Tepelná ochrana budov) a ČSN EN 15251.

3.1 Tlak vzduchu

Tlak vzduchu má při výpočtech poměrně malý význam. Nepočítá se s běžným kolísáním tlaku vzduchu.

Kolísání tlaku a odlišné podmínky je nutno respektovat u zařízení pracujících ve vyšších nadmořských výškách. Na hladině moře se běžně uvažuje průměrný tlak 101 400 Pa. Pro běžné nadmořské výšky v ČR se uvažuje střední tlak vzduchu 98 100 Pa.

K přepočtu se používá jednoduchý vztah:

$$p_2 = p_1 \frac{16000 - \Delta H}{16000 + \Delta H} \quad [Pa] \quad (5)$$

kde p_2, p_1 tlaky na zkoumaných místech 1 a 2 [Pa]

ΔH výškový rozdíl zkoumaných míst [m]

3.2 Plynové složky vzduchu

Zemský vzdušný obal do výšky asi 30km má přibližně stejné složení, protože v těchto vrstvách se vzduch soustavně promíchává působením větru. Složení suchého vzduchu je mezinárodně normované, aby se postupy při výpočtech sjednotily.

Z chemického hlediska je vzduch směsí různých plynů, z nichž dusík, kyslík, argon a oxid uhličitý převládají a tvoří přibližně 99,9% celkové hmotnosti.

Tab. 9: složení vzduchu

plynná složka	chemická značka	obsah složky dle		M_m	ρ_o	t_k	ρ_k
		objemu	hmotnosti				
		%	%	kg/kmol	kg/m ³ _n	°C	MPa
dusík	N ₂	78,09	75,5	28,016	1,251	-147	3,393
kyslík	O ₂	20,95	23,17	32,000	1,428	-118,8	4,903
argon	Ar	0,93	1,286	39,944	1,783	-122	4,766
oxid uhličitý	CO ₂	0,03	0,043	44,010	1,964	+31,1	7,384
neon	Ne	1,8.10 ⁻³	1,2.10 ⁻³	20,183	0,901	-228,7	2,726
helium	He	5,24.10 ⁻⁵	7,0.10 ⁻⁵	4,003	0,179	-267,9	0,228
krypton	Kr	1,0.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	83,80	3,741	-63,8	5,501
vodík	H ₂	5,0.10 ⁻⁵		2,016	0,090	-239,9	1,294
xenon	Xe	8,0.10 ⁻⁶	4,0.10 ⁻⁴	131,3	5,862	+16,6	5,874
ozon	O ₃	1,0.10 ⁻⁶		48,000	2,143	-	-
vzduch	-	100	100	28,97	1,293	-140,7	3,766

Kromě uvedených plynů se ve vzduchu nachází i proměnlivé množství dalších plynů, par a prachových částic, jejichž přítomnost závisí na zeměpisné oblasti a charakteru průmyslové oblasti. Mezi nejdůležitější patří:

- Ozón, O₃
- Oxid uhelnatý, CO
- Sirouhlík, C₂S
- Čpavek, NH₃
- Prach ve vzduchu

3.3 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je jednou z charakteristických stavových veličin vzduchu příslušné oblasti. Mění se v průběhu dne i roku a závisí na zeměpisné šířce a výšce nad mořem. Maximální denní teplota je v červenci přibližně v 16 hodin a minimální přibližně v 5 hodin ráno.

Pro vnější prostředí a jeho uvažování při výpočtech uvažujeme základní rozdělení na zimní a letní období. Každé období je důležité z jiného hlediska.

3.3.1 Zimní období

V zimním období nás zajímají především vnější teploty vzduchu pro výpočet tepelných ztrát a zkoumání stavební fyziky a s tím související spotřebou energie. Rozlišujeme podle ČSN EN 12831 tři základní teplotní oblasti: -12°C , -15°C a -18°C .

3.3.2 Letní období

V letním období nás také zajímají vnější teploty a zisky budovy, které jsou důležité pro zkoumání budovy z hlediska vnitřního přehřívání a návrhu chlazení či větrání.

3.4 Vítr

Vítr výrazně ovlivňuje potřebu tepla pro vytápění místností, protože vnější vzduch vnikající do místností netěsnými okny (infiltrací) je nutné zahřívát. Průměrná rychlost větru v nižších oblastech ČR je okolo 3,5 m/s. Ve vyšších polohách (na vrcholech hor) je četnost větrů s rychlostí větší než 8 m/s mnohem vyšší.

Střední rychlost větru se v meteorologických stanicích měří miskovým anemometrem, zpravidla umístěným ve výšce 20 až 30 m. Rozeznáváme denní a noční průběh rychlosti. Rozdíly v denním průběhu jsou malé a mohou být v tepelně-technických průzkumech zanedbány. Směr větru se uvádí v meteorologických tabulkách podle osmidílné větrné růžice a v procentech počtu pozorování.

Pro vytápění jsou zpravidla důležité zejména vyšší rychlosti větru v zimním období, protože podle nich můžeme určit zvýšenou potřebu tepla v těch místnostech, které jsou ovlivněny polohou vzhledem ke směru těchto větrů.[10]

3.5 Sluneční záření a geometrie

Záření je vysílání a přenos energie ve formě elektromagnetických vln nebo hmotných částic. Sluneční záření, které po průchodu atmosférou dopadá na zemský povrch, má spektrální rozsah jen od $\lambda = 280$ nm do $\lambda = 3000$ nm. Záření s kratší a delší vlnovou délkou se v atmosféře vlivem pohltivosti úplně eliminují. Při zvýšení obsahu prachových částí a plynů v ovzduší dochází k dalšímu poklesu energetického obsahu slunečního záření téměř v celé spektrální šířce.

Kdyby země neměla vzdušný obal, byla by její plocha kolmá na sluneční záření při průměrné vzdálenosti Země od Slunce ($149,5 \cdot 10^6$ km) ozářena intenzitou

přibližně $J_0 = 1370 \text{ W/m}^2$, což je tzv. solární konstanta. Na zemský povrch se dostává jen část této energie, protože vzdušný obal zeslabuje záření.

Sluneční záření má dvě složky: Přímé a difúzní sálání.

3.5.1 Přímé sluneční sálání

Po průchodu slunečních paprsků atmosférou intenzita slunečního záření klesá. Je to způsobeno:

- Rozptylem paprsků v důsledku odrazu od molekul vzduchu a částec prachu
- Absorpcí záření víceatomovými plyny (vodní parou, ozonem, oxidem uhličitým), uvažuje se součinitel znečištění atmosféry z .

Tab. 10: průměrné měsíční součinitele znečištění [11]

Měsíc	Index znečištění z [-]			
	Prostředí			
	Hory	Venkov	Města	Průmysl
I.	1,5	2,1	3,1	4,1
II.	1,6	2,2	3,2	4,3
III.	1,8	2,5	3,5	4,7
IV.	1,9	2,9	4	5,3
V.	2	3,2	4,2	5,5
VI.	2,3	3,4	4,3	5,7
VII.	2,3	3,5	4,4	5,8
VIII.	2,3	3,3	4,3	5,7
IX.	2,1	2,9	4	5,3
X.	1,8	2,6	3,6	4,9
XI.	1,6	2,3	3,3	4,5
XII.	1,5	2,2	3,1	4,2
Roční průměr:	1,9	2,75	3,75	5

3.5.2 Difúzní sluneční záření

Záření, které v atmosféře rozptýlily molekuly vzduchu, částec prachu a mraky, zčásti dopadá na povrch země jako difúzní sálání oblohy. To znamená, že čím větší je součinitel znečištění z , tím menší je přímá sluneční radiace J_p a naopak tím větší je difúzní složka J_d . Kromě toho difúzní sálání oblohy závisí na výšce Slunce nad obzorem h . Celá sluneční geometrie je popsána dále.

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos ((\tau - 12)15) \quad [-] \quad (6)$$

kde τ čas ve 24hodinovém formátu [hod]

δ sluneční deklinace [°]

φ zeměpisná šířka [°]

$$\delta = 23,45 \sin (0,98^\circ D + 29,7^\circ M - 109^\circ) \quad [^\circ] \quad (7)$$

kde D pořadí dne v měsíci [-]

M pořadí měsíce v roce [-]

$$J_d = \left[J_0 - J_p - (1080 - 1,4 \cdot J_p) \sin^2 \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right] \frac{\sin h}{3} \quad [\text{W/m}^2] \quad (8)$$

kde J_d intenzita difuzní sluneční radiace [W/m^2]

J_0 solární konstanta [W/m^2]

J_p přímá sluneční radiace [W/m^2]

α úhel mezi sledovanou stěnou a vodorovnou [°]

$$\sin a = \sin((\tau - 12)15) \frac{\cos \delta}{\cos h} \quad [-] \quad (9)$$

kde a sluneční azimut [°]

$$\cos \gamma = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \sin \alpha \cos(a - a_s) \quad [-] \quad (10)$$

kde γ úhel dopadu slunečních paprsků ke kolmici osluněné plochy [°]

a_s sluneční azimut osluněné plochy [°]

$$J_D = J_0 \cdot e^{-0,097 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}} \quad [\text{W/m}^2] \quad (11)$$

kde J_D intenzita přímého záření po průchodu paprsků [W/m^2]

z index znečištění [-]

$$J = J_D \cdot \cos \gamma + J_d \quad [\text{W/m}^2] \quad (12)$$

kde J celková intenzita slunečního záření [W/m^2]

Celková intenzita záření je důležitá pro stanovení tepelných zisků budovy a pro solární zisky pro kolektory a fotovoltaické panely.

4 STAVEBNĚ FYZ. PARAMETRY A VLASTNOSTI BUDOVY

Zajištění tepelně technických požadavků poskytuje hlavně prevenci tepelně technických vad a poruch budov, tepelnou pohodu uživatelů, ochranu zdraví a zdravých životních podmínek. Po dobu ekonomicky přiměřené životnosti konstrukcí a budov se požaduje dodržení tepelně technických požadavků, a to za předpokladu běžné údržby a při působení běžně předvídatelných vlivů. [2, s. 7]

4.1 Šíření tepla konstrukcí

Šíření tepla v konstrukci souvisí přímo s problematikou zkoumání určitých parametrů budovy, které jsou důležité pro pobyt osob uvnitř. Patří sem např. teploty vnitřních povrchových konstrukcí, s tím související pokles dotykové teploty a také součinitel prostupu tepla konstrukcí.

4.1.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Vnitřní povrchovou teplotu θ_{si} je vhodné hodnotit v poměrovém tvaru jako teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} . Teplotní faktor je jednoznačnou vlastností konstrukce, nebo styků konstrukcí v daném místě, která je nezávislá na přilehlých teplotách prostředí. [2, s. 8]

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} = 1 - \frac{\theta_{ai} - \theta_{si}}{\theta_{ai} - \theta_e} \quad [-] \quad (13)$$

$$\theta_{si} = \theta_i - (1 - f_{Rsi}) \cdot (\theta_{ai} - \theta_e) \quad [K]$$

$$f_{Rsi} = 1 - Ux \cdot Rsi \quad [(m^2K)/W]$$

kde f_{Rsi} faktor vnitřního povrchu [-]
 θ_{si} vnitřní povrchová teplota [K]
 Rsi odpor při přestupu tepla na vnitřní straně výplně otvorů
 $Rsi = 0,13 [(m^2 \cdot K)/W]$,
na povrchu konstrukcí $Rsi = 0,25 [(m^2 \cdot K)/W]$
 Ux lokální součinitel prostupu tepla v místě "X" vnitřního povrchu
 $[W/(m^2 \cdot K)]$

Konstrukce v zimním období musí splňovat podmínku $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$ v každém místě konstrukce, kde $f_{Rsi,N}$ je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu. [2, s. 8]

4.1.2 Součinitel prostupu tepla

Hodnota součinitele prostupu tepla je hodnocena dvěma kroky. Prvním krokem je porovnání součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce. Druhým krokem je porovnání průměrného součinitele prostupu tepla pro celou budovu. [2, s. 12]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (14)$$

kde	U	součinitel prostupu tepla $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
	h_i	přestup tepla na vnitřním povrchu stěny $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
	h_e	přestup tepla na vnějším povrchu stěny $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
	δ	šířka konstrukce $[\text{m}]$
	λ	tepelná vodivost $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$

4.1.2.1 Součinitel prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce

Jednotlivé konstrukce u vytápěných budov s návrhovou relativní vlhkostí $\phi_i \leq 60\%$ musí dosahovat součinitele prostupu tepla U tak, aby byla splněna podmínka: [2, s. 12]

$$U \leq U_N \quad (15)$$

kde	U_N	je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-2 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
-----	-------	---

Požadovaná hodnota U_N se stanovuje na základě převažující návrhové teploty θ_{im} . Pro většinu obytných domů je tato teplota v rozmezí 18 °C až 22 °C. Vychází se tedy z návrhových hodnot z Tab. 11. Pro ostatní rozmezí teplot je zaveden přepočít:

$$U_N = U_{N,20} \cdot e_1 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (16)$$

$$e_1 = \frac{16}{\theta_{im} - 4} \quad [-]$$

kde	$U_{N,20}$	součinitel prostupu tepla z Tab. 11 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
	e_1	součinitel typu budovy $[-]$
	θ_{im}	převažující vnitřní návrhová teplota $[\text{°C}]$
	δ	šířka konstrukce $[\text{m}]$
	λ	tepelná vodivost $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$

Tab. 11: požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro vybrané konstrukce s převažující vnitřní návrhovou teplotou v intervalu 18°C až 22°C včetně [2].

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,70	0,5
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	1,30	0,90	-
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	1,20	0,80 až 0,60
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	1,20	0,90

4.1.2.2 Průměrný součinitel prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m²·K)] musí splňovat podmínku:
[2, s. 16]

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

kde $U_{em,N}$ je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla [W/m²·K]

Tato požadovaná hodnota se stanoví opět na základě převažující vnitřní návrhové teploty θ_{im} . Mohou nastat dvě varianty. První, když je θ_{im} v intervalu 18 °C až 20 °C, tehdy se stanoví U_N z Tab. 11. Pokud je interval jiný, postupuje se podle následujícího výpočtu:

$$U_{em,N} = U_{em,N,20} \cdot e_1 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (18)$$

kde $U_{em,N,20}$ je průměrný součinitel prostupu tepla z Tab. 11 [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]
 e_1 součinitel typu budovy, výpočet podle (16) [-]

Doporučená hodnota $U_{em,rec}$ se vypočítá podle rovnice (19). Tyto hodnoty se používají tam, kde tomu nebrání technické nebo ekonomické překážky [2, s. 17].

$$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (19)$$

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ se stanoví pro každý objekt metodou referenční budovy, maximálně však hodnota podle Tab. 11. Referenční budovou je myšlena imaginární budova (objekt) stejných rozměrů, stejného uspořádání jako objekt hodnocený. U referenční budovy se využijí hodnoty $U_{N,20}$ pro obvodové konstrukce a výplně otvorů. [2]

$U_{em,N,20}$ referenční budovy se stanoví jako vážený průměr požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla podle Tab. 11. [2, s. 17]

$$U_{em,N,20} = \sum \frac{U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j}{\sum A_j} + 0,02 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (20)$$

kde $U_{N,j}$ normovaná požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j -té konstrukce [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]
 A_j plocha j -té konstrukce stanovené z vnějších rozměrů [m^2]
 b_j teplotní redukční činitel odpovídající j -té konstrukce [-]

4.2 Šíření vlhkosti konstrukcí

Zvýšená vlhkost v budovách a jejich stavebních konstrukcích vytváří špatné podmínky např. pro biologické poruchy dřevěných konstrukcí, které jsou zabudovány, také značně zhoršuje tepelně izolační vlastnosti zdiva. Vlhkost a kondenzace vody by v konstrukci mohla způsobit její poškození nebo může také vyvolat vznik plísní na vnitřní

straně a tím ohrozit zdraví uživatelů budovy. Vlhkost se v konstrukci objevuje běžně díky přirozené difuzi.

4.2.1 Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce

Pro konstrukce, u kterých by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_c [kg/(m²a)] mohla poškodit jejich požadovanou funkci, nesmí dojít k žádné kondenzaci. Platí tedy podmínka: [2, s. 21]

$$M_c = 0 \quad (21)$$

Pro konstrukce, u kterých by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce neohrozila její požadovanou funkci, se maximální množství zkondenzované vodní páry omezuje podmínkou: [2, s. 21]

$$M_c = M_{c,N} \quad (22)$$

Pro konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelně izolačním systémem nebo vnějšími povrchovými vrstvami se použije nižší hodnota podle ČSN 73 0540-2 a to: $M_{c,N} = 0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{a})$. Nebo u konstrukcí s objemovou hmotností vyšší než 100 kg/m³ se použijí 3 % plošné hmotnosti materiálu. Pro materiál s objemovou hmotností nižší nebo rovnou 100 kg/m³ se použije 6 % plošné hmotnosti. [2, s. 21]

Pro ostatní konstrukce se používají nižší hodnoty: $M_{c,N} = 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{a})$. Nebo u konstrukcí s objemovou hmotností vyšší než 100 kg/m³ se použije 5 % plošné hmotnosti materiálu. Pro materiál s objemovou hmotností nižší nebo rovnou 100 kg/m³ se použije 10 % jeho plošné hmotnosti. [2, s. 21]

4.2.2 Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce

Ze stavební konstrukce s připuštěnou omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce podle 4.2.1 se musí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry odpařit více vodní páry než jí v konstrukci zkondenzuje. Platí tedy: [2, s. 21]

$$M_c < M_{ev} \quad (23)$$

kde M_{ev} je množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce [kg/(m²a)]

4.3 Tepelná stabilita místnosti

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

4.3.1 Pokles teploty v místnosti v zimním období

Zvolená kritická místnost, která vykazuje na konci doby chladnutí t pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_v(t)$ [°C] podle následujícího vztahu nesmí překročit normované hodnoty. [2, s. 25]

$$\Delta\theta_v(t) \leq \Delta\theta_{v,N}(t) \quad (24)$$

kde $\Delta\theta_{v,N}(t)$ hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období, podle Tab. 12 [W/(m²·K)]

Tab. 12: hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období podle ČSN 73 0540-2 [2]

Druh místnosti	Pokles výsledné teploty v zimním období $\Delta\theta_{v,N}(t)$ [°C]
S pobytem lidí po přerušení vytápění:	
- při vytápění radiátory, sálavými panely a teplovzdušně	3
- při vytápění kamny a podlahovém vytápěním	4
Bez pobytu lidí po přerušení vytápění:	
- při přerušení vytápění topnou přestávkou:	6
- budova masivní	
- budova lehká	8
- při předepsané nejnižší výsledné teplotě $\theta_{v,min}$	$\theta_i - \theta_{v,min}$
- při skladování potravin	$\theta_i - 8$
- při nebezpečí zamrznutí vody	$\theta_i - 1$

θ_i [°C] je vnitřní návrhová teplota podle ČSN 73 0540-3.[12]

Jako kritická místnost se volí místnost s nejvyšším průměrným součinitelem prostupu tepla konstrukcí místností podle ČSN 73 0540-4 [13]. Většinou se jedná o rohovou místnost pod střechou. Pokud je možné podle Tab. 12 pro ověřovanou místnost stanovit několik požadovaných hodnot $\Delta\theta_{v,N}(t)$, místnost ověřuje pro nejnižší z těchto hodnot. Nejnižší výsledná teplota $\theta_{v,min}$ je většinou dána požadavkem investora. [2, s. 26]

4.3.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období

Zvolená kritická místnost, která vykazuje nejvyšší denní teplotu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ [°C], musí splňovat podmínku: [2, s. 26]

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (25)$$

kde $\theta_{ai,max,N}$ je nejvyšší hodnota požadované teploty v letním období, která se stanoví z Tab. 13 [°C]

Tab. 13: nejvyšší požadované hodnoty denní teploty vzduchu v místnosti v letním období

Druh budovy		$\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní*		27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	do 25 W/m ³ včetně	29,5
	nad 25 W/m ³	31,5

* U bytových budov je možné překročení požadované hodnoty maximálně o 2 °C na souvislou dobu maximálně po 2 hodiny, pokud s tím investor souhlasí.

Jako kritickou místnost se volí místnost s největší plochou přímo osluněných výplňových otvorů orientovaných na Z, JZ, J, JV nebo V. Hodnocení se provádí bez započtení vnitřních zisků v místnosti. [2, s. 26]

4.4 Tepelná ztráta budovy

Tepelná ztráta budovy je důležitá z hlediska návrhu vytápění, tedy pro podmínky v zimním období. Pokud nebude známa, nemůže vytápění navrhnout. Do celkové ztráty budovy zejména patří ztráty prostupem tepla do sousedícího prostředí (vnější prostředí, přilehlá budova apod.) a ztráty větráním.

Celkovou návrhovou ztrátu vytápěného prostoru Φ [W] vypočítáme následovně. [14]

$$\Phi = ((\Phi_T + \Phi_V) \cdot f_{\Delta\theta}) + \Phi_{RH} \quad [W] \quad (26)$$

- kde
- Φ_T tepelná ztráta prostupem tepla u vytápěného prostoru [W]
 - Φ_V tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]
 - $f_{\Delta\theta}$ teplotní korekční činitel zohledňující dodatečné tepelné ztráty místnosti vytápěné na vyšší teplotu než mají sousední vytápěné místnosti [-]
 - Φ_{RH} zátopový výkon pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění [W]

4.4.1 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelné ztráty prostupem závisí na vlastnostech konstrukčních prvků budovy, jejich plochách a rozdílu teplot uvnitř a vně.

$$\Phi_T = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot (\theta_{i,k} - \theta_e) \quad [W] \quad (27)$$

$$U_{kc} = U_k + \Delta U \quad [W/(m^2K)]$$

- kde
- A_k plocha stavební části k [m²]
 - U_{kc} korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části k [W/(m²K)]
 - $\theta_{i,k}$ požadovaná teplota vnitřního vzduchu v části k [°C]
 - θ_e výpočtová teplota vnějšího vzduchu [°C]
 - U_k součinitel prostupu tepla stavební části k [W/(m²K)]
 - ΔU korekční součinitel – přírážka na tepelné mosty [W/(m²K)]

4.4.2 Tepelná ztráta větráním

$$\Phi_V = \frac{V_{min,i}}{3600} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_{i,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (28)$$

- kde
- $V_{min,i}$ hygienicky nejmenší požadované množství vzduchu pro vytápěný prostor i [m³/h]
 - ρ hustota vzduchu při θ_e [kg/m³]
 - c měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kgK]

Tepelná ztráta větráním je ovlivněna minimální množstvím přiváděného čerstvého vzduchu. [14]

$$V_{min} = n_{min} \cdot V \quad [m^3] \quad (29)$$

kde n_{min} minimální intenzita výměny vzduchu [h^{-1}]
 V objem vytápěného prostoru [m^3]

Tab. 14: minimální intenzita výměny vzduchu [14]

Druh místnosti	n_{min} [h^{-1}]
Obytná místnost	0,5
Kuchyně nebo koupelna s oknem	1,5
Kancelář	1,0
Zasedací místnost, učebna	2,0

5 SPOTŘEBA ENERGIE V BUDOVĚ

Posuzování energetické náročnosti budov je aktuální téma. Svědčí o tom fakt, že od 1. ledna 2013 vešla v platnost novela zákona o hospodaření energií č. 406/2009 Sb., která zavádí povinnost tzv. průkazů energetické náročnosti budovy (PENB). Jedná se o výstup z energetického auditu, který může provádět pouze certifikovaný auditor a který zařadí budovu do jedné ze sedmi energetických kategorií dle energetické náročnosti. [19]

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 wattech.

V průkaze energetické náročnosti budovy lze mimo jiné nalézt měrnou roční spotřebu energie za jeden rok. Tento parametr slouží pro porovnání energetické náročnosti různých objektů a může sloužit například jako jeden z aspektů při rozhodování o koupi nemovitosti. Štítek dále obsahuje procentuální vyjádření spotřeby energií připadající na vytápění, chlazení, větrání, ohřev vody a osvětlení. V materiálu od auditora by měla být také doporučení, jak na energiích dané budovy uspořit.

S průkazem energetické náročnosti souvisí také tzv. energetický štítek obálky budovy, který je obdobou PENB. Jeho vystavení není vázáno informacemi o objektu a použitých systémech techniky prostředí jako je tomu u PENB a dnes bývá jeho součástí. Jak napovídá samotný název, jedná se o hodnocení obálky budovy a jeho zařazení do klasifikační třídy. Podrobný obsah energetického štítku obálky budovy je v kapitole 9.2.2.

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 a jeho trvání by mělo být 10 let.

Vystavení energetického dokladu je dále hodnoceno podle dalších následujících kritérií, která byla v předchozích kapitolách popsána:

- **Nejnižší povrchová teplota konstrukce**

Určuje se na všech typech povrchů uvnitř domu a nesmí mít nižší teplotu než je teplota rosného bodu. Teplotou rosného bodu lze označit stav, kdy dojde ke kondenzaci vodní páry ve vzduchu. Zamezí se tak vzniku plísní. [2]

- **Zkondenzované množství vodní páry uvnitř konstrukce**

Hodnota tohoto množství nesmí být vyšší než množství zkondenzované páry, které je schopné se vypařit během letního období. [2]

- **Součinitel prostupu tepla**

Charakterizuje tepelně izolační vlastnosti stavebních konstrukcí budovy. Čím je součinitel prostupu tepla vyšší, tím je i vyšší tepelná ztráta objektu. [3]

- **Pokles dotykové teploty podlahy**

Povrchová teplota podlahy musí dosahovat takových hodnot, díky kterým nedochází k ochlazení interiéru a špatné tepelné pohodě v podobě pocitu chladných chodidel. [2]

- **Průvzdušnost obvodového pláště**

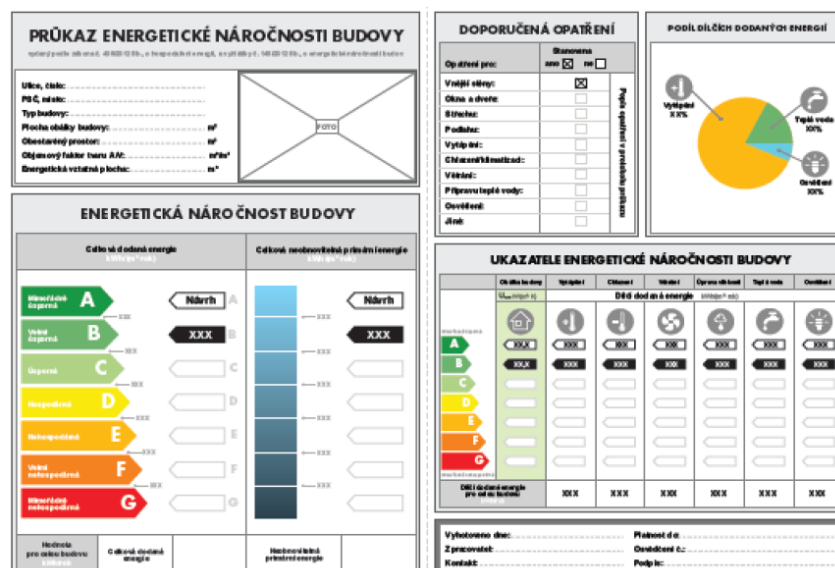
Zajištění budovy k minimalizaci tepelných ztrát skrz spárové otvory s ohledem na potřebnou vzdušnost konstrukce. [2]

- **Intenzita výměny vzduchu v místnosti**

Zaručení kritéria pro minimální výměny vzduchu v objektu pomocí přirozeného nebo nuceného větrání, pokud nejsou stanoveny jinak technickými nebo hygienickými podmínkami. [2] [3]

- **Tepelná stabilita místnosti v zimním a letním období**

Stanovení parametrů pro návrh vytápění nebo chlazení v daných ročních obdobích s ohledem na zajištění tepelné pohody osob vyskytujících se v interiéru domu. [2]



Obr. 2: grafické znázornění PENB [19]

6 VHODNÉ SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Volba vhodných systémů pro techniku prostředí je závislá především na dostupnosti různých zdrojů a i na akumulacích parametrech budovy. Většinou se používají zdroje dostupné v blízkosti budovy, které nevyžadují další spojené náklady na užívání. Pro běžné rodinné zástavby je důležitá například přítomnost plynové přípojky. Nízkoenergetické a pasivní domy bývají vybaveny navíc systémy využívající obnovitelné a alternativní zdroje energie, jako jsou tepelná čerpadla, solární kolektory nebo fotovoltaické panely. Jako nedílná součást techniky prostředí je také příprava teplé vody či otopná soustava. Konkrétní zapojení systémů techniky prostředí je uvedeno v kapitole 10.1, dále jsou uvedena jen některá znázornění zapojení.

6.1 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie, protože umožňují odnímat teplo z okolního prostředí (vody, vzduchu nebo země), převádět ho na vyšší teplotní hladinu a následně účelně využít pro vytápění nebo přípravu teplé vody.[20]

Podle toho odkud tepelné čerpadlo odebírá teplo a jaké látce (médiu) toto teplo následně předává, rozlišujeme různé druhy čerpadel. Základní kombinace výše popsaných prostředí nám udávají rozdělení tepelných čerpadel.

- Vzduch – vzduch
- Vzduch – voda
- Země – voda
- Voda – voda

Tepelné čerpadlo obsahuje čtyři základní části chladicího okruhu: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Teplo odebrané venkovnímu prostředí se ve výparníku předává pracovní látce (kapalnému chladivu) při relativně nízké teplotě. Zahřátím chladiva dojde k jeho odpaření a páry jsou následně stlačeny v kompresoru na vysoký tlak. [20]

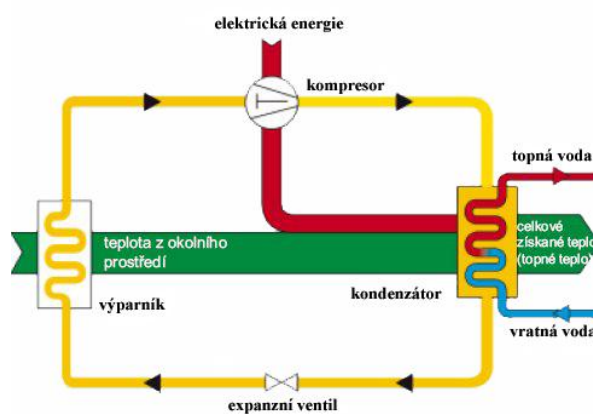
Tepelné čerpadlo v základu pracuje jako cyklus čtyř základních kroků:

Vypařování: Teplo z okolního prostředí odebírá chladivo kolující v tepelném čerpadle a tím se odpařuje - mění skupenství na plynné.

Kompresce: Kompresor stlačí o několik stupňů ohřáté plynné chladivo. Na základě fyzikálního principu komprese (při vyšším tlaku stoupá teplota) jako teplotní výtah „vynese“ nízkopotenciální teplo na vyšší teplotní hladinu.

Kondenzace: Takto zahřáté chladivo pomocí druhého výměníku předá teplo vodě v topném okruhu, ochladí se a zkondenzuje. Ochlazená voda v topném okruhu pak putuje nazpět k druhému výměníku pro další ohřátí.

Expanze: Průchodem přes expanzní ventil putuje chladivo nazpátek k prvnímu výměníku, kde se opět ohřeje. [21]



Obr. 3: princip tepelného čerpadla

6.1.1 Topný faktor tepelného čerpadla

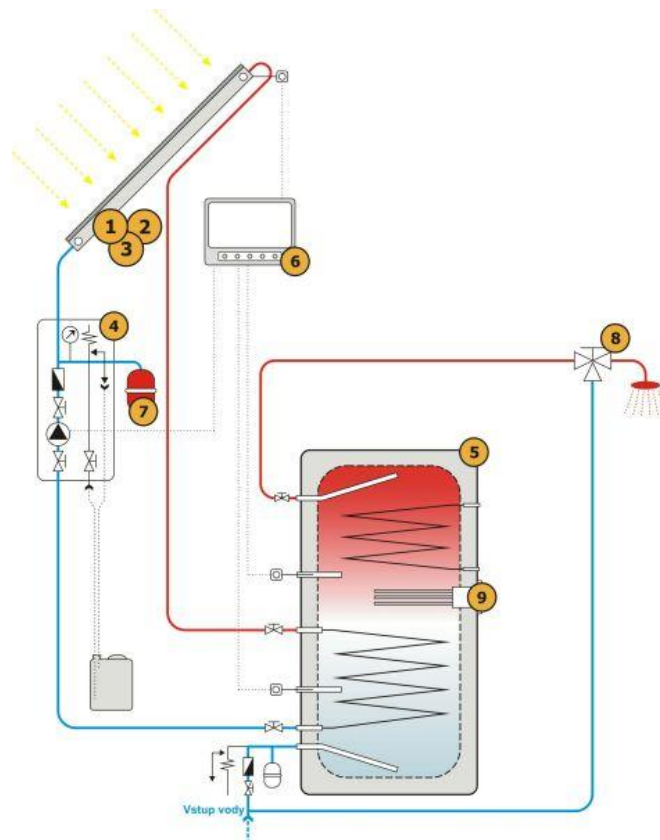
Pro návrh či výběr tepelného čerpadla je důležitý topný faktor. Ten označuje účinnost, s jakou tepelné čerpadlo pracuje. Jedná se o poměr vyprodukované tepelné energie a hnacím příkonem čerpadla.

$$COP = k \cdot \frac{\theta_s}{\theta_s - \theta_z} \quad [-] \quad (30)$$

- kde
- COP** topný faktor tepelného čerpadla [-]
 - k** korelační koeficient respektující skutečný oběh ($k=0,4$ až $0,6$) [-]
 - θ_s** absolutní teplota spotřebiče tepla [K]
 - θ_z** absolutní teplota zdroje tepla [K]

6.2 Solární kolektory

Nejjednodušším způsobem jak využít sluneční záření pro výrobu energie je postavit do cesty slunečních paprsků plochý solární kolektor. Na absorpční ploše kolektoru se přemění sluneční záření v teplo, které je odvedeno pomocí čerpadla k dalšímu využití (ohřev TUV, přitápění i ohřev vody v bazénu). Solární systémy jsou sestavy komponentů, které jsou navrženy tak, aby bylo zajištěno optimální zužitkování slunečního záření. [22]



Obr. 4: příklad obecného znázornění schématu zapojení kolektoru [22]

Princip funkce podle Obr. 4:

Solární regulace **6** měří rozdíl mezi teplotním čidlem zasunutým v jímce solárního kolektoru **1** a teplotním čidlem, které je zasunuto v jímce zásobníku **5** (v jeho spodní části). Jakmile nastane určitý teplotní rozdíl mezi těmito čidly, regulace zapne solární cirkulační čerpadlo v čerpadlové skupině **4**. Čerpadlo zajišťuje průtok teplotního média (nemrznoucí směs) kolektorovým polem a výměníkem v zásobníku. Tomuto okruhu se říká primární solární okruh. Pro správnou funkci je tento okruh vybaven expanzní nádobou **7**, která zajišťuje absorpci zvětšení objemu teplotního média při jeho zahřátí. Jakmile se teplota v kolektoru přiblíží teplotě spodní části zásobníku na určitý rozdíl, regulace toto

čerpadlo opět vypne. Jelikož je teplota studené vody v zásobníku v zimních měsících kolem 8°C a v letních kolem 14°C, může solární systém velice efektivně ohřívat teplou vodu po celý rok, neboť i ohřátí spodní části zásobníku např. o 10°C zaručuje nemalou úsporu elektřiny nebo plynu. TV je ze zásobníku odváděna přes klasický kohout, který je znázorněn jako třicestný termostatický ventil **8**, který zaručuje stálou teplotu teplé vody do vodovodních baterií v domě. Třicestný termostatický ventil plní v solárním systému funkci ochrannou, neboť v letních měsících může teplota v horní části zásobníku dosáhnout teploty až 95°C. Jelikož je slunce jako zdroj tepla nestálé a v průběhu roku jsou dny s velmi nízkou intenzitou globálního solárního záření, musí být solární systém doplněn o záložní zdroj, který zajistí ohřev zásobníku ve výše uvedených dnech. Na obrázku je jako záložní zdroj použita elektrická topná patrona **9**. Jako záložního zdroje tepla lze ale použít nejenom elektrické energie, ale i kotle na plyn, krbu, kotle na biomasu, tepelného čerpadla atd. [22]

6.3 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely využívají jako solární kolektory tepelné a světelné záření k výrobě elektrické energie. Fotony slunečního záření, dopadající na polovodičový přechod PN, svou energií vyrážejí z krystalické mřížky elektrony, které se stávají volnými, a tak vzniká elektrický proud.

Fotovoltaický panel se skládá z fotovoltaických článků. Nejvíce rozšířené fotovoltaické panely v současnosti jsou křemíkové. Různým zpracováním křemíku lze vyrobit monokrystalické, polykrystalické a amorfni fotovoltaické články. Monokrystalický článek má tvar černého osmiúhelníku, polykrystalický článek je zbarven modře ve tvaru čtverce. V praxi se používají převážně monokrystalické a polykrystalické panely. Monokrystalické buňky mají větší účinnost než polykrystalické, ale využití plochy modulu není vzhledem k tvaru tak dokonalé. V konečném výsledku jsou oba typy modulů výkonově obdobné. Účinnost polykrystalických modulů je 12-15%. Účinnost monokrystalických modulů je 15-17%. Cena a životnost jsou stejné. Fotovoltaický panel je schopen vyrábět elektrickou energii i bez přímého osvětlení na základě difúzního záření, které je v ČR převládající. Monokrystal dává lepší výsledky při přímém osvětlení, polykrystal při dlouhodobějším difúzním záření, celkový roční úhrn vyrobené energie je srovnatelný s místními odchylkami v řádu procent.[23]

6.3.1 Návrh fotovoltaického zařízení

Po zjištění disponibilních rozměrů střechy a účinnosti panelu je možné stanovit přibližný instalovaný výkon.

$$P_{FV} = A \cdot \eta \quad [kW] \quad (31)$$

kde P_{FV} instalovaný výkon fotovoltaického zařízení [kW]
 A využitelná plocha [m²]
 η účinnost fotovoltaického panelu [-, %]

Po stanovení přibližného instalovaného výkonu je potřeba zjistit roční výtěžnost fotovoltaického systému.

$$E_{EL} = H_{solar} \cdot f_{sklon} \cdot P_{FV} \cdot PR \quad [kWh/rok] \quad (32)$$

kde E_{EL} elektroenergetická výtěžnost [kWh/rok]
 H_{solar} roční sluneční radiace, obvykle 1000 [kWh/m²]
 f_{sklon} energetický zisk při daném sklonu panelu [-]
 PR performance ratio [-] [24, s. 106 – 111]

Tab. 15: performance ratio fotovoltaických systémů [24]

Charakteristika systému	Performance ratio
Výborné zařízení, odvětrávané, nezastíněné, malé znečištění.	0,85
Dobré zařízení, odvětrávané, nezastíněné.	0,8
Průměrná úroveň zařízení.	0,75
Průměrná úroveň zařízení, vinou špatným odvětráváním nebo zastíněním.	0,7
Špatná úroveň zařízení, větší ztráty způsobené zastíněním, znečištěním nebo výpadkem.	0,6
Velmi špatná zařízení s velkým zastíněním a poruchami.	0,5

6.4 Ohřev vody

Příprava a rozvod teplé vody je nedílnou součástí techniky prostředí. Teplá užitková voda TUV je používána k mytí, koupání, praní, umývání a úklidu. Většinou je připravována tak, aby v místě odběru měla 50 až 55°C a je připravována z pitné studené vody.

Základní potřeba teplé vody je popsána v normě ČSN 06 0320 [27]. Udává, že potřeba teplé vody je 82 litrů na osobu a den a na její ohřev je potřeba 4,3 kWh tepla na osobu. [27, s. 20]

6.4.1 Návrh potřeby teplé vody

Aby bylo možné navrhnout celkovou potřebu tepla pro přípravu TUV, je nutné znát několik dílčích hodnot, které výše zmíněná norma udává. Nejdříve je nutné stanovit teoretickou potřebu tepla.

$$Q_{TP} = n \cdot 4,3 \quad [kWh] \quad (33)$$

kde Q_{TP} celková potřeba tepla [kWh]

n počet osob v objektu [-]

Z hodnoty získaného tepla se podle normy ztratí přibližně polovina teoretické potřeby TUV.

$$Q_{ZP} = 0,5 \cdot Q_{TP} \quad [kWh] \quad (34)$$

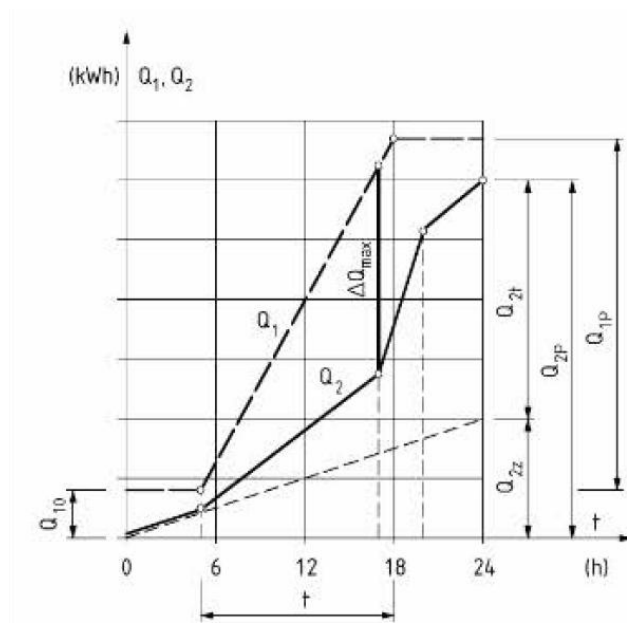
kde Q_{ZP} ztráta tepla při ohřevu a distribuci [kWh]

Nyní již můžeme stanovit potřebné teplo, které nám dodá ohřívač.

$$Q_P = Q_{ZP} + Q_{TP} \quad [kWh] \quad (35)$$

kde Q_P dodané teplo ohřívačem [kWh]

Celé množství vody, které užíváme, není po celý den stejné a je odebíráno nerovnoměrně. Proto je nutné rozdělit periodu ohřívání na denní úseky, pro které se stanoví dílčí potřeba tepla. Jednotlivé části (denní úseky) nám stanovují, kolik tepla se v tomto úseku spotřebuje. Jednotlivé úseky se stanovují podle nároků domu a jsou vyhodnoceny jako křivka poměrného odběru (příklad na Obr. 5).



Obr. 5: příklad křivky poměrného odběru

Z této křivky je potřeba stanovit největší rozdíl odebíraného tepla, z kterého dále stanovíme velikost zásobníku a jmenovitý tepelný výkon ohřevu teplé vody. [27, s. 15 – 17]

$$V_Z = \frac{\Delta Q_{max}}{c_p \cdot \Delta \theta} \quad [l] \quad (36)$$

kde V_Z objem zásobníku teplé vody [l]
 ΔQ_{max} největší rozdíl odebíraného tepla v úsecích [kWh]
 c_p měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K]
 $\Delta \theta$ teplotní rozdíl přivedené a ohřáté vody [°C]

$$\Phi = \frac{Q_P}{t_p} \quad [kW] \quad (37)$$

kde Φ jmenovitý tepelný výkon [kW]
 Q_P dodané teplo ohřívatelem [kWh]
 t_p časová perioda, 24 h [h] [27, s. 15 – 17]

6.5 Tepelná soustava - vytápění

Vytápění objektu může být provedeno několika způsoby. Je to určitá tepelná soustava, kde se vyrobené teplo zdroje dopravuje kapalinou nebo parou do tepelných spotřebičů. Zdroj tepla je brán jako zařízení, které přeměnou různých druhů energie či různého paliva vyrobí teplo, které se dále předává. Spotřebiči je rozuměno koncové těleso jako radiátor (otopné těleso), výměník, ohřívač apod.

Tepelné soustavy v budovách jsou dělena podle určitého hlediska použité teplotnosné látky:

- 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
- 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 [28, s. 9 – 10]

Pro běžné rodinné domy se většinou používá nízkoteplotní vodní soustava s nízkým teplotním spádem.

Další aspekty rozdělení můžou být z hlediska použité primární energie k vytápění:

- Elektricky – přímotopy apod.
- Plynem – plynová topidla

Můžeme také uvažovat rozdělení z hlediska umístění vytápění:

- Místní vytápění – zdroj tepla umístěn v místnosti
- Etážové vytápění – vytápění jednoho patra, kdy kotel a topné tělesa jsou v jedné rovině
- Ústřední vytápění – zdroj tepla je umístěn mimo vytápěné místnosti
- Dálkové vytápění – zdroj tepla je umístěn mimo vytápěnou budovu

6.5.1 Návrh otopné soustavy – desková otopná tělesa

Při návrhu otopné soustavy je potřeba znát předem výpočtové parametry, jako je vnitřní návrhová teplota, výpočtová venkovní teplota, teplené ztráty budovy a vytápěných místností, teplotu venkovního vzduchu, délku otopného období. Dále musíme brát také

v úvahu, jaký systém (soustavu) v objektu použijeme, a podle toho stanovit potřebný tepelný spád a dispozice.

Každé otopné těleso se navrhuje jiným způsobem. Dále je uveden a popsán postup návrhu pro desková otopná tělesa.

Nejprve je nutné určit, kde se otopné těleso (dále jen OT) bude v místnosti nacházet. Pokud je v místnosti okno, OT by mělo být umístěno pod ním. Rozměry OT se určují podle rozměru okna – maximální délka OT bude shodná s délkou okna a výška OT bude dána výškou parapetu. Pokud je OT umístěno v místnosti bez okna, je jeho pozice volena s ohledem na rozložení místnosti. Po rozmístění OT je dále nutné zvolit způsob vedení potrubí. Pro rodinné domy, kde otopná soustava není nijak rozlehlá, se většinou volí zapojení podle Tichelmana. Toto zapojení je specifické tím, že každé těleso má stejnou délku přípojovacího okruhu od zdroje tepla a stejnou tlakovou ztrátu (pokud OT mají stejný výkon). Dále je podle výrobce OT nutné vybrat teplotní spád, to znamená rozdíl teplot v přiváděné a odváděné vodě. Je doporučeno tento spád volit 10 až 15 K. Dále zbývá stanovit délky přívodních a vratných potrubí, z jakého budou materiálu (vhodné materiály jsou měď a ocel) a zvážení rozdělení soustavy na více okruhů – vytápěcích úseků. Délky je vhodné určovat podle stavebních plánů domu.

Základní plochu OT lze určit podle následujícího vzorce:

$$A = \frac{P}{k \cdot (\theta_m - \theta_i)} \quad [m^2] \quad (38)$$

kde	A	plocha otopného tělesa [m^2]
	P	výkon OT [W]
	k	součinitel prostupu tepla stěnou [$W/(m^2K)$]
	θ_m	střední teplota nosného média [$^{\circ}C$]
	θ_i	výpočtová vnitřní teplota místnosti [$^{\circ}C$]

7 ELEKTRONICKÉ BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY EZS A EPS

Pro zvýšení komfortu bydlení a ochranu majetku se používají elektronické zabezpečovací a požární systémy. Zabezpečovací systémy chrání především objekt, dům, proti neoprávněnému vniknutí a ochraně majetku. Požární systémy slouží především pro včasné upozornění případného vznikajícího požáru a podle rozsáhlosti systému a jeho doplňků se aktivně zapojují při zhasení požáru.

7.1 Elektronické zabezpečovací systémy (EZS)

Hlavním úkolem elektronických zabezpečovacích zařízení je detekce narušení prostoru a včasné varování vniku neoprávněné osoby do objektu. Ochrana bývá v rodinných domech většinou jen plášťová, tedy systémy sledující okna, dveře a jiné stavební otvory. Pro dosažení lepšího stupně ochrany bývá plášťová ochrana doplněna o prostorovou, využívající různé druhy pohybových detektorů. Nejčastěji se používají jako poplašné systémy.

Základní části elektronických zabezpečovacích systémů:

- Detektory - čidla
- Ústředny elektronických zabezpečovacích systémů
- Ovládající zařízení

Detektory jsou koncová zařízení systému využívající různé druhy detekce. Např. detektor pohybu (PIR), akustické detektory rozbití skla (Glassbreak), magnetické detektory, optické závory a jejich kombinace. Ústředny propojují jednotlivé komponenty systému a podle nastavení vyhodnocují neautorizovaný vstup. Ovládací zařízení jsou určitým doplňkem jak celý systém ovládat. Hlavní funkcí těchto ovladačů je zastřežení a odstřežení systému.

7.2 Elektronická požární signalizace (EPS)

Slouží k včasné signalizaci vzniklého ohniska požáru. Samočinně nebo prostřednictvím lidského činitele urychluje předání této informace osobám určeným k zajištění represivního zásahu, případně uvádí do činnosti zařízení, která brání rozšíření požáru, usnadňují, případně provádějí protipožární zásah. [35, s. 14]

Základní části elektronické požární signalizace:

- Hlásiče požáru
- Ústředny elektrické požární signalizace
- Doplňující zařízení elektrické požární signalizace

Hlásiče požáru sledují, měří a případně i vyhodnocují fyzikální parametry a jejich změny, které provázejí vznik požáru. Ústředny realizují v systému nepřetržité napájení hlásičů požáru (pokud nejsou bezdrátové) a dalších prvků, vyhodnocují signalizace hlásičů, ovládají připojená zařízení a kontrolují provozuschopnost celého systému.[35]

Je výhodné neponechávat zjištění vzniku požáru a případně i provedení některých dalších operací na náhodě, ale použít vhodného technického zařízení, které vznikající požár zjistí, vyhlásí požární poplach a případně provede i další potřebná opatření. K tomuto účelu tato zařízení slouží. Zařízení EPS složené z výše uvedených částí vytváří systém, který akusticky i opticky signalizuje vzniklé ohnisko požáru nebo vzniklý požár. Tento systém dále může:[35]

- Rozšiřovat informace o požárně nebezpečné situaci na předem určená místa.
- Ovládat zařízení, která brání šíření požáru, usnadňující, případně přímo provádějící protipožární zásah.
- Vydávat signály pro ovládání technologických zařízení v případě požáru, např. odstavení zařízení apod.

8 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE KNX

KNX jako celek je inteligentní systém pro řízení a ovládání elektroinstalace. Pomocí sběrnice technologie propojuje všechny prvky elektrické instalace, díky čemuž jsou schopny spolu přímo komunikovat a ve vzájemných vazbách kontrolovat chod všech technologií v budově (např. osvětlení, stínění, vytápění, ventilaci, klimatizaci, zabezpečovací nebo protipožární systém).

KNX vznikla jako asociace a byla založena v roce 1999 jako sdružení tří evropských asociací zabývajících se inteligentními aplikacemi pro domy a budovy.

- BCI (Francie) – systém Batibus
- EIB Association (Belgie) – systém EIB
- European Home Systems Association (Nizozemí) – systém EHS

Koncem roku 2003 byl standard KNX odsouhlasen v CENELEC (European Committee of Electrotechnical Standardisation) jako evropská norma pro elektrotechnické systémy pro domy a budovy, jako součást řady norem EN 50090. V roce 2006 byla také odsouhlasena jako celosvětová norma ISO/IEC 14543-3.[25]

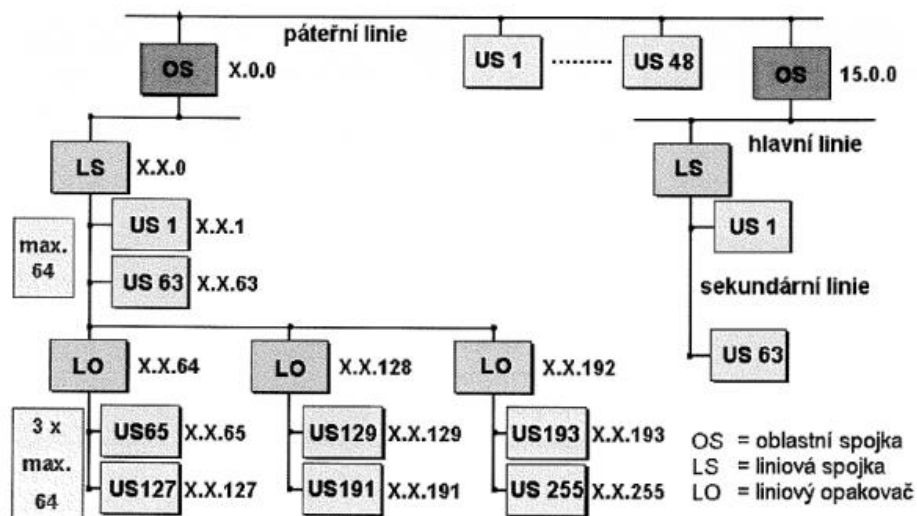
KNX se poté stal celosvětově uznávaným standardem pro řízení budov a domácností, jehož komponenty vyrábí řada různých výrobců. KNX má i svůj vlastní certifikační proces, který zajišťuje, že výrobky od těchto výrobců, které slouží k různým aplikacím, spolu vzájemně komunikují a spolupracují, což zabezpečuje vysoký stupeň flexibility při rozšiřování nebo pozměňování instalace. Vyrábí je např. ABB Gira, Merten, Schneider Electric, Siemens a další. KNX podporuje také různá přenosová média (TP, PL, RF, Ethernet).

8.1 Topologie KNX

Aby si mohli jednotliví účastníci na sběrnici posílat informace, přiřadí se každému zařízení na sběrnici jedinečná adresa, která se nazývá individuální adresa. Tato adresa má tvar např. 1.1.1. První číslice symbolizuje oblast, druhá číslice linii a třetí samotné zařízení. Slouží také ke zjištění umístění na sběrnici. Účastník si vyměňuje informace s kterýmkoli jiným účastníkem pomocí datového telegramu. V datovém telegramu je obsažena skupinová adresa, která se přiřadí jednotlivým skupinovým objektům v zařízení. Každé

zařízení může mít několik skupinových objektů, např. skupinový objekt pro spínání světla, skupinový objekt pro stmívání světla, skupinový objekt pro zpětné vazby apod. [26]

Základním seskupením přístrojů na sběrnici vzniká linie. Linie sestává maximálně ze 4 liniiových segmentů s maximálně 64 přístroji. Každý segment musí být vybaven napájecím zdrojem. Skutečný počet účastníků závisí na výkonu napájecího zdroje a příkonu jednotlivých účastníků. V maximálně 15 oblastech může být připojeno více než 58 tisíc přístrojů.[26]



Obr. 6: základní topologie KNX [26]

8.2 Přenosová média KNX

Jak bylo zmíněno, KNX využívá různá média k přenosu potřebných informací, povelů, hlášení apod. mezi jednotlivými komponenty systému.

- **TP – twisted pair – kroucená dvojlinka.** Klasické metalické vedení. Rychlost přenosu je 9,6 kb/s.
- **PL – power line – síťové vedení.** Přenos dat po rozvodech elektrické sítě. Rychlost přenosu standardizována na 1,2 kb/s nebo 2,4 kb/s.
- **RF – radio frequency – rádiový přenos.** Komunikace pomocí rádiového signálu na frekvenci 868 MHz (VKV). Maximální vysílací výkon je 25 mW a přenosová rychlostí je 16,384 kb/s.
- **IP komunikace.** Komunikace pomocí zaběhnutých standardů jako je Ethernet, Wi-Fi nebo Bluetooth. K přenosu je možné využít síť LAN nebo Internet.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 POPIS KONKRÉTNÍHO OBJEKTU A ZÁKLADNÍ STANOVENÍ JEHO PARAMETRŮ

9.1 Popis objektu

Pro tuto diplomovou práci jsem vybral vlastní rodinný dům nacházející se v řadové zástavbě v Huštěnovicích, okres Uherské Hradiště. Dům byl postaven v roce 1986 a je situován přední stranou (hlavním vchodem) na jihozápad. Je určen k celoročnímu pobytu pro čtyř člennou rodinu. Dům má celkem tři patra - přízemní patro, kde jsou situovány technické místnosti, garáž apod., a dvě nadzemní podlaží, kde se nachází obytné místnosti. Dům je vybaven přípojkou zemního plynu, zatím nevyužitou. Dále pak elektrickým kotlem a kotlem na koks a dřevo pro vytápění a elektrickým boilerem pro ohřev vody.

Pro objekt bylo potřeba dopracovat tepelnou ochranu, protože stávající stav zateplení byl rozpracovaný a nebyl na celém domě zatím hotov. Dále bylo potřeba zkontrolovat jeho parametry a případně doporučit či zpracovat řešení neodpovídajících podmínek. Jednotlivé návrhy řešení jsou popsány v odpovídajících kapitolách.

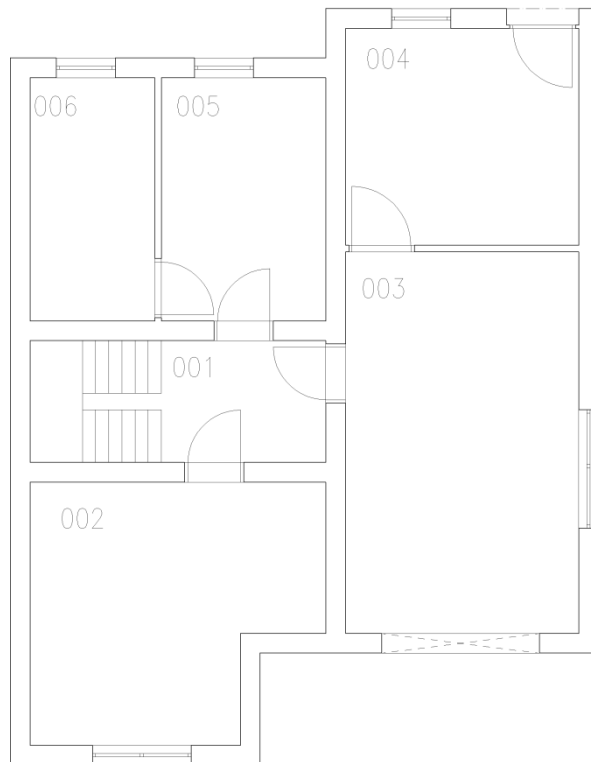
Tab. 16: okrajové podmínky

Uvažovaná nadmořská výška	h [m. n. m.]	181
Obestavěný prostor vytápěných částí budovy	V [m³]	581,7
Vytápěný prostor	- [m²]	212,2
Celková zastavěná plocha	A_z [m²]	90,57
Celková plocha konstrukcí	A [m²]	427,3
Délka otopného období	d [den]	233
Návrhová (výpočtová) venkovní teplota	θ_e [°C]	-15
Průměrná roční teplota v otopném období	$\theta_{e,m}$ [°C]	3,6

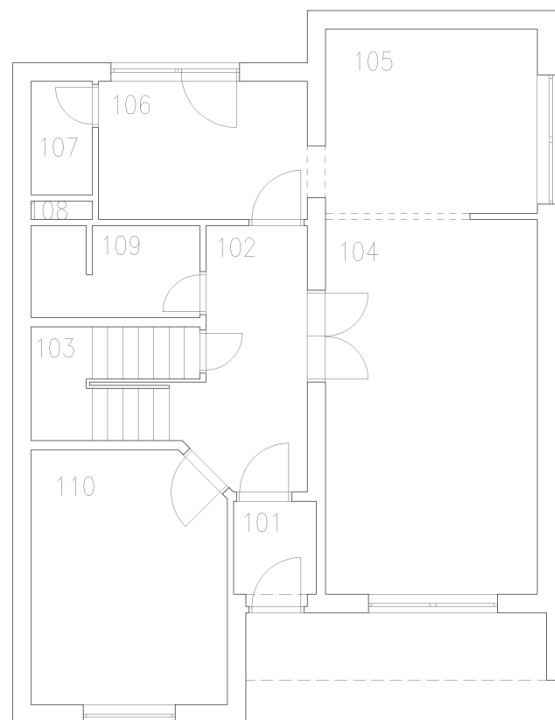
Tab. 17: seznam místností s návrhovými parametry

Patro	Místnost	Označení místnosti	Plocha A [m ²]	Objem místnosti V [m ³]	Vnitřní výpočtová teplota θ_i [°C]	Intenzita větrání V_i [l/h]
PP	schodiště	001	8,3	19,09	15 N	0,5
	kotelna	002	11,3	25,99	15 N	0,5
	garáž	003	20,6	47,38	15	0,5
	dílna	004	11,7	26,91	15	0,5
	prádelna	005	9,3	21,39	15	0,5
	sklad	006	7,0	16,10	15 N	0,5
1NP	zádveří	101	2,8	7,00	15	0,5
	vstupní hala	102	6,3	15,75	20	0,5
	prostor schodiště	103	4,8	12,00	20 N	0,5
	obývací pokoj	104	21,7	54,25	20	0,5
	jídelna	105	10,7	26,75	20	0,5
	kuchyně	106	7,6	19,00	20	0,5
	spíž	107	19	4,75	10 N	0,5
	instalační šachta	108	0,3	0,75	5 N	0,5
	sociální zařízení	109	4,1	10,25	24	0,5
	pokoj 1	110	13,3	33,25	20	0,5
2NP	chodba	201	8,4	21,00	20	0,5
	prostor schodiště	202	5,1	12,75	20 N	0,5
	pokoj 2	203	16,3	40,75	20	0,5
	pokoj 3	204	16,5	41,25	20	0,5
	ložnice	205	13,1	32,75	20	0,5
	šatna	206	4,7	11,75	20	0,5
	koupelna	207	4,9	12,25	24	0,5
	sociální zařízení	209	1,5	3,75	20	0,5

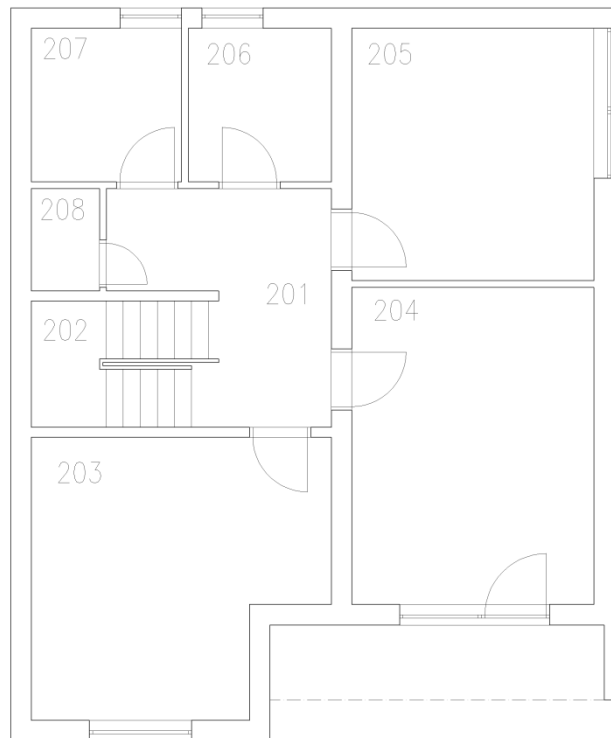
Poznámka: N v Tab. 17 u vnitřní výpočtové teploty znamená nevytápěnou místnost.



Obr. 7: náčres PP



Obr. 8: náčres 1NP



Obr. 9: nákres 2NP

9.2 Stanovení součinitele prostupu tepla

Stanovení součinitele prostupu tepla je důležitým kritériem pro posuzování budovy z různých hledisek. Je základním ukazatelem k hodnocení kvality stavby z hlediska tepelných parametrů a s tím související ekonomické hledisko vytápění a provoz domu.

9.2.1 Posouzení pláště budovy

Plášť budovy pro svoji správnou funkci musí splňovat kritéria podle normy ČSN 73 0540 z hlediska kondenzace vodní páry v obvodových konstrukcích budovy. Roční množství zkondenzované vody musí být nižší než roční množství vodní páry vypařitelné uvnitř konstrukce. Pro posouzení stavu pláště budovy byl použit program Teplo 2010, který zpracovává a vyhodnocuje potřebné faktory.

Při posuzování obvodových konstrukcí bylo nutné obvodové zdivo zateplit, aby splňovalo potřebné parametry dle normy. Byl použit pěnový polystyren o tloušťce 0,1 m.

Celkem jsou posuzovány 3 stavební obvodové konstrukce. První je pro PP, kde je celá obvodová stěna stejná. Druhé dvě konstrukce jsou pro 1NP a 2NP, kde jedna stěna je ve vrstvě se stavebním materiálem Ytong silnější o 0,1 m.

Tab. 18: skladba obvodové stěny PP

Materiál	Tloušťka D [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(mK)]
JUB Bio vápenná barva	0,00012	1,000
Omítka vápenná	0,002	0,870
Zdivo CP	0,3	0,800
Butylkaučuková folie	0,001	0,160
Omítka vápenocementová	0,02	0,990
Keramická mozaika	0,0065	1,010
Weber.therm klasik	0,003	0,900
Pěnový polystyren	0,1	0,033
Minerální zatíraná omítka	0,0012	0,790

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla:

- Tepelný odpor konstrukce R : 3,20 (m²K)/W
- Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0,30 W/(m²K)

Celoroční bilance vlhkosti:

- V konstrukci nedochází ke kondenzaci

Tab. 19: skladba obvodové stěny 1 a 2 NP

Materiál	Tloušťka D [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(mK)]
Ekolak Ekodur Natural - nátěr	0,0001	0,700
Omítka vápenná	0,025	0,870
Ytong P3-550 (580)	0,3	0,170
Omítka vápenocementová	0,02	0,990
Břízolit	0,01	0,900
Weber.therm klasik	0,003	0,900
Pěnový polystyren	0,1	0,033
Minerální zatíraná omítka Cemix	0,0012	0,790

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla:

- Tepelný odpor konstrukce R : 4,40 (m²K)/W
- Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0,22 W/(m²K)

Celoroční bilance vlhkosti:

- Množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$: 0,015 kg/m²,rok
- Množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$: 1,130 kg/m²,rok

Tab. 20: skladba obvodové stěny 1 a 2 NP - silná

Materiál	Tloušťka D [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(mK)]
Ekolak Ekodur Natural - nátěr	0,0001	0,700
Omítka vápenná	0,025	0,870
Ytong P3-550 (580)	0,4	0,170
Omítka vápenocementová	0,02	0,990
Břízolit	0,01	0,900
Weber.therm klasik	0,003	0,900
Pěnový polystyren	0,1	0,033
Minerální zatíraná omítka Cemix	0,0012	0,790

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla:

- Tepelný odpor konstrukce R : 4,90 (m²K)/W
- Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0,20 W/(m²K)

Celoroční bilance vlhkosti:

- Množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$: 0,020 kg/m²,rok
- Množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$: 0,993 kg/m²,rok

9.2.2 Energetický štítek obálky budovy

Při zkoumání jednotlivých stavebních konstrukcí domu musíme uvažovat i stavební otvory, jako jsou dveře, okna a případné další sousedící konstrukce. Patří sem i podlaha a strop, které uzavírají celkovou obálku budovy. Pro okna a dveře nebylo potřeba navrhovat

zlepšení, neboť na domě se provedla částečná rekonstrukce před 4 lety a okna a dveře byly vyměněny.

Po získání všech potřebných hodnot lze budovu posoudit podle normy ČSN 73 0540 a z hlediska energetické náročnosti. Náročnost je hodnocena sedmibodovou stupnicí A až G zmíněnou v kapitole 5. Dnešní projektované nebo rekonstruované domy mají povinnost splnit hodnocení dle kritérií normy nejhůře do třídy C s průměrným součinitelem prostupu tepla $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Níže je uveden celý výstup i hodnocením posuzovaného domu. Nejdůležitější je část 3, kde vidíme zařazení domu do kategorie C, přesně do kategorie C1 s průměrným součinitelem prostupu tepla $0,32 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ a klasifikačním ukazatelem 0,64.

Protokol k energetickému štítku obálky budovy

Identifikační údaje

Druh stavby Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ) Katastrální území a katastrální číslo Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	. č.kat.
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník Adresa Telefon / E-mail	/

Charakteristika budovy

Objem budovy V - vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	581,7 m ³
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	427,3 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A / V	0,73 m ² /m ³
Typ budovy Poměrná plocha průsvitných výpíní otvorů obvodového pláště f_v (pro nebytové budovy)	bytová 0,00
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{in}	20 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_{e}	-15 °C

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_k [m ²]	Součinitel (šinitel) prostupu tepla U ($\sum \Psi_{k,l,k} + \sum X_k$) [W/(m ² ·K)]	Požadovaný (doporučený) součinitel prostupu tepla $U_{k,req}$ ($U_{k,lim}$) [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce h [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{k1} = A_k \cdot U_k \cdot h$ [W/K]
obvodová stěna	221,8	0,22	()	1,07	52,2
Jednoduché okno	25,6	1,20	()	1,28	39,4
podlaha	68,2	2,51	()	0,20	33,8
Dveře dřevěné p	16,5	2,00	()	0,40	13,1
Dveře dřevěné s	6,2	3,50	()	0,23	5,1
Dvojitě okno s	2,7	1,40	()	1,02	3,8
příčka 10 NP zá	3,8	2,42	()	0,16	1,5
příčka 15 NP zá	3,8	1,96	()	0,16	1,2
obvodová stěna	4,6	0,22	()	1,05	1,1
Zbýlé konstrukce	40,4		()		-15,5
Celkem	393,6				135,7

Konstrukce splňují požadavky na součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-2.

Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T	W/K	135,7
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m ² ·K)	0,32
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rc}$	W/(m ² ·K)	0,38
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,rq}$	W/(m ² ·K)	0,50
Průměrný součinitel prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$	W/(m ² ·K)	1,10

Požadavek na stavebně energetickou vlastnost budovy je splněn.

Klasifikační třídy prostupu tepla obálky hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Veličina	Jednotka	Hodnota
A – B	$0,3 \cdot U_{em,rq}$	W/(m ² ·K)	0,15
B – C	$0,6 \cdot U_{em,rq}$	W/(m ² ·K)	0,30
(C1 – C2)	$(0,75 \cdot U_{em,rq})$	(W/(m ² ·K))	(0,38)
C – D	$U_{em,rq}$	W/(m ² ·K)	0,50
D – E	$0,5 \cdot (U_{em,rq} + U_{em,s})$	W/(m ² ·K)	0,80
E – F	$U_{em,s} = U_{em,rq} + 0,6$	W/(m ² ·K)	1,10
F – G	$1,5 \cdot U_{em,s}$	W/(m ² ·K)	1,66

Klasifikace: C1 - vyhovující doporučené úrovni

Datum vystavení energetického štítku obálky budovy:

Zpracovatel energetického štítku obálky budovy:

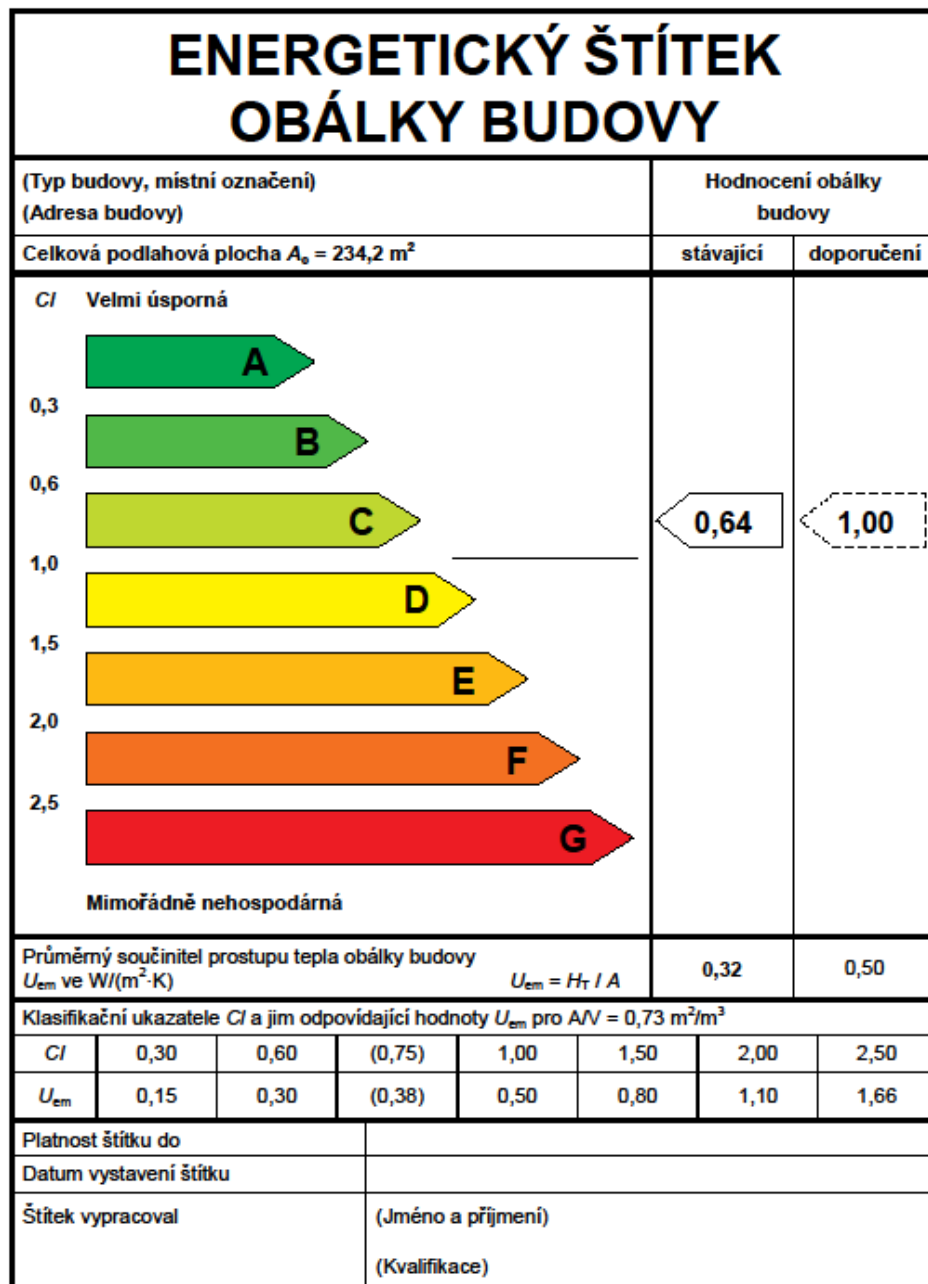
IČ:

Zpracoval:

Podpis:

Tento protokol a stavebně energetický štítek obálky budovy odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540-2 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

Obr. 11: výstup energetického štítku 2/3



Obr. 12: výstup energetického štítku 3/3

S ohledem na citlivé informace, není vyplněna část protokolu.

9.3 Stanovení tepelných ztrát

Pro adekvátní návrh a dimenzování vytápění je potřeba stanovit pro dům jeho tepelné ztráty. Norma ČSN EN 12831 stanovuje postupy výpočtů tepelných ztrát budovy a navrhovaného tepelného výkonu. Podle těchto postupů a s ověřením výpočtů pomocí programu Ztráty 2010 byly určeny celkové ztráty domu.

Tab. 21: ztráty domu

Patro	Místnost	Označení místnosti	Ztráta prostupem Φ_T [W]	Ztráta větráním Φ_V [W]	Celková ztráta Φ [W]
PP	schodiště	001	160	88	248
	kotelna	002	439	119	558
	garáž	003	788	217	1005
	dílna	004	436	124	560
	prádelna	005	207	98	305
	sklad	006	230	74	304
1NP	zádveří	101	104	32	136
	vstupní hala	102	-34	86	52
	prostor schodiště	103	-21	65	44
	obývací pokoj	104	314	295	609
	jídelna	105	237	146	383
	kuchyně	106	160	103	263
	spíž	107	-97	18	-79
	instalační šachta	108	-139	2	-137
	sociální zařízení	109	70	124	194
	pokoj 1	110	315	181	496
2NP	chodba	201	-24	114	90
	prostor schodiště	202	33	69	102
	pokoj 2	203	266	222	488
	pokoj 3	204	277	224	501
	ložnice	205	264	178	442
	šatna	206	29	64	93
	koupelna	207	143	75	218
	sociální zařízení	209	1	20	21
Součet			4158	2738	6896

Tepelné ztráty domu zahrnují ztráty větráním Φ_V a ztráty tepelným prostupem konstrukcemi Φ_T . Dům byl testován na tepelnou stabilitu v zimním období programem Stabilita 2010 a bylo v něm zjištěno následující:

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2007) A VYHLÁŠKY MPO č. 148/2007 Sb.

Název úlohy: DP

Podrobný popis obalových konstrukcí místnosti je uveden na výpisu z programu Stabilita 2010.

Požadavek na pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období (čl. 8.1 ČSN 730540-2), resp. na tepelnou stabilitu místnosti v zimním období (§4, odst. 1, bod a6) vyhlášky):

Požadavek: Delta Tr,N (tau) = 3,00 C

Výsledky výpočtu:

Delta Tr (2,00) = 3,05 C
 Delta Tr (4,00) = 4,23 C
 Delta Tr (6,00) = 5,21 C
 Delta Tr (8,00) = 6,06 C
 Delta Tr (10,00) = 6,79 C
 Delta Tr (12,00) = 7,44 C
 Delta Tr (14,00) = 8,00 C
 Delta Tr (16,00) = 8,50 C
 Delta Tr (18,00) = 8,94 C
 Delta Tr (20,00) = 9,33 C
 Delta Tr (22,00) = 9,68 C
 Delta Tr (24,00) = 10,00 C

Delta Tr (1,00) < Delta Tr,N ... POŽADAVEK JE SPLNĚN pro maximální délku otopné přestávky 1,00 h.
Při delší otopné přestávce NEBUDE POŽADAVEK SPLNĚN.

Přípustná otopná přestávka je natolik krátká, že je nutné zabránit přerušeni vytápění místnosti při dané vnější teplotě.

Stabilita 2010, (c) 2010 Svoboda Software

Obr. 13: testování domu na přerušované vytápění

Je tedy nutno zamezit přerušovanému vytápění z důvodu krátké otopné přestávky. Tedy do celkových ztrát není a nemůže být zahrnut zátopový faktor přerušovaného vytápění.

Výsledné ztráty Φ pro dům jsou **6896 W**. Zdroj vytápění musí tuto ztrátu pokrýt, musí být ale brána v úvahu i plánovaná příprava teplé vody.

9.4 Stanovení tepelných zisků

Stanovení tepelných zisků je důležité zejména v letních měsících, kdy může dojít k přehřívání vnitřních prostor domu a je nutno zvážit návrh chlazení při překročení určité hladiny teploty, které jsou popsány v kapitole 4.3.2, což je pro rodinné domy 27 °C.

**VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2007)
A VYHLÁŠKY MPO č. 148/2007 Sb.**

Název úlohy: DP

Podrobný popis obalových konstrukcí hodnocené místnosti je uveden na výpisu z programu Simulace 2010.

Požadavek na nejvyšší denní teplotu vzduchu v letním období (čl. 8.2 ČSN 730540-2), resp. na tepelnou stabilitu místnosti v letním období (§4.odst.1.bod a6) vyhlášky)

Požadavek: $T_{ai,max,N} = 27,00 \text{ C}$

Vypočtená hodnota: $T_{ai,max} = 25,78 \text{ C}$

$T_{ai,max} < T_{ai,max,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Poznámka: Vyhodnocení požadavku ČSN 730540-2 má smysl pouze tehdy, pokud byly ve výpočtu použity okrajové podmínky podle ČSN 730540-3.

Simulace 2010, (c) 2010 Svoboda Software

Obr. 14: výstup testování na přehřívání vnitřních prostor

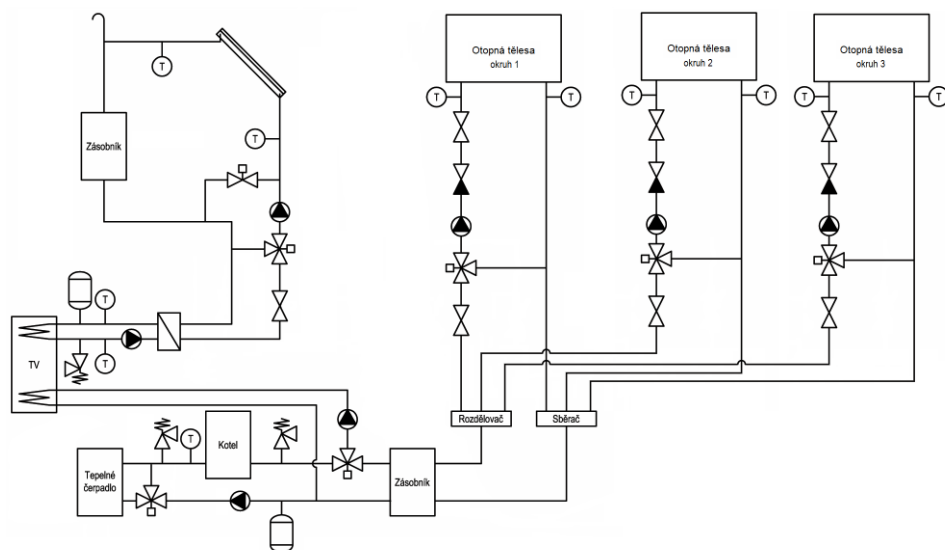
Po vyhodnocení, zadání přesné skladby kritické místnosti a propočtení programem Simulace 2010 není nutno navrhovat vnitřní chlazení (jak je patrné na Obr. 14), protože vypočtená hodnota vnitřní teploty dosahuje **25,78 °C** a nepřesahuje stanovených 27 °C, které udává norma.

10 NÁVRH SYSTÉMŮ TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Následující kapitoly popisují návrhy řešení systémů pro techniku prostředí, pro tvorbu mikroklimatických podmínek a pro užívání domu. Základem vytápění je zvolen, dle zadání, plynový kotel doplněný o bivalentní zdroj tepelného čerpadla. Tyto zdroje slouží především pro vytápění a pro ohřev teplé vody. Pro snížení nákladů je pro ohřev vody použit v systému také sluneční kolektor.

10.1 Návrh soustavy

Celá soustava na přípravu teplé vody a vytápění byla navržena podle požadavků majitele domu s ohledem na použitá zařízení. Základem je bivalentní zdroj, tvořený tepelným čerpadlem a plynovým kotlem, který slouží především pro vytápění a také pro přípravu teplé vody. Tento systém přípravy teplé vody je napojen na solární kolektory, které pomáhají vodu připravovat. Systém je tvořen tak, aby v případě nefunkčnosti jedné části, ať pro přípravu vody nebo vytápění, bylo možné použít jiný zdroj.



Obr. 15: nákres soustavy pro ohřev vody a vytápění

10.2 Návrh tepelného čerpadla

Pro správný výběr tepelného čerpadla je zapotřebí nejprve stanovit topný faktor čerpadla podle rovnice (30), neboli účinnost tepelného čerpadla.

$$COP = k \cdot \frac{\theta_s}{\theta_s - \theta_z} = 0,5 \cdot \frac{50 + 273,15}{(50 + 273,15) - (0 + 273,15)} = 3,23$$

Do systému bylo vybráno tepelné čerpadlo typu vzduch - voda NIBE F2040-16 s topným faktorem 3,78. Výkon čerpadla je 9,58 kW a příkon 2,53 kW. Čerpadlo bylo vybráno i kvůli nízké hodnotě hluku - hladiny akustického tlaku, která je dle výrobce 51 dB (A), tedy nízká hlučnost. Výběr typu čerpadla byl ovlivněn dispozicemi domu a prostorem (např. pro čerpadlo typu země - voda).

10.3 Příprava teplé vody

Potřeba a výpočet pro přípravu teplé vody je proveden podle kapitoly 6.4.1 a pro 4 osoby. Potřeba teplé vody na osobu byla přebrána podle normy ČSN 06 0320 [27], tedy 4,3 kWh.

Celková potřeba pro domácnost tedy bude:

$$Q_{TP} = n \cdot 4,3 = 4 \cdot 4,3 = 17,2 \text{ kWh}$$

Ztráty tepla při ohřevu a distribuci teplé vody teoretické potřeby jsou

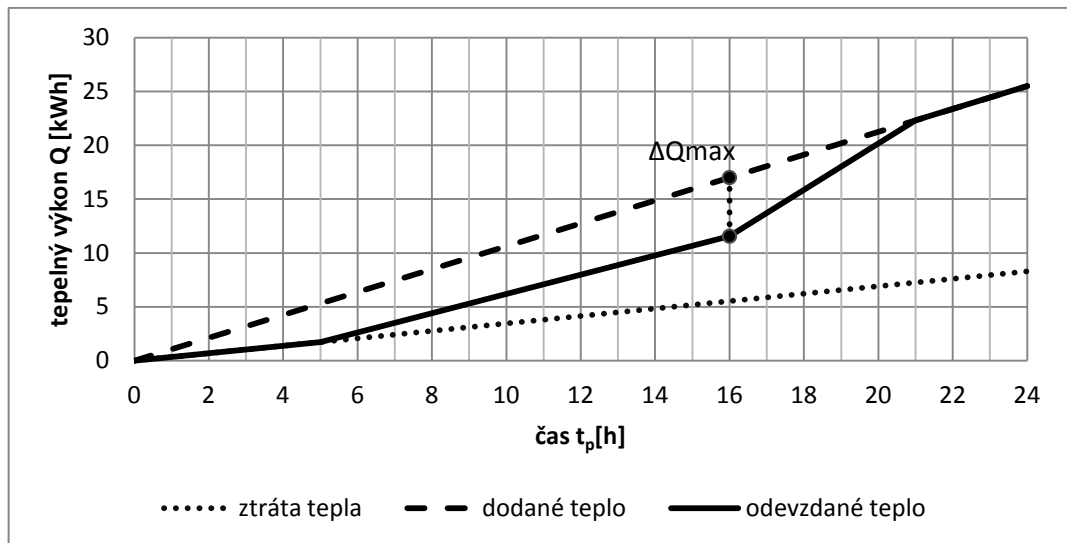
$$Q_{ZP} = 0,5 \cdot Q_{TP} = 0,5 \cdot 17,2 = 8,3 \text{ kWh}$$

Teplo dodané ohřivačem do vody během celkové periody ohřevu:

$$Q_P = Q_{ZP} + Q_{TP} = 17,2 + 8,3 = 25,5 \text{ kWh}$$

Celkové množství teplé vody je odebíráno v těchto periodách:

- 5 – 16 hodin 35 % $Q_{TP1} = 0,35 \cdot Q_{TP} = 0,35 \cdot 17,2 = 6,02 \text{ kWh}$
- 16 – 21 hodin 50 % $Q_{TP2} = 0,5 \cdot Q_{TP} = 0,5 \cdot 17,2 = 8,6 \text{ kWh}$
- 21 – 24 hodin 15 % $Q_{TP3} = 0,15 \cdot Q_{TP} = 0,15 \cdot 17,2 = 2,58 \text{ kWh}$



Graf 1: křivka dodávky a odběru tepla

Grafickou metodou byl určen největší rozdíl odebíraného tepla $\Delta Q_{max} = 5,45 \text{ kWh}$.

Velikost zásobníku teplé vody:

$$V_Z = \frac{\Delta Q_{max}}{c_p \cdot \Delta \theta} = \frac{5,45}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,104 \text{ m}^3 = 104 \text{ l}$$

Jmenovitý tepelný výkon ohřívání teplé vody:

$$\Phi = \frac{Q_P}{t_p} = \frac{25,5}{24} = 1,0625 \text{ kW}$$

S ohledem na provedení celého topného systému byl vybrán nepřímo ohříváný zásobník teplé vody Storacell SK(E) 290-5 solar od firmy Junkers s kapacitou 120 litrů, který je vhodný pro použití přípravy teplé vody ve spojení s plynovým kotlem a solární podporou. Při použití se solární podporou umožňuje zásobník celkový užitečný objem až 290 litrů.

10.4 Návrh solárního kolektoru

Jelikož jsou solární kolektory uvažovány jako pomocný zdroj pro ohřev TUV, je tomuto kritériu podroben i výběr solární soustavy.

Pro návrh solárních kolektorů byl zvolen výrobce PROPULS SOLAR s.r.o. se solárními kolektory SUNTIME 2.1, výrobce uvádí absorpční plochu panelu $1,83 \text{ m}^2$ o rozměrech panelu $1895 \times 1063 \text{ mm}$ a hmotností 38 kg .

Celkový návrh a výpočet solárních kolektorů byl proveden pomocí programu Suntiware 13.2, který je od výrobce panelů volně dostupný. Program vyžaduje pro přesný výpočet zadání

specifických informací o umístění domu a panelů. Byly navoleny tyto důležité parametry, které odpovídají domu a dislokaci:

- Lokalita: Uherské Hradiště
- Počet osob: 4
- Typ ohřevu vody: plynový kotel
- Umístění pole: střecha se sklonem do 30°, krytina plech
- Orientace kolektoru: azimut 0°(orientace na jih), sklon kolektorů 40°

Program vypočítal a určil použití 2 solárních kolektorů typu 2.1 o celkové ploše kolektorového pole 4 m². Celková spotřeba energie je 4535 kWh/rok a využitá solární energie je 2382 kWh/rok. Solární pokrytí tedy činí 52,5 % energií/rok.



Graf 2: výstup programu Suntiware - vyhodnocení solární energie

10.5 Návrh vytápění

Vytápění domu je uvažováno pomocí kotle na zemní plyn a tepelného čerpadla jako bivalentní zdroj a je navrženo vytápění pomocí otopných těles – radiátorů.

10.5.1 Návrh otopné soustavy

Otopná tělesa byla vybrána a navržena tak, aby pokrývala tepelnou ztrátu jednotlivých místností a respektovala umístění s ohledem na vnitřní prostory a také požadavky investora (majitel domu). Samozřejmě umístění odpovídá požadavkům normy pod okny, tak aby bylo zabráněno srážení vnitřní vlhkosti.

Ve všech vytápěných místnostech jsou použita otopná tělesa od firmy Korado z modelové řady Radik, teplotní spád byl s ohledem na výrobce zvolen 75/65 °C. Navržená tělesa jsou uvedena dále v tabulce.

Tab. 22: navrhovaná OT

Patro	Místnost	Označení místnosti	Ztráta místnosti [W]	Délka OT [mm]	Výška OT [mm]	Výkon OT [W]
PP	garáž	003	1005	1800	200	1318
	dílna	004	560	900	600	615
	prádelna	005	305	800	500	466
1NP	zádveří	101	136	500	300	187
	vstupní hala	102	52	500	300	174
	obývací pokoj	104	609	2000	500	1028
	jídelna	105	383	2000	500	1028
	kuchyně	106	263	1100	500	565
	sociální zařízení	109	194	600	400	227
	pokoj 1	110	496	1400	500	720
2NP	chodba	201	90	500	300	165
	pokoj 2	203	488	1400	500	720
	pokoj 3	204	501	1200	500	617
	ložnice	205	442	1200	500	617
	šatna	206	93	800	500	411
	koupelna	207	218	800	500	368
	sociální zařízení	209	21	500	300	165

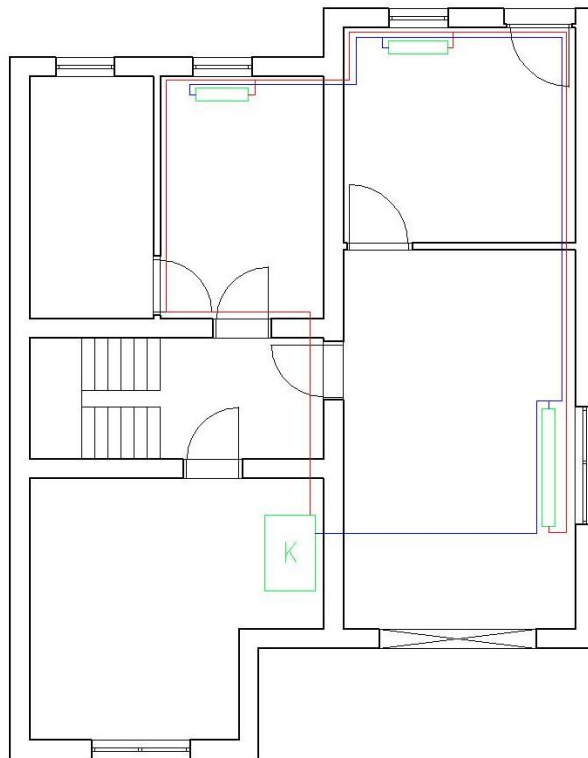
Navrhnutá OT jsou naddimenzována tak, aby pokrývala ztráty místnosti a zohlednila délky oken kvůli případné kondenzaci. Celkový navržený výkon otopných těles je 9391 W.

OT jsou rozdělena na tři topné okruhy pro každé patro zvlášť. Rozdělení bylo zvoleno z důvodů požadavku majitele domu.

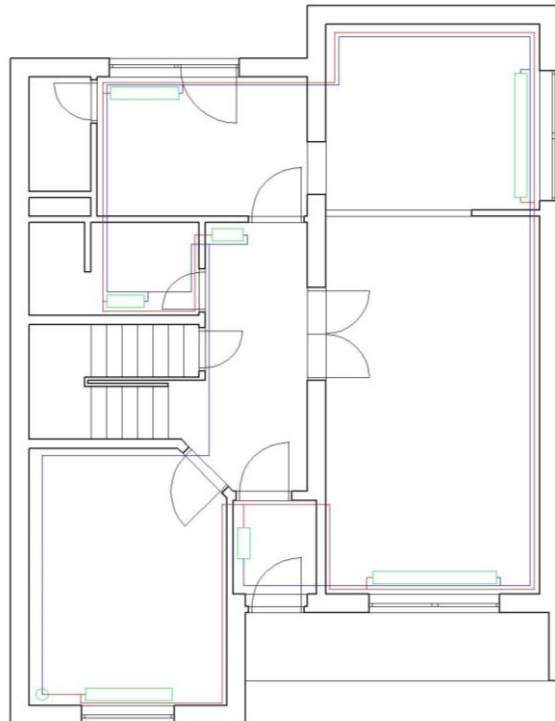
Pro každý okruh byly spočítány, částečně podle Laboutky [31], celkové tlakové ztráty v okruzích a následně ověřeny dílčí hodnoty podle pomocných výpočtů na TZB-info [29][30]. Hodnoty ztrát na OT udává výrobce. Podle tlakových ztrát byly určeny parametry průtokových součinitelů k_v ventilů v okruzích.

Tab. 23: tlakové ztráty v okruzích a průtokový součinitel

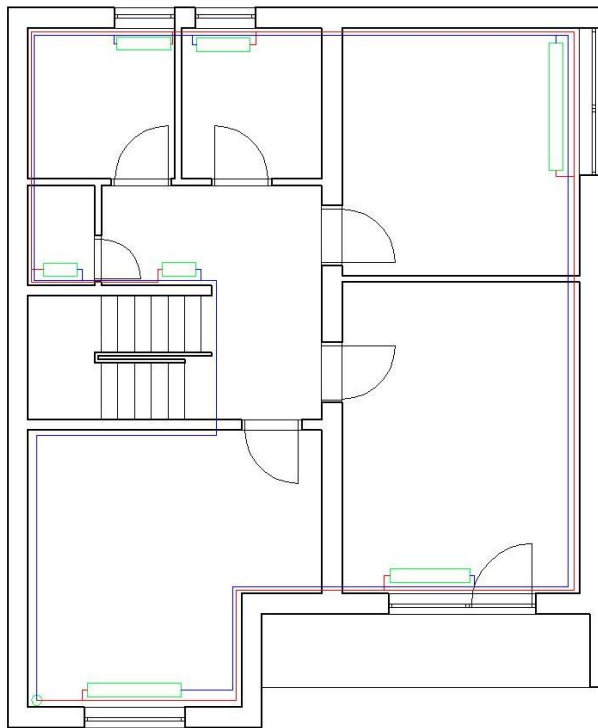
Okruh	Tlaková ztráta [Pa]	k_v [m^3/h]
PP	4487,3	0,666
1NP	7134,3	0,865
2NP	5624,2	0,759



Obr. 16: návrh rozvodů vytápění PP



Obr. 17: návrh rozvodů vytápění 1NP



Obr. 18: návrh rozvodů vytápění 2NP

10.5.2 Návrh zdroje vytápění

Jako další zdroj vytápění spolu s tepelným čerpadlem je zvolen plynový kotel. Jeho výběr je přizpůsoben tomu, aby pokryl celkový potřebný výkon k vytápění a ohřevu vody. Důvodem navrhovaného řešení je požadavek, aby v případě, že nebude v provozu tepelné čerpadlo nebo pokud vypadne solární ohřev vody, byly tyto potřeby pokryty.

S ohledem na celou kompozici navrhovaných systému byl vybrán závěsný plynový kotel Ceraclass ZS 12-2 DH AE od firmy Junkers s modulovatelným výkonem 4 až 12 kW, který je doplněn (viz výše) o zásobník Storacell od téže firmy.

10.6 Zabezpečovací zařízení

Pro správnou a bezpečnou funkci je potřeba navrhnout, pokud výrobce neudává potřebné parametry a nestanovuje kritéria, zabezpečovací zařízení. Mezi tyto zařízení patří zejména pojistný ventil a expanzní nádrž, které zabezpečují ochranu v soustavě proti překročení maximálních hodnot podtlaku a přetlaku.

Návrh byl proveden s ohledem na normu ČSN 06 8030 [32].

10.6.1 Návrh pojistného ventilu

Navrhovaný pojistný ventil je pro hlavní vytápěcí okruh zařazený před plynovým kotlem. Při jeho navrhování je důležité stanovit minimální průřez sedla a vnitřní průřez ventilu.

$$S_{pv} = \frac{2 \cdot \Phi_P}{\alpha \cdot \sqrt{p_{OT}}} = \frac{2 \cdot 12}{0,444 \cdot \sqrt{300}} = 3,12 \text{ mm}^2$$

kde S_{pv} průřez sedla pojistného ventilu [mm^2]
 Φ_P požadovaný výkon zdroje [kW]
 α výtokový součinitel pojistného ventilu, dáno výrobcem [-]
 p_{OT} otevírací přetlak pojistného ventilu, dán max. tlakem v soustavě [kPa]

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{\Phi_P} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{12} = 12,07 \text{ mm} \rightarrow \text{DN15}$$

kde d_p minimální průměr pojistného ventilu [mm]

10.6.2 Návrh expanzní nádrže

Pro zjištění celkového objemu expanzní nádrže se musí provést dílčí výpočty jednotlivých parametrů.

Nejprve je nutné stanovit množství vody v celém topném okruhu. Směrný objem je dán podle Tab. 24. Dále pak stupeň využití expanzní nádoby, měrné zvětšení objemu. Poté může být určena velikost expanzní nádoby.

$$V_s = v \cdot \Phi_P + V_z = 9 \cdot 12 + 120 = 228 \text{ l}$$

kde V_s množství vody v soustavě [l]
 v směrná hodnota teplotnosné látky [l/kW]
 V_z objem zásobníku vody [l]

Tab. 24: směrné hodnoty teplotnosné látky

Výkon soustavy [kW]	10	100	350	1000
Konvektory	7,1	5,6	5	4,5
Desková otopná tělesa	11	9	7,5	7
Podlahové vytápění	25	20	18	16

Stupeň využití expanzní nádrže je dán vztahem:

$$p_{D,dov} = 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 5,4 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 58,3 \text{ kPa}$$

$$p_{H,dov} = 300 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{p_{H,dov,abs} - p_{D,dov,abs}}{p_{H,dov,abs}} = \frac{(p_{H,dov} + 100) - (p_{D,dov} + 100)}{(p_{H,dov} + 100)} = \\ &= \frac{(300 + 100) - (58,3 + 100)}{300 + 100} = 0,6 \end{aligned}$$

kde	$p_{D,dov}$	počáteční přetlak [kPa]
	h	maximální výška otopného tělesa [m]
	ρ	hustota [kg/m^3]
	g	konstanta tíhového zrychlení [m/s^2]
	$p_{H,dov}$	koncový přetlak, stejný jako p_{OT} [kPa]
	η	stupeň využití expanzní nádrže [-]

Měrné zvětšení objemu vody je vázáno rozdílem teplot v soustavě. Je to závislost vody při ohřátí z 10 °C na maximální teplotu v soustavě, viz Tab. 25.

$$\Delta\theta = \theta_{max} - 10 = 75 - 10 = 65 \text{ °C}$$

kde	$\Delta\theta$	rozdíl teplot v soustavě [°C]
	θ_{max}	maximální teplota v soustavě [°C]

$$V_{EN} = \frac{1,3 \cdot V_s \cdot \Delta v}{\eta} = \frac{1,3 \cdot 228 \cdot 0,01948}{0,6} = 9,6 \text{ l}$$

kde	$\Delta\theta$	rozdíl teplot v soustavě [°C]
	θ_{max}	maximální teplota v soustavě [°C]

Podle normy ČSN EN 12828 [34] je nutné pro expanzní nádrže stanovit rezervu vody. U expanzních nádrží s objemem menším než je 15 litrů to musí být alespoň 20 %, pro nádrže s větším objemem je to 0,5 %, ale nejméně to musí být 3 litry.

Zvolená velikost expanzní nádoby je tedy 15 litrů.

Tab. 25: změna měrného objemu vody [33]

t_{\max} [°C]	Δv [dm ³ · kg ⁻¹]	t_{\max} [°C]	Δv [dm ³ · kg ⁻¹]
0	-0,00014	60	0,01679
4	-0,00027	65	0,01948
5	-0,00026	70	0,02240
10	0,00000	75	0,02545
15	0,00060	80	0,02872
20	0,00150	85	0,03212
25	0,00271	90	0,03565
30	0,00412	95	0,03931
35	0,00574	100	0,04321
40	0,00756	105	0,04737
45	0,00960	110	0,05156
50	0,01185	115	0,05589
55	0,01421	120	0,06026

Obdobně podle výše uvedeného postupu je vypočtena a zvolena další expanzní nádoba pro kolektorový okruh, viz následující tabulka.

Tab. 26: velikosti expanzních nádrží

Okruh	Objem expanzní nádoby [l]
Vytápěcí okruh	15
Kolektorový okruh	12

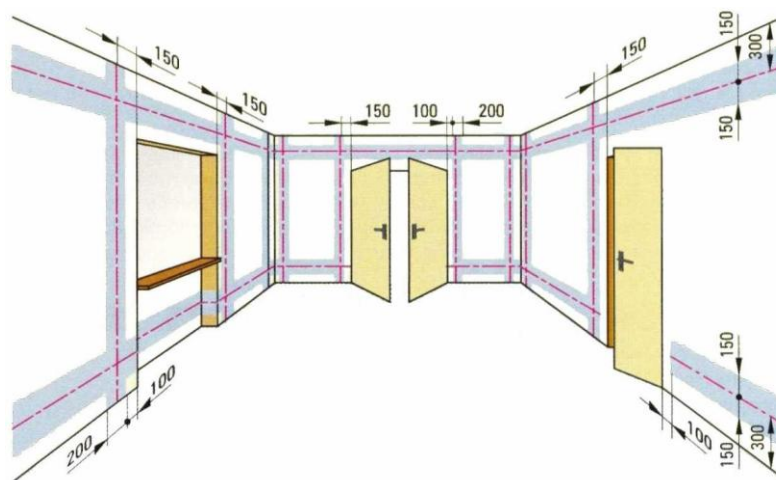
11 ELEKTROINSTALACE

11.1 Silnoproudá elektroinstalace

Navrhnuté silnoproudé elektroinstalace obsahují zásuvkové a světelné rozvody potřebné pro základní užívání domu.

Hlavní přívod z rozvodné sítě je k domu přiveden pomocí zemních venkovních rozvodů nejprve do domovní přípojky a poté je přiveden do domovní skříně, kde je umístěn elektroměr, hlavní jistič a hlavní vypínač pro celkové odpojení domovních rozvodů. Z domovní skříně pokračuje dále vedení do domovní rozvodnice umístěné na chodbě – vstupní hale prvního nadzemního podlaží (1NP). Zde jsou umístěny jističe pro jednotlivé rozvodné okruhy jak pro světla, tak i pro zásuvky. Jsou zde také umístěny proudové chrániče pro každý okruh, přepět'ové moduly apod. Všechny rozvody se zde střetávají.

Pro navrhování elektroinstalace je potřeba dodržovat určité zóny, kde se kabely a rozvody budou nacházet, viz dále.



Obr. 19: zóny pro ukládání elektrického vedení [16]

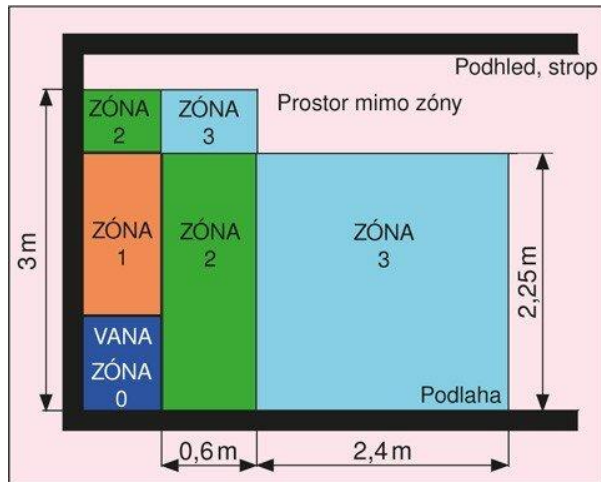
Podle stupně nebezpečnosti jsou rizikové prostory rozděleny do zón, jejichž přesná specifikace je v ČSN 33 2000-7-701 pro koupelny a sprchové kouty:

zóna 0 – vnitřní prostor koupací nebo sprchové vany,

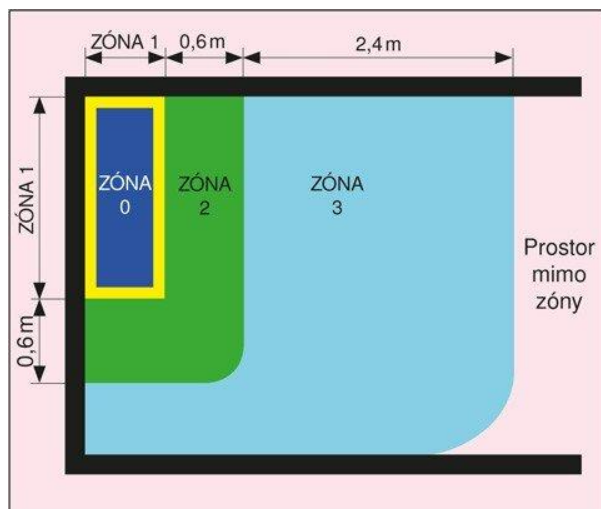
zóna 1 – do výšky 2,25 m nad podlahou od horního okraje vany,

zóna 2 – ve vzdálenosti do 0,6 m od vany a do výšky 2,25 m,

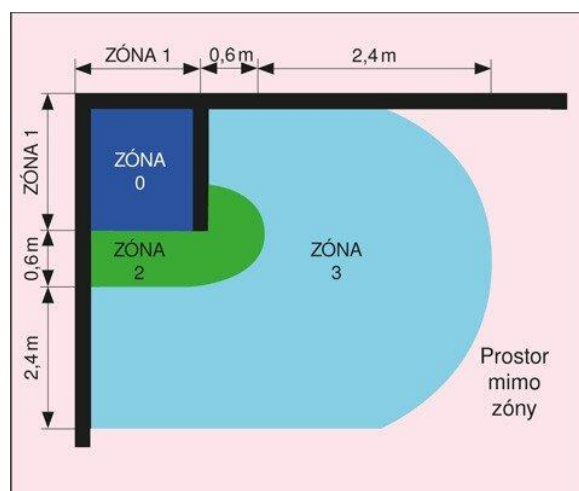
zóna 3 – do vzdáleností 2,4 m od zóny 2 a do výšky 2,25 m nad podlahou. [18]



Obr. 20: vertikální uspořádání zón [18]



Obr. 21: horizontální uspořádání zón v koupelně s koupací vanou [18]



Obr. 22: horizontální členění zón v koupelně se sprchovou vanou [18]

Nejnáročnější požadavky jsou na tzv. zónu 0, tedy na normou přesně definovaný prostor vany nebo vnitřního prostoru sprchovacího koutu. Tam může být nanejvýše svítidlo nebo jiný pro tento prostor určený elektrický předmět v krytí IP X7, tedy zhotovený v kvalitním, vodu nepropouštějícím krytu. Navíc toto svítidlo nebo jiné zařízení musí být napájeno bezpečným malým napětím SELV, do 12 V při střídavém napájení nebo do 30 V při stejnosměrném napájení. Zdroj bezpečného napětí musí být mimo zóny 0, 1 nebo 2. [18]

Případná elektrická zařízení v zónách 1 a 2 musí být v krytí alespoň IP X4, avšak spínače nebo zásuvky smí být pouze pro obvody na bezpečné malé napětí (SELV). Do zóny 1 je povolena montáž elektrických průtokových ohřivačů vody, sprchových čerpadel, elektrického vybavení vířivých van a podobných elektrických zařízení, vždy s doplňkovou ochranou proudovým chráničem pro ochranu osob. Do zóny 2 lze montovat také elektrická zařízení jako do zóny 1, a dále svítidla, ventilátory, topidla (topné žebříky) a další elektrická zařízení vyhovující příslušným normám z hlediska krytí i zajištění bezpečnosti před nebezpečným dotykovým napětím. Avšak pouze v zóně 3 lze instalovat silové zásuvky na napětí 230 V s ochranou samočinným odpojením od zdroje, s využitím proudového chrániče se jmenovitým vybavovacím proudem nepřevyšujícím 30 mA. [18]

Proudový chránič zajišťuje včasné odpojení spotřebiče, pokud dojde k situaci vzniku nebezpečného dotykového napětí na neživé, případně na živé části. Vypínací čas proudového chrániče se pohybuje v řádech jednotek až desítek milisekund.

11.1.1 Návrh světelných rozvodů

Rozvody světel jsou navrženy a rozděleny do několika okruhů s ohledem na to, aby pokrývaly požadované návrhové hodnoty intenzity osvětlení, které definuje norma ČSN 12464-1 [17]. Návrhové hodnoty jsou popsány v kapitole 2.3.

Na jeden světelný obvod se smí připojit tolik svítidel, aby součet jejich jmenovitých proudů nepřekročil jmenovitý proud jisticího přístroje obvodu. Jmenovitý proud svítidel se stanoví z maximálního příkonu, pro který jsou svítidla typována. [16, s. 10]

Spínače pro ovládání světelných obvodů mají být obvykle umístěny u vchodových dveří v místnosti ovládaného světelného obvodu na té straně, kde se dveře otevírají (na straně kliky dveří). Nevyžadují-li takového umístění spínačů provozní nebo bezpečnostní podmínky, mohou být umístovány i jinde (např. na rozvaděči nebo rozvodnici pro ovládání apod.). [16, s. 11]

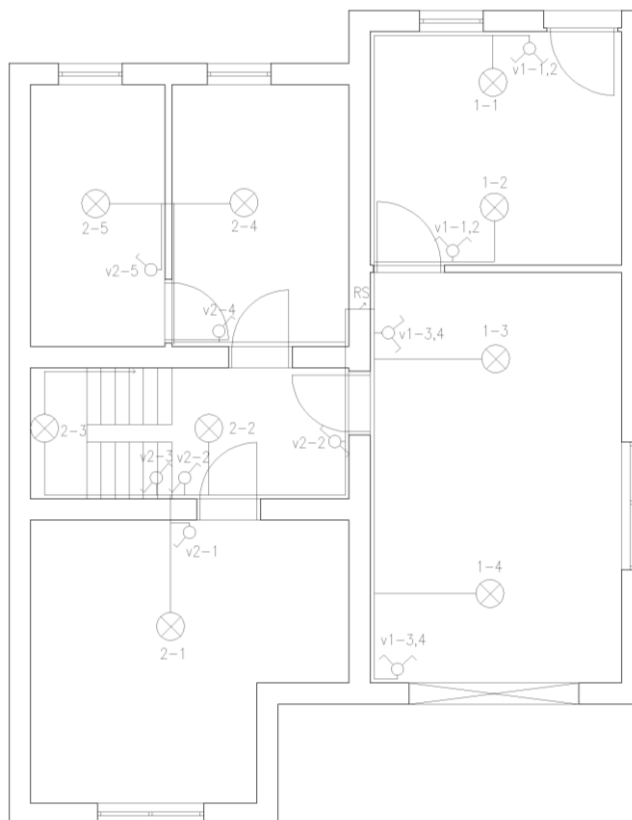
Každý okruh je jištěn 10 A jističem a je veden CYKY kabelem o průřezu 1,5 mm², což stanovuje norma ČSN 33 2130 [16].

Jednotlivé okruhy jsou značeny podle následující legendy:

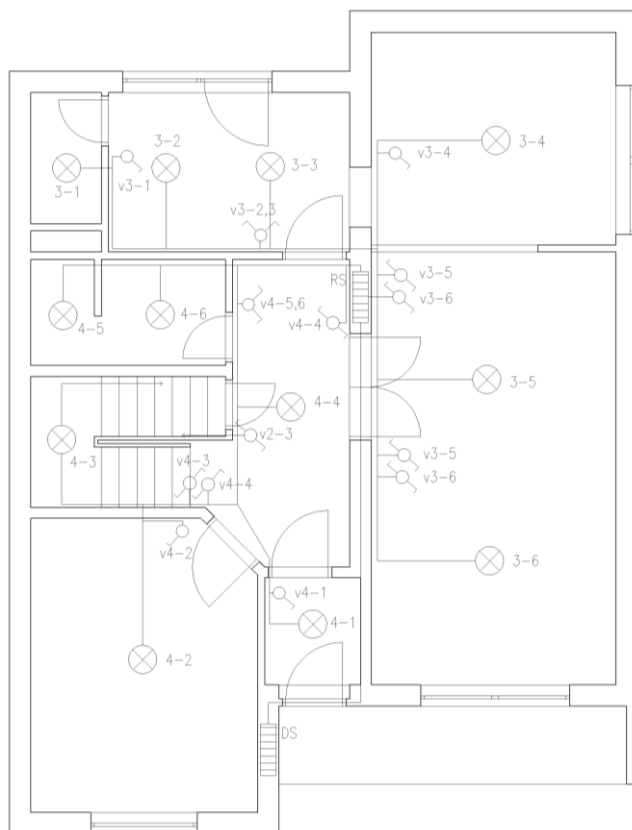
- 2 – 4* určení světla: první číslo značí číslo okruhu, druhé číslo značí číslo světla
- v2 – 4* určení vypínače: značí vypínač ke světlu 4 na okruhu 2
- v1 – 1,2* určení vypínače: vypínač dvoufázový ke dvěma světlům 1 a 2 na okruhu 1
- RS* domovní rozvodnicová skříň
- DS* domovní přípojka

Tab. 27: přehled světelných okruhů

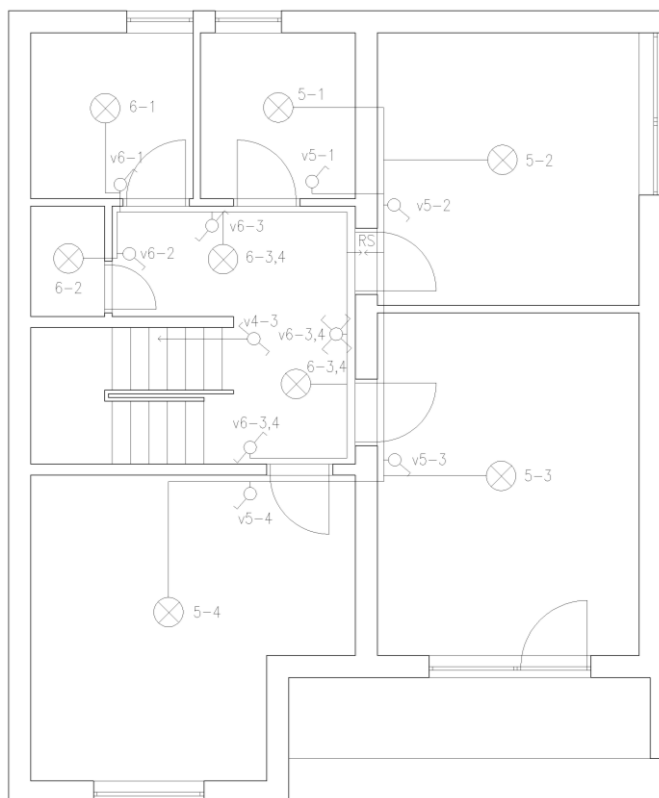
Podlaží	Číslo okruhu	Počet světel
PP	1	4
	2	5
1NP	3	6
	4	6
2NP	5	4
	6	4



Obr. 23: návrh světelných okruhů pro PP



Obr. 24: návrh světelných okruhů pro 1NP



Obr. 25: návrh světelných okruhů pro 2NP

11.1.2 Návrh zásuvkových rozvodů

Zásuvkové obvody se zřizují pro připojení spotřebičů vidlicí do zásuvky. Na zásuvkové obvody lze podle potřeby pevně připojit jednoúčelové spotřebiče pro krátkodobé použití do celkového příkonu 2 000 VA. [16, s. 11]

Na jeden zásuvkový obvod lze připojit nejvýše 10 zásuvkových vývodů, přičemž celkový instalovaný příkon nesmí překročit 3680 VA při jištění 16 A (2300 VA při jištění 10 A). [16, s. 12]

Pro pevně připojené jednofázové spotřebiče o příkonu 2000 VA a více se zřizují samostatně jištěné obvody. Pouze spotřebiče do celkového příkonu 2000 VA, nevyžadující jištění (např. ventilátory, elektrický pohon žaluzií), lze připojit na společný obvod s jiným zařízením. [16, s. 12]

Zásuvkové okruhy jsou vedeny pod omítkou a instalují se většinou ve výšce 30 cm nad podlahou. Z důvodu bezpečnosti a lepšího vyhledání vedení by měly být dodrženy elektroinstalační zóny zmíněné v kapitole 11. Pro elektroinstalaci v kuchyni je nutný plán zařízení kuchyně, aby byly zásuvky umístěny ve správné poloze a výšce. U pracovní plochy v kuchyni se zásuvky umísťují v zóně v rozmezí od 0,9 do 1,2 m nad podlahou.

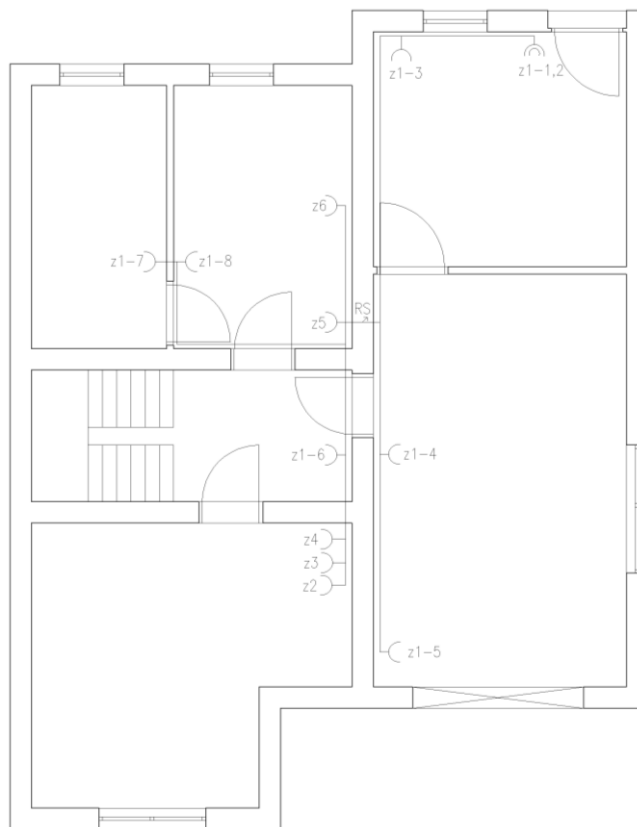
Každý okruh, i samostatný, je jištěn 16 A jističem a je veden CYKY kabelem o průřezu $2,5 \text{ mm}^2$, což stanovuje norma ČSN 33 2130 [16].

Jednotlivé okruhy jsou značeny podle následující legendy:

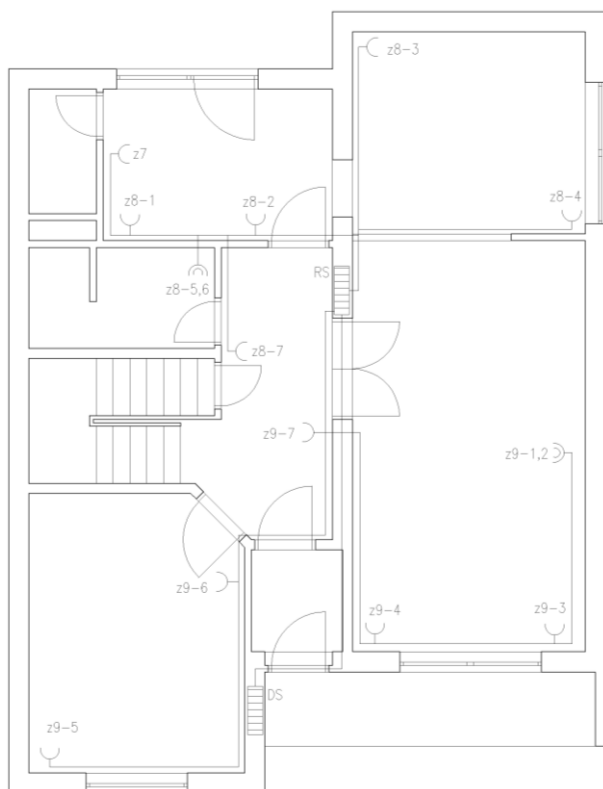
- z1 – 3* určení: první číslo značí číslo okruhu, druhé číslo značí číslo zásuvky
- z1 – 1,2* určení: značí dvojjásuvku 1 a 2 na okruhu 1
- z2* určení: samostatná zásuvka – samostatný okruh
- RS* domovní rozvodnicová skříň
- DS* domovní přípojka

Tab. 28: přehled zásuvkových okruhů

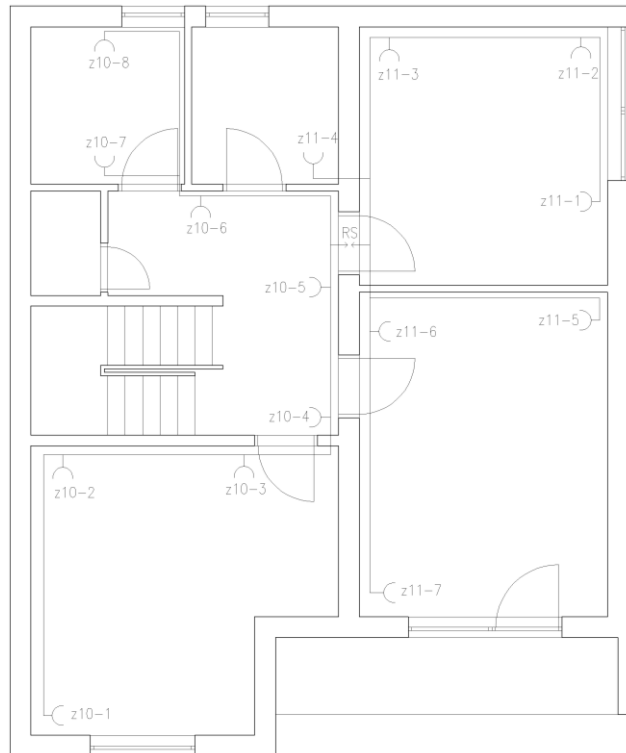
Podlaží	Číslo okruhu	Počet zásuvek
PP	1	8
	2	1
	3	1
	4	1
	5	1
	6	1
1NP	7	1
	8	7
	9	7
2NP	10	8
	11	7



Obr. 26: návrh zásuvkových okruhů pro PP



Obr. 27: návrh zásuvkových okruhů pro 1NP

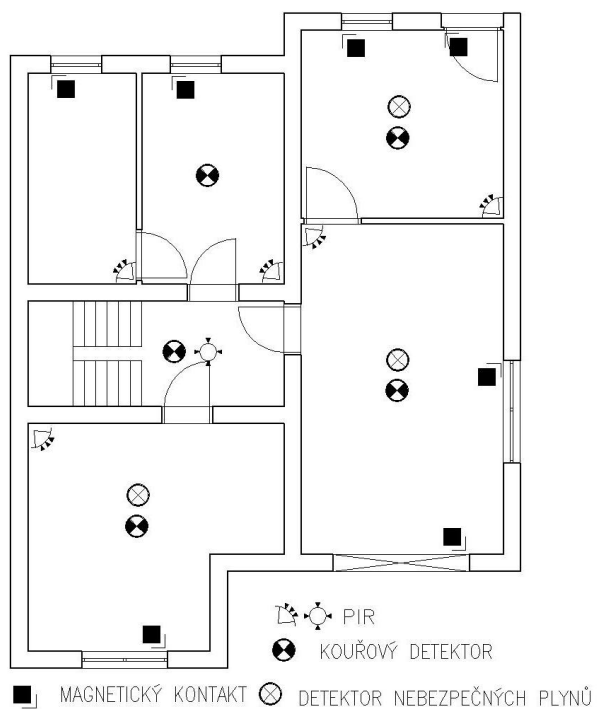


Obr. 28: návrh zásuvkových okruhů pro 2NP

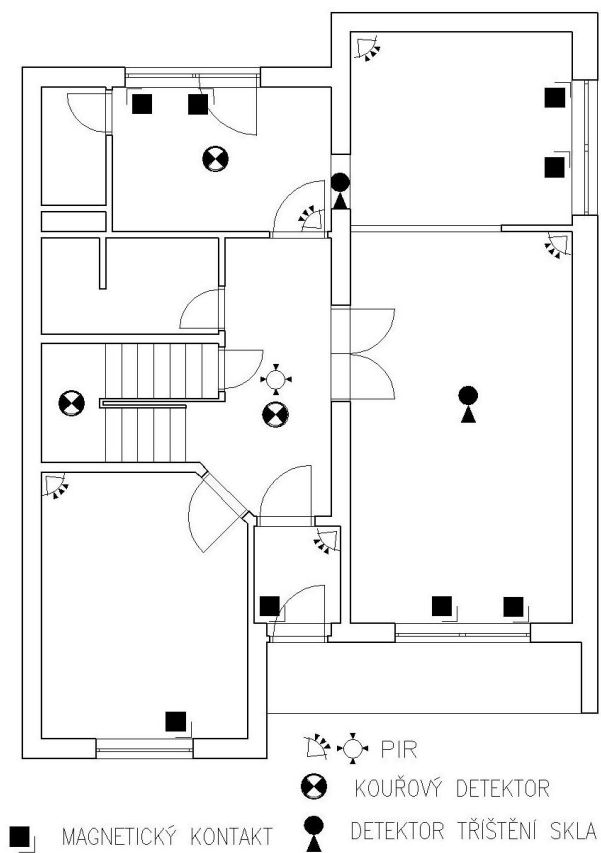
11.2 Návrh bezpečnostních systémů EPS a EZS

Pro elektronickou požární signalizaci jsou v návrhu použity kouřové detektory a detektory nebezpečných vzniků, ty jsou umístěny v nejnižším patře PP v technických místnostech, kde je předpoklad výskytu těchto plynů. Detektory kouře jsou samozřejmě umístěny i v ostatních patrech, rozmístění viz Obr. 29, Obr. 30 a Obr. 31.

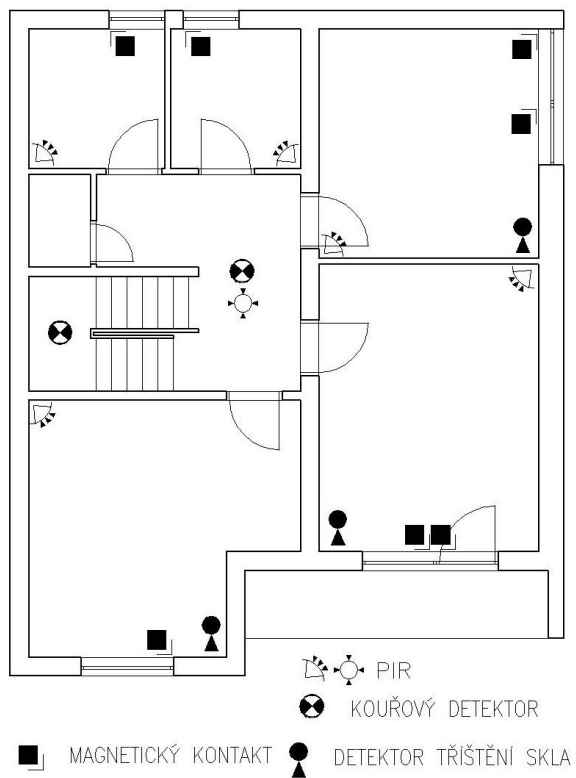
Pro elektronický zabezpečovací systém jsou použity magnetické kontakty na oknech a dveřích a detektor tříštění skla jako prvky plášťové ochrany a doplněny o PIR detektory jako prvky prostorové ochrany, rozmístění viz Obr. 29, Obr. 30 a Obr. 31.



Obr. 29: návrh prvků EZS a EPS pro PP



Obr. 30: návrh prvků EZS a EPS pro 1NP



Obr. 31: návrh prvků EZS a EPS pro 2NP

12 ŘÍZENÍ A KOMUNIKACE

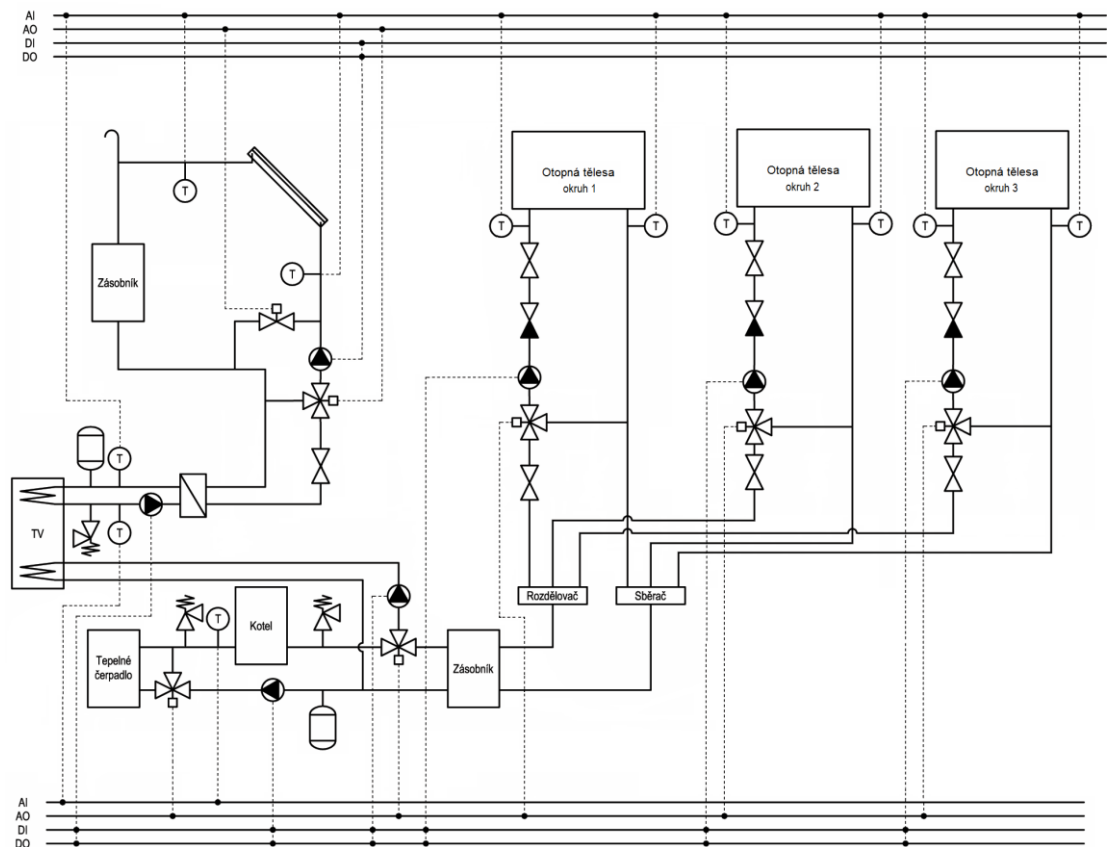
Dnešní nedílnou součástí moderního inteligentního domu je inteligentní elektroinstalace. Díky integrovaným dílčím systémům uvnitř domu, které spolu vzájemně komunikují, tato chytrá instalace tvoří ucelený systém, který zvyšuje celkový komfort bydlení a užívání domu. Zvolený sběrniceový systém KNX díky svému standartu, toto řešení tvoří.

Navržená elektroinstalace řeší ovládání jak silnoproudých systémů, tak i slaboproudých, které vzájemně propojuje a řídí v celém domě. Kompletní inteligentní řízení a ovládání, spojuje základní části systémů techniky prostředí a dalších doplňujících systémů, které jsou připojeny ke sběrnici. Jsou to systémy pro vytápění, ohřev vody, ovládání osvětlení a žaluzií a systémy EZS a EPS.

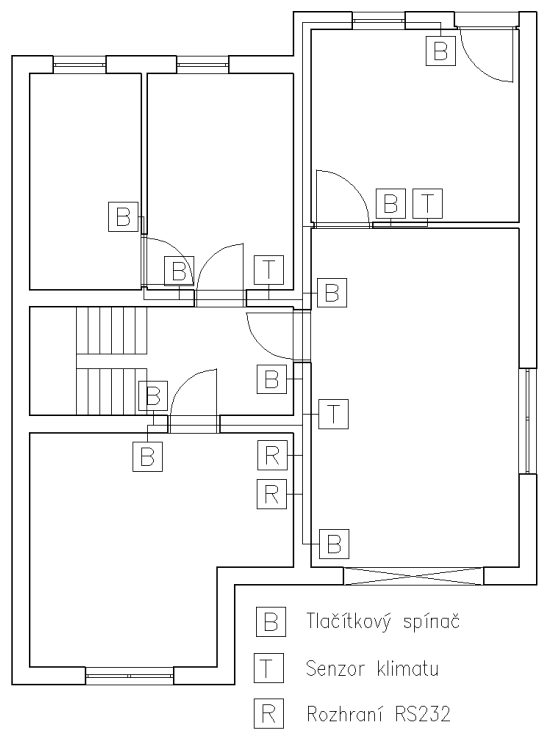
Základní propojení prvků inteligentní instalace je tvořeno sběrniceovou komunikací tvořenou stíněnou kroucenou dvojlinkou pro základní části a přenos dat je veden přes silové vodiče. TP je vedena spolu se silovými vodiči pod omítkou a proplétá celý dům tak, aby bylo možné podle navrhnutého řešení systémy ovládat. Všechny akční členy jsou umístěny v domovní rozvodné skříni spolu s napájecím zdrojem. Další součásti jsou rozmístěny v jednotlivých místnostech. K řízení, monitoringu a vyhodnocení jsou použity tlačítkové spínače, interaktivní panel s vizualizací pro ovládání, snímače teploty a také detektory pohybu a hlásiče. Součástí celého systému je také komunikační rozhraní USB pro případné aplikační změny, které se provedou po připojení počítače. Dále je systém vybaven komunikační sběrnici RS232 pro napojení vytápěcího systému.

KNX sběrnice je také připojena na ústřednu EZS a zajišťuje ovládání zabezpečení domu. V případě vyvolaného poplachu může systém EZS dát podnět přes sběrnici a v domě může být zapnuto například osvětlení nebo můžou být staženy venkovní žaluzie pro ztlumení úniku pachatele. Sběrnice je připojena také k systému EPS a při vhodném rozšíření může například automaticky přivolat hasiče apod.

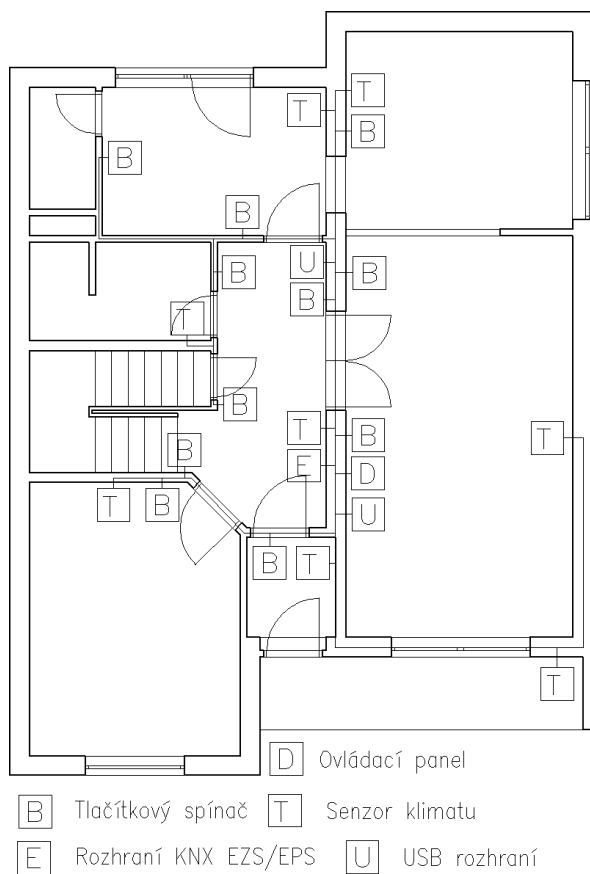
Při návrhu systému inteligentních rozvodů je možné připojit databázový systém pro management budovy, kde může být také prováděna správa domu. Investor si toto připojení nepřál, tudíž v práci není zahrnuto.



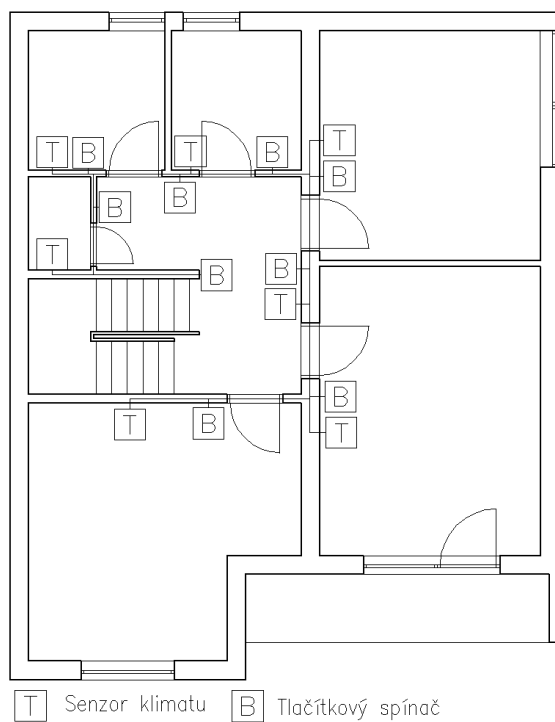
Obr. 32: nákres soustavy pro ohřev vody a vytápění s datovými vstupy a výstupy



Obr. 33: rozmístění prvků KNX pro PP



Obr. 34: rozmístění prvků KNX pro 1NP



Obr. 35: rozmístění prvků KNX pro 2NP

12.1 Návrh ovládání vytápěcího systému

Navržený systém pro tento rodinný dům disponuje tepelným čerpadlem s regulátorem, které je primárně určeno pro jeho vytápění. Pomocí sběrnice RS232 je tento regulátor propojen s řízením vytápění a pomocí teplotních čidel je schopen vyhodnotit teplotní parametry a upravit výkon tepelného čerpadla na optimální hranici. Regulátor je možné připojit přes rozhraní k počítači a dále v systému KNX nastavovat a upravovat. V případě výpadku tohoto nastavení a ovládání bude tepelné čerpadlo pracovat podle svých vlastních přednastavených programů. Pro snímání teplotních parametrů jsou použity v každé vytápěné místnosti čidla pro vyhodnocení teploty. Celý návrh řešení vytápění je završen elektronickými termostatickými ventily na otopných tělesech, které podle nastavení teploty v místnosti upravují průtok topné vody v tělese, a tím vlastně regulují teplotu. Kompletní regulace je stále vyhodnocována a jsou upravovány výkony tepelného čerpadla, oběhového čerpadla i v jednotlivých okruzích pro maximální komfort a šetření energií. Obdobně je regulován plynový kotel. Celý systém je tedy inteligentně řízen a zásah koncového uživatele do systému je minimální a je omezen na jednoduchou změnu teploty v místnosti.

12.2 Návrh ovládání přípravy teplé vody

Návrh řízení přípravy vody je plně automatizován bez zásahu uživatele. Regulátor solárního systému, dodávaný výrobcem, sám řídí celý okruh solárního ohřevu. Tedy ovládá systém pomocí čidel umístěných v okruhu. V případě napojení na sběrnici KNX přes rozhraní KNX/RS232 je možné sledovat tento systém. V případě přípravy teplé vody pomocí bivalentního zdroje je také celý proces automatizován pomocí termostatického třífázového ventilu, jímž je řízeno směrování teplotnosné látky.

12.3 Návrh ovládání osvětlení

Jelikož je v celém návrhu zabudován systém KNX standardní silnoproudé ovládání pomocí vypínačů se stává zastaralým. Jednoduchou výměnou těchto vypínačů za tlačítkové moduly systému KNX a připojení na sběrnici se docílí finální jednoduchosti a modulovatelnosti celého ovládání. Samozřejmě jako každý akční prvek systému se musí nejprve tato tlačítka naprogramovat pro správnou funkci. Na uživateli pak záleží, jakým tlačítkem nebo tlačítky bude ovládat dané světlo. Lze využít i ovládání celého světelného

okruhu pomocí jednoho tlačítka, například pro zhasnutí v celém domě, nebo využít tzv. scénické funkce. Více v návrhu vizualizace.

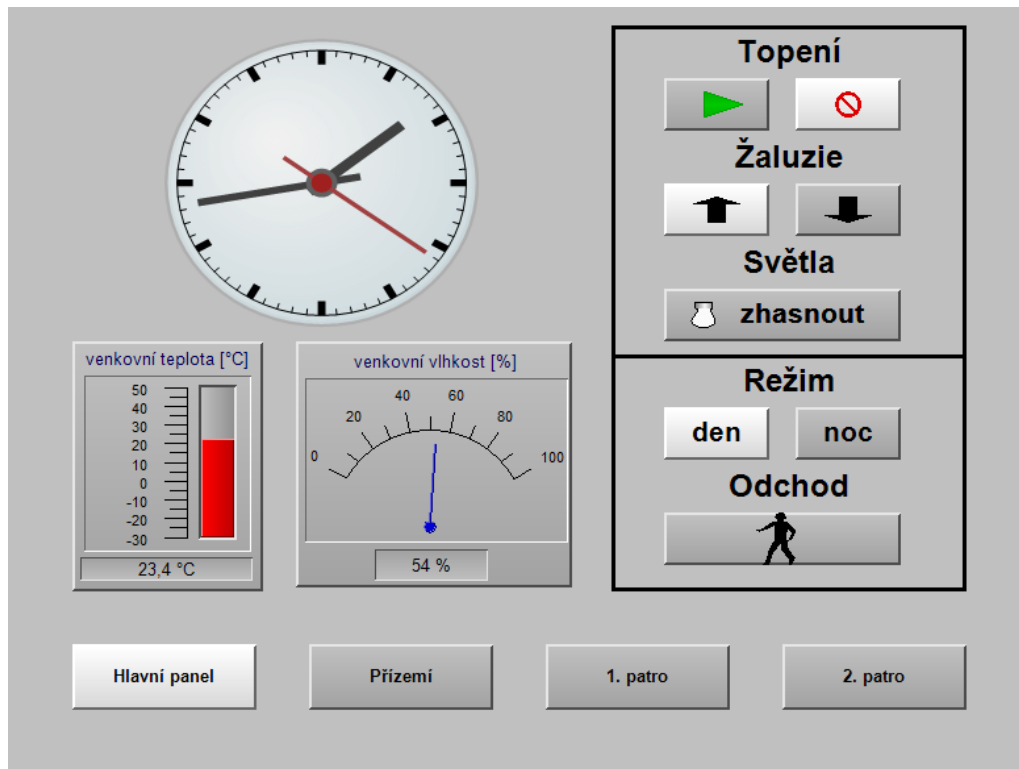
12.4 Návrh ovládání žaluzií

Ovládání jednotlivých žaluzií je řešeno obdobně jako osvětlení také pomocí tlačítek, ale dá se samozřejmě použít centrální prvek, který v tomto návrhu představuje dotykový panel, a ulehčit si nastavování žaluzií s fyzickou přítomností u jednotlivých tlačítek rozmístěných po domě. Stejně jako u osvětlení lze využít předem definované nastavení scénických funkcí. Více v návrhu vizualizace.

12.5 Návrh vizualizace – ovládací systém SCADA

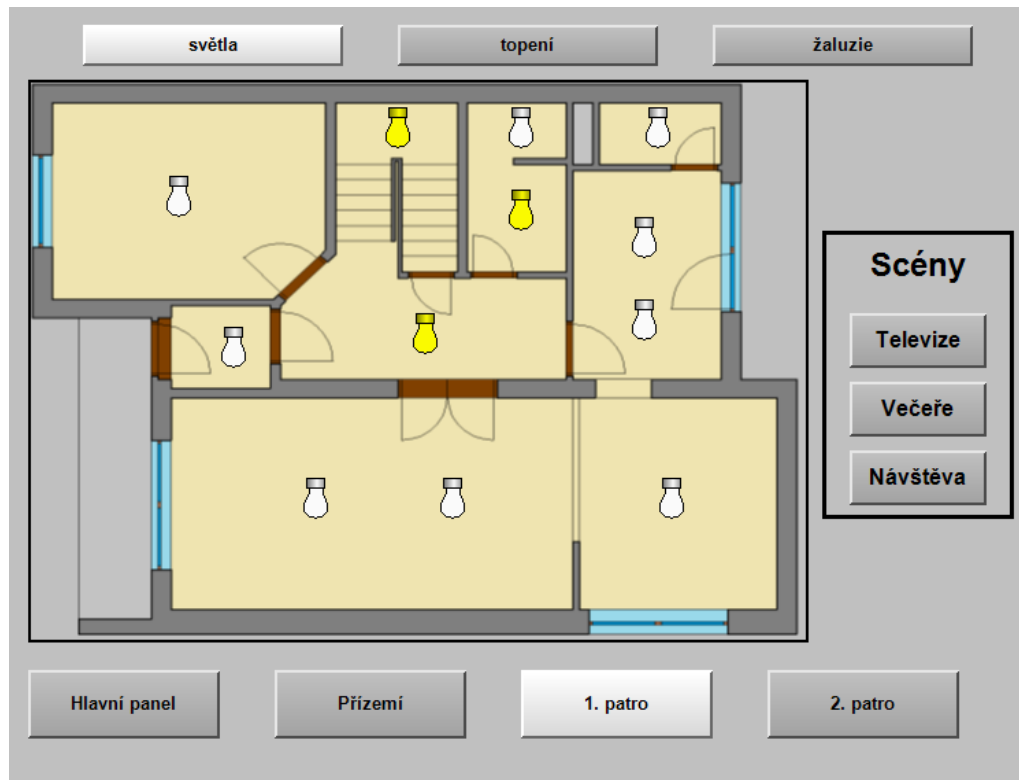
Základem ovládání systémů v domě je centrální dotykový panel, na kterém je nahrána vizualizace ovládání. Panel je napojen na sběrnici a komunikuje s ostatními prvky inteligentní instalace a tím umožňuje ovládání systémů. Vizualizace by měla být přehledná a pro uživatele přívětivá.

Na hlavním panelu nalezneme základní přehled o celkovém nastavení systému. Je zde umístěno centrální zapínání a vypínání topení, centrální ovládání všech žaluzií v domě a tlačítko pro vypnutí světel v celém domě. Jsou zde použity základní scény pro nastavení systému v domě. První je zvolení režimu dne a noci. Například při aktivovaném režimu noci se vypnou světla v celém domě a žaluzie se spustí a zatáhnou okna. Je zde také možnost zabezpečit dům aktivováním systému EZS pomocí tlačítka odchod. Hlavní panel je doplněn o informace času a venkovní teploty a vlhkosti. Pro individuální nastavení systémů se musíme přepnout do jednotlivých pater domu.



Obr. 36: návrh vizualizace: hlavní panel

Při navolení požadovaného patra máme na výběr individuálně ovládat systémy světla, topení a žaluzií v jednotlivých místnostech, kde jsou nainstalovány. Světla můžeme rozsvítit či zhasnout jednoduchým dotykem na ikonu žárovky. Jsou k dispozici také přednastavené scény, které upravují spínání světla podle navoleného režimu. Například při navolení scény Televize v celém patře zhasnou světla. Při navolení Večeře se světla rozsvítí v jídelně a kuchyni a zbytek patra bude zhasnut.



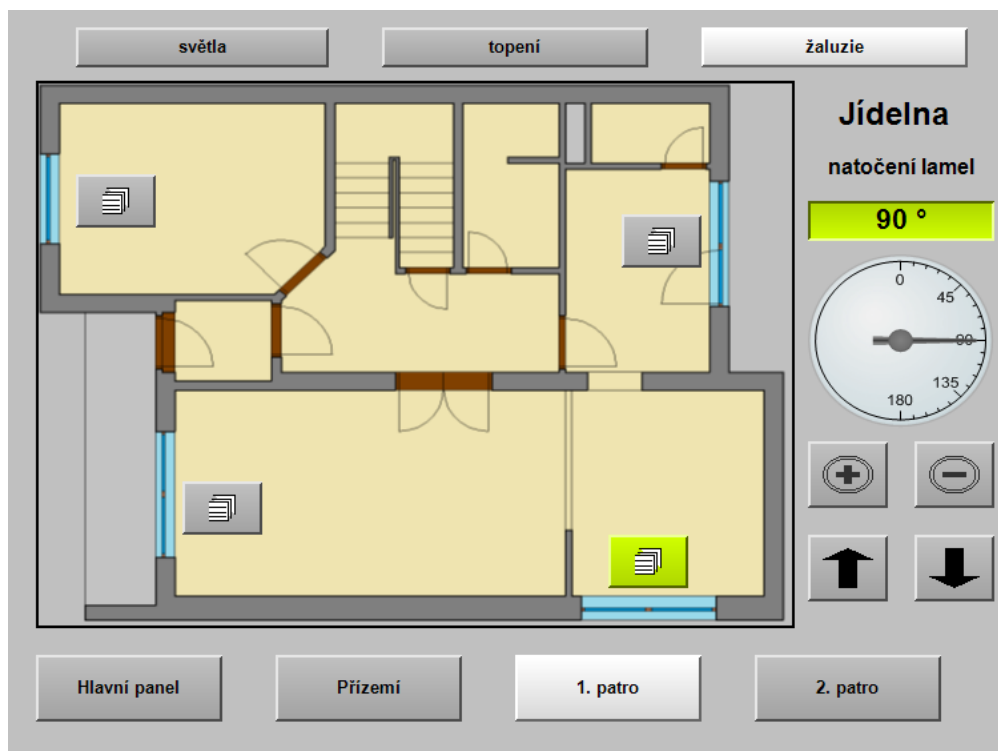
Obr. 37: návrh vizualizace: ovládání osvětlení

Pro ovládání topení stačí aktivovat potřebné tlačítko a můžeme jednoduchým dotykem nejprve do požadované místnosti na aktuálně měřenou teplotu měnit nastavení. Na Obr. 38 je znázorněn příklad změny teploty v jídelně. Pokud nám nastavená teplota nevyhovuje, změníme ji tlačítky + a –.

Obdobou topení je ovládání venkovních žaluzií, jímž můžeme individuálně nastavovat žaluzie a natočení lamel v dané místnosti, viz Obr. 39. Žaluzie můžeme natáčet, jak potřebujeme nebo je úplně vytáhnout či spustit. Protože panel je umístěn v obývacím pokoji a při nastavování lamel např. ve druhém patře, kde na žaluzie přímo nevidíme, je tato část vizualizace doplněna o znázornění natočení lamel.



Obr. 38: návrh vizualizace: ovládání topení



Obr. 39: návrh vizualizace: ovládání žaluzií

13 FOTOVOLTAICKÉ PANELE

Při posouzení využití sluneční energie pro výrobu elektřiny pomocí fotovoltaických panelů je v tomto případě důležitým kritériem plocha střechy. Musí se však brát v úvahu, že na střeše se již nalézají solární kolektory a je zde také umístěn anténní stožár a dva komíny. Tyto aspekty umožňují instalovat fotovoltaické panely na ploše přibližně 35 m².

Postup návrhu a výpočtu je proveden podle kapitoly 6.3.1 a rovnic (31) a (32). Pokud budeme uvažovat průměrnou účinnost fotovoltaických panelů 15 %, můžeme spočítat celkový instalovaný výkon a elektroenergetickou vytěžitelnost.

$$P_{FV} = A \cdot \eta = 35 \cdot 0,15 = 5,25 \text{ kW}$$

$$E_{EL} = H_{solar} \cdot f_{sklon} \cdot P_{FV} \cdot PR = 1000 \cdot 1,1 \cdot 5,25 \cdot 0,8 = 4620 \text{ kWh/rok}$$

Tyto hodnoty přibližně odpovídají dnešním fotovoltaickým panelům instalovaným na rodinné domy. Pohybují se okolo 5 kW instalovaného výkonu.

Pro přesné stanovení nákladů na instalaci fotovoltaických panelů je potřeba znát nejenom instalovaný výkon, ale je nutné znát celkovou cenu použitých zařízení. Dalším důležitým aspektem je cena výkupu vyrobené elektřiny. V úvahu musíme brát zejména to, že od roku 2014 není výroba elektřiny ve fotovoltaických elektrárnách nijak dotována a proto je výhodnost investice postavená výhradně na dosažených úsporách. V dnešní době je výhodnější si elektřinu spotřebovat a tím ušetřit náklady ve výši přibližně 5,0 Kč/kWh, než tuto elektřinu dodat do distribuční sítě za výkupní cenu přibližně 0,8 Kč/kWh. To však záleží na posouzení každého případu zvlášť.

V tomto případě je zvolen systém o instalovaném výkonu 5 kWp (kWp – jednotka špičkového výkonu fotovoltaické elektrárny při standardních testovacích podmínkách, p = peak), který se v ročním průměru spotřebuje celý na chod domu.

Parametry vybraného systému:

- Instalovaný výkon: 5,0 kWp
- Moduly: 20 ks IBC PolySol 250 MS
- Účinnost modulů: 15,3 %
- Celková plocha pole: 33,0 m²
- Roční energetický výnos: 4,9 MWh
- Životnost systému: 30 let

13.1 Ekonomické hodnocení

Navržené řešení je od firmy SOLARENVI a.s. a celková cena navrhovaného řešení je 260 149 Kč. Cena zahrnuje všechny komponenty pro instalaci včetně zprovoznění, kabeláže a dalších úkonů spojených s projektem. Je to tzv. řešení na klíč.

Pro ekonomické zhodnocení je potřeba znát další aspekty projektu:

- Diskont: $r = 5 \%$
- Inlace: $\alpha = 2 \%$
- Průměrný roční výnos: $CF = 24\,500$ Kč
- Celkové investice: $IN = 260\,149$ Kč
- Doba životnosti projektu: $t = 30$ let

Průměrný roční výnos je uvažován jako úspora nákladů na elektrickou energii, při zmiňované hodnotě 5 Kč za kWh. Diskontní sazba je dána ČNB (Českou národní bankou), podobně je dána inflace. Hodnoty byly zjištěny z Českého statistického úřadu.

Z výše uvedených hodnot můžeme získat prostou dobu návratnosti T .

$$T = \frac{IN}{CF} = \frac{260149}{24500} \doteq 10,62 \text{ let}$$

Tedy za dobu přes deset a půl roku, by se měla investice do systému vrátit. Není však zahrnut peněžní tok a čas. Proto se uvažuje diskontovaná doba návratnosti T_d .

$$T_d = \frac{\ln \left[1 + \frac{IN}{CF} \cdot (\alpha - r) \right]}{\ln \frac{1 + \alpha}{1 + r}} = \frac{\ln \left[1 + \frac{260149}{24500} \cdot (0,02 - 0,05) \right]}{\ln \frac{1 + 0,02}{1 + 0,05}} \doteq 13,23 \text{ let}$$

Vyplývá tedy, že přesnější doba vrácení investice vložené do projektu je přibližně třináct a čtvrt roku.

Čistá současná hodnota NPV .

$$\begin{aligned} NPV &= CF \cdot \frac{(1 + r - \alpha)^t - 1}{(r - \alpha) \cdot (1 + r - \alpha)^t} - IN = \\ &= 24500 \cdot \frac{(1 + 0,05 - 0,02)^{30} - 1}{(0,05 - 0,02) \cdot (1 + 0,05 - 0,02)^{30}} - 260149 \doteq 220\,062 \text{ Kč} \end{aligned}$$

Tato hodnota reprezentuje budoucí hodnotu peněžních toků a případného výdaje a také zohledňuje čas. V případě kladného výsledku čisté současné hodnoty můžeme říct, že daná investice je přínosem.

Vnitřní výnosové procento **IRR** je reprezentováno funkcí:

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

$$IRR \doteq 10,6 \%$$

Výsledek 10,6 % znamená, že investice se během životnosti vrátí a vynese ještě dalších 10,6 % nákladů.

Vzhledem k výše určeným faktům lze fotovoltaické panely doporučit pro využití v tomto řešení projektu.

14 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

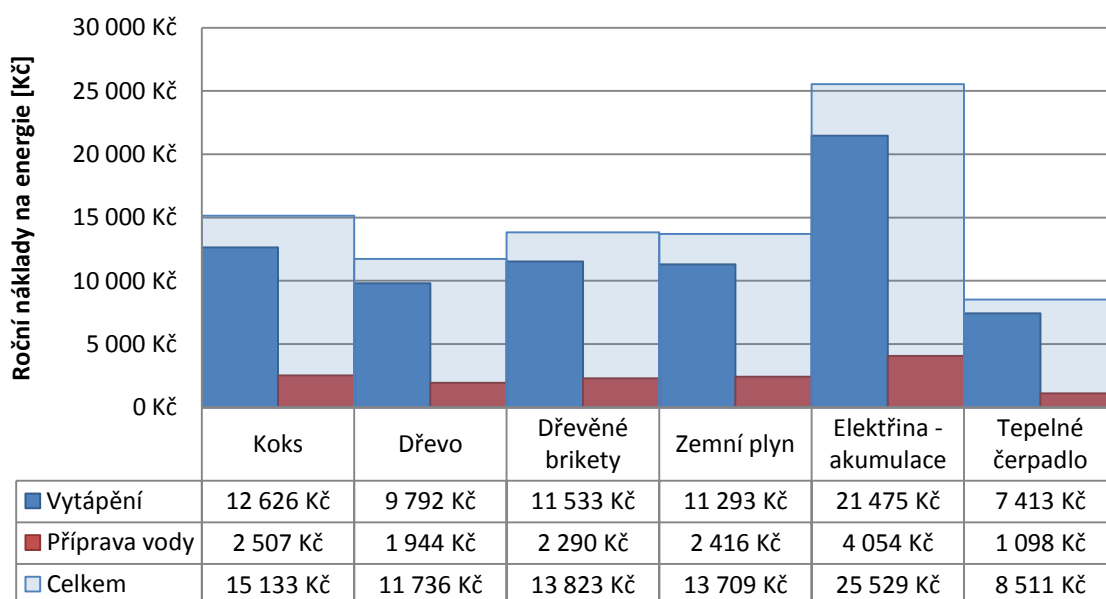
Podstatnou součástí každého projektu je i ekonomické hodnocení, které slouží jako podklad pro investora. Kalkulace podává finanční informace o projektu a investor tak může přesněji rozhodovat, jaké dílčí části projektu se použijí, jaké technologie apod.

U inteligentních systémů použitých v rodinném domě bývají zpravidla větší vstupní investice, které mohou být negativem projektu. Ale v případě těchto integrovaných systémů je třeba počítat s tím, že v domě se zvyšuje celkový obytný komfort a s tím souvisí také větší investice. Úspory lze však dosáhnout vhodným výběrem použitých technologií, které během životnosti projektu své vstupní náklady pokryjí nebo se i částečně zhodnotí.

14.1 Náklady na vytápění a ohřev vody

Náklady na vytápění domu a ohřev vody jsou odvozeny z výpočtů uvedených v této práci. Pokud přičteme energie související s provozem těchto dvou systémů, dostaneme se na hodnotu celkové potřeby energie 10 881 kWh/rok. Tato hodnota byla docílena pomocí webové aplikace na TZB-info.cz [36].

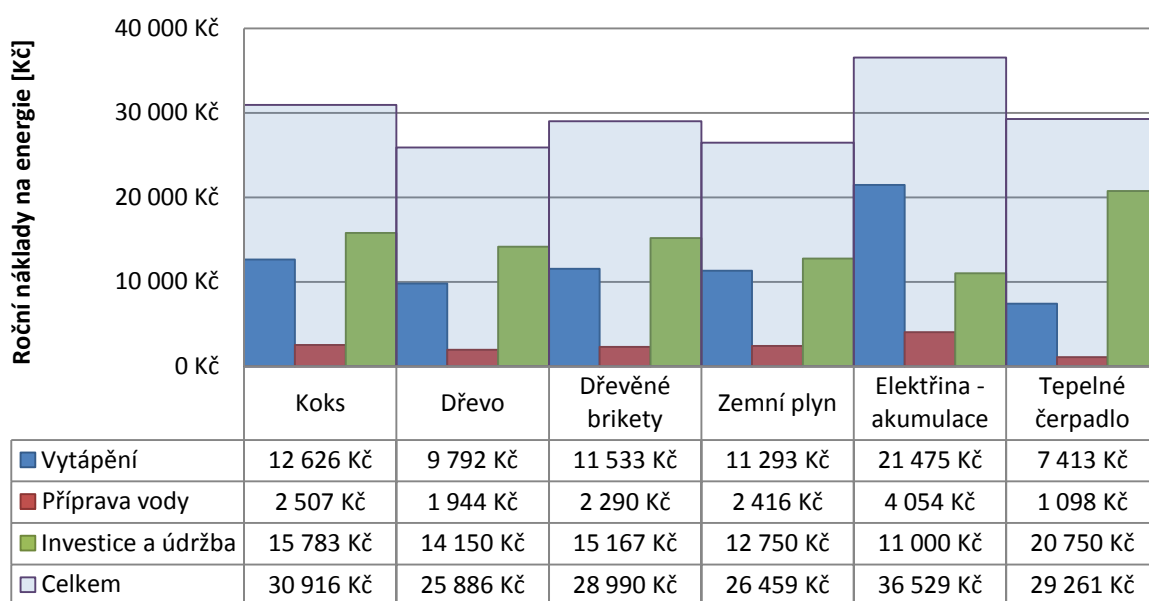
Pro srovnání nákladů poskytuje aplikace grafické znázornění přepočtu potřeby energie na základě použitého paliva a zdroje tepla. Srovnání znázorňuje Graf 3, na kterém vidíme náklady na vytápění i ohřev vody. Pro srovnání byly použity jen vybrané druhy paliv a zdroje energie, které jsou nyní používány a které jsou navrženy v práci.



Graf 3: náklady na energie v rodinném domě

Jak je patrné, při srovnání nákladů, nejlépe vychází vytápění a ohřev pomocí tepelného čerpadla a následně pomocí dřeva. Je však nutno brát v úvahu skladový prostor pro dřevo, podobně je tomu i u koksu a briket. Toto srovnání je vhodné, pokud jsou použité zdroje energie již nějakou dobu provozovány, protože předešlý graf bere v úvahu jen náklady spojené s přímou výrobou potřebné energie pro dům.

Pro lepší představu celkových nákladů je na dalším grafu znázorněno i kritérium výše počátečních investic a nákladů na provoz a údržbu, se kterým je třeba na začátku počítat. V dobře řešeném projektu by se investice měly vrátit do konce životnosti systému.



Graf 4: náklady na energie v rodinném domě s počáteční investicí

Jak bylo zmíněno, předpokladem pro ekonomické hodnocení projektu je i návratnost počátečních investic. Proto je obdobně jako u kapitoly 13.1 projekt posouzen.

Tab. 29: ceny použitých technologií

Technologie	Cena [Kč]
Tepelné čerpadlo	180 000
Plynový kotel	20 558
Zásobník vody	41 406
Solární kolektory	39 250
Otopná tělesa	25 281
Celkem	306 495

Tab. 30: ekonomické hodnocení vytápění a ohřevu vody pro odpovídající technologie

Varianta	Tepelné čerpadlo	Plynový kotel	Solární kolektory	Všechny technologie (viz Tab. 29)
Celkové investice IN	180 000 Kč	20 558 Kč	39 250 Kč	306 495 Kč
Průměrný roční výnos CF	17 018 Kč	11 820 Kč	11 910 Kč	40 748 Kč
Doba hodnocení t	25 let	25 let	25 let	25 let
Diskont r	5 %	5%	5 %	5%
Inflace α	2 %	2 %	2 %	2 %
Prostá doba návratnosti T	10,58 let	1,74 let	3,30 let	7,52 let
Diskontovaná doba návratnosti T_d	13,17 let	1,85 let	3,59 let	8,82 let
Čistá současná hodnota NPV	116 337 Kč	185 265 Kč	168 141 Kč	403 056 Kč
Vnitřní výnosové procento IRR	10,1 %	59,5 %	32,3 %	14,6 %

Při výpočtu ekonomického hodnocení byla brána v úvahu úspora nákladů oproti stávajícímu stavu domu. Můžeme tedy říci, že návrh řešení pro jednotlivé technologie pro vytápění a přípravu vody, se oproti stávajícímu stavu vyplatí.

14.2 Náklady na inteligentní elektroinstalaci

Tyto náklady inteligentní elektroinstalace zahrnují použité prvky KNX a prvky systémů EPS a EZS. Celková náklady těchto systémů jsou 351 262 Kč, z toho náleží 260 233 Kč na systém KNX a 91 029 Kč EPS a EZS.

Tyto náklady nelze samostatně hodnotit nebo srovnávat s ostatními systémy nebo technologiemi, protože u nich nelze dosáhnout nějakých úspor. Jedná se především o zvýšení komfortu bydlení, které je právě v dnešní době podmíněno určitou hodnotou investice.

14.3 Celkové hodnocení nákladnosti projektu

Pokud chceme hodnotit celkové náklady na projekt, je důležité znát ceny jednotlivých navržených částí. K celkové ceně je ale nutné přičíst náklady spojené s vybudováním celého systému, které v práci nejsou řešeny. Základní představu nám tedy poskytuje Tab. 31.

Tab. 31: celkové náklady na projekt

Výdaje	Cena [Kč]
Tepelné čerpadlo	180 000
Plynový kotel	20 558
Zásobník vody	41 406
Solární kolektory	39 250
Otopná tělesa	25 281
KNX	260 233
EZS a EPS	91 029
Fotovoltaické panely	260 149
Celkem	917 906

V případě hodnocení tohoto projektu i s rizikem, že se nám všechny použité technologie a systémy nemusí vyplatit kvůli navýšení komfortu, je uvedeno i celkové ekonomické hodnocení v Tab. 32. Dílčí hodnocení použitých technologií je v odpovídajících kapitolách. Trochu zavádějící může být doba hodnocení. Je to dáno rozdílnou dobou životnosti u fotovoltaiky a tepelného čerpadla 30 a 25 let. Zvolena byla nižší hranice hodnocení 25 let, protože při délce hodnocení 30 let by se překročila životnost tepelného čerpadla garantovaná výrobcem.

Tab. 32: celkové hodnocení projektu

Celkové investice IN	917 906 Kč
Průměrný roční výnos CF	65 248 Kč
Doba hodnocení t	25 let
Diskont r	5 %
Inflace α	2 %
Prostá doba návratnosti T	14,07 let
Diskontovaná doba návratnosti T_d	18,91 let
Čistá současná hodnota NPV	218 267 Kč
Vnitřní výnosové procento IRR	7,0 %

Na výsledku vidíme, že tento projekt se vyplatí. Přispívá k tomu zejména úspora ve vytápění a výroba vlastní elektrické energie z fotovoltaických panelů.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vypracování návrhu integrovaných systémů v rodinném domě, které mají zajistit řešení celkové tvorby vnitřního mikroklimatu a zvýšení komfortu bydlení. Všechny systémy techniky prostředí jsou navrženy tak, aby spolu vzájemně komunikovaly přes sběrnici KNX a byly automaticky a inteligentně řízeny.

Práce je rozdělena do dvou základních celků. První část je teoretická, kde je popsána studie řešení energeticky úsporných domů. Jsou zde jednotlivé části studie, které s tímto tématem souvisí. Nejprve jsou popsány jednotlivé požadavky na vnitřní prostředí, které v sobě zahrnují potřebné požadavky a návrhové parametry, které musí dnešní nízkoenergetické domy splňovat. Dále je ve studii uveden popis vnějšího prostředí, které přímo ovlivňuje stav domu, a jeho jednotlivé části související s návrhem systémů techniky prostředí. Uvedeny jsou také stavebně fyzikální parametry, které opět musí dnešní nové domy splňovat. Konkrétně jsou uvedeny normované požadavky na jednotlivé konstrukce v domě, jako je součinitel prostupu tepla, vlhkost v konstrukci a testování teplotní stability. Důležitý faktor pro další praktickou část je také zejména popis výpočtu pro určení ztrát domu. S tím také související postup návrhu systémů techniky prostředí. Jednotlivé systémy, které jsou následně v projektu použity, jsou zde popsány a charakterizovány i s potřebnými návrhovými parametry, které stanovuje norma nebo předpis.

Druhá část práce je praktická, kde jsou teoretické poznatky aplikovány a použity pro návrh jednotlivých zařízení a technologií použitých pro dům. První kapitola z praktické části je konkrétní popis domu se stanovením jeho celkových parametrů. Po návrhu a dopracování tepelné izolace, tak aby dům splňoval potřebné parametry nízkoenergetického domu, bylo stanovení součinitele prostupu tepla domu a posouzení jeho pláště. K domu byl také vystaven energetický štítek obálky budovy. Dále byly vypočítány a vyhodnoceny tepelné ztráty domu a kontrolovány tepelné zisky z hlediska přehřívání vnitřních prostor domu. Podle těchto vypočtených parametrů byly následně navrženy základní části celkového projektu: tepelné čerpadlo, příprava teplé vody a solární kolektory. Tepelné čerpadlo bylo primárně určeno pro vytápění domu. V případě nevyhovujících podmínek pro jeho provoz byl navržen druhý zdroj, plynový kotel, který tvoří spolu s tepelným čerpadlem bivalentní zdroj vytápění. K tomuto navrženému systému byl dopracován návrh otopné soustavy tak, aby odpovídal standardu dnešního vytápění, vyhovoval navrženému řešení a celkově vylepšoval komfort oproti stávajícímu stavu. Systém vytápění byl zapojen do celkového systému spolu s přípravou teplé vody, na kterém se částečně podílí. Jako primární ohřev

vody byly zvoleny a navrženy solární kolektory, které průměrně za rok pokryjí 52,5 % energie potřebné pro přípravu vody. Pro dům byla také přepracována a navržena nová elektroinstalace, která v sobě zahrnuje návrh světelných a zásuvkových rozvodů a také elektronické systémy EPS a EZS. Tyto prozatím navržené části byly zapracovány do společného celku řízení a komunikace. Bylo k nim navrženo a popsáno jejich ovládání, včetně zadané vizualizace SCADA. Vše bylo navrženo pro propojení a komunikaci pomocí sběrnice KNX, která tyto jednotlivé systémy domu sdružuje. Zvláštní kapitola je věnována fotovoltaickým panelům a jejich hodnocení z hlediska přínosu pro projekt.

Na závěr práce je uvedeno celkové hodnocení projektu samotného i jeho částí s uvedením potřebných nákladů pro tento projekt. Zvlášť jsou hodnoceny náklady na vytápění a ohřev vody, neboť poskytují oproti stávajícímu stavu domu úsporu, která se vrátí do 9 let. Náklady na inteligentní elektroinstalaci jsou hodnoceny jen jako náklady navyšující celkovou cenu projektu, protože samy o sobě nepřinášejí úsporu. Jejich přínosem je zvýšení komfortu bydlení v domě. Celkový projekt můžeme podle jeho kalkulace prohlásit za přínosný s návratností nižší, než je jeho životnost.

Výsledkem práce je tedy návrh zrekonstruovaného inteligentního rodinného domu s nízkými provozními náklady, splňujícího moderní kritéria pro komfort bydlení za použití technologií z dnešní doby.

CONCLUSION

The aim of this thesis was to draw design of integrated systems in the family house, which are to ensure of total solution making internal microclimate and increase the comfort of living. All systems techniques of environments are designed to communicate with each other via KNX bus and be automatically and intelligently managed.

The work is divided into two parts. The first part is theoretical, which describes the study solutions for energy-efficient home. There are different parts of the study, which is related to this topic. First are described individual requirements for indoor climate, which incorporate the necessary requirements and proposal parameters that must meet the today's energy houses. Further in study is the description of the external environment, which directly affects the condition of the house and its parts related to design of systems techniques environments. Listed are also building physics parameters, which again must comply today's new houses. Specifically listed are standardized requirements for each structure in the house as the heat transfer coefficient, the moisture in the construction and testing of thermal stability. An important factor for further practical part is also mainly a description of the calculation to determine the losses of the house. This is also related the procedure of system design techniques environments. Individual systems, which are then used in a project, are described and characterized with the necessary design parameters that set standards or regulations.

The second part is practical, where theoretical knowledge is applied and used for the design of individual devices and technologies used for the house. The first chapter of the practical part is a specific description of the house by determining its overall parameters. After completion of the design and the thermal insulation, so that the home meets the required parameters of low-energy house, was to determine the heat transfer coefficient of the house and the assessment of its shell. To the house was also exposed the energy label of building envelope. Were also calculated and evaluated the heat loss of the house and checked the heat gains in terms of overheating interior of the house. According to these calculated parameters were subsequently designed a basic part of the overall project, namely: heat pump, water heating and solar collectors. The heat pump is primarily intended for heating the house. In the event of unsatisfactory conditions for its operation was designed second source gas boiler which together with heat pump bivalent heating source. For this proposed system was finalized draft of the heating system, to enable the standard of today's heating, meet the proposed solution and improved the overall comfort

compared to the current situation. The heating system was plugged into the overall system along with domestic hot water, which is partially involved. As the primary water heating were chosen and designed solar collectors that cover the average over the year 52.5% of the energy needed for the preparation of water. For the house was also reworked and proposed new wiring, which covers the design of light and socket wiring and electronic fire alarm systems and security systems. These parts have been proposed so far in the common unit management and communication. It was suggested to them and described their control, including the desired visualization SCADA. Everything has been designed to connect and communicate via KNX bus that these individual systems house unites. A special chapter is devoted to photovoltaic panels and their evaluation in terms of contribution to the project.

The last part is given an overall evaluation of the project itself and its parts, with all costs for the project. Especially the evaluation of the costs for heating and hot water as they provide compared to the current state of the building savings, which returns up to 9 years. The cost of smart wiring are evaluated only as a expenses, increasing the overall cost of the project, because alone does not savings. Their contribution is to increase the comfort of living in the house. Total project we can according to his calculations, declare as beneficial to the return lower than its lifetime.

The result of this work is proposal for a smart renovated family house with low operational expenses, meeting the criteria for modern living comfort, with using the technology of today.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Nízkoenergetické domy (NED). *Nízkoenergetické domy (NED) - STAVEX* [online]. 2014 [cit. 2014-05-06]. Dostupné z: <http://www.stavex.cz/rodinne-domy/nizkoenergeticky/>
- [2] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [3] 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: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [4] KABELÉ, Karel a Zuzana VEVERKOVÁ. Modelování operativní teploty. *Vytápění větrání instalace*. 2004, 1/2003. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1422-modelovani-operativni-teploty>
- [5] ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] Výdej energie. *A-Z Slovník pro spotřebitele* [online]. Informační centrum Ministerstva zemědělství, 2012 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92223.aspx>
- [7] Hodnocení tepelného stavu prostředí. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. 2008, číslo 11 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38112
- [8] PROUDĚNÍ VZDUCHU. *Artemis: Informace studentům* [online]. Katedra fyziky Přf OU, 2005 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: http://artemis.osu.cz/MMi/meteo1/diplomka/Ramec2_soubory/AAA/proudeni.html
- [9] Tepelně-vlhkostní mikroklima. *WikiSkripta* [online]. 2009 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Tepeln%C4%9B-vlhkostn%C3%AD_mikroklima
- [10] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. ISBN 80-807-6037-3.

- [11] Využití sluneční energie - energie slunce. *Ekodům* [online]. 2004 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.ekodum.cz/energy/sun/info.php>
- [12] ČSN 73 0540-3. *Ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [13] ČSN 73 0540-4. *Ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [14] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [15] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Ústav pro normalizaci a měření, 1985.
- [16] ČSN 33 2130. *Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [17] ČSN 12464-1. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [18] Elektroinstalace (4): Elektrické rozvody v koupelně. *InfoBYDLENI.CZ* [online]. 01.12.2011 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.infobydleni.cz/news/elektroinstalace-4-elektricke-rozvody-v-koupelne/>
- [19] Vyhláška o energetické náročnosti budov: o hospodaření energií. In: *zákon č. 406/2000 Sb.* Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2012.
- [20] Tepelná čerpadla. *TZB-info* [online]. 2001 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [21] Popis funkce. *Tepelná čerpadla OVA s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.ivtostrava.cz/cs/popis-funkce.html>
- [22] *PROPULS SOLAR s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.propuls.cz/>
- [23] Fotovoltaický panel. *Fotovoltaické elektrárny* [online]. 2009 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.nemakej.cz/fotovoltaicky-panel.php>
- [24] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [25] Úvod do KNX. *Automatizace.HW.cz* [online]. 10. Červenec 2013 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/teorie-a-praxe/knx.html>

- [26] Topologie KNX. *HW.cz* [online]. 5. Srpen 2013 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/energetika-a-smart-grids/topologie-knx.html>
- [27] ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [28] ČSN 06 0310. *Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [29] Tlaková ztráta místními odpory. *TZB-info* [online]. 2001 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/46-tlakova-ztrata-mistnimi-odpory>
- [30] Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí. *TZB-info* [online]. 2001 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/87-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubu>
- [31] 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.
- [32] ČSN 06 8030. *Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [33] Návrh velikosti tlakové expanzní nádoby s membránou. *Topenářství instalace* [online]. 2008, č. 6 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.topin.cz/download.php?idx=83094&di=7>
- [34] ČSN EN 12828. *Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních tepelných soustav*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [35] BEBČÁK, Petr, Aleš DUDÁČEK a Michail ŠENOVSKÝ. *VYBRANÉ KAPITOLY Z POŽÁRNÍ OCHRANY: III. díl*. Ostrava, 2006. Učební text. VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA FAKULTA BEZPEČNOSTNÍHO INŽENÝRSTVÍ.
- [36] Porovnání nákladů na vytápění TZB-info: Výpočet a grafické porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii v budovách. *TZB-info* [online]. 2001 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

λ	Vlnová délka
1NP	První nadzemní podlaží
2NP	Druhé nadzemní podlaží
BCI	BatiBUS Club International
ČSN	Česká státní norma
EHS	European Home System
EIB	European Installation Bus
EN	Evropská norma
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
KNX	Konnex – mezinárodní sběrníkový standard pro inteligentní řízení
OT	Otopné těleso/tělesa
PIR	Pasiv Infra Red
PL	Power Line
PP	Přízemní patro
RF	Radio Frequency
SCADA	Supervisor, Control And Data Acquisition
TP	Twisted Pair
TUV	Teplá užitková voda
TV	Teplá voda
VKV	Velmi krátké vlny
Wi-Fi	Wireless Fidelity

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: závislost <i>PPD</i> jako funkce <i>PMV</i>	20
Obr. 2: grafické znázornění PENB [19].....	38
Obr. 3: princip tepelného čerpadla.....	40
Obr. 4: příklad obecného znázornění schématu zapojení kolektoru [22]	41
Obr. 5: příklad křivky poměrného odběru	45
Obr. 6: základní topologie KNX [26]	51
Obr. 7: nákres PP	55
Obr. 8: nákres 1NP.....	55
Obr. 9: nákres 2NP.....	56
Obr. 10: výstup energetického štítu 1/3	59
Obr. 11: výstup energetického štítu 2/3	60
Obr. 12: výstup energetického štítu 3/3	61
Obr. 13: testování domu na přerušované vytápění	63
Obr. 14: výstup testování na přehřívání vnitřních prostor	64
Obr. 15: nákres soustavy pro ohřev vody a vytápění.....	65
Obr. 16: návrh rozvodů vytápění PP.....	70
Obr. 17: návrh rozvodů vytápění 1NP	70
Obr. 18: návrh rozvodů vytápění 2NP	71
Obr. 19: zóny pro ukládání elektrického vedení [16]	75
Obr. 20: vertikální uspořádání zón [18].....	76
Obr. 21: horizontální uspořádání zón v koupelně s koupací vanou [18]	76
Obr. 22: horizontální členění zón v koupelně se sprchovou vanou [18]	76
Obr. 23: návrh světelných okruhů pro PP.....	79
Obr. 24: návrh světelných okruhů pro 1NP	79
Obr. 25: návrh světelných okruhů pro 2NP	80
Obr. 26: návrh zásuvkových okruhů pro PP.....	82
Obr. 27: návrh zásuvkových okruhů pro 1NP	82
Obr. 28: návrh zásuvkových okruhů pro 2NP	83
Obr. 29: návrh prvků EZS a EPS pro PP	84
Obr. 30: návrh prvků EZS a EPS pro 1NP	84
Obr. 31: návrh prvků EZS a EPS pro 2NP	85
Obr. 32: nákres soustavy pro ohřev vody a vytápění s datovými vstupy a výstupy.....	87

Obr. 33: rozmístění prvků KNX pro PP	87
Obr. 34: rozmístění prvků KNX pro 1NP	88
Obr. 35: rozmístění prvků KNX pro 2NP	88
Obr. 36: návrh vizualizace: hlavní panel	91
Obr. 37: návrh vizualizace: ovládání osvětlení	92
Obr. 38: návrh vizualizace: ovládání topení	93
Obr. 39: návrh vizualizace: ovládání žaluzií	93

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: křivka dodávky a odběru tepla	67
Graf 2: výstup programu Suntiware - vyhodnocení solární energie	68
Graf 3: náklady na energie v rodinném domě.....	97
Graf 4: náklady na energie v rodinném domě s počáteční investicí	98

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: rozdělení budov podle energetické potřeby.....	12
Tab. 2: závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu w_a	15
Tab. 3: index PMV	17
Tab. 4: energetický výdej při určitých činnostech.....	18
Tab. 5: tepelný odpor částí oblečení.....	19
Tab. 6: příklady rozlišení zvuků pro určitou hladinu akustického tlaku.....	21
Tab. 7: příklad návrhových hodnot vnitřního hluku [3].....	21
Tab. 8: příklady některých návrhových hodnot osvětlenosti podle ČSN 12464-1 [17].....	22
Tab. 9: složení vzduchu.....	24
Tab. 10: průměrné měsíční součinitele znečištění [11].....	26
Tab. 11: požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro vybrané konstrukce s převažující vnitřní návrhovou teplotou v intervalu 18°C až 22°C včetně [2].....	30
Tab. 12: hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období podle ČSN 73 0540-2 [2].....	33
Tab. 13: nejvyšší požadované hodnoty denní teploty vzduchu v místnosti v letním období.....	34
Tab. 14: minimální intenzita výměny vzduchu [14].....	36
Tab. 15: performance ratio fotovoltaických systémů [24].....	43
Tab. 16: okrajové podmínky.....	53
Tab. 17: seznam místností s návrhovými parametry.....	54
Tab. 18: skladba obvodové stěny PP.....	57
Tab. 19: skladba obvodové stěny 1 a 2 NP.....	57
Tab. 20: skladba obvodové stěny 1 a 2 NP - silná.....	58
Tab. 21: ztráty domu.....	62
Tab. 22: navrhovaná OT.....	69
Tab. 23: tlakové ztráty v okruzích a průtokový součinitel.....	69
Tab. 24: směrné hodnoty teploty nosné látky.....	72
Tab. 25: změna měrného objemu vody [33].....	74
Tab. 26: velikosti expanzních nádrží.....	74
Tab. 27: přehled světelných okruhů.....	78
Tab. 28: přehled zásuvkových okruhů.....	81

Tab. 29: ceny použitých technologií.....	98
Tab. 30: ekonomické hodnocení vytápění a ohřevu vody pro odpovídající technologie	99
Tab. 31: celkové náklady na projekt.....	100
Tab. 32: celkové hodnocení projektu.....	100