

Integrovaný systém v budově před rekonstrukcí – Inteligentní rodinný dům s využitím obnovitelných zdrojů energie

Bc. Mikuláš Koprda

Diplomová práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Mikuláš Koprda**

Osobní číslo: **A15213**

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**

Téma anglicky: **An Integrated System for a Family Residence Prior to Reconstruction – An Intelligent Family Residence with the Utilisation of Renewable Energy Resources**

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 možností využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
3. Pro konkrétní budovu 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.
6. Součástí řešení bude elektroinstalace a navržen a integrován systém PZTS.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. RECKNAGEL SPRENGER SCHRAMEK Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. OldenbourgVerlag GmbH, München, 2003. ISBN 3-83563104-7
2. VALENTA, V. a kol.: TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
3. Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.
4. KŘEČEK, S. a kol.: Příručka zabezpečovací techniky. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4
5. MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: Automatizované systémy budov. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

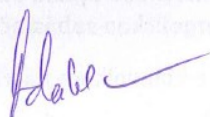
Datum zadání diplomové práce:

3. března 2017

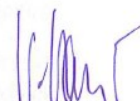
Termín odevzdání diplomové práce:

22. května 2017

Ve Zlíně dne 3. března 2017



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 práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen 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 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 22.5.2017


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práca pojednáva o problematike využívania integrovaných systémoch v budovách. Na konkrétnej budove pred rekonštrukciou sú navrhnuté zmeny v konštrukciách s ohľadom na nízku spotrebu energie a využitie obnoviteľných zdrojov. Je vypracovaný návrh vykurovacej sústavy a návrhy na alternatívne zdroje energie. Súčasťou riešenia je elektroinštalácia s využitím inteligentných obvodov, zariadení KNX a zabezpečovací systém. V práci je riešené riadenie systémov techniky prostredia, osvetlenia a tieniacich zariadení.

Kľúčové slová: tepelná sústava, elektroinštalácia, tepelné čerpadlo, solárne kolektory, zbernica

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the use of integrated systems in buildings. At a particular building before reconstruction, design changes are proposed in terms of low energy consumption and use of renewable resources. The design of the heating system and proposals for alternative energy sources are drafted. Part of the solution is wiring with intelligent circuits, KNX devices and security system. The thesis deals with the management of systems of environmental technology, lighting and shading devices.

Keywords: thermal system, electrical installation, heat pump, solar collectors, BUS

Na tomto mieste by som rád poďakoval vedúcemu diplomovej práce, pánovi Ing. Martinovi Zálešákovi, Csc., za odborné vedenie, cenné rady a veľmi dôležité praktické skúsenosti v priebehu tvorby celej práce a v priebehu štúdia.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia diplomovej práce a verzia elektronická nahraná do IS/STAG sú totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČASŤ	11
1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY	12
1.1 NÍZKOENERGETICKÉ DOMY	12
1.2 PASÍVNE DOMY.....	13
1.3 NULOVÉ DOMY.....	13
1.4 ENERGETICKÉ HODNOTENIE BUDOV	13
1.4.1 Energetická hospodárnosť budov.....	13
1.4.2 Preukaz energetickej náročnosti budov.....	14
1.4.3 Energetický štítok obálky budovy.....	14
1.5 ZDROJE ENERGIE	15
1.5.1 Neobnoviteľné zdroje energie.....	15
1.5.2 Obnoviteľné zdroje energie.....	15
2 VNÚTORNÉ PROSTREDIE	17
2.1 MIKROKLÍMA	17
2.1.1 Tepelná pohoda	17
2.1.2 Operatívna teplota	18
2.1.3 Stredná radiačná teplota	18
2.1.4 Vlhkosť vzduchu	19
2.1.5 Rýchlosť prúdenia vzduchu	20
2.1.6 Index PMV a PPD.....	20
2.2 AKUSTIKA	21
2.2.1 Vzduchová nepriezvučnosť R [dB].....	22
2.2.2 Kročejová nepriezvučnosť L[dB].....	22
2.2.3 Základné veličiny	22
2.3 OSVETLENIE.....	23
2.3.1 Prírodné osvetlenie	23
2.3.2 Umelé osvetlenie.....	24
2.3.3 Združené osvetlenie	24
2.4 VÝMENA VZDUCHU	25
2.4.1 Intenzita vetrania	26
3 VONKAJŠIE PROSTREDIE	27
4 STAVEBNÁ FYZIKA	29
4.1 SÚČINITEĽ PRESTUPU TEPLA.....	29
4.2 PRIEMERNÝ SÚČINITEĽ PRECHODU TEPLA	30
4.3 VLHKOSŤ V KONŠTRUKCII.....	31
4.4 TEPELNÁ STABILITA	32
4.4.1 Pokles teploty v zimnom období.....	32
4.4.2 Tepelná stabilita v letnom období.....	33
5 TEPELNÉ STRATY A TEPELNÉ ZISKY	34

5.1	TEPELNÉ STRATY.....	34
5.1.1	Návrhová tepelná strata prestupom tepla	34
5.1.2	Návrhová tepelná strata vetraním.....	34
5.2	TEPELNÉ ZISKY.....	36
5.3	TEPELNÉ ZISKY OD VNÚTORNÝCH ZDROJOV	36
5.3.1	Produkcia tepla od ľudí	36
5.3.2	Produkcia tepla od svietidiel	36
5.3.3	Produkcia tepla od technológie a elektronických zariadení.....	37
5.3.4	Produkcia tepla od ventilátorov	37
5.3.5	Produkcia tepla ohriatím vo vzduchovodoch.....	37
5.4	TEPELNÉ ZISKY Z VONKAJŠIEHO PROSTREDIA.....	38
5.4.1	Tepelné zisky oknami	38
5.4.2	Tepelné zisky infiltráciou vonkajšieho vzduchu.....	38
5.4.3	Tepelné zisky stenami	38
6	ALTERNATÍVNE ZDROJE ENERGIE	39
6.1	VETERNÁ ENERGIA.....	39
6.2	SLNEČNÁ ENERGIA	39
6.3	ENERGIA BIOMASY	41
6.4	TEPELNÉ ČERPADLÁ	41
6.4.1	Princíp funkcie tepelného čerpadla	42
7	SYSTÉMI TECHNIKY PROSTREDIA.....	44
7.1	VYKUROVANIE.....	44
7.1.1	Podlahové vykurovanie.....	45
7.1.2	Výpočet výkonu podlahového vykurovania.....	46
7.2	PRÍPRAVA TEPLEJ VODY	48
7.2.1	Výpočty na prípravu teplej vody.....	49
7.3	ZABEZPEČOVACIE ZARIADENIA TEPLOVODNÝCH VYKUROVACÍCH SÚSTAV	50
7.3.1	Expanzné zariadenie.....	51
7.3.2	Autorita armatúry	52
7.4	SOLÁRNA SÚSTAVA	53
7.4.1	Typy solárnych kolektorov	53
7.4.2	Výpočty pre návrh solárnej sústavy	54
8	ELEKTROINŠTALÁCIA	55
8.1	KLASICKÁ ELEKTROINŠTALÁCIA	55
8.2	INTELIGENTNÉ ELEKTROINŠTALÁCIE.....	55
8.3	POROVNANIE INTELIGENTNEJ A KLASICKEJ ELEKTROINŠTALÁCIE	57
8.4	KNX	57
8.5	LONWORKS.....	58
II	PRAKTICKÁ ČASŤ	59
9	POPIS A PARAMETRE OBJEKTU	60

9.1	POPIS OBJEKTU A OKRAJOVÉ PODMIENKY	60
9.2	PÔVODNÝ STAV	64
9.2.1	Skladba konštrukcii a rozloženie tlaku vodnej pary	64
9.2.2	Navrhované úpravy	67
9.2.2.1	Stavebné úpravy.....	68
9.2.2.2	Systémy techniky prostredia.....	68
9.3	REKONŠTRUKCIA.....	68
9.3.1	Súčiniteľ prestupu tepla rekonštruovaných konštrukcii a rozloženie tlaku vodnej pary	68
9.3.2	Tepelné straty budovy	71
9.3.3	Tepelná stabilita	72
9.3.4	Zhodnotenie zateplenia obvodových stien	73
10	TEPELNÁ SÚSTAVA	75
10.1	PRÍPRAVA TEPLEJ VODY	75
10.2	VYKUROVACIA SÚSTAVA	77
10.2.1	Poistné zariadenia.....	81
10.3	ZDROJE TEPLA	83
10.3.1	Solárna sústava.....	83
10.3.2	Plynový kotol	84
10.3.3	Tepelné čerpadlo	84
11	RIADIACI SYSTÉM VYKUROVANIA.....	86
11.1	PRÍPRAVA TEPLEJ VODY	87
11.2	PRÍPRAVA VYKUROVACEJ VODY.....	87
11.3	TECHNOLÓGIE RIADENIA	88
12	ELEKTROINŠTALÁCIA	90
12.1	SVETELNÉ OKRUHY	90
12.2	ZÁSUVKOVÉ OKRUHY	92
12.3	ELEKTROINŠTALÁCIA KNX	94
12.4	VIZUALIZÁCIA SCADA	95
12.5	NÁVRH PZTS	97
	ZÁVER	98
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	100
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	105
	ZOZNAM OBRÁZKOV	106
	ZOZNAM TABULIEK	108
	ZOZNAM PRÍLOH.....	110

ÚVOD

V dnešnej dobe sa vynakladá stále väčšie úsilie na znižovanie spotreby energie a využívanie obnoviteľných zdrojov bez toho, aby došlo k zníženiu komfortu pri bývaní a bez zníženia kvality vnútorného prostredia. Moderné technológie však umožňujú spojiť šetrenie energie a komfort bývania.

Ďalším trendom v stavebníctve je budovanie takzvaných inteligentných domov. Ľudia si inteligentný dom často pletú s vysoko automatizovanou budovou, čo nie je to isté. Inteligentná budova je objekt s integrovaným managementom, so zjednotenými systémami riadenia, zabezpečenia a správy budovy. Pohľadov na pojem „Inteligentná budova“ je však omnoho viac. Každý na základe svojej profesie môže pojem inteligentná budova pojať inak. Pri návrhu inteligentnej budovy sa často kladú požiadavky na využívanie alternatívnych zdrojov, ako napríklad tepelného čerpadla či solárnych kolektorov, a možnosť diaľkového ovládania budovy. Ak už je pohľad na inteligentnú budovu akýkoľvek, inteligentná budova by v každom prípade mala obmedziť ľudský faktor potrebný pre riadenie systémov, zjednodušiť obsluhu a šetriť energie.

Táto práca sa venuje integrovaným systémom v budove, od návrhu izolácii až po návrh zabezpečenia budovy. V úvodnej časti je vypracovaný teoretický základ pre požiadavky, výpočtové postupy a návrhy integrovaných systémov budovy. V druhej časti práce je vypracovaný návrh rekonštrukcie pre konkrétnu budovu. Pri navrhovaní systémov bol kladený veľký dôraz na požiadavky investora, čo ovplyvnilo výber a realizáciu navrhovaných integrovaných systémov.

Spracované návrhy na rekonštrukciu majú za následok zlepšenie tepelne izolačných vlastností budovy, ekonomické využívanie obnoviteľných zdrojov a komfortné ovládanie prakticky celej budovy. Táto rekonštrukcia je braná len ako návrh, nejedná sa teda o finálny plán rekonštrukcie.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY

V poslednej dobe je vynakladaná značná snaha o znižovanie energetickej náročnosti nových budov, ale aj pri rekonštrukciách a prestavbách je kladený dôraz na znižovanie potrebnej energie a energetických strát počas prevádzky budov. Predovšetkým sa jedná o spotrebu energie a vplyv na životné prostredie. Prevádzka budov je vo vyspelých krajinách zodpovedná za viac ako 40% celkovej spotreby energie, čomu odpovedá rovnaké množstvo produkovaného CO₂. Budovy sa dajú rozdeliť do skupín podľa energetickej náročnosti a to dom z klasických materiálov, energeticky úsporný dom, nízkoenergetický dom a pasívne a nulové domy [1].

Rozhodujúcim parametrom energetickej spotreby domu je jeho spotreba energie na vykurovanie. Je to množstvo energie ukrytej v palive, ktoré je potrebné do budovy priviesť na pokrytie tepelných strát [3].

Tab. 1 Rozdelenie budov do skupín [2]

Kategória	Spotreba energie za rok
Dom z klasických materiálov	100-250 kWh/m ²
Úsporný dom	50-80 kWh/m ²
Nízkoenergetický dom	15-50 kWh/m ²
Pasívny dom	5-15 kWh/m ²
Nulový dom	0-5 kWh/m ²

1.1 Nízkoenergetické domy

Dosiahnutie štandardu nízkoenergetického domu je možné zabezpečiť pomocou niekoľkých technicko-technologických opatrení. Orientácia stavby vzhľadom k svetovým stranám môže zvýšiť tepelné zisky stavby a tým znížiť množstvo potrebnej energie na vykurovanie. Zvolenie vhodného zateplenia budovy s dôrazom na tepelné mosty, kvalitné okná a dvere. Vo výsledku by mal mať nízkoenergetický dom spotrebu energie od 15 do 50 kWh/m² [4].

Najväčšie výhody sú, že vo výsledku môžu byť prevádzkové náklady v porovnaní s tradičným domom aj o polovicu menšie.

1.2 Pasívne domy

Pasívne domy ročne spotrebujú menej energie ako 15 kWh/m^2 . Pre vykurovanie miestnosti o veľkosti 20 m^2 stačí približne 200 W , pre porovnanie tepelný výkon človeka v kľude je 80 W . Sú charakterizované riadeným vetraním s rekuperáciou, vynikajúcimi parametrami tepelnej izolácie a veľmi tesnými konštrukciami. Tepelné straty takého domu je väčšinou možné pokryť tepelnými ziskami zo slnka a vnútorných zdrojov. Pasívne domy musia splňovať niekoľko požiadavkou, ako napríklad mernú ročnú potrebu tepla na vykurovanie maximálne $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, vzduchovú izoláciu obálky budovy, ktorá nemôže presiahnuť $0,6 \text{ }^1/\text{hod}$, čo znamená, že pri pretlaku alebo podtlaku 50 Pa sa nesmie za hodinu vymeniť cez netesnosti viac ako 60% vnútorného vzduchu. Tieto podmienky musia byť splnené pre získanie certifikátu [5].

1.3 Nulové domy

Nulový dom ako taký je v podstate pasívny dom, ktorý je dokonale optimalizovaný a vylepšený. Základom stavby je navrhnuť dom a postaviť ho tak, aby mal čo najmenšiu možnú spotrebu energie, ktorú celú pokryje z obnoviteľných zdrojov. Všetky steny a strecha musia byť zateplené kvalitnou izoláciou. Nutné je tiež vzduchotechnické zariadenie s rekuperáciou odvádzaného vzduchu, nízkoenergetické spotrebiče a úsporné osvetlenie. Všeobecne sa dá za nulový dom považovať taký, ktorý má ročnú spotrebu na vykurovanie menšiu ako 5 kWh/m^2 [6].

1.4 Energetické hodnotenie budov

Je to súbor postupov a opatrení na zlepšenie energetickej hospodárnosti budov, s cieľom optimalizovať vnútorné prostredie v domoch a znížiť emisie škodlivín.

1.4.1 Energetická hospodárnosť budov

Energetická hospodárnosť budov je skutočné, alebo odhadnuté množstvo energie potrebnej na splnenie všetkých potrieb s normalizovaným užívaním budovy, najmä množstvo energie potrebnej na vykurovanie a prípravu teplej vody, na chladenie a osvetlenie. Energetická hospodárnosť sa určuje výpočtom a vyjadruje sa v číselných ukazovateľoch celkovej potreby energie a tvorbe emisii [7].

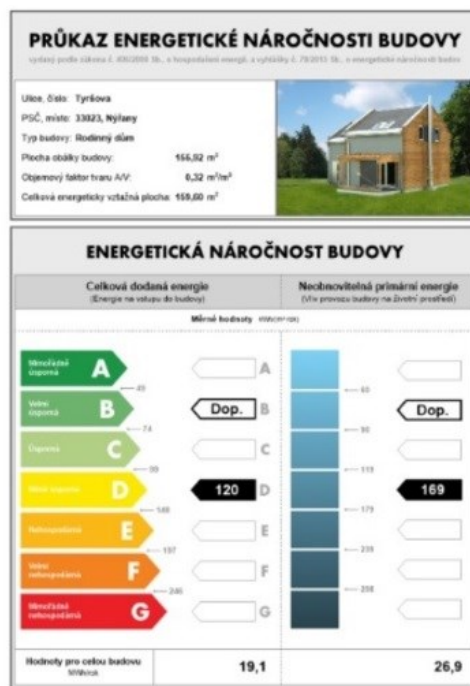
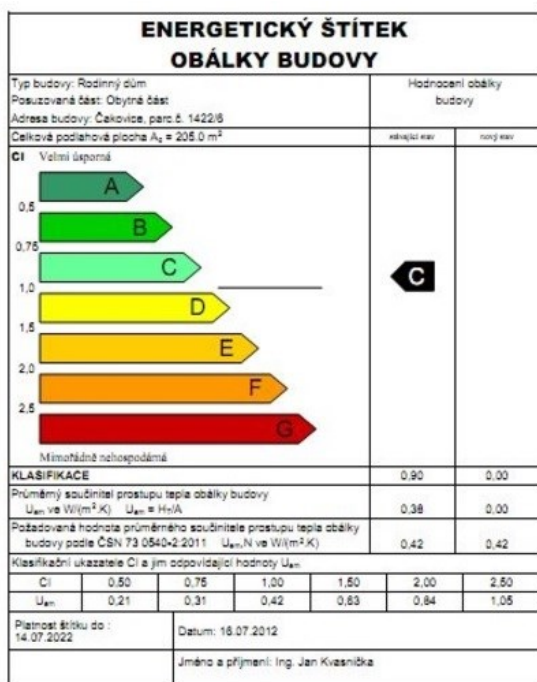
1.4.2 Preukaz energetickej náročnosti budov

Preukaz energetickej náročnosti vypovedá o potrebe energie. Zahŕňa energie, ktoré sú potrebné na prevádzku domu ako vykurovanie, vetranie, chladenie, klimatizácia, príprava teplej vody a osvetlenie. Do preukazu energetickej náročnosti budov sa nepočítajú energie potrebné na prevádzku elektrotechniky a kuchynských spotrebičov. Budovy sú posudzované podľa štandardizovaného užívania v priemerných klimatických podmienkach a nie podľa skutočnej spotreby. Budovy sa zoraďujú do tried A-G [8].

1.4.3 Energetický štítok obálky budovy

Energetický štítok obálky budovy nám dáva detailné informácie o konštrukcii budovy. Je tu zaznačené, ktorou konštrukciou uniká najviac tepla, prípadne ktorú je potrebné zatepliť. Výsledkom výpočtu je grafické hodnotenie celého objektu, kde je podobne ako u preukazu energetickej náročnosti objektu pridelená trieda A-G [8].

Miera spotrebovanej energie budovy sa udáva v MWh pre celú budovu a v kWh v prepočet na m² podlahovej plochy.



Obr. 1: Preukaz energetickej náročnosti a energetický štítok [8]

1.5 Zdroje energie

Zdroje energie sa dajú rozdeliť na dve kategórie, ktorými sú obnoviteľné a neobnoviteľné zdroje. V súčasnej dobe sa vynakladá veľká snaha o zníženie spotreby neobnoviteľných zdrojov a postupné prechádzanie na obnoviteľné. Hlavným dôvodom je znižovanie emisií, ale aj ekonomická návratnosť.

1.5.1 Neobnoviteľné zdroje energie

Neobnoviteľnými zdrojmi energie nazývame také, ktorých množstvo je obmedzené. Ich charakteristickým znakom je to, že sa spotrebovávajú rýchlejšie ako sú schopné sa obnoviť. Zatiaľ nie je možné presne určiť kedy budú tieto zdroje vyčerpané, pretože to vo veľkej miere závisí na efektívnosti využívania týchto zdrojov a jak moc sa zameriame na obnoviteľné zdroje palív. Medzi neobnoviteľné zdroje môžeme zaradiť tieto:

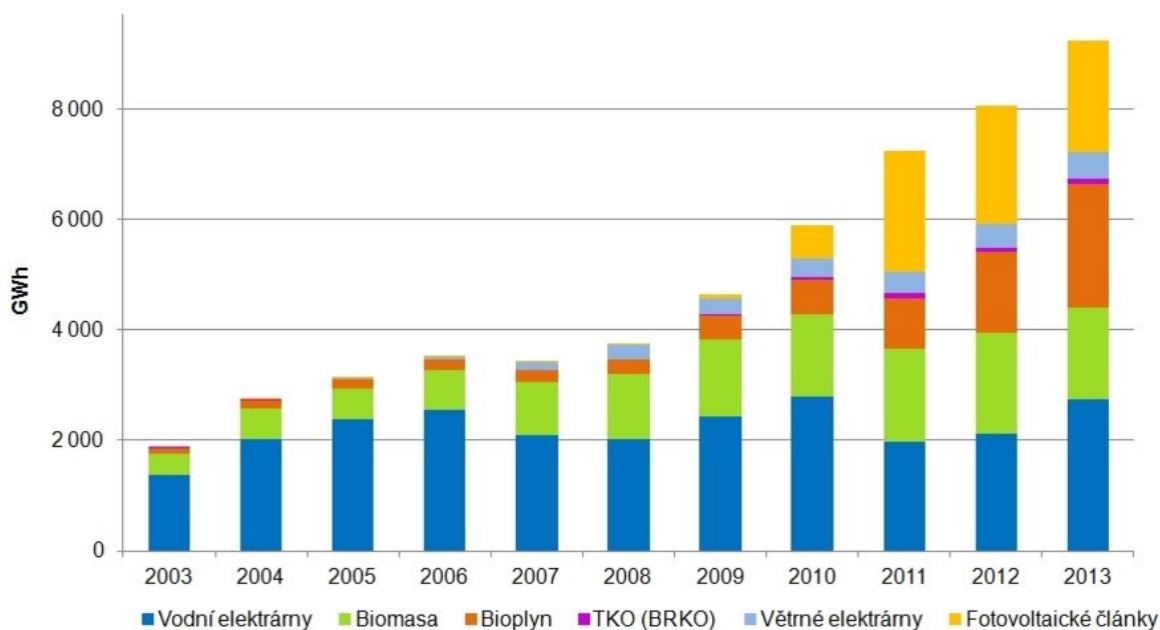
- Uhlie – Je v podstate sedimentárna hornina rastlinného pôvodu, ktorá vznikla prekryvaním odumretých rastlín vrstvami bahna. Vďaka vysokým teplotám bez prístupu vzduchu sa vytvorilo uhlie.
- Ropa – Je to tekutá viskózna hornina, vytvorená rozkladom rastlín a drobných morských živočíchov. Najčastejšie sa vyskytuje v oblasti kontinentálnych prahov. Ropa tvorí základ petrochemického priemyslu.
- Zemný plyn – Najčastejšie sa vyskytuje v oblasti, kde sa ťaží ropa. Ide o prírodný bezfarebný horľavý plyn, bez zápachu a chuti, ktorého hlavnou zložkou je metán. Pri spracovávaní sa do zemného plynu pridáva zápach, aby bolo možné detegovať úniky čuchom.
- Rašelina – Po usušení ma cez polovicu spáliteľných zložiek. Využíva sa v krajinách, kde nemajú prístup k iným palivám [10].

1.5.2 Obnoviteľné zdroje energie

Medzi obnoviteľné zdroje sa zaraďujú také, ktoré majú schopnosť čiastočného, alebo úplného obnovenia. Tieto zdroje nie sú závislé na človeku ani na geologickej histórii planéty. Vznikajú prirodzeným geofyzikálnym a kozmickým tokom energie. Medzi obnoviteľné zdroje radíme:

- Veternú energiu – Využíva silu vetra prevažne na výrobu elektrickej energie. Vďaka prúdeniu vetra sa otáčajú lopatky rotoru, ktorý je napojený na elektrický generátor.

- Slněná energia – Táto energia pochádza zo slnka. Vďaka moderným technológiám ju môžeme využiť na vykurovanie, ohrev teplej vody, alebo výrobu elektriny.
- Energia vody – Táto energia je zo všetkých obnoviteľných zdrojov využívaná najviac. Vodná energia slúži predovšetkým na výrobu elektriny.
- Geotermálna energia – Vzniká vnútri zeme, kde sa uvoľňuje rádioaktívnym rozpadom izotopov v zemskej magme. Každých 100m smerom do stredu Zeme stúpne teplota o 3°C.
- Energia biomasy – Biomasa je obecné látkou biologického pôvodu. Jedná sa o hmotu všetkých pozemských organizmov. Môže byť živočíšna alebo rastlinná, patria sem ale aj organické odpady [11].



Obr. 2: Graf výroby elektriny z obnovitelných zdrojov v ČR [11]

2 VNÚTORNÉ PROSTREDIE

Ľudia trávia vo vnútornom prostredí väčšinu svojho života. S tohto dôvodu je nutné navrhovať kvalitné vnútorné podmienky, zaisťovať tepelnú pohodu, dostatočnú výmenu vzduchu, aby sa predchádzalo rôznym chorobám a trávenie času v interiéroch bolo čo najpríjemnejšie.

2.1 Mikroklima

Mikroklima je tiež označovaná ako tepelno-vlhkostné podmienky, ktoré sú dané teplotou vnútorného prostredia, vlhkosťou vzduchu, zložením vzduchu, hlukom a osvetlením. Pomocou systémov techniky prostredia sa dá kvalita vnútorných podmienok ovplyvňovať. Kvalitou a základnými parametrami návrhu mikroklimy sa zaoberá norma ČSN EN 15251.

2.1.1 Tepelná pohoda

Človek neustále produkuje teplo, ktoré odovzdáva do svojho okolia. Stav, keď okolie z človeka odoberá rovnaké množstvo tepla ako sám vyprodukuje, sa nazýva tepelná rovnováha. Množstvo tepla, ktoré človek odovzdá do okolia závisí na rozdielne teplôt okolia a tela. V prípade, keď telo odovzdá viac tepla ako je schopné vyprodukovať, nastane podchladenie. Organizmus sa tomu bráni obmedzením prietoku krvi do periférnych častí tela, čím zníži povrchovú teplotu a tým zníži množstvo odovzdaného tepla do prostredia. Rovnica tepelnej rovnováhy vyjadruje tepelné toky vo wattoch a má tvar [12]:

$$M - W = C + R + E_{res} + C_{res} \quad (1)$$

kde: M je energetický výdaj človeka, vo W;

W mechanická práca, vo W;

C tepelný tok prúdením, vo W;

R výdaj tepla sálaním, vo W;

E_{res} výdaj tepla odparovaním vody v pľúcach, vo W;

C_{res} teplo odovzdané ohrievaním vdychovaného vzduchu, vo W.

Na ľavej strane sa nachádza teplo, ktoré vyprodukuje človek a na pravej teplo odovzdané do prostredia [12].

Tab. 2: Merný energetický výdaj na m^2 telesnej plochy podľa činnosti [12]

Činnosť	Merný energetický výdaj (W/m ²)
---------	---

Spánok	41
Sedenie v kľude	58
Kancelárska práca	58-70
Chôdza po rovine	221
Varenie	83-116

2.1.2 Operatívna teplota

Je to vypočítaná hodnota a je definovaná ako jednotná teplota uzavretého priestoru, ktoré je z hľadiska radiácie čierne, v ktorom by ľudské telo zdieľalo prestupom aj sálaním rovnaké množstvo tepla ako v skutočnom, teplotne nesúrodnom prostredí [13].

V prípade, že sa operatívna teplota stanovuje v skutočnom prostredí, sa vychádza z veličín teploty guľového teplomeru, teploty vzduchu a rýchlosti prúdenia vzduchu. Pokiaľ je rýchlosť prúdenia vzduchu menšia ako 0,2m/s, dá sa nahradiť operatívna teplota teplotou guľového teplomeru. Operatívna teplota sa vypočíta zo vzťahu [13]:

$$t_o = A \cdot \theta_a + (1 - A) \cdot \theta_r \quad (2)$$

Kde: θ_o je operatívna teplota, v °C;

A funkcia relatívnej rýchlosti prúdenia vzduchu v_{ar} , v m^{-1} ;

θ_a teplota vzduchu, v °C;

θ_r stredná radiačná teplota, v °C.

Parameter A sa vypočíta z tabuľky (Tab. 3).

Tab. 3: Závislosť koeficientu A pre výpočet operatívnej teploty [13]

v_{ar} [m.s ⁻¹]	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
A [-]	0,5	0,53	0,6	0,65	0,7	0,75

2.1.3 Stredná radiačná teplota

Stredná radiačná teplota je definovaná ako spoločná teplota všetkých okolitých plôch, pri ktorej by bolo celkové množstvo zdieľané medzi povrchom tela a okolitými plochami rovnaké ako v skutočnosti [14].

Pre výpočet strednej radiačnej teploty sa využíva vzorec:

$$\theta_r = \sqrt[4]{(\theta_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} \cdot (\theta_g - \theta_a) - 273} \quad (3)$$

Kde: θ_r je stredná radiačná teplota, v °C;
 θ_g teplota guľového teplomeru, v °C;
 v_a rýchlosť prúdenia vzduchu, v m/s;
 θ_a teplota vzduchu, v °C.

V zásade existujú tri možnosti ako stanoviť strednú radiačnú odchýlku:

- Manuálne výpočtom
- Použitím simulačného programu
- Meraním parametrov tepelného stavu prostredia [14]

2.1.4 Vlhkosť vzduchu

Vlhký vzduch je zmes suchého vzduchu a vodnej pary, prípadne tiež vody a ľadu. Je to dôležitý parameter pri návrhu vzduchotechnických a klimatizačných jednotiek. Obsah vlhkosti vo vzduchu môže byť rôzny. Delí sa na:

- Nenasýtený
- Nasýtený
- Presýtený

Pre stanovenie parciálneho tlaku nasýtenej vodnej pary sa používajú takzvané tabuľky vodnej pary, kde je možné pre teplotu definujúcu stav vzduchu nájsť hodnotu parciálneho tlaku [15].

Absolútna vlhkosť vzduchu - Hmotnosť vodnej pary obsiahnutej v 1 m^3 vlhkého vzduchu. Absolútnu vlhkosť definujeme ako pomer hmotnosti vodných pár na jednotku objemu [15].

$$a = \frac{m_v}{V} = \rho_v \quad (4)$$

Kde: m_v je Hmotnosť vodných pár, v kg/m^3 alebo g/m^3

V Objem vzduchu, v kg/m^3 alebo g/m^3

Merná vlhkosť vzduchu – Je definovaná ako pomer hmotnosti vodnej pary a suchého vzduchu. Vzhľadom k nízkym rádom sa skôr používajú jednotky [g/kg]. Merná vlhkosť je určená pomerom hmotnosti vodnej pary obsiahnutej vo vzduchu a hmotnosti suchého vzduchu [15]:

$$x = \frac{m_V}{m_A} \quad (5)$$

Kde: m_V je Hmotnosť vodných pár, v g

m_A Hmotnosť vzduchu, v kg

Relatívna vlhkosť vzduchu – Je to odvodená, experimentálne určená veličina. Je definovaná ako pomer parciálneho tlaku nasýtenej vodnej pary pri konštantnej teplote. V podstate určuje mieru nasýtenia vzduchu vodnou parou. Relatívna vlhkosť je bezrozmerná veličina a vyjadruje sa najčastejšie v percentách. Stav tejto vlhkosti sa odporúča udržiavať v rozmedzí 30 až 70 % [15].

$$\varphi = \frac{p_v}{p_v''} \quad (6)$$

Kde: p_v je Parciálny tlak vodnej pary

p_v'' Parciálny tlak vzduchu

2.1.5 Rýchlosť prúdenia vzduchu

Je činiteľom, ktorý výrazne ovplyvňuje prechod tepla z človeka do okolia, z tohto dôvodu sa podieľa na tepelnej pohode. Prípustná hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je od 0,13 do 0,2 m/s, pričom vyššie rýchlosti až do 0,3 m/s sú prípustné len v miestnostiach, kde je vyššia teplota [23].

2.1.6 Index PMV a PPD

Pomocou indexu PMV sa dá hodnotiť stav vykurovaného interiéru na základe pocitu spokojnosti s tepelným stavom prostredia. PPD je index, ktorý predpovedá percento nespokojných osôb v miestnosti. Klasifikáciu tohto tepelného prostredia klasifikuje norma ČSN EN ISO 7730.

Index PMV – Vyjadruje priemernú predpokladanú hodnotu tepelných pocitov skupiny ľudí. PMV závisí od kombinácie činností a štyroch faktorov : teplota vzduchu, priemerná účinná teplota okolitých plôch, relatívna rýchlosť vzduchu a vlhkosť [16,23].

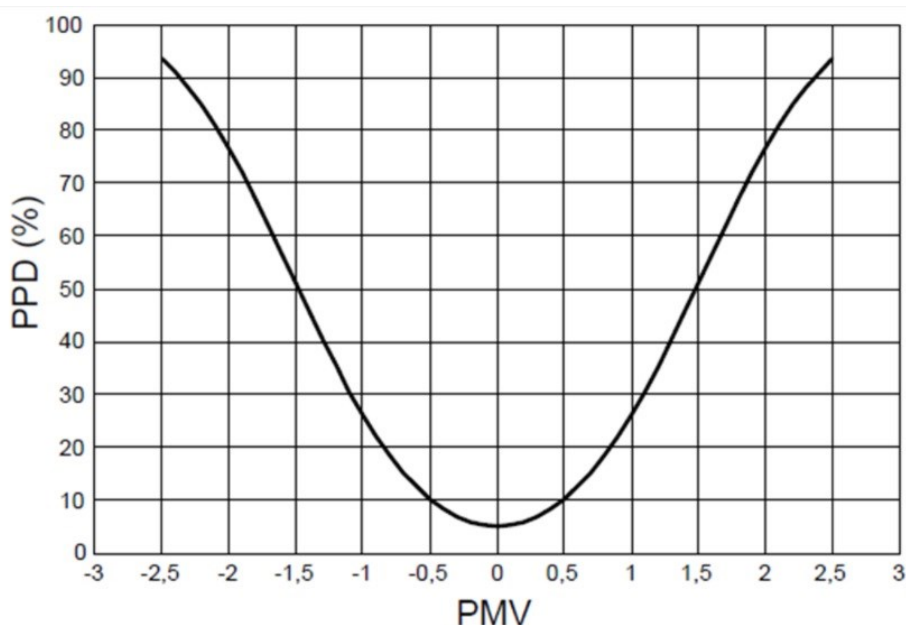
Tab. 4: Tepelný pocit k príslušnej hodnote PMV [16]

Index PMV	-3	-2	-1	0	1	2	3
Tepelný pocit	zima	chladno	mierne chladno	neutrálne	mierne teplo	teplo	horúco

Index PPL – Vyjadruje predpokladané percento ľudí, ktorý sa v danom prostredí budú cítiť nepohodlne. Index sa dá vypočítať na základe PMV indexu z nasledujúcej rovnice [16]:

$$PPL = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (7)$$

Zo získaných údajov, je možné zobrazit' grafickú závislosť predpovede percentuálneho podielu nespokojných ľudí na predpovedi stredného tepelného pocitu.



Obr. 3: PPD ako funkcia PMV

2.2 Akustika

Stavebná akustika je oborom akustiky budov, ktorý sa zaoberá predovšetkým zvukovou izoláciou v budovách. Bežné zdroje zvuku sa dajú rozdeliť na dve skupiny. Prvá skupina sú zdroje zvuku, ktoré vyžarujú zvuk do okolitého prostredia. Takéto zdroje môžu byť hlasové prejavy ľudí alebo zvierat, rádia či televízie. Tento zvuk dopadá na okolité konštrukcie

miestností. V týchto konštrukciách sa vibráciami ďalej šíri a následne je znova vyžarovaný do vzduchu v miestnosti príjmu. Do druhej skupiny patria zvuky, ktoré sú v priamom kontakte so stavebnými prvkami, do ktorých vnášajú mechanické impulzy. Do tejto skupiny patrí napríklad chôdza po podlahe, posuny predmetov a podobne. Tento zvuk sa označuje ako zvuk prenášaný konštrukciou (kročeťový zvuk). Zvuky s prvej kategórie sú označované ako zvuky prenášané vzduchom. Požiadavky na ochranu proti hluku sú dané v norme ČSN 73 0532 [17].

2.2.1 Vzduchová nepriezvučnosť R [dB]

Je to schopnosť stavebného prvku obmedzovať prenos zvuku prenášaného vzduchom cez tento prvok z miestnosti zdroja do miestnosti príjmu [18].

Požiadavky na vzduchovú nepriezvučnosť medzi miestnosťami sú stanovené na základe charakteru oddeľovaných miestností a v závislosti na smere prenosu zvuku. Základná požadovaná hodnota zvukovej izolácie medzi obytnou miestnosťou jedného bytu a všetkými ostatnými miestnosťami druhého bytu je pre steny a stropy určený na $R = 53\text{dB}$ [18].

2.2.2 Kročeťová nepriezvučnosť L [dB]

Vyjadruje schopnosť stavebných prvkov, či častí budov, obmedzovať prenos kročeťového zvuku medzi miestnosťami. Skutočný zdroj kročeťového zvuku má náhodný charakter, preto sa vo výpočtoch nahrádza normalizovaným zdrojom zvuku. To umožňuje opakované porovnávanie výsledkov s požiadavkami [19].

2.2.3 Základné veličiny

Základné akustické veličiny sú akustický výkon, tlak a intenzita. Akustický tlak P [W] je veličina popisujúca zdroj hluku, akustický tlak p [Pa] je zmena tlaku vzduchu a intenzita zvuku I [W/m^2] je plošná hustota akustického výkonu.

Akustickú intenzitu je možné pomenovať hladina akustického tlaku, kde je pomer intenzít nahradený pomerom druhých mocnín akustického tlaku L . Je možné ho určiť zo vzťahu:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} = 10 \log \frac{p^2}{p_{ref}^2} = 20 \log \frac{p}{p_{ref}} \quad (8)$$

Kde: I_{ref} je referenčná intenzita zvuku $I_{ref} = 10^{-12} \text{W}/\text{m}^2$;

p_{ref} referenčný akustický tlak $p_{ref} = 2 \cdot 10^{-5} \text{Pa}$.

Zvuk o rozličných frekvenciách je vnímaný s rozličnou citlivosťou. Pre korekciu týchto citlivostí boli zavedené takzvané váhové filtre. Každé frekvenčné pásmo má inú váhu, podľa korekcie k nim prideleným. Každé pásmo sa meria zvlášť a je k nemu pripočítaná korekcia K_A v dB. Všetky pásma sa nakoniec sčítajú. Hodnoty korekcie sú uvedené v norme ČSN EN 15251. Vzniknutá veličina sa nazýva hladina akustického tlaku a vypočíta sa zo vzťahu:

$$L_a = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + K_{Ai})} \quad (9)$$

Kde: n je počet frekvenčných pásiem.

Tab. 5: Vybrané hodnoty hladín akustického tlaku

Akustický tlak[dB]	Vnímateľná hlasitosť	Zvuk
0	Prah počutia	-
20	Extrémne tiché	šelest lístia
40	Veľmi tiché	vrčiaca chladnička
60	Stredne hlasné	bežná konverzácia
80	Veľmi hlasné	nákladné auto
100	Extrémne hlasné	symfonický orchester
120	Prah bolesti	štartujúce tryskové lietadlo

2.3 Osvetlenie

Osvetlenie je ďalším požadovaným parametrom hygienikov. Zraková pohoda znižuje riziko chýb pri práci a odpovedá potrebám človeka pri odpočinku, alebo práci. Osvetlenie sa dá rozdeliť do troch kategórii: prirodzené, umelé a združené osvetlenie.

2.3.1 Prirodzené osvetlenie

Prirodzené osvetlenie je svetlo zo slnka. Vyskytuje sa preto iba v priebehu dňa medzi východom a západom slnka, preto je tento zdroj nestály. Pri návrhu denného osvetlenia je potrebné zachovať zrakovú pohodu človeka, či už pri priamom slnečnom svetle, tak aj pri jasnej, polojasnej, alebo úplne zatiahnutej oblohe [20].

Aby bola zaistená zraková pohoda, je potrebné umožniť prístup dostatočného množstva denného osvetlenia. Kvantitatívne kritérium denného osvetlenia je činiteľ dennej osvietenosti D [%] [20]:

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (10)$$

Kde: E je Nameraná osvietenosť v konkrétnom bode, v lx;

E_h Osvietenosť nezatienenej vonkajšej roviny, v lx.

2.3.2 Umelé osvetlenie

Slúži k vytvoreniu svetelného klíma v dobe, kedy denné osvetlenie nie je dostatočné. Alebo ho nie je možné využiť. Charakteristikou umelého osvetlenia je jeho stálosť v čase, možnosti úpravy a možnosť úpravy podľa potrieb. Nevýhodou je odlišné spektrálne zloženie od denného svetla, čo má dopad na vnímanie farieb. Umelé osvetlenie môžeme rozdeliť na niekoľko druhov:

- Celkové – rovnomerné osvetlenie priestoru bez ohľadu na zvláštne požiadavky.
- Odstupňované – v časti priestoru zosilnené na vyššiu intenzitu.
- Miestne – dopĺňa celkové osvetlenie a je samostatne ovládané.
- Kombinované – celkové alebo odstupňované osvetlenie je doplnené miestnym [21].

Celkové osvetlenie môže byť priame (všetko svetlo dopadne na pracovnú plochu), polopriame (časť svetla dopadá na steny alebo strop), zmiešané (svetelný tok je rozptýlený do priestoru všetkými smermi) a nepriame (všetko svetlo dopadá na strop a priestor je osvietený len odrazeným svetlom). Polopriame svetlo sa využíva najčastejšie, pretože je pre človeka najpríjemnejšie [21].

Tab. 6: Vybrané hodnoty umelého osvetlenia a vhodné činnosti [21]

Požiadavky umelého osvetlenia v lx	Miesto, činnosť
200	Spoločné jedlo
300	Štúdium, písanie
500	Jemné ručné práce
75	Komunikácia v byte
100	Kúpeľne, Kuchyne

2.3.3 Združené osvetlenie

Združené osvetlenie je dané kombináciou prirodzeného a umelého osvetlenia. Pri dlhodobom pôsobení na človeka nie je v plnom rozsahu rovnocenné dennému osvetleniu, ale je

omnoho priateľnejšie ako umelé. Využíva sa v miestach, kde je nedostatočné prirodzené osvetlenie a je potrebné ho doplniť [20].

Pri združenom osvetlení je potrebné zachovať dostatočný podiel denného osvetlenia. V tabuľke (Tab.7) sú uvedené požadované minimálne D_{min} a priemerné hodnoty činiteľa prirodzenej osvietenosti D_m . Zrakové činnosti sú rozdelené do tried I – VII, podľa vyžadovanej presnosti potrebnej na danú činnosť. Pre príklad trieda I je pre mimoriadne presné činnosti a trieda VII je celková orientácia pri chôdzi, alebo doprave materiálu [20].

Tab. 7: Hodnoty činiteľa prirodzenej osvietenosti u združeného osvetlenia[20]

Trieda zrakovej činnosti	Hodnota činiteľa prirodzenej osvietenosti	
	D_{min}	D_m
I, II	1,0	2,5
III	0,7	2,0
IV	0,5	1,5
V - VII	0,5	1,0

2.4 Výmena vzduchu

V uzavretých priestoroch vzniká množstvo škodlivín, preto je potrebná výmena vzduchu. Kvalita vnútorného vzduchu je závislá od vonkajšieho ovzdušia, objemu vzduchu pripadajúceho na jednu osobu v miestnosti, vetracom systéme, výmene vzduchu a množstve škodlivín. Hlavnou podmienkou pre udržanie dobrého stavu vzduchu je udržovanie hodnoty CO_2 pod hodnotou 1000 ppm. Výmenou vzduchu a vetraním budov sa zaoberá norma ČSN 73 0540 [9].

Škodliviny spojené s prevádzkou budov tvoria približne 40% celkovej produkcie škodlivín v ovzduší, z čoho vetranie spôsobuje až 50% produkcie škodlivín.

Odéry – sú to plynné zložky ovzdušia vnímané ako pachy či vône, produkované človekom, prípadne uvoľňované zo stavebných konštrukcií. Do interiéru môžu vstupovať z vonku alebo z vnútra (zo vzduchotechnických zariadení, stavebných materiálov). V interiéri vzniká pri pobyte ľudí CO_2 a telesné pachy, ktoré sú všeobecne indikátormi kvality vnútorného vzduchu [22].

Toxické mikroklíma – Plynné toxické látky s patologickými účinkami. Medzi toxické látky môžeme zaradiť oxidy síry, oxidy dusíku, ozón, a zdravotne asi najzávažnejší plyn v interiéroch oxid uhľnatý [22].

2.4.1 Intenzita vetrania

Intenzita vetrania sa dá rozdeliť na vetranie v užívanej miestnosti a neužívanej miestnosti.

V dobe keď miestnosť nie je užívaná sa odporúča najnižšia možná intenzita vetrania miestnosti n_{min} v h^{-1} , taká, aby splňovala podmienku:

$$n_{min} \geq n_{min,N} \quad (11)$$

Kde: $n_{min,N}$ je Najnižšia doporučená intenzita vetrania.

Toto odporúčanie má obmedziť nárast koncentrácie škodlivín vo vnútornom prostredí po dobu čo miestnosť nie je užívaná [24].

Počas užívania miestnosti musí intenzita vetrania n , v h^{-1} spĺňať požiadavku :

$$n \geq n_N \quad (12)$$

Kde n_N je požadovaná intenzita vetrania užívanej miestnosti, stanovená s potrebných minimálnych prietokov čerstvého vzduchu [24].

Súčasne musí intenzita vetrania miestnosti vo vykurovacom období spĺňať požiadavku :

$$n \leq 1,5n_N \quad (13)$$

V norme ČSN 73 0540 [9] sú ďalej určené minimálne hodnoty objemu vzduchu na osobu v miestnosti podľa vykonávanej činnosti. Osoba v klúde musí mať najmenej 15 m³/h čerstvého vzduchu, a pri aktivite minimálne 25 m³/h. V učebných priestoroch, napríklad školách, musí byť na jedného žiaka od 20 do 30 m³/h [9,24].

3 VONKAJŠIE PROSTREDIE

Do vonkajšieho prostredia môžeme zaradiť klimatické prvky, ktoré sú požadované pri návrhu a hodnotení konštrukcii budov. Faktory, ktoré ovplyvňujú vonkajšie podmienky sú teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu, prúdenie vzduchu a slnečné žiarenie.

Teplota vonkajšieho vzduchu – Teplota vonkajšieho vzduchu je závislá na nadmorskej výške, zemepisnej polohe, rýchlosti prúdenia vzduchu a intenzite slnečného žiarenia. Najčastejšie používaná hodnota je návrhová teplota vonkajšieho vzduchu v zimnom období, ktorá podľa ČSN 73 0540 závisí na zemepisnej polohe a nadmorskej výške hodnoteného objektu. V Českej republike sa rozdeľuje na štyri základné tepelné oblasti (Obr. 4). Základná návrhová teplota vonkajšieho vzduchu θ_e sa pre oblasti 1 až 4 určuje na $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ [25].



Obr. 4: Teplotné oblasti v zimnom období [25]

Vlhkosť vzduchu – Návrhová relatívnu vlhkosť vzduchu sa dá podľa ČSN 73 0540 stanoviť zo vzťahu:

$$\varphi_e = \frac{93 \cdot \theta_e - 3153,5}{\theta_e - 39,17} \quad (14)$$

Kde: θ_e je Návrhová teplota vonkajšieho vzduchu, v $^{\circ}\text{C}$;

φ_e Relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu, v %. [25]

Slnéčné žiarenie – Slnéčné žiarenie je hlavným zdrojom tepla a svetla. V tepelne technických výpočtoch sa uplatní predovšetkým pri stanovovaní energetickej náročnosti budov. Množstvo získanej energie zo slnka je ovplyvnené geografickou polohou a orientáciou stavby na svetové strany, oslnenej plochy a azimutom slnka. Pri výpočtoch sa používa takzvaný súčiniteľ znečistenia, ktorý je závislý na atmosférickom tlaku a množstve nečistôt [25].

Prúdenie vzduchu – Prúdenie vzduchu aj jeho smer je ovplyvňované tlakovými rozdielmi. V norme ČSN 73 0540 je uvedená tabuľka návrhovej rýchlosti vetra v rozmedzí 0,75 až 1,75 m/s, v závislosti na polohe hodnotenej budovy a typu okolitej krajiny. V Českej republike prevládajú západné vetry, počas asi štvrtiny roku je v Českej republike bezvetrie [25].

4 STAVEBNÁ FYZIKA

Stavebná fyzika sa predovšetkým zaoberá riešením energetickej náročnosti budov, tepelnou stabilitou, kondenzáciou vodnej pary v konštrukciách a šírením vzduchu.

4.1 Súčiniteľ prestupu tepla

Súčiniteľ prestupu tepla U je spolu s tepelným odporom R základnou veličinou, ktorá určuje tepelne izolačné vlastnosti stavebných konštrukcií. Súčiniteľ prestupu tepla sa hodnotí súčasne dvoma spôsobmi. Pre jednotlivé konštrukcie a pre budovu ako celok pomocou priemerného súčiniteľa prestupu tepla. Súčiniteľ prestupu tepla sa dá zjednodušene vyjadriť ako únik tepla konštrukcie na m^2 [9,26].

Súčiniteľ prestupu tepla sa vypočíta pomocou vzorca:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad (15)$$

Kde: U je Súčiniteľ prestupu tepla, vo $W/(m^2K)$;

$R_{si,e}$ tepelný odpor pri prechode tepla na vonkajšej alebo vnútornej strane, v m^2K/W ;

R tepelný odpor konštrukcie, v m^2K/W .

Pričom platí:

$$R = \sum \frac{d}{\lambda}, \quad R_{si,e} = \frac{1}{h_{i,e}} \quad (16)$$

Kde: d je hrúbka vrstvy konštrukcie, v m;

λ súčiniteľ tepelnej vodivosti vrstvy konštrukcie, vo $W/(mK)$;

$h_{i,e}$ súčiniteľ prechodu tepla na vnútornej alebo vonkajšej strane, v m^2K/W .

Po dosadení sa dá výpočet zjednodušiť a vypočítať s nasledujúceho vzorca:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad (17)$$

Tepelný odpor vyjadruje akou plochou konštrukcie a pri akom rozdiel teplot na ich povrchoch dôjde k prenosu i Wattu. Tepelný odpor konštrukcie je vyjadrený súčtom tepelných odporov všetkých vrstiev z ktorých je zložená.

Podľa ČSN 73 0540-2 musí mať každá vykurovaná konštrukcia s relatívnou vlhkosťou vnútorného vzduchu menšou ako 60% súčiniteľ prestupu tepla taký, aby spĺňoval podmienku :

$$U \leq U_n \quad (18)$$

Kde: U_n je požadovaná hodnota súčiniteľa prestupu tepla, vo $W/(m^2K)$.

Hodnota U_n sa určuje s tabuliek v norme ČSN 73 0540-2 (tab. 8)

Tab. 8: Vybrané požadované hodnoty súčiniteľa prestupu tepla [9]

Popis konštrukcie	Súčiniteľ prestupu tepla		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pre pasívne budovy
Vonkajšia stena	0,30	0,2 – 0,25	0,18 – 0,12
Strecha strmá so sklonom nad 45°	0,30	0,2	0,18 – 0,12
Podlaha a stena vykurovaného priestoru priľahlá k zemine	0,45	0,30	0,22 – 0,15
Stena medzi susednými budovami	1,05	0,7	0,5

4.2 Priemerný súčiniteľ prechodu tepla

Požiadavky na priemerný súčiniteľ prechodu tepla sú uvedené v norme ČSN 73 0540-2 . Vyjadrujú vplyv stavebného riešenia na potrebu energie na vykurovanie, čo znamená že nezohľadňujú žiadne neisté faktory, ako napríklad chovanie užívateľov alebo vplyv klimatických podmienok. Hodnotená budova musí mať priemerný súčiniteľ prechodu tepla spĺňajúci podmienku:

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (19)$$

Kde: U_{em} je priemerný súčiniteľ prechodu tepla budovy, vo $W/(m^2K)$;

$U_{em,N}$ požadovaný súčiniteľ prechodu tepla, vo $W/(m^2K)$.

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ sa stanovuje pre budovy s prevažujúcou vnútornou návrhovou teplotou od 18 do 22 °C a určuje sa zo vzťahu:

$$U_{em,N} = \frac{\sum U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j}{\sum A_j} + 0,02 \quad (20)$$

Kde: $U_{N,j}$ je požadovaný súčiniteľ prechodu tepla j-tej konštrukcie, vo $W/(m^2K)$;

A_j plocha j-tej konstrukcie, v m²;

b_j činiteľ teplotnej redukcie j-tej konstrukcie.

Hodnota $U_{em,N}$ pri novej stavbe nemôže prekročiť limit :

$$U_{em,N} = 0,5 \quad (21)$$

Pre ostatné budovy $U_{em,N}$ nemôže prekročiť hodnotu stanovenú vzťahom:

$$U_{em,N} = 0,3 + \frac{0,15}{A/V} \quad (22)$$

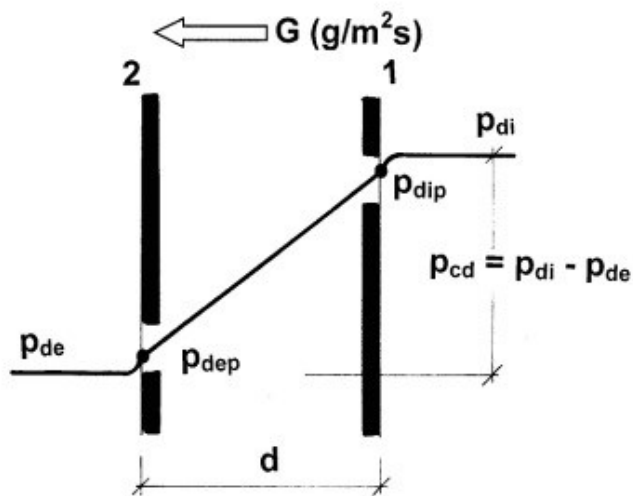
Kde: A je celková plocha konštrukcii, v m²;

V vykurovaný objem budovy, v m³.

4.3 Vlhkosť v konštrukcii

Voda sa do konštrukcie môže dostať buď ako voda, alebo ako vodná para. Najvýznamnejšie zdroje sú zrážková voda, difúzia vodnej pary a kondenzovaná voda. Vlhkosť môže znížiť izolačné vlastnosti muriva a vlhkosť vo vnútornom prostredí negatívne pôsobí na zdravie človeka [28].

V prípade že konštrukcia oddeľuje dve prostredia s rozdielnymi čiastočnými tlakmi vodnej pary, môže dojsť k difúzii vodnej pary. Difúzia môže znížiť izolačné vlastnosti muriva a vlhkosť vo vnútornom prostredí negatívne pôsobí na zdravie človeka.



Obr. 5: Výpočtové schéma vlhkostrného toku [28]

Na obrázku (Obr. 5) je graficky vyjadrený priebeh čiastočného tlaku vodnej pary stenou, ktorá má šírku d a konštantný difúzny odpor. Dispozičný tlak pre difúzny tok vodnej pary p_{cd} je daný rozdielom čiastočných tlakov vodnej pary od vnútorného vzduchového prostredia p_{di} a od vonkajšieho vzduchového prostredia p_{de} . Hodnota čiastočných tlakov vodnej pary na vnútornom povrchu steny p_{dip} a vonkajším povrchom steny p_{dep} znižuje rozdiel vlhkostí u oboch prestupových plochách a platí [28]:

$$p_{cd} < (p_{dip} - p_{dep}) \quad (23)$$

V prípade že by skondenzovaná vodná para mohla ohroziť požadovanú funkciu konštrukcie, nemôže doísť k žiadnej kondenzácii vodnej pary $M_c = 0 \text{ kg/m}^2$.

Pokiaľ ide o konštrukciu, u ktorej kondenzácia vnútri konštrukcie nenarušila jej funkčnosť je nutné, aby skondenzované množstvo vodnej pary M_c , v kg/m^2 spĺňalo:

$$M_c \leq M_{c,N} \quad (24)$$

Pre jednoplášťovú strechu, alebo konštrukciu s difúzne málo priepustnými vonkajšími povrchovými vrstvami je daná normová hodnota $M_{c,N} = 0,10 \text{ kg/m}^2$, alebo 3% plošnej hmotnosti materiálu. Pre ostatné konštrukcie platí $M_{c,N} = 0,50 \text{ kg/m}^2$, alebo 5% plošnej hmotnosti materiálu [9].

4.4 Tepelná stabilita

Tepelná stabilita hodnotí vnútorné priestory z hľadiska vzostupu teploty v letnom období a pokles teploty v zimnom období.

4.4.1 Pokles teploty v zimnom období

Podľa normy ČSN 730540-2 sa požaduje, aby kritická miestnosť vo vnútornom prostredí na konci doby chladnutia t vykazovala pokles výslednej teploty v miestnosti v zimnom období $\Delta\theta_v(t)$, v $^\circ\text{C}$ podľa vzťahu [9]:

$$\Delta\theta_v(t) \leq \Delta\theta_{v,N}(t) \quad (25)$$

Tab. 9: Pokles výslednej teploty miestnosti v zimnom období [9]

Druh miestnosti	Pokles teploty $\Delta\theta_{v,N}(t)$ [°C]
S pobytom ľudí	
pri vykurovaní radiátormi, sálavými panelmi a teplotovzdušne	3
pri podlahovom vykurovaní	4
Bez pobytu ľudí	
pri prerušení vykurovacou prestávkou	6

4.4.2 Tepelná stabilita v letnom období

Tepelná stabilita miestnosti v letnom období je charakterizovaná najvyšším povoleným denným vzostupom teploty vzduchu v interiéri. Posudzuje sa podľa kritickej miestnosti, čo je miestnosť, ktorá má najväčšiu oslненú plochu orientovanú na Z, JZ, J, JV a V v pomere ku podlahovej ploche.

Kritická miestnosť musí vykazovať najvyššiu dennú teplotu vzduchu v miestnosti v letnom období $\theta_{ai,max}$ v °C, podľa vzťahu [9]:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (26)$$

Tab. 10: Požadované hodnoty najvyššej dennej teploty v letnom období [9]

Druh budovy	Najvyššia denná teplota vzduchu v miestnosti v letnom období $\theta_{ai,max,N}$ [°C]	
Nevýrobné	27,0	
Ostatné s vnútorným zdrojom tepla	do 25 W/m^3	29,5
	nad 25 W/m^3	31,5

5 TEPELNÉ STRATY A TEPELNÉ ZISKY

Na základe vypočítaných tepelných strát sa navrhuje tepelný výkon budovy. Podľa tejto hodnoty sa navrhuje a vykurovacía sústava. Naopak na základe výpočtu tepelných ziskov sa dá zistiť denný vzostup teploty a navrhuje sa chladenie budovy.

5.1 Tepelné straty

Tepelné straty a ich výpočty sú uvedené v norme ČSN EN 12831 [29].

Celková návrhová tepelná strata vykurovaného priestoru Φ_i [W] sa vypočíta zo vzťahu:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (27)$$

Kde: $\Phi_{T,i}$ je návrhová tepelná strata prestupom tepla, vo W;

$\Phi_{V,i}$ návrhová tepelná strata vetraním, vo W.

5.1.1 Návrhová tepelná strata prestupom tepla

Návrhová tepelná strata prestupom tepla $\Phi_{T,i}$ [W], pre vykurovaný priestor sa vypočíta z rovnice:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (28)$$

Kde: $H_{T,ie}$ je súčiniteľ tepelnej straty prestupom plášt'a budovy, vo W/K;

$H_{T,iue}$ súčiniteľ tepelnej straty prestupom nevykurovaným priestorom, vo W/K;

$H_{T,ig}$ súčiniteľ tepelnej straty prestupom do zeminy, vo W/K;

$H_{T,ij}$ súčiniteľ tepelnej straty z vykurovaného priestoru do priestoru vykurovaného na inú teplotu, vo W/K;

$\theta_{int,i}$ vnútorná výpočtová teplota, v °C;

θ_e vonkajšia výpočtová teplota, v °C.

5.1.2 Návrhová tepelná strata vetraním

Návrhová tepelná strata $\Phi_{V,i}$ [W], pre vykurovaný priestor sa vypočíta zo vzťahu:

$$\Phi_{V,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (29)$$

Kde: $H_{v,i}$ je súčiniteľ návrhovej tepelnej straty vetraním, vo W/K;

$\theta_{int,i}$ vnútorná výpočtová teplota, v °C;

θ_e vonkajšia výpočtová teplota, v °C.

Súčiniteľ návrhovej tepelnej straty vetraním $H_{v,i}$ sa vypočíta zo vzťahu:

$$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p \quad (30)$$

Kde: V_i je výmena vzduchu vo vykurovanom priestore, v m³/s;

ρ hustota vzduchu pri $\theta_{int,i}$, v kg/m³;

c_p merná tepelná kapacita vzduchu pri $\theta_{int,i}$, v kJ/(kg*K).

Pri predpoklade konštantnej hustote a mernej tepelnej kapacity sa dá rovnica (30) zjednodušiť na:

$$H_{v,i} = 0,34 \cdot V_i \quad (31)$$

Hygienické množstvo vzduchu $V_{min,i}$ [m³/h]

Minimálne množstvo vzduchu sa požaduje z hygienických dôvodov. V prípade že nie sú dostupné údaje minimálneho množstva vzduchu, $V_{min,i}$ sa určí z rovnice:

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad (32)$$

Kde: n_{min} je Minimálna intenzita výmeny vzduchu, v h⁻¹;

V_i objem vykurovanej miestnosti, m³.

Infiltrácia obvodovým plášťom budovy – množstvo vzduchu $V_{inf,i}$

Množstvo vzduchu infiltráciou $V_{inf,i}$ vykurovaného priestoru, spôsobené účinkom vztlaku na plášť budovy, sa vypočíta podľa vzorca:

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (33)$$

Kde: n_{50} je intenzita výmeny vzduchu pri rozdiely 50 Pa medzi vnútorným a vonkajším tlakom, v h⁻¹;

e_i tieniaci súčiniteľ;

ε_i výškový korekčný činiteľ, ktorý zohľadňuje zvýšenie rýchlosti prúdenia vzduchu.

Objem vetraného vzduchu sa určí s rovnice:

$$V_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, V_{min,i}) \quad (34)$$

5.2 Tepelné zisky

Tepelné zisky, alebo tepelná zát'az , je parameter, ktorý je nutné zohľadňovať pri návrhoch chladienia a vzduchotechniky. Tepelná zát'az môže byť od vnútorných, alebo vonkajších zdrojov.

5.3 Tepelné zisky od vnútorných zdrojov

Tieto zisky sú dané súčtom jednotlivých zdrojov tepla, ku ktorým je nutné prirátat' aj teplo, ktorým sa vzduch ohreje pri prúdení medzi chladičom a klimatizovanou miestnosťou.

5.3.1 Produkcia tepla od ľudí

Do produkcie tepla od ľudí Q_l [W], sa počíta iba citeľné teplo, ktorého hodnota je závislá na teplote vzduchu a činnosti človeka. Dá sa vypočítat' podľa vzorca:

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - \theta_i) \quad (35)$$

$$n_l = 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m \quad (36)$$

Kde: n_z je počet žien;

n_d počet detí;

n_m počet mužov;

θ_i teplota vnútorného vzduchu [30] .

5.3.2 Produkcia tepla od svietidiel

Produkcia tepla svietidiel Q_{sv} [W], sa počíta len pre priestory bez okien a miestnosti s vysokými požiadavkami na osvetlenie. U hlbokých miestností sa uvažuje umelé osvetlenie od vzdialenosti väčšej ako 5m od okna. U svietidiel sa predpokladá že sa ich celý príkon P [W] zmení na teplo. Produkcia tepla od svietidiel sa vypočíta zo vzťahu:

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (37)$$

Kde: P je celkový príkon stanovený z intenzity osvetlenia, vo W;

- c_1 súčiniteľ súčasnosti používania;
 c_2 zbytkový súčiniteľ, udáva pomer produkcie tepla k príkonu [30].

5.3.3 Produkcia tepla od technológie a elektronických zariadení

Produkcia tepla od technológii Q_m [W] sa stanoví pre výkon N [W] a jeho účinnosť η_m , z rovnice:

$$Q_m = c_1 \sum \left(c_2 c_3 \frac{N}{\eta_m} \right) \quad (38)$$

- Kde: c_1 je súčiniteľ súčasnosti chodu motorov;
 c_2 zbytkový súčiniteľ pri odsávaní (bez odsávania $c_2 = 1$);
 c_3 priemerné zaťaženie stroja [30].

5.3.4 Produkcia tepla od ventilátorov

$$Q_v = \frac{V * \Delta p}{\eta_v * \eta_m} \quad (39)$$

- Kde: V je prietok vzduchu ventilátorom, v m^3/s ;
 Δp celkový tlak ventilátoru, v Pa;
 η_v, η_m účinnosti ventilátoru a elektromotoru [30].

5.3.5 Produkcia tepla ohriatím vo vzduchovodoch

$$\Delta\theta = \frac{U_t \cdot A \cdot \Delta\theta_m}{1200 \cdot w \cdot S} \quad (40)$$

- Kde: U_t je súčiniteľ prechodu tepla vzduchovodu, vo Wm^2/K ;
 $\Delta\theta_m$ stredný rozdiel teplôt medzi vzduchom v potrubí a okolím, v K;
 A teplozmenná plocha vzduchovodu, v m^2 ;
 w rýchlosť prúdenia vzduchu vo vzduchovode, v m/s ;
 S prierez vzduchovodu, v m^2 [30].

5.4 Tepelné zisky z vonkajšieho prostredia

Vonkajšiu tepelnú záťaž predstavuje tepelný tok vyvolaný slnečnou radiáciou a teplotou vonkajšieho vzduchu. Tvoria ju tepelné zisky oknami, tepelné zisky stenami a tepelné zisky infiltráciou vonkajšieho vzduchu. Parametre potrebné na výpočty tepelných ziskov sú uvedené v norme ČSN 73 0548 [31].

5.4.1 Tepelné zisky oknami

Tepelné zisky oknami môžu byť buď prechodom, alebo radiáciou.

Prestup tepla prechodom okna Q_{ok} , [W] určíme z rovnice:

$$Q_{ok} = U_o A_o (\theta_e - \theta_{int}) \quad (41)$$

Kde: U_o je súčiniteľ prestupu tepla oknom, vo Wm^2/K ;

A_o plocha okennej výplne vrátane rámu, v m^2 ;

θ_e teplota na vonkajšej strane okna; v $^{\circ}C$;

θ_{int} teplota na vnútornej strane okna, v $^{\circ}C$.

5.4.2 Tepelné zisky infiltráciou vonkajšieho vzduchu

$$Q_v = V_v \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_e - \theta_{int}) \quad (42)$$

Kde: V_v je prívod čerstvého vzduchu, v m^3/s ;

ρ hustota vzduchu, v kg/m^3 ;

C merná tepelná kapacita vzduchu, v $J/(kg \cdot K)$.

5.4.3 Tepelné zisky stenami

Pre výpočet prestupu tepla sú využívané teploty na oboch stranách steny. Prestup tepla stenami závisí na ich zaradení do kategórií podľa váhy, na ľahké steny, stredne ťažké steny a ťažké steny.

6 ALTERNATIVNE ZDROJE ENERGIE

Spotreba energie znamená obrovský rast, nielen vďaka ďalšiemu rozvoju vyspelých zemí, ale aj zvyšovanie životnej úrovne rozvojových zemí. S toho dôvodu je isté, že za pár desiatok rokov tradičné zdroje energie ako ropa, zemný plyn alebo uhlie budú vyčerpané. Jednou z možností je využívanie alternatívnych (obnoviteľných) zdrojov energie.

6.1 Veterná energia

Vietor je všadeprítomný zdroj energie, prevažne využívaný na výrobu elektrickej energie. Je to prúdenie vzduchu, vznikajúce následkom vyrovnávania rozdielnych tlakov vzduchu, ktoré sú spôsobené nerovnomerným zahrievaním atmosféry zeme. V prízemných vrstvách je prúdenie vzduchu dosť ovplyvňované členitosťou povrchu, v dôsledku čoho sa vzduch nepohybuje rovnomerne. Veterné elektrárne sa často nachádzajú na kopcoch, alebo iných vyvýšených miestach, čo výrazne ovplyvňuje rýchlosť vetra [32].

Vietor môžeme charakterizovať dvomi veličinami a to rýchlosťou a smerom.

Tab. 11: *Baufortova tabuľka rýchlosti vetra [32]*

Sila vetru	Rýchlosť v m/s	Označení
0	0-0.2	bezvetrie
1	0.3-1.5	vánok
2	1.6-3.3	slabý vietor
3	3.4-5.4	mierny vietor
4	5.5-7.9	dosť čerstvý vietor
5	8.0-10.7	čerstvý vietor
6	10.8-13.8	silný vietor
7	13.9-17.1	prudký vietor
8	17.2-20.7	búrliový vietor
9	20.8-24.4	víchrice
10	24.5-28.4	silná víchrice
11	28.5-32.6	mohutná víchrice
12	32.7-36.9	orkán

6.2 Slniečná energia

Slniečná energia sa na zem dostane takmer výhradne ako elektromagnetické žiarenie. Slniečné žiarenie, ktoré dorazí na planétu je približne z jednej tretiny odrazené do medziplanetárneho priestoru. Ostávajúca časť je pohltaná atmosférou, vodou, pevninou a podobne [33].

Na celkové energetické potreby ľudstva by teoreticky stačilo len približne 0,01 % slnečnej energie pohltenej planétou. Energia potrebná pre celú biosféru je približne 0,075 % a energia potrebná na udržanie vzdušných prúdov 0,832 % . Množstvo energie dopadajúce na zem je veľmi nestále. Vo veľkej miere závisí na geografickej polohe a čase [33].

Na obežnej dráhe Zeme je intenzita slnečného žiarenia dopadajúca na plochu 1 m^2 umiestneného kolmo k smeru šírenia necelých $1,4\text{ kW/m}^2$. Táto hodnota sa nazýva slnečná konštanta. Na povrchu zeme je táto hodnota podstatne menšia. V prípade porovnávania hustoty výkonu na jednotku plochy v prípade klasických fotovoltaických elektrární s klasickými tepelnými, vodnými alebo jadrovými, zistíme že je veľmi nízka. To je jedna z hlavných nevýhod tohto spôsobu výroby elektrickej energie [33].

Priame slnečné žiarenie môže slúžiť na výrobu tepla alebo elektrickej energie. Hlavné výhody solárnych systémov na výrobu teplej vody sú:

- Ekologická príprava teplej vody, ktorá znižuje závislosť na ostatných zdrojoch.
- Dochádza k zníženiu spotreby primárnych palív.
- Využíva sa miestny obnoviteľný zdroj.

Základné problémy pri využívaní slnečného žiarenia pre energetické účely:

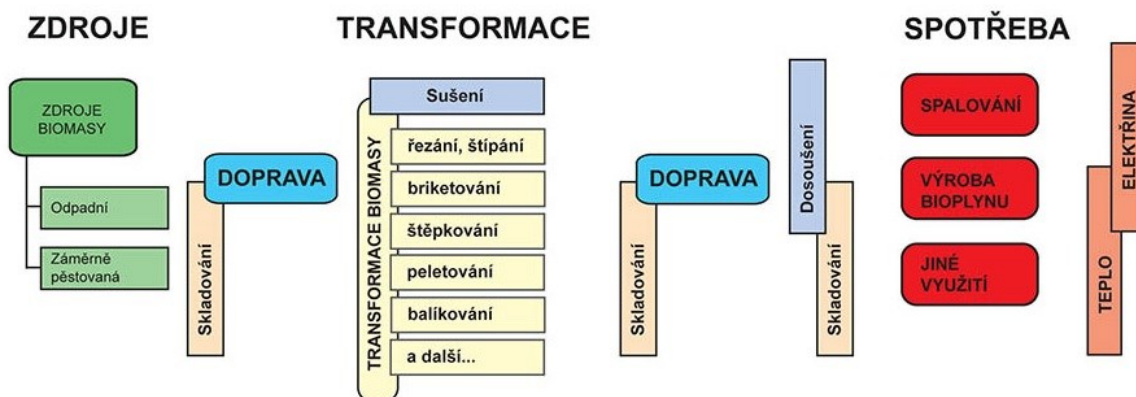
- Nerovnomerné osvetlenie povrchu zeme.
- Nesúlad medzi výrobou a potrebou.
- Nutnosť akumulácie energie a jej ďalšej distribúcie.
- Malá hustota energie na jednotku plochy.
- Vysoké investičné náklady [33].

Systémy využitia slnečnej energie:

- Pasívne – vonkajší plášť je konštruovaný, aby zachytil veľké množstvo slnečnej energie a posilňoval tepelné zisky budovy.
- Aktívne
 - Fototermický – premena slnečnej energie na tepelnú energiu ohrievaním pracovného média.
 - Fotovoltaický – premena slnečnej energie na elektrickú pomocou polovodičových súčiastok v špeciálnych paneloch [33].

6.3 Energia biomasy

Biomasa je biologicky odbúrateľná časť materiálu, výrobku, odpadu a zbytkov z poľnohospodárstva vrátane rastlinných a živočíšnych látok. Do biomasy môžeme zaradiť drevnaté odpady, zbytky z úrody, ale aj exkrementy úžitkových zvierat na výrobu bioplynu. Všeobecne môžeme premenou, alebo spracovaním biomasy získavať teplo, elektrinu, alebo kvapalné palivá.



Obr. 6: Cyklus spracovania, transformácie a využitia biomasy [34]

Energiu biomasy získavame najčastejšie spaľovaním, ďalšie možnosti sú predovšetkým chemické alebo biologické. Spáliteľná biomasa sa dá získať v rôznych podobách, s rôznym stupňom prácnosti a teda aj nákladov na jej zaobstaranie. S ohľadom na stále náročnejšie požiadavky na ochranu ovzdušia, došlo k štandardizácii paliva. Klasické kusové drevo sa spracováva tak, aby proces horenia bol lepšie riaditeľný a tým sa znižovali škodliviny v spaľinách [34].

6.4 Tepelné čerpadlá

Tepelné čerpadlá sa radia medzi alternatívne zdroje energie. Odnímajú teplo z okolného prostredia a prevádzajú ho na vyššiu teplotnú hladinu a následne umožňujú teplo využiť pre vykurovanie, alebo ohrev teplej vody. Tepelné čerpadlo sa väčšinou skladá z dvoch častí a to vnútornej a vonkajšej. Vnútorňa zložka zaisťuje predávanie tepla do vykurovacieho systému. Vonkajšia časť zaisťuje odoberanie tepla zo zdroja. Ako zdroj tepelné čerpadlá využívajú zem, vzduch, alebo vodu. U čerpadiel, ktoré využívajú teplo zo zeme, alebo s vody, nie je vonkajšia časť súčasťou dodávky od výrobcu. V prípade využitia vonkajšieho vzduchu, výrobca dodá vonkajšiu jednotku aj prepojujacie potrubie [35].

6.4.1 Princíp funkcie tepelného čerpadla

V zemi, vode a vzduchu je obsiahnuté veľké množstvo tepla. Tepelná hladina tohto tepla je ale veľmi nízka na to, aby umožnila priame využitie pre vykurovanie, alebo ohrev vody. Pri použití tepelného čerpadla dochádza k ochladzovaniu zdrojovej látky o niekoľko stupňov, čím odoberieme teplo, ktoré použijeme na ohrev inej látky, ako napríklad teplej úžitkovej vody [35].

Tepelné čerpadlo pracuje na princípe uzavretého chladiaceho okruhu. Teplo sa na vonkajšej strane odoberá (zo vzduchu, zemskej kôry, vzduchu) a na vnútornej strane predáva do vykurovacích systémov. Na prečerpanie tepla, teda na prevádzku tepelného čerpadla je potrebné dodať určité množstvo energie. Prakticky to znamená že tepelné čerpadlo spotrebovávajú pre pohon kompresoru elektrickú energiu, ktorej množstvo nie je zanedbateľné, preto sa dá tepelné čerpadlo považovať za alternatívny zdroj iba čiastočne. Spotreba energie čerpadla je približne tretinová oproti vyprodukovanej [35].

Tepelné čerpadlá sa dajú rozdeliť na tri kategórie podľa látky s ktorej odoberajú teplo.

Teplo zo vzduchu:

- Vzduch – voda > Tepelné čerpadlo odoberá energiu priamo z vonkajšieho vzduchu a získané teplo využíva na ohrev vody vo vykurovacom systéme, alebo zásobníku teplej vody.
- Vzduch – vzduch > Tepelné čerpadlo odoberá teplo z vonkajšieho vzduchu a ohrieva vzduch vnútri budovy.
- Vetrací vzduch – voda > Tepelné čerpadlo odoberajúce teplo z odpadného vetracieho vzduchu. Odvetrávaný vzduch je tepelným čerpadlom ochladený a odobrané teplo je použité pre ohrev čerstvého vzduchu, alebo pre vykurovanie, či ohrev teplej vody [36].

Teplo zo zeme:

- Zem – voda (plocha) > Tepelné čerpadlo odoberá teplo z plochy záhrady. Pod povrchom záhrady sú uložené plastové hadice naplnené nemrznúcou zmesou, ktorá prenáša teplo medzi zemou a tepelným čerpadlom.
- Zem – voda (vrt) > Tepelné čerpadlo odoberá teplo z hĺbky pod povrchom zeme. Vo vrte je zapustená plastová sonda naplnená nemrznúcou zmesou, ktorá prenáša teplo medzi zemou a tepelným čerpadlom [36].

Teplo z vody:

- Voda – voda (studne) > Tepelné čerpadlo odoberá teplo zo spodnej, alebo geotermálnej vody. Voda je zo studne čerpaná do výmenníku tepelného čerpadla a po ochladení vrátená späť do zeme.
- Zem – voda (vodná plocha) > Tepelné čerpadlo odoberá teplo z vodnej plochy. Na dne vodnej plochy sú uložené plastové hadice naplnené nemrznúcou zmesou, ktorá prenáša teplo medzi vodou a tepelným čerpadlom [36].

7 SYSTÉMI TECHNIKY PROSTREDIA

Do systémov techniky prostredia radíme systémy vytvárajúce a udržujúce optimálne mikroklíma v budovách. Systémy, ktoré vytvárajú vnútorné prostredie v budovách sú predovšetkým vetranie, vykurovanie a klimatizácia. Vzhľadom na to, že v riešenom objekte nebude využité strojové chladenie ani riadené vetranie, bude táto kapitola zameraná predovšetkým na vykurovanie.

7.1 Vykurovanie

Každý objekt je potrebné v zimných a prechodných mesiacoch vykurovať. Vykurovanie má vplyv na vnútornú teplotu a tepelnú pohodu.

Vykurovanie obytných budov sa dá rozdeliť na niekoľko druhov:

- Lokálne vykurovanie
- Etážové vykurovanie
- Ústredné vykurovanie
- Diaľkové vykurovanie
- Vykurovanie vykurovacími telesami
- Podlahové vykurovanie [37]

Lokálne vykurovanie

Patrí medzi najjednoduchší druh vykurovania. Zdrojom je ohrievač, ktorý je zároveň aj vykurovacím telesom. Tento druh vykurovania sa zvyčajne používa v objektoch s občasným využívaním, alebo v menších účelových objektoch. Výhodou je rýchla inštalácia, bez nutnosti budovania rozvodných systémov [37].

Etážové vykurovanie

Vykurovací systém založený na jednom ohrievači, ktorý vyrába teplo rozvádzané trúbkovými rozvodmi tepla do vykurovacích telies nachádzajúcich sa v rovnakej rovine ako ohrievač [37].

Ústredné vykurovanie

Najčastejšie využívaný systém vykurovania. Ohrievač je umiestnený v samostatnej miestnosti (kotolni) a rozvodmi vykurovania je teplo rozvádzané do ďalších poschodí domu., kde je predávané do miestností zostavou vykurovacích telies [37].

7.1.1 Podlahové vykurovanie

Vykurovacia podlahová plocha poskytuje niekoľko variant. Varianty sa delia buď podľa spôsobu prevedenia vykurovacej plochy alebo podľa tvarovania vykurovacieho hada.

Podľa spôsobu prevedenia vykurovacej plochy:

- Prevedenie suchým spôsobom
- Prevedenie mokrým spôsobom

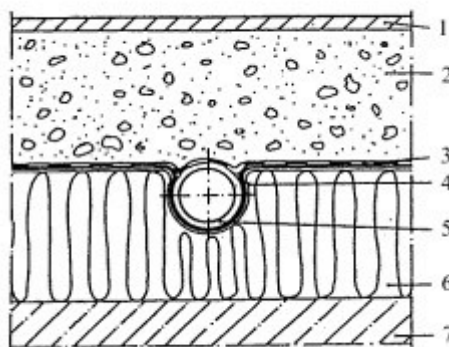
Podľa tvarovania vykurovacieho hada:

- V tvare meandru
- V tvare plošnej špirály
- Prevedenie cez modulové klíma dosky, alebo obdobné prvky [38]

Suchý spôsob

Pri tomto spôsobe je potrubie uložené do izolačnej dosky pod betónovú dosku. Od cementového poteru sú trúbky oddelené špeciálnou vrstvou. Kovová lamela pod hydroizolačnou fóliou zvyšuje pevnosť podlahy a umožňuje rovnomerný rozvod tepla.

Podlaha vytvorená na suchý spôsob pracuje s vyššími teplotami vykurovacej vody. Privádzaná voda má teplotu od 40 do 70 °C. Tento spôsob je využívaný v priestoroch, kde postačujú nižšie merné tepelné výkony do 50 W/m² [38].

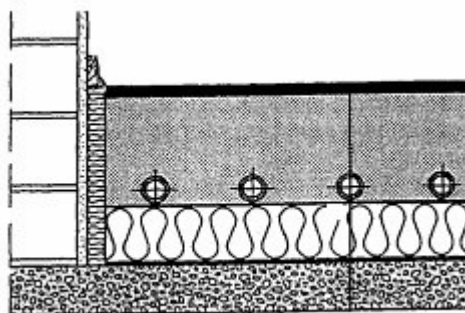


Obr. 7: Podlahové vykurovanie na suchý spôsob [38]

Na obrázku (obr. 7) sú jednotlivé vrstvy : 1 – podlahová krytina, 2 – cementový poter, 3 – hydroizolácia, 4 – fólia, 5 – vykurovací had, 6 – tepelná izolácia, 7 – nosná podlaha.

Mokrý spôsob

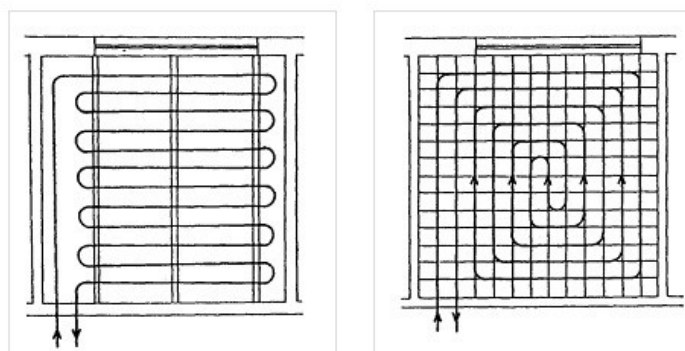
Vykurovací had je zaliaty priamo v betónovej mazanine nad tepelne-zvukovou izoláciou. Predpokladaná teplota vykurovacej vody je 35 – 55 °C. Podlaha pracuje s tepelným výkonom nad 50 W/m² [38].



Obr. 8: Podlahové vykurovanie na mokrý spôsob [38]

Pri meandrovom spôsobe uloženia vykurovacieho hada klesá teplota vykurovacej vody od obvodovej konštrukcie k vnútornej stene, čo umožňuje rovnomerné rozloženie teplôt. Oblúky sa tvarujú pod uhlom 180° [38].

Pri špirálovom uložení je povrchová teplota podlahy na celej ploche rovnomerná. Nevýhodou je pokles vnútornej teploty vzduchu v horizontálnom smere od vnútornej konštrukcie k obvodovej konštrukcii [38].



Obr. 9: Meandrový a špirálový spôsob uloženia [38]

7.1.2 Výpočet výkonu podlahového vykurovania

Tepelná priepustnosť vrstiev nad trúbkami U_a vo W/m²K:

$$U_a = \frac{1}{\sum \frac{S_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_p}} \quad (43)$$

Kde: S_i je hrúbka i-tej vrstvy, v m;

λ_i súčiniteľ tepelnej vodivosti i-tej vrstvy, vo W/(m*K);

h_p súčiniteľ prechodu tepla na povrchu, vo W/m²K.

Tepelná priepustnosť vrstiev pod trúbkami U_b v W/m²K:

$$U_b = \frac{1}{\sum \frac{S_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h'_p}} \quad (44)$$

Kde: h'_p je súčiniteľ prechodu tepla na spodnej strane vykurovanej podlahy, vo W/m²K.

Charakteristické číslo podlahy m v m⁻¹:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (U_a + U_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} \quad (45)$$

Kde: λ_d je súčiniteľ tepelnej vodivosti materiálu do ktorého sú zaliate trúbky, vo W/(m*K);

d vonkajší priemer trúbok.

Stredná povrchová teplota θ_p v °C:

$$\theta_p = \frac{U_a}{h_p} \cdot (\theta_m - \theta_i) \cdot \frac{\operatorname{tgh} \left(m \cdot \frac{l}{2} \right)}{m \cdot \frac{l}{2}} + \theta_i \quad (46)$$

Kde: θ_m je stredná teplota vykurovacej vody, v °C;

θ_i výpočtová vnútorná teplota, v °C;

U_a tepelná priepustnosť vrstiev nad trúbkami, vo W/m²K;

h_p súčiniteľ prechodu tepla na povrchu, vo W/m²K;

L rozteč trúbok, v m.

Merný tepelný výkon vykurovacej plochy:

$$q = h_p \cdot (\theta_m - \theta_i) \quad (47)$$

Merný tepelný tok podlahovej vykurovacej plochy smerom dole pri rovnakých vnútorných teplotách nad aj pod vykurovacou plochou:

$$q' = U_b \cdot \frac{h_p}{U_a} \cdot (\theta_m - \theta_i) \quad (48)$$

Pri rozdielnych teplotách na oboch stranách podlahy sa tepelný tok vypočíta zo vzťahu:

$$q' = U_b \cdot \frac{h_p}{U_a} \cdot (\theta_m - \theta_i) + U_b \cdot (\theta_i - \theta'_i) \quad (49)$$

Tepelný výkon okrajovej plochy Q_o vo W :

$$Q_o = Q_p \cdot \frac{O_p}{S_p} \cdot \frac{0,448 \cdot l}{\operatorname{tgh} \left(m \cdot \frac{l}{2} \right)} \quad (50)$$

Kde: O_p je obvod vykurovacej podlahovej plochy vymedzený krajnými trúbkami, v m;

S_p Vykurovacia podlahová plocha, v m².

Celkový tepelný príkon vykurovacej plochy Q_p , vo W:

$$Q_p = S_p \cdot (q + q') \quad (51)$$

Stredná teplota môže byť maximálne o 9 K vyššia ako teplota miestnosti. V okrajových zónach maximálne 15 K [38].

7.2 Príprava teplej vody

Navrhovanie a projektovanie zariadení na ohrev vody je stanovené normou ČSN 06 0320. V tejto norme je popísané projektovanie zariadení pre ohrev vody, určenej na umývanie osôb, pranie, upratovanie a umývanie riadu [40].

Prípravu teplej vody sa člení:

Podľa spôsobu predávania tepla:

- Priame ohrievanie – zmiešavanie vody s vodnou parou, alebo teplou vodou
- Nepriame ohrievanie – ohrievanie sa deje pomocou prestupu tepla

Podľa miesta ohrevu:

- Miestne ohrievanie – voda sa ohrieva v mieste odberu

- Ústředné ohřevání – voda sa ohřeva v domácej alebo okrskovej kotolni

Podľa konštrukcie zariadenia:

- Zásobníkové ohřevání – voda sa ohřeva do zásoby, slúži k vyrovnaniu množstva ohriatej a odoberanej teplej vody behom časového obdobia
- Prietokové ohřevání – voda sa ohřeva v prietokovom ohřevači len pri jej prietoku
- Zmiešané ohřevání – prietokové ohřevání vody je doplnené zásobníkom pre pokrytie krátkodobých odberových špičiek

Podľa možnosti ohřevu s rôznych zdrojov tepla:

- Jednoduché ohřevání – teplo je dodávané z jedného zdroja tepla
- Kombinované ohřevání – voda môže byť ohřevaná v jednom okamžiku viacerými zdrojmi tepla

Podľa prevádzkového tlaku:

- Beztlakové
- Tlakové [40]

Teplá voda v mieste ohřevu by mala dosahovať 50 – 55 °C. Pre zamedzenie tvorby baktérii *Legionella pneumophila* sa odporúča pri zásobníkových ohřevoch periodicky zvyšovať teplotu na 70 °C. [40]

7.2.1 Výpočty na prípravu teplej vody

Výpočty pre prípravu teplej vody sa udávajú na jednu periódu, čo je 24 hodín.

K určení parametrov pre prípravu teplej vody je potrebné stanoviť jej potrebu V_{2P} , v m³, ktorá sa stanoví pre umývanie osôb V_o , umývanie riadu V_j , a upratovanie V_u v m³ :

$$V_{2P} = V_o + V_j + V_u \quad (52)$$

Teplo odobrané z ohřevača teplej vody behom jednej periódy sa stanoví zo vzorca:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = (1 + z) \cdot Q_{2p} = \frac{(1 + z) \cdot V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000} \quad (53)$$

Kde: Q_{2p} je teplo odobrané z ohřevača teplej vody, v kWh/deň;

Q_{2t} teoretické teplo odobrané z ohřevača teplej vody, kWh/deň;

Q_{2z} teplo stratené pri ohřeve a distribúcii, v kWh/deň;

- z pomerová strata pri ohreve teplej vody;
- V_{2p} celková potreba teplej vody, v m³/deň;
- ρ hustota vody pri strednej teplote zásobníka, v kg/m³;
- c merná tepelná kapacita, v J/kgK;
- t_1 teplota studenej vody (10 °C), v °C;
- t_2 teplota teplej vody (55 – 60 °C), v °C.

Objem zásobníka teplej vody sa určí pomocou kriviek dodávok a odberu tepla pomocou nasledujúceho vzťahu:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)} \cdot 3600 \cdot 1000 \quad (54)$$

Kde: V_z je Objem zásobníka teplej vody, v m³;

ΔQ_{max} maximálny rozdiel tepla medzi krivkou dodávky a krivkou odberu tepla.

7.3 Zabezpečovacie zariadenia teplovodných vykurovacích sústav

Podľa normy ČSN 06 0830, musí byť každý zdroj tepla vybavený neuzatvárateľným pripojeným poistným zariadením a celá sústava musí byť vybavená expanzným zariadením.

Základným predpokladom pre návrh poistných zariadení je nutnosť odvieť zo zdroja poistný výkon Q_p , v kW, ktorý je daný vzťahmi:

Pre výmenníky:

$$Q_p = 2 \cdot Q_n \quad (55)$$

Pre ostatné zdroje:

$$Q_p = Q_n \quad (56)$$

Kde: Q_n je menovitý výkon kotla, v kW.

Poistný prietok \dot{m}_p , v kg/h, pre vodu je daný vzťahom:

$$\dot{m}_p = Q_p \quad (57)$$

Poistný prietok \dot{m}_p , v kg/h, pre paru je daný vzťahom:

$$\dot{m}_p = 10^3 \frac{Q_p}{r} \quad (58)$$

Kde: r je výparné teplo pri otváracom pretlaku poistného ventilu, vo Wh/kg.

Norma ČSN 13 4309 určuje umiestnenie ventilov a taktiež udáva spôsob výpočtu prierezu sedla poistného ventilu S_o , v mm². Výpočet prierezu sedla ventilu pre vodu:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \sqrt{p_{ot}}} \quad (59)$$

Pre paru platí vzťah:

$$S_o = \frac{Q_p}{\alpha_v \cdot K} \quad (60)$$

Kde: α_v je výtokový súčiniteľ poistného ventilu;

K Konštanta, závislá na stave sýtej vodnej pary pri p_{ot} , v kW/mm²;

p_{ot} otvárací pretlak ventilu, v kPa;

Ďalším dôležitým parametrom je vnútorný priemer poistného potrubia d_v , v mm, ktorý je pre vodu definovaný vzťahom:

$$d_v = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p} \quad (61)$$

7.3.1 Expanzné zariadenie

Výpočet objemu expanzného zariadenia sa vypočíta postupnými výpočtami jednotlivých tlakov.

Najnižší prevádzkový tlak P_o v baroch [b], musí spĺňať podmienku:

$$P_o \geq P_{stat} + 0,2 \quad (62)$$

Kde: P_{stat} je statický tlak v systéme.

Plniaci tlak P_{ini} , v baroch:

$$P_{ini} = P_o + 0,3 \quad (63)$$

Maximálny tlak v systéme P_{fin} , v baroch musí spĺňať podmienku:

$$P_{fin} \leq P_{sv2} - h_1 \cdot \rho \cdot g \quad (64)$$

Kde: P_{sv2} je zatvárací tlak poistného ventilu, v b;

h_1 výška najvyššieho bodu v systéme, v m;

ρ hustota tekutiny v sústave, kg/m³;

g gravitačné zrýchlenie (9,81), v m/s²;

Súčiniteľ expanzie e :

$$e = 1 - \left(\frac{\rho_{min}}{\rho_{max}} \right) \quad (65)$$

Kde: ρ_{max} je maximálna hustota tekutiny, v kg/m³;

ρ_{min} minimálna hustota tekutiny, v kg/m³.

Expanzný objem V_{exp} , v l:

$$V_{exp} = V_{systému} \cdot e \quad (66)$$

Kde: $V_{systému}$ je objem tekutiny v systéme, v l.

Objem vodnej rezervy V_{wr} , v m³:

$$V_{wr} \geq V_{exp} \cdot 0,2 \quad (67)$$

Minimálny objem expanznej nádoby V_{Nmin} , v l:

$$V_{Nmin} = (V_{exp} + V_{wr}) \frac{P_{fin} + 1}{P_{fin} - P_0} \quad (68)$$

Po vypočítaní potrebného objemu expanznej nádoby vždy vyberáme najbližšiu vyššiu hodnotu objemu nádoby.

7.3.2 Autorita armatúry

Autorita P_v je definovaná ako pomer tlakovej straty ventilu pri plnom otvorení, ku tlakovej strate ventilu pri plnom uzavretí [41].

$$P_v = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v0}} \quad (69)$$

Kde: Δp_{v100} je tlaková strata ventilu pri plnom otvorení, v Pa;

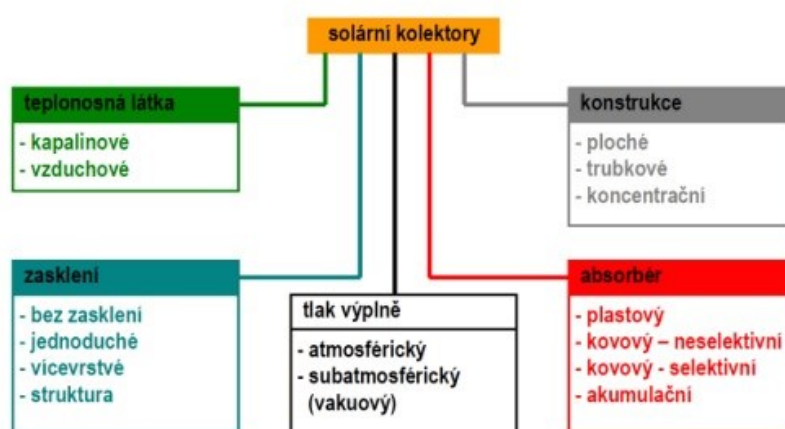
Δp_{v0} tlaková strata ventilu pri plnom uzavretí, v Pa.

7.4 Solárna sústava

Solárny tepelný kolektor je zariadenie určené k pohlteniu slnečného žiarenia a jeho premene na tepelnú energiu, ktorá je predávaná teplotnej látke, pretekajúcej kolektorom [42].

7.4.1 Typy solárnych kolektorov

Solárne kolektory sa dajú rozdeliť podľa rady hľadísk (obr. 10). Z uvedeného rozdelenia vyplývajú konštrukčné kombinácie, s ktorými je možné sa v praxi stretnúť.



Obr. 10: Rozdelenie solárnych kolektorov [42]

- Plochý nekrytý kolektor – plastová rohož bez zasklenia s vysokými tepelnými stratami závislými na vonkajších podmienkach.
- Plochý neselektívny kolektor – zasklený doskový kolektor s kovovým absorbéróm so spektrálne neselektívnym povlakom.
- Plochý selektívny kolektor – zasklený doskový kolektor s kovovým absorbéróm so spektrálne selektívnym povlakom a s tepelnou izoláciou na bočnej a zadnej strane kolektorovej skrine.
- Plochý vákuový kolektor – zasklený doskový kolektor v tesnom prevedení s kovovým absorbéróm so spektrálne selektívnym povlakom a tlakom vo vnútri kolektoru nižším ako atmosférický tlak v okolí kolektoru pre zaistenie nízkej tepelnej straty.
- Trúbkový jednostenný vákuový kolektor – kolektor s plochým spektrálne selektívnym absorbéróm umiestneným vo vákuovanej sklenenej trúbke. Výrazné obmedzenie tepelných strát a vysoký prenos tepla z absorbéróm do teplotnej kvapaliny.
- Sústreďujúci kolektor – kolektor v ktorom sú použité zrkadlá, šošovky alebo ďalšie optické prvky k usmerneniu a sústreďeniu priameho slnečného žiarenia [42].

7.4.2 Výpočty pre návrh solárnej sústavy

Výkon solárneho kolektoru sa vypočíta z rovnice:

$$Q_k = \dot{m} \cdot c \cdot (t_{k2} - t_{k1}) \quad (70)$$

Kde: \dot{m} je hmotnostný prietok teplonosnej kvapaliny, v kg/s;

c merná tepelná kapacita teplonosnej kvapaliny, v J/(kgK)

t_{k1} teplota na vstupe do solárneho kolektoru, v °C;

t_{k2} teplota na výstupe zo solárneho kolektoru, v °C.

Účinnosť solárneho kolektoru η je za ustálených podmienok definovaná :

$$\eta = \frac{Q_k}{G * A_k} \quad (71)$$

Kde: G je slnečné ožiarenie, vo W/m²;

A_k plocha kolektoru, v m².

Výpočet plochy slnečných kolektorov:

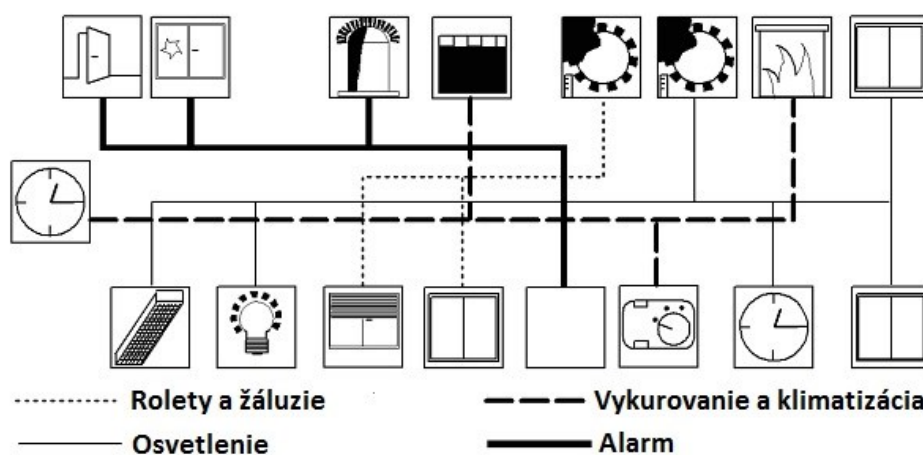
$$S = \frac{Q_k}{P_{den}} \quad (72)$$

Kde: P_{den} je denné množstvo slnečného žiarenia. V kWh [43].

8 ELEKTROINŠTALÁCIA

8.1 Klasická elektroinštalácia

Klasická elektroinštalácia je určená pre pevné spotrebiče a svetelné rozvody. Nie sú tu posielané žiadne informácie, spínaný je priamo obvod príslušného spotrebiča. Všetky zmeny v klasickej elektroinštalácii znamenajú ďalšie náklady a stavebné úpravy. Každý systém vyžaduje samostatné vedenie a každý riadiaci systém má vlastnú komunikačnú sieť [44].



Obr. 11: Schéma klasickej elektroinštalácie [44]

Výhody:

- Vhodná pre jednoduché inštalácie
- Finančná nenáročnosť pre jednoduché inštalácie
- Možnosť výberu z množstva realizačných firiem

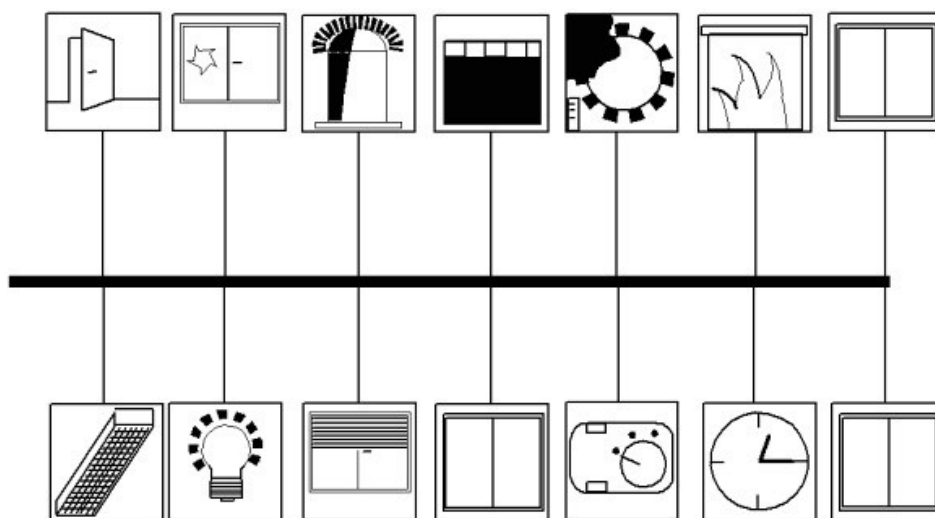
Nevýhody

- Nevhodná pre zložité inštalácie
- Finančná náročnosť pre zložité inštalácie
- Neprehľadnosť kabeláže
- Problémy pri vzájomnom prepojení [44]

8.2 Inteligentné elektroinštalácie

Slúžia k ovládaniu a riadeniu všetkých procesov a technológií, s ktorými je možné sa v objektoch a budovách stretnúť. Hlavnou úlohou inteligentnej elektroinštalácie je komplexné riešenie použitia samostatných technológií do jedného funkčného celku. Tento systém môže

riešiť všetko od vykonávania meraní a regulácie vykurovacích systémov, ovládania osvetlenia, riadenie pohonu okenných roliet, spínať ventiláciu a podobne, až po vizualizáciu celej využívanej technológie. Inteligentná elektroinštalácia je navrhnutá modulárne, čo znamená že jednotliví účastníci sú vzájomne prepojený zbernicovým káblom. Všetky ovládacie prvky v systéme sú pripojené na dvojvodičové vedenie [44].



Obr. 12: Schéma zapojenia inteligentnej elektroinštalácie [44]

Inteligentná elektroinštalácia je zavedená z dôvodu vyšších požiadavkou na flexibilitu, komfort inštalácie a montážne zjednodušenie vysoko náročných elektrických inštalácií v spojení s minimalizáciou spotreby energie [44].

Výhody:

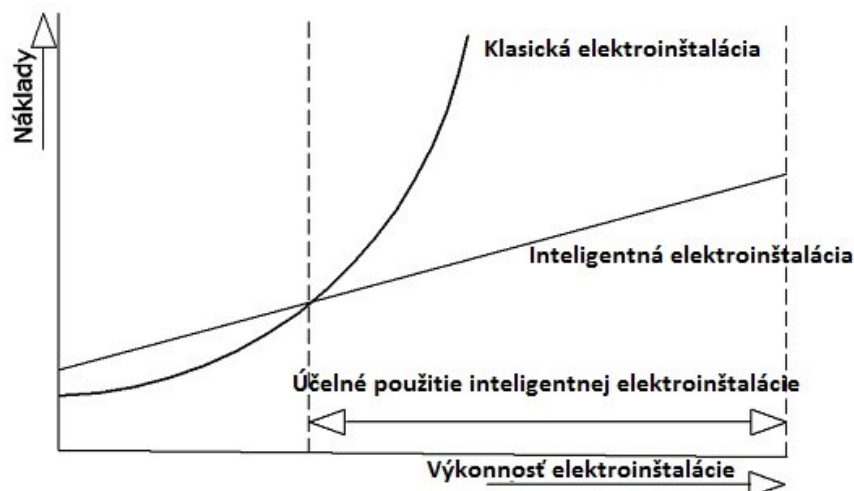
- Medzi hlavné výhody patrí poskytovaný komfort v riadení, ovládaní a riadení spotreby energie.
- Možnosť ľubovoľného rozšírenia
- Jednoduchosť kabeláže
- Možnosť dodatočného prispôsobenia

Nevýhody:

- Veľké finančné náklady pri malých alebo jednoduchých systémoch
- Malá rozšírenosť – vysoké náklady za inštalačné materiály
- Nedostatok odborných firiem na trhu [44].

8.3 Porovnanie inteligentnej a klasickej elektroinštalácie

Výber klasickej alebo inteligentnej elektroinštalácie závisí na závislosti nákladov na výkonnosti elektroinštalácie. Klasickou elektroinštaláciou je možné zaistiť väčšinu požiadavkou na elektrické vybavenie budov [44].



Obr. 13: Závislosť nákladov na výkonnosti elektroinštalácie [44]

Inteligentné elektroinštalácie majú oproti klasickým vyšší komfort, sú jednoduchšie a umožňujú ľahké projektovanie a dodatočné rozšírenie systémov o ďalšie prvky. Inteligentné inštalácie sú vybavené funkciami centrálného ovládania všetkých zariadení v budove a oproti klasickým dosahujú optimálnu spotrebu energie [44].

8.4 KNX

Asociácia KNX bola založená v roku 1999. Vznikla ako združenie troch bývalých asociácií na podporu inteligentných aplikácií pre domy a budovy.

KNX je decentralizovaný systém so zbernicovou topológiou, v ktorom má každý účastník vlastnú inteligenciu. Do jedného systému KNX je možné pripojiť viac ako 58000 prístrojov.

Konfigurácia KNX môže mať 2 režimy. Jednoduchý (E) režim a systémový (S) režim. Pri jednoduchom systéme sú prístroje dodané s nahraným programom, konfigurácia prebieha prostredníctvom lokálnych tlačidiel, prípadne prostredníctvom centrálného kontroléra. Pri jednoduchom režime nie je potrebný software na PC. Je vhodný pre inštalácie stredného rozsahu, ale prístroje majú obmedzenú funkcionálnosť. V systémovom režime je projektovanie a konfigurácia inštalácie vypracovaná na počítači s nainštalovaným softwarom ETS.

Produktové dáta použitých prístrojov musia byť importované do databáze ETS od príslušných výrobcov [45].

8.5 LonWorks

LonWorks, skrátene LON – Local Operating Network, je univerzálna technológia pre decentralizované systémy riadenia s distribuovanou inteligenciou. Tento štandard bol založený firmou Echelon v roku 1986. Na vývoji sa podieľa približne 160 firiem, prevažne zo Severnej Ameriky, Európy, Číny a Japonska. Percentuálne zastúpenie aplikácii využívajúcich LON je:

- Automatizácia budov – 35%
- Priemyslová automatizácia – 35%
- Automatizácia domácností – 15%
- Ostatné (doprava, distribúcia) – 2% [45]

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

9 POPIS A PARAMETRE OBJEKTU

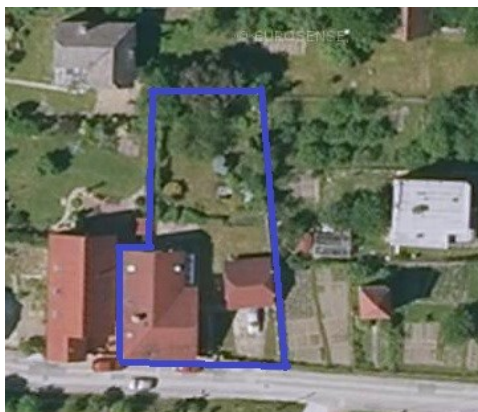
9.1 Popis objektu a okrajové podmienky

Rodinný dom sa nachádza v prímestskej časti mesta Žilina - Zádubnie. Mestská časť sa nachádza na menšom kopci. Ide o dom s pivnicou, jedným nadzemným podlažím a podkrovím.

Tab. 12: Okrajové podmienky objektu

Nadmorská výška	435 m. n. m.
Počet vykurovacích dní	212 dní
Priemerná vonkajšia teplota počas vykurovacieho obdobia	3,86 °C
Vonkajšia teplota pri ktorej sa zahajuje vykurovanie	13 °C
Návrhová vonkajšia teplota	-15 °C

Popis objektu



Obr. 14: Letecký snímok pozemku

Rodinný dom sa nachádza v mestskej časti mesta Žilina. Dom má vlastnú záhradu, prípojku na vodu a zemný plyn. Južná strana je zároveň hranicou pozemku a priamo susedí s pozemnou komunikáciou.

Rodinný dom vznikol celkovou prestavbou starého domu v roku 1998, s ktorého ostala pôvodná len pivnica. Objekt je určený na celoročné užívanie pre jednu päť člennú rodinu, prípadne dve menej početné rodiny. Celková výmera domu je 151,5 m², obostavaný priestor má objem 890 m³. Pivnica nie je pod celou plochou domu, tvorí ju jedna miestnosť, ktorá je užívaná len ako technická miestnosť a sklad. Prvé nadzemné poschodie a podkrovie je určené k bývaniu.



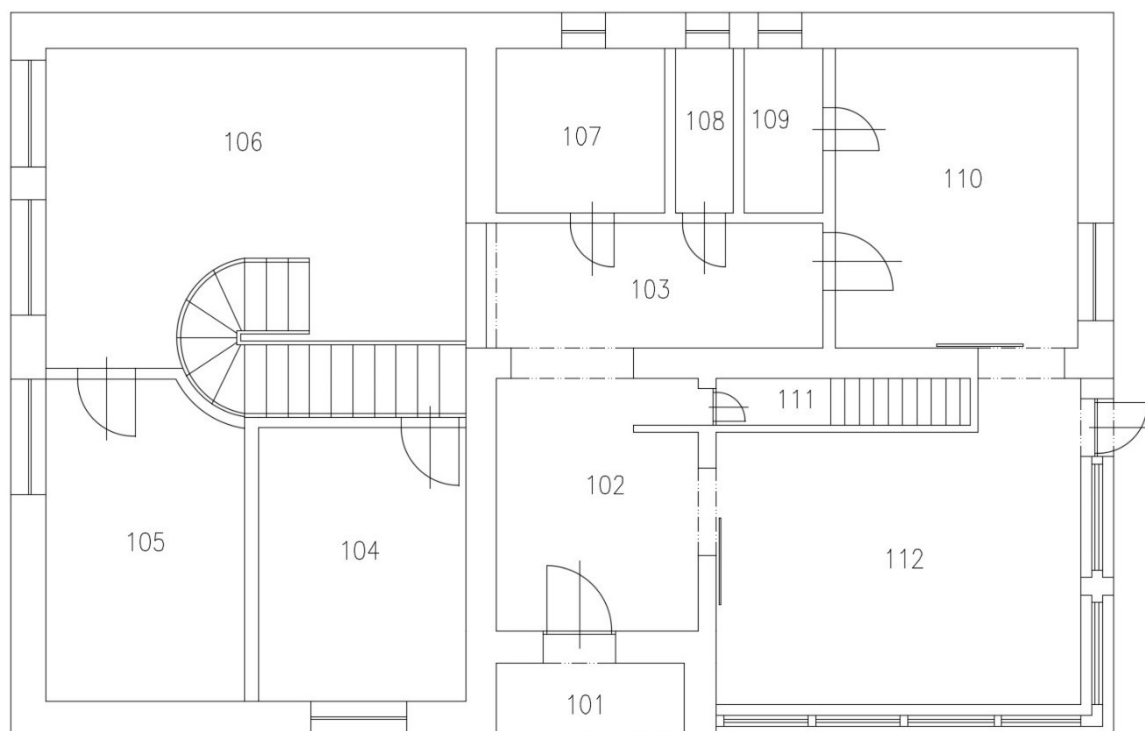
Obr. 15: Južný pohľad



Obr. 16: Východný pohľad

Prvé nadzemné podlažie

Prvé nadzemné podlažie obsahuje pobytové miestnosti. Na tomto podlaží sa nachádza zimná záhrada, ktorá je orientovaná na východnú a s časti západnú stranu, kuchyňa, kúpeľňa, WC, hosťovská izba, pracovňa a hala so schodiskom, ktorá slúži aj ako obývacía izba. Hala je robená ako galéria, takže je otvorená do podkrovia.



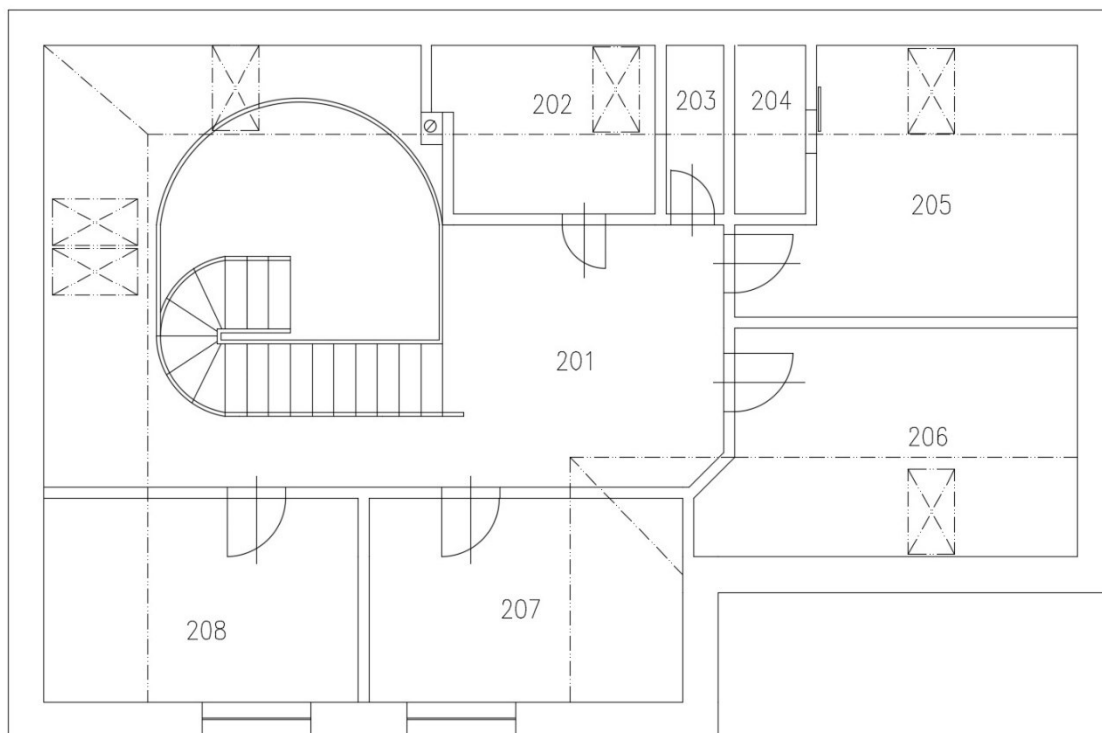
Obr. 17: Pôdorys prvého nadzemného podlažia

Tab. 13: Parametre miestností v prvom nadmernom podlaží

Označenie	Názov	Plocha A [m ²]	Objem V [m ³]	Teplota θ_i [°C]	Vlhkosť φ_i [%]	Potrebná výmena vzduchu $V_{\check{c}}$ [m ³ /h]
101	Závetrie	2,49	7,02			
102	Zádverie	9,8	27,6	21	50	13,82
103	Chodba	8,04	22,67	21	50	11,33
104	Hostovská izba	10,9	30,78	21	50	30
105	Pracovňa	11,06	31,19	21	50	30
106	Obývací hala + schodisko	28,38	80,03	21	50	150
107	Kúpeľňa	5,56	15,68	24	70	62,72
108	WC	1,88	5,3	21	50	21,2
109	Špajza	2,585	7,29	21	50	3,64
110	Kuchyňa	14,08	39,7	21	50	150
111	Vstup do pivnice	3,09	7,02	21	50	1,55
112	Zimná záhrada	10,59	52,56	24	70	26,28

Podkrovie

V podkroví sa nachádzajú spálne, WC a kúpeľňa. Balkón nad galériou je využívaný ako knižnica.



Obr. 18: Pôdorys podkrovia

Tab. 14: Parametre miestností v podkroví

Označenie	Názov	Plocha A [m ²]	Objem V [m ³]	Teplota θ_i [°C]	Vlhkosť φ_i [%]	Potrebná výmena vzduchu $V_{\check{c}}$ [m ³ /h]
201	Galéria	33,58	84,19	21	50	42,09
202	Kúpeľňa	6,92	15,36	24	70	65,44
203	WC	1,94	4,64	21	50	18,56
204	Šatník	2,52	6,01	21	50	3
205	Spálňa	15,29	38,91	21	50	60
206	Detská izba	14,56	35,43	21	50	30
207	Detská izba	11,59	28,83	21	50	30
208	Detská izba	11,59	28,83	21	50	30

Krov

Do krovu je prístup z galérie, miestnosti č. 201, po vysúvacích schodoch. Krov slúži iba ako skladovací priestor, a nie je plánované jeho iné využitie s dôvodu malých a nízkych priestorov, ktoré kopírujú strechu.

9.2 Pôvodný stav

Stropy a strecha

Sedlová strecha je tvorená konštrukciou krovu, zateplená je izolačným materiálom Nobasil T, po ktorom nasleduje vzduchová dutina. Celá strecha je pokrytá osb doskami, na ktorých sú pásy Tyvek a ako krytina je použitý kanadský asfaltový šindel'. Z vnútornej strany je sadrokartón.

Podlahy

V miestnostiach 102, 107, 108, 112 je ako krytina podlahy použitá keramická dlažba, vo všetkých ostatných miestnostiach je plávajúca podlaha. Podlahy v prvom nadzemnom podlaží sú podpivničené aj nepodpivničené s priamym kontaktom zo zeminou. Pod podlahovou krytinou sa nachádza izolačná omietka terralit, cementová mazanina, PE fólia, extrudovaný polystyrén a hydroizolačný asfaltový pás Glasbit.

Okná a dvere

Použité sú plastové okná zasklené izolačným dvojsklom, strešné okná sú značky VELUX GGL. Vchodové dvere sú plastové jednokrídlové, otvárané s nadsvetlíkom. Plastová zimná záhrada tvaru L, je z bezpečnostného skla so zvýšenou odolnosťou a izolačného dvojskla. V zimnej záhrade sa nachádza vstup na terasu, dvere sú plastové z izolačného dvojskla.

Obvodové murivo

Obvodové murivo je bez zateplenia, tvorené tehľami porotherm 44. Z vnútornej strany je vápenno-cementová omietka, z vonkajšej strany je JUB Silikátová hladená omietka. Murivo v pivnici tvorí pôvodný základ domu.

9.2.1 Skladba konštrukcii a rozloženie tlaku vodnej pary

Výpočty priebehov tlakov a súčinitele prestupu tepla boli vykonané pomocou programu Stavebná fyzika – Teplo 2014 EDU.

Pôvodné obvodové murivo

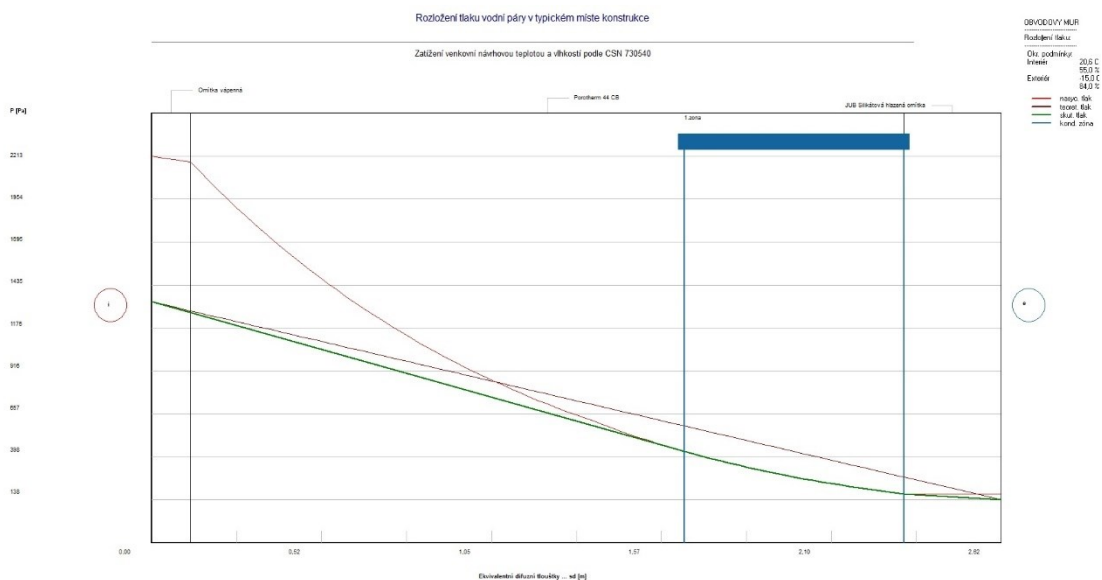
Pôvodné murivo je od roku 1998 kedy bola vykonaná prestavba.

Tab. 15: Skladba pôvodného obvodového muriva

Materiál	d [m]	λ [W/(m·K)]
Omietka vápenno-cementová	0,2	0,87
Porotherm 44 C	0,44	0,15
JUB silikátová omietka	0,01	0,87

Súčiniteľ prestupu tepla obvodového muriva je : $U = 0,339 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Priebeh tlakov vodnej pary



Obr. 19: Priebeh tlakov vodnej pary v pôvodnom obvodovom múre

V obvodovom múre dochádza ku kondenzácii vodnej pary prevažne v materiáli Porotherm 44 C, ale s časti zasahuje aj do silikátovej omietky.

- Množstvo skondenzovanej vodnej pary za rok - $M_c = 0,15 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$
- Množstvo vypariteľného množstva vodnej pary za rok - $M_{ev} = 6,14 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$

Ku kondenzácii dochádza pri vonkajšej teplote nižšej ako $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Požiadavky: $M_c < M_{ev}$ a zároveň $M_c \leq 0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ – nesplnené

Ostatné konštrukcie

Súčinitele prestupu tepla v ostatných konštrukciách boli vypočítané pomocou programu Stavebná fyzika – Teplo 2014 EDU. V tabuľke (tab. 16) sú uvedené hodnoty momentálneho prestupu tepla U , požadovaného prestupu tepla $U_{N,20}$ a doporučeného prestupu tepla pre pasívne budovy $U_{pas,20}$. Požadované a doporučené hodnoty sú z normy ČSN 730540-2.

Tab. 16: Súčinitele prestupu tepla, pôvodný stav

Konštrukcia	Súčiniteľ prestupu tepla			Splnené
	Vypočítaný	Požadovaný	Doporučený pre pasívne budovy	
Obvodová stena	0,339	0,3	0,18	nie
Strecha	0,246	0,24	0,15	nie
Podlaha nad nevytápaným priestorom	0,285	0,6	0,3	áno
Podlaha v kontakte so zemou	0,213	0,45	0,22	áno
Okná s izolačným dvojsklom	1,2	1,5	0,8	nie
Vchodové dvere	1,4	1,7	0,9	nie
Zimná záhrada s izolačným dvojsklom	1,2	1,5	0,8	nie

Z hodnôt je vidieť, že niektoré konštrukcie nespĺňajú ani požadované hodnoty z normy. Požiadavky na pasívnu budovu spĺňajú iba podlahy.

Priemerný súčiniteľ prestupu tepla

Ako prvé je nutné si určiť plochy jednotlivých konštrukcií. Z normy ČSN 730540 – 3 boli vyhladané činitele tepelnej redukcie pre jednotlivé konštrukcie.

Tab. 17: Súčiniteľ tepelnej redukcie pre jednotlivé konštrukcie

Konštrukcia	činiteľ tepelnej redukcie	
Obvodová stena	1	
Strecha	1	
Podlaha nad nevytápaným priestorom	0,43	
Okná s izolačným dvojsklom	1,15	
Vchodové dvere	1,15	
Zimná záhrada s izolačným dvojsklom	1,15	
Podlaha v kontakte so zemou	do 1m vrátane	0,66
	od 1m do 2m vrátane	0,57
	od 2m do 3m vrátane	0,49
	nad 3m	0,43

Tab. 18 Plochy jednotlivých konštrukcií

Konštrukcia	Plocha A [m^2]
Obvodová stena	221,2125

Strecha	26,5865
Podlaha nad nevytápaným priestorom	47,228
Podlaha v kontakte zo zemou	104,26
Okná s izolačným dvojsklom	244,68
Vchodové dvere	1,89
Zimná záhrada s izolačným dvojsklom	25,06819

Na základe hodnôt z tabuliek (tab. 17 a 18) vypočítame priemerný súčiniteľ prestupu tepla U_{em} . Priemerný súčiniteľ prestupu tepla musí spĺňať podmienku $U_{em} \leq U_{em,N}$.

Priemerný súčiniteľ prestupu tepla pre budovu v pôvodnom stave:

$$U_{em} = \frac{\sum U_i \cdot b_i \cdot A_i}{A} + 0,02 = \frac{226,62}{670,92} + 0,02 = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Pre výpočet požadovanej hodnoty prestupu tepla potrebujeme pôdorysnú plochu vykurovaných miestností a celkový vykurovaný objem domu.

$$\text{Pôdorysná plocha} \quad A = 206,45 \text{ m}^2$$

$$\text{Vykurovaný objem} \quad V = 443,76 \text{ m}^3$$

Objemový faktor sa vypočíta zo vzorca:

$$\frac{A}{V} = \frac{206,45}{443,76} = 0,465$$

Na základe objemového faktoru sa podľa normy ČSN 730540 vypočíta požadovaná hodnota priemerného súčiniteľa prestupu tepla:

$$U_{em,N} = 0,3 + \frac{0,15}{\frac{A}{V}} = 0,3 + \frac{0,15}{\frac{206,45}{443,76}} = 0,622 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Priemerný súčiniteľ prestupu tepla vyhovuje norme, pretože $U_{em} \leq U_{em,N}$.

9.2.2 Navrhované úpravy

Nakoľko niektoré konštrukcie nevyhovujú požiadavkám na minimálny povolený súčiniteľ prestupu tepla je nutná rekonštrukcia. Rekonštrukcia bude navrhnutá na hodnoty vyhovujúce doporučeným hodnotám na pasívne budovy podľa normy ČSN 730540. S ohľadom na ekonomickú hrúbku izolácie nie všetky konštrukcie splnia túto hranicu.

9.2.2.1 *Stavebné úpravy*

Obvodová stena

Obvodová stena nie je pôvodne zateplená. Navrhované zateplenie celej obvodovej konštrukcie bude pomocou izolačného materiálu Isover TF profi. Tento materiál je vo forme fasádnych dosiek s pozdĺžnym vláknom.

Strecha

Navrhovaná zmena v streche, bude výmenou pôvodnej izolácie za kvalitnejšiu, vo forme minerálnej vlny spájanej umelou živicom značky Nobasil DDT.

Okná, dvere a zimná záhrada

Pôvodné okná sú podľa normy nevyhovujúce. Požadovaná hodnota prestupu tepla pre pasívne domy je pre okná daná na maximálnu hodnotu $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Navrhnuté okná sú izolačné trojsklá značky Tospur plnené argónom. Na zimnú záhradu budú použité trojsklá od rovnakej firmy, ale z dôvodu veľkej plochy okien v zimnej záhrade sú vybraté sklá plnené kryptónom, ktorý ponúka lepšie izolačné vlastnosti. Navrhnuté sú taktiež nové termoizolačné vchodové dvere značky Spart'an.

9.2.2.2 *Systémy techniky prostredia*

Navrhovaný bude nový vykurovací systém s plynovým kotlom, solárne panely na prípravu teplej vody a tepelné čerpadlo typu zem – voda s plošnými zemnými kolektormi uloženými v záhradnej časti pozemku.

Súčasťou navrhovanej rekonštrukcie bude aj elektroinštalácia a integrovaný systém PZTS.

9.3 Rekonštrukcia

V tejto kapitole budú výpočty hodnôt prestupu tepla po rekonštrukcii, následné porovnanie s normovými hodnotami a ekonomické zhodnotenie použitých úprav.

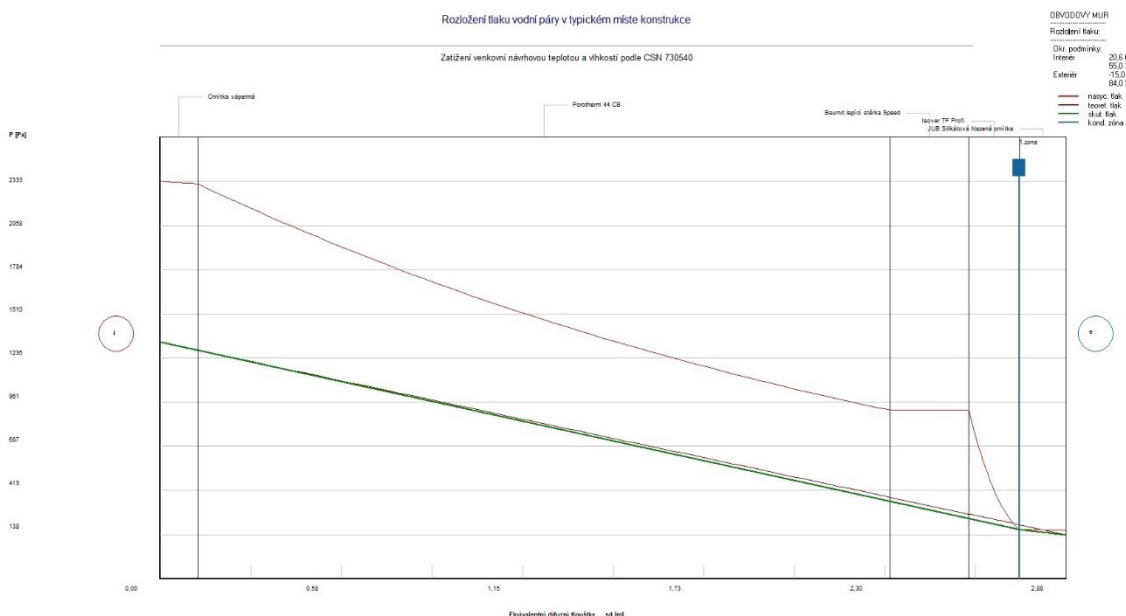
9.3.1 **Súčiniteľ prestupu tepla rekonštruovaných konštrukcii a rozloženie tlaku vodnej pary**

Obvodová stena bola zateplená izolačným materiálom vo forme fasádnych dosiek Isover TF profi. Parametre tohto materiálu sú uvedené v tabuľke (Tab. 19)

Tab. 19: Parametre zateplovacieho materiálu Isover TF profi

Isover TF profi	
Hrúbka	160 mm
Rozmer	1000x600 mm
Súčiniteľ tepelnej vodivosti	0,036 W/(m·K)

Priebeh tlakov vodnej pary



Obr. 20: Priebeh tlakov vodnej pary v rekonštruovanom obvodovom múre

V obvodovom múre dochádza ku kondenzácii vodnej pary na hranici izolačnej vrstvy a omietky. Množstvo skondenzovanej vodnej pary je ale natoľko malé, že to nebude mať na konštrukciu vplyv.

- Množstvo skondenzovanej vodnej pary za rok - $M_c = 0,039 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$
- Množstvo vypariteľného množstva vodnej pary za rok - $M_{ev} = 12,49 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$

Ku kondenzácii dochádza pri vonkajšej teplote nižšej ako $-5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Požiadavky: $M_c < M_{ev}$ a zároveň $M_c \leq 0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ – nesplnené

Na streche bola vymenená stará izolácia s minerálnej vlny, ktorá bola v zlom stave, a bola nahradená materiálom Nobasil T. Vlastnosti použitého materiálu sú v tabuľke (Tab. 20)

Tab. 20: Parametre zatepľovacieho materiálu Nobasil T

Nobasil T	
Hrúbka	160 mm
Rozmer	1000x600 mm
Súčiniteľ tepelnej vodivosti	0,04 W/(mK)

Výpočty boli opäť prevedené v programe Stavebná fyzika – Teplo 2014 EDU spolu s doporučenými hodnotami uvedené v tabuľke (tab. 21).

Tab. 21: Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcii po rekonštrukcii

Konštrukcia	Súčiniteľ prestupu tepla			Splnené pre pasívny dom
	Vypočítaný	Požadovaný	Doporučený pre pasívne budovy	
Obvodová stena	0,156	0,3	0,18	áno
Strecha	0,134	0,24	0,15	áno
Podlaha nad nevytápaným priestorom	0,285	0,6	0,3	áno
Podlaha v kontakte so zemou	0,213	0,45	0,22	áno
Okná s izolačným dvojsklom	0,6	1,5	0,8	áno
Vchodové dvere	0,9	1,7	0,9	áno
Zimná záhrada s izolačným dvojsklom	0,4	1,5	0,8	áno

V tabuľke (Tab. 21) je vidieť, že konštrukcie sú v súlade s doporučenými hodnotami prestupu tepla pre pasívne domy.

Priemerný súčiniteľ prestupu tepla pre budovu po rekonštrukcii:

$$U_{em} = \frac{\sum U_i \cdot b_i \cdot A_i}{A} + 0,02 = \frac{113,242}{670,92} + 0,02 = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Pre výpočet požadovanej hodnoty prestupu tepla potrebujeme pôdorysnú plochu vykurovaných miestností a celkový vykurovaný objem domu.

$$\text{Pôdorysná plocha } A = 206,45 \text{ m}^2$$

$$\text{Vykurovaný objem } V = 443,76 \text{ m}^3$$

Objemový faktor sa vypočíta zo vzorca:

$$\frac{A}{V} = \frac{206,45}{443,76} = 0,465$$

Na základe objemového faktoru sa podľa normy ČSN 730540 vypočíta požadovaná hodnota priemerného súčiniteľa prestupu tepla:

$$U_{em,N} = 0,3 + \frac{0,15}{\frac{A}{\bar{V}}} = 0,3 + \frac{0,15}{\frac{206,45}{443,76}} = 0,622 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Priemerný súčiniteľ prestupu tepla vyhovuje norme, pretože $U_{em} \leq U_{em,N}$.

9.3.2 Tepelné straty budovy

Výpočty tepelných strát sú dôležité pri navrhovaní systémov techniky prostredia. V našom prípade budú využité na návrh vykurovacích telies a pri výbere kotla. Uvedený bude jeden príklad výpočtu, ostatné miestnosti budú zobrazené v tabuľke (Tab. 23). Výpočty boli spracované v programe MS Excel.

Ukážka výpočtu tepelných strát pre miestnosť 104 – hosťovská izba. Ako prvé je nutné vypočítať plochy konštrukcii, ktoré sú v kontakte s vonkajším, alebo nevykurovaným priestorom. Jednotlivé plochy sú uvedené v tabuľke (Tab. 22).

Tab. 22: Plochy v miestnosti 104

104 - Hostovská izba	
Obvodová stena	6,4 m ²
Okno	1,73 m ²
Podlaha príľahlá k pôde	10,9 m ²
Objem miestnosti	30,78 m ³
Plocha miestnosti	6,4 m ²
Potrebná výmena vzduchu	30 m ³ /h

Tepelná strata prestupom tepla

Tepelná strata prestupom cez obvodovú stenu:

$$\Phi_{ts} = U_c \cdot b \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,156 \cdot 1 \cdot 6,4 \cdot (21 - (-15)) = 35,94 \text{ W}$$

Tepelná strata prestupom cez podlahu:

$$\Phi_{tp} = U_c \cdot b \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,213 \cdot 0,51 \cdot 10,9 \cdot (21 - (-15)) = 42,23 \text{ W}$$

Tepelná strata prestupom cez okno:

$$\Phi_{to} = U_c \cdot b \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,6 \cdot 1,15 \cdot 1,73 \cdot (21 - (-15)) = 42,97 \text{ W}$$

Tepelné straty prestupom celej miestnosti:

$$\Phi_t = \Phi_{ts} + \Phi_{tp} + \Phi_{to} = 120,94 \text{ W}$$

Tepelná strata vetraním

$$\Phi_V = 0,34 \cdot V \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,34 \cdot 30 \cdot (21 - (-15)) = 367,2W$$

Celkové tepelné straty miestnosti:

$$\Phi_{HL} = \Phi_t + \Phi_V + \Phi_{rh} = 488,14W$$

Φ_{rh} je tepelný výkon pri prerušovanom vykurovaní. V navrhovanej budove nebudeme prerušovať vykurovanie a preto sa volí $\Phi_{rh} = 0$.

Tab. 23: Tepelné straty v jednotlivých miestnostiach

Označenie	Miestnosť	Φ_T [W]	Φ_V [W]
101	Závetrie	-	-
102	Zádverie	140,75	169,15
103	Chodba	35,47	138,77
104	Host'ovská izba	120,93	367,2
105	Pracovňa	214,51	367,2
106	Obývacia hala + schodisko	359,87	1836
107	Kúpeľňa	74,73	831,66
108	WC	27,88	259,48
109	Špajza	35,74	44,61
110	Kuchyňa	219,78	1836
111	Vstup do pivnice	-	-
112	Zimná záhrada	723,70	348,47
201	Galéria	299,42	515,21
202	Kúpeľňa	83,62	867,73
203	WC	16,57	227,17
204	Šatník	21,75	36,78
205	Spáľňa	170,71	734,4
206	Detská izba	115,75	367,2
207	Detská izba	186,40	367,2
208	Detská izba	186,40	367,2
Celkom		3034	9681,5

Keďže v celom objekte nie je navrhnuté prerušované vykurovanie tak celková tepelná strata objektu je $\Phi_{HL} = 12715,5 W$.

9.3.3 Tepelná stabilita

Tepelná stabilita sa vyhodnocuje pre zimné a letné obdobie. V zimnom období sa vyhodnocuje pokles vnútornej teploty pri odstavení vykurovania. V našom prípade máme neprerušované vykurovanie, takže tepelnú stabilitu v zimnom období nie je potrebné riešiť. V letnom

období sa vyhodnocuje vzostup teploty v kritickej miestnosti. Táto teplota sa vypočítava pre deň 21. júla. Výpočtová vonkajšia teplota na tento deň je 32 °C. Podľa normy ČSN 73 0540 je požadované, aby vzostup teploty bol maximálne na hodnotu 27 °C. Po dohode s investo-rom norma povoľuje krátkodobé zvýšenie teploty až na 29 °C.

V hodnotenej budove je kritická miestnosť Zimná záhrada (miestnosť 112). Miestnosť je situovaná s časti na východnú a s časti na severnú stranu. Pre veľké plochy okien je vzostup teploty veľmi vysoký, a bolo by potrebné strojné chladenie. S tohto dôvodu boli po dohode s majiteľom domu navrhnuté vonkajšie rolety a žalúzie. Vďaka tieniacim zariadením sa maximálny vzostup dennej teploty dostal na hodnotu $\theta_{i,max} = 27,8 \text{ }^\circ\text{C}$, ktorá je mierne nad limit. Majiteľ domu súhlasí s využitím tieniacich zariadení aj s možným vyšším vzostupom vnútornej teploty.

9.3.4 Zhodnotenie zateplenia obvodových stien

Pre danú lokalitu sa vypočítajú Dennostupne:

$$D = d(\theta_{is} - \theta_{es}) = 212 \cdot (21 - 3,86) = 3633,7 \text{ K/deň} \quad (73)$$

Kde: d je počet vykurovaných dní;

θ_{is} priemerná vnútorná teplota, v °C;

θ_{es} priemerná vonkajšia teplota vo vykurovacom období, v °C.

Spotreba tepla na vykurovanie Q , vo Wh/m^2 :

$$Q = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot D}{\theta_i - \theta_e} \quad (74)$$

Kde: ε je opravný súčiniteľ zahrňujúci prevedenie a riadenie sústavy;

η_o, η_r účinnosť regulácie sústavy a rozvodu vykurovania.

Zmena mernej spotreby tepla Δq , vo Wh/m^2 :

$$\Delta q = \frac{24 \cdot \Delta U \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot D}{\theta_i - \theta_e} = 24 \cdot \Delta U \cdot D \quad (75)$$

$$\Delta q = 24 \cdot 0,183 \cdot 3633,7 = 15959,2 \text{ Wh/m}^2$$

Cena izolácie je 455 Kč za m^2 po započítaní nákladov na prácu, lepidlo a omietku, celková výsledná cena je približne 1020 Kč za m^2 . Priemerná cena plynu je 1,52 Kč/kWh. Doba návratnosti investície je potom daná vzťahom:

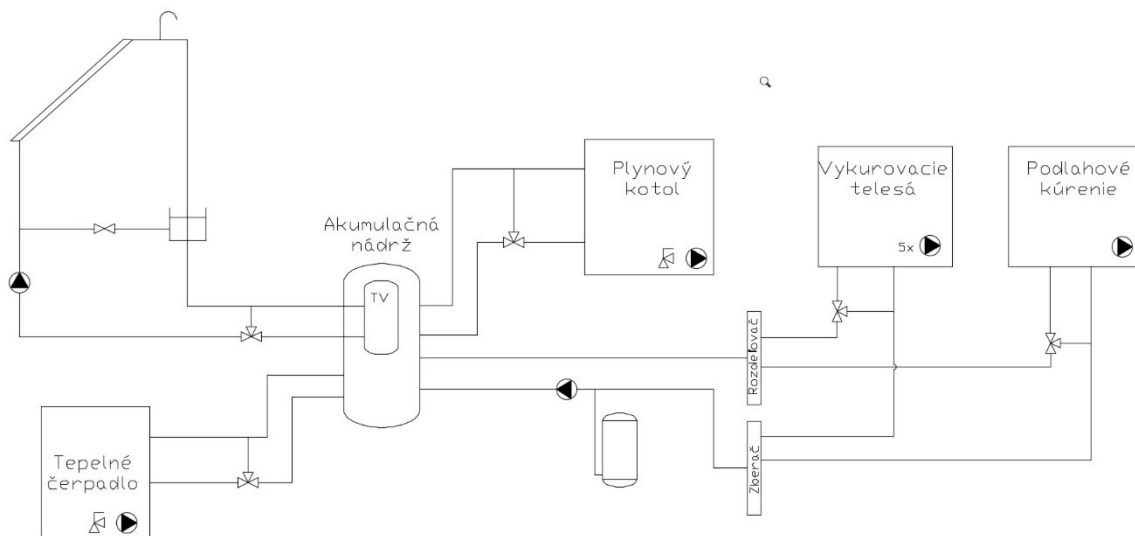
$$T_s = \frac{\textit{investícia}}{\textit{výnos}} = \frac{1020}{15,959 \cdot 1,52} = 42,05 \textit{ roku} \quad (76)$$

Doba návratnosti je teda približne 42 rokov. Táto doba je dosť dlhá, ale zateplenie je nutné s dôvodu požiadavkou na pasívny dom.

Výpočet je dosť zjednodušený, ale pre odhad doby návratnosti dostačujúci.

10 TEPELNÁ SÚSTAVA

Tepelná sústava, ktorá bude ďalej v práci riešená a počítaná, vychádza zo zjednodušeného schéma (Obr. 21). V tepelnej sústave sú tri zdroje tepla a to plynový kotol, tepelné čerpadlo a solárne kolektory. Vykurovacia voda je pomocou čerpadla rozvádzaná do celkovo šiestich vykurovacích okruhov. V sústave je jeden rozdeľovač a jeden zberač umiestnený v pivničných priestoroch.



Obr. 21: Schéma vykurovacej sústavy

10.1 Príprava teplej vody

Výpočty pre prípravu teplej vody sú prevedené podľa normy ČSN 06 0320. Na výpočet je vyžadovaných niekoľko parametrov :

- Spotreba teplej vody na jedného človeka $V_{2p} = 82 \text{ l}/(\text{os} \cdot \text{deň})$
- Teplo dodané z ohrievača $Q_{2t} = 4,3 \text{ kWh}$
- Straty vedením $z = 0,2$
- Počet ľudí $n = 4$

Tab. 24: predpokladaný odber teplej vody

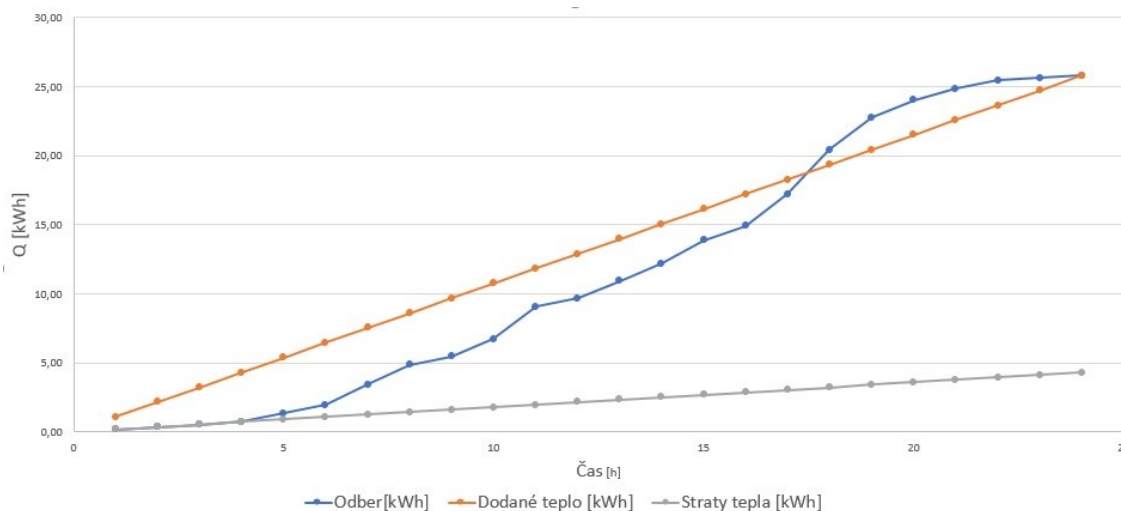
Hodina	Odber [%]	Odber [kWh]
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	2	0,43

6	2	0,43
7	6	1,29
8	6	1,29
9	2	0,43
10	5	1,075
11	10	2,15
12	2	0,43
13	5	1,075
14	5	1,075
15	7	1,505
16	4	0,86
17	10	2,15
18	14	3,01
19	10	2,15
20	5	1,075
21	3	0,645
22	2	0,43
23	0	0
24	0	0

Celkový odber tepla je súčet potreby všetkých ľudí plus teplo stratené pri distribúcii:

$$Q_{zp} = n \cdot (1 + 0,2) \cdot 4,3 = 25,8 \text{ kWh}$$

Predpokladaný odber teplej vody v priebehu dňa je zobrazený v tabuľke (Tab. 24), pomocou tejto tabuľky môžeme zostrojiť krivky priebehov dodávok a odberu tepla.



Obr. 22: Krivky priebehu dodávok a odberu tepla

Tepelný výkon potrebný na ohrev teplej vody zo zásobníkom sa dá vypočítať zo vzťahu:

$$\Phi_{tn} = \frac{Q_{2p}}{\tau} = 896 \text{ W}$$

Veľkosť potrebného zásobníka teplej vody sa vypočíta zo vzťahu:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{2,51}{1,163 \cdot (60 - 10)} = 0,043 \text{ m}^3 = 43 \text{ l}$$

10.2 Vykurovacía sústava

Vykurovacía sústava má dva zdroje, a to plynový kotol a tepelné čerpadlo. Zdrojom tepla pre prípravu teplej vody bude solárna sústava, tepelné čerpadlo aj plynový kotol. Kotol aj čerpadlo budú uložené v pivničných priestoroch.

Vykurovacía sústava je tvorená podlahovým vykurovaním v miestnostiach 112 a 102, v ostatných miestnostiach boli navrhnuté radiátory od značky Korado triedy Radik VK. Celá vykurovacía sústava je rozdelená na šesť okruhov.

Tab. 25: Vykurovacie telesá v prvom nadzemnom podlaží

Označenie	Názov	Výška [mm]	Šírka [mm]	Výkon [W]	Typ
102	Zádverie	600	500	233	11 VK
103	Chodba	-	-	-	-
104	Hostovská izba	700	1000	529	11 VK
105	Pracovňa	700	1000	664	21 VK
106	Obývacía hala + schodisko 2ks	700	1000	1239	33 VK
107	Kúpeľňa	700	800	991	33 VK

108	WC	600	700	321	20 VK
109	Špajza	-	-	-	-
110	Kuchyňa	700	1800	2231	33 VK
111	Vstup do pivnice	-	-	-	-
112	Zimná záhrada 4ks	300	900	209	11 VK
112	Zimná záhrada 1ks	600	1000	458	20 VK

Tab. 26: Vykurovacie telesá v podkrovi

Označenie	Názov	Výška [mm]	Šírka [mm]	Výkon [W]	Typ
201	Galéria 2ks	700	1000	518	20 VK
202	Kúpeľňa	700	800	991	33 VK
203	WC	700	700	370	11 VK
204	Šatník	-	-	-	-
205	Spálňa	700	800	991	33 VK
206	Detská izba	700	800	531	21 VK
207	Detská izba	700	900	597	21 VK
208	Detská izba	700	900	597	21 VK

Tepelný spád vykurovacích telies je zo 60 na 40 °C. Okruhy 1, 2, 3, 5 a 6 sú pre vykurovanie vykurovacími telesami. Okruh č.4 je na podlahové vykurovanie. V tabuľke (Tab. 27) sú rozpisované vykurovacie zariadenia v jednotlivých okruhoch.

Tab. 27: Vykurovacie zariadenia v jednotlivých okruhoch

Okruh 1	Okruh 2	Okruh 3	Okruh 5	Okruh 6
103	112 - 1 Východ	106 - 1	201 - 1	206
110	112 - 2 Východ	106 - 2	201 - 2	205
108	112 - 3 Východ	105	208	203
107	112 - 4 Východ	104	207	202
	112 - 5 Sever			

Všetky výpočty pre jednotlivé okruhy a ich úseky, vrátane výpočtov parametrov jednotlivých ventilov boli vypočítané v programe MS Excel. Ako príklad uvediem výpočet z okruhu č.1 pre úsek vedúci k vykurovaciemu telesu v miestnosti 108.

Výpočet hmotnostného prietoku:

$$\dot{m} = \frac{P}{c_p \cdot \Delta\theta} = \frac{991}{4200 \cdot 20} = 0,015 \text{ kg/s}$$

S hmotnostného prietoku sa vypočíta objemový prietok:

$$\dot{V} = \dot{m} \cdot 3,6 = 0,056 \text{ m}^3/h$$

Na základe zvoleného medeného potrubia s vnútorným priemerom $d = 0,013 \text{ m}$ sa vypočíta rýchlosť v potrubí:

$$w = \frac{\dot{V}}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = 0,118 \text{ m/s}$$

Výpočet Reynoldsovho čísla:

$$Re = \frac{w \cdot d_{ekv}}{\nu} = 23010$$

Keďže Reynoldsove číslo je väčšie ako 4000 jedná sa o turbulentné prúdenie. Na základe Colebrookovej rovnice sa vypočítala približná hodnota súčiniteľa trenia λ .

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left[\frac{\varepsilon}{3,71d} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right] \cong 0,04$$

Výpočet tlakovej straty trením:

$$\Delta p_\lambda = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 182,4 \text{ Pa}$$

Výpočet tlakovej straty miestnymi odpormi:

$$\Delta p_\xi = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 85,87 \text{ Pa}$$

Celková tlaková strata úseku je teda:

$$\Delta p_c = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi = 268,27 \text{ Pa}$$

Celkové tlakové straty pre jednotlivé okruhy sú uvedené v tabuľke (Tab. 28)

Tab. 28: Celkové tlakové straty v okruhoch s vykurovacími telesami

	Δp_λ [Pa]	Δp_ξ [Pa]	Δp_c [Pa]
Okruh č.1	3155	3424	6579
Okruh č.2	1307	1229	2536
Okruh č.3	4139	2573	6711
Okruh č.4	2859	215	3074
Okruh č.5	4200	1877	6078
Okruh č.6	4391	2168	6559

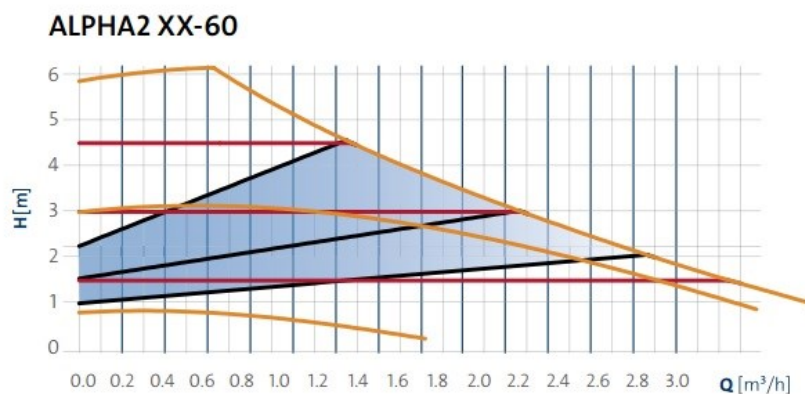
Jednotlivé termoregulačné ventily boli taktiež vypočítané v programe MS Excel. Uvedený bude iba jeden okruh, pre veľké rozmery tabuliek. Navrhnuté boli termoregulačné ventily Herz 3823.

Tab. 29: Parametre termoregulačných ventilov pre jednotlivé telesá

Okruh č.1					
Miestnosť	P_v [Pa]	$k_v \left[\frac{m^3}{h}\right]$	$k_{vs} \left[\frac{m^3}{h}\right]$	Autorita	Pv100 [b]
103	4837,21	0,74	0,96	0,46	0,029
110	1516,16	1,23	1,60	0,29	0,009
108	2309,30	0,37	0,48	0,53	0,014
107	2342,40	0,28	0,36	0,57	0,014

Okruh č.1						
Miestnosť	Pdisp	Pv	Kv	Kvs	Autorita	Pv100
103	6213,87	4837,21	0,74	0,96	0,46	0,029
110	3115,46	1516,16	1,23	1,60	0,29	0,009
108	2578,02	2309,30	0,37	0,48	0,53	0,014
107	2420,94	2342,40	0,28	0,36	0,57	0,014

Obehové čerpadlá boli zvolené značky Grundfos Alpha2.



Obr. 23: Charakteristika obehového čerpadla Grundfos

Podlahové vykurovanie

Podlahové vykurovanie je navrhnuté pre miestnosti 112 a 102. V miestnosti 102 pokryje podlahové vykurovanie celé tepelné straty, s toho dôvodu nebolo potrebné navrhovať žiadne ďalšie vykurovacie teleso. V miestnosti 112 sú okrem podlahového vykurovania navrhnuté aj vykurovacie telesá, s dôvodu veľkej plochy okien, na ktorých by mohla kondenzovať

vodná para. Podlahové vykurovanie má tepelný spád vykurovacej vody z 50 na 40 °C. Jednotlivé výpočty parametrov podlahového vykurovania boli spočítané v programe MS Excel na základe vzťahov uvedených v teoretickej časti tejto práce v kapitole 7.1.2.

Tab. 30: Parametre podlahového vykurovania v miestnosti 112

Tepelná priepustnosť vrstvy nad trúbkami [W/(m ² *K)]	6,43
Tepelná priepustnosť vrstvy pod trúbkami [W/(m ² *K)]	0,32
Vonkajší priemer trubiek [m]	0,02
Charakteristické číslo podlahy [m]	7,89
Vzdialenosť r [m]	0,29
Plocha [m ²]	16,09
Obvod [m]	19,04
Stredná povrchová teplota podlahovej vykurovacej plochy [°C]	26,95
Stredná teplota vykurovacej vody [°C]	35
Merný tepelný výkon smerom hore [W/m ²]	59,50
Merný tepelný výkon smerom dole [W/m ²]	7,11
Rozostup trubiek [m]	0,2
Tepelný výkon bez okrajovej plochy [W]	957,64
Tepelný výkon okrajovej plochy [W]	154,28
Celkový tepelný výkon [W]	1111,93

Tab. 31: Parametre podlahového vykurovania v miestnosti 102

Tepelná priepustnosť vrstvy nad trúbkami [W/(m ² *K)]	6,43
Tepelná priepustnosť vrstvy pod trúbkami [W/(m ² *K)]	0,32
Vonkajší priemer trubiek [m]	0,02
Charakteristické číslo podlahy [m]	7,89
Vzdialenosť r [m]	0,29
Plocha [m ²]	2,6
Obvod [m]	12,79
Stredná povrchová teplota podlahovej vykurovacej plochy [°C]	26,95
Stredná teplota vykurovacej vody [°C]	35
Merný tepelný výkon smerom hore [W/m ²]	59,50
Merný tepelný výkon smerom dole [W/m ²]	7,11
Rozostup trubiek [m]	0,2
Tepelný výkon bez okrajovej plochy [W]	155,63
Tepelný výkon okrajovej plochy [W]	103,64
Celkový tepelný výkon [W]	259,28

10.2.1 Poistné zariadenia

Plynový kotol aj tepelné čerpadlo má v sebe zabudovaný poistný ventil na uzatvárací tlak 3 bar. Solárna sústava je otvorená, s toho dôvodu nie je potrebné poistné zariadenie.

Expanzná nádoba

Ako prvé je nutné zistiť statický tlak v systéme.

$$P_{stat} = 0,69b$$

Najnižší prevádzkový tlak sa vypočíta zo vzorca:

$$P_o \geq P_{stat} + 0,2 = 0,89 \rightarrow P_o = 1b$$

Plniaci tlak:

$$P_{ini} = P_o + 0,3 = 1,3b$$

Objem vody v systéme bol vypočítaný na 217 litrov.

Maximálny tlak v systéme:

$$P_{fin} \leq P_{sv2} - h_1 * \rho * g = 2,901b$$

Súčiniteľ expanzie:

$$e = 1 - \left(\frac{\rho_{min}}{\rho_{max}} \right) = 0,0145$$

Expanzný objem tekutiny v systéme:

$$V_{exp} = V_{systému} * e = 3,15 l$$

Objem vodnej rezervy v systéme:

$$V_{wr} \geq V_{exp} * 0,2 = 0,63 \rightarrow 1l$$

Minimálny objem expanznej nádoby:

$$V_{Nmin} = (V_{exp} + V_{wr}) \frac{P_{fin} + 1}{P_{fin} - P_o} = 8,51 \rightarrow 10l$$

Najnižší tlak v priebehu prevádzky:

$$P_{ini} \frac{P_{fin} + 1}{1 + \frac{V_{ex}}{V_N} * \frac{P_{fin} + 1}{P_o + 1}} = 2,32 > P_o + 0,3 \rightarrow OK$$

Navrhnutá expanzná nádoba je značky Reflex F. Nádoba má maximálny prevádzkový tlak 3 bary, objem 10 litrov a maximálnu teplotu na membránu 70 °C.

Akumulačná nádrž

Výpočet objemu akumuláčnej nádrže sa dá určiť z výkonu vykurovacieho telesa, ktoré je hlavným zdrojom systému. V našom prípade to je plynový kotol a tepelné čerpadlo. Pri návrhu budeme vychádzať s plynového kotla, ktorý má výkon 14kW. Všeobecne platí že na 1 kW výkonu zdroja pripadá 50 l objemu akumuláčnej nádrže. Vybratá je akumuláčná nádrž značky Viardus typ AkuCOMFORT 800/200L. Jedná sa o akumuláčnú nádrž o celkovom objeme 800 litrov, ktorá obsahuje aj nádrž na teplú vodu s objemom 200 litrov. Nádrž má 7 pripojiteľných miest na vykurovanie a 4 miesta na ohrev teplej vody.

10.3 Zdroje tepla

Dom je vykurovaný radiátorovými vykurovacími telesami doskového tvaru a podlahovým kúrením. Na vykurovanie budú použité dva zdroje tepla, a to tepelné čerpadlo a plynový kotol. Teplá voda sa bude za vhodných podmienok ohrievať solárnou sústavou, v prípade nepriaznivých podmienok bude ohrievať vodu plynový kotol.

10.3.1 Solárna sústava

Solárna sústava bude využívaná na ohrev teplej vody. Keďže je to nestály zdroj, bude sa na ohrev teplej vody využívať aj plynový kotol. Hlavné faktory ovplyvňujúce dimenzovanie slnečnej sústavy sú orientácia strechy, slnečné podmienky a lokalita.

Hodnota slnečného žiarenia pre mesto Žilina bola podľa mapy určená na 1070 kWh/m² za rok. Plocha slnečných kolektorov sa počíta pre vyžadovaný objem teplej vody na deň. Pre solárny systém je všeobecná hodnota spotreby teplej vody na osobu 50 l. Keďže objekt je pre päť člennú rodinu, budeme počítať dennú spotrebu teplej vody na 25 l.

Výpočet denného množstva slnečnej energie:

$$P_{deň} = \frac{P_{rok}}{365} = 2,93 \text{ kWh/m}^2$$

Vstupná teplota vody do kolektorov je 10 °C a výstupná 60 °C. Výpočet na potrebné množstvo energie:

$$E = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta = 0,25 \cdot 988 \cdot 4178 \cdot (60 - 10) = 51,59 \text{ MJ} = 14,33 \text{ kWh}$$

Z vypočítaného množstva potrebnej energie na ohrev a z množstva slnečnej energie za deň sa dá vypočítať plocha kolektorov:

$$S = \frac{E}{P_{deň}} = 4,89 \text{ m}^2$$

Navrhnuté boli dva Ploché kolektory Vitosol 100-F, s ktorých má každý absorpčnú plochu $2,3 \text{ m}^2$. Systém je navrhnutý ako otvorený, čo znamená že nie je potrebná expanzná nádoba. Nie je potrebné tento systém napúšťať nemrznúcou kvapalinou, ale je potrebné zaistiť aby sa po vypnutí vypustil do otvorenej expanznej nádrže. Solárne kolektory budú umiestnená na východnej strane strechy so sklonom 42° , ktorá nie je ničím tienená.

Tab. 32: Parametre solárneho kolektoru

Plochý kolektor Vitosol 100-F	
Absorpčná plocha	2,3 m ²
Prekrytie	Solárne sklo 3,2 mm
Tepelná izolácia	30 mm
Rozmery	1061x2385x70 mm
Hmotnosť	35 kg

10.3.2 Plynový kotol

Celková potreba výkonu z plynového kotla je 13737 W. Táto spotreba je sčítaná hodnota z požiadavkou na vykurovanie vykurovacími telesami, podlahového vykurovania a ohrevu teplej vody. Navrhnutý kotol je od značky Vaillant typ VU eco TEC plus. Jedná sa o závesný kondenzačný kotol energetickej triedy A. Kotol bude umiestnený v pivnici. Súčasťou kotla je poistný ventil na zatvárací tlak 3 bar.



Obr. 24: Plynový kotol Vaillant

10.3.3 Tepelné čerpadlo

Navrhnuté je tepelné čerpadlo zem – voda. Vnútorňa jednotka je od firmy Regulus typ EcoPart 414. Vonkajšia jednotka bude pozostávať z plošných zemných kolektorov.

Vnútorná jednotka

Jedná sa o tepelné čerpadlo s výkonom až 14,5 kW. Trieda energetickej účinnosti je A++ . Čerpadlo má maximálnu výstupnú teplotu 65 °C. Pracuje s minimálnou teplotou nemrznúcej zmesi -5 °C a maximálnou teplotou 20 °C. Tepelné čerpadlo má vstavaný poistný ventil na tlak 3 bar. Vykurovací faktor môže za vhodných podmienok dosiahnuť až hodnotu 5,13.

Vonkajšia jednotka

Vonkajšia jednotka bude vo forme povrchových zemných kolektorov. Objekt do ktorého sa čerpadlo navrhuje disponuje záhradnou plochou o výmere 450 m². Kolektory budú zakopané do hĺbky 2 metrov.

Tab. 33: Maximálna extrakčná kapacita pôdy [46]

Typ podložia	Max. špecifická extrakčná kapacita pri 1800 prev. h/ročne	Max. špecifická extrakčná kapacita pri 2400 prev. h/ročne
Suchá, nesúdržná pôda	10 W/m ² a 5 W/bm	8 W/m ² a 4 W/bm
Súdržná, vlhká pôda	20–30 W/m ² a 15 W/bm	16–24 W/m ² a 12 W/bm
Vodou nasýtený piesok/štrk	40 W/m ² a 20 W/bm	32 W/m ² a 16 W/bm

Zem, do ktorej sa budú klásať kolektory, spadá do kategórie súdržná, vlhká pôda. Pre výpočet potrebnej plochy bola určená stredná hodnota 25 W/m². Pre výpočet potrebnej plochy zeme pre kolektory bol použitý celkový tepelný výkon na vykurovanie a to 11470 W.

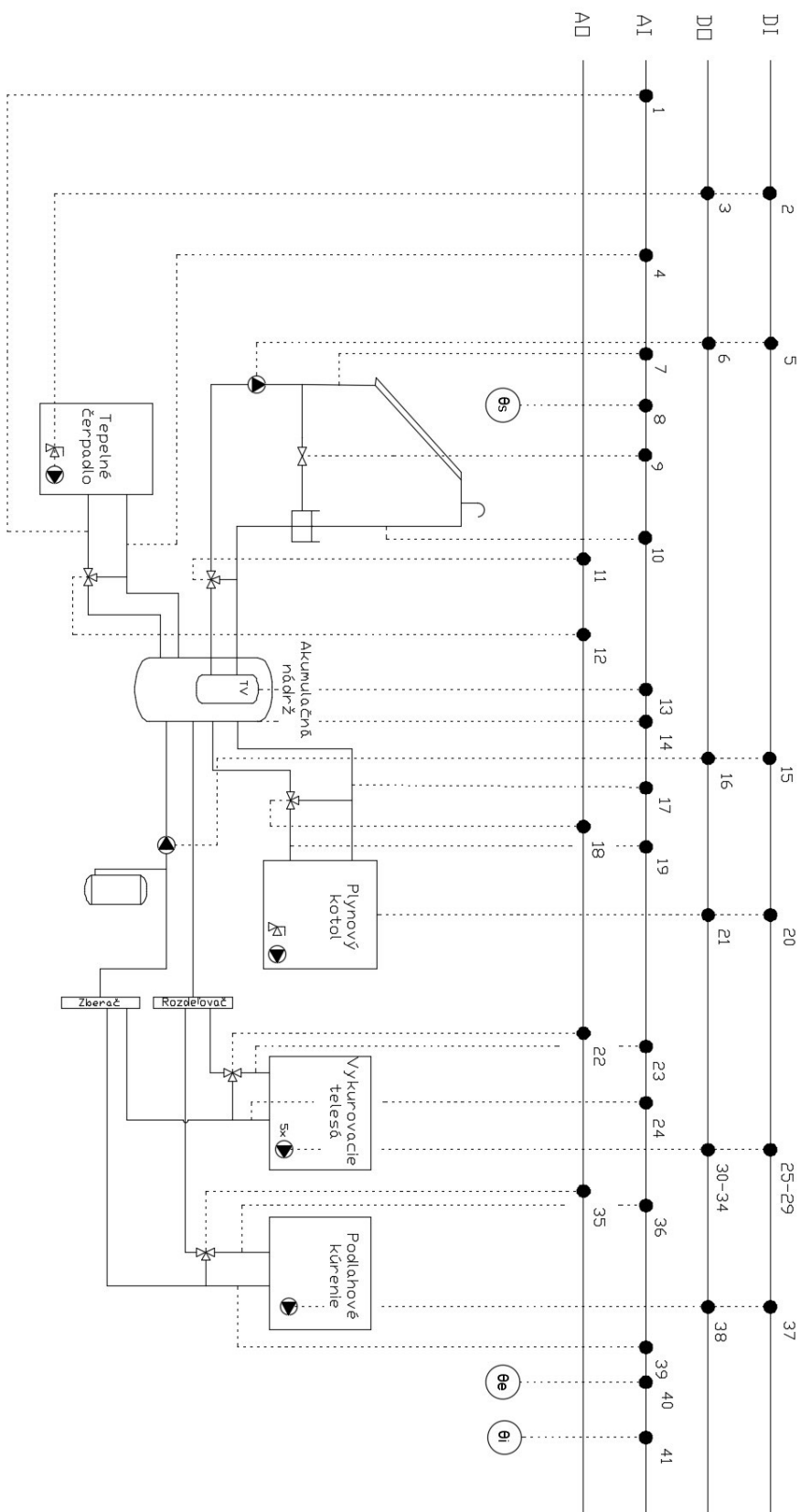
Potrebná plocha zeme:

$$S = \frac{11470}{25} = 458,8 \text{ m}^2$$

$$P = 450 \cdot 25 = 11250 \text{ W}$$

Celková potrebná plocha je o niečo väčšia, ale jedná sa o malé číslo, čo ovplyvní potrebu dohrievania vody na vykurovanie plynovým kotlom len nepatrne.

11 RIADIACI SYSTÉM VYKUROVANIA



Obr. 25: Schéma vykurovacej sústavy a jej riadenie

System vykurovania sa skladá s dvoch častí:

- Plynový kotol
- Tepelné čerpadlo

Teplá voda sa ohrieva:

- Slničnými kolektormi
- Plynovým kotlom

11.1 Príprava teplej vody

K príprave teplej vody dochádza v akumuláčnej nádobe pomocou výmenníku tepla. Za vhodných podmienok je teplá voda pripravovaná výhradne solárnymi kolektormi, plynový kotol je využívaný len na dohrievanie. Teplota v zásobníku teplej vody musí byť v rozmedzí 50 až 60 °C. Solárne kolektory pracujú v prípade že vonkajšia teplota $\theta_e \geq 5^\circ\text{C}$. Pri nižších teplotách by mohlo dochádzať k zamŕzaniu a výkon by bol príliš nízky. K monitorovaniu vonkajšej teploty pri kolektoroch je na paneli umiestnené čidlo. Monitorovaná je aj teplota vody v solárnom okruhu, ktorá je porovnávaná s teplotou vody v zásobníku. V prípade, že teplota vody v zásobníku bude vyššia ako teplota v solárnom okruhu, bude prietok upravený pomocou trojcestného ventilu. Ak ani po úpravách nedôjde k správnej teplote v okruhu, je systém odstavený a zásobník sa bude ohrievať výhradne plynovým kotlom, až do doby kým sa podmienky nezlepšia a solárny kolektor sa opäť nezapne.

Termická dezinfekcia je potrebná u zásobníkov teplej vody, na zničenie mikroorganizmov vo vode. Na prevedenie je potrebné krátkodobo zvýšiť teplotu vody v zásobníku na 70 °C. V letných mesiacoch budú túto úlohu plniť solárne kolektory, ktoré sú v tomto období schopné dosiahnuť tejto teploty. V zimných mesiacoch sa bude dezinfekcia vykonávať pomocou plynového kotla.

11.2 Príprava vykurovacej vody

Príprava teplej vody na vykurovanie bude primárne tepelným čerpadlom. Výkon tepelného čerpadla a jeho vykurovací faktor sú neustále monitorované. V prípade, že vykurovací faktor tepelného čerpadla klesne pod hodnotu 2,5 bude vypnuté do doby, kým sa podmienky nezlepšia. Trojcestný ventil na okruhu tepelného čerpadla upravuje prietok tak, aby bola dosiahnutá požadovaná teplota vykurovacej vody 60 °C.

V dobe vypnutého tepelného čerpadla zaobstará všetku potrebu tepla na vykurovanie plynový kotel.

11.3 Technológie riadenia

Potrebné vstupy a výstupy sú uvedené v tabuľke (Tab. 34).

Tab. 34: Potrebný počet vstupne výstupných zariadení

Analogový vstup (AI)	16
Analogový výstup (AO)	5
Digitálny vstup (DI)	10
Digitálny výstup (DO)	10

Pre riadenie vykurovania a ohrevu teplej vody bolo zvolené PLC značky Tecomat typ Foxtrot CP-1008. Jedná sa o modulárny programovateľný automat. Tento typ má 12 AI, 4 AO, 1 DI, 11 DO. Pre riadenie bude potrebné pridať doplňujúce moduly a to modul typu Foxtrot IT-1604, ktorý pridá ďalších 8 AI a 2 AO. Druhý pridaný modul je typu Foxtrot IB-1301, tento modul poskytne 12 DI. Regulácia vykurovacej sústavy spočíva prevažne v monitorovaní snímačov tepla. V miestnosti č. 106 – obývacia hala, je umiestnený termostat, v ktorom je možné nastaviť teplotu, pri ktorej sa začne vykurovať, alebo nastaviť teplotu, na ktorú sa má ohriať teplá voda.

Tab. 35: Vstupy a výstupy PLC

Č. I/O	Typ I/O	Zariadenie	Funkcia
1	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
2	DI	Čerpadlo	Monitorovanie
3	DO	Čerpadlo	Riadenie
4	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
5	DI	Čerpadlo	Monitorovanie
6	DO	Čerpadlo	Riadenie
7	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
8	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
9	AI	Ventil	Riadenie
10	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
11	AO	Trojcestný ventil	Riadenie
12	AO	Trojcestný ventil	Riadenie
13	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
14	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
15	DI	Čerpadlo	Monitorovanie
16	DO	Čerpadlo	Riadenie
17	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
18	AO	Trojcestný ventil	Riadenie
19	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
20	DI	Čerpadlo	Monitorovanie
21	DO	Čerpadlo	Riadenie
22	AO	Trojcestný ventil	Riadenie
23	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
24	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
2529	DI	Čerpadlá	Monitorovanie
3034	DO	Čerpadlá	Riadenie
35	AO	Trojcestný ventil	Riadenie
36	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
37	DI	Čerpadlo	Monitorovanie
38	DO	Čerpadlo	Riadenie
39	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
40	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie
41	AI	Čidlo teploty	Monitorovanie

12 ELEKTROINŠTALÁCIA

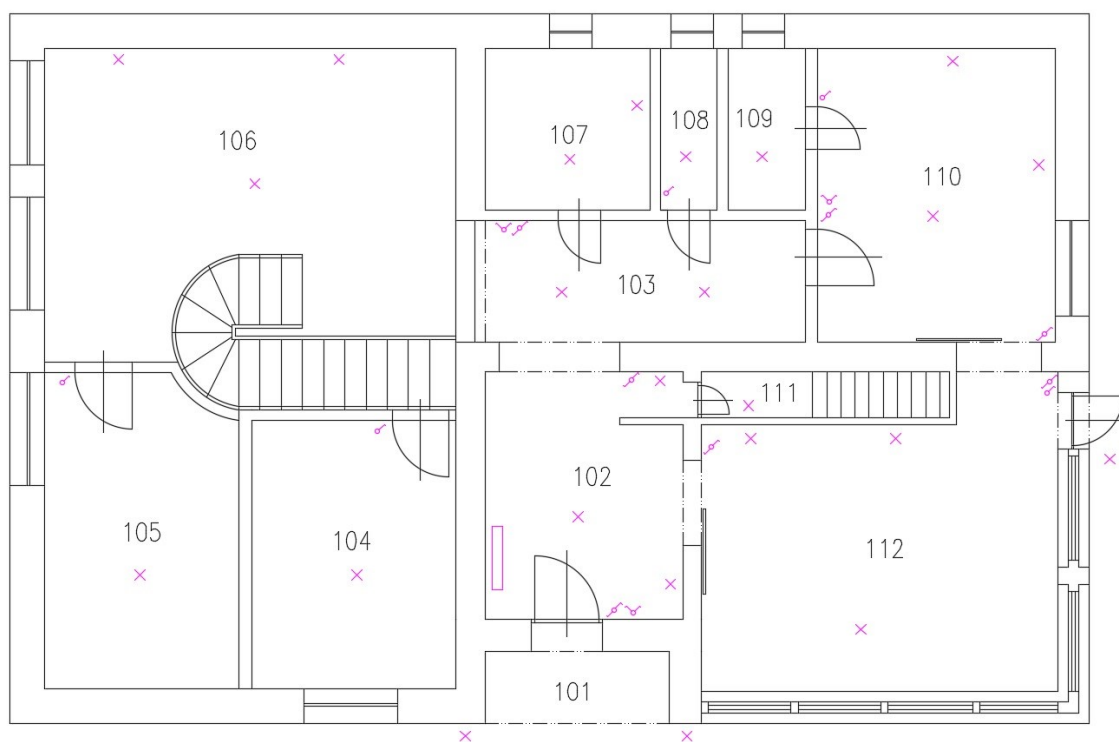
Do hlavného rozvádzača je privádzaná elektrická energia z verejnej siete. Sústava v dome je typu TN-S, kde je oddelený nulový vodič (N) a ochranný vodič (PN). Hlavný domový rozvádzač je umiestnený v miestnosti 102 – Zádverie, na ľavej strane od vchodových dverí. Rozvádzač obsahuje istiacie prvky pre zásuvkové okruhy (16 A) a pre svetelné okruhy (10 A).

12.1 Svetelné okruhy

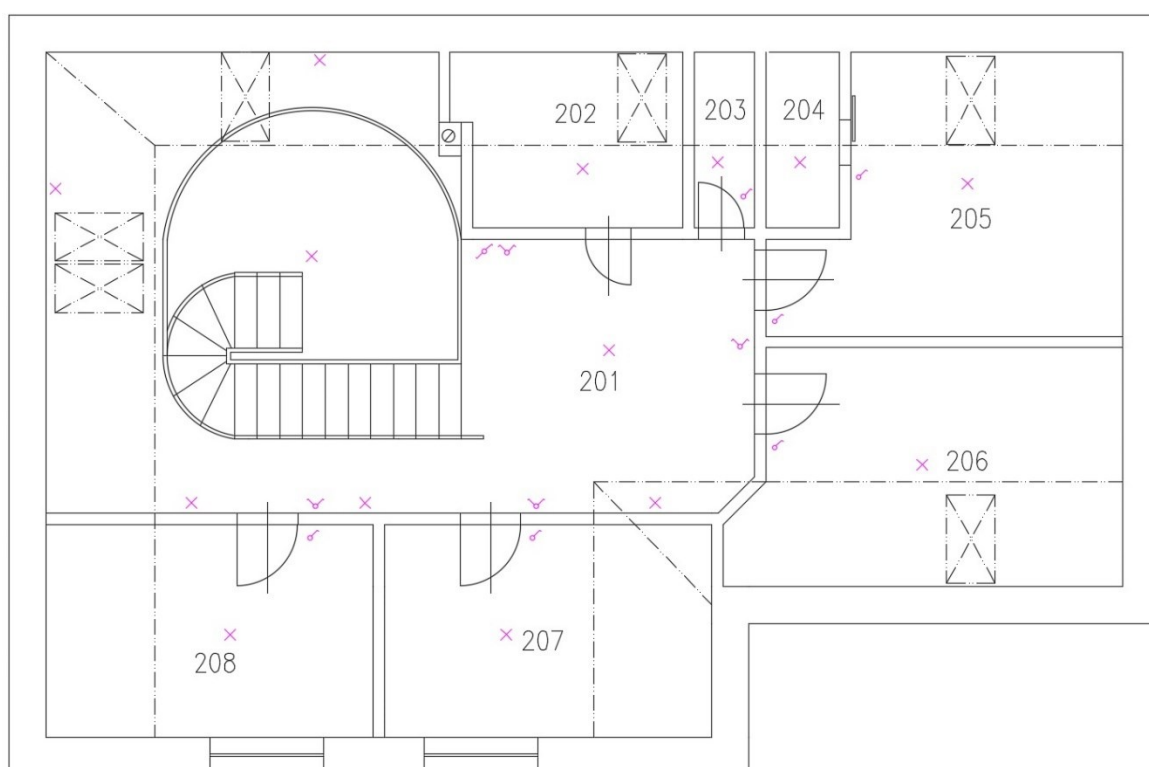
Všeobecne platí, že na svetelný okruh je možné pripojiť iba taký počet svietidiel, aby súčet ich menovitých prúdov nepresiahol hodnotu menovitého prúdu istiaceho prvku. Budova bola rozdelená na niekoľko svetelných okruhov (Tab. 36). Väčšina svetiel je umiestnená na strope, ostatné na stenách. Káble svietidiel sú vedené v stenách a strope. Vypínače budú umiestnené pri dverách, v prípade miestnosti 201 – galéria, na najbližšej stene pri dverách do kúpeľne, vo výške 120 cm nad zemou.

Tab. 36: Svetelné okruhy






Okruh	Miestnosti
1	102 - 111 + vonkajšie osvetlenie
2	112 + vonkajšie osvetlenie
3	103
4	110 - 109
5	108 - 107
6	106
7	105 - 104
8	208 - 207
9	206
10	205 - 204
11	203 - 202
12	201



Obr. 26: Rozloženie svetiel a vypínačov v prvom nadzemnom poschodí



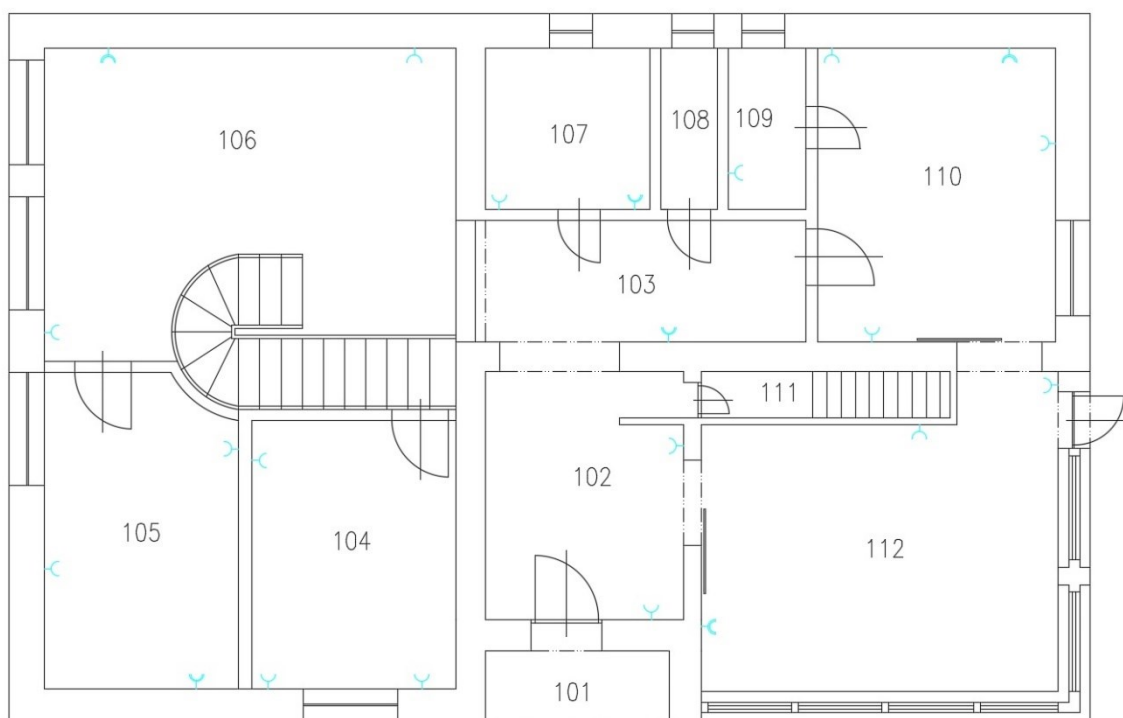
Obr. 27: Rozloženie svetiel a vypínačov v podkrovi

	Svetelný zdroj
	Sériový prepínač
	Schodiskový prepínač
	Jednopolový vypínač
	Hlavný rozvádzač

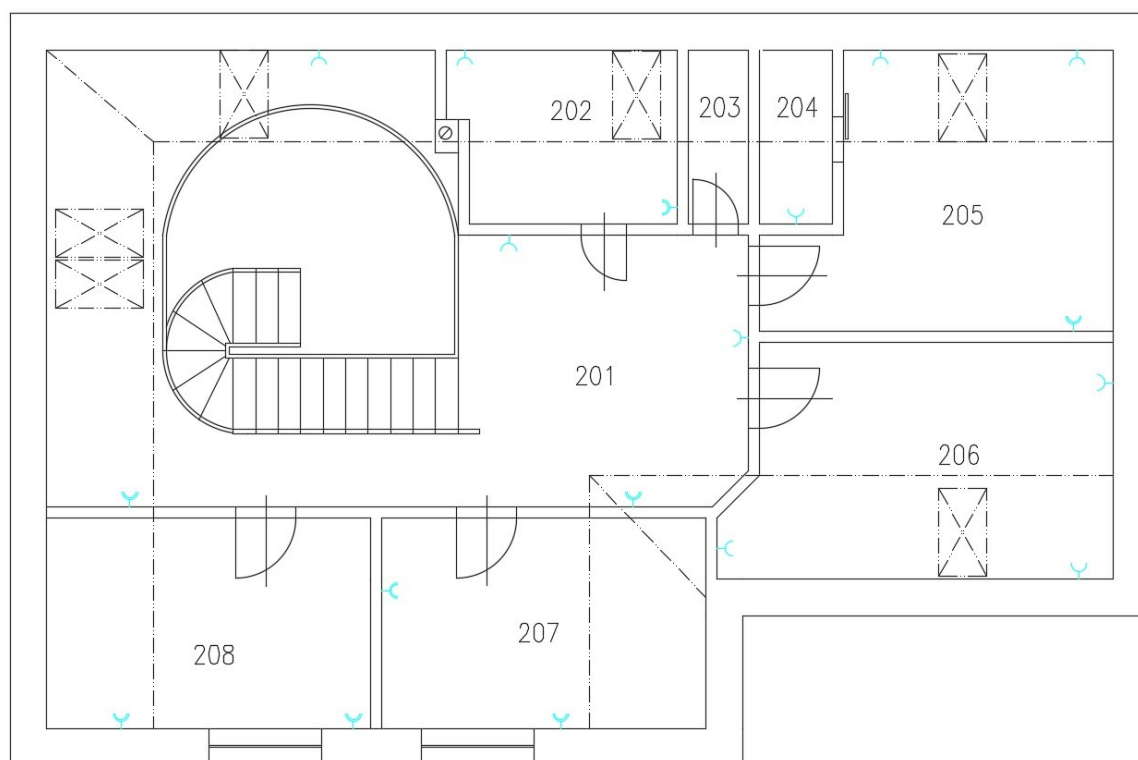
Obr. 28: Legenda ku svetelným okruhom

12.2 Zásuvkové okruhy

Zásuvky sú navrhované na elektrické napätie 230 V. Na zásuvkové obvody sa dajú pripojiť jednoúčelové spotrebiče pre krátkodobé použitie. Pre dlhodobé napájanie sa vytvárajú samostatné okruhy vyvedené do hlavného rozvádzača. Zásuvkové káble budú vedené v stenách. V kúpeľniach a v kuchyni budú navrhnuté okruhy so zvýšenou ochranou pre možnosť namočenia a prípadného úrazu elektrickým prúdom. Zásuvky musia mať ochranný kolík pripojený na ochranný vodič. Na jednom zásuvkovom okruhu môže byť pripojených maximálne desať zásuvkových vývodov, pričom celkový inštalovaný výkon nemôže presiahnuť 3680 V·A pri istení 16 A a 1300 V·A pri istení 10 A. Viacnásobná zásuvka je považovaná za len jedno pripojenie, rovnako ako niekoľko zásuviek zapojených v spoločnom zásuvkovom obvode a umiestnených v spoločnom viacnásobnom rámečku sa považuje za jeden zásuvkový vývod [47].



Obr. 29: Rozloženie zásuviek v prvom nadzemnom podlaží



Obr. 30: rozloženie zásuviek v podkroví

12.3 Elektroinštalácia KNX

V objekte sa bude na riadenie osvetlenia, žalúzií a roliet v zimnej záhrade využívať decentralizovaný zbernicový systém KNX. Tento systém bude využívať zbernice EIB, ktoré tvoria dva vodiče. Tieto vodiče fungujú ako zdroj pre jednotlivé komponenty aj ako prenosové médium pre telegramy.

Topológia môže byť zvolená akákoľvek okrem kruhovej. Na zbernici sa nesmie vytvoriť cyklus. Komunikácia prebieha pomocou zbernice, ktorú tvorí pár vodičov umiestnených v stene spolu s kabelážou osvetlenia alebo zásuviek.

Napájanie systému bude pomocou Gira KNX power supply 320 mA. Na tento prístroj je možné pripojiť až 64 zariadení, čo pre náš objekt stačí. V prípade ďalšieho dodatočného rozširovania je možné zvýšiť počet zariadení pridaním ďalšej línie. Podľa topológie KNX je možné na hlavnú líniu pripojiť až 12 ďalších línií, ktoré vytvoria oddiel. Oblasť môže obsahovať až 15 oddielov čo umožní pripojiť až cez 12 tisíc zariadení.

Osvetlenie bude riadené pomocou tlačidlových sensorov Gira 3 basic a Gira 3 komfort. Použitie týchto tlačidlových sensorov výrazne uľahčí ovládanie množstva svetiel napríklad v miestnosti 106 – Obývacia hala, kde sa na jednom mieste nachádza ovládanie svetiel veľkej časti domu.

Na riadenie roliet a žalúzií bude použitý modul na riadenie Gira Instabus. Výhoda tohto modulu bude hlavne v miestnosti 112 – zimná záhrada, kde sa budú dať z jedného miesta ovládať žalúzie aj rolety. Prípadne sa dá pridať k ovládaniu stmievací senzor, ktorý bude podľa intenzity slnečného žiarenia nastavovať natočenie žalúzií.



Obr. 31: Gira 3 basic a Gira 3 komfort [48]

12.4 Vizualizácia SCADA

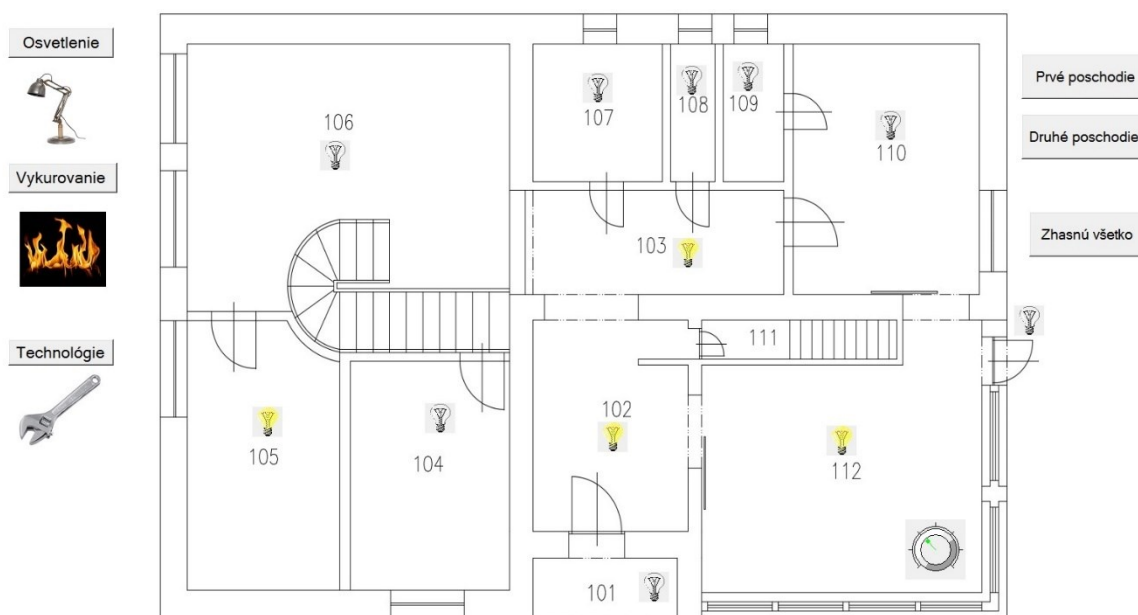
Ovládanie a riadenie technológií je realizované pomocou systému SCADA. Tento systém umožňuje monitorovanie aj riadenie jednotlivých častí systému. Ako vizualizačné prostredie bol vybraný program Control Web.

Komunikácia vizualizačného programu s riadiacim PLC Tecomat Foxtrot CP-1008 je pomocou ethernetového rozhrania alebo cez internet.

Vizualizácia je rozdelená do troch kategórií:

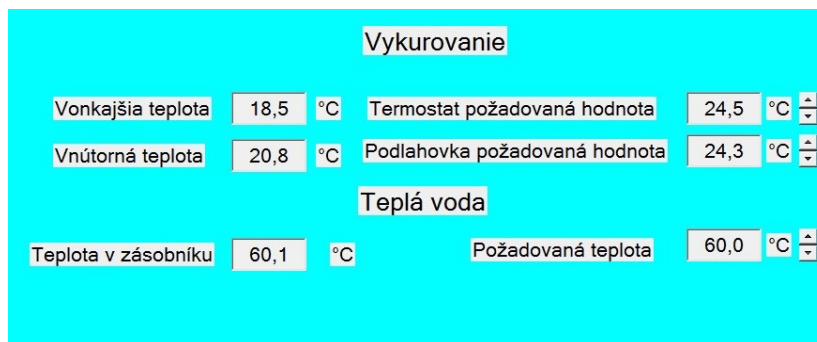
- Riadenie osvetlenia a roliet
- Riadenie vykurovania
- Monitorovanie a riadenie technológií

Všetky okná majú na ľavej strane panel s možnosťou výberu požadovaného okna vizualizácie. Na obrázku (Obr. 32) je vidieť okno pre ovládanie osvetlenia. Centrálna časť je zobrazenie príslušného poschodia, so signalizáciou rozsvietených svetiel. Svetlá je možné pomocou kliknutia na príslušnú ikonu rozsvietiť, alebo zhasnúť. Pravá strana vizualizačného okna slúži na prepínanie medzi poschodiami. Nachádza sa tu aj tlačidlo s funkciou zhasnutia všetkých svetiel na príslušnom poschodí. Na prvom nadzemnom poschodí sa v miestnosti 112 – Zimná záhrada, nachádza ovládač na sťahovanie vonkajších roliet .



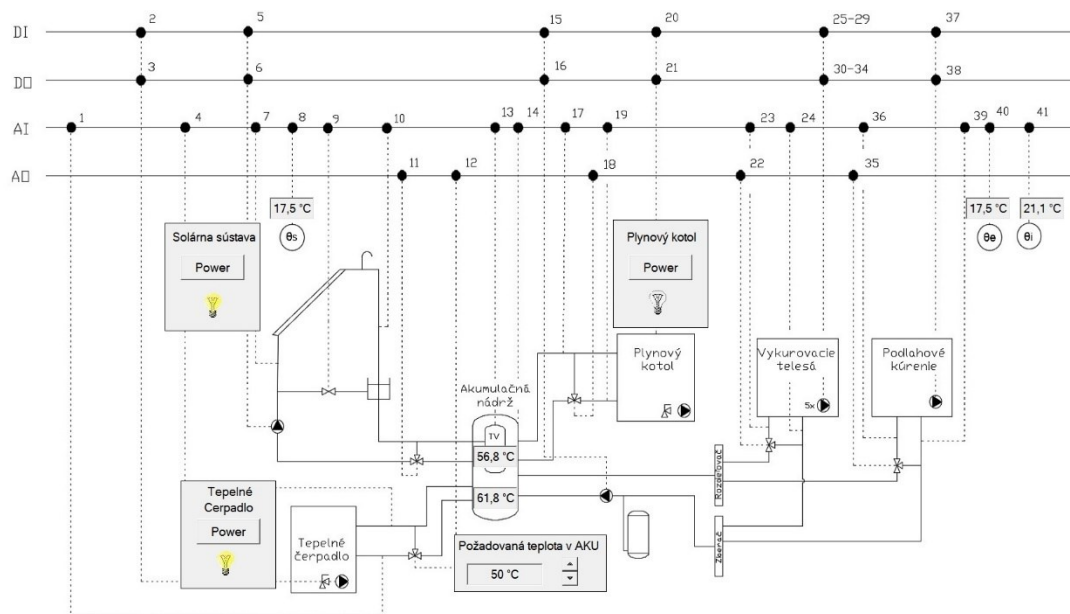
Obr. 32: Vizualizačné okno pre riadenie osvetlenia

Na obrázku (Obr. 33) je okno riadenia vykurovania. Vo vizualizačnom okne je monitorovaná vonkajšia a vnútorná teplota. Na paneli je možné pomocou šípok v pravej časti nastavovať požadovanú teplotu termostatu na vykurovanie vykurovacími telesami a teplotu podlahového kúrenia. V spodnej časti je monitorovaná teplota v zásobníku teplej vody s možnosťou regulácie požadovanej teploty podľa potreby.



Obr. 33: Vizualizačné okno riadenia vykurovania

Okno riadenia a monitorovania technológií je znázornené na obrázku (Obr. 34). V tomto okne sú zobrazené niektoré hodnoty s teplotných čidiel. Pri jednotlivých zdrojoch sú indikátory, na základe ktorých je možné zistiť či sú zapnuté alebo nie. S tohto panelu je možné pomocou tlačidiel Power diaľkovo vypínať či zapínať jednotlivé zariadenia. Pri akumuláčnej nádrži sú indikátory momentálnej teploty a panel, na ktorom je možné nastaviť požadovanú teplotu vykurovacej vody.



Obr. 34: Vizualizácia a riadenie technológií

12.5 Návrh PZTS

V danom objekte sa využíva plynový kotol, a zemný plyn sa používa aj na varenie. S tohto dôvodu budú v dome nainštalované detektory dymu a tepla v miestnostiach 110 – Kuchyňa a 106 - Obývacia hala. Detektory budú značky ABUS HSRM 30000.

Použitý systém PZTS je založený na ústredni značky VERIA Panther. Táto ústredňa disponuje podsvieteným integrovaným displejom s dotykovými tlačidlami. Na ústredňu je možné pripojiť 32 bezdrôtových a 8 drôtových zón. Ústredňa má vstavaný záložný akumulátor 11,1V/1000 mAh a sirénu pre prípad výpadku energie. Samozrejmosťou je GSM/PTSN komunikátor, ktorý môže poslať informácie na štyri telefónne čísla a DPPC.

V objekte na prvom nadzemnom poschodí budú na všetkých oknách a vchodových dverách nainštalované detektory signalizujúce narušenie vstupu do objektu. Tieto detektory sú tvorené magnetickými kontaktmi značky MET-200. Detektor pozostáva z dvoch častí, magnetu a senzoru. Magnet sa umiestňuje na pohyblivú časť okna a senzor na statickú časť. Na oknách z južnej strany objektu, ktorá priamo susedí s ulicou budú použité okrem magnetických kontaktov aj bezpečnostné fólie.

V miestnostiach 102, 104, 105, 110, 112 a 201 budú umiestnené PIR detektory pohybu značky Crow swan quad. V objekte majú psa, preto tieto detektory majú imunitu domácich zvierat do 25 kilogramov.

Súčasťou navrhovaného PZTS budú sirény s akustickou aj vizuálnou signalizáciou umiestnené jedna z vonkajšej strany pri vchodových dverách a druhá v Obývacej hale.

ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo popísať riešenie energeticky úsporných rodinných domov s takmer nulovou spotrebou vstupnej energie z hľadiska stavebnej fyziky, spotreby energie, riešenia tvorby mikroklímatu, osvetlenia, akustických problémov a možnosti využitia obnoviteľných zdrojov energie. Týmto témam bola venovaná teoretická časť práce spolu s požiadavkami na zariadenia techniky prostredia spôsobu riadenia, monitorovania a komunikácie.

Po naštudovaní noriem a oboznámení sa s možnosťami návrhu techniky prostredia boli znalosti aplikované na reálnu budovu. Celá budova bola ako prvé zhodnotená s hľadiska stavebnej fyziky. V následnom porovnaní výsledkov s normami boli zistené nedostatky v tepelne izolačných vlastnostiach konštrukcii. Na nedostatky bol vypracovaný plán rekonštrukcie tak, aby budova spĺňala parametre pasívneho domu. Nové konštrukcie boli opäť zhodnotené a z výsledkov boli vypočítané tepelné straty a tepelná záťaž budovy.

Ďalšia kapitola bola venovaná návrhu systémov techniky prostredia, a to konkrétne vykurovacích zariadení a ohrievanie teplej vody. Dôraz bol kladený na to, aby sa čo najväčšia časť potrebnej energie získavala s obnoviteľných zdrojov energie. Po návrhu vykurovacej sústavy, a výpočte množstva potrebnej teplej vody bol vybraný kotol. Jedná sa o kondenzačný kotol na zemný plyn, ktorý je schopný pokryť všetky nároky na vykurovanie aj na prípravu teplej vody, v prípade nefunkčnosti alternatívnych zdrojov energie, alebo dlhodobo nepriaznivým klimatickým podmienkam, ktoré by zabraňovali ich využívaniu.

Ako ďalší zdroj energie boli navrhnuté solárne kolektory. Kolektory budú využívané len na prípravu teplej vody. Výpočtom bola zistená plocha kolektorov tak, aby za priaznivých podmienok pokryli energetickú náročnosť na celú spotrebu teplej vody.

Na vykurovanie bolo navrhnuté tepelné čerpadlo typu zem – voda s plošnými zemnými kolektormi. Vďaka záhrade, ktorou objekt disponuje je možné získať zo zeme energiu postačujúcu na pokrytie nárokov na vykurovanie v celej budove.

Neoddeliteľnou súčasťou práce je návrh elektroinštalácie, doplnenej o inteligentný zbernicový systém KNX. Užívateľia domu má vďaka tomuto systému komfort pri ovládaní svetiel, alebo kontrole objektu. Riadenie a monitorovanie vykurovacieho systému je zaistené programovateľným automatom. K celému domu bol taktiež navrhnutý vizualizačný systém na ovládanie technológií aj osvetlenia či tienenia okien.

Cieľom tejto práce bolo navrhnuť inteligentný dom s modernou technológiou, ktorý má počas roku čo najnižšie prevádzkové náklady. V práci som sa snažil o komplexné posúdenie celého objektu a maximálne využiť jeho možnosti. Pri návrhu nebola prioritná cena jednotlivých súčastí systémov.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] TYWONIAK, Jan. Navrhování energeticky úsporných budov v širších souvislostech [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3809-navrhovani-energeticky-uspornych-budov-v-sirsich-souvislostech>
- [2] Typové rozdelenie RD z hľadiska energetickej náročnosti [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.woodbuilding.sk/?page_id=204
- [3] Slovenský plynárenský priemysel [online]. [cit. 2017-05-20] Soubor ve formátu PDF. Dostupné z: http://www.spp.sk/Cds/Download/136_Nizkoenergeticke_domy
- [4] Nízkoenergetické domy [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.for-dom.sk/nizkoenergeticke-domy>
- [5] Pasivní domy: Co je pasivní dům? [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [6] Energia: Nulový dom odoberá zo siete minimum energie [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://energia.sk/poradime-vam/efektivnost/nulovy-dom-odobera-zo-siete-minimum-energie/4184/>
- [7] HURTÍKOVÁ, Daniela. Energetické hodnotenie budov podľa Európskych noriem [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/12611-energeticke-hodnotenie-budov-podla-europskych-noriem>
- [8] Rozdíl mezi energetickým štítkem a energetickým průkazem budovy [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.budovyprukaz.cz/rozdil-stitek-prukaz.html>
- [9] ČSN 73 05450-2: Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011.
- [10] Neobnovitelné zdroje energie [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.snizujeme.cz/slovník/neobnovitelne-zdroje-energie/>
- [11] Obnovitelné zdroje energie [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://vitejtenezemi.cz/cenia/index.php?p=obnovitelne_zdroje_energie&site=energie
- [12] RUBINOVI, Olga a Pavel. Vnitřní prostředí: Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>

- [13] KABELE, Karel. Vytápění: Modelování operativní teploty [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1422-modelovani-operativni-teploty>
- [14] ZMRHAL, Vladimír. Větrání: Stanovení střední radiační teploty [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/3072-stanoveni-stredni-ra-diacni-teploty-i>
- [15] Vlhký vzduch: Vlhký vzduch - stavové veličiny [online]. [cit. 2017-05-20] Soubor ve formátu PDF. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/vlhky-vzduch.pdf>
- [16] HREBÍK, Pavol. Analýza neurčitosti vnútornej teploty výpočtu potreby tepla na vykurovanie [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/10871-analyza-neurcitosti-vnutornej-teploty-vypoctu-potreby-tepla-na-vy-kurovanie>
- [17] NOVÁČEK, Jiří. Akustika staveb: Stavební akustika - Základy a terminologie [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/177-stavebni-akustika-zaklady-a-terminologie>
- [18] NOVÁČEK, Jiří. Akustika staveb: Požadavky na vzduchovou neprůzvučnost [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/189-pozadavky-na-vzduchovou-nepruzvucnost>
- [19] NOVÁČEK, Jiří. Akustika staveb: Kročejová neprůzvučnost [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/190-krocejova-nepruzvucnost>
- [20] Denní a sdružené osvětlení [online]. [cit. 2017-05-20] Soubor ve formátu PDF. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_08.pdf
- [21] PŘIBÁŇOVÁ, Henrietta. Osvětlení: Umělé osvětlení vnitřního prostředí [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostredi>
- [22] DOLEŽÍLKOVÁ, Hana. Vnitřní prostředí: Kvalita vnějšího a vnitřního vzduchu [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>
- [23] ČSN EN ISO 7730: Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PDD a kritéria

- místního tepelného komfortu. ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha, 2006.
- [24] TYWONIAK, Jan. Normy a právní předpisy: Větrání budovy a šíření vzduchu podle ČSN 73 0540-2 [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/7981-vetrani-budovy-a-sireni-vzduchu-podle-csn-73-0540-2>
- [25] Okrajové podmínky pro tepelně technické výpočty [online]. [cit. 2017-05-20] Soubor ve formátu PDF. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwifhdCV7f7TAhUB-bxQKHATZDUgQF-gglMAA&url=http%3A%2F%2Fkps.fsv.cvut.cz%2Ffile_download.php%3Ffid%3D4274&usg=AFQjCNEHzBXEs4AZuaAzzsUpSqvGqX9pgQ
- [26] KULHÁNEK, František. Stavební fyzika II: stavební tepelná technika. Vyd. 3., přeprac. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-010-3408-9.
- [27] Průměrný součinitel prostupu tepla budovy [online]. [cit. 2017-05-21] Soubor ve formátu PDF. Dostupné z: http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=4278
- [28] JELÍNEK, Vladimír. Vlhkost a kondenzace v konstrukcích: Difúzní tok a kondenzace vodní páry v konstrukci stěny – část 1 – Vlhký vzduch a vznik difúzního toku [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/vlhkost-a-kondenzace-v-konstrukcich/6771-difuzni-tok-a-kondenzace-vodni-pary-v-konstrukci-steny-cast-1-vlhky-vzduch-a-vznik-difuzniho-toku>
- [29] ČSN EN 12831: Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha, 2005.
- [30] Vnitřní prostředí: Tepelné zisky od vnitřních zdrojů [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitri-mich-zdroju>
- [31] ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Výzkumný ústav pozemních staveb Praha, ve spolupráci s ČVUT, fakultou strojní, Doc. Ing. Jaroslav Chyský, CSc., 1985.

- [32] Alternativní zdroje energie ČR: Energie větru [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://absolventi.gymcheb.cz/2009/pelavic/zemak2.html>
- [33] Energie ze Slunce: Formy sluneční energie [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/formy-slunecni-energie.html>
- [34] Energie ze Slunce: Energie biomasy [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunecni-energie/energie-biomasy.html>
- [35] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i>
- [36] Typy tepelných čerpadel [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>
- [37] Druhy vytápění: Tepelná čerpadla [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.karnool.cz/druhy-vytapeni/>
- [38] BAŠTA, Jiří. Podlahové vytápění: Podlahové vytápění II [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni/3442-podlahove-vytapeni-i>
- [39] BAŠTA, Jiří. Podlahové vytápění: Podlahové vytápění III [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni/3449-podlahove-vytapeni-iii>
- [40] ČSN 06 0320: Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování. ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha, 2006.
- [41] BAŠTA, Jiří. Vytápění: Regulační armatury - teoretická základna [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/2181-regulacni-armatury-teoreticka-zakladna-i>
- [42] MATUŠKA, Tomáš. Solární kolektory: Typy solárních kolektorů [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solar-nich-kolektoru>
- [43] MATUŠKA, Tomáš. Solární kolektory: Parametry solárních kolektorů [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru>

- [44] Domovní elektroinstalace: Klasická versus inteligentní elektroinstalace [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/domovni-elektroinstalace/7842-klasicka-versus-inteligentni-elektroinstalace>
- [45] Studijní materiály předmětu Sběrníkové systémy. 2015. Zlín.
- [46] KALETA, Ján. Tepelná čerpadla: Základní zásady návrhu plošného zemního kolektoru pro tepelné čerpadlo země/voda [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/10178-zakladni-zasady-navrhu-plosneho-zemniho-kolektoru-pro-tepelne-cerpadlo-zeme-voda>
- [47] SLUKA, Jiří. Elektrotechnika: Požadavky na vnitřní elektrické rozvody podle ČSN 33 2130 ed. 2 - 2. díl [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/8020-pozadavky-na-vnitri-elektricke-rozvody-podle-csn-33-2130-ed-2-2-dil>
- [48] Inteligentní elektroinstalace KNX: Manuální ovládání světel [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://gira.cz/produkty/inteligentni-elektroinstalace/manualni-ovladani-svetel/>
- [49] 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.
- [50] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Vyd. 2. [S.l.: s.n.], 2003. ISBN 80-902938-2-4.
- [51] *Topenářská příručka*. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978CO-80-86028-13-2.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

AI	Analog Input
AO	Analog Output
ČR	Česká Republika
DI	Digital Input
DO	Digital Output
DPPC	Dohledové a Poplachové Příjímací Centrum
ETS	Engineering Tool Software
GSM	Groupe Special Mobile
J	Juh
JZ	Juho Západ
JV	Juho Východ
Kč	Koruna česká
KNX	Konnex Bus
LON	Local Operating Network
PC	Personal Computer
PMW	Stredný tepelný pocit
PPD	Predpokladané percento nespokojných
PPM	Parts Per Million
PZTS	Poplachový zabezpečovací a tísňový systém
V	Východ
WC	Water Closed
Z	Západ

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1: Preukaz energetickej náročnosti a energetický štítok [8]	14
Obr. 2: Graf výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov v ČR [11]	16
Obr. 3: PPD ako funkcia PMV	21
Obr. 4: Teplotné oblasti v zimnom období [25]	27
Obr. 5: Výpočtové schéma vlhkostného toku [28]	31
Obr. 6: Cyklus spracovania, transformácie a využitia biomasy [34]	41
Obr. 7: Podlahové vykurovanie na suchý spôsob [38]	45
Obr. 8: Podlahové vykurovanie na mokrý spôsob [38]	46
Obr. 9: Meandrový a špirálový spôsob uloženia [38]	46
Obr. 10: Rozdelenie solárnych kolektorov [42]	53
Obr. 11: Schéma klasickej elektroinštalácie [44]	55
Obr. 12: Schéma zapojenia inteligentnej elektroinštalácie [44]	56
Obr. 13: Závislosť nákladov na výkonnosti elektroinštalácie [44]	57
Obr. 14: Letecký snímok pozemku	60
Obr. 15: Južný pohľad	61
Obr. 16: Východný pohľad	61
Obr. 17: Pôdorys prvého nadzemného podlažia	62
Obr. 18: Pôdorys podkrovia	63
Obr. 19: Priebeh tlakov vodnej pary v pôvodnom obvodovom múre	65
Obr. 20: Priebeh tlakov vodnej pary v rekonštruovanom obvodovom múre	69
Obr. 21: Schéma vykurovacej sústavy	75
Obr. 22: Krivky priebehu dodávok a odberu tepla	77
Obr. 23: Charakteristika obehového čerpadla Grundfos	80
Obr. 24: Plynový kotol Vaillant	84
Obr. 25: Schéma vykurovacej sústavy a jej riadenie	86
Obr. 26: Rozloženie svetiel a vypínačov v prvom nadzemnom poschodí	91
Obr. 27: Rozloženie svetiel a vypínačov v podkroví	91
Obr. 28: Legenda ku svetelným okruhom	92
Obr. 29: Rozloženie zásuviek v prvom nadzemnom podlaží	93
Obr. 30: rozloženie zásuviek v podkroví	93
Obr. 31: Gira 3 basic a Gira 3 komfort [48]	94
Obr. 32: Vizualizačné okno pre riadenie osvetlenia	95

Obr. 33: Vizualizačné okno riadenia vykurovania96
Obr. 34: Vizualizácia a riadenie technológií96

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Rozdelenie budov do skupín [2]	12
Tab. 2: Merný energetický výdaj na m^2 telesnej plochy podľa činnosti [12]	17
Tab. 3: Závislosť koeficientu A pre výpočet operatívnej teploty [13]	18
Tab. 4: Tepelný pocit k príslušnej hodnote PMW [16]	21
Tab. 5: Vybrané hodnoty hladín akustického tlaku	23
Tab. 6: Vybrané hodnoty umelého osvetlenia a vhodné činnosti [21]	24
Tab. 7: Hodnoty činiteľa prirodzenej osvietenosti u združeného osvetlenia[20]	25
Tab. 8: Vybrané požadované hodnoty súčiniteľa prestupu tepla [9]	30
Tab. 9: Pokles výslednej teploty miestnosti v zimnom období [9]	33
Tab. 10: Požadované hodnoty najvyššej dennej teploty v letnom období [9]	33
Tab. 11: Baufortova tabuľka rýchlosti vetra [32]	39
Tab. 12: Okrajové podmienky objektu	60
Tab. 13: Parametre miestností v prvom nadzemnom podlaží	62
Tab. 14: Parametre miestností v podkroví	63
Tab. 15: Skladba pôvodného obvodového muriva	65
Tab. 16: Súčinitele prestupu tepla, pôvodný stav	66
Tab. 17: Súčiniteľ tepelnej redukcie pre jednotlivé konštrukcie	66
Tab. 18 Plochy jednotlivých konštrukcii	66
Tab. 19: Parametre zatepl'ovacieho materiálu Isover TF profi	68
Tab. 20: Parametre zatepl'ovacieho materiálu Nobasil T	69
Tab. 21: Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcii po rekonštrukcii	70
Tab. 22: Plochy v miestnosti 104	71
Tab. 23: Tepelné straty v jednotlivých miestnostiach	72
Tab. 24: predpokladaný odber teplej vody	75
Tab. 25: Vykurovacie telesá v prvom nadzemnom podlaží	77
Tab. 26: Vykurovacie telesá v podkroví	78
Tab. 27: Vykurovacie zariadenia v jednotlivých okruhoch	78
Tab. 28: Celkové tlakové straty v okruhoch s vykurovacími telesami	79
Tab. 29: Parametre termoregulačných ventilov pre jednotlivé telesá	80
Tab. 30: Parametre podlahového vykurovania v miestnosti 112	81
Tab. 31: Parametre podlahového vykurovania v miestnosti 102	81
Tab. 32: Parametre solárneho kolektoru	84

Tab. 33: Maximálna extrakčná kapacita pôdy [46]	85
Tab. 34: Potrebný počet vstupne výstupných zariadení	88
Tab. 35: Vstupy a výstupy PLC	89
Tab. 36: Svetelné okruhy	90

ZOZNAM PRÍLOH

P I Pôdorys

P II Vykurovacía sústava

P III Elektroinštalácia

P IV Technické listy

Poznámka: prílohy sú len v elektronickej podobe.