

Integrovaný systém v budově před rekonstrukcí- inteligentní rodinný dům s využitím obnovitelných zdrojů energie – řídicí systém s komunikací KNX

Integrated building system before reconstruction – intelligent family house with renewable energy resources – KNX building management system

Bc. Janoška Martin



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Janoška**

Osobní číslo: **A15210**

Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Forma studia: **prezenční**

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

Téma anglicky: **Integrated System in the Family House**

Zásady pro vypracování:

1. Popište řešení energeticky úsporných rodinných domů s téměř nulovou spotřebou vstupní energie z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
3. Pro konkrétní budovu ověřte její tepelně-technické parametry a navrhnete případné změny v konstrukcích tak, aby byly splněny požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie s ohledem na ekonomickou tloušťku izolace.
4. Navrhnete vhodný systém techniky prostředí s možností využití obnovitelných zdrojů energie se zaměřením na maximální energetickou soběstačnost.
5. Navrhnete vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Literatura DANIELS, K.: **TECHNIKA BUDOV**. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X
2. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: **Větrání a klimatizace**. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
3. VALENTA, V. a kol.: **TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3**. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
4. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: **Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky**. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9
5. Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.
6. MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: **Automatizované systémy budov**. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9
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:

21. prosince 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

15. května 2019

Ve Zlíně dne 21. prosince 2018



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

děkan

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové 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 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 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 práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové 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 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, dne

Janoška Martin v.r.
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je řešení zateplení a energetické efektivity rodinného domu, s využitím obnovitelných zdrojů tak, aby dům splňoval podmínky pokud možno pasivního domu. Návrh a posouzení rekonstrukce zahrnuje systémy a technologie pro zajištění komfortního bydlení. Budova musí splňovat požadavky z hlediska stavebně fyzikálních parametrů, jenž vedou k úsporám energie. Projekt obsahuje návrh vytápění za použití obnovitelných zdrojů energie. Pro monitoring systémů slouží inteligentní elektroinstalace.

Klíčová slova: Zateplení, úspora energie, pasivní dům, vytápění, obnovitelné zdroje, KNX

ABSTRACT

The aim of this thesis is to design a isolation and energetic efektivty of family house, with use of renewable energy source, in a way to fulfill conditions of almost self sufficient zero-house. Desing and calculation of reconsruction includes systems and Technologies for comfort of living. Building have to met requiements of energy efficiency and building termo physical parameters. Projects includes design of heaating by using of renowable sources of energy. For monitoring of systems is used Building management system.

Keywords: Isolation, energy saving, low energy house, rating, renewable sources, KNX

Na tomto místě bych chtěl velmi poděkovat vedoucímu mé práce Ing. Martinu Zálešákovi, za ochotu, čas, a všechnu energii vynaloženou při předávání nových znalostí během celého studia, které mi byly podkladem při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu prof. Ing. Vladimíru Vaškovi, CSc. za podporu při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ENERGETICKY EFEKTIVNÍ BUDOVS	13
1.1 ENERGETICKY EFEKTIVNÍ DOMY.....	13
1.2 DEFINICE ENERGETICKY ÚSPORNÝCH BUDOV.....	13
1.2.1 Popis nízkoenergetického domu.....	14
1.2.2 Popis pasivního domu.....	14
1.2.3 Popis nulového domu.....	14
2 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ	15
2.1.1 Vlhkost vzduchu.....	15
2.1.2 Vnější klimatická teplota.....	15
2.1.3 Směr a rychlost větru.....	15
2.1.4 Tlak vzduchu.....	16
2.1.5 Sluneční záření.....	16
3 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ	17
3.1 TEPELNÁ POHODA A TVORBA MIKROKLIMATU.....	17
3.1.1 Operativní teplota.....	19
3.1.2 Index PMV.....	19
3.1.3 Index PPD.....	20
3.1.4 Relativní vlhkost vzduchu.....	21
3.1.5 Škodliviny a jejich koncentrace.....	21
3.2 AKUSTIKA.....	22
3.2.1 Šíření vzduchem.....	23
3.2.2 Šíření konstrukcí.....	23
3.3 OSVĚTLENÍ.....	23
3.3.1 Přirozené osvětlení.....	23
3.3.2 Umělé osvětlení.....	23
3.3.3 Sdružené osvětlení.....	23
4 TEPELNĚ TECHNICKÉ POŽADAVKY BUDOV	24
4.1 PROSTUP TEPLA.....	24
4.2 ŠÍŘENÍ VLHKOSTÍ VE STAVEBNÍ KONSTRUKCI.....	28
4.3 TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI.....	29
4.4 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTORU.....	30
4.5 TEPLENÉ ZISKY.....	33
4.5.1 Solární teplené zisky.....	33
4.5.2 Vnitřní zisky.....	34
5 ENERGETICKÁ NÁROČNOST OBJEKTU	35
6 TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU	38
6.1 VYTÁPĚCÍ KOTEL.....	38
6.1.1 Výkon zdroje tepla.....	39

6.2	TEPELNÉ ČERPADLO	39
6.2.1	Návrh tepelného čerpadla	40
6.3	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	41
6.3.1	Výpočet pro přípravu teplé vody	41
6.4	SOLÁRNÍ KOLEKTORY	43
6.4.1	Absorbér	43
6.4.2	Skříň	43
6.4.3	Izolace.....	44
6.4.4	Krycí sklo.....	44
6.5	SYSTÉMY VZDUCHOTECHNIKY.....	44
7	KOMUNIKAČNÍ SMĚRNICE KNX.....	47
7.1	FUNKCE KNX.....	47
7.2	STRUKTURA KOMUNIKAČNÍ SMĚRNICE.....	47
7.3	PŘENOS KNX	48
7.3.1	IP komunikace	48
7.3.2	PL komunikace	48
7.3.3	RF komunikace	48
7.3.4	TP komunikace	48
7.4	TYPY PŘÍSTROJŮ	48
7.4.1	Systémové přístroje.....	48
7.4.2	Akční členy.....	49
7.4.3	Snímače	49
7.4.4	Ostatní prvky.....	49
7.5	ZPŮSOB ŘÍZENÍ SYSTÉMŮ.....	49
7.5.1	Osvětlení.....	49
7.5.2	Teplota a vzt.....	50
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	51
8	POPIS OKRAJOVÝCH PODMÍNEK A OBJEKTU.....	52
8.1	KONSTRUKCE OBJEKTU	54
9	VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	57
9.1	STANOVENÍ SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA	57
9.2	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU	61
9.3	ZTRÁTA PROSTUPEM A VĚTRÁNÍM	63
9.4	TEPELNÉ ZISKY OBJEKTU.....	64
10	SYSTÉM TECHNIKY PROSTŘEDÍ	66
10.1.1	Návrh tepelné soustavy.....	66
10.2	ZABEZPEČENÍ TEPELNÉ SOUSTAVY.....	68
10.3	NÁVRH PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY	70
10.4	NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA	71
10.5	NÁVRH SOLÁRNÍHO SYSTÉMU.....	72
10.6	NÁVRH SYSTÉMU VZDUCHOTECHNIKY	76
11	SYSTÉM KNX.....	80

11.1	NÁVRH PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY	80
11.2	OVLÁDÁNÍ ŽALUZÍ	82
11.3	VIZUALIZACE SCADA.....	82
ZÁVĚR.....		85
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		86
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		90
SEZNAM OBRÁZKŮ		91
SEZNAM TABULEK.....		92
SEZNAM PŘÍLOH.....		93

ÚVOD

V oboru stavebnictví, jež se stále rozvíjí, se setkáváme s metodami měření a regulace vedoucí k efektivnímu managementu vnitřního prostředí objektů. Ať už jsou to rodinné domy nebo velké industriální stavby, v každém objektu se setkáváme s nějakou technologií regulace teploty, proudění vzduchu nebo osvětlení. Tyto požadavky přišly v 2. polovině 20. století a jsou spjaty s rozvojem stavebnictví a automatizace. Nyní po přelomu tisíciletí jsou tyto systémy neoddělitelným prvkem téměř každé větší budovy. Souvisí to s moderními požadavky na úsporu energie, a proto jsou nové budovy automaticky navrhovány se systémy měření a regulace, stejně tak objekty rekonstruované bývají těmito systémy dovybaveny.

V industriálních stavbách se jedná například o regulaci vzduchotechnických systémů, kdy se v rámci prostředí uvažuje o regulaci každého prvku a provedení takového projektu bývá komplexní záležitostí. Jednotlivé systémy bývají propojeny do větších celků, pro zjednodušení centralizace ovládání. U rodinných domů bývá taková automatizace daleko komornější, kdy velké množství systémů je integrováno a odpadá nutnost složité instalace a oživení.

Obor Integrované systémy budov vyučuje teorii stavební fyziky, inteligentní elektroinstalace a automatizace a proto byla má volba diplomové práce zateplení rodinného domu. V době zahájení studia na UTB byl tento dům nezateplen, pouze s odhalenou cihlovou fasádou. Před krátkou dobou proběhlo zateplení, kdy je do budoucna plánovaná instalace alternativních zdrojů energie, jak na vytápění, tak na teplou vodu. Vzhledem k tomu že dodatečné zateplení domu proběhlo bez jakéhokoliv vypracovaného projektu, je cílem diplomové práce zjištění aktuálního stavu a toho do jaké míry splňuje podmínky zateplení objektů.

Teoretická část se zabývá popisem vnějšího a vnitřního prostředí objektů, metodami výpočtů tepelných ztrát, popisu a návrhu jednotlivých systémů vytápění a výměny vzduchu s využitím obnovitelných zdrojů energie. V praktické části jsou tyto metody aplikovány na objekt rodinného domu, kdy výstupem je návrh těchto systémů pro konkrétní dům.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGETICKY EFEKTIVNÍ BUDOVOVY

V posledních letech se stále zvětšují požadavky na energetickou efektivitu všech prvků našeho života - auta, elektrospotřebiče i domy. Zefektivnění energetického hospodaření budov má za následek nejenom dlouhodobější finanční úsporu, ale zkomfortnění vlastností domu. Tyto vlastnosti řešíme při návrhu a snažíme se o vyhovění hygienickým parametrům, které je nutno splnit proto, aby byl objekt dlouhodobě a pohodlně obyvatelný.

Jak bylo výše zmíněno, energeticky efektivní budova má dva hlavní účely - ekonomický a dále ekologický. Ekonomickým hlediskem se myslí úspory při výstavě, provozu a odstraňování budov, efektivní využívání energie a zdrojů. Z ekologického hlediska řešíme především zlepšení stavu prostředí, snižování dopadu emisí a odpadu, ale i spotřebu vody a jejího znečištění. [1]

1.1 Energeticky efektivní domy

Za energeticky efektivní budovu považujeme takový objekt, který poskytuje optimální komfort za finančně efektivních podmínek. Dosahujeme toho návrhem a realizací snížení energetické spotřeby domu, to vše pro komfort obyvatel domu.

Efektivita je především viditelná na hospodaření s teplem, kdy i odpadní teplo je považováno za surovinu, ze které můžeme získat prospěch. Definujeme energeticky úsporné domy, pasivní domy a domy s nulovou spotřebou. [1]

1.2 Definice energeticky úsporných budov

Na energetickou úspornost se můžeme dívat z pohledu několika koncepcí. Obecně jde o 3 nejčastější úsporné kategorie z pěti celkových.

- **Staré domy** – U starých domů je spotřeba tepla až dvojnásobná. Uvažujeme o nezatepleném a špatně izolovaném objektu s neefektivní otopnou soustavou. Nevýhody starých soustav je například velká tvorba emisí, nebo nutnost neefektivního přímého větrání. Spotřeba energie je udávána až 250kWh/m^2 za rok.
- **Novostavby** – U novostaveb byly kladeny vyšší nároky na tepelně technické normy, bývají požadovány efektivnější zdroje vytápění. Spotřeba energie je udávána $51\text{-}150\text{ kWh/m}^2$ za rok.
- **Nízkoenergetický dům** – Takový dům využívá obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární panely nebo tepelné čerpadlo. Má efektivně zateplenou konstrukci, otopnou soustavu s úměrným výkonem a bývá vybaven řízeným větráním pro omezení ztrát vlivem větrání. Spotřeba energie je udávána $16\text{-}50\text{ kWh/m}^2$ za rok.

- **Pasivní dům**- Takový dům taktéž využívá obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární panely nebo tepelné čerpadlo. Má velmi dobrou tepelnou izolaci. Dům bývá vybaven řízenou výměnou/rekuperací vzduchu s možností vytápění. Spotřeba energie je udávána 6-15 kWh/m² za rok.
- **Nulový dům** – Takový dům má velmi malou spotřebu energie na vytápění. Převážná většina energie je z obnovitelných zdrojů. Obecně má stejné podmínky jako pasivní dům, ale s lepšími parametry. Spotřeba energie je udávána do 5 kWh/m² za rok.

1.2.1 Popis nízkoenergetického domu

Jde o dům s uvažovanou spotřebou energie maximálně 50kWh/m² za rok. To se dosahuje za pomoci efektivní tepelné izolace, a taktéž kompaktním tvarem budovy, která má nižší energetickou ztrátu než budovy členité. Použitým materiálem může být dřevo, vápenné bloky nebo například tvárnice. Jde vždy o to, aby materiál měl co nejmenší tepelnou akumulaci. Existují další kritéria, která nebývají povinná. Jde například o zahrnutí teplených zisků, nebo řízenou rekuperaci vzduchu, pro co nejnížší tepelnou ztrátu větráním.

1.2.2 Popis pasivního domu

Další krok za nízkoenergetickým domem je dům pasivní. U tohoto domu uvažujeme spotřebu energie maximálně 15kWh/m² za rok. To je dosaženo vysoce efektivní tepelnou izolací, vzduchotěsností a vzduchotechnickými prvky využívajícími rekuperace odpadního tepla, které je odváděno z objektu. Při takto nízké ztrátě tepla bývá možné topení nebo chlazení budovy ponechat na vzduchotechnickém řešení budovy.

1.2.3 Popis nulového domu

Poslední krok za domem pasivním je dům s nulovou spotřebou. Jeho spotřeba se udává do 5kWh/m² za rok. Jde o zkombinování všech výše zmíněných faktorů jako kompaktní stavba, vysoce efektivní tepelná izolace, kvalitní vzduchotechnická rekuperace a použití obnovitelných zdrojů energie. Obecně se dá říct, že i za vhodných podmínek se jedná o vysokou investici.

2 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ

Parametry vnějšího prostředí jsou upravovány dle norem ČSN 730540-3 a ČSN EN 15251. Při návrhu energeticky úsporného domu je nutné dbát na klimatické podmínky, které ovlivňují budoucí energetické ztráty. Hlavními faktory je vnější klimatická teplota, která určuje teplotní zónu, dále počet dní otopné sezony, taktéž množství dopadajícího slunečního záření, které má zase vliv na potřebu chlazení. Dále můžeme hodnotit vlhkost vzduchu, což souvisí s množstvím atmosférických srážek, vlastnosti směru a rychlosti proudění větru. Hodnoty pro výpočet jsou stanoveny normou, a to dle lokalit, kde zahrnují jejich typická data pro konkrétní lokalitu. Hodnoty jsou závislé především na zeměpisné šířce, nadmořské výšce, popřípadě množství vegetace v dané lokalitě, nebo přítomnosti velké vodní plochy v dané lokalitě. Česká republika je považována za středoevropskou.

Dále si popíšeme základní veličiny, které potřebujeme k návrhu. [1]

2.1.1 Vlhkost vzduchu

Jedná se o množství vodních par, jež jsou obsaženy ve složkách vzduchu. Tato hodnota je ovlivněna množstvím atmosférických srážek, popřípadě i blízkostí vodních ploch. Při zvýšení hodnoty vlhkosti vzduchu dochází k přenosu vlhkosti do obvodových konstrukcí objektu, a taktéž se zvyšuje tepelná ztráta. [13]

2.1.2 Vnější klimatická teplota

Jedná se o základní veličinu pro výpočet vzduchotechnických systémů, a taktéž pro výpočet tepelné ztráty objektu prostupem skrz vnější obvodové zdivo. Hodnota je daná průměrným součtem pěti po sobě jdoucích nejchladnějších dnů v zimním období. Výsledku tohoto měření odpovídá nejnižší teplota, jež je dosažena ve 3 hodiny ráno, a nejvyšší teplota, jež je dosažena v 15 hodin odpoledne. Dle lokalit v České republice jsou tyto hodnoty stanoveny na $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.1.3 Směr a rychlost větru

Směr a rychlost větru je závislá na rozdílu tlaku vzduchu v atmosféře. Působení větrných vlivů se projevuje v objektu především při používání přirozeného větrání. V lokálních klimatických podmínkách se běžná rychlost proudění větru pohybuje mezi 2 až 8 metry za sekundu. Při přirozeném větrání se používá konstanta $23\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$, což má odpovídat přirozenému větrání rychlost 3 m/s . Při výpočtu tepelných ztrát infiltrací se taktéž zohledňuje intenzita, jakou vzduch proudí. Tato intenzita je ovlivněna především umístěním objektu do krajiny, kdy je potřeba individuálně zhodnotit místní povětrnostní podmínky. Rozlišujeme 3 druhy oblastí – velmi nepříznivou oblast, nechráněnou oblast a chráněnou oblast.

2.1.4 Tlak vzduchu

Tlak vzduchu je přímo závislý na nadmořské výšce. Zjednodušeně se jedná o váhu sloupce vzduchu působící v dané výšce. Závisí na nadmořské výšce, teplotě a hustotě vzduchu za předpokladu, že tíhové zrychlení je konstantní. Tlak vzduchu se měří v hektopascalech (hPa), kdy průměrný atmosférický tlak v nulové nadmořské výšce je 1013hPa. S přibývajícím výškou tlak klesá, kdy 1hPa je rovno zhruba 10m rozdílu výšky. Minoritně se tlakové změny projevují i v závislosti na vodorovném posunu, ale tyto změny jsou většinou zapříčiněny změnou počasí a jsou časově nestálé.

2.1.5 Sluneční záření

Jedná se o další parametr, který nám ovlivňuje stanovení potřeby tepla. Energie ze slunečního záření je využívána jako zdroj světla a tepla. Udávaná solární konstanta se pohybuje v hodnotách od 1340 W/m² do 1390 W/m². Budovy jsou ovlivněny slunečním zářením buď konvekcí, nebo radiací. Množství energie je závislé na poloze objektu, jeho orientaci v krajině a sklonu stěn, ale také na stavu oblačnosti. Hodnotu slunečního záření taktéž může ovlivnit množství prachových částic nebo obsah páry v ovzduší. Dá se říct, že čím výše se objekt nalézá, tím je množství těchto částic v ovzduší menší. Naopak negativní vliv mají velké aglomerace a průmyslové zóny.

3 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

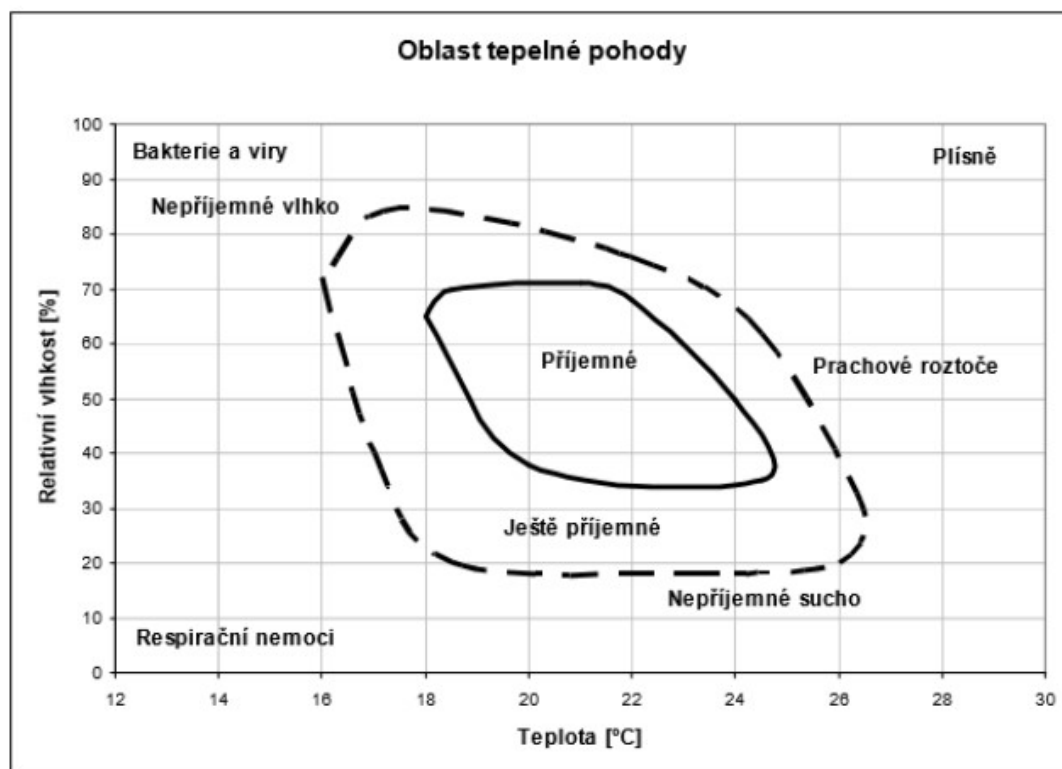
Vnitřním prostředím je myšlen soubor vlivů, které vytvářejí komfortní podmínky pro fungování uvnitř objektu.

Parametry vhodných vnitřních podmínek prostředí jsou zahrnuty v normách ČSN 730540[7] a ČSN EN ISO 7730[16]. Normy se zabývají převážně tepelnou náročností objektů, tedy popisují nároky na tepelnou ochranu budov, množství vodní páry v konstrukci a energetickou náročnost budovy jako celku. Konkrétně podmínky pro vnitřní vlhkost v budově mohou mít přímý vliv na zdraví osob obývajících objekt. Vhodným návrhem vnitřních podmínek se dá alespoň částečně předejít vzniku alergií, popřípadě jiným dýchacím obtížím obyvatel objektu.

3.1 Tepelná pohoda a tvorba mikroklimatu

Každý člověk vnímá okolí subjektivně. Pokud se bavíme o tepelné pohodě, jde o dosažení takových tepelných poměrů, aby se osoba obývajících objekt cítila příjemně, tedy nepocítovala ani horko, ani chlad. V normálním stavu je teplota těla zhruba 37°C, kdy vnímání ovlivňují faktory jak fyzikální, tak fyziologické.

Stanovujeme výpočetní parametry, kde bereme v potaz co nejefektivnější dosažení optimální tepelné pohody obyvatel objektu. [7]



Obrázek 1: Oblasti tepelné pohody [16]

V závislosti na subjektivních faktorech, tak na faktorech prostředí, je vnímání tepelné pohody rozdílné člověk od člověka. Když zajišťujeme optimální prostředí, snažíme se, aby zde nedocházelo k nadměrnému zvyšování tělesné teploty, a zároveň teplo vyprodukované osobou je odváděno. To samé platí naopak, tedy při zvýšené ztrátě tělesné teploty. Je tedy nutné vytvořit optimální rovnováhu mezi obyvateli a vnitřním prostředím objektu. Míru zatížení termoregulačního systému osoby je možná vyjádřit kritériem povrchové teploty kůže, v kombinaci s energetickým výdejem a vylučováním potu.

Osobní faktor je individuální pro každého člověka.

- Energetický výdej člověka M se udává v jednotkách W/m^2 . Jedná se o tepelný výkon jedince, většinou závislý na jeho tělesné konstituci a aktivitě, kterou osoba vykonává.
- Teplený odpor oblečení B se udává v jednotkách m^2K/W . Jedná se o veličinu, která odpovídá termoizolačním vlastnostem oblečení, které na sobě člověk má. Obvykle odpovídá hodnotě $R_{CLO} = 0,155 (m^2K/W)$ [7]

Druh oděvu	I[clo]
Letní oděv (krátké kalhoty, letní oblečení)	0,5
Běžné oblečení (oblek, kalhoty, dlouhý rukáv)	1
Zimní oblečení (kabát, teplé oblečení)	2

Tabulka 1: Modifikátor oblečení R_{clo}

Faktory prostředí, hodnoty měřitelné, objektivní a vzájemně závislé.

- Teplota vzduchu $\Theta_i [^{\circ}C]$. Jedná se o teplotu vzduchu bez vlivu tepelného sálání okolních ploch interiéru.
- Relativní vlhkost φ [%]. Jedná se o množství vodní páry obsažené ve vzduchu, která je ale závislá na teplotě interiéru. Doporučená hodnota vzdušné vlhkosti v zimním období je 30%, v letním cca 60%. Vlhkost nad 70% má za následek tvorbu plícní, popřípadě může zvyšovat riziko vzniku respiračních problémů u obyvatel objektu.

- Střední radiační teplota Θ_r [°C]. Jedná se o hodnotu společné teploty všech povrchů stěn, podlahy a stropu v místnosti.
- Rychlost proudění vzduchu W [m/s]. Jedná se o veličinu, jež je definovaná směrem a velikostí a ovlivňuje osobní vnímání teploty vzduchu v prostředí.

Existují ale i další kritéria pro posuzování pohody člověka.

3.1.1 Operativní teplota

Operativní teplota je teplota uzavřeného černého tělesa o stejné vzdušné a radiační teplotě. Lidské tělo by mělo sdílet stejné množství tepla konvekcí, tak jako v reálném nehomogenním prostředí. Tuto teplotu lze počítat jenom za předpokladu, že proudění vzduchu není nižší než 0,2m/s nebo rozdíl teplot mezi teplotou vzduchu a střední radiační teplotou je vyšší než 4°C. Jinak se operativní teplota počítá jako aritmetický průměr obou výše zmíněných teplot během osmihodinové směny, nebo jako průměr měřené hodnoty teploty v intervalu nejdéle 1 hodiny. [7]

$$\theta_0 = \frac{h_c \theta_a + h_r \theta_r}{h_c + h_r}$$

(1)

$$\theta_0 = \theta_r + A + (\theta_a - \theta_r)[°C]$$

(2)

θ_a = teplota vzduchu ve stupních Celsia

h_c = součinitel prostupu tepla konvekcí [W/(m²K)]

A = součinitel rychlosti proudění vzduchu

θ_r = střední radiační teplota

Rychlost proudění vzduchu [m/s]	0,2	0,3	0,4	0,8	1
Součinitel rychlosti proudění vzduchu A [-]	0,5	0,6	0,65	0,7	1

Tabulka 2: Součinitel rychlosti proudění

3.1.2 Index PMV

Index PMV, Predicted Mean Vote (eng.), jedná se o index, jenž vyjadřuje předpokládanou průměrnou hodnotu tepelného pocitu větší skupiny lidí. Je počítán z energetického výdeje člověka

při fyzické námaze a tepelného odporu oděvu. Dále je ovlivněn čtyřmi faktory, jako jsou teplota vzduchu, střední radiační teplota, vlhkost a rychlost proudění vzduchu. Škála má 7 stupňů v rozmezí od -3 do +3, kde -3 odpovídá chladu a +3 teplu.

$$PMV = (0,303 * e^{0,036M} + 0,028) * L$$

(3)

$M = \text{energetický výdej člověka ve W}$

$L = \text{Rozdíl energetického výdeje a množství odvedeného tepla [W]}$

Tepelný pocit	Zima	Chladno	Mírně chladno	Pohoda	Mírně teplo	Teplo	Horko
Index PMV	-3	-2	-1	0	1	2	3

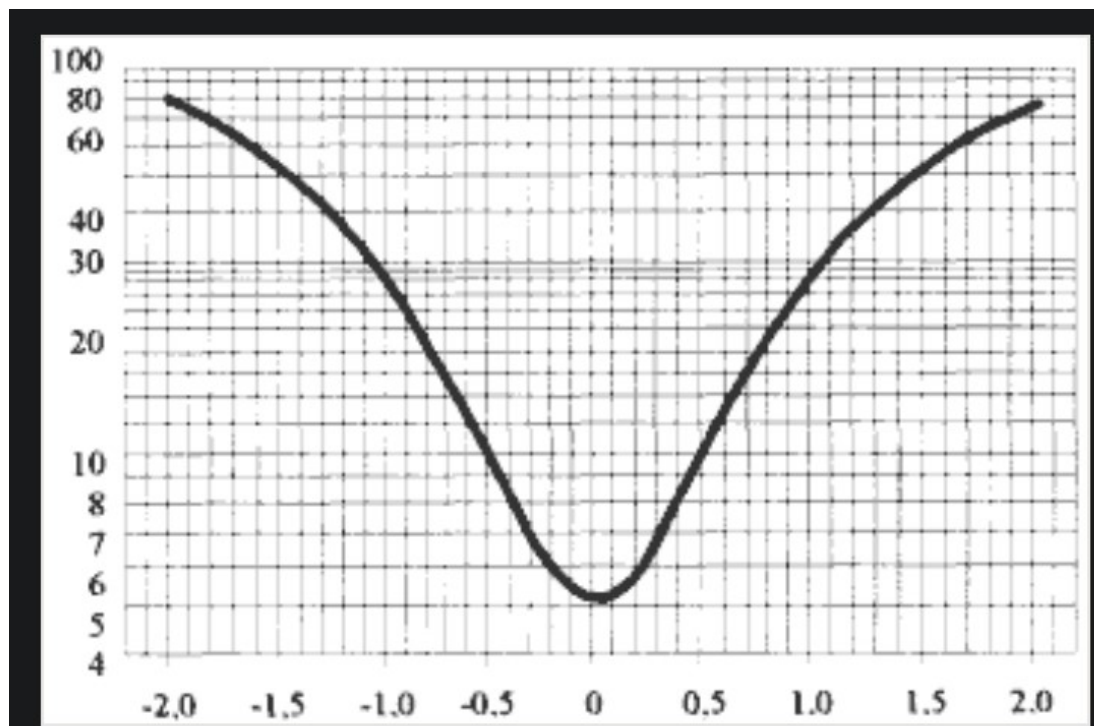
Tabulka 3: PMV Index

3.1.3 Index PPD

Index PPD, Predicted Percentae of Disappointed (eng.), je vyjádřené procento nespokojenosti obyvatel objektu, pro pocitování tepelného dyskomfortu. Dle tabulky je vidět, že není možné dosáhnout 0% nespokojenosti.

$$PPD = 100 - 95 * e^{(-0,03353PMV^4 + 0,02179PMV^2)}$$

(4)



Obrázek 2: Index PPD s promítnutím PMV[15]

3.1.4 Relativní vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu je poměr mezi množstvím vodní páry ve vzduchu a množstvím páry při plném nasycení vzduchu. Pro pocit optimální pohody je považována hodnota 40% až 50%. Při nižší vlhkosti může dojít k respiračním potížím vlivem suchého vzduchu, vedoucí k vysychání dýchacích cest a sliznice, což zvyšuje riziko prochlazení nebo podráždění očí a uší. Optimální hodnoty je samozřejmě možné překročit, ale pouze krátkodobě, a to v rozmezí 30 až 60%. V zimním období je prostorová vlhkost nižší a vzduch sušší. Výměna vzduchu taktéž odvádí vlhkost, kdy krátkodobě je v tomto období udáván pokles na hodnoty 35-45%. [7]

3.1.5 Škodliviny a jejich koncentrace

V ovzduší se škodliviny vyskytují všude, jde tady o míru znečištění ovzduší vlivem biologických nebo technologických procesů, které znečišťují ovzduší aerosolem, plynnými nebo pevnými částicemi. Nejčastějším znečištěním ovzduší bývají prachové částice, vodní páry, spaliny, aerosoly a taktéž bakterie. Z toho důvodu je nutné pravidelné větrání, které tyto částice odvádí z objektu, kdy odváděný vzduch je nahrazován čerstvým.

Hodnoty znázorňující míru znečištění se uvádí v přípustných expozičních limitech PEL a v hodnotách nejvyšší přípustné koncentrace NPK.

- NPK[ppm] je nejvyšší přípustná koncentrace chemických nebo škodlivých látek v ovzduší, kterým nesmí být osoba vystavena.
- PEL[ppm] je nejvyšší přípustný expoziční limit, tedy časově vážený průměr pro expozici škodlivin v prostředí.

Látka	Vzorec	Číslo CAS	Přípustné koncentrace			
			PEL		NPK-P	
			mg.m ⁻³	ppm	mg.m ⁻³	ppm
Oxid uhelnatý	CO	630-08-0	30	26,19	150	130,95
Acetaldehyd	CH3CHO	75-07-0	50	27,75	100	55,50
Aceton	(CH3)2CO	67-61-1	800	336,80	1500	631,50
Arsen	As	7440-38-2	0,1	0,10	0,4	0,40
Arsan / Arsenovodík	AsH3	7784-42-1	0,1	0,03	0,2	0,06
Amoniak (Čpavek)	NH3	7664-41-7	14	20,13	36	51,77
Benzen	C6H6	71-43-2	3	0,94	10	3,13
Benzíny (technická směs uhlovodíků)		86290-81-5	400	400,00	1000	1000,00
Bifenyl		92-52-4	1	0,16	3	0,47
Brom	Br	7726-95-6	0,7	0,11	1,4	0,21
Bromovodík	HBr	10035-10-6	1	0,30	6	1,81
1,3-Butadien	C4H6	106-99-0	10	4,25	20	8,50
Butanol (všechny isomery) /Butylalkohol	C4H9OH	71-36-3 78-92-2 78-83-1 75-65-0	300	99,00	600	198,00
Butylacetát (butylester kyseliny octové)	C2H5-COO-C4H9	123-86-4 110-19-0 540-88-5	950	200,45	1200	253,20
Cyklohexan	C6H12	110-82-7	700	203,00	2000	580,00
Cyklohexanol	C6H12O	108-93-0	200	48,80	400	97,60
Cyklohexanon	C6H10O	108-94-1	40	9,96	80	19,92

Obrázek 3: Přípustné expoziční limity[17]

3.2 Akustika

Komfort z akustického hlediska je zajištěn tepelně izolační vrstvou obvodové stěny, oken a dveří. Z hlediska akustiky jde o odstínění vnějších akustických vlivů, které mohou narušovat komfort uvnitř objektu. Je taktéž nutné brát v potaz vnitřní řešení objektu, jako materiály a tvar vnitřních prostor, kvůli šíření akustických vln, které vznikají vevnitř objektu. Za největší zdroje hluku se považují vnitřní vzduchotechnické jednotky, nebo špatně realizované VZT potrubí. Obecně lze říct, že

velké množství lidí může považovat zvuk vzduchotechniky za minimálně rušivý, většinou však velmi rozptylující. Jako řešení je dobré obecně rozšiřovat povědomí o kvalitním návrhu akustického řešení objektu. [13]

3.2.1 Šíření vzduchem

Zvuk šířící se vzduchem, jehož zdrojem zde může být například chůze objektem, hlasité projevy obyvatel, nárazy apod. Zvuk se šíří jak vzduchem, tak konstrukcí, ale akustická vlna putující vzduchem bývá utlumena při přechodu do pevného materiálu, popřípadě odražena.

3.2.2 Šíření konstrukcí

Hluk, šířený konstrukcí, bývá přenášen mezi jednotlivými místnostmi objektu. Jedná se o přenos stěnami nebo podlahou. Jde o mechanické impulzy, většinou kroky, údery, nebo manipulace s předměty. Mají za následek vnímanou mechanickou vibraci v konstrukci.

3.3 Osvětlení

Osvětlení objektu je nedílnou součástí, která by neměla být zanedbána. Osvětlení můžeme rozdělit na přirozené, umělé a kombinované. Cílem bývá maximalizovat časový úsek, kdy objekt využívá přirozeného osvětlení. Tedy z tohoto hlediska co nejvyšší využití oken a slunečního svitu. Také je nutné brát v potaz intenzitu osvětlení, kdy příliš nízká intenzita nebo naopak příliš vysoká intenzita, může vézt k dyskomfortu obyvatel objektu, popřípadě vzniku pracovních úrazů v pracovním prostředí. [13]

3.3.1 Přirozené osvětlení

Jedná se o osvětlení přirozeným zdrojem světla, tedy světla dopadajícího slunečního záření.

3.3.2 Umělé osvětlení

Zde se bavíme o umělém osvětlení za pomoci umělých zdrojů světla, jako jsou žárovky, zářivky, LED pásy atd. Obecně se dá říct, že se bavíme o elektrických komponentech budovy. V objektech je důležitá nejenom intenzita, ale i vhodně zvolený odstín osvětlení, a mohly by být taktéž zmíněny specifické požadavky na osvětlení v případě některých specializovaných pracovišť, kdy se nepoužívají svítidla zářivek.

3.3.3 Sdružené osvětlení

Jedná se o kombinaci umělého a přirozeného osvětlení.

4 TEPELNĚ TECHNICKÉ POŽADAVKY BUDOV

Tepelně technické požadavky na stavební konstrukce jsou souhrn vlastností, kde je výpočet stěžejní při návrhu obalu budovy. Cílem pro navrhnutí budovy je minimalizovat tepelné ztráty, a pokud možno efektivně využít i tepelné zisky, za ohledu vzduchové propustnosti a kondenzace vodní páry.

Obvykle je nejdůležitější vlastnost udávaná ve formě tepelného odporu, který charakterizuje izolační vlastnosti objektu. Součinitel prostupu tepla vyjadřuje souhrnný prostup tepla skrz stavební konstrukce. [7]

4.1 Prostup tepla

Pro prostup tepla využíváme hodnotu součinitele prostupu tepla. Tímto výpočtem stanovujeme sumu prostupu tepla skrz vrstvu konstrukce mezi dvěma prostředími o různé teplotě. U vytápěných budov s vnitřní relativní vlhkostí do 60 % při výpočtu kontrolujeme podmínku, že vypočítaný součinitel prostupu tepla je menší než hodnota doporučená normou.

$$U_n \geq U \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$$

(5)

$$U_n = \text{normou požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla} \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$$

$$U = \text{součinitel prostupu tepla budovy} \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$$

Požadovaná navrhovaná hodnota odpovídá součiniteli prostupu tepla pro vnitřní teplotu, která je většinou v rozmezí 18 až 22 °C.

Pro budovy mimo tento interval existuje vzorec:

$$U_N = U_{N,20} * e_1 \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$$

$$e_1 = \text{součinitel typu budovy}$$

$$U_{N,20} = \text{součinitel protupu tepla}$$

Součinitel prostupu tepla, dále s tepelným odporem materiálu, jsou tedy základní veličiny pro výpočet tepelně izolačních vlastností stavební konstrukce.

$$U_T = \frac{1}{R_{SI} + R + R_{SE}} e_1 \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$$

Pro vícevrstvou konstrukci je R upraveno na vzorec

$$R = \sum \frac{d}{\lambda} [(m^2 K) / W]$$

$$\lambda = \text{součinitel tepelné vodivosti} \left[\frac{W}{m^2} * K \right]$$

$$d = \text{tloušťka vrstvy v konstrukci} [m]$$

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [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 ¹⁾	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
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	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
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ; A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ² .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

Obrázek 4: Normované součinitele tepla[20]

Požadovaný součinitel tepla normou musí být větší než průměrný součinitel tepla budovy.

$$U_{EM,N} \geq U_{EM} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{EM,N} = \text{požadovaný součinitel tepla} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{EM} = \text{průměrný součinitel tepla} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Stanovujeme dva typy budov, a to obytné budovy s návrhovou teplotou 18°C až 22°C a budovy mimo tento interval. [7] Budovy v tomto intervalu mají U_{EM} menší než $0,5 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$. U budov mimo interval se součinitel stanovuje následovně:

$$U_{EM,N} = U_{EM,N20} * e_1 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{EM,N} = \text{požadovaný součinitel tepla} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{EM,N20} = \text{průměrný součinitel protupu tepla u budov do } 0,5 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$e_1 = \text{součinitel typu budovy}$$

Požadovaná hodnota $U_{EM,N,20}$ je průměrem normovaných žádaných hodnot sumy součinitelů prostupu tepla podělený sumou teplosměnných ploch. Viz vztah:

$$U_{EM,N} = \frac{\sum(U_N * A * b)}{\sum A}$$

$$U_N = \text{normovaná zadaná hodnota součinitele prostupu teplotěné konstrukce} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$A = \text{plocha teplosměnné konstrukce} [m^2]$$

$b = \text{redukční činitel teploty}$

$$U_{EM} = \frac{H_T}{A} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{EM} = \text{požadovaný součinitel tepla} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$A = \text{plocha teplosměnné konstrukce} [m^2]$

$$H_T = \text{měrná ztráta prostupem} \left[\frac{W}{K} \right]$$

Pro pasivní budovy je doporučená hodnota

$$U_{EMrec} = U_{EM} * 0,75 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

4.2 Šíření vlhkostí ve stavební konstrukci

Při návrhu stavební konstrukce je velmi důležité dbát faktoru kondenzace vodní páry v konstrukci. [16] Vlivem změny teplot dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry, což může vést ke zvýšení hmotnosti konstrukce, změnám v tepelně izolačních parametrech konstrukce nebo ke vzniku plísní. Kondenzace páry se ověřuje výpočetně, kdy konstrukce musí splňovat podmínku maximálního možného množství zkondenzované páry za rok.

$$M_{C,N} \geq M_C \left[\frac{kg}{(m^2 * rok)} \right]$$

$$M_{C,N} = \text{maximální množství roční zkondenzované páry v konstrukci} \left[\frac{kg}{(m^2 * rok)} \right]$$

$$M_C = \text{roční množství zkondenzované páry v konstrukci} \left[\frac{kg}{(m^2 * rok)} \right]$$

Pro jednoplášťovou střechu s difuzně málo propustnými povrchovými vrstvami se dle normy ČSN 73 0540-2 [21] uvažuje maximální hodnota pro roční kondenzaci páry v konstrukci takto:

$$M_{C,N} \leq 0,1 \left[\frac{kg}{(m^2 * rok)} \right]$$

$$M_{C,N} = \text{maximální množství roční zkondenzované páry v konstrukci} \left[\frac{kg}{(m^2 * rok)} \right]$$

Pro konstrukce do objemové hmotnosti 100kg/m^3 je použito 3% plošné hmotnosti materiálu, kde může docházet ke kondenzaci vodních par v konstrukci.

U ostatních konstrukcí používáme hodnotu $M_{C,N} = \frac{0,5kg}{m^2 * a}$. Pro konstrukce s objemovou hodnotou vyšší než 100kg/m^3 je použito 5% plošné hmotnosti materiálu, kde může docházet ke kondenzaci vodních par.

Hodnota páry zkondenzované v konstrukci by měla nejenom splňovat normativní parametry, ale zároveň být vždy nižší než výpočtová hodnota páry odpařené z konstrukce.

$$M_{EV} \geq M_C$$

$$M_{EV} = \text{roční množství odpařené vodní páry v konstrukci} \left[\frac{kg}{(m^2 * rok)} \right]$$

$$M_C = \text{roční množství zkondenzované páry v konstrukci} \left[\frac{kg}{(m^2 * rok)} \right]$$

4.3 Tepelná stabilita místnosti

Faktor tepelné stability místnosti je upravován normou ČSN 73 0540-2 [21], která stanovuje podmínky pro letní a zimní období, na základě proměnného teplotního stavu během ročních období. Každé období má vlastní specifické podmínky, kdy pro zimní období je potřeba splňovat rozsah maximálního poklesu teploty.

$$\Delta\theta_{V,n} \geq \Delta\theta_V [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta\theta_{VN} = \textit{normovaný pokles teploty} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta\theta_V = \textit{pokles teploty} [^{\circ}\text{C}]$$

Normovaný pokles teploty je udáván podle druhu vytápění v místnosti, kdy pro podlahové topení je udávána hodnota 4°C, a pro místnosti vytápěné radiátory nebo teplovzdušným vytápěním je tato hodnota 3°C.

Kritickou místností je myšlena místnost s nejvyšší hodnotou průměrného součinitele tepla v konstrukci. [21]

Pro letní období je tepelná stabilita počítána podle nejvyšší denní teploty vzduchu, kterou naměříme v dané místnosti. Hodnota teploty nesmí přesáhnout 27 °C. Pokud podmínka není splněna, do kritických místností je potřeba instalovat systém chlazení. Při instalaci strojního chlazení nejvyšší teplota vzduchu nesmí přesáhnout hranici 32 °C.

$$\Delta\theta_{I,MAX,N} \geq \Delta\theta_{I,MAX} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta\theta_{I,MAX,N} = \textit{nejvyšší požadovaná hodnota teploty během dne} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta\theta_{I,MAX} = \textit{teplota vzduchu} [^{\circ}\text{C}]$$

4.4 Tepelná ztráta prostoru

Budova ztrácí teplo přes obvodové zdi a větráním. Ztráty prostupem minimalizujeme za použití vhodné tepelné izolace vnější konstrukce objektu, a ztráty způsobené větráním minimalizujeme použitím řízené výměny vzduchu s rekuperací odváděného tepla. Výpočty tepelných ztrát vycházejí z normy ČSN EN 12831[41]. Celková tepelná ztráta objektu je dána součtem tepelných ztrát prostupem tepla vytápěného prostoru, a součtem tepelných ztrát větráním spolu s korekčním činitelem zohledňující dodatečné tepelné ztráty.

$$\Phi_I = (\Phi_{T,I} + \Phi_{V,I}) * f_{\Delta\theta} [W]$$

$$\Phi_I = \text{celková tepelná ztráta objektu} [W]$$

$$* f_{\Delta\theta} = \text{korekční součinitel tepla}$$

$$\Phi_{V,I} = \text{tepelná ztráta větráním} [W]$$

$$\Phi_{T,I} = \text{tepelná ztráta prostupem} [W]$$

Hodnota korekčního součinitele je určena dle intenzity vytápění místnosti. Normálně je 1, pro „vyšší“ je hodnota 1,6.

Ztráty prostupem skrz konstrukce počítáme dle následujícího vztahu:

$$\Phi_{T,I} = \sum \{f_K * A_K * U_K * (\theta_I - \theta_E)\} [W]$$

$$\Phi_{T,I} = \text{tepelná ztráta prostupem} [W]$$

$$\theta_E = \text{teplota exteriéru} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\theta_I = \text{teplota interiéru} [^{\circ}\text{C}]$$

$$U_K = \text{součin prostupu tepla stavební konstrukcí} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$A_K = \text{plocha prostupu tepla} [m^2]$$

$$f_K = \text{teplotní součinitel rozdílu venkovní a vnitřní teploty}$$

Další složkou tepelné ztráty objektu je ztráta větráním. Výpočet je následující:

$$\Phi_{V,I} = \frac{V}{3600} * \rho * c_p * (\theta_I - \theta_E) [W]$$

$$\Phi_{V,I} = \text{tepelná ztráta větráním} [W]$$

$$\theta_E = \text{teplota exteriéru} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\theta_I = \text{teplota interiéru} [^{\circ}\text{C}]$$

$$c_p = \text{měrná tepelná kapacita vzduchu}$$

$$\rho = \text{hustota vzduchu}$$

$$V = \text{objemový průtok při větrání}$$

Pokud soustava při větrání využívá zpětné získání tepla z odpadního vzduchu, tak vlastnosti tohoto vzduchu jsou rozdílné od venkovního vzduchu. Záleží ale na kvalitě a účinnosti rekuperátoru, který použijeme.

$$\theta_P = \theta_E + \eta * (\theta_I - \theta_E) [^{\circ}\text{C}]$$

$$\theta_P = \text{teplota přiváděného vzduchu} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\theta_E = \text{teplota exteriéru} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\theta_I = \text{teplota interiéru} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\eta = \text{účinnost rekuperátoru}$$

Hodnoty minimální intenzity větrání je dána typem místnosti, popřípadě počtem obývaných osob.

$$V_{MIN} = n_{MIN} * V_1 \left[\frac{m^3}{hod} \right]$$

$$V_{MIN} = \text{minimální množství vzduchu pro výměnu} \left[\frac{m^3}{\text{hod}} \right]$$

$$V_1 = \text{objem místnosti} [m^3]$$

$$n_{MIN} = \text{intenzita větrání}$$

4.5 Teplené zisky

Zisky objektu dělíme na solární a vnitřní.

4.5.1 Solární teplené zisky

Solární teplené zisky označujeme jako pasivní. Jedná se o sluneční energii, která do budovy proniká prosklenými plochami. Intenzita záření se samozřejmě liší v závislosti na lokaci, orientaci objektu, nadmořské výšce a usazení v krajině. Důležité jsou i vlivy podnebí, počasí a množství znečištění v atmosféře. Výpočet solárních tepelných zisků se skládá z parciálních výpočtů zisku konvekci a radiací. [1]

$$Q_{KON} = U_O * A_O * (\theta_I - \theta_E)[W]$$

$$Q_{KON} = \text{zisk konvekci}[W]$$

$$\theta_E = \text{teplota exteriéru} [^\circ\text{C}]$$

$$\theta_I = \text{teplota interiéru} [^\circ\text{C}]$$

$$A_O = \text{plocha oken}[m^2]$$

$$U_O = \text{součinitel protupu tepla okna} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$Q_{RAD} = [A_{OP} * I_O * c_o + (A_O - A_{OP}) * I_{DF} * \tau][W]$$

$$Q_{RAD} = \text{Tepelný zisk radiací}[W]$$

$\tau =$ stínící součinitel

$$I_{DF} = \text{intenzita sluneční radiace} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

A_{OP} – velikost osluněné plochy [sem^2]

A_O = plocha okna s rámem [m^2]

4.5.2 Vnitřní zisky

Procesy uvnitř budovy, rozvody teplé vody, používání elektrických přístrojů a obyvatelé, jsou faktory samy o sobě produkující teplo. Na dospělého člověka se udává přibližně 100W energie v klidu. Pro zjednodušení udává norma ČSN EN ISO 13790 hodnotu 5W/m² objektu. Není proto nutné odhadovat všechny procesy uvnitř budovy. Nutno taktéž podotknout, že je možné využít i odpadní teplo z procesů.

5 ENERGETICKÁ NÁROČNOST OBJEKTU

Energetická náročnost objektu se stanovuje vyhláškou o hospodaření s energií č.406/2000, která je v platnosti od ledna 2013. Stanovuje vlastnosti materiálů tepelné izolace, kdy se budovy hodnotí z hlediska nároků na energii. Po vyhodnocení nároků na energii dostává budova průkaz energetické náročnosti. Požadavky musí objekt splňovat již při výstavbě, ale taktéž při dalším prodeji, nebo změnách ve stavební konstrukci. Energetický štítek bývá vystaven na dobu deseti let, někdy však i méně, a to pouze certifikovaným auditorem.

Kriterium pro posuzování budov je průměrný ukazatel součinitele prostupu tepla U , jenž popisuje termoizolační vlastnosti použitých materiálů v konstrukci stavby. Určuje se dle normy ČSN 73 0540-2 [21]. Průkaz energetické náročnosti budovy hodnotí poměr splnění požadavků na prostup tepla vnější konstrukcí. Výsledné hodnoty jsou děleny do 7 kategorií od A do G. Posuzuje druh budovy a spotřebu energie vztahenou na 1m^2 budovy. Stavební povolení se uděluje jenom budovám s parametry do třídy C.

Třída energetické náročnosti	Zhodnocení
A	mimořádně úsporná
B	úsporná
C	vyhovující
D	nehospodárná
E	velmi nehospodárná
F	mimořádně nehospodárná

Tabulka 4: Kategorie energetické náročnosti objektu

Kategorií A myslíme většinou pasivní a nulové budovy, kategorie B zahrnuje budovy nízkoenergetické. Kategorie C a C1 zahrnuje budovy, jež splňují doporučené hodnoty, C2 zahrnuje budovy, jež splňují jenom vyhovující požadavky dle ČSN 73 0540 [21]. Průkaz energetické náročnosti budovy zároveň obsahuje energetický štítek.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydáný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: _____
 PSČ, místo: _____
 Typ budovy: _____
 Plocha obálky budovy: _____ m²
 Objemový faktor tvaru A/V: _____ m³/m²
 Celková energeticky vztažená plocha: _____ m²

FOTO


DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v průběhu procesu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost budovy

PODÍL ENERGOINTEGRITĚ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu MWh/rok



■ Elektrina ze sítě - XX,X
 ■ Plyn a en. prostředí - XX,X
 ■ Zemní plyn - XX,X

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)																																										
Měrné hodnoty kWh/m ² ·rok	Měrné hodnoty kWh/m ² ·rok																																										
<table border="1"> <tr><td>Mimořádně úsporná</td><td>A</td><td>Dop.</td><td>A</td></tr> <tr><td>Velmi úsporná</td><td>B</td><td>XXX</td><td>B</td></tr> <tr><td>Úsporná</td><td>C</td><td></td><td>C</td></tr> <tr><td>Méně úsporná</td><td>D</td><td></td><td>D</td></tr> <tr><td>Nehospodárna</td><td>E</td><td></td><td>E</td></tr> <tr><td>Velmi nehospodárna</td><td>F</td><td></td><td>F</td></tr> <tr><td>Mimořádně nehospodárna</td><td>G</td><td></td><td>G</td></tr> </table>	Mimořádně úsporná	A	Dop.	A	Velmi úsporná	B	XXX	B	Úsporná	C		C	Méně úsporná	D		D	Nehospodárna	E		E	Velmi nehospodárna	F		F	Mimořádně nehospodárna	G		G	<table border="1"> <tr><td>Dop.</td><td>A</td></tr> <tr><td>XXX</td><td>B</td></tr> <tr><td></td><td>C</td></tr> <tr><td></td><td>D</td></tr> <tr><td></td><td>E</td></tr> <tr><td></td><td>F</td></tr> <tr><td></td><td>G</td></tr> </table>	Dop.	A	XXX	B		C		D		E		F		G
Mimořádně úsporná	A	Dop.	A																																								
Velmi úsporná	B	XXX	B																																								
Úsporná	C		C																																								
Méně úsporná	D		D																																								
Nehospodárna	E		E																																								
Velmi nehospodárna	F		F																																								
Mimořádně nehospodárna	G		G																																								
Dop.	A																																										
XXX	B																																										
	C																																										
	D																																										
	E																																										
	F																																										
	G																																										
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X																																										

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
U _{ext} W/(m ² ·K)	DÍLEČ dodaná energie					
Měrné hodnoty kWh/m ² ·rok	Měrné hodnoty kWh/m ² ·rok					
A	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	XX	XX Dop.
B						
C	XX,XX	XX				
D						
E	XX					
F						
G					XX	
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X

Zpracovatel: _____ Osvědčení č.: _____
 Kontakt: _____ Vyhотовeno dne: _____
 Podpis: _____

Obrázek 5: Průkaz energetické náročnosti budovy[18]

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY							
Typ budovy, místní označení				Hodnocení obálky budovy			
Adresa budovy				budovy			
Celková podlahová plocha $A_c =$ m ²				stávající		doporučení	
Cl	Velmi úsporná						
0,3	A						
0,6	B			Cl _Y			
1,0	C			Cl _X			
1,5	D						
2,0	E						
2,5	F						
	G						
Mimořádně nehospodárná							
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2 \cdot K)$				$U_{em} = H_T / A$			
				X		Y	
Klasifikační ukazatele Cl a jim odpovídající hodnoty U_{em} pro $A/V =$							m ² /m ³
Cl	0,30	0,60	(0,75)	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}							
Platnost štítku do			Datum				
Štítek vypracoval			Jméno a příjmení				
			Klasifikace				

Obrázek 6: Energetický štítek budovy[18]

6 TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU

Tato kapitola se bude zabývat systémy, které tvoří vnitřní klima objektu pro dosažení co nejvyššího komfortu obyvatel. Zároveň musí splňovat požadavky na parametry vnitřního prostředí. Zvláště u nulových domů s vyzařováním do 5kW/m^2 jsou tyto systémy velmi důležité, protože umožňují udržovat obyvatelné podmínky za použití obnovitelných zdrojů. Na tyto vlastnosti má vliv především materiál použitý ve stavebních konstrukcích, izolace, ale i tvar objektu. Obecně jde o minimalizování tepelných úniků, a tím minimalizování nákladů na jejich nahrazení. Vysoká výměna vzduchu přirozeným způsobem je u nulových domů nevhodná, proto se musí pro dodržení hygienických předpisů přistupovat k provedení vzduchotěsnosti objektu a nainstalování zařízení pro řízenou výměnu vzduchu s rekuperací tepla. Při vytápění takových domů máme několik možností, které můžeme zvolit jako zdroje tepla. Kromě běžného vytápěcího kotle nebo obnovitelných zdrojů to mohou být vnitřní tepelné zisky, pasivní solární zisky nebo spotřeba zbytkového tepla. [1]

6.1 Vytápěcí kotel

Jedná se o nejčastější volbu v běžném použití. Vytápěcí plynový nebo elektrický kotel je součástí otopné soustavy v objektu, kdy u nepasivních domů slouží jako primární zdroj k ohřevu vody, resp. jiného média sloužícího k ohřevu. Nejčastěji je teplo získáváno spalováním tuhého, kapalného, nebo plynného paliva, jako je dřevo, uhlí, štěpky, plyn atd... Pyrolitickou reakcí dochází k uvolňování tepla a světla, kdy teplo je využíváno k ohřívání tepelného média. Je možné také využívat spalínový kotel nebo elektrický.

Druhy paliv rozdělujeme dle původu na fosilní, tedy uhlí nebo zemní plyn, obnovitelné, tedy hlavně biomasu nebo bioplyn a odpadní, jako jsou například odpadní plyny.

Podle látky nesoucí teplo můžeme kotle rozdělit na vodní (do $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nad $115\text{ }^{\circ}\text{C}$) a parní. Dále je můžeme rozdělit dle proudění vody (velký a malý obsah). Kotle o velkém vodním obsahu a přenosu tepla se vyznačují tím, že proud spalin proudí uvnitř trubek a ohřívá vodu na vnější straně. Moderní kotle s malým obsahem vody nazýváme vodotrubné, zde naopak je proud spalin na vnější straně ohřívacích trubek. Parní kotle dle přetlaku rozlišujeme na nízkotlaké (do $0,7\text{MPa}$), středotlaké (do $6,4\text{MPa}$) a vysokotlaké (nad $6,4\text{MPa}$). Také je dělíme dle způsobu provozování na klasické, u kterých nesmí teplota zpětné vody poklesnout pod 60°C , nízkoteplotní, u kterých nesmí teplota zpětné vody poklesnout pod $50/40^{\circ}\text{C}$ a kondenzační, kde teploty zpětné vody mohou klesnout pod $40/50^{\circ}\text{C}$

6.1.1 Výkon zdroje tepla

Při navrhování ohřívání teplé vody musíme dimenzovat zdroj tepla. Bavíme se zde o výkonu ohříváče teplé vody, kdy ale teplo vyrobené je dodáváno i do dalších systémů. Během roku dochází ke změnám a kolísání teploty vlivem změny ročních období, denního a nočního cyklu. Výpočet reálného výkonu je popsán v normě ČSN EN 12831[41] nebo ČSN EN 06 0610 příloha A. Pro výpočet uvažujeme pouze tepelné ztráty do exteriéru a nepočítají se ztráty do ostatních místností. U objektu s netrvalým/přerušovaným větráním vycházíme z následujícího vztahu:

$$Q_{Příp} = 0,7 * Q_{TOP} + 0,7 * Q_{VET} + Q_{TUV}[kW]$$

(6)

Pro vytápění objektu s trvalým větráním platí rovnice:

$$Q_{Příp} = Q_{TOP} + Q_{VT}[kW]$$

(7)

$$Q_{Vet} = \text{ztráta větráním} [kW]$$

$$Q_{Top} = \text{ztráta topením} [kW]$$

$$Q_{VT} = \text{potřeba tepla pro technologický ohřev a větrání} [kW]$$

$$Q_{TUV} = \text{potřeba TUV} [kW]$$

6.2 Tepelné čerpadlo

Účelem tepelného čerpadla je přeměnit teplo obsažené v okolním prostředí na energii, kterou je možno využít například při vytápění objektu.. Tepelné čerpadlo je považováno za obnovitelný zdroj energie, kdy provozem čerpadla nevznikají žádné emise. Čerpadlo získává teplo ze země, vody nebo vzduchu. [10]

Zdroje tepelných čerpadel mohou být spodní vody (voda/voda), podzemní vrty a zemní kolektory (nemrznoucí směs/voda) nebo okolní ovzduší (vzduch/voda). První část vždy udává tepelnosné médium, druhá část odváděné tepelné médium. Princip funkce tepelného čerpadla spočívá ve funkci uzavřeného chladicího okruhu, který obsahuje dva výměníky, kondenzátor a výparník. Výstup z výparníku vede do kompresoru, který je poháněn elektrickým motorem. Poměr energie elek-

trické k energii vyrobené se nazývá topný faktor. Dle mechaniky můžeme čerpadla dělit na absorpční, adsorpční a kompresorové.

6.2.1 Návrh tepelného čerpadla

Pro návrh tepelného čerpadla musíme nejdříve z technické dokumentace zjistit poměr topného faktoru čerpadla a vynaložené energie. Tomuto poměru říkáme topný faktor COP.

$$COP = \frac{Q_{ab}}{P}$$

COP = topný faktor čerpadla

P = příkon čerpadla [W]

Q_{ab} = aktuální vyprodukovaný tepelný výkon [W]

Z technických parametrů je dále potřeba zjistit chladicí výkon čerpadla.

$$Q_{zu} = Q_{ab} - P[W]$$

Q_{zu} = chladicí výkon prostředí [W]

Q_{ab} = produkováný tepelný tok[W]

P – příkon čerpadla[W]

Z dlouhodobého hlediska jsou důležité hodnoty ročního provozu tepelného čerpadla, přesto však používáme pro výpočty hodnoty aktuálního výkonu. Provozní faktor 4 znamená, že na 4W tepelného toku je potřeba 1Wh elektrické energie. Faktor 4 je považován za velmi kvalitní, v reálu se však setkáváme s faktory nižšími. Nejúčinnější tepelný faktor mívají čerpadla využívající energii ze země. Lehce horší bývají čerpadla voda/voda. Čerpadla využívající jako zdroj vzduch mívají nejnižší účinnost, zatímco zemní se vyznačují účinností nejvyšší.

6.3 Příprava teplé vody

Jedná se o přípravu teplé užitkové vody, tedy vody zdravotně nezávadné, určené k mytí, koupání a úklidu. Ne však ke konzumaci. Vodu ohříváme pomocí ohříváče na cca 50-55°C, v některých systémech až do 60°C. Potřeba této vody je dle normy ČSN 06 0320, 4,3kWh na osobu na den (něco okolo 45litrů), záleží však i na typu budovy (rozdíl ve spotřebě vody je jiný v hotelu než v rodinném domu). Vodu ohříváme v ohříváčích v blízkosti kotle, odkud ji pak dále rozvádíme po objektu. Můžeme se taktéž setkat s průtokovými ohříváči vody, které jsou vyhřívány plynem nebo elektřinou. U všech vyhrazených zařízení je podmínkou užívání pravidelný servis a revize.[10]

V systému musí být zajištěno, aby každý výtok byl schopen dodávat vodu o požadované teplotě, proto musí být rozvody vody dostatečně izolovány, ale protože nebývá možné dosáhnout optimální izolace rozvodu vody, volí se cirkulační vedení. V rodinných domech se dost často setkáváme s tím, že vodu je nutno nechat nejdříve „odtéct“, aby dotekla teplá voda k výtoku. Cirkulací je míněn stálý oběh vody v potrubí, který je zajištěn tzv. cirkulačním čerpadlem. Takové vodovodní potrubí je pro provoz konstruováno ze tří trubek pro studenou vodu, teplou vodu a cirkulaci. Dále průtok v cirkulaci musí být nejméně takový, aby byla pokryta tepelná ztráta v rozvodovém potrubí, a taktéž teplota na konci rozvodu nesmí poklesnout pod vymezenou minimální hranici. Z hygienických důvodů by čerpadlo mělo být ve stálém provozu udržující konstantní cirkulaci. U vícepatrových objektů je proto instalována regulační armatura, které bývá umístěna u paty cirkulačních stoupaček, a tím při proudění ve stoupačkách účelně způsobuje tlakové ztráty, které se rovnají tlakové ztrátě při cirkulaci pro průtok v nejvzdálenějším místě oběhu.

6.3.1 Výpočet pro přípravu teplé vody

Jak bylo výše zmíněno, pro dimenzování ohříváče je nutno znát celkovou potřebu tepla v objektu. Ta se odvíjí od počtu osob obývajících objekt, eventuálně typu obývaného objektu.

$$Q_{TP} = n * 4,3[kWh]$$

$$Q_{TP} = \text{celková počítaná spotřeba teplé vody v objektu}[kWh]$$

$$n = \text{počet osob obývajících objekt}$$

Tuto hodnotu je však potřeba upravit o distribuční ztrátu.

$$Q_{ZT} = Q_{TP} * 0,5 = [kWh]$$

$$Q_{ZT} = \text{ztráta tepla při ohřevu vody a distribuci} [kWh]$$

$$Q_{TP} = \text{celková počítaná spotřeba teplé vody v objektu} [kWh]$$

Součtem těch dvou údajů dostaneme konečnou hodnotu.

$$Q_P = Q_{ZT} + Q_{TP} = [kWh]$$

$$Q_p = \text{teplo požadované od ohříváče} [kWh]$$

$$Q_{ZT} = \text{ztráta tepla při ohřevu vody a distribuci} [kWh]$$

$$Q_{TP} = \text{celková počítaná spotřeba teplé vody v objektu} [kWh]$$

Je také nutné zmínit, že odběr vody není konstantní, ale mění se s režimem obyvatel v průběhu dne.

Den je rozdělen na 3 časové úseky, podle kterých se dimenzuje spotřeba vody a to:

- 5:00 – 17:00 kdy je předpokládaná spotřeba zhruba 35% vody Q_{TP}
- 17:00 – 20:00 kdy je předpokládaná spotřeba odhadována na 50% Q_{TP}
- 20:00 – 24:00 kdy je předpokládaná spotřeba zhruba 15% vody Q_{TP}

Pro tento návrh vychází nevyšší $\Delta Q_{MAX} = 5,5 kWh$

$$V_Z = \frac{\Delta Q_{MAX}}{c_p * \Delta \theta}$$

$$V_Z = \text{požadovaný objem zásobníku teplé vody} [l]$$

$$\Delta Q_{MAX} = \text{nejvyšší odebíraný rozdíl teplé vody v časovém úseku} [kWh]$$

$$c_p = \text{měrná tepelná kapacita vody} \left[\frac{Wh}{1 * K} \right] \text{ je rovna } 1.163 \left[\frac{Wh}{1 * K} / kg \right]$$

$$\Delta \theta = \text{teplotní rozdíl ohřívání vody} [C]$$

$$\Phi = \frac{Q_P}{t_p}$$

$\Phi = \text{jmenovitý tepelný výkon ohříváče [kW]}$

$t_p = \text{časová perioda [24h]}$

$Q_P = \text{potřebné teplo dodané ohříváčem [kWh]}$

6.4 Solární kolektory

Solární kolektory na ohřev teplé vody pracují na principu pohlcování slunečního záření a jeho přenosem teplonosné látky, která jimi protéká. Z hlediska konstrukce je dělíme na ploché, trubkové a koncentrační. Z hlediska principu získávání tepla, solární kolektory dělíme na vzduchové kolektory, kapalinové kolektory a kombinované kolektory. Kolektor se obecně skládá ze 4 základních dílů a to absorbér, skříň, izolace a krycí sklo.

6.4.1 Absorbér

Absorbér je nazývána absorpční plocha, která je základním prvkem kolektoru. Obvykle bývá zhotovena z hliníku nebo mědi, a to z důvodu velkého tepelného vedení těchto materiálů. Jejím prostřednictvím dochází k přenosu tepla do přenosného média. Povrch absorbérova je zahříván slunečním zářením a teplonosné médium energii přenáší pryč a absorbér ochlazuje.

6.4.2 Skříň

Jedná se o obal slunečního kolektoru. Jedná se o montážní kotvící prvek absorbérova a ostatních prvků.

6.4.3 Izolace

Izolace zabraňuje unikání energie ve formě tepelných ztrát při přenosu media . Proto se kolektor izoluje, například minerální pěnou, a to z důvodu vysoké tepelné odolnosti materiálu, protože musí odolávat teplotám až 200°C.

6.4.4 Krycí sklo

Z důvodu minimalizace tepelných ztrát kolektoru a přenosu media bývá přední strana kolektoru prosklená. To brání nežádoucímu záření a vytváří absorberu vrstvu, která vytváří mezi ním a okolím tepelný odpor. Tedy propouští jenom požadované krátkovlnné záření, a taktéž vytváří vnitřní mikroklima zvyšující efektivitu kolektoru.

Sběrné plochy kolektoru jsou umístěny na šikminu střech nebo na montážní prvek na ploché střechy, aby byla dodržena pokud možno efektivní volba sklonu. Kdy pro maximální účinnost se doporučuje kolektory instalovat na jižní až jihozápadní stranu ve sklonu 35° až 40°. [42] Udávané zisky na přípravu teplé vody se v rodinném domě pohybují okolo 200 až 300 kWh/m². Samozřejmě hodnoty taktéž závisí na objemu zásobníku a spotřebě vody v objektu. Pro praktické využití bývají kolektory instalovány do tzv. solární soustavy, kde kromě samotných kolektorů tvoří systém další zařízení. Tepelný výměník sloužící k přenosu tepla do soustavy, expanzní nádrže pro vyrovnávání tlaku v soustavě, oběhová čerpadla a popřípadě prvky měření a regulace umožňující napojení soustavy na komplexní řídicí systém.. Podle způsobu oběhu systémy dělíme na jednookruhové, kde využíváme jednodušší ohřev vody, například pro bazénové systémy. Dvouokruhové systémy používáme k podpoře ohřevu teplé vody. Takto realizované systémy pracují v sezónním nebo celoročním režimu dle přání zákazníka.

6.5 Systémy vzduchotechniky

Vzhledem k potřebě energetickým ztrátám z větrání v objektu je nutné využití řízené výměny vzduchu za pomoci vzduchotechnické jednotky. Nízkoenergetický dům bývá sám o sobě velmi

dobře zaizolován což neumožňuje přirozenou výměnu vzduchu. V každé budově musíme stanovit nutnou intenzitu větrání a to pro každou místnost zvlášť. [3]

$$n = \frac{V_P}{V} [\text{hod}]$$

n – intenzita větrání

V = objem větraného prostoru [m^2]

V_P = objemový průtok přiváděného vzduchu [m^2]

Dle ČSN 73 0540-2 [21] je požadováno aby v obytných místnostech byla výměna vzduchu alespoň 0,5 násobek objemu místnosti, u koupelen je tento faktor 1,5 až 3 a u kuchyní 1 až 5. Taktéž je doporučeno počítat s minimální výměnou vzduchu alespoň 20-28 m^2 /hod na osobu osobu obývací místnost, a to z důvodu produkce CO₂.

$$V = \frac{k}{k_1 - k_A} = \frac{0,02}{0,001 - 0,0003} \approx 28m^2/\text{hod}$$

V = objemový průtok výměny vzduchu [m^2]

k_A = hodnota CO₂ v přiváděném vzduchu [%]

k_1 – minimální přípustná hodnota [%]

k – množství CO₂ vyprodukované člověkem za hodinu [m^2 /hod]

Pro zefektivnění výměny tepla větráním se používají vzduchotechnické jednotky s možností rekuperace. Odváděný vzduch obsahuje odpadní teplo. Toto teplo je díky rekuperačnímu výměníku předáno vzduchu přiváděnému, což má za následek úsporu tepla při ohřevu vzduchu. Pokud teplota přiváděného vzduchu přesáhne určitou mez je možné bypasem kvantitativně regulovat přiváděný vzduch a umožňují li to podmínky, tento vzduch přivádět do objektu. U téměř nulových domů

s nízkým teplotním spádem je možné VZT technikou provozovat i vytápění objektů, tzv. nízkoteplotní vytápění.

7 KOMUNIKAČNÍ SMĚRNICE KNX

Komunikační směrnice KNX neboli Konnex sdružuje několik existujících technologií směrnic, a to BatiBus, EHS(EuropeanHomeSystem) a EIB(EuropeanIntalationBus). KNX tedy umožňuje standardizovanou komunikace mezi zařízeními různých výrobců. Systém inteligentního měření a regulace je používán k dosažení co nejefektivnějšího využití energie a tedy snížení nákladů na provoz objektu. [9]

7.1 Funkce KNX

Systém je použit pro řízení izolovaných zařízení, a to tak, že zajišťuje vzájemnou komunikaci mezi jednotlivými systémy za pomoci společné sběrnice. Všechny systémy tedy mohou být napojeny na jednu sběrnici, což zjednodušuje a zefektivňuje systém měření a regulace. Různé komponenty jednotlivých systémů je možné společně spravovat za pomoci systémového integrátoru. Za pomocí ovládacího softwaru ETS je možno navrhovat jednotlivé zařízení, a to i ve formě simulace.

Systém KNX tedy aplikujeme v oblastech automatizace, měření a regulace, řízení elektrického zabezpečení, EPS atd. Všechny systémy můžeme dále řídit, sledovat a zobrazovat signály s využitím celého systému s jediným řídicím centrem. Pro systémy vytápění nebo osvětlení mohou být v případě nutnosti zapnuty časové profily v závislosti na přítomnosti osob v objektu. Osvětlení lze dále regulovat v závislosti na intenzitě denního světla. [9]

7.2 Struktura komunikační směrnice

Systém je možné při návrhu rozdělit až do 15 oblastí, které mohou být děleny na 15 linií, každá nesoucí až 255 prvků. Teoreticky lze tedy na jednu sběrnici zapojit až 57 375 zařízení. Každé zařízení je indikováno vlastní síťovou adresou, kdy úrovně jsou děleny lomítkem „Oblast/Hlavní linie/Zařízení“.

V tomto zapojení jednotlivé prvky komunikují mezi sebou metodou P2P, tedy každý s každým bez ohledu na ovládací nebo nadřazené prvky. Toto je zajištěno přímým napojením na datovou sběrnici. Komunikační rychlost směrnice je udávána až 32kb/s, s maximální délkou linie 1km celkem, a maximální vzdáleností mezi zařízeními 700m. Maximální vzdálenost od napájení je 350m. Maximální vzdálenosti jsou dány poklesem napětí na vodiči, ale v praxi se málokdy dostává do takových délek. [9]

7.3 Přenos KNX

KNX můžeme přenášet několika způsoby.

7.3.1 IP komunikace

Komunikace protokolem IP, neboli po Ethernetu. Signály KNX přenášíme jako „telegramy IP“. Tento způsob je pro použití v síti LAN a síti internet. Obvykle se používá IP routek, které bývají alternativou k datovým rozhraním USB.

7.3.2 PL komunikace

Power line komunikace, neboli silovým vedením. Komunikace byla převzata ze standardu EIB. Produkty musí mít certifikaci EIB a KNX PL110 a přenos probíhá přes elektrickou distribuční síť.

7.3.3 RF komunikace

Radio frequency komunikace, neboli radiovým přenosem. Využívají přenášení na kmitočtu 868MHz s maximálním výkonem vyzařování 25mW, kdy je udávaná přenosová rychlost 16,38kBit/s. Přenos je umožněn jednosměrně i obousměrně komunikovat, kdy pro použití pro delší vzdálenost je zapotřebí repeaterů.

7.3.4 TP komunikace

Twisted pair, tedy komunikace po kroucené dvojince. Standart převzat z EIB. Certifikované produkty pod označením EIB a KNX TP1 jenž komunikují rychlostí až 6900b/s na jedné směrnici.

7.4 Typy přístrojů

Přístroje dělíme na 4 skupiny.

7.4.1 Systémové přístroje

Jedná se o napájecí, liniové, komunikační prvky. Dále se sem řadí oblastní spojky, rozhraní IP a rozhraní USB.

7.4.2 Akční členy

Akční členy neboli aktuátory. Řadíme sem ovládací zařízení, akční členy pro rolety a žaluzie, popřípadě relé nebo stmívací prvky.

7.4.3 Snímače

Jedná se o prvky, jež snímají nějakou veličinu. Snímače pohybu, rozbití skla, tlakové a teplotné senzory atd.

7.4.4 Ostatní prvky

Do této kategorie patří prvky, jež nesnímají nebo neprovádí žádnou akci. Jedná se například o zobrazovací prvky, kontrolní panely, nebo například logické moduly.

7.5 Způsob řízení systémů

Systém se používá při řízení jednotlivých procesů v objektu, tedy například měření a regulace teploty uvnitř objektu, kdy za pomoci inteligentního systému můžeme tyto aspekty regulovat pro dosažení co nejvyššího komfortu pro obyvatele objektu. Systémy jsou schopné jak monitorovat, tak regulovat jednotlivé systémy otopné soustavy, byť většinou jsou tyto systémy samy o sobě schopné autonomní funkce díky vlastní konstrukci, designu. Pokud do objektu zařizujeme podobný systém, ovládáme tedy několik částí.

7.5.1 Osvětlení

Většina objektů je vybavena obyčejnými vypínači na ovládání světla. Většinou jsou ovládány mechanicky, a to pouze ve stavech vypnuto/zapnuto. Pro pracovní prostory nebo kuchyně bývá takovéto ovládání dostatečné, ale domnívám se, že jde spíše o konzervativní vnímání zákazníků, kteří investují do stavby nebo rekonstrukce obytných objektů. Sám jsem se setkal při provádění elektroinstalace s konzervativními postoji vůči osvětlení pokojů, které je prý dostatečné. Zvláště při možnosti ovládat intenzitu osvětlení v obývaných místnostech nebo ložnicích, je tato možnost velmi komfortní. Sám se domnívám, že možnost volby modu a intenzity osvětlení ve formě schémat vede ke zvýšení komfortu obývaného objektu. Příklady použití: snížené ambientní osvětlení umístěné za TV, snížené osvětlení ve večerních hodinách v pokojích nebo ložnici.

7.5.2 Teplota a vzt

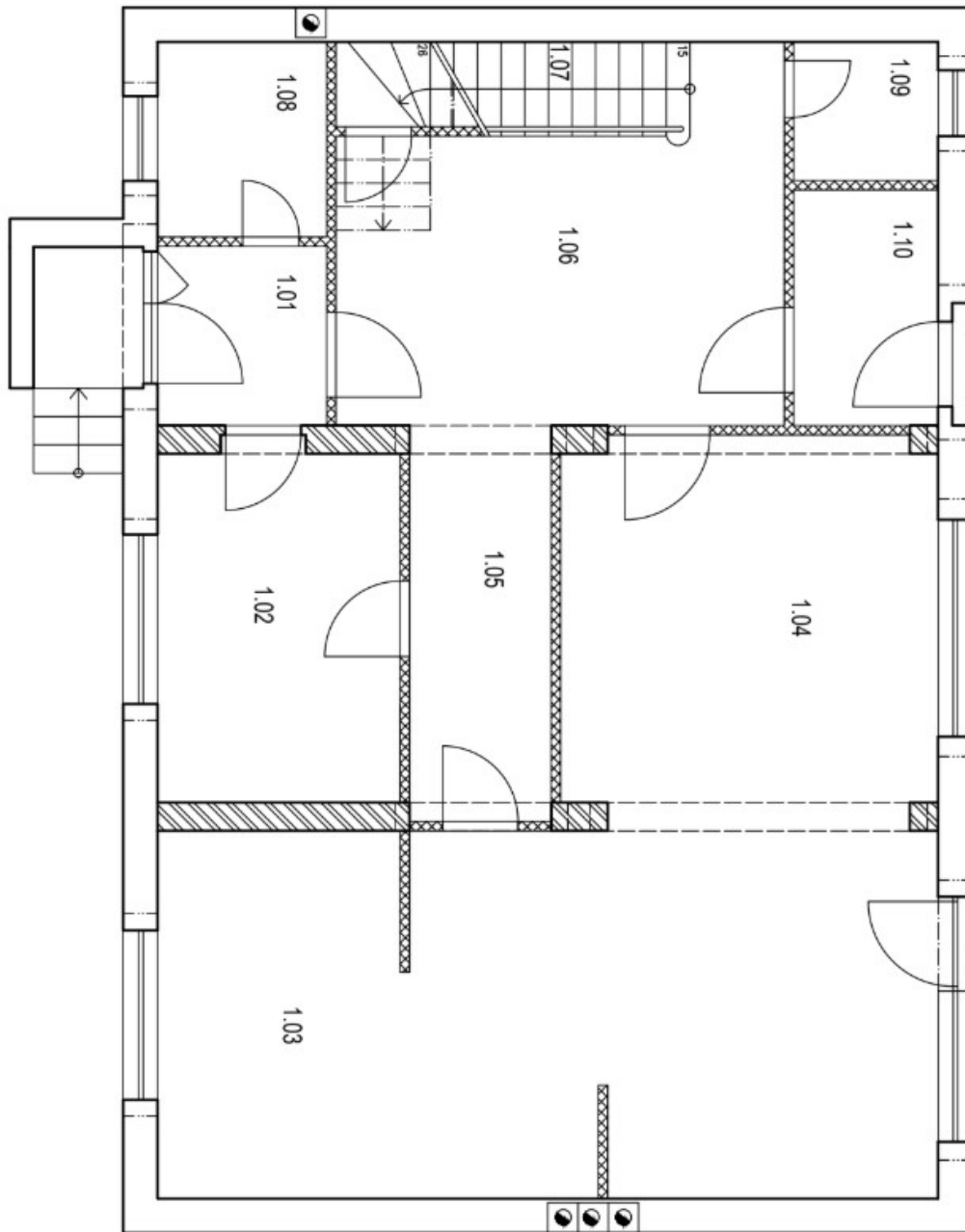
Běžným způsobem regulace dříve bývala termoregulační hlavice na otopném tělesu. Automatizované systémy nám umožňují osazení automatizovanými hlavicemi, které spolu s termostatem a teploměrem v místnostech dokážou plynule regulovat tepelné prostředí v objektu. To samé platí pro ovládání průtoku vzduchu, zvláště v případě, že se jedná o způsob vytápění objektu.

K tomuto se vztahuje i regulace otopné soustavy a vzduchotechnické jednotky, ale sám jsem se s tímto setkal především u větších, industriálních projektů, a to proto, že lokální VZT jednotky mívají všechny součásti měření a regulace již v sobě dodávané výrobce, a i když je možné hodnoty vnitřních stavů systému číst na sběrnici, nebývá to obvykle potřeba. Podobně tomu bývá u termo soustav, kdy systémy v rodinných domech zastupují logicko-relové řízení.

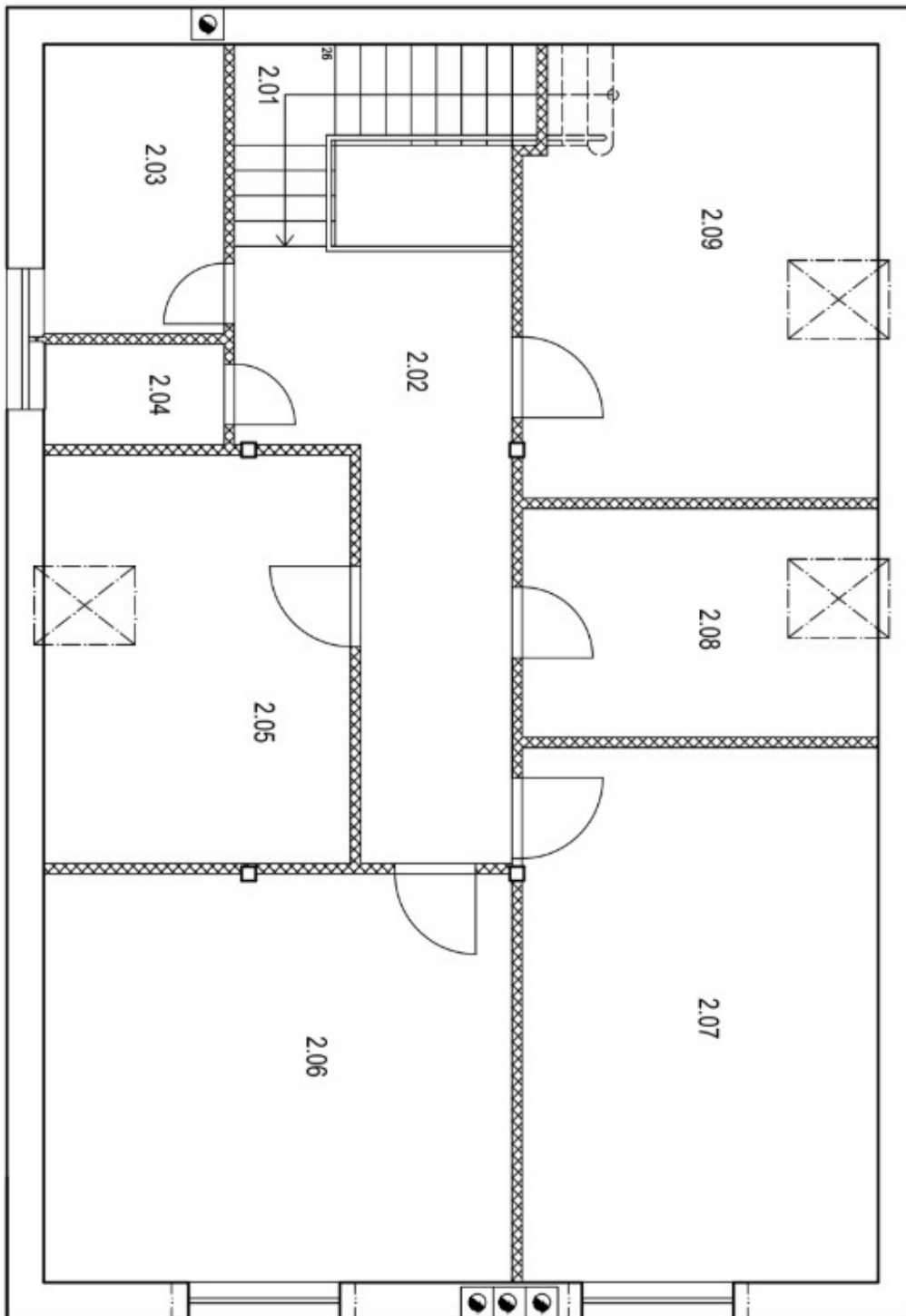
II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 POPIS OKRAJOVÝCH PODMÍNEK A OBJEKTU

Tento dvouposchodový dům stojí ve Velké nad Veličkou. Je určen k celoročnímu užívání. Je situován na jihozápadě pozemku, z něhož převážnou část tvoří zahrada. Na jihozápadní straně se nachází vstup do domu, pracovna, šatna a kuchyně v přízemí. Obytné pokoje jsou orientovány na jihovýchod, kuchyně na západ. Obývací pokoj na jihovýchodní straně je osazen zahradním okem pro maximální využití slunečního záření v dopoledních hodinách. Je stíněno vnitřními lamelovými žaluziemi. Vlivem podsklepení domu je celý dům nad úrovní země, kdy ale vnější zateplení zahrnuje celou viditelnou stěnu. Sklep je nevytápěný, využíváný jako skladovací prostor, s prostorem pro kotelnu. Vchod do zahrady ze zadní strany domu je možný z chodby běžnými dveřmi nebo přes obývací pokoj balkonovými dveřmi.



Obrázek 7: Půdorys 1. patro



Obrázek 8 Půdorys, 2 patro

8.1 Konstrukce objektu

Dům má tvar kvádrů se sedlovou střechou. Obvodové stěny jsou tvořeny dvěma vrstvami dutých cihel s izolační vrstvou vaty mezi nimi a po rekonstrukci přidanou vnější tepelnou izolací

z extrudovaného polystyrenu. Střecha je pokryta pálenou taškou Bramac, kdy byla použita izolační vata pod parotěsnou zábranou a po rekonstrukci později přidána polystyrenová izolace ze strany interiéru za vrstvu sádkkartonu. Došlo k malému zmenšení interiéru v 1. patře, avšak za cenu zlepšení izolačních vlastností domu. Podlaha je tvořena vrstvou betonu, pod níž je vrstva polystyrenu uložená na stropní vložce Hurdis, kdy v rámci zateplení ze strany sklepa je plánováno přidání izolace vrstvou polystyrenu a stropní deskou ve sklepě. Sklep je využíván pouze jako skladovací prostor. Návrh taktéž počítá s instalací nových oken, splňující požadavky pro zateplení.[7]

Název	Číslo	plocha	objem	Teplota
Zádveří	101	3,40	10,20	20
Pracovna	102	10,06	30,18	20
Kuchyně+jídlna	103	17,35	52,05	20
Obývací pokoj	104	31,69	95,07	20
Chodba	105	6,60	19,80	20
Hala	106	14,67	44,01	20
Schodiště	107	3,35	10,05	20
Šatna	108	3,36	10,08	20
Tech. místnost	109	1,97	5,91	20
Zádveří	110	3,85	11,55	20

Tabulka 5: 1.patro

Název	Číslo	plocha	objem	Teplota
Schodiště	201	4,01	12,03	20
Hala+chodba	202	13,42	40,26	20
Komora	203	5,15	13,39	20
Prádelna	204	1,79	4,65	20
Koupelna	205	12,31	32,01	24
Pokoj 1	206	18,75	48,75	20
Pokoj 2	207	18,75	48,75	20
Šatna	208	8,07	20,98	20
Ložnice	209	15,65	40,69	20

Tabulka 6: 2.patro

Okrajové podmínky jsou další doplňující údaje o tomto objektu, jako například jeho umístění, výpočtové teploty, nadmořská výška a délka otopného období. Tyto výpočty jsou zohledněny dále při některých dalších výpočtech. Podařilo se mi najít údaje obce Javorník, což je obec sousedící s Velkou nad Veličkou [11]

Okrajové podmínka	-	Javorník
Nadmořská výška	[m]	289m.
Venkovní výpočtová teplota	[°C]	-12
Průměrná venkovní teplota v otopném období	[°C]	3,6
Vnější teplota, kdy je zahájeno vytápění	[°C]	12
Délka otopného období v Javorníku	[dny]	242

Tabulka 7: Okrajové podmínky

9 VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Vnitřní prostředí popisuje důležité faktory při návrhu technického zařízení. Je to taktéž primární ukazatel pro hodnocení tepelně izolačních vlastností stavební konstrukce. Použité hodnoty vycházejí z údajů použitých ve školní aplikaci Teplo jenž byla přístupná během vyučování, nebo z technických listů výrobků.

Součinitel prostupu tepla je závislý na provedení vnějšího pláště budovy. Vevnitř konstrukce by nemělo docházet ke zvýšené kondenzaci vodních par, nebo její množství by mělo být co nejmenší. Při zvýšené kondenzaci vodní páry by mohlo docházet k nechtěnému výskytu plísní v objektu. Pro tento jev je udávána hranice pro maximální množství páry, kdy kondenzát uvnitř konstrukce objektu nesmí překročit hranici $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$..

9.1 Stanovení součinitele prostupu tepla

Pro budovu je nejdříve nutné vyšetřit tepelně izolační vlastnosti. Pro tyto výpočty byl zvolen program Teplo a internetové nástroje.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond. zóna	Hranice kondenzační zóny	Kondenzující množství
číslo	levá [m]	pravá vodní páry [$\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$]

1	0.2600	0.5850	4.247E-0008
---	--------	--------	-------------

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0698 $\text{kg}/(\text{m}^2.\text{rok})$**

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **0.6912 $\text{kg}/(\text{m}^2.\text{rok})$**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 0.0 C .

Dle výpočtů z programu Teplo je viditelné, že množství odpařeného množství vodní páry je větší než množství zkondenzované. Podmínky jsou tedy splněny.

	A[m ²]	U _n	U pasivní požadované	U aktuální	b	H-real	H-rec norm
Obvodová stěna	191	0,3	0,18 až 0,12	0,24	1	45,02	55,83
Okna U 0,7	16,68	1,5	0,80 až 0,60	0,7	1,5	11,67	37,53
Dveře U 0,9	4,8	1,7	0,9	0,9	1,5	4,32	7,2
Podlaha do sklepa	96,3	0,45	0,3	0,3	1	35,53	57,78
Střecha	104,04	0,24	0,18 až 0,10	0,20	1	26,05	24,96
celkem	407,93					125,15	183,31

Tabulka 8: součinitele prostupu tepla před rekonstrukci

	A[m ²]	U _n	U pasivní požadované	U aktuální	b	H-real	H-rec
Obvodová stěna	191	0,3	0,18 až 0,12	0,14	1	26,05	55,83
Okna U 0,7	16,68	1,5	0,80 až 0,60	0,7	1,5	11,67	37,53
Dveře U 0,9	4,8	1,7	0,9	0,9	1,5	4,32	7,2
Podlaha	96,3	0,45	0,3	0,14	1	13,482	57,78
Střecha	104,04	0,24	0,18 až 0,10	0,14	1	14,56	24,96
celkem	407,93					70,10	183,31

Tabulka 9: součinitele prostupu tepla po rekonstrukci

Součinitel prostupu tepla konstrukcí je zjištěn dle programu Teplo nebo volně použitelných nástrojů tzb.info.

Součinitel prostupu tepla pro obvodovou stěnu:

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.805 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.143 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k: 0.16 / 0.19 / 0.24 / 0.34 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Obrázek 9: Součinitel prostupu tepla stěny zaizolované

Součinitel tepla pro podlahu:

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE



Součinitel prostupu tepla konstrukce

$$U = 0.14 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Odpor při prostupu tepla konstrukce

$$R_T = 6.99 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946

Obrázek 10: součinitel tepla podlahy podlahy, zaizolované

Součinitel prostupu tepla pro střechu:

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

Součinitel prostupu tepla konstrukce

$$U = 0.14 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Odpor při prostupu tepla konstrukce

$$R_T = 7.38 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946

Obrázek 11: Součinitel prostupu tepla střechy zaizolované

Zde z vypočítaných hodnot je viditelné, že hodnoty konstrukce splňují požadavky pro pasivní izolaci.

Pro potřeby energetického štítu je nutno vypočítat hodnotu „průměrný součinitel prostupu tepla“.[7]

$$U_{EM,N} = \frac{\sum U_N * (A * b)}{\sum A} + 0,02 = \frac{183}{407} + 0,02 = 0,46$$

$$U_{EM} = \frac{Ht}{A} = \frac{57,91}{407} = 0,17$$

Pro další výpočet použijeme podíl průměrné hodnoty 0,18 W/(m² ·K) a normové hodnoty 0,36 W/(m² ·K), pro výpočet požadovaného součinitele prostupu tepla $U_{EM,RQ} = 0,18/0,42 = 0,42$ W/(m² ·K) a podle tabulky stanovíme odpovídající klasifikační energetickou třídu. $0,3 * 0,36 = 0,11$ W/(m² ·K)

$$0,5 (U_{EM,EQ} + U_{EM,S})$$

$$U_{EM,S} = U_{EM,EQ} + 0,6$$

Tato budova tedy nese označení klasifikační třídy A - mimořádně úsporná. Plášť obvodu budovy plní požadavky normy ČSN EN 73 0540 [21] a za těchto předpokladů můžeme takto navrženou konstrukci považovat za vhodnou k použití pro další výpočty.

Hranice klasifikačních tříd	Veličina	Jednotka	Hodnota
A-B	$0,3 * U_{EM,EQ}$		0,15
B-C	$0,6 * U_{EM,EQ}$		0,3
C1-C2	$0,75 * U_{EM,EQ}$		0,38
C-D	1		0,5

D-E	$0,5 * (U_{EM,EQ} + U_{EM,S})$	0,8
E-F	$U_{EM,S} = U_{EM,EQ} + 0,6$	1,1
F-G	$1,5 * U_{EM,S}$	1,66

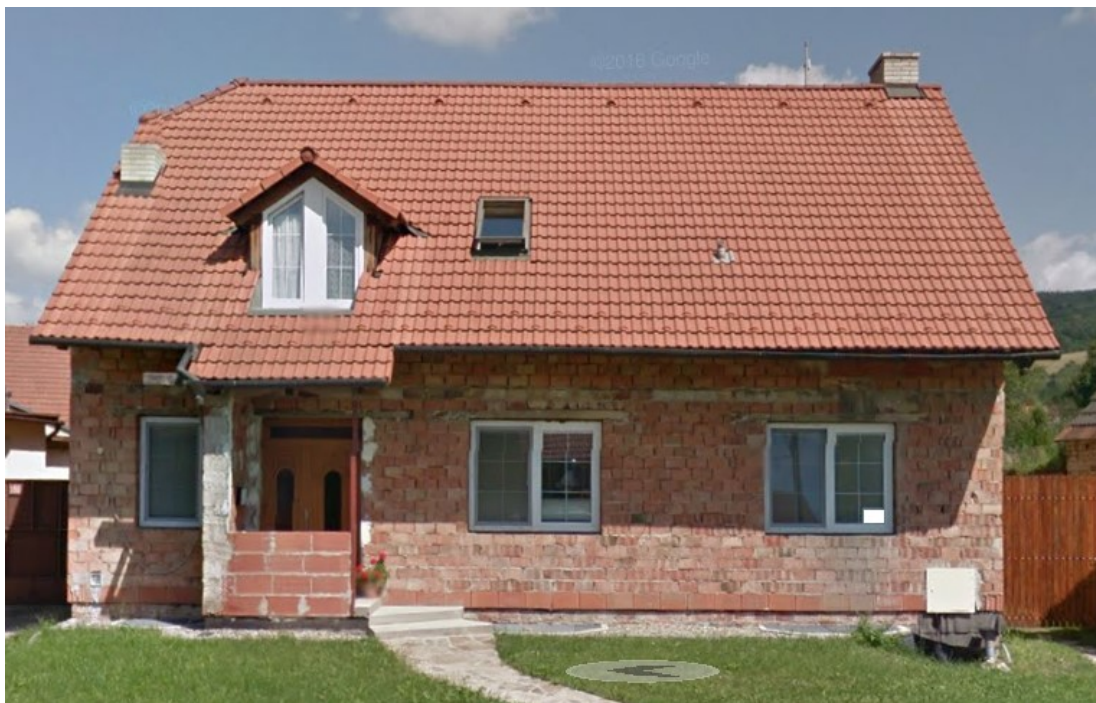
Tabulka 10: Klasifikace tříd

UEM - normované	0,46	
UEM - normované	0,17	
Energetický štítek	A- mimořádně úsporná	$0,3 * 0,36 = 0,11$

Tabulka 11: Energetický štítek

9.2 Výpočet tepelných ztrát objektu

Pro návrh technického zařízení je nutný výpočet ztrát objektu podle normy ČSN EN 12831. Hodnoty pro výpočet stanovujeme s možným ohledem na možné výkyvy povětrnostních a tepelných vlivů. Obvykle počítáme s hodnotou -15 °C . V teplejších oblastech se počítá s teplotou -12 °C . V běžném provozu jsou akumulární vlastnosti domu ustát i krátkodobé výchyly, které mohou být i mimo předpokládané hodnoty. Podle výsledků všech tepelných ztrát volíme úměrně výkonný zdroj tepla, pro účely našeho projektu se bude jednat o tepelné čerpadlo. Objekt je velmi dobře zaizolován.



Obrázek 12: před zateplením



Obrázek 13: po zateplení

9.3 Ztráta prostupem a větráním

Tabulka vypočtené ztráty prostupem a větráním

	číslo	plocha	Ztráta prostupem [kW]	Ztráta větráním [kW]	celková ztráta [kW]
Zádveří	101	3,40	127	61	189
Pracovna	102	10,06	102	206	308
Kuchyně+jídelna	103	17,35	364	79	443
Obývací pokoj	104	31,69	210	82	292
Chodba	105	6,60	75	630	705
Hala	106	14,67	47	287	334
Schodiště	107	3,35	75	287	362
Šatna	108	3,36	48	124	171
Tech místnost	109	1,97	64	240	304
Zádveří	110	3,85	92	87	180
Schodiště	201	4,01	56	61	117
Hala+chodba	202	13,42	117	206	323
Komora	203	5,15	113	79	191
Prádelna	204	1,79	41	27	69
Koupelna	205	12,31	139	630	769
Pokoj 1	206	18,75	242	287	529
Pokoj 2	207	18,75	234	287	521
Šatna	208	8,07	95	124	219
Ložnice	209	15,65	176	240	415
celkem			2418	4025	6442

Tabulka 12: Tepelné ztráty

Celkový požadovaný výkon je tedy 6500W. Jak je vidět, budova je opravdu velmi dobře tepelně zaizolovaná, ale největší ztráty jsou způsobeny požadavky na větrání. Využívat přirozeného větrání by bylo velmi neekonomické, proto bude použito vzduchotechnické jednotky s rekuperací pro snížení tepelných ztrát větráním.

9.4 Tepelné zisky objektu

Při určení počítáme úroveň zisků v letním období. Vlivem působení slunečního záření na plášť dochází ke zvyšování teploty u vnitř objektu. Pro výpočet tepelných zisků byla zvolena aplikace MS Excel s doplňkem ZISKY, splňující normu ČSN 73 0548[35]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Vnější výpočtová maximální teplota	C	32
Vnitřní výpočtová teplota	C	26
Součinitel prostupu tepla vnějších konstrukcí	W/(m ² *K)	0,14
Součinitel prostupu tepla vnitřních konstrukcí	W/(m ² *K)	0,45
Součinitel protupu tepla oken	W/(m ² *K)	0,7
Stínící součinitel	-	0,9
Nadmožská výška objektu	m. n. m.	288

Tabulka 13: parametry pro zhodnocení

Měsíc	Hodina						
	9	10	11	12	13	14	15
1	-494	1472	2633	2896	2529	1596	389
2	2390	4239	5110	5236	4902	4075	2791
3	4427	5954	6650	6677	6477	5685	4641
4	4459	5745	6363	6558	6425	5716	5169
5	4897	5829	6426	6692	6573	5926	5754
6	5177	5855	6427	6677	6590	6031	6028
7	5548	6392	6986	7242	7141	6550	6409
8	6133	7427	8043	8235	8102	7395	6847
9	5910	7407	8136	8234	8087	7349	6448
10	5282	7127	7997	8123	7804	6976	5690
11	2728	4689	5851	6120	5752	4815	3613
12	1079	2646	3982	4324	3970	2955	1960

Tabulka 14: Tepelné zisky

Tedy nejvyšší tepelný zisk je vypočítán na 8235. Do výpočtu se promítá velké množství prosklené části na východní straně objektu, ale zase naopak relativní malá zasklená plocha v západním směru. Klimatizační jednotka bude součástí řízené výměny vzduchu v objektu.

10 SYSTÉM TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Tato kapitola se zabývá návrhem tepelné soustavy, přípravou teplé vody, dimenzováním potřeby teplé vody podle počtu obyvatel domu, návrhem tepelného čerpadla a solárního kolektoru a eventuálně návrhem vzduchotechnického systému.

10.1.1 Návrh tepelné soustavy

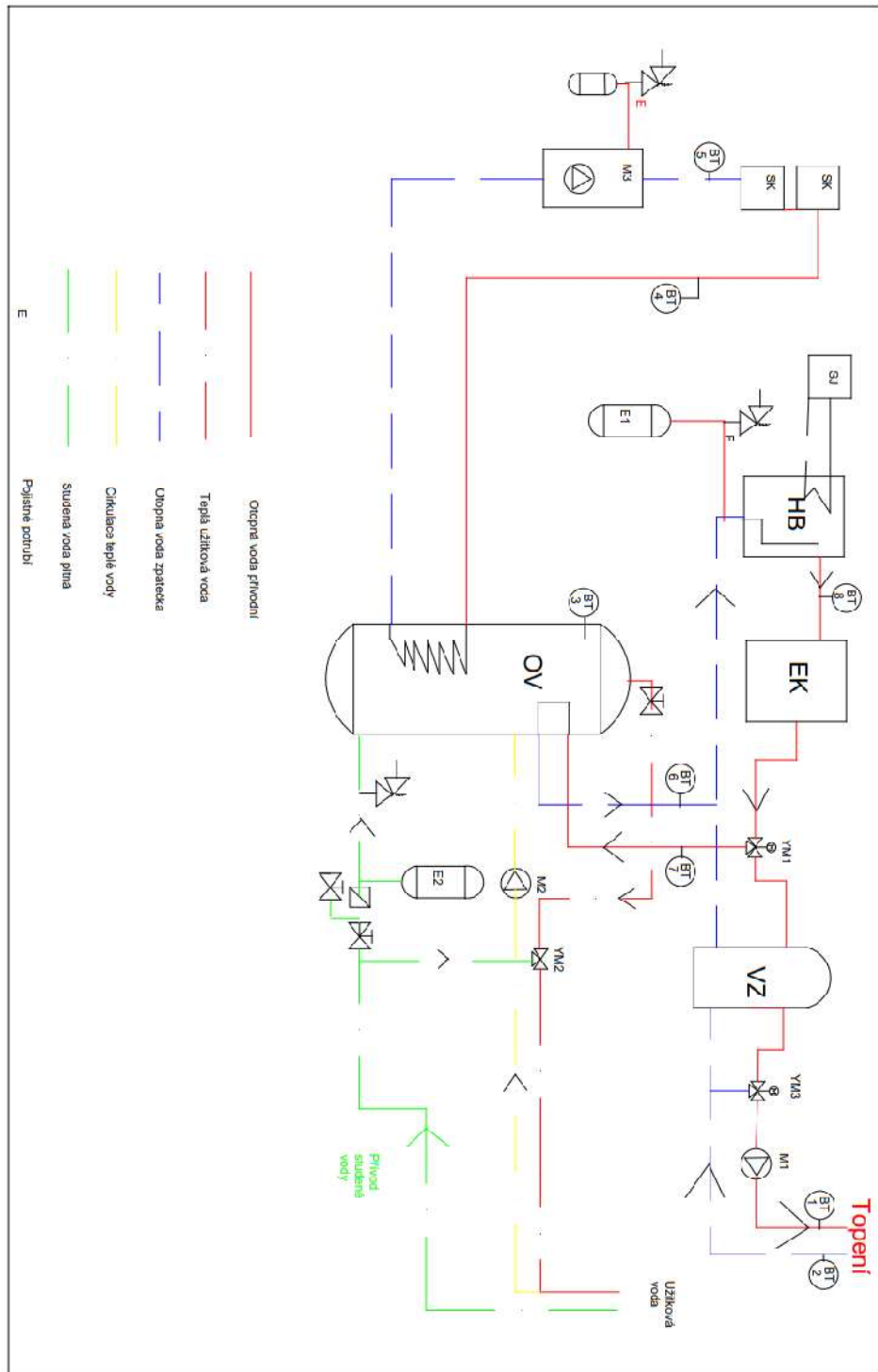
Do tohoto systému řadíme zdroje tepla, tedy tepelné čerpadlo VZDUCH/VODA s externí split jednotkou, kotel, uzavírací a regulační armatury, zásobník vyrovnání topné vody, expanzní nádrže, dále tepelný výměník pro připojení slunečních kolektorů/tepelného čerpadla a oběhová čerpadla. Samotné tepelné čerpadlo se skládá z externí splitové jednotky a hydroboxu. Jeho návrhem se bude zabývat pozdější kapitola. Vnější jednotka bude umístěna na vnější fasádu objektu, pravděpodobně nad plánovanou garáží. Externí jednotka má být propojena s hydroboxem v technické místnosti potrubím o minimální délce 5m. Náplň potrubí má tvořit směs R410A.

Další součástí systému má být expanzní nádoba, oběhové čerpadlo, výměník tepla a potřebné regulační prvky, kdy voda má být rozvedena rozdělovacím ventilem a čerpadlem do již existujícího systému vytápění domu.

Dle výrobce je vyrovnávací zásobník použit také jako zásoba tepla pro odmrazování splitové jednotky, a též odděluje hydraulické okruhy s oběhovými čerpadly, kdy rozděluje okruh tepelného čerpadla a okruh vytápění budovy. Expanzní nádoba slouží k vyrovnání tlakových poměrů v síti zapříčiněním změnou objemu teplonosného media při změně teploty. Tlakový ventil je ochranou proti zničení zařízení při selhání systému nebo extrémního zvýšení tlaku.

Výkon čerpadla je řízen dle hodnot ze snímače na severní straně domu, ve výšce cca 2,5 m na fasádě objektu. Prioritou systému je ohřev teplé vody, voda na vytápění je sekundární. Při požadavku na teplou vodu dojde k přepnutí rozdělovacího ventilu, a čerpadlo by mělo nastavit maximálním výkon do doby splnění požadavku.

Tento návrh pro generování teplé vody je plánován pro napojení na již existující a funkční radiátorovou soustavu. Následující kapitola se zaměřuje na návrh zdrojů tepla, tedy tepelného čerpadla a solárního kolektoru.



Obrázek 14: Návrh soustavy

zkratka	popis
SJ	Velnkovní splitová jednotka
HB	Hydrobox čerpadla Extensa s / 10
EK	Elektro kotel
VZ	Vyrovňovací zásobník
OV	Ohřívač teplé užitkové vody
SK	Solární kolektor
M1-M3	Čerpadlo
YV	Rozdělovací ventil
BT	Teploměr
E	Expanzní nádoba

Tabulka 15: Legenda

10.2 Zabezpečení tepelné soustavy

Kapitola se zabývá pojistnými ventily a expanzní nádrží. Tyto prvky zabezpečují ochranu systému proti náhlému přetlaku, tedy přesáhnutí mezních podtlakových a přetlakových hranic systému. Výpočty vycházejí z normy ČSN 06 0830[28].

Co se týče odfukových ventilů, je požadováno, aby jejich vnitřní průměr odpovídal hodnotě průřezu sedla, kterou počítáme na základě výkonu tepelného zdroje.

$$S_{PV} = \frac{2 * \Phi_P}{\alpha * \sqrt{p_{OT}}} = \frac{2 * 10}{0,444 * \sqrt{300}} = 2,6 \text{ mm}^2$$

S_{PV} – průřez sedla pojistného ventilu v mm²

α – výtokový součinitel pojistného ventilu

p_{OT} – otevírací přetlak pojistného ventilu

Φ_P – výkon požadovaného zdroje tepla v kilowatech

$$d_p = 10 + 0,6 * \sqrt{\Phi_P} = 10 + 0,6 * \sqrt{10} = 11,89mm$$

d_p – průměr pojistného ventilu

Expanzní zařízení pro stejný okruh jako pojistný ventil.

$$V_{EN} = \frac{1,3 * V_S * \Delta v}{\eta}$$

V_{EN} – objem nádrže expanzního zařízení [l]

η – stupeň využití nádrže expanzního zařízení

V_S = množství vody v soustavě [l]

Δv – měrné zvětšení objemu [$\frac{l}{kW}$]

$$V_S = v * \Phi_P = 11 * 10 = 110l$$

V_S = množství vody v soustavě

Φ_P = požadovaný výkon zdroje tepla [kW]

v – směrná hodnota teplotosné látky = 11 [$\frac{l}{kW}$] pro desková otopná tělesa do 10kW

Měrné zvětšení objemu

$$\Delta\theta = \theta_{max} - 10 = 50 - 10 = 40$$

$\Delta\theta$ – rozdíl teplot otopné soustavy

θ_{max} – max teplota v otopné soustavě

Stupeň využití expanzní nádrže

$$\eta = \frac{p_{H,DOV,ABS} - p_{D,DOV,ABS}}{p_{H,DOV,ABS}}$$

$$p_{H,DOV,ABS} = 1,1 * h * g * \delta - 10^{-3} = 1,1 * 12 * 1000 * 9,81 * 10^{-3} = 130kPa$$

$$p_{D,DOV,ABS} = 300kPa$$

$$\eta = \frac{(300 + 100) - (130 + 100)}{300 + 100} = 0,42$$

η – stupeň využití nádrže expanzního zařízení

$p_{D,DOV,ABS}$ – koncový přetlak [kPa]

$p_{H,DOV,ABS}$ – počáteční přetlak

$$V_{EN} = \frac{1,3 * 110 * 0,0117}{0,42} = 3,98l$$

0,0117 – hodnota zvětšení objemu teplé vody o 40C

Hydraulický modul zvoleného čerpadla tepelného čerpadla ALFEA EXTENSA 10 obsahuje expanzní nádrž o objemu 8 litrů, což dvojnásobná potřeba oproti žádané hodnotě.

10.3 Návrh pro přípravu teplé vody

Pro návržení se uvažuje objekt obývaný 4členou rodinou. Podle normy ČSN 06 0320 je spotřeba 4,3 kWh na jednu osobu obývající objekt. Celková potřeba tepla na ohřev vody pro domácnost se stanoví z rovnice :

$$Q_{TP} = n * 4,3 = 4 * 4,3 = 17,2kWh$$

Do výpočtu je dále nutno počítat tepelné ztráty pro ohřev a distribuci teplé vody v objektu podle rovnice:

$$Q_{ZT} = Q_{TP} * 0,5 = 0,5 * 17,2 = 8,6kWh$$

Teplo dodané ohřívačem v průběhu periody ohřívání dle rovnice:

$$Q_P = Q_{ZT} + Q_{TP} = 17,2 + 8,6 = 25,5kWh$$

Průběh dne je rozdělen na několik časových úseků, kdy předpokládáme zvýšený odběr teplé vody v některých časových oknech(jako například 17-20hod), kdy se dá předpokládat zvýšený odběr teplé vody. Odběr teplé vody však není konstantní a je závislý na potřebách obyvatel domu.

Pomocí návrhu byl poté určen nejvyšší rozdíl odebíraného tepla, kdy po dosažení maximálního rozdílu odebíraného tepla lze navrhnout minimální velikost pro zásobník teplé vody:

$$\Delta Q_{MAX} = 5,5kWh$$

$$V_z = \frac{\Delta Q_{MAX}}{cp * \Delta\theta} = \frac{5,5}{1,163 * (50 - 10)} = 0,118$$

Vypočtený teoreticky zásobník vody měl mít 118 l, ale vzhledem k použití solárního ohřevu je doporučovaná hodnota objemu ohříváče alespoň 300 l, tedy návrh je řízen dle dimenzování solárního ohřevu, kde pravděpodobně bude zvolen 300 l zásobník. Tepelný výkon ohříváče teplé vody pro 4člennou rodinu vychází z předpokladu sprchovací doby 3hod, a doporučený výkon ohřevu je tedy 8,5kW.

$$\Phi = \frac{Q_p}{t_p} = \frac{25,5}{3} = 8,5kW$$

10.4 Návrh tepelného čerpadla

Při výběru tepelného čerpadla vycházíme z výpočtů tepelné náročnosti objektu, kdy výkon by měl být zvolen tak, aby pokryl tepelné ztráty objektu, kdy po domluvě s majitelem objektu bylo přání zvolit výkonnější tepelné čerpadlo.

Výpočty vycházejí z hodnot uvedených v technických specifikacích zařízení.

Parametry	Hodnoty
Topný výkon	10kW
Příkon	2,49
Objem Chladiva RA410A	1400
Objem Expanzní nádr- že	8
Pracovní rozsah [°C]	-20/35

Tabulka 16: Tepelné čerpadlo

$$COP = \frac{Q_{ab}}{P} = \frac{10000}{2,49} = 4,01$$

Hodnota návrhu je předdimenzovaná vůči tepelným ztrátám objektu. Hodnota COP je rovna 4,01 – tedy čerpadlo dokáže vyprodávat 4krát více tepla než kolik energie potřebuje na svůj provoz. Topný faktor udává účinnost tohoto čerpadla. Jedná se o čerpadlo ALFEA EXTENSA S – princip Vzduch/Voda. Toto čerpadlo se skládá z hydroboxu a venkovní splitové jednotky. [37]

Tepelné čerpadlo ALFEA Extensa S

- Invertorová venkovní jednotka – skládá se z výparníku, ventilátoru s řízenými otáčkami, kompresoru s plynulým řízením výkonu a expanzního ventilu. Chladivo je R410A- ekologicky nezávadná látka. O regulaci potřebného tepelného výkonu se stará kompresor. Hliníkové lamely výparníku jsou profilované pro co největší efektivní teplosměnnou plochu.
- Vnitřní hydraulická jednotka – skládá se z akumulčního nerezového zásobníku s výměníkem, řídicího systému tepelného čerpadla s regulací topného okruhu. Akumulační nádoba má obsah 16 l.

Čerpadlo považujeme za zdroj tepla, jenž je vhodný pro použití v pasivních domech, kdy je přístroj označen třídou spotřeby energie A.

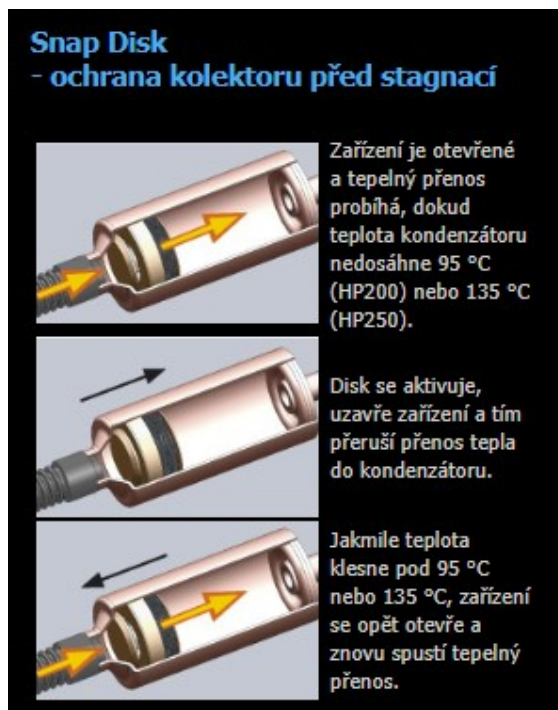
10.5 Návrh solárního systému

Solární kolektor byl zvolen pro tuto otopnou soustavu jako pomocný zdroj ohřevu teplé vody. Při stanovení účinnosti počítáme rozdíl mezi kolektorem a okolím obvykle při teplotě 25 °C a rozdíl 30°C. Pro tento výpočet se bere intenzita slunečního záření letního slunečného dne, kdy je tato intenzita považována $E=800\text{W/m}^2$. Výpočet účinnosti solárního kolektoru:

$$\eta = 0,76 - \frac{1,36 * 30 + 0,007 * 30^2}{800} = 0,70 = 70\%$$

Pro tento systém byl zvolen trubcový solární kolektor ThermomaxHP250 pracující na principu tepelné trubice – „heat pipe“, kdy v tepelné trubici probíhá cirkulace nosného media, které se

vlivem slunečního záření odpařuje, a prostřednictvím kondenzátoru je teplo předáváno. Dle výrobce má systém velkou odolnost proti stagnaci, kdy dokáže oddělovat jednotlivé okruhy a omezuje teplotu na jednotlivých trubicích. Tuto technologii nazývá výrobce „Snap Disc“



Obrázek 15: Ochrana kolektoru před stagnací [40]

Pro výpočet byly využity hodnoty z technického listu výrobku, kde jsou taktéž zmíněny i instalační postupy.

Nyní je potřeba spočítat roční spotřebu energie, jež potřebujeme k ohřevu, a podle této hodnoty se dále určuje velikost kolektoru. Roční spotřeba energie předpokládá spotřebu 45 litrů na osobu na den, což v přepočtu odpovídá 1,85 kWh na den.

$$Q_{TV} = 365 * 1,58 * 4 = 2701 kWh$$

Počítáme s 30° sklonem, kdy solární zisk je pro tuto hodnotu roven 1,1 a roční solární radiace uvažujeme 1kWh/m².

$$A_{KOL} \approx \frac{0,6}{0,3} * \frac{2701}{1000 * 1.1} = 4,91 m^2$$

Dle výpočtu tedy potřebujeme 4,91 m² na pokrytí spotřeby vody. Použijeme tedy 2 kolektory, každý o celkové ploše 2,8 m².

Následující výpočty vycházejí z volně přístupné na serveru tzb.info dle normy TNI 73 0302

PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	
Počet jednotek (osob, míst, lůžek, sprch ap.)	4 jednotek ???
Měrná spotřeba teplé vody na jednotku	45 l/jedn.den ???
Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}$	180 l/den ???
Snížená spotřeba tepla v letních měsících	<input type="radio"/> Ano ??? <input checked="" type="radio"/> Ne
Teplota studené vody t_{SV} (5 až 18 °C)	10 °C ???
Teplota teplé vody t_{TV} (19 až 95 °C)	50 °C ???
Přírážka na tepelné ztráty při přípravě teplé vody z	Centrální zásobníkový ohřev s řízenou cirkulací ▼ ???

Obrázek 16: Příprava teplé vody [36]

Předpokládá se centrální zásobníkový ohřev pro teplou vodu s cirkulací na 180 litů na den. Následující parametry solárního kolektoru zadáme do výpočtového nástroje, a získáme tak křivku účinnosti, jež se vztahuje k ploše aparatury.

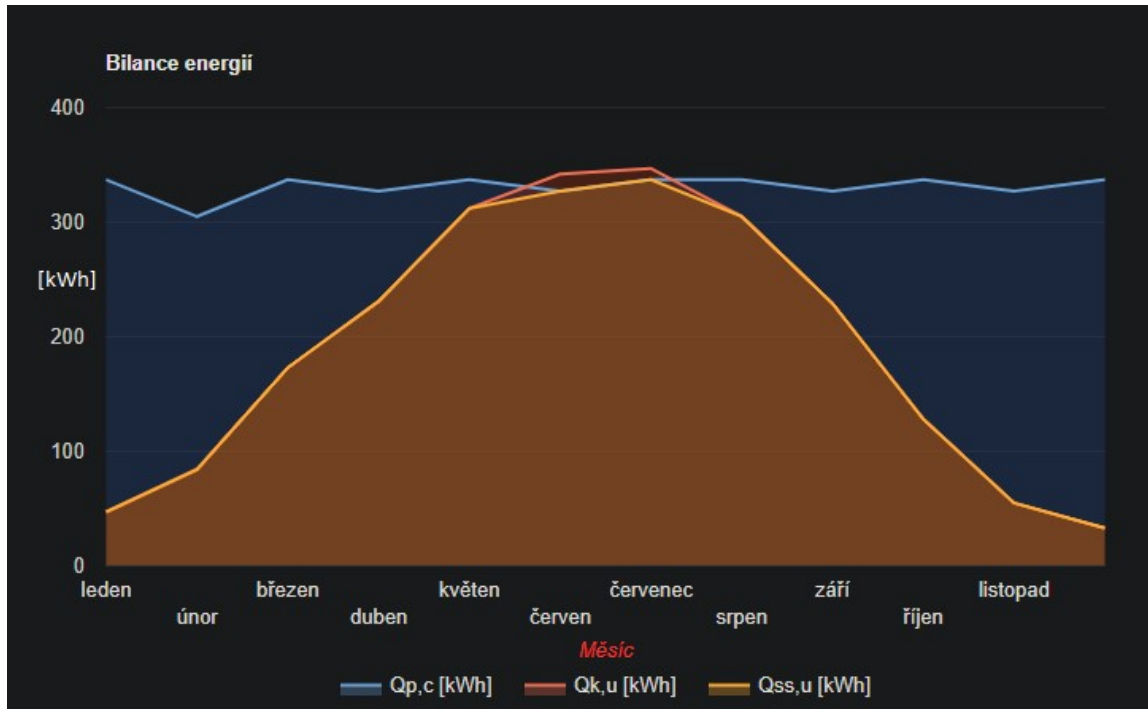
PARAMETRY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ - KŘIVKA ÚČINNOSTI JE VZTAŽENA K PLOŠE APERTURY	
Optická účinnost η_0 (0 až 1)	0.76 ???
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru α_1	1.36 W/m ² .K ???
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru α_2	0.0076 W/m ² .K ² ???
Počet kolektorů	2 ks ???
Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1}	2.16 m ² ???
Celková plocha apertury kolektorů	4.3 m ²
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	50 °C - Příprava teplé vody, pokrytí < 70 % ▼ ???
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát p	Příprava teplé vody, do 10 m2 ▼ ???
Sklon kolektoru β	30 ° ???
Azimut kolektoru γ (jih = 0°)	30 ° ???

Obrázek 17: Parametry solárního kolektoru [36]

Leden	31	337	47
Únor	28	305	84
Březen	31	337	173
Duben	30	327	231
Květen	31	337	312
Červen	30	327	327
Červenec	31	337	337
Srpen	31	337	305
Září	30	327	229
Říjen	31	337	128
Listopad	30	327	55
Prosinec	31	337	33
Celkem		3972	2261

Tabulka 17: Parametry solárního kolektoru [36]

Dle hodnot z tabulky vidíme, že zvláště v zimních měsících není solární kolektor schopen dodávat dostatečné množství teplé vody, kdy solární systém navržený pro tento systém dokáže pokrýt 56% potřeby tepla na přípravu teplé vody. Zbylou potřebu ohřevu teplé vody zajistí tepelné čerpadlo. Znázornění bilance energií je možné vidět v grafu níže, kdy výkon solárního systému je znázorněn hnědou částí, a modrou je požadovaný výkon na teplou vodu.



Obrázek 18: Bilance výkonu solárního kolektoru [36]

10.6 Návrh systému vzduchotechniky

Pro požadovanou výměnu vzduchu v objektu je nutno navrhnout vzduchotechnický systém. Celkový objem objektu je $V=524\text{m}^3$. Potřebné množství vzduchu v objektu a následná intenzita větrání se počítá dle :

$$V_C = V_O = n * V = 0,5 * 524 = 262 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Dle předpisu hygieny je tedy potřeba přivést do objektu 262 m^3 čerstvého vzduchu. Taktéž je potřeba neopominout, že v místnostech, kde se zdržují lidé, je minimum pro výměnu 20 m^3 na osobu, z důvodu předcházení hromadění CO_2 . Pro obývací pokoj, kuchyni a jídelnu se předpokládá pohyb minimálně 4 osob najednou, u ložnice 2 osob.

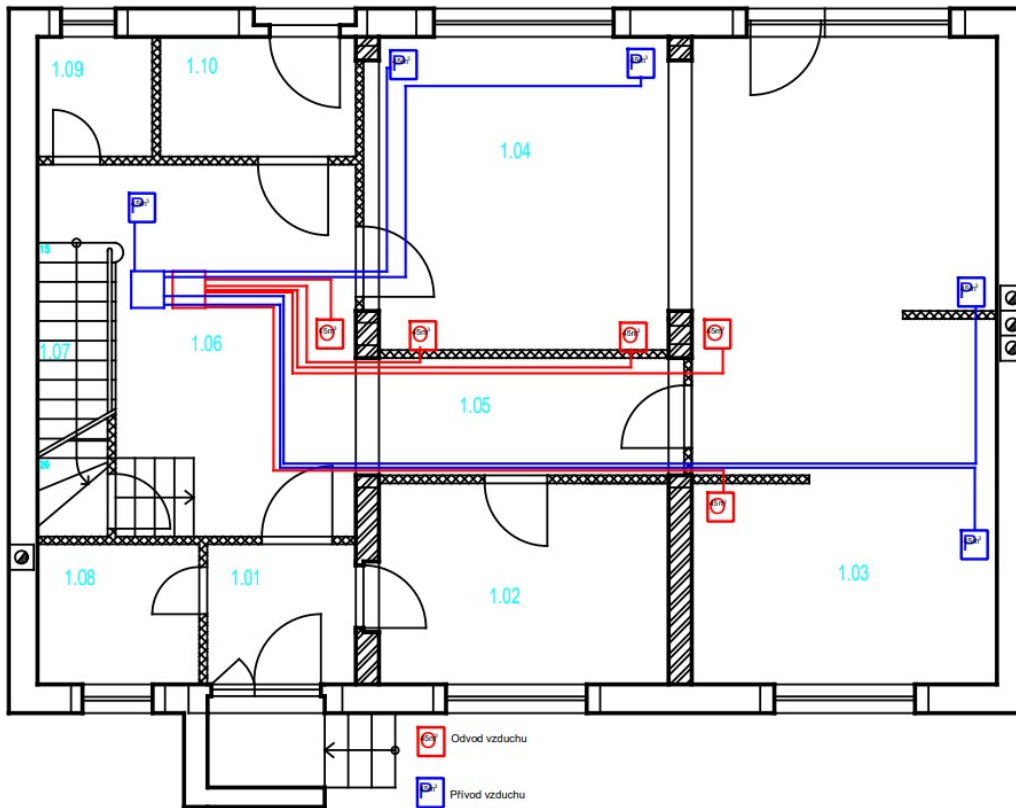
Zvolená jednotka je ALFA 4V duplex s maximálním výkonem $550\text{m}^3/\text{h}$. [43]

	číslo	Plocha	objem	V [m ³]	Průměr výdechů	počet výdechů	Max přívod [m ³ /h]	Odvod [m ³ /h]
Kuchyně a jídelna	103	17,4	45,1	22,6	125	2	85	85
Obývací pokoj	104	31,7	82,4	41,2	125	2	85	85
Hala	106	14,7	38,1	19,1	125	1	45	45
Schodiště	201	4,0	10,4	5,2	125	1	45	45
Koupelna	205	12,3	32,0	48,0	125	2	85	85
Pokoj 1	206	18,8	48,8	24,4	125	1	45	45
Pokoj 2	207	18,8	48,8	24,4	125	1	45	45
Ložnice	209	15,7	40,7	20,3	125	1	45	45

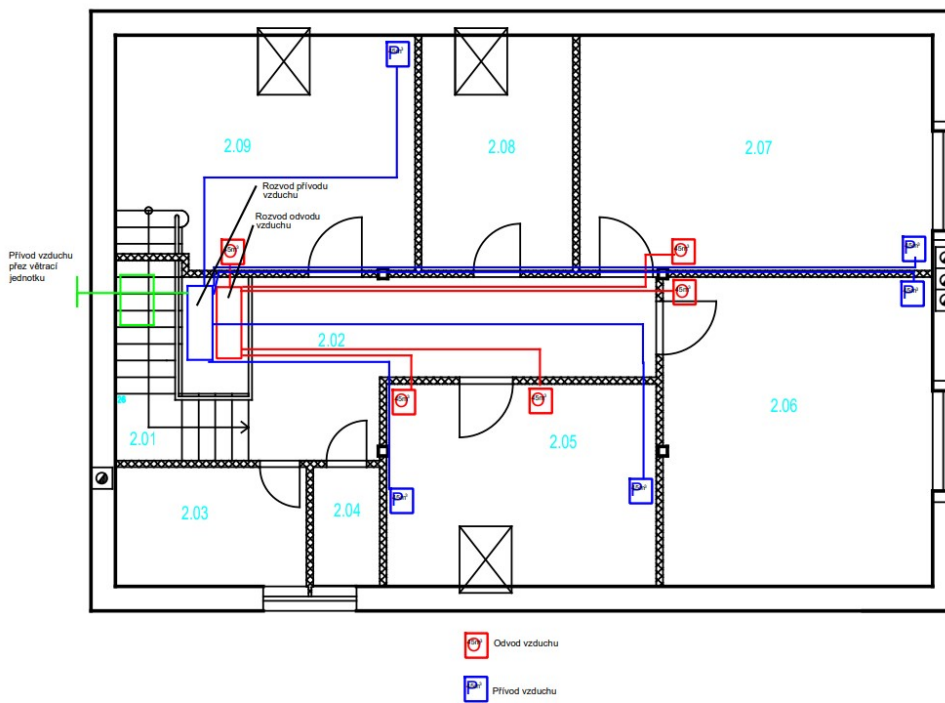
Tabulka 18: Odvětrávání

Distribovaný vzduch je vzduchotechnickým zařízením veden přes rozdělovací boxy, kdy rekuperujeme odváděný vzduch ve větrací jednotce, tedy je používán k ohřívání vzduchu přiváděného. Rozměr potrubí je zvolena 125 mm pro průtok 45 m³ a 160 mm pro průtok 110 m³. Box bude umístěn v podkroví, odkud budou rozvedeny jednotlivé distribuční trasy do podhledu stropu (stupačkou do přízemí).

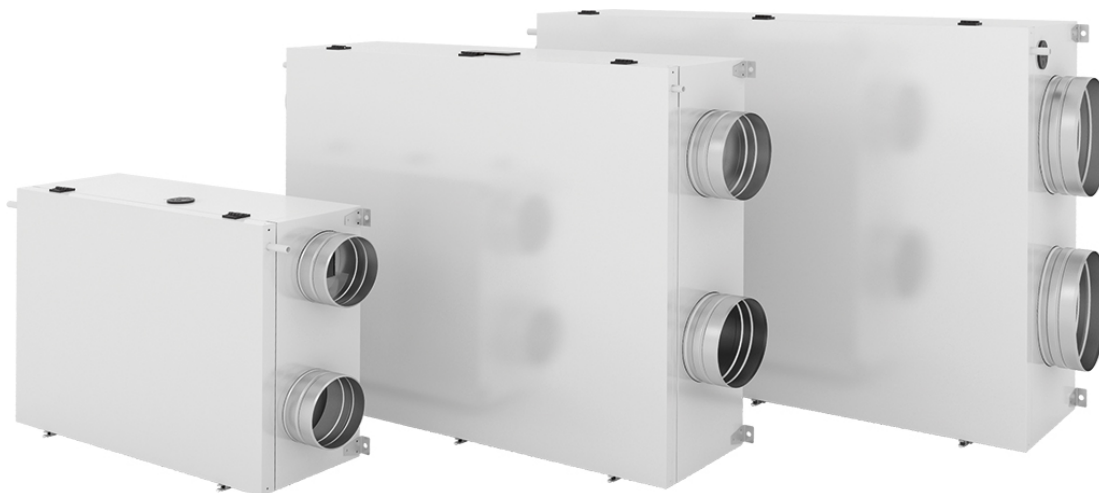
Větrací jednotka s rekuperací tepla – pro větrání je navrhnut systém DUPLEX EC5 s maximálním výkonem 400 m³. Jeho rekuperační vlastnosti jsou udávány 93%. Systém má vlastní systém měření a regulace s možností ovládání, například vlastních zónových klapek. Samotná skříň je provedena s minerální izolací (technologická zpráva udává $U=0,81\text{Wm}^2\text{K}$) s potlačováním tepelných mostů, má vestavěný protiproudý rekuperační výměník, dva ventilátory, filtry na přívodu. Energetická třída zařízení je A+. [43]



Obrázek 19: VZT přízemí



Obrázek 20: VZT patro



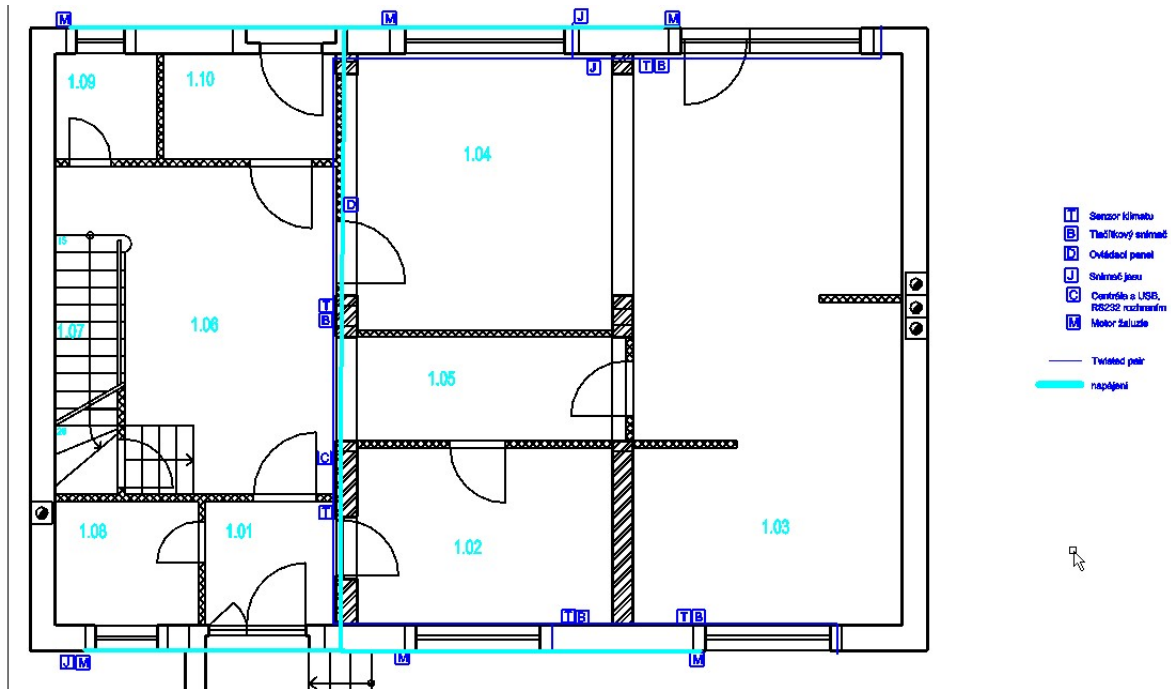
Obrázek 21: Duplex EC5

Označení	Typ	Zařízení	Popis
BT1	AI	Teploměr	Topení teplá voda
BT2	AI	Teploměr	Teplota vratka
BT3	AI	Teploměr	Teplota ohřivač
BT4	AI	Teploměr	Teplota solár
OV	AO	Teploměr	Solární oběh regulace
BT5	AI	Teploměr	teplota solár přívod
BT6	AI	Teploměr	Teplota studené vody
BT7	AI	Teploměr	Teplota vody kotle
BT8	AI	Teploměr	Teplota vody z tepelného čerpadla
M1	DO	motor	Motor oběhového čerpadla, regulace
M1	DI	motor	Motor oběhového čerpadla - měření
M3	DI	motor	Motor solární okruh - regulace
M3	DO	motor	Motor solární okruh - měření
HB.M	DI	motor	motor tepelného čerpadla - měření
HB.M	DO	motor	motor tepelného čerpadla - regulace
YM1	AO/DI	ventil	Ventil směšovače otopné vody s pohonem REG
YM2	AO/DI	ventil	ventil směšovače teplé vody s pohonem regulace
YM3	AO/DI	ventil	ventil směšovače otopné vody s pohonem měření
EK	AI	elektrokotel	řízení
EK	DI	elektrokotel	monitorování
SJ	DI	Hydrobox	měření
SJ	DO	Hydrobox	regulace

Tabulka 19: Seznam vstupů a výstupů pro měření a regulaci otopné soustavy

11.2 Ovládání žaluzií

Pro zvýšení komfortu přízemí - obývacího pokoje, kuchyně a pracovny, bylo zvoleno osazení oken žaluziemi. Ovládání napájení má být řešeno samostatným okruhem 230V, samozřejmě jištěno samostatným jističem. U každého okna bude osazen spínač, jenž bude umožňovat ruční ovládání.

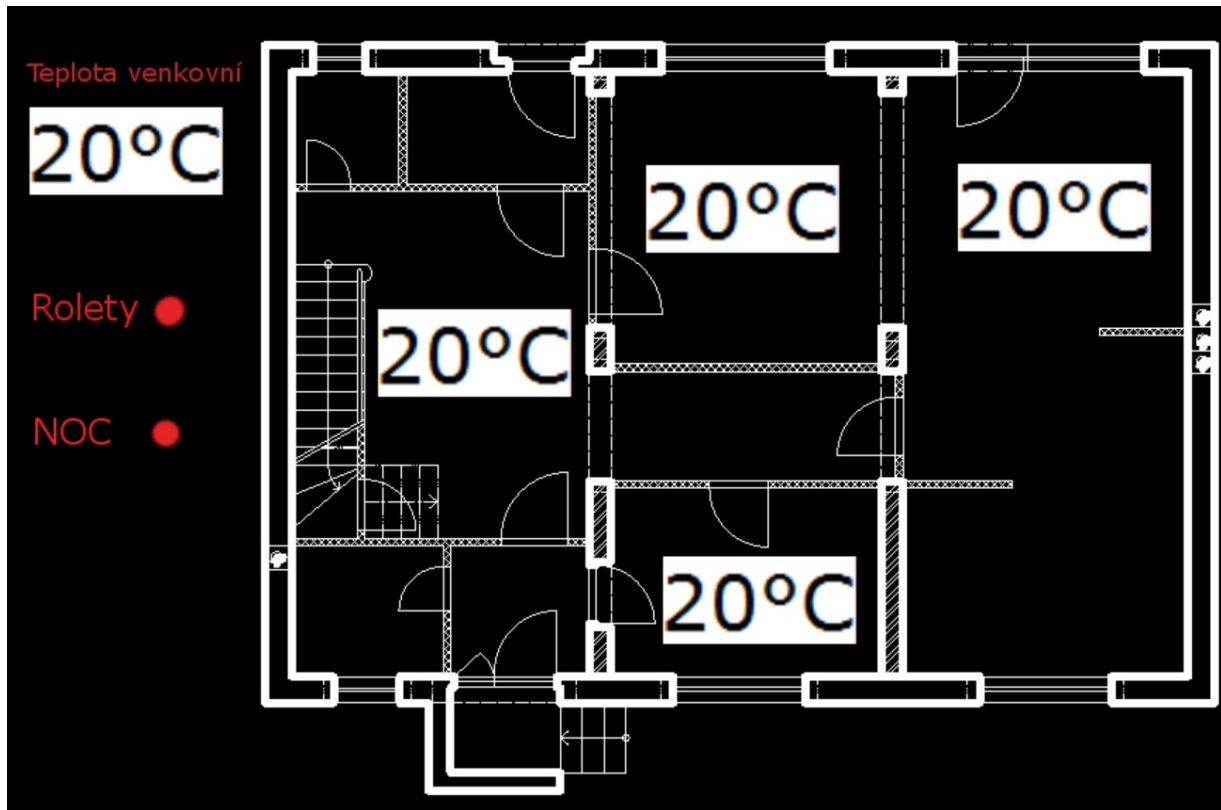


Obrázek 23: Prvky KNX

11.3 Vizualizace SCADA

Díky systému KNX jsou hlavní prvky systému řízeny centrálně, dotykovým panelem umístěným o obývacím pokoji. Vizualizace zobrazuje nejdůležitější informace o prostoru v objektu. Systémy SCADA je taktéž možné při návrhu dimenzovat pro použití na PC nebo smartphonu.

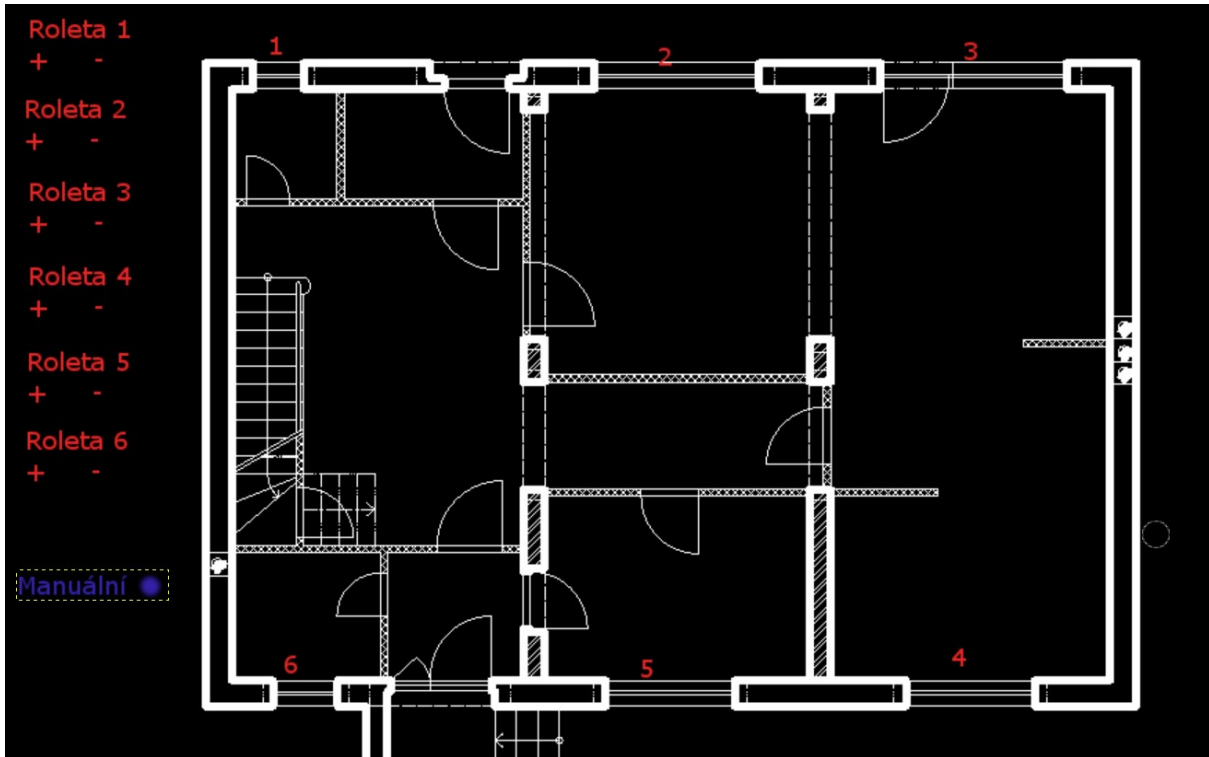
Hlavní panel je určen pro celkový přehled obecných informací. Vnější teplotě, nastavení noc/den. Pro systém je možné vytvořit grafický návrh který je možné osadit prvky jednotlivých přístrojů které jsou do systému na sběrnici zapojeny. Grafický návrh zobrazení slouží převážně k zobrazování hodnot teploty v místnostech objektu.



Obrázek 24: návrh vizualizace

Ovládání žaluzií, může být nastaveno na automatický nebo manuální režim. V automatickém režimu jsou nastavovány dle snímačů jasu umístěných vně objektu. Manuálně lze ovládat každé okno

samostatně.



Obrázek 25: návrh vizualizace

ZÁVĚR

Cílem vypracované diplomové práce byl návrh a zhodnocení rodinného domu, s alespoň pasivními vlastnostmi. V návrhu bylo využito tepelného čerpadla a solárního kolektoru pro výrobu teplé vody. Dům po zaizolování splňuje podmínky pro pasivní budovy. Cílem práce bylo aplikovat teorii navrhování tepelně úsporných domů na konkrétní objekt rodinného domu. Bylo provedeno zhodnocení objektu a výpočty určeny tepelné ztráty. Následně byla navržena otopná soustava za použití tepelného čerpadla a ohřev teplé vody za použití solárních kolektorů.

Dle posledních trendů se dá říct, že kvalitní zateplení domů je v dnešní době považováno za samozřejmost, ale dimenzování pasivních nebo až nulových domů se zdá být spíše volbou ekologickou, než volbou ekonomickou. Svědčí o tom i rozšíření dotací zvyšujících energetickou efektivitu objektů. Dotace na zateplení, kotlíkové dotace a podobné, jsou stále znamením, že požadavky na efektivní hospodaření s energií jsou stále finančně náročné, popřípadě nedostatečně ekonomicky efektivní. To však nijak nesnižuje přínos trendu energeticky efektivních budov do budoucnosti, kdy předpokládáme rozvoj a zefektivnění technologií. To jistě povede k jednodušší a ekonomičtější aplikaci energeticky zefektivňujících opatření. Jistě tedy můžeme očekávat stupňující se požadavky na provedení nově postavených budov, ať už z hlediska tepelného, tak například na spotřebu elektrické energie, nebo i odpadní vody.

Při práci bylo použito volně přístupného webového prostředí tzb.info, který byl velmi prospěšný při vypracování tepelné technických parametrů objektu.

Diplomová práce byla dobrou zkušeností pro aplikaci znalostí nabytých během studia.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DANIELS, Klaus. Technika budov: příručka pro architekty a projektanty. Bratislava: Jaga group, 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 c. ISSN 1549-2370.
- [3] Větrání a klimatizace 3, zcela přeprac. Vyd.Brno: BOLIT:B Press 1993 ISBN 80-9115740-8
- [4] RECKNAGEL HRSG. VON ERNST-RUDOLF SCHRAMEK. Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik: einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik ; [07/08]. 73. Aufl. München [u.a.]: Oldenbourg-Industrieverl, 2007. ISBN 3835631047.
- [5] VALENTA V. a kol.: TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
- [6] LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9
- [7] ČSN 73 0540 – 1. Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [8] KRČEČEK, Stanislav. Příručka zabezpečovací techniky. Vyd. 2. [S.l.: s.n.], 2003. ISBN 80-902938-2-4.
- [9] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [10] CIHELKA J. a kol. Vytápění, větrání a klimatizace. SNTL Praha, 1985.
- [11] Energetická náročnost budov. Tzb-info [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>
- [13] 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: Český normalizační institut, 2011.
- [15] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [16] LUZAR, Petr. Návrh nízkoenergetického inteligentního rodinného domu. Zlín, 2014. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Martin Zálešák, CSc.
- [17] <https://www.dega.cz/upload/pel-npk-e-nejvyssi-pripustne-koncentrace-toxicky-latek.pdf>

- [18] Tepelný odpor R. Stavba.tzb-info [online]. TZB [cit. 2019-05- 02]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [19] Součinitel prostupu tepla. Http://stavba.tzb-info.cz [online]. TZB, 2011 [cit. 2019-05- 02]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [20] Tabulka parametrů;. . Http://stavba.tzb-info.cz [online]. TZB, 2011 , 2011 [cit. 2019-02- 26] <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [21] ČSN 73 0540 – 1. Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [22] ČSN 73 0540 – 2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [23] ČSN 73 0540 – 3. Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [24] Jak je to vlastně s topným faktorem (I). Tzb-info [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-05-02] Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/2432-jak-je-to-vlastne-stopnym-faktorem-i>
- [25] Kotle – 1. část. Tzb-info [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/8382-kotle-1-cast>
- [26] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Tzb - info [online]. Praha, 2008 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.tzbinfo.cz/pravni-predpisy/narizeni-vlady-c-361-2007-sb-kterym-se-stanovi-podminkyochrany-zdravi-pri-praci>
- [27] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2006.
- [28] ČSN 06 0830. Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení. Praha: Český normalizační institut, 2014
- [29] Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. Tzb-info [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitriprostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>

- [30] ČSN EN 1264-1. Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy – Část 1: Definice a značky. Praha: Český normalizační institut, 2012.
- [31] ČSN EN 1264-2+A1. Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy – Část 2: Podlahové vytápění: Průkazné postupy pro stanovení tepelného výkonu výpočtovými a experimentálními metodami. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [32] ČSN EN 1264-3. Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy – Část 3: Dimenzování. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [33] ČSN EN 1264-4. Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy – Část 4: Instalace. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [34] ČSN EN 1264-5. Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy - Část 5: Otopné a chladicí plochy zabudované v podlahách, stropích a stěnách - Stanovení tepelného výkonu. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [35] ČSN 73 0548. Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1985.
- [36] Zjednodušená bilance solárního kolektoru. Tzb-info [online]. Praha, 2017 [cit. 2019- 03-09]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>
- [37] Duplex ec5 [online]. ČR: atrea, 2016 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.atrea.cz/img/obytno/duplex_ec5_cz/duplex_ec5_cz_2016_04.pdf
- [38] Balajová Andrea. Integrovaný systém v budově - Inteligentní rodinný dům s téměř nulovou spotřebou energie a s využitím obnovitelných zdrojů, 2017. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Martin Zálešák, CSc
- [39] Klimatologie [online]. ČR, 2016 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/EF13_3105_STU-E_Klimatologie.pdf
- [40] HEAT PIPE COLECTOR [online]. ČR: VARISOL, 2016 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://www.varisol.cz/cz/heat-pipe-kolektor-hp200-250>
- [41] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [42] MATUŠKA, Tomáš. Solární zařízení v příkladech. Praha: Grada, 2013. Stavitel. ISBN 978-80-247-3525-2.

- [43] ALFEA 4V [online]. ČR: ALFEA, 2016 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: https://www.alfa.cz/download/navody/parametry_alfa.pdf[43] ALFEA 4V [online]. ČR:
- [44] .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.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AC/DC	Alternating Current - Direct Current střídavý proud/stejnoseměrná proud
AC	Air Condition
AI/AO	Analog Input/Analog Output
BUS	Sběrnice
DI/DO	Digital Input/Digital Output
IP	Protokol ethernet
LED	Light-Emitting Diode
NED	Nízkoenergetický dům
NPK	Nejvyšší přípustná koncentrace chemických látek v ovzduší
MaR	Měření a regulace
PEL	Přípustný expoziční limit
PL	Power Line
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage of Disappointed
PPM	Particles per milion
RF	Radiofrequenc
TUV	Teplá užitková voda
TP	Twisted pair
TV	Teplá voda
VZT	Vzduchotechnika

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Oblasti tepelné pohody [16]	17
Obrázek 2: Index PPD s promítnutím PMV [15]	21
Obrázek 3: Přípustné expoziční limity [17]	22
Obrázek 4: Normované součinitele tepla [20]	26
Obrázek 5: Průkaz energetické náročnosti budovy [18]	36
Obrázek 6: Energetický štítek budovy [18]	37
Obrázek 7: Půdorys 1. patra	53
Obrázek 8 Půdorys, 2 patro	54
Obrázek 9: Součinitel prostupu tepla stěny zaizolované	59
Obrázek 10: součinitel tepla podlahy podlahy zaizolované	59
Obrázek 11: Součinitel prostupu tepla střechy zaizolované	59
Obrázek 12: před zateplením	62
Obrázek 13: po zateplení	62
Obrázek 14: Návrh soustavy	67
Obrázek 15: Ochrana kolektoru před stagnací [40]	73
Obrázek 16: Příprava teplé vody [36]	74
Obrázek 17: Parametry solárního kolektoru [36]	74
Obrázek 18: Bilance výkonu solárního kolektoru [36]	76
Obrázek 19: VZT přízemí	78
Obrázek 20: VZT patro	78
Obrázek 21: Duplex EC5	79
Obrázek 22: Návrh soustavy	80
Obrázek 23: Prvky KNX	82
Obrázek 24: návrh vizualizace	83
Obrázek 25: návrh vizualizace	84

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Modifikator oblečení R_{clo}	18
Tabulka 2: Součinitel rychlosti proudění	19
Tabulka 3: PMV Index.....	20
Tabulka 4: Kategorie energetické náročnosti objektu	35
Tabulka 5: 1.patro	55
Tabulka 6: 2.patro	56
Tabulka 7: Okrajové podmínky	56
Tabulka 8: součinitele prostupu tepla před rekonstrukci	58
Tabulka 9: součinitele prostupu tepla po rekonstrukci	58
Tabulka 10: Klasifikace tříd	61
Tabulka 11: Energetický štítek	61
Tabulka 12: Tepelné ztráty.....	63
Tabulka 13: parametry pro zhodnocení.....	64
Tabulka 14: Tepelné zisky	65
Tabulka 15: Tepelné čerpadlo	71
Tabulka 16: Parametry solárního kolektoru	75
Tabulka 17: Odvětrávání.....	77
Tabulka 18: Seznam vstupů a výstupů pro měření a regulaci otopné soustavy	81

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY