

Integrovaný systém techniky prostředí v budově rodinného domu

Integrated System HVAC in Family House

Bc. Mário Mičo

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Mário MIČO**
Osobní číslo: **A13457**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Integrovaný systém techniky prostředí v budově rodinného domu**
Téma anglicky: **Integrated System HVAC in Family House**

Zásady pro vypracování:

1. Popište řešení energeticky úsporných rodinných domů s téměř nulovou spotřebou vstupní energie z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí.
3. Pro konkrétní budovu ověřte její tepelně technické parametry úpravy tak, aby byly splněny požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie s ohledem na ekonomickou tloušťku izolace.
4. Navrhněte vhodný systém techniky prostředí s možností využití obnovitelných zdrojů energie. Vytápěcí systém bude odpovídat parametrům rodinného domu se zdrojem ZP a využitím tepelného čerpadla a solárních panelů s možností chlazení vnitřních prostorů v kombinaci s bazénem.
5. Navrhněte vhodný řídicí a monitorovací systém, včetně EPS a PZTS.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. DANIELS, K.: **TECHNIKA BUDOV**. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X.
2. **ASHRAE HANDBOOK**. Díl 1 4. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tuttle Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.
3. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: **Větrání a klimatizace**. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8.
4. RECKNAGEL SPRENGER SCHRAMEK Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Ouldenbourg Verlag GmbH, München, 2003. ISBN 3-83563104-7.
5. VALENTA, V. a kol.: **TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3**. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
6. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: **Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky**. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9.
7. Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.
8. KŘEČEK, S. a kol.: **Příručka zabezpečovací techniky**. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4.
9. MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: **Automatizované systémy budov**. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9.
10. CIHELKA, J. a kol. **Vytápění, větrání a klimatizace**. SNTL Praha, 1985.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

27. února 2015

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2015

Ve Zlíně dne 27. února 2015



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen 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/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Táto diplomová práca sa zaoberá návrhom nadštandardného rodinného domu s bazénovou halou. Do navrhovaných systémov patrí: obvodová konštrukcia, vykurovanie, vzduchotechnika pre bazénovú časť, zabezpečovací systém a riadenie celého objektu.

Vďaka návrhu obvodových konštrukcií z kvalitných materiálov a vypočítaným nízkym tepelným stratám v objekte, mohli byť vo vykurovacej sústave navrhnuté obnoviteľné zdroje energie, tepelné čerpadlo a solárne kolektory. Bolo potrebné zvoliť vzduchotechnickú jednotku, ktorá dokáže odoberať potrebné množstvo vzduchu aby nedochádzalo k porušeniu hygienických noriem v miestnosti. Jednotlivé systémy sú prepojené pomocou zbernice KNX. Práca obsahuje moderný 3D model navrhovaného domu aj so vzduchotechnikou.

Kľúčové slova: tepelné čerpadlo, bivalentný zdroj, vzduchotechnická jednotka, inteligentný dom, KNX

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the design of the above standard family house with a pool hall. The proposed system include: peripheral structure, heating, ventilation for the pool area, alarm system and management of the entire building.

By designing external structures of quality materials and the calculated low heat losses in the building, the heating system could designed renewable energy, heat pumps and solar collectors. It was necessary to choose the air handling unit that can remove an appropriate amount of air to prevent violation of sanitary norms in the room. The various devices are interconnected via bus KNX. The work includes an advanced 3D model of the proposed building and the air conditioning.

Keywords: heat pump, bivalent source, air handling unit, intelligent house, KNX

Ďakujem svojmu vedúcemu diplomovej práce Ing. Martinovi Zálešákovi, CSc. za odborné vedenie, podnetné rady, informácie a pripomienky, ktoré mi poskytoval počas spracovávania mojej diplomovej práce. Ďalej chcem poďakovať svojim rodičom a blízkym za podporu, ktorej sa mi dostávalo počas môjho štúdia. V poslednom rade by som chcel poďakovať Miroslavovi Jurášovi za jeho odborné rady v stavebníctve.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POŽIADAVKY NA VNÚTORNÉ PROSTREDIE	12
1.1 TEPELNÁ POHODA	12
1.1.1 Faktory prostredia	12
1.1.2 Osobné faktory	13
1.1.3 Index PMV	13
1.1.4 Index PPD	14
1.1.5 Miestny tepelný diskomfort	15
1.1.6 Vlhkosť vzduchu	16
1.1.7 Operatívna teplota	17
1.2 ŠKODLIVÉ LÁTKY	18
1.3 VETRANIE OBJEKTU.....	19
1.4 AKUSTIKA	20
1.5 OSVETLENIE.....	22
2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY	24
2.1 ENERGETICKÝ ŠTÍTOK OBÁLKY BUDOVY.....	24
2.2 NULOVÝ (AKTÍVNY) DOM.....	25
2.3 PASÍVNY DOM.....	26
2.4 NÍZKOENERGETICKÝ DOM	26
3 OBNOVITEĽNÉ ZDROJE ENERGIE	27
3.1 TEPELNÉ ČERPADLO	27
3.1.1 História tepelného čerpadla.....	27
3.1.2 Princíp tepelného čerpadla	27
3.1.3 Topný faktor.....	28
3.1.4 Typy tepelných čerpadiel	28
3.2 SOLÁRNE KOLEKTORY	30
4 VÝPOČTY TEPELNÝCH STRÁT	33
4.1 SÚČINITEĽ PRESTUPU TEPLA.....	33
4.2 CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ STRATA VYTÁPANÉHO PRIESTORU	35
4.3 TEPELNÉ STRATY PRESTUPOM TEPLA	35
4.4 TEPELNÉ STRATY VETRANÍM	36
5 VÝPOČTY TEPELNÝCH ZISKOV	37
5.1 TEPELNÉ ZISKY Z VNÚTORNÝCH ZDROJOV TEPLA.....	37
5.1.1 Tepelné zisky od ľudí.....	37
5.1.2 Produkcia tepla svietidlami	38
5.1.3 Produkcia tepla elektromotormi	38
5.2 TEPELNÉ ZISKY Z VONKAJŠIEHO PROSTREDIA.....	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
6 NÁVRH NOVÉHO RODINNÉHO DOMU	43

6.1	POPIS DOMU	43
6.2	SKLADBA KONŠTRUKCIE	49
6.2.1	Posúdenie konštrukcie.....	53
6.3	STANOVENIE TEPELNÝCH STRÁT V NAVRHOVANEJ BUDOVE.....	53
6.4	TEPELNÉ ZISKY BUDOVY	55
6.5	ENERGETICKÝ ŠTÍTOK OBÁLKY BUDOVY	59
7	NÁVRH TEPELNEJ SÚSTAVY	62
7.1	OKRUH S VYKUROVACÍMI TELESAMI.....	65
7.1.1	Rozdelenie zón vykurovania	66
7.1.2	Výpočet tlakových strát v jednotlivých zónach	66
7.1.3	Návrh regulačného ventilu	70
7.2	SPOTREBA TÚV	71
7.3	TEPELNÉ ČERPADLO	74
7.4	BIVALENTNÝ ZDROJ	74
7.5	NÁVRH SOLÁRNYCH KOLEKTOROV	75
7.5.1	Expanzná nádoba pre okruh solárnych kolektorov	76
8	AKUSTIKA TECHNICKEJ MIESTNOSTI.....	78
9	ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM.....	79
9.1	SYSTÉM PZTS.....	79
9.1.1	Plášťová ochrana	79
9.1.2	Priestorová ochrana	80
9.1.3	Elektrická požiarňa signalizácia.....	80
10	BAZÉNOVÁ ČASŤ.....	82
10.1	VZDUCHOTECHNIKA.....	82
10.1.1	Vetracia a odvhčovacia jednotka WPLE 2250.....	83
10.1.2	Pracovné režimy jednotky WPLE 2250	84
10.1.2.1	Letná prevádzka s vetraním bez rekuperácie a ohrevu TČ	84
10.1.2.2	Letná prevádzka s vetraním s rekuperáciou a ohrevom TČ.....	85
10.1.2.3	Prevádzka s čiastočným vetraním s rekuperáciou a ohrevom TČ.....	85
10.1.2.4	Prevádzka s čiastočným vetraním s rekuperáciou, s ohrevom TČ a vodným dohrievaním	86
10.1.2.5	Zimná prevádzka s redukovaným vetraním s rekuperáciou, s ohrevom TČ a vodným dohrievaním	86
10.1.2.6	Zimná prevádzka bez prívodu čerstvého vzduchu	87
10.1.3	Technické parametre jednotky	87
10.1.4	Výpočet objemového prietoku vzduchu.....	89

10.2	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH ROZVODOV	91
10.3	ZIMNÁ ÚPRAVA VZDUCHU	94
10.4	LETNÁ ÚPRAVA VZDUCHU	95
10.5	BAZÉN.....	96
10.5.1	Tepelná strata hladinou	97
10.5.2	Tepelná strata konštrukciou	98
10.5.3	Celková tepelná strata bazénu.....	99
10.5.4	Pokrytie tepelných strát.....	99
11	RIADIACI A MONITOROVACÍ SYSTÉM	100
	ZÁVER	104
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	106
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	109
	ZOZNAM GRAFOV	110
	ZOZNAM OBRÁZKOV	111
	ZOZNAM TABULIEK	112
	ZOZNAM PRÍLOH.....	113

ÚVOD

V posledných rokoch hlavne po prepuknutí finančnej krízy začali ľudia svoje peniaze výrazne šetriť. Hľadajú spôsoby ako znižovať svoje finančné náklady na živobytie. Veľkými mesačnými nákladmi je nájomné za byty, vykurovanie, ohrev teplej úžitkovej vody, energie a taktiež údržba domu. Ľudia v čoraz väčšej miere hľadajú alternatívne spôsoby znižovania ich nákladov. Do popredia sa dostávajú nízkoenergetické, pasívne a inteligentné domy.

Tieto budovy sú omnoho úspornejšie, šetrnejšie k prostrediu okolo seba. Využívajú moderné technológie, ktorými dosahujú veľmi nízke nároky na prevádzku. Návratnosť moderných systémov sa rapídne znižuje v dôsledku veľkého dopytu po týchto nových technológiách.

Cieľom diplomovej práce je návrh techniky prostredia pre nový rodinný dom s nadštandardným vybavením a to bazénovou miestnosťou. Výsledný projekt návrhu by mal poslúžiť všetkým, ktorí sa zaoberajú problematikou úsporných budov neštandardných návrhov a hľadajú komplexný zdroj informácií.

Pri riešení svojej práce som čerpal z materiálov vlastnoručne napísaných z prednášok a cvičení odborných predmetov techniky prostredia a projektovania integrovaných systémov na Fakulte aplikovanej informatiky Univerzity Tomáša Bati v Zlíne. Ďalšie zdroje boli odborná literatúra z univerzitnej knižnice a internet.

TEORETICKÁ ČÁST

1 POŽIADAVKY NA VNÚTORNÉ PROSTREDIE

Pri návrhu budov, či už obytných alebo priemyselných, je snaha zabezpečiť čo najlepšie a najprijemnejšie prostredie. Hlavné faktore určujúce pohodu sú teplo, zima, vlhkosť, hluk a CO₂. Tieto parametre určujú normy:

1. ČSN EN 15 251 vstupné údaje o vnútornom prostredí budov, navrhovanie a hodnotenie energetickej hospodárnosti budov, kvalita vzduchu, tepelný stav prostredia, osvetlenie a akustika.
2. ČSN EN ISO 7730 ergonómia tepelného prostredia, analytické stanovenie a interpretácia tepelného komfortu pomocou výpočtu ukazovateľov PMV a PPD a kritéria miestneho tepelného komfortu.
3. ČSN 73 0540 1-4 tepelná ochrana budov, termíny a definície veličín vyskytujúcich sa v súbore tepelno-technických noriem. Mimo iné, táto norma stanovuje požiadavky na teplotu vnútorných povrchov, súčiniteľ prestupu tepla, kondenzácie vodných pár vo vnútri konštrukcie, priedušnosť, tepelnú stabilitu alebo napríklad energetickú náročnosť budovy.

V dnešnej dobe, kedy technológia výrazne pokročila, sa kladie na celkovú kvalitu prostredia, či už v domácnostiach, školách, úradoch, fabrikách, kanceláriách väčší a väčší dôraz.

1.1 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda je pocit každého človeka v miestnosti. Tepelná pohoda je u každého človeka trochu rozdielna, v dôsledku čoho vzniká náročné stanovenie optimálnej teploty v miestnostiach. Pri dodržaní jednotlivých noriem dosiahneme pri najlepšom iba 5 % nespokojnosť ľudí. Človek pri jednotlivých činnostiach produkuje teplo, ktoré vstupuje do miestnosti. Vyprodukované teplo musíme odvádzať v určitom množstve z miestnosti, aby nedochádzalo k zvyšovaniu telesnej teploty. Teplota ľudského tela je približne 36,4 °C. Na povrchu má teplotu približne 31-34 °C.

1.1.1 Faktory prostredia

Faktory, ktoré ovplyvňujú tepelnú bilanciu organizmu z okolitého prostredia sú merateľné.

1. Teplota vzduchu t_a [°C] – teplota vzduchu v interiéri bez sárania z okolitých stien a povrchov.
2. Radičná teplota t_r [°C] – teplota zo všetkých plôch v miestnosti.
3. Vlhkosť vzduchu ϕ [%] – vlhkosť v interiéri ovplyvňuje dýchacie cesty, oči, plesne. Pri vlhkostiach mimo rozsahu 30% - 70% má vplyv aj na citeľnú teplotu.
4. Rýchlosť prúdenia vzduchu w [m/s] – ide o subjektívne hodnotenie teploty v miestnosti, prievan, prúdenie vzduchu pod dverami, klimatizačné jednotky, výustky vzduchotechniky.

1.1.2 Osobné faktory

Osobné faktory sú náročnejšie na správne nastavenie vytápania alebo chladenia miestnosti. Dôležité je určiť, akú činnosť budú vykonávať jednotlivé osoby v miestnosti. Podľa činnosti sa určujú tepelné zisky od ľudí. Starší ľudia majú v priemere nižšiu aktivitu ako mladší.

Tab. 1 Metabolizmus

Činnosť	Metabolizmus	
	W/m ²	met
Ležanie	46	0,8
Sedenie	58	1
činnosť v sede(kancelária, škola, laboratórium)	70	1,2
Ľahká činnosť (nakupovanie, ľahký priemysel)	93	1,6
stredne ťažká namáhavá činnosť(domáce práce, strojný závod)	116	2
Chôdza po rovine 2 km/h	110	1,9
Chôdza po rovine 3 km/h	140	2,4
Chôdza po rovine 4 km/h	165	2,8
Chôdza po rovine 5 km/h	200	3,4

Dôležitým faktorom je taktiež oblečenie človeka, ktoré sa počíta ako tepelný odpor odevu. V norme ČSN EN ISO 7730 sú popísané jednotlivé tepelné odpory pracovných a bežných odevov. $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2 = 1 \text{ metabolická jednotka}$. [1]

1.1.3 Index PMV

PMV je ukazovateľ, ktorý predpovedá stredný tepelný pocit na základe štatistiky z veľkej skupiny ľudí. Stanovuje ho norma ČSN EN ISO 7730. Tieto osoby hodnotia svoj pocit v danej miestnosti na sedembodovej stupnici. Stupnica je založená na tepelnej

rovnováhe ľudského tela. Tepelná rovnováha nastáva vtedy, keď sa vnútorná tepelná produkcia tela rovná tepelnej strate v danom prostredí. V miernom prostredí sa termoregulačný systém človeka automaticky pokúsi modifikovať teplotu kože a vylučovaním potu udržovať teplotnú rovnováhu. Index PMV sa počíta podľa vzorca:

$$PMV = (0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028) \cdot L \quad (1)$$

M – metabolizmus vo watoch na meter štvorcový [W/m^2]

L – rozdiel energetického výdaja a množstva odvedeného tepla [W]

Výsledná hodnota indexu PMV odpovedá niektorému z tepelných pocitov. Tie sú uvedené v tabuľke č. (Tab. 2).

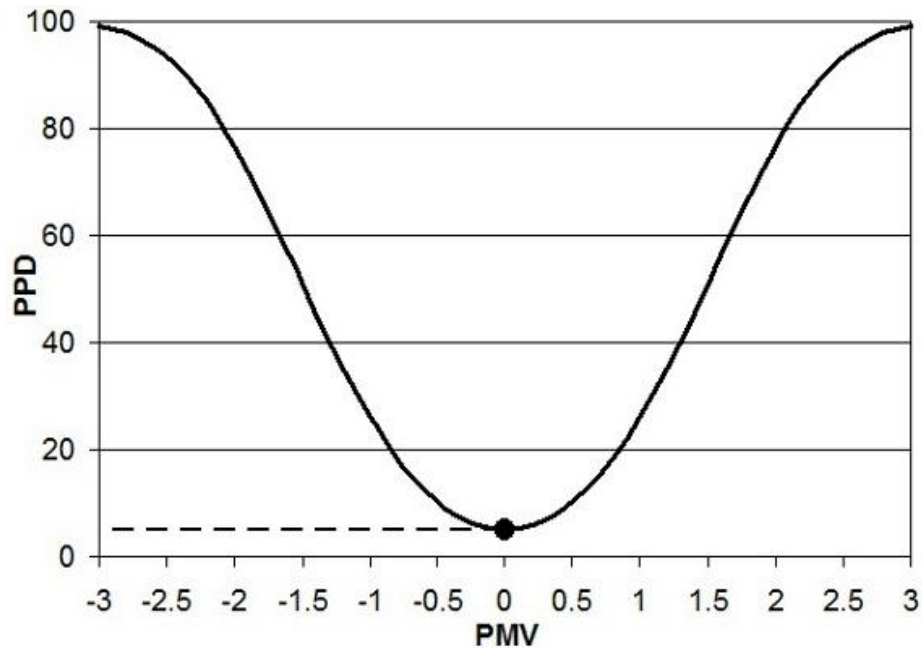
Tab. 2 Siedmi bodová stupnica tepelného pocitu

°C	Pocitový stav
+3	horúco
+2	teplo
+1	mierne teplo
0	neutrálne
-1	mierne chladno
-2	chladno
-3	zima

1.1.4 Index PPD

Výsledky indexu PMV sú u veľkej skupiny osôb rozdielne a vždy sa nájde určitý počet osôb, ktoré budú v dôsledku tepla alebo zimy nespokojní. Index PPD stanovuje približné percento nespokojných ľudí z nastaveným tepelným prostredím pociťujúcich tepelnú nepohodu. Index PPD môžeme vypočítať zo vzorca:

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



Graf. 1 PPD ako funkcia PMV

Kde: PMV – Predpoveď stredného tepelného pocitu

PPD – predpoveď percentuálneho podielu nespokojných v %

Z nasledujúceho grafu vyplýva, že v miestnosti bude vždy minimálne 5% nespokojných ľudí. [1]

1.1.5 Miestny tepelný diskomfort

Index PMV a PPD pojednávajú len o teplote alebo chlade pre telo celkovo. Nespokojnosť z tepelným prostredím môže byť spôsobená aj rozdielnymi teplotami medzi členkami a hlavou alebo napr. prievanom. K tomuto diskomfortu sú náchylnejší ľudia zo sedavým zamestnaním. Pri väčšej aktivite ľudia pociťujú menej tepelné rozdiely. Diskomfort vzniknutý z prúdenia vzduchu môžeme vypočítať z rovnice:

$$DR = (34 - t_a) \times (v_a - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v_a \cdot Tu + 3,14) \quad (3)$$

Kde: t_a - je miestna teplota vzduchu v stupňoch Celzia, 20 °C až 26 °C

v_a – miestne prostredie rýchlosti prúdenia vzduchu v metroch za sekundu <0,5 m/s

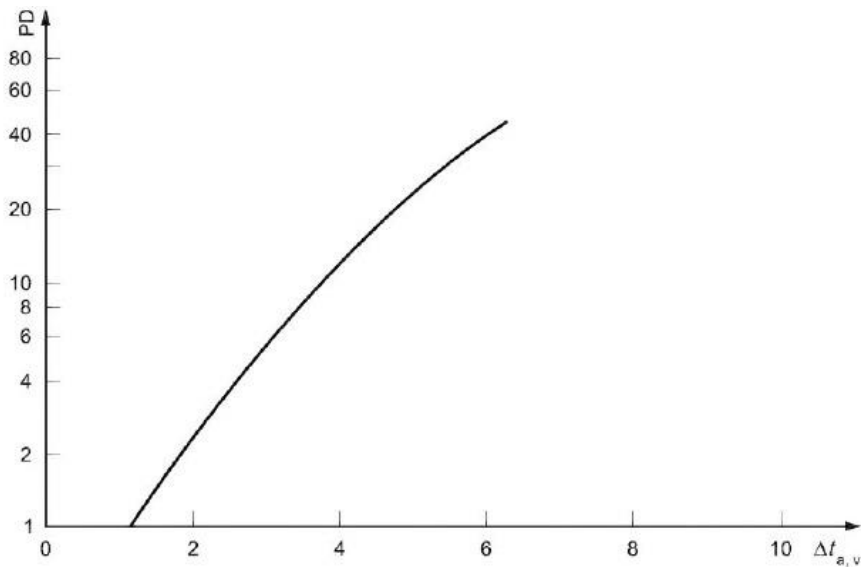
Tu – miestna intenzita turbulencie v percentách 10% až 60% (pokiaľ nie je známa, použiť 40%)

Veľké vertikálne rozdiely teploty vzduchu taktiež spôsobujú tepelnú nepohodu. Pri dlhodobom veľkom rozdiely a podchladených členkoch môže dochádzať k reumatickým ochoreniam. [1]

$$PD = \frac{100}{1 + e^{(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_a)}} \quad (4)$$

Kde: PD – percento nespokojných %

Δt_a – vertikálny rozdiel vzduchu medzi hlavou a nohami (pod členkami) °C



Obr. 1 Miestny diskomfort spôsobený vertikálnym rozdielom teploty vzduchu

1.1.6 Vlhkosť vzduchu

Zvlhčovanie vnútorného vzduchu väčšinou nie je potrebné. V obytných miestnostiach je zdrojov vodných par dostatok ako napr. sprchovanie 2600g/h, varenie 1500g/h, sušenie bielizne 500g/h, kvetiny 20g/h a samozrejme človek, ktorý sa potí v závislosti od činnosti, ktorú vykonáva. Približná hodnota produkcie vodnej pary z jedného človeka za hodinu pri bežnej činnosti je 107 g/h.

Presný stav vodnej pary vo vzduchu je možné merať na ASsmannových aspiračných psychrometroch. Prístroj, ktorý nasáva ventilátorom vzduch a meria teplotu dvomi teplomeri. Jeden teplomer pokrytý navlhčeným obalom meria „mokrú“ teplotu. Druhý teplomer meria tzv. „suchú“ teplotu. Teplota mokrého teplomeru je nižšia, pretože voda, ktorá sa odparuje odoberá teplo. Intenzita odparovania, teda pokles teploty, je tým

nižší, čím je nižšia vlhkosť vzduchu. Následne sa porovnávajú údaje z oboch teplomerov a stanoví sa vlhkosť vzduchu.

Ideálna vlhkosť prostredia je v rozmedzí 30% až 70%. Menšia relatívna vlhkosť vzduchu spôsobuje vysychanie sliznice dýchacích ciest, čo je pre ľudí nepríjemné a dochádza k dráždeniu dýchacích ciest. Pokiaľ relatívna vlhkosť vzduchu je naopak príliš vysoká, dochádza k tzv. pocitu dusna. Zvyšuje sa možnosť šírenia plesní a množenie roztočov.

V priestoroch, kde sa nachádza otvorená vodná hladina, dochádza k odparovaniu vody do ovzdušia. Je nutné vybaviť miestnosť vzduchotechnickou jednotkou, ktorá bude daný priestor odvlhčovať. Podľa hygienických predpisov nesmie maximálna relatívna vlhkosť v miestnosti presiahnuť 60 %. [2]

1.1.7 Operatívna teplota

Stanovuje sa z výsledkov pôsobenia všetkých tepelných zložiek prostredia a vplyvu rýchlosti prúdenia vzduchu. Pri známej strednej radiačnej teplote (teplote okolitých plôch), teplote vzduchu a rýchlosti prúdenia vzduchu sa určí operatívna teplota:

$$\theta_o = \theta_r + A(\theta_a - \theta_r) \quad (5)$$

Kde: θ_o – operatívna teplota

θ_r – stredná radiačná teplota

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

A – funkcia prúdenia vzduchu

v_a [m/s]	0,2	0,3	0,4	0,8	1,0
A[-]	0,5	0,6	0,65	0,7	1,0

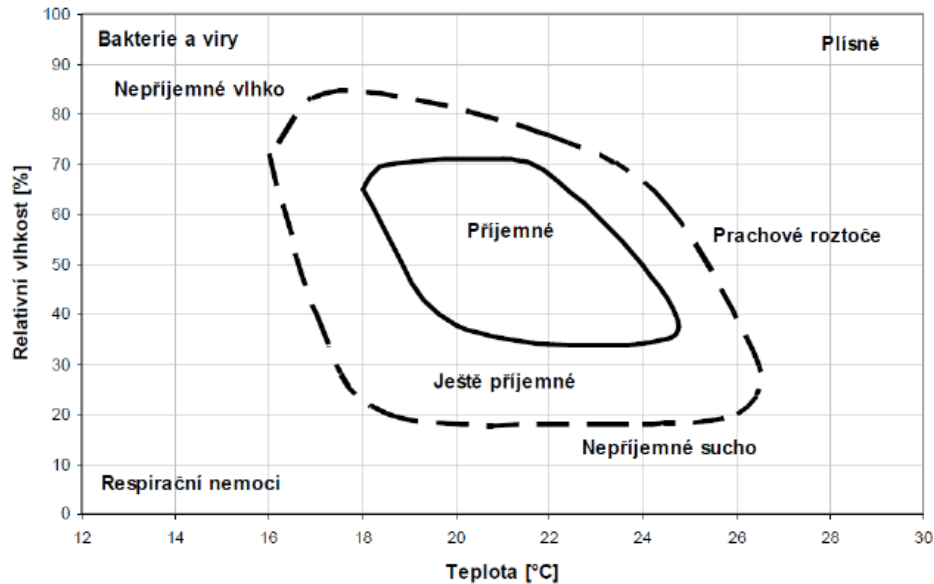
Tab. 1 Závislosť súčiniteľa A na rýchlosti prúdenia vzduchu v_a

Pokiaľ je rýchlosť prúdenie v miestnosti nižšia ako 0,2 m/s, je možné nahradiť operatívnu teplotu θ_o výslednou teplotou guľového teplomeru θ_g . Pri iných rýchlostiach vzduchu, ako sú uvedené v tabuľke č.3 je možné strednú radiačnú teplotu θ_r vypočítať:

$$\Theta_r = \left[(\Theta_g + 273)^4 + 2,9 \times 10^8 \times v_a^{0,6} \times (\Theta_g - \Theta_a) \right]^{1/4} - 273 \quad (6)$$

Kde: Θ_g – teplota guľového teplomeru [$^{\circ}\text{C}$]

v_a - rýchlosť prúdenia vzduchu



Graf. 2 Oblasť tepelnej pohody [21]

1.2 Škodlivé látky

V priemyselných a administratívnych budovách často dochádza k znečisťovaniu vnútorného ovzdušia, v ktorom musia zamestnanci pracovať. Ide o chemické škodliviny, radón, oxid uhličitý, biologické faktory a prach. Na množstve škodlivín vo vzduchu sa podieľa hlavne dýchanie a zdravotný stav ľudí, stavebný materiál, stroje, výrobné procesy, zariadenie a čistota.

Medzi hlavné zhoršenie kvality ovzdušia v miestnosti patrí CO_2 . Už pri zvýšení koncentrácie CO_2 nad 0,1% z celkového objemu vzduchu môžeme hovoriť o zhoršení kvality vzduchu. V administratívnych budovách, kde sa nachádza často veľa ľudí na jednom mieste dochádza k zvyšovaniu CO_2 , čo spôsobuje u ľudí ospalosť a nesústredenosť.

Pokiaľ je cirkulácia čerstvého vzduchu z vonku nízka, dochádza k zvyšovaniu baktérií a vírusov v ovzduší, čo môže spôsobiť šírenie chorôb medzi zamestnancami. Škodlivé látky biologického charakteru alebo organizmy ovplyvňujúce zdravie človeka sú

často krát spojované z vlhkosťou. Tá vzniká v interiéri často krát stavebnými nedostatkami, nevhodným používaním alebo nedostatočným vetraním.

K správne mu regulovaniu škodlivín v ovzduší používame indexy NPK a PEL.

- PEL [ppm] – prípustný expozičný limit. PEL udáva priemerné množstvo koncentrácie chemických látok alebo prachu, pri ktorom môže byť podľa súčasného stavu znalostí vystavený zamestnanec v osemhodinovej alebo kratšej zmene týždennej pracovnej doby bez to, aby u neho prišlo aj pri celoživotnej pracovnej expozícii k poškodeniu zdravia, k ohrozeniu jeho pracovných schopností a výkonností.
- NPK [ppm] – najvyššia prípustná koncentrácia. Ide o koncentráciu chemickej látky, ktorej nesmie byť zamestnanec v žiadnom úseku zmeny vystavený. Pri zohľadnení priemernej prípustnej koncentrácie látky sa dá v určitých prípadoch dýchať po dobu 15 minút s odstupom jednej hodiny, maximálne však v štyroch 15 minútových úsekoch s odstupom jednej hodiny medzi nimi. [3,4]

Tab. 2 Vybrané chemické látky v ovzduší

Látka	PEL [mg/m ³]	NPK [mg/m ³]	V jednotkách [ppm]
Aceton	800	1500	0,421
Benzen	3	10	0,263
Fosfor	0,1	0,3	0,197
Chlor	1,5	3	0,344
Oxid siričitý	5	10	0,382
Oxid uhličitý	9000	45000	0,556
ozon	0,1	0,2	0,509

1.3 Vetranie objektu

Vetranie objektu je jedna z dôležitých častí napomáhajúca ku kvalitnému vnútornému prostrediu. Intenzita vetrania je podložená hygienickými normami, ktoré stanovujú minimálny objem čerstvého vzduchu za hodinu. Hygienická norma uvádza minimálny objem vzduchu na osobu 30-50 m³/h. V prípade, že nevieme presné množstvo ľudí v miernosti, volí sa 0,3 - 0,5 výmena objemu vzduchu za hodinu.

Pokiaľ sa v miestnosti nenachádzajú žiadne osoby je výmena objemu vzduchu znížená na 0,1 objemu miestnosti za hodinu. Táto cirkulácia vzduchu zamedzí tvorbe vlhkosti plesní alebo tvorbe nebezpečných látok.

V nízkoenergetických domoch bývajú často krát inštalované rekuperačné jednotky, tie nahrádzajú vetranie oknami. Výhodou je, že pri nízkych teplotách sa neprivádza čerstvý vzduch z vonkajšou teplotou, ale je ohrievaný v rekuperačnej jednotke pomocou lamelového výmenníka. Odvádzaný vzduch z miestnosti zanechá teplo vo výmenníku, ktorým je následne privádzaný vzduch ohriaty. Tento spôsob vetrania je vysoko ekonomický. Zriaďovacie náklady v dnešnej dobe prudko klesli, vďaka veľkému dopytu po tomto druhu vetraní. Do rekuperačných jednotiek môžu byť pridávané rôzne peľové, prachové filtre. Tie zvyšujú komfort bývania. Týmto druhom vetrania je možné využiť až 90 % tepla z odvádzaného vzduchu, čo je z finančného hľadiska šetrenia energií veľmi efektívne.

1.4 Akustika

Akustika ma v budovách svoj veľký význam. Kvalitná izolácia od vonkajšieho prostredia alebo okolitých susedných priestorov je dôležitým aspektom v pohodlí. Mechanické vlnenie sa šíri vzduchom a jednotlivými konštrukčnými materiálmi. Frekvenčný rozsah počuteľného zvuku je od 16 Hz do 16 kHz. Zvuk sa šíri všetkými smermi smerom do vpred od zdroja zvuku. Vo vzduchu vzniká zmena tlaku. Rozdiel medzi barometrickou hodnotou tlaku vzduchu a jeho okamžitou hodnotou pri akustickom deji sa nazýva akustický tlak. Čím väčší tlak vzniká, tým je ľudský sluch menej citlivý. S rastúcou vzdialenosťou od zdroja zvuku dochádza k poklesu hladiny akustického tlaku pri šírení zvuku vo voľnom priestore. V prípade uzavretého priestoru vznikajú odrazené vlny od okolitých stien a vecí, ktoré sa nachádzajú v danej miestnosti.

Veľkosť sluchového vnemu je závislá na logaritme druhej mocniny akustického tlaku. Táto skutočnosť viedla k zavedeniu logaritmickej stupnice pre popis akustických veličín. Hladinu akustického tlaku určíme podľa vzorca:

$$L = 20 \times \log \left(\frac{p}{p_0} \right) [dB] \quad (7)$$

Kde: $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa je najnižšia hodnota, ktorá môže spôsobiť sluchový vnem

Stavebná fyzika sa zaoberá izoláciou a elimináciou nežiaduceho šírenia zvuku z okolitých miestností. Akustickou izoláciou znižujeme prenos zdroja zvuku v obytných priestoroch. Najväčšie šírenie zvuku v bytových domoch je cez šachty. Tie by mali byť vybavené tmičmi hluku a taktiež požiarými klapkami kvôli požiarnej bezpečnosti. Pri rodinných domoch najväčší zdroj hluku je z vonkajšieho priestoru. Susedia alebo priliehajúca komunikácia, poprípade vlaky alebo lietadlá. Podmienka zvukovej nepriezvučnosti je stanovená normou ČSN EN 15 251 na $R_w = 53$ dB. V tabuľke č. (Tab. 3) sú popísané návrhové hodnoty hladiny akustického tlaku pre jednotlivé priestory. [2]

Tab. 3 Hladiny akustického tlaku v jednotlivých budovách

budova	Typ priestoru	Hladina akustického tlaku	
		Typický rozsah	Štandardná návrhová hodnota
Obytná budova	Obývacia izba	25 až 40	32
	spálňa	20 až 35	26
Hromadné priestory	Aula	30 až 35	33
	Knižnica	28 až 35	30
	Kino	30 až 35	33
	Súdna sieň	30 až 40	35
Komerčné zariadenia	Predajňa	35 až 50	40
	obchodné domy	40 až 50	45
	Počítačové miestnosti	40 až 60	50
Nemocnice	Chodby	35 až 45	40
	Oddelenie	25 až 35	30
	Izba v noci	20 až 35	30
Hotely	Recepcia	35 až 45	40
	Hotelová izba v noci	25 až 35	30
Kancelárie	veľkoplošné kancelárie	35 až 45	40
Reštaurácie	kaviareň	35 až 50	40
	Reštaurácia	35 až 50	40
Školy	Učebňa	30 až 40	35

1.5 Osvetlenie

Osvetlenie v miestnosti má veľký význam na zdravie a pohodu človeka. Pri nedostatočnom osvetlení sú jeho oči oveľa viac namáhané, aby mohli vykonávať akúkoľvek prácu v domácnosti. Preto je dôležité nastaviť správnu intenzitu osvetlenia. Ďalším dôležitým faktorom pri návrhu osvetlenia je následná spotreba energie a vznik tepla v danej miestnosti. V dnešnej dobe, kedy sa používajú úsporné LED svietidlá je vznik tepla v podstate zanedbateľný. Hovoríme často o studenom osvetlení. Umelé osvetlenie dokážeme vyrobiť z 98 % podobnosťou slnečnému svetlu. V dôsledku znižovania ceny a rôznych nových technológií je stanovená minimálna podoba slnečnému svetlu a to 80 %. Pre rôzne činnosti je vhodná rôzna škála farebného spektra osvetlenia. Príjemne teplé svetlo je to, ktoré sa podobá tomu slnečnému alebo ohňu sviečkam je žltobiele. V prípade, že človek je v práci, potrebuje byť aktívny bdely, vyhýbať sa chybám, je vhodnejšie vyššia úroveň osvetlenia a studenšia farba umelého osvetlenia.

Vnútri budov sa snažíme rôznymi spôsobmi dosiahnuť pocit prirodzeného osvetlenia zo slnečného svetla, ktoré sa mení počas celého dňa. Biodynamickým osvetlením, ktoré možno riadiť automatickým sledovaním vonkajších svetelných podmienok cez časové programy možno toto osvetlenie dosiahnuť. Obrázok č. (Obr. 2) popisuje farebnú teplotu tzv. teplotu chromatičnosti, ktorá charakterizuje biele svetlo. Teplota je udávaná v °K.



Obr. 2 teplota chromatičnosti [6]

Optimálne riešenie je kombinácia prirodzeného osvetlenia s umelým, pretože pri priamom slnečnom svetle do miestností dochádza často krát k oslneniu rôznych prístrojov, preto sa slnečné svetlo koriguje žalúziami a dosvietuje sa miestnosť umelým osvetlením. [6]

Tab. 4 intenzita osvetlenia v priestoroch

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

2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY

Stávajúce a novo postavené domy sa hodnotia podľa spotreby energie nutnej na vytápanie domu. V súčasnej dobe sú štyri základné kategórie novostavby, nízkoenergetické, pasívne a nulové, poprípade aktívne domy. Toto rozdelenie je na základe množstva spotrebovanej energie potrebnej na vykurovanie na m² za rok.

Novo postavené domy majú najčastejšie energetický štítok kategórie nízkoenergetických domov. Je to z dôvodu rovnováhy medzi zriaďovacími nákladmi a nasledujúcimi nákladmi na prevádzku takéhoto domu.

Tab. 3 Rozdelenie domov podľa energetickej náročnosti

Typ objektu	Charakteristika	Spotreba tepla[kW]
Nulový (aktívny) dom	veľká plocha fotovoltarických panelov na streche alebo stene	<5
Pasívny dom	teplovzdušné vytápanie s rekuperáciou tepla , vysoko nadštandardné tepelno-izolačné vlastnosti, veľmi tesné konštrukcie	<15
Nízkoenergetický dom	Topná sústava z nižším výkonom, využitie obnoviteľných zdrojov, dobre zateplená konštrukcia, riadené vetranie	<50
Energeticky úsporný dom	Zateplená konštrukcia, pasívne a aktívne solárne prvky, úsporná vykurovacia sústava	50-80
Novostavba	Vytápanie kotla s vysokým výkonom, vetranie otváraním okien, konštrukcia splňujúca požiadavky normy	80-140
Dom v 70. - 80. rokoch	Zastaraná topná sústava, zdroj tepla s vysokými emisiami, vetranie otváraním okien, nezateplená konštrukcia	> 200

2.1 Energetický štítok obálky budovy

Norma ČSN 73 0540-2 rozdeľuje budovy do siedmich kategórií A až G tzv. energetický štítok obálky budovy. Rozdelenie je na základe priemerného súčiniteľa prestupu tepla. V súčasnej dobe sa za vyhovujúce budovy považujú budovy v kategórií A až C.

Budovu môžeme hodnotiť nielen zo spotreby potrebnej na vykurovanie, ale aj zhodnotenie celkovej energetickej náročnosti, do ktorej spadajú všetky dodávky energií.

Z bilancie všetkých energetických dodávok vznikne preukaz energetickej náročnosti budovy, ktorú popisuje vyhláška č. 148/2007. Jedná sa o súčet energií na vykurovanie, chladenie, klimatizáciu, vetranie, prípravu TÚV a osvetlenie. Zohľadňujú sa taktiež straty, ktoré vzniknú pri dodávkach po ceste k miestu určenia. Jedná sa o druh certifikácie budovy, ktorá môže pomôcť pri kúpe nehnuteľnosti. [7,8]

Medzi technické parametre pri vytváraní energetického preukazu patrí:

- Najnižšia povrchová teplota konštrukcie
- Súčiniteľ prestupu tepla
- Pokles dotykovej teploty podlahy
- Skondenzované množstvo vodnej pary v konštrukcii
- Priedušnosť obvodového plášťa budovy
- Intenzita výmeny vzduchu
- Tepelná stabilita v letnom a zimnom období
- Energetická náročnosť budovy

Tab. 4 Klasifikácia budov podľa ČSN 73 0540

Klasifikačná trieda	Slovná klasifikácia	klasifikačná hodnota cl
A	Veľmi úsporná	0,3
B	úsporná	0,6
C	vyhovujúca	1
D	nevyhovujúca	1,5
E	nehospodárna	2
F	veľmi nehospodárna	2,5
G	mimoriadne nehospodárna	>2,5

2.2 Nulový (aktívny) dom

Podľa tabuľky č. 5 je energetická spotreba nulového domu v rozmedzí 0 až 5 kWh.m².rok⁻¹. 0 znamená, že dom dokáže vyrobiť nejaký prebytok energie napr. elektrickej energie, ktorý sa predá do siete a za zisk z tejto nadbytočnej energie sa pokryjú náklady napr. na spotrebu plynu. Pokiaľ hovoríme o aktívnom dome znamená to, že dom vyprodukuje oveľa viac nadbytočnej energie, ktorú predá a aj pri kúpe inej energie je stále dom vo finančných ziskoch. Tieto čísla však nezahŕňajú počiatkové náklady na výstavbu takéhoto typu

rodinného domu. Tie sú v dnešnej dobe ešte stále málo rentabilné. Nulové domy využívajú hlavne letné obdobie k tvorbe energetických prebytkov. Tie ukladajú do zásobníkov vody, kameňov a iných materiálov z vysokou tepelnou kapacitou. Môžu taktiež energiu hlavne z fotovoltarických panelov ihneď posielat' do siete bez toho, aby získanú energiu niekde skladovali na neskoršie využitie pomocou akumulátorov. Keďže nulové domy majú najkvalitnejšie izolácie a celkové tepelné straty sú nízke, využívajú ako zdroj tepla tepelné čerpadlá.

2.3 Pasívny dom

Pasívne domy majú vysoký tepelný komfort a nízke prevádzkové náklady. Nie sú však už samostatné ako to je u nulových domov. Zriaďovacie náklady sú ale naďalej vysoké a preto sa stavajú na Slovensku a v Čechách zatiaľ ešte v malých počtoch. Dôvodom sú stále relatívne vysoké náklady na tepelné čerpadlá a ich účinnosť. Pasívne domy sa nachádzajú v rozmedzí 5 až 15 kWh.m² .rok⁻¹. Tieto domy majú taktiež veľmi kvalitnú izoláciu s využitím solárnych prvkov a núteným vetraním pomocou rekuperačných jednotiek.

2.4 Nízkoenergetický dom

Pojem nízkoenergetický dom je veľmi používaný a zahŕňa všetky budovy, ktoré sú vzhľadom na energetickú náročnosť úspornejšie v porovnaní s klasickou výstavbou. V slovenskej legislatíve a ani v technických normách neexistuje zatiaľ žiadna definícia nízkoenergetického domu a preto musíme preberať definície a terminológie z Nemecka či Rakúska. Obytné časti domu ako obývacia izba, spálne a detské izby sú natočené na južnú stranu, technické miestnosti na severnú stranu. Týmto docielime zníženie energetickej náročnosti v zimnom období, pokiaľ svieti cez deň slnko. Taktiež sa využíva nútené vetranie. Spotreba nízkoenergetického domu je v rozmedzí 15 až 50 kWh.m² .rok⁻¹. Tieto domy už pri zhodnotení počiatkových nákladov a nasledujúcim mesačným nákladom na užívanie domu sú ekonomicky oveľa výhodnejšie.

3 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

3.1 Tepelné čerpadlo

V dnešnej dobe sa čoraz viacej ako zdroj energie pre rodinné domy používa tepelné čerpadlo. Dopyt po tomto modernom zdroji energie rapídne narastá, čo spôsobuje pokles ceny a vyššie výkonnosti, tým je docielená čoraz lepšia návratnosť počiatočných investícií do tohto systému. Tepelné čerpadlo patrí do kategórie obnoviteľných zdrojov energií, čo prispieva tiež k ekológii prostredia. Tepelné čerpadlá môžeme rozdeliť na 4 druhy:

- Vzduch - vzduch
- Vzduch – voda
- Zem – voda
- Voda – voda

3.1.1 História tepelného čerpadla

Princíp tepelného čerpadla bol popísaný v roku 1852 v druhej termodynamickvej vete Lorda Kelvina. Zostrojenie tepelného čerpadla bolo však náhodné. Podarilo sa to v štyridsiatych rokoch minulého storočia americkému vynálezcovi Róbertovi C. Webberovi. Ten sa pri pokusoch s hlbokým mrazením dotkol omylom výstupného potrubia mraziaceho prístroja a popálil si oň dlaň. Po tomto zistení prepojil výstup z mrazničky s bojlerom na teplú vodu. Prebytok tepla bol stále veľký, preto vytvoril tepelnú slučku s horúcou vodou a pomocou malého ventilátora začal vháňať teplý vzduch do domu. Webber začal pracovať na zemných kolektoroch. Tie sa mu podarilo vytvoriť a dosiahnuté výsledky mohol spísať. Toto tepelné čerpadlo zem – vzduch sa následne stalo zdrojom tepla pre jeho dom. [9]

3.1.2 Princíp tepelného čerpadla

Ide o uzatvorený systém prevádzajúci tepelnú energiu okolitého prostredia na tzv. topné teplo. Vo vnútri TČ koluje chladivo. Základnou vlastnosťou chladiva je nízko položený bod varu, takže aj pri nízkych teplotách dochádza k odparovaniu. Pomocou kompresoru je zvyšovaná teplota chladiaceho média. Teplo sa prevádza z nízko potenciálneho na vysoko potenciálne. Princíp TČ sa dá rozpísať do štyroch krokov:

1. **Vyparovanie** - Teplo je od vzduchu alebo vody odoberané cez tepelný výmenník pomocou chladiva, ktoré koluje vo vnútornom okruhu tepelného

čerpádlá. Týmto spôsobom dochádza k odpareniu média, mení sa skupenstvo z kvapalného na plynné

2. **Kompresia** – Chladivo je prudko stlačené v kompresore, čo zabezpečí vďaka fyzikálnemu princípu zvýšenie teploty chladiva. Nízko potenciálne 0–20 °C teplo je prevedené na vysoko potenciálne 65–80 °C.
3. **Kondenzácia** – Zahriate chladivo z kompresoru prichádza do druhého výmenníka a predá svoje teplo do vytápaného systému. Vhodné médium pre rozvod získaného tepla po dome je voda. Ochladením pracovného média dochádza k jeho kondenzácii.
4. **Expanzia** – Chladivo prechádza cez expanzný ventil, kde je znižovaný jeho tlak smerom k prvému tepelnému výmenníku. [10]

3.1.3 Topný faktor

V technických dokumentáciách tepelných čerpadiel je jeden z najdôležitejších parametrov topný faktor. Je to pomer topného výkonu teda získaného tepla a príkonu množstva vlozenej energie do sústavy. Vypočíta sa zo vzťahu:

$$\varepsilon = \frac{Q}{P} [W] \quad (8)$$

Kde: Q - Topný výkon [W]

P - Príkon [W]

Zo vzorca je možné vypočítať, koľko krát väčší výkon získam voči energii, ktorú je potrebné vložiť do systému. Topný faktor je závislý na dvoch parametroch – teplote média, z ktorého je energia získavaná a teplote, na ktorú je teplo produkované pri kompresii pracovného média. Čím je vyššia teplota zdroja tepelnej energie a čím je nižšia teplota pri ktorej sa teplo spotrebováva, tým lepší a účinnejší je tepelný faktor. Topný faktor sa teda mení na základe aktuálnych podmienkach vonkajšieho prostredia.

3.1.4 Typy tepelných čerpadiel

Vzduch – Vzduch

Tieto tepelné čerpadlá majú najmenšiu účinnosť. Tieto čerpadlá sa využívajú hlavne v klimatizačných systémoch chladenia budovy. V týchto jednotkách sa môže využívať aj reverzný chod a to funkcia vytápania. Teplo odoberané z vonkajšieho vzduchu

sa prevedie z nízko potenciálneho na vysoko potenciálne a to je nakoniec predané späť do vzduchu v interiéry. Pri prevádzke vzduchotechnických systémov je teplo rozvádzané pomocou vzduchotechnických kanálov. Hlavnou výhodou tohto systému je relatívne nízka cena, malé rozmery zariadenia a priame ohrievanie vnútorného vzduchu. Pokiaľ je systém riešený ako klimatizačná jednotka, ide len o systém pre jednu miestnosť, čo je nevýhodou.

Vzduch – voda

System je veľmi podobný tepelným čerpadlám vzduch – vzduch s tým rozdielom, že energia je predávaná vode. Vodou je následne vyhrievaná akumulčná nádrž na vytápanie miestností alebo na ohrev teplej úžitkovej vody, poprípade vody v bazéne. Jednotka môže byť umiestnená vonku alebo vo vnútri objektu. Pri realizácii jednotky vo vnútri objektu je nutné zabezpečiť prívod a odvod vzduchu vzduchovými kanálmi od tepelného čerpadla. Pri nesprávnom prevedení, teda že odvádzaný vzduch je naspäť nasávaný, dochádza k znižovaniu účinnosti tepelného čerpadla. Teplonosné médium je voda. Výhodou tohto systému je jednoduchá inštalácia, nižšia cena. Veľkou nevýhodou je zimné obdobie, kedy je nízky topný faktor ako u systémov zem – voda a systém je relatívne hlučný.

Zem – voda

Teplo sa získava zo zemných kolektorov. Tie sú natiiahnuté pod zemnou v hĺbke približne 1,1 až 1,5m, aby bola zabezpečená stála teplota. Zemné kolektory môžu byť inštalované v dvoch prevedeniach ako plošné kolektory pod záhradou alebo hlbinné kolektory vertikálne vrty. Plošné kolektory sú v rozsahoch 200 až 400 m². Ide o plastové trubky natiiahnuté pod zemským povrchom z rozmedzí 1 meter. V týchto trubkách koluje nemrznúca zmes. Pri hlbinných vrtoch sa počíta s hĺbkou až 150 metrov. Na 1kW výkonu TČ je nutný asi 12 až 18 metrový vrt. Najväčšou výhodou tohto čerpadla je stálosť topného faktoru. Nevýhoda je vysoká cena terénnych úprav poprípade vrtu.

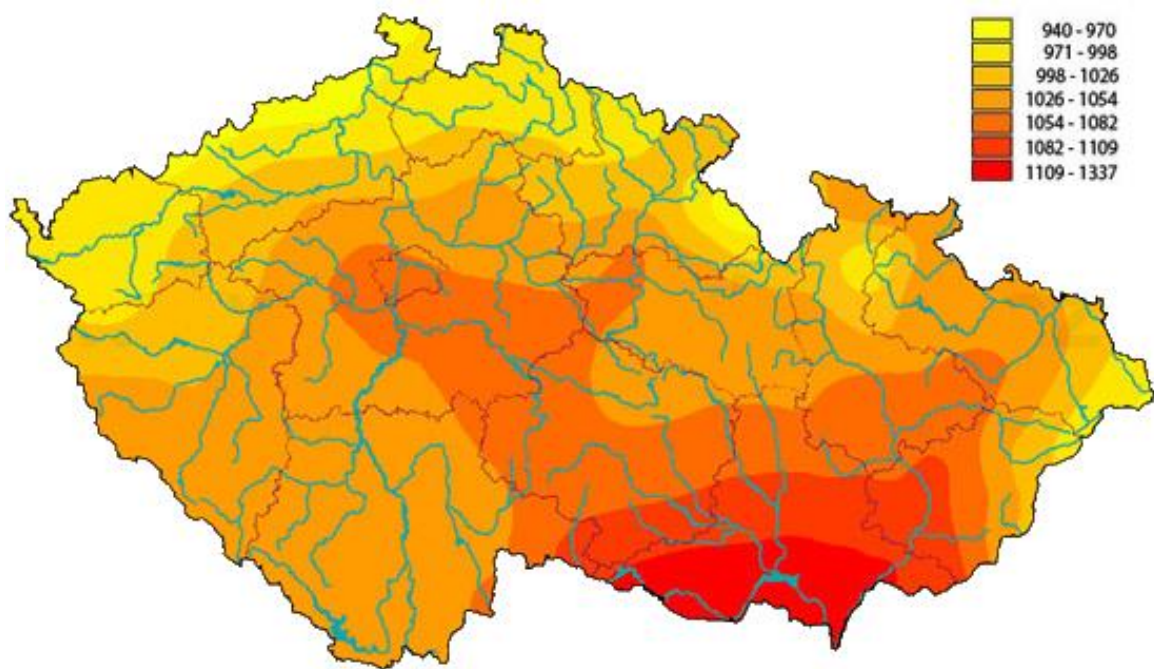
Voda - Voda

V prípade, že studňa na záhrade má veľký prietok, poprípade, že pozemkom preteká potok alebo sa na ňom nachádza rybník, je možné využívať TČ voda – voda. System dokáže využiť ako aj stojaté, tečúce, ale aj podzemné zdroje vody. V prípade využitia studne ako zdroja energie je zo studne odoberaná voda, ktorá prechádza cez výmenník v tepelnom čerpadle a následne vracaná do druhej vsakovanej studne. V prípade využitia rieky alebo rybníku, je do vody vložený výmenník v podobne hadíc. Tá je

naplnená nemrznúcou zmesou, z ktorej je odoberané teplo. Dôležité je zistiť prietoky jednotlivých zdrojov vody, aby nedochádzalo k podchladeniu alebo namŕznaniu zdroja. Výhodou je vysoká účinnosť a relatívne malé zriaďovacie náklady. Nevýhodou je práve nutnosť vodného zdroja alebo jeho zaobstaranie, čo nesie vysoké finančné náklady. [9]

3.2 Solárne kolektore

Slnecná energia dopadajúca na zemský povrch má obrovskú energiu a potenciál. V každej oblasti sveta alebo krajiny je celkový ročný priemerný úhrn slnečného žiarenia iný. Z obrázku č.(Obr. 3) je vidieť rozdiel v jednotlivých oblastiach Českej republiky. Navrhovaný rodinný dom sa nachádza v Hodonínskom okrese, ktorý má najväčší ročný úhrn slnečného žiarenia. V priemere dopadne na územie Českej republiky 110kWm^{-2} slnečného žiarenia a celkový ročný slnečný svit je od 1400 do 1700 hodín za rok. Približne 75 % slnečného žiarenia dopadne na Českú republiku v letnom období.



Obr. 3 intenzita slnečného svitu v Českej republike [11]

Dopad slnečnej energie ovplyvňuje hlavne zemepisná poloha vzhľadom k polohe slnka, celková doba slnečného svitu, nadmorská výška, mikroklimatické podmienky a taktiež čistota ovzdušia. Bohužiaľ solárne kolektore nedokážu ani zďaleka využiť 100% dopadnutého slnečného žiarenia. Dopad slnečného žiarenia je popísaný v teoretickej časti

v kapitole tepelné zisky. Ideálny sklon solárneho kolektora pre Českú republiku je 45° . V tomto prípade je zaistený ideálny pomer v náklone medzi letným a zimným obdobím.

Solárne kolektore patria do aktívnych systémov využitia solárneho žiarenia. Cez solárne kolektore preteká voda, poprípade iné médium, ktorá je následne ohrievaná kolektorom, na ktorý dopadá slnečné žiarenie. Týmto systémom sa ohrieva TUV, voda na vykurovanie poprípade voda v bazénoch. Pri celoročnom využívaní kolektorov je dobré mať v ňom nemrznúce médium. Pri ohrievaní vody v bazéne na teplotu 28°C , čo je relatívne nízka teplota sa oplatí využívať solárne kolektore aj v zime.

Energia získaná zo solárnych kolektorov sa môže akumulovať dlhodobo alebo krátkodobo. Čím je však dlhšia doba akumulácie, tým je systém drahší a menej ekonomický. V rodinných domoch sa využíva hlavne krátkodobá akumulácia. Energia sa uchováva do beztlakových zásobníkov vody. Na ohrev vody sa používa niekoľko druhov kolektorov. Všetky solárne kolektore obsahujú absorbér. Ten zachytáva slnečné žiarenie a tým ohrieva prúdiacu kvapalinu v zariadení. [12]

Ploché kolektory

Kolektor v tvare plochej obdĺžnikovej dosky pokrytou sklom. Vo vnútri sa nachádza navinutá trubka, ktorou prúdi kvapalina. Tepelná izolácia použitá v týchto zariadeniach je tepelnoizolačná podložka alebo vákuum. V letných mesiacoch dosahujú tieto kolektore vysokej účinnosti, majú relatívne dlhú životnosť.

Trubicové kolektory

Izolácia kolektorov je tvorená taktiež vákuom. Rozdeľujú sa na dva základné typy. Prvý druh má priame prúdenie teplotného média od rozdeľovača ku koncu trubice. Druhý spôsob trubicových kolektorov pracuje na princípe tepelnej trubice. V trubke absorbéra je kvapalina, ktorá sa pri nízkych teplotách odparuje. Vzniknutá para stúpa v trubici až na horný koniec trubky, na ktorom sa nachádza malý výmenník tepla. Para vo výmenníku skondenzuje a odovzdá svoje skupenské teplo nepriamo teplotnému médiu. Sklon takéhoto zariadenia je minimálne 30° .

Tento druh solárnych kolektorov má stabilnejšiu krivku účinnosti, kvalitnejšie tepelnoizolačné vlastnosti, odolnosť voči prehriatiu a väčšia odolnosť voči prúdeniu vetra.

V zimnom období môže dochádzať k namŕzaniu medzi trubicami, čím sa zníži účinnosť kolektorov. [12]

Vákuové kolektory

Pri nižšom slnečnom svite hlavne v zimnom období majú tieto kolektory vyššiu účinnosť oproti ostatným vyššie spomínaným kolektorom. Vákuum zamedzuje vedeniu tepla, čiže tepelným stratám prúdenia a taktiež stratám spôsobeným tepelnou vodivosťou vzduchu. Tieto kolektory nemusia mať žiadny sklon. Najčastejšie sa vyrábajú vo forme trubíc.

Pri nižších požadovaných teplotách na ohrev TÚV budú mať solárne kolektory vyššiu účinnosť. V dnešnej dobe sa TÚV ohrieva často na 55 °C. Táto teplota je dostačujúca a v kombinácii tepelného čerpadla, navrhovaná teplota TÚV nemôže byť ani vyššia pretože TČ dokáže vyhriať teplotu maximálne na 55 °C. Výpočet energetického zhodnotenia solárnych sústav sa tvorí pomocou TNI 73 03 02. Pri návrhu solárnych kolektorov treba zhodnotiť celkové pokrytie potrebné na ohrev TÚV a bazénovej vody v jednotlivých mesiacoch podľa dennej oblasti. [12]

4 VÝPOČTY TEPELNÝCH STRÁT

Výpočet tepelných strát prestupom tepla do vonkajšieho prostredia určuje norma ČSN 12 831. Výpočet tepelných strát budovy je kľúčovým faktorom pri návrhu techniky prostredia. Podľa výpočtov tepelných strát z navrhovanej konštrukcie zistíme, či je návrh správny a splňuje kritéria energetického štítiku budovy. Pokiaľ nie, treba zmeniť konštrukciu, zväčšiť hrúbku zateplenia, poprípade zvoliť kvalitnejšie stavebné materiáli s lepšími parametrami.

Celkovú navrhovanú tepelnú stratu obytného priestoru rozdelíme na dve časti a to na tepelnú stratu prestupom tepla a tepelnú stratu vetraním. U nízkoenergetických a pasívnych domov sa tepelná strata vetraním pokrýva núteným vetraním pomocou rekuperačných jednotiek. V dnešnej dobe môžu mať účinnosť až 90 %, záleží na počte osôb a prietoku vzduchu za hodinu.

Tepelná strata prestupom tepla poprípade aj strata vetraním sa kompenzuje návrhom tepelnej sústavy. Z výpočtov celkových tepelných strát navrhujeme do každej miestnosti vykurovacie médium, ktoré danú stratu pokryje pre danú oblasť. Je veľký rozdiel, či navrhovaný dom budeme stavať na juhu krajiny alebo na severe niekde v horskej oblasti, kde priemerná ročná teplota je úplne iná. Taktiež počet vykurovacích dní a následne minimálne denné teploty.

Norma ČSN 12 831 udáva postup výpočtov tepla, aby boli dosiahnuté tepelné návrhové minimálne teploty v zimnom období. Na výpočet tepelných strát a následného stanovenia energetického štítiku budovy som použil program Stavebná fyzika modul teplo a straty 2014. [14]

4.1 Súčiniteľ prestupu tepla

Súčiniteľ prestupu tepla sa počíta pre celú obálku budovy, čo je nutné pre výpočet energetického štítiku, ale aj pre každú konštrukčnú časť budovy samostatne. Súčiniteľ prestupu tepla oknami a dverami v praktickej časti je podľa katalógu od výrobcov stanovený na hodnotu 1 [W/m²K]. Pre jednotlivé konštrukcie bol súčiniteľ prestupu tepla počítaný v programe Stavebná fyzika, časť teplo 2014. Výpočet súčiniteľa prestupu tepla:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (9)$$

- Kde: U - súčiniteľ prestupu tepla [W/m^2K]
 H_i - prestup tepla na vnútornom povrchu steny [W/m^2K]
 H_e - prestup tepla na vonkajšom povrchu steny [W/m^2K]
 δ - šírka konštrukcie [m]
 λ - tepelná vodivosť [W/mK]

Každá konštrukcia vo vytápanom priestore z relatívnou vlhkosťou $\varphi_i \leq 60\%$ musia dosiahnuť súčiniteľ prestupu tepla U tak aby bola splnená podmienka:

$$U \leq U_n \quad (10)$$

Kde: U_n - požadovaná hodnota súčiniteľu prestupu tepla podľa normy ČSN 73 0540-2

Táto hodnota sa uvádza pre návrhové vnútorné tepelné podmienky v rozmedzí 18-22 °C. Pre stavby postavené alebo rekonštruované po roku 2015 budú platiť nové odporúčané normy, vid' tabuľka č.(Tab. 5) stĺpec č. 3, a od roku 2020 prídu do platnosti pre budovy s takmer nulovou spotrebou energie cieľové odporúčané hodnoty, vid v tabuľke č.(Tab. 5) stĺpec 4. Norma udáva aj minimálnu hrúbku izolácie, ktorá bude taktiež od roku 2015 a pre domy s nulovou spotrebou od roku 2020 zmenená. Navrhované nové a rekonštruované domy, ktoré by mali dodržiavať nové stanovené súčinitele prestupu tepla a hrúbky izolácie budú neekonomicky predražené. Návratnosť pri dnešných cenách materiálov bude vysoká. Pri väčšom dopyte po kvalitnejších materiáloch a izoláciách bude cena za tieto materiály klesať, čo ale potvrdí určitú dobu. Bolo by teoreticky vhodné počkať, až ceny klesnú a nestavať hneď po tom, ako prídu nové normy do platnosti. [15]

Tab. 5 Súčiniteľ prestupu tepla konštrukciou

druh stavebnej konštrukcie	Súčiniteľ prestupu tepla konštrukciou U_n [W/m^2K]			
	Minimálna hodnota	normalizovaná hodnota	odporúčaná hodnota po 2015	odporúčaná hodnota po 2020
Vonkajšia stena a šikmá strecha	0,46	0,32	0,22	0,15
Plochá a šikmá strecha < 45	0,30	0,20	0,10	0,10
Strop nad vonkajším prostredím	0,30	0,20	0,10	0,10
Strop pod nevykurovaným priestorom	0,35	0,25	0,15	0,15

Tab. 6 Hrúbka tepelnej izolácie

druh stavebnej konštrukcie	Požadovaná hrúbka tepelnej izolácie (mm)			
	Minimálna hrúbka	normalizovaná hrúbka	odporúčaná hrúbka po 2015	odporúčaná hrúbka po 2020
Vonkajšia stena a šikmá strecha	80	120	170	250
Plochá a šikmá strecha < 45	130	200	400	400
Strop nad vonkajším prostredím	130	200	390	390
Strop pod nevykurovaným priestorom	100	150	250	250

Tab. 7 Tepelný odpor konštrukcie

druh stavebnej konštrukcie	Tepelný odpor konštrukcie R (m ² K/W)			
	Minimálna hrúbka	normalizovaná hrúbka	odporúčaná hrúbka po 2015	odporúčaná hrúbka po 2020
Vonkajšia stena a šikmá strecha	2,0	3,0	4,4	6,5
Plochá a šikmá strecha < 45	3,2	4,9	9,9	9,9
Strop nad vonkajším prostredím	3,1	4,8	9,8	9,8
Strop pod nevykurovaným priestorom	2,7	3,9	6,5	6,5

4.2 Celková návrhová tepelná strata vytápaného priestoru

Celková návrhová tepelná strata sa vypočíta súčtom jednotlivých strát podľa vzorca:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (11)$$

Kde: $\Phi_{T,i}$ - návrhová tepelná strata prestupom tepla vytápaného priestoru [W]

$\Phi_{V,i}$ - návrhová tepelná strata vetraním vytápaného priestoru [W]

4.3 Tepelné straty prestupom tepla

Na výpočet tepelnej straty prestupom tepla sa používa vzťah

$$\Phi_{T,i} = f_k \cdot A_{kor} \cdot U_k \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (12)$$

Kde: f_k – teplotný korekčný činiteľ

A_{kor} – plocha stavebnej časti [m^2]

U_k – súčiniteľ prestupu tepla danou stavebnou konštrukciou [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

$\theta_{(int,i)}$ – požadovaná teplota vnútorného vzduchu [$^{\circ}C$]

θ_e – teplota vonkajšieho vzduchu [$^{\circ}C$]

4.4 Tepelné straty vetraním

Tieto návrhové tepelné straty sú straty do vonkajšieho prostredia vetraním alebo infiltráciou plášťom budovy a šírením tepla vetraním z jedného vytápaného priestoru do iných vo vnútri budovy. Na výpočet tepelnej straty vetraním sa používa vzťah:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (13)$$

Kde: $V_{(min,i)}$ – hygienicky najmenšie požadované množstvo vzduchu pre vykurovaný priestor v [$m^3 \cdot h^{-1}$]

$$V_{min,i} = n_{min,i} \cdot V_i [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (14)$$

Kde: $n_{min,i}$ – najmenšia intenzita výmeny vonkajšieho vzduchu za hodinu [h^{-1}]

V_i – objem vykurovaného priestoru vypočítaného z vnútorných rozmerov priestoru [m^3]

Minimálna intenzita výmeny vzduchu $n_{min,i}$ pre obytné miestnosti podľa ČSN 12 831 je 0,3-0,5 h^{-1} . Hodnota udáva, že za jednu hodinu sa musí vymeniť približne polovica objemu vzduchu v miestnosti. Vetranie miestnosti je popísané v kapitole Vetranie.

5 VÝPOČTY TEPELNÝCH ZISKOV

Výpočet tepelných ziskov je nutný hlavne pri návrhu domu s veľkými presklenými plochami situovanými na južnú alebo juhozápadnú svetovú stranu. Tepelnými ziskami stanovíme zisky zo slnečného žiarenia pre danú miestnosť. Pokiaľ by tepelné zisky boli príliš vysoké a teplota v miestnosti by vystúpila nad návrhovú kritickú teplotu o 2 K, čo je 28 °C, bolo by nutné danú miestnosť chladiť. Je viacero spôsobov ako obytné miestnosti chladiť.

Chladienie miestností je finančne dosť nákladné, preto je vhodné posnažiť sa o zníženie dopadu priameho slnečného žiarenia do miestnosti. Využívajú sa rôzne tieniace prvky, fólie na okná, ktoré znižujú dopad slnečného žiarenia do miestnosti podľa normy ČSN 73 0548.

Pri výpočte tepelných ziskov sa počítajú tepelné zisky v každom dni pre všetky miestnosti za celý kalendárny rok. Najvyššie tepelné zisky v danej hodine v určitom mesiaci sú najvyššie tepelné zisky, pri ktorých sa vypočíta kritická teplota v miestnosti.

Najdôležitejšie je smer stavby a percentuálne zasklenie na danú svetovú stranu. Výpočtami celkovej intenzity slnečného žiarenia dostaneme tepelné zisky pre danú budovu či miestnosť. [16]

5.1 Tepelné zisky z vnútorných zdrojov tepla

Pri výpočte tepelných ziskov sa berie do úvahy nielen slnečná energia ale aj počet obyvateľov v dome v určitých časoch, výkony osvetlenia, domáce spotrebiče, rozvody teplej vody. V dôsledkoch týchto ziskov je možná potreba chladienia miestností aj bez tepelných ziskov z vonkajšieho prostredia. Od tepelných ziskov je nutné odpočítať teplo potrebné pre adiabatické odparovanie vody v klimatizovaných priestoroch z mokrých povrchov, pretože pri odparovaní dochádza k znižovaniu teploty. [16]

5.1.1 Tepelné zisky od ľudí

Pri tepelných ziskov od ľudí sa počíta len citeľné teplo, ktoré závisí od telesnej práce, teploty vzduchu a zloženia skupiny ľudí. Základná produkcia tepla pre jedného muža je 62 W pri miernej aktívnej práci za stolom pri teplote miestnosti 26 °C. Pri iných vnútorných teplotách sa používa vzťah:

$$\dot{Q}_l = 6,2(32 - t_i)i_l [W] \quad (15)$$

Kde: t_i - vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

i_l - počet lidí

\dot{Q}_l - produkcia tepla od lidí

Pri výpočtoch sa rozdeľuje citeľné teplo získané od ženy, muža alebo dieťaťa. Pri rôznorodom zložení skupiny sa vychádza zo vzťahu:

$$i_l = 0,85i_z + 0,75i_d + i_m [-] \quad (16)$$

Produkcia citeľného tepla od ľudí pri rôznych činnostiach je udávaná v norme ČSN 73 0548. [16]

5.1.2 Produkcia tepla svietidlami

Tepelné zisky z umelého osvetlenia sa počítajú len v časoch, kedy sú pustené. U veľkých priestorov sa umelé osvetlenie počíta od 5m od okna, ktoré je zapnuté aj počas dňa. U svietidiel sa počíta s tým, že celý príkon sa premení na teplo, ktoré sa sálaním a konvekciou šíri do priestoru. Prebytkový súčiniteľ bez odsávania pod stropom vedľa svietidiel sa počíta s hodnotou $c_2 = 0,7$. Pokiaľ je miestnosť dostatočne odvetrávaná, v miestnosti je veľká intenzita výmeny objemu vzduchu počíta sa $c_2 = 1$.

$$\dot{Q} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_2 [W] \quad (17)$$

Kde: P - Celkový príkon svietidiel [W]

c_1 - súčiniteľ súčasnosti používaných svietidiel

c_2 - Prebytkový súčiniteľ

5.1.3 Produkcia tepla elektromotormi

Tak ako u produkcie tepla svietidlami, uvažuje sa, že celý príkon elektromotorov sa premení na teplo. Pri výpočtoch sa uvažuje skutočný príkon, súčasnosť chodu a účinnosť motoru.

$$\dot{Q}_m = c_1 \sum \left(c_2 \cdot c_3 \cdot \frac{\dot{N}}{\eta_m} \right) [W] \quad (18)$$

Kde: N - štítkový výkon elektromotoru [W]

- c_1 - súčiniteľ súčasného používania
- c_2 - prebytkový súčiniteľ pri odsávaní (bez odsávania = 1)
- c_3 - priemerné zaťaženie stroja
- η - účinnosť elektromotoru

Priemerná účinnosť elektromotoru stúpa podľa príkonu elektromotoru.

5.2 Tepelné zisky z vonkajšieho prostredia

Prestup tepla konvekciou sa počíta zo vzťahu:

$$\dot{Q}_{ok} = k_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i) [W] \quad (19)$$

Kde: k_o - súčiniteľ prestupu tepla oknom [W/m^2K]

S_o - plocha okna aj s rámom [m^2]

t_e, t_i - rozdiel teplôt na oboch stranách okna [$^{\circ}C$]

Súčiniteľ prestupu tepla oknom je udávaný výrobcom. Udáva sa na celé okno aj s rámom. Pri použitých oknách v praktickej časti je navrhnuté trojsklo so súčiniteľom prestupu tepla $1 W/m^2K$.

Prestup tepla slnečnou radiáciou závisí na uhle dopadu slnečných lúčov. Vypočíta sa zo vzťahu:

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\Theta}{100}\right)^5 \quad (20)$$

Kde: Θ - uhol medzi normálov k oknu a slnečnými lúčmi [$^{\circ}$]

Intenzita slnečnej radiácie I_o , čo je v podstate súčet priamej a difúznej slnečnej radiácie sú uvedené v norme ČSN 73 0548 pre jednotlivé svetové strany v daných mesiacoch a dňoch. Priama slnečná radiácia je spôsobená priamym slnečným žiarením slnka dopadajúceho na danú plochu. Nepriama difúzna slnečná radiácia vzniká rozptylom a odrazom priamej radiácie od prachových častíc vo vzduchu, od väčších a od slnečných povrchov. Pokiaľ je dom v málo osídlenej oblasti niekde na dedine, intenzita slnečnej radiácie sa vynásobí korekčným súčiniteľom $c_o = 1,15$. V priemyselných oblastiach a veľkých mestách sa násobí $c_o = 0,85$. [17]

Tepelné zisky slnečnou radiáciou oknom Q_{or} sa počítajú podľa vzťahu:

$$\dot{Q}_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot J_d] \cdot s \text{ [W]} \quad (21)$$

Kde: S_{os} - povrch okna ožiarený slnkom [m^2]

I_o - Celková intenzita slnečnej radiácie [W/m^2]

J_d - Celková intenzita difúznej slnečnej radiácie [W/m^2]

C_o - korekčný súčiniteľ

s - tieniaci súčiniteľ

Tieniace súčinitele sú popísane v praktickej časti v kapitole Tepelné zisky.

Celková intenzita slnečného žiarenia I_o :

$$I_o = J_D \cdot \cos \gamma + J_d \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (22)$$

Kde: J_d - intenzita difúznej slnečnej radiácie [W/m^2]

J_D - intenzita priameho žiarenia po priechode slnečných lúčov [W/m^2]

γ - uhol dopadu slnečných lúčov ku kolmici slnenej plochy [$^\circ$]

$$J_d = \left[J_o - J_p - (1080 - 1,4 \cdot J_p) \sin^2 \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right] \cdot \frac{\sin h}{3} \quad (23)$$

Kde: J_o - solárna konštatna [W/m^2]

J_p - Priama slnečná radiácia [W/m^2]

α - uhol medzi sledovanou stenou a vodorovnou [$^\circ$]

h - slnko nad obzorom [-]

$$\sin \alpha = \sin((\tau - 12)15) \frac{\cos \delta}{\cos h} \text{ [-]} \quad (24)$$

Kde: α - slnečný azimut

$$J_D = J_o \cdot e^{-0,097 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}} \quad (25)$$

Kde: z - index znečistenia

$$\cos \gamma = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \cdot \sin \alpha \cdot \cos(a - a_s) \text{ [-]} \quad (26)$$

Kde. γ - uhol dopadu slnečných lúčov ku kolmici slnenej plochy [$^\circ$]

a_s - slnečný azimut oslenej plochy [$^\circ$]

$$\sin h = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \varphi \cdot \cos((\tau - 12)15) [-] \quad (27)$$

Kde: h- slnko nad obzorom [-]

τ - čas v 24 hodinovom formáte [hod]

δ - slnečná deklinácia [°]

φ - zemepisná šírka [°]

$$\delta = 23,45 \sin(0,98^\circ D + 29,7^\circ M - 109^\circ) \quad (28)$$

Kde: D - deň v mesiaci [-]

M - mesiac v roku [-]

PRAKTICKÁ ČÁST

6 NÁVRH NOVÉHO RODINNÉHO DOMU

Rodinný dom je rozdelený do dvoch základných častí. Prvá je dvojpodlažný nízko energetický dom. Druhú časť tvorí krytý bazén. Ten je umiestnený v miestnosti na západnej strane domu. V tejto časti práce budú rozobrané podrobné technické prostriedky použité v budove. Riešenie vzduchotechniky pre bazénovú časť, riadiace systémy, technická skladba budovy, vykurovanie budovy a výpočty tepelných strát a ziskov.

6.1 Popis domu

Návrh tohto domu spadá do kategórie nízkoenergetickej triedy. Ide o dvojpodlažný rodinný dom bez podsklepenia, ktorý sa bude nachádzať v Hodoníne v tesnej blízkosti slovenských hraníc. Ide o dom pre 4 člennú rodinu. Dom je navrhnutý tak, aby mal čo najlepšie vlastnosti v závislosti na tepelnej pohode domácností. V miestnosti v západnej časti domu na prízemí sa nachádza bazénová rekreačná časť, ktorá bude vybavená bazénom o rozmeroch 6x3x1,7m v miestnosti z celkovou plochou 45m². Nad bazénovou časťou nebude obytný priestor, ale len rovná strecha z miernym sklonom na odtok dažďovej vody. Svetlá výška jednotlivých miestností je 2,6m.

Dom je situovaný na južnú stranu aby boli dosiahnuté vysoké tepelné zisky v závislosti na natočení vonkajších roliet. Na južnej strane sa nachádzajú veľké okenné plochy, ktoré prepustia slnečné lúče do interiéru domu. Bazénová časť má dokonca sklenenú stenu, ktorá bude dlhá cez celú južnú stranu.

Dom je navrhnutý z brúsených tehál a na zateplenie bol použitý zateplovací systém z minerálnej vlny. Táto skladba bude tvoriť všetky nosné priečky domu. Celkový súčiniteľ prestupu tepla obvodovými stenami je 0,203 W/m².K a tepelný odpor konštrukcie je 4,744 m².K/W. Okrajové podmienky boli stanovené v tabuľke č.(Tab. 8) a pôdorysy jednotlivých podlaží sú rozkreslené v obrázkoch č. a č.

Tab. 8 návrhové parametre domu

Parametre	hodnoty
dĺžka vytápaného obdobia	215 dní
Výpočtová najnižšia vonkajšia teplota	-12°C
Navrhovaná vnútorná teplota v zim. Obd.	21 °C
Výpočtová najvyššia vonkajšia teplota	32 °C

Parametre	Hodnoty
navrhovaná vnútorná teplota v let. Obd.	26 °C
priemerná vonkajšia teplota	9,3 °C
celková zastavaná plocha	157,4 m ²
celková úžitková plocha	187,54 m ²
celková plocha bazénovej časti	45m ²
celkový objem vzduchu bazénovej časti	117 m ³
návrhová vnútorná teplota v bazénovej časti	29
návrhová teplota vody v bazéne	28
maximálna relatívna vlhkosť v bazénovej časti	60

Navrhnutý dom je namodelovaný v 3D programe REVIT 2014. Tento moderný nástroj slúži k detailnému až realistickému navrhnutiu modelu danej budovy s kompletným riešením TZB, finančnými kalkuláciami a simuláciami.

Severný pohľad na budovu:



Obr. 4 Severná strana domu

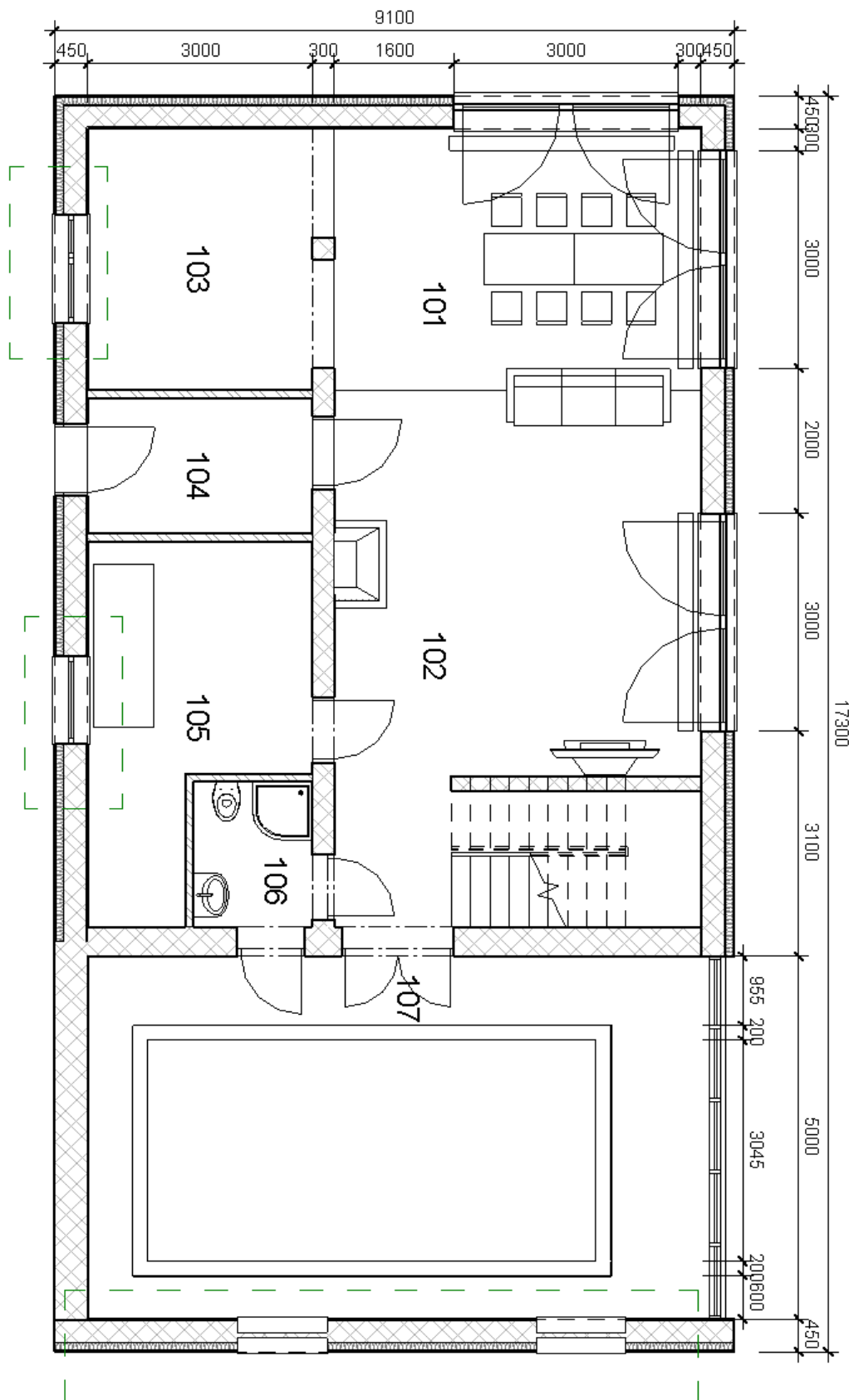
Južný pohľad na budovu:



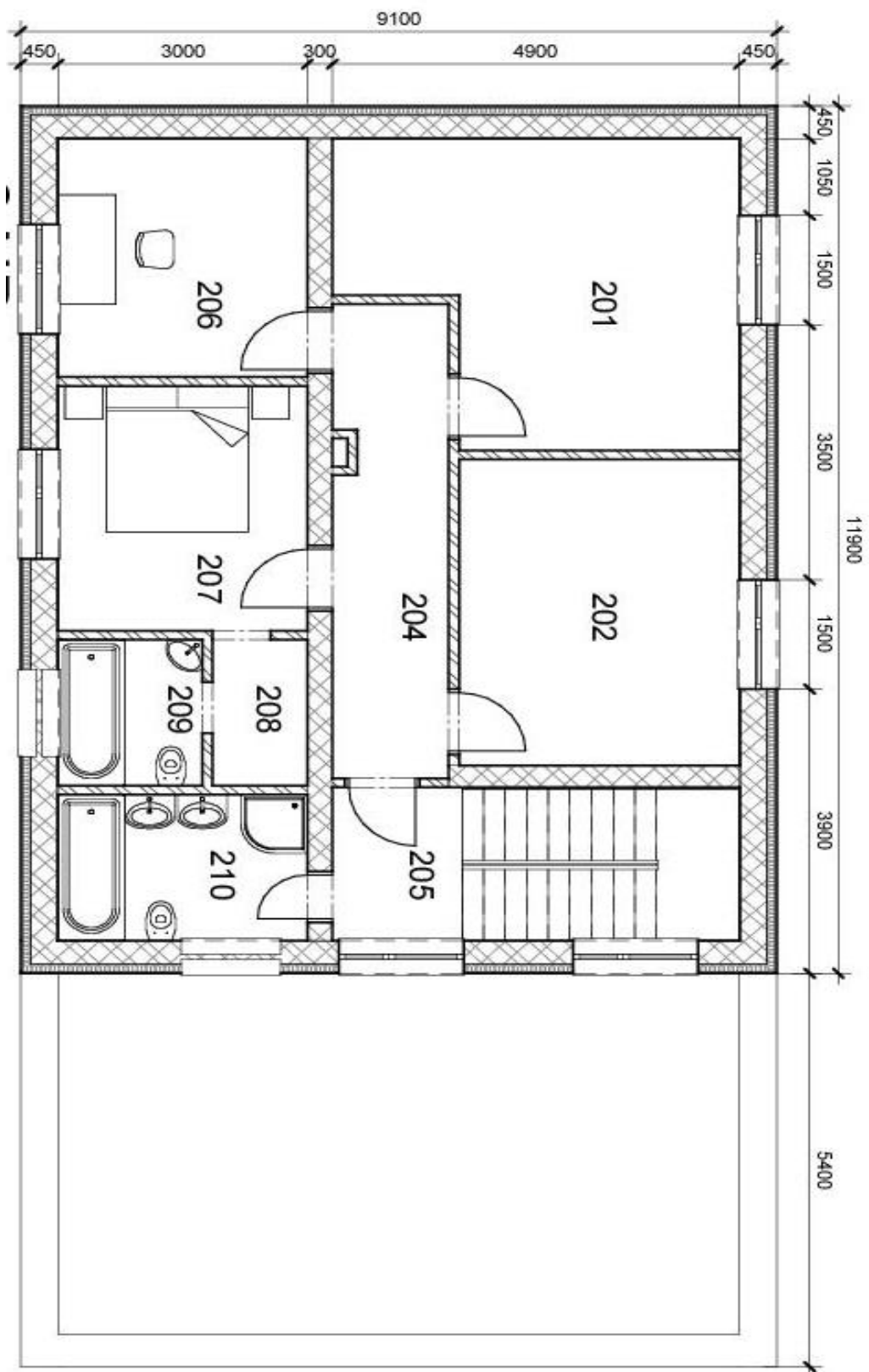
Obr. 5 Južná strana domu



Obr. 6 Rez objektu pomocou orezového kvádra



Obr. 7 Pôdorys 1. NP



Obr. 8 Pôdorys 2. NP

Tab. 9 Výkaz miestností

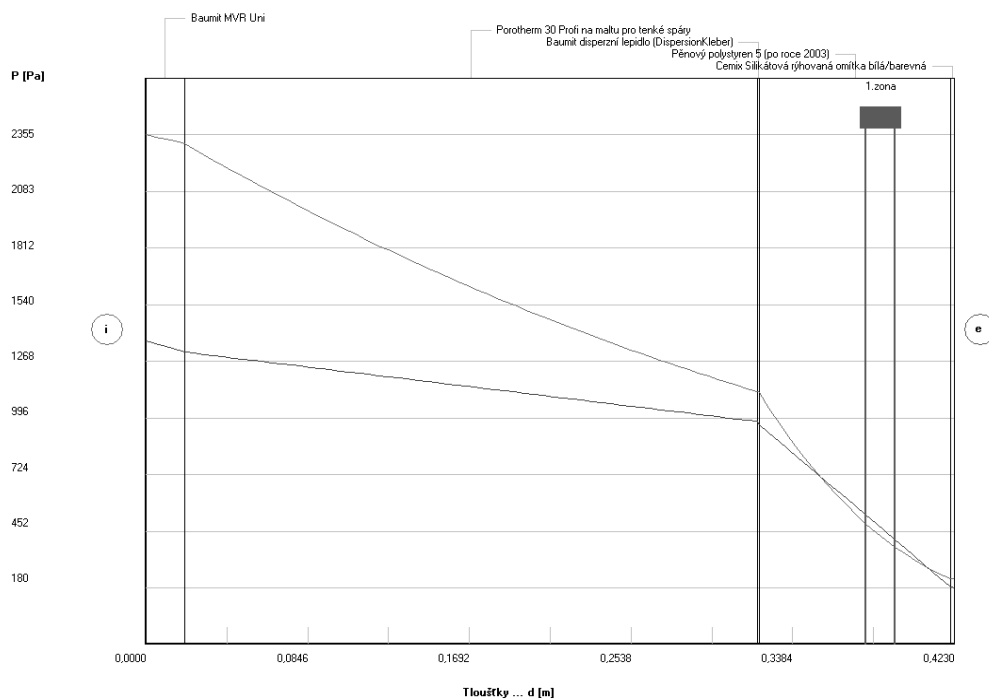
Výkaz miestností				
č.m.	Názov	plocha	Objem	poschodie
101	Jedáleň	17,64	43,01	1. NP
102	Obývačka	35,59	97,20	1. NP
103	Kuchyňa	10,80	28,08	1. NP
104	Chodba_č1	5,57	14,61	1. NP
105	Strojovňa	12,35	37,05	1. NP
106	Kúpelňa_1	3,17	7,73	1. NP
107	Bazén	19,95	57,79	1. NP
201	Izba_č1	17,70	43,15	2.NP
202	izba_č2	14,18	34,56	2.NP
203	Chodba_č2	9,11	22,22	2.NP
204	Schody	10,29	25,09	2.NP
205	Pracovňa	9,80	23,90	2.NP
206	Spálňa	10,07	24,56	2.NP
207	Šatník	2,28	5,56	2.NP
208	Kúpelňa_č2	3,47	8,46	2.NP
209	Kúpelňa_č3	6,00	14,63	2.NP

6.2 Skladba konštrukcie

Konštrukcie navrhnuté na stavbu tohto rodinného domu splňujú kritérium energeticky úsporných stavieb. Vypočítané hodnoty súčiniteľa prestupu tepla boli vypočítané v programe Stavebná fyzika, časť teplo 2014 podľa normy ČSN 73 0540.

Tab. 10 Parametre obvodovej steny

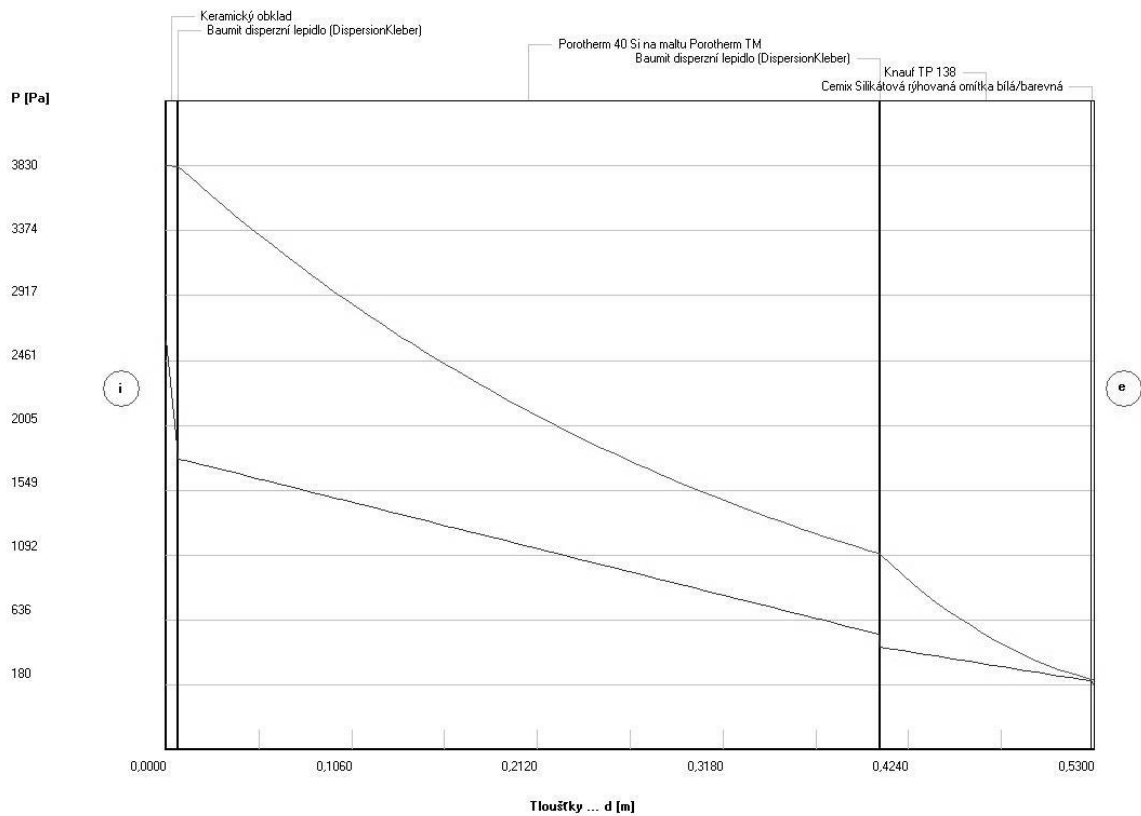
Obvodová stena				
číslo	Názov	[m]	[W/(m.K)]	[J/(kg.K)]
1	Baumit MVR Uni	0,020	0,470	790
2	Porotherm 30 P	0,300	0,180	1000
3	Baumit disperz	0,001	0,600	1010
4	Knauf TP 138	0,100	0,035	840
5	Cemix Silikáto	0,002	0,650	840
Tepelný odpor konštrukcie R :			5.143 m ² K/W	
Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcie U :			0.188 W/m²K	
Množstvo skondenzovanej vodnej pary za rok:				0,0037 kg/(m ² .rok)
Množstvo vyparenej vodnej pary za rok:				1,2500 kg/(m ² .rok)



Graf. 3 Kondenzačné pásmo obvodovej steny

Tab. 11 Parametre steny bazénovej haly

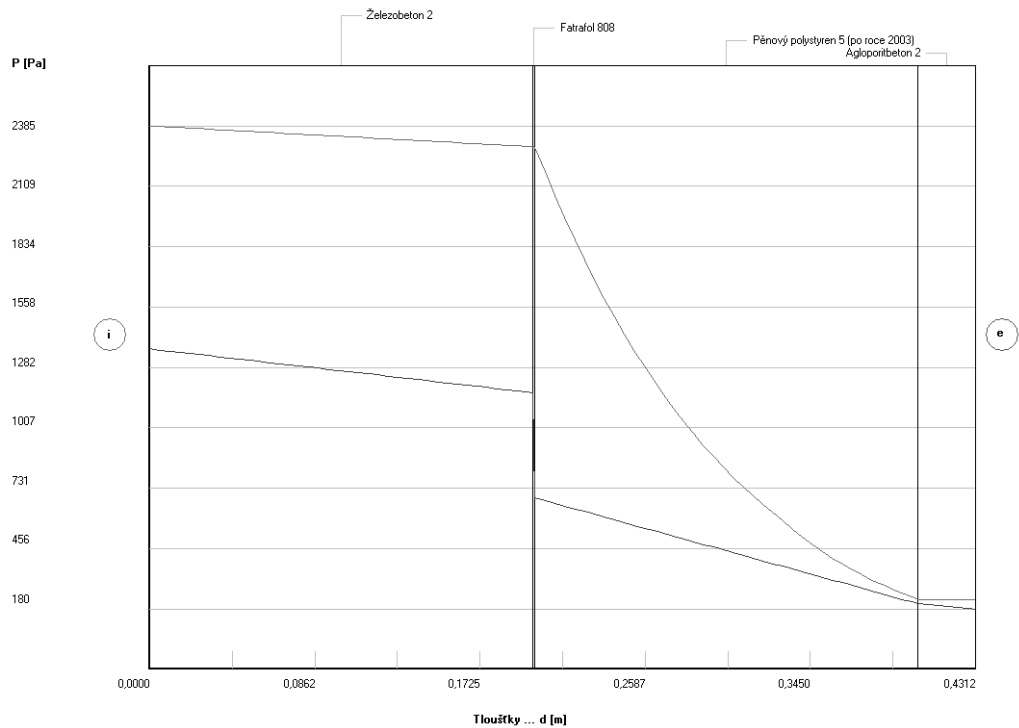
Stena bazén				
číslo	Názov	[m]	[W/(m.K)]	[J/(kg.K)]
1	Keramický obkl	0,006	1,010	840
2	Baumit disperz	0,012	0,600	1010
3	Porotherm 40 S	0,400	0,119	1000
4	Cemix Silikáto	0,002	0,650	840
Tepelný odpor konštrukcie R :			3,372 m ² K/W	
Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcie U :			0.282 W/m²K	
Množstvo skondenzovanej vodnej pary za rok:				0,0032 kg/(m ² .rok)
Množstvo vyparenej vodnej pary za rok:				7,4182 kg/(m ² .rok)



Graf. 4 Kondenzačné pásmo steny bazénovej haly

Tab. 12 Parametre podlahy

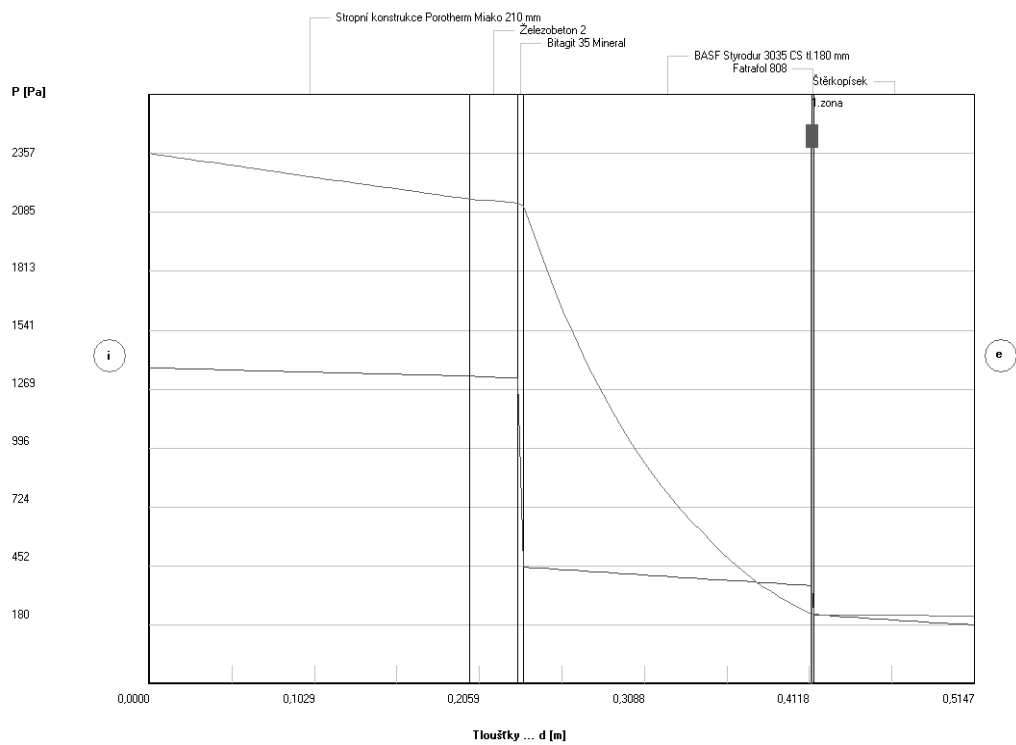
Podlaha				
číslo	Názov	[m]	[W/(m.K)]	[J/(kg.K)]
1	Železobeton 2	0,200	1,580	1020
2	Fatrafol 808	0,001	0,350	1470
3	Pěnový polysty	0,200	0,033	1270
4	Agloporitbeton	0,030	1,200	890
Tepelný odpor konštrukcie R :			6,216 m2K/W	
Súčiniteľ prestupu tepla konštrukcie U :			0.157 W/m2K	
Množstvo skondenzovanej vodnej pary za rok:				nedochádza
Množstvo vyparenej vodnej pary za rok:				nedochádza



Graf. 5 Kondenzačné pásmo podlahy

Tab. 13 Parametre stropu

Strop				
číslo	Název	[m]	[W/(m.K)]	[J/(kg.K)]
1	Stropní konstr	0,200	0,875	800
2	Železobeton 2	0,030	1,580	1020
3	Bitagit 35 Min	0,004	0,210	1470
4	BASF Styrodur	0,180	0,040	2060
5	Fatrafol 808	0,001	0,350	1470
6	Štěrkopísek	0,100	2,000	1010
Tepelný odpor konstrukcie R :			4,818 m ² K/W	
Súčiniteľ prestupu tepla koňtrukcie U :			0.200 W/m²K	
Množstvo skondenzovanej vodnej pary za rok:			0,0044 kg/(m ² .rok)	
Množstvo vyparenej vodnej pary za rok:			0,0996 kg/(m ² .rok)	



Graf. 6 Kondenzačné pásmo stropu

6.2.1 Posúdenie konštrukcie

Konštrukcia musí spĺňať prísne kritériá v oblasti súčiniteľu prestupu tepla ale aj v následnej kondenzácii vodnej pary. V sendvičovej konštrukcii dochádza ku kondenzácii vodnej pary. Najdôležitejšie je, aby množstvo vodnej pary skondenzovanej a vyparenej bolo v prospech vyparenej vodnej pary. Tento výpočet sa počíta na celý kalendárny rok. V navrhnutých konštrukciách dochádza k oveľa väčšiemu vyparovaniu vodnej pary ako ku kondenzácii. Týmto faktorom je zabránené v tvorbe viditeľnej vlhkosti na stenách, vytváraní rôznych plesní a udržiavaní mikroorganizmov. V prípade zlého návrhu skladby stien by mohlo dochádzať k navlhnutiu stien, čo by sa ukázalo viditeľne až po niekoľkých rokoch.

Ďalším dôležitým faktor je, aby kondenzované pásmo, ktoré je vidieť na grafoch č. 3 až č. 6. nebolo tesne za omietkou. Časom by dochádzalo k olupovaniu omietky, čo je samozrejme nežiaduce. Kondenzačné pásmo je na grafoch znázornené ako zóna 1.

Pri návrhu obvodovej steny pre bazénovú časť som zistil nevýhodu použitia penového polystyrénu. V miestnosti 109 je navrhovaná relatívna vlhkosť 60 % a teplota ovzdušia 29 °C. V dôsledku odparovania veľkého množstva vody z hladiny bazéna a mokrych plôch do vzduchu by dochádzalo v konštrukcii k veľkej kondenzácii. Kondenzácia nastávala v rôznych zatepľovacích systémoch. Množstvo vyparenej vodnej pary za rok bolo príliš nízke, takže by časom dochádzalo k problémom u tejto steny. V tejto oblasti som navrhol 40 cm Porothem, čo dostatočne postačuje požiadavkám.

6.3 Stanovenie tepelných strát v navrhovanej budove

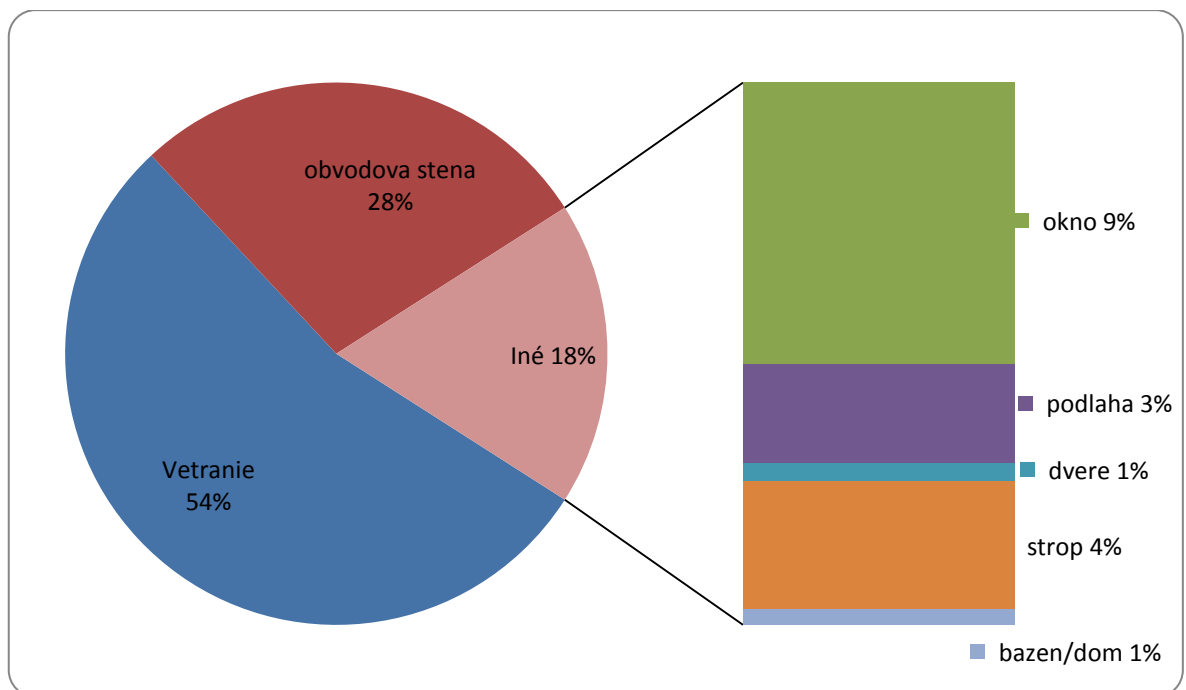
Z návrhu jednotlivých konštrukčných materiálov, z ktorých sa dom navrhol v kapitole 5.2 sa vypočítajú tepelné straty v jednotlivých miestnostiach. Pre každú miestnosť sa určuje tepelná strata prestupom tepla cez okolité konštrukcie do vonkajšieho prostredia, alebo do prostredia s odlišnou návrhovou teplotou a tepelná strata vetraním. Podľa normy ČSN EN 12 831, ktorá udáva konkrétne vzorce na výpočty jednotlivých strát vyšli nasledujúce tepelné straty v miestnostiach. [14]

Výsledky tepelných strát v jednotlivých miestnostiach boli počítané v programe Stavebná fyzika 2014, časť teplo a straty. Tento program pracuje presne podľa noriem ČSN 12 831. Do programu boli zaznamenané všetky potrebné parametre od návrhových

vonkajších teplôt po typ budovy. Z programu je výstup vo forme protokolu a grafu, kde sú jednotlivé straty rozdelené do percentuálneho grafického koláča.

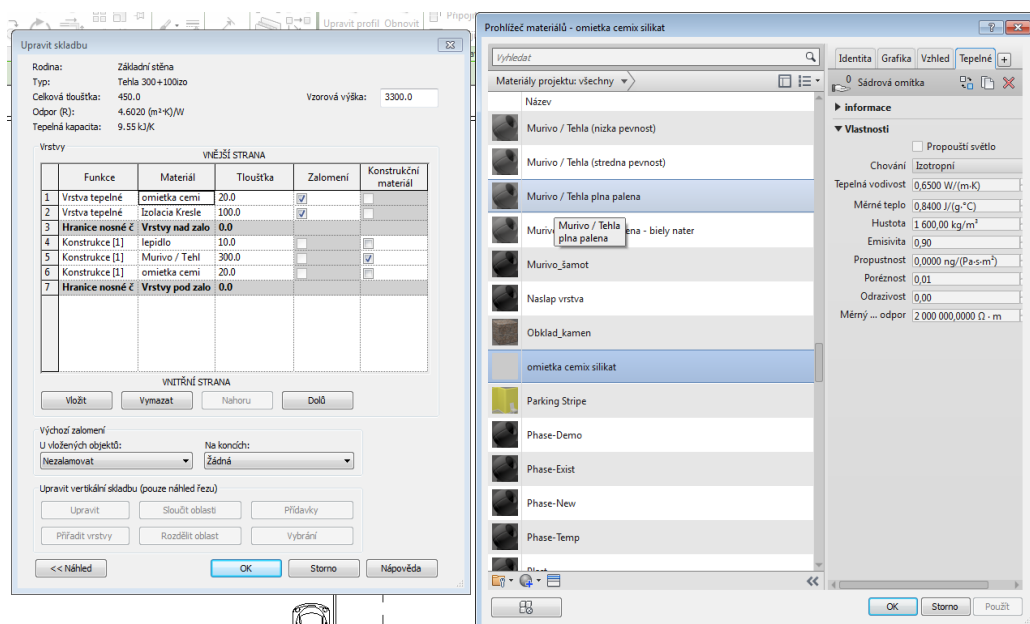
Tab. 14 Tepelné straty domu

poschodie	miestnosť	tep. Strata prestupom [W]	tepelná strata vetraním [W]	Spolu [W]
1	Obývačka+jedáleň	983	1170	2153
1	kuchyňa	256	267	523
1	špajza	39	86	125
1	chodba	119	121	240
1	kotolňa	129	288	417
1	bazén	954	1159	2113
2	izba 1	374	478	852
2	izba 2	230	445	675
2	schody	350	266	616
2	izba 3	268	186	454
2	izba 4	188	179	367
2	kúpeľňa 2	96	116	212
2	kúpeľňa 3	182	150	332
spolu		4168	4911	9079
bez bazénovej haly		3346	3752	7098



Obrázok 1 Celkový stratový tepelný výkon

Výpočty som porovnával z programom Autodesk REVIT 2014. Tento stavebný program slúži k návrhu a kompletnej realizácii stavby v 3D modelovaní. Jednotlivým konštrukciám sa nastavujú reálne parametre od výrobcov. Vlastnostiam konštrukcie sa pripisuje šírka danej časti (omietka, izolácia, vzduchová medzera, konštrukčný materiál) a jednotlivým materiálom sa nastavujú parametre tepelná vodivosť, merné teplo, hustota atď. Tieto vlastnosti sa nastavujú aj pre okná, dvere, stavebné otvory, podlahy a taktiež stropy. Nakreslený dom je presne orientovaný na návrhovú svetovú stranu a pomocou Google maps je daná presná lokalizácia. Touto lokalizáciou sú zabezpečené návrhové vonkajšie celoročné tepelné podmienky. Keďže program počíta tepelné straty podľa amerických noriem Ashrae, nie je akceptovateľné využiť tieto výpočty pre návrh tepelnej sústavy v Európe. Do budúcnosti by mal pribudnúť rozširovací model, v ktorom by sa dalo zvoliť podľa akých noriem chceme počítať návrhové parametre budovy.



Obr. 9 Nastavenie technických parametrov v Autodesk REVIT

6.4 Tepelné zisky budovy

Pri návrhu tohto domu bolo nutné vypočítať tepelné zisky v jednotlivých miestnostiach, pretože v návrhu sa nachádzajú veľké presklené plochy. Najväčšie tepelné zisky vznikli v obývacej izbe spojenej s jedálňou. Výpočty tepelných ziskov sú popísané v teoretickej časti, kapitola výpočty tepelných ziskov. Tepelné zisky sa dajú znižovať viacerými spôsobmi. Používajú sa vonkajšie alebo vnútorné žalúzie, zastrešené terasy priamo pred veľkými presklenými plochami a markízi. Pri výpočtoch sa zahrňuje potom do

časti sklenenej výplne hodnota tieniaceho súčiniteľa pre rôzne tieniace prvky a okná podľa normy ČSN 730548. Hodnoty pre jednotlivé prvky sú uvedené v tabuľke:

Tab. 15 Tieniace súčinitele jednotlivých prvkov tienenia

Druh zasklenia	s	Tieniace prvky	s
Jednoduché sklo	1,00	Vnútorne žalúzie lamely 45o svetlé	0,56
Dvojité sklo	0,90	Vnútorne žalúzie lamely 45o tmavé	0,75
Reflexné sklo jednoduché	0,70	Medziokenné žalúzie, priestor nevetraný	0,50
Reflexné sklo dvojité	0,24	Vonkajšie markízi, medzipriestor vetraný	0,30
Zdvojené reflexné sklo	0,30	Vonkajšie žalúzie lamely 45o	0,13
Farebné vrstvy striekané svetlé	0,80	Reflexné záclony svetlé	0,60
Reflexná fólia tmavá	0,25	Závesy: bavlna, umelé vlákna	0,80
Reflexná fólia svetlá	0,42	Reflexné záclony tmavé	0,70
Sklo z drôtenou vložkou	0,80		

Pokiaľ by neboli použité žiadne tieniace prvky, tak by celkové tepelné zisky pre budovu vyšli vid'. tabuľka. Najväčšie tepelné zisky vyšli v októbri o 12tej hodine, čo je spôsobené tým, že obývacia izba je otočená priamo na juh. Obývacia izba tvorí približne 70 % podiel na celkových tepelných ziskoch a preto práve orientácia tejto izby je tak zásadná. Pokiaľ by táto izba bola orientovaná na juhozápad, vyšli by tepelné zisky najvyššie v 8. mesiaci okolo 15tej hodiny. Na tieto skutočnosti má hlavne vplyv Intenzita slnečnej radiácia, ktorá je hlavným faktorom pri výpočtoch tepelných ziskov.

Tab. 16 Výsledky tepelných ziskov bez tienenia 1/2

VYHODNOTENIE VÝPOČTOV TEPELNÝCH ZISKOV PRE OBJEKT [W]												
Objekt	Hodiny											
Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-4008	-4089	-4116	-4091	-4029	1153	1319	1507	1898	4392	5659	5955
2	-3157	-3243	-3271	-3242	-3171	3710	3850	4045	5541	7363	8192	8312
3	-2359	-2442	-2467	-2441	-2372	5670	5817	5991	7740	9074	9643	9661
4	-1688	-1775	-1799	-1777	-1697	5898	6054	6232	7391	8304	8813	8853
5	-1147	-1228	-1254	-1224	393	6233	6385	6574	7412	8097	8357	8398
6	-790	-875	-896	-799	1112	6173	6335	6520	7100	7715	7871	7928
7	-623	-702	-730	-699	581	6439	6593	6783	7467	8188	8439	8499
8	-646	-735	-753	-730	-656	6941	7095	7277	8442	9368	9872	9911
9	-905	-987	-1013	-987	-917	6344	6491	6671	8037	9330	9995	10067
10	-1347	-1437	-1461	-1439	-1364	5518	5661	5853	7354	9172	9998	10126
11	-1995	-2073	-2100	-2077	-2012	3171	3331	3525	3915	6413	7674	7976
12	-2719	-2802	-2826	-2806	-2739	1706	1870	2067	2268	4427	5955	6349

Tab. 17 Výsledky tepelných ziskov bez tienenia 2/2

VYHODNOTENIE VÝPOČTOV TEPELNÝCH ZISKOV PRE OBJEKT [W]												
	Hodiny											
Mesiac	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	5524	4056	2650	2463	2383	2251	-2988	-3184	-3388	-3588	-3743	-3888
2	7933	6793	5647	5213	4921	4789	-2151	-2347	-2553	-2719	-2885	-3035
3	9293	8209	7817	7815	6999	6736	-1357	-1548	-1720	-1896	-2073	-2230
4	8516	7406	7856	7952	7511	6968	-684	-857	-1041	-1229	-1401	-1564
5	8090	7564	8138	8327	8066	7314	1289	-285	-480	-677	-859	-1015
6	7667	7480	7952	8090	7819	7262	2008	147	-129	-324	-500	-664
7	8219	7752	8243	8348	8030	7522	1548	249	39	-152	-336	-493
8	9575	8464	8918	9012	8568	8028	376	210	6	-183	-357	-520
9	9723	8664	8313	8193	7556	7429	121	-88	-271	-447	-625	-779
10	9754	8617	7471	7035	6743	6597	-343	-537	-741	-909	-1074	-1229
11	7539	6075	4667	4482	4401	4272	-974	-1162	-1373	-1573	-1729	-1871
12	5881	4166	3051	3018	2939	2806	-1696	-1888	-2094	-2297	-2464	-2601

Pretože by sa hlavne obývacia izba prehrievala a bolo by nutné do domu navrhnuť klimatizačné jednotky, bolo preto vymyslené efektívnejšie, lacnejšie a takmer bez údržbové riešenie vonkajších polohovateľných žalúzií. V nasledujúcej tabuľke je vidieť pokles celkových tepelných ziskov za rok vďaka tieniacemu súčiniteľu vonkajších žalúzií.

Tab. 18 Výsledky tepelných ziskov s tienením 1/2

VYHODNOTENIE VÝPOČTOV TEPELNÝCH ZISKOV PRE OBJEKT [W]												
Objekt	Hodiny											
Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-4008	-4089	-4116	-4091	-4029	-2650	-2484	-2296	-2089	-1886	-1692	-1533
2	-3157	-3243	-3271	-3242	-3171	-1550	-1410	-1215	-1011	-805	-611	-456
3	-2359	-2442	-2467	-2441	-2372	-571	-424	-250	-44	162	352	512
4	-1688	-1775	-1799	-1777	-1697	33	189	367	561	767	958	1125
5	-1147	-1228	-1254	-1224	-933	557	709	898	1095	1292	1482	1656
6	-790	-875	-896	-861	-520	850	1012	1197	1392	1593	1792	1957
7	-623	-702	-730	-699	-454	1035	1189	1379	1573	1786	1977	2139
8	-646	-735	-753	-730	-656	1076	1230	1412	1612	1831	2017	2183
9	-905	-987	-1013	-987	-917	769	916	1096	1303	1506	1715	1871
10	-1347	-1437	-1461	-1439	-1364	258	401	593	802	1004	1195	1358
11	-1995	-2073	-2100	-2077	-2012	-632	-472	-278	-72	135	323	488
12	-2719	-2802	-2826	-2806	-2739	-1467	-1303	-1106	-905	-697	-508	-348

Tab. 19 Výsledky tepelných ziskov s tienením 2/2

VYHODNOTENIE VÝPOČTOV TEPELNÝCH ZISKOV PRE OBJEKT [W]												
Mesiac	Hodiny											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-1406	-1333	-1307	-1340	-1420	-1552	-2988	-3184	-3388	-3588	-3743	-3888
2	-325	-253	-228	-258	-339	-471	-2151	-2347	-2553	-2719	-2885	-3035
3	642	711	738	707	628	495	-1357	-1548	-1720	-1896	-2073	-2230
4	1244	1324	1341	1313	1231	1103	-684	-857	-1041	-1229	-1401	-1564
5	1778	1858	1876	1849	1765	1637	87	-285	-480	-677	-859	-1015
6	2080	2157	2178	2151	2066	1939	508	85	-129	-324	-500	-664
7	2261	2337	2362	2329	2248	2118	583	249	39	-152	-336	-493
8	2303	2382	2403	2373	2288	2163	376	210	6	-183	-357	-520
9	1997	2072	2100	2067	1981	1854	121	-88	-271	-447	-625	-779
10	1496	1571	1596	1564	1483	1337	-343	-537	-741	-909	-1074	-1229
11	609	686	710	679	598	469	-974	-1162	-1373	-1573	-1729	-1871
12	-221	-149	-122	-155	-234	-367	-1696	-1888	-2094	-2297	-2464	-2601

Zaťaženie budovy tepelnými ziskami z vonkajšieho prostredia je vďaka vonkajším polohovateľným žalúziám znížené o 77 %. Týmto znížením je zabezpečená tepelná pohoda v letnom období bez použitia chladiacich zariadení. Pri znížení záťaže došlo k posunutiu dátumu maximálnych tepelných ziskov na august okolo 15tej hodiny. Je to spôsobené intenzitou slnečnej radiácie, ktorá je teraz násobená inými hodnotami.

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

Název úlohy: rodinný dom

Podrobný popis obalových konstrukcí hodnocené místnosti je uveden na výpisu z programu Simulace 2014.

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

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

Vypočtená hodnota: $T_{ai,max} = 26,38 \text{ C}$

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

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

6.5 Energetický štítok obálky budovy

Získať energetický štítok budovy sa dá na základe posúdenia budovy podľa normy ČSN 73 0540. Energetická náročnosť budovy sa hodnotí na sedembodovej stupnici A až G, ktorú som popisoval v kapitole 2. V dnešnej dobe novo projektované alebo rekonštruované domy musia spĺňať hodnotenie podľa kritérií normy ČSN 73 0540 najhoršie do triedy C. V tejto triede je stanovený maximálny súčiniteľ prestupu tepla $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Hodnota udávajúca energetickú náročnosť budovy sa označuje ako U_{em} . Je to priemerný súčiniteľ prechodu tepla a vypočíta sa zo vzťahu:

$$U_{em} = \frac{H_r}{A} [\text{W}/\text{m}^2\text{K}] \quad (29)$$

Kde: H_r – merná strata prechodu tepla. Je daná súčiniteľom prestupu tepla cez všetky konštrukcie, na ktorých dochádza k výmene tepla s vonkajším prostredím. Tvoria obálku budovy. Udáva sa vo $\text{W}\cdot\text{K}^{-1}$.

A – plocha obálky budovy. Určuje sa ako súčet všetkých častí obálky budovy v m^2

V tejto kapitole je uvedený celý výstup a hodnotenie navrhovanej budovy. V 3. časti výstupu z programu teplo 2014 je najdôležitejšia časť 3. V tejto časti je konkrétne zaradenie domu do kategórie energetickej náročnosti budovy. Navrhovaná budova získala hodnotenie A ako veľmi úsporná s kvalifikačným ukazovateľom $U_{em} = 0,46$ a priemerným súčiniteľom prestupu tepla obálky budovy $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Identifikační údaje

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

Charakteristika budovy

Objem budovy V - vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	855,3 m ³
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	559,6 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A / V	0,65 m ² /m ³
Typ budovy	nová obytná
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_m	21 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	-12 °C

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_i [m ²]	Součinitel (činitel) prostupu tepla U_i ($\sum \psi_{k,lk} + \sum X_i$) [W/(m ² ·K)]	Požadovaný (doporučený) součinitel prostupu tepla U_{Ni} ($U_{i,rec}$) [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
obvodová stena	207,5	0,20	()	0,95	39,4
Jednoduché okno s dv	35,0	1,00	()	0,95	33,3
podlaha 1NP	154,8	0,16	()	0,82	20,3
Dveře dřevěné plné	1,8	1,30	()	0,95	2,2
BAZEN/DOM	96,4	0,24	()	0,80	18,5
strop	94,0	0,16	()	1,00	15,0

Obr. 10 Protokol energetického štítku obálky budovy 1/3

Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T	W/K	128,7
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m²·K)	0,23
Požadavek ČSN 730540-2 byl stanoven: na základě hodnoty $U_{em,N,20}$ a působících teplot		
Výchozí požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 pro rozmezí θ_m od 18 do 22 °C $U_{em,N,20}$	W/(m ² ·K)	0,54
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$	W/(m ² ·K)	0,38
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$	W/(m²·K)	0,50

Požadavek na stavebně energetickou vlastnost budovy je splněn.

Klasifikační třídy prostupu tepla obálky hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Veličina	Jednotka	Hodnota
A – B	0,5 · $U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,25
B – C	0,75 · $U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,38
C – D	$U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,50
D – E	1,5 · $U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,75
E – F	2,0 · $U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	1,00
F – G	2,5 · $U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	1,25

Obr. 11 Protokol energetického štítku obálky budovy 2/3

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
(Typ budovy, místní označení) (Adresa budovy)				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_e = 187,24 \text{ m}^2$				stávající	doporučení	
<p><i>Cl</i> Velmi úsporná</p> <p>Mimofádně ne hospodárná</p>						
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $U_{em} = H_T / A$				0,23		
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$				0,50	0,50	
Klasifikační ukazatele <i>Cl</i> a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
<i>Cl</i>	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}	0,25	0,38	0,50	0,75	1,00	1,25
Platnost štítku do:			Datum vystavení štítku:			
Štítek vypracoval(a):		(Jméno a příjmení)				
		(Kvalifikace)				

Obr. 12 Výstup energetického štítku 3/3

7 NÁVRH TEPELNEJ SÚSTAVY

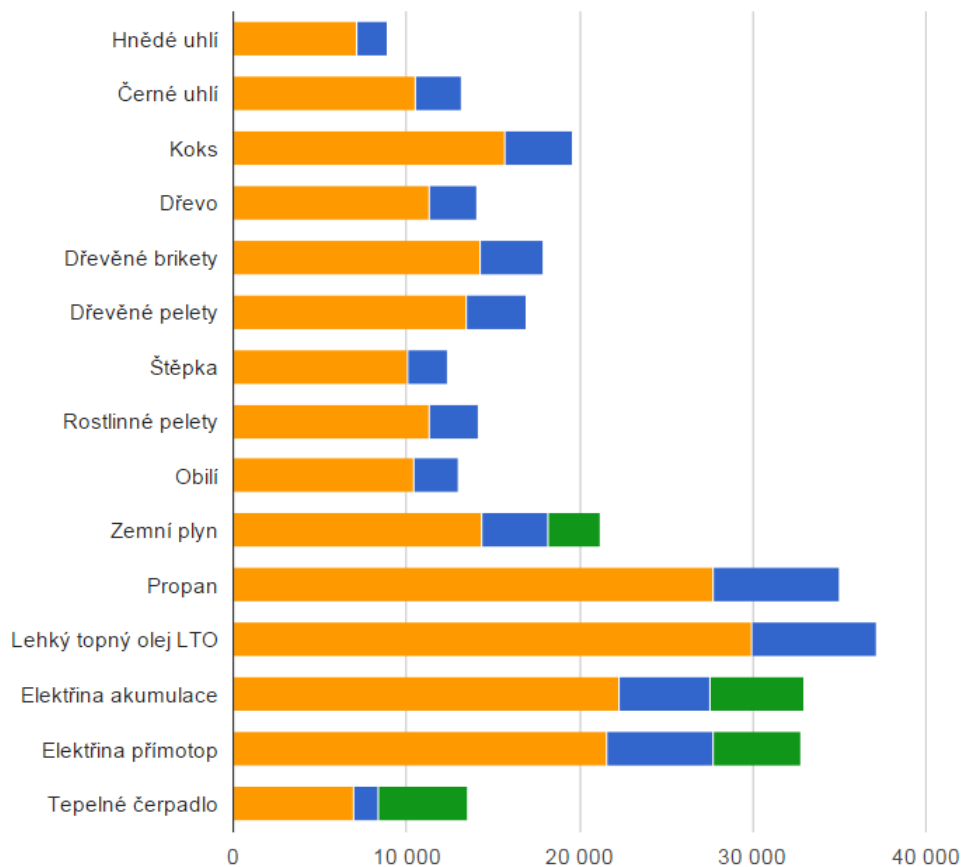
Z výpočtov tepelných strát je navrhnutá tepelná sústava podľa energetickej náročnosti na vytápanie. Tepelné straty prestupom sú 3368 W a 3752 W vetraním, pokiaľ sa uvažuje výmena pol objemu za hodinu. Tepelné straty sú uvedené bez bazénovej miestnosti. V prípade, že sa v dome nikto nenachádza nie je potrebné objekt odvetrávať, takže strata vetraním sa zanedbá. Počet vykurovacích dní je stanovený podľa oblasti na 215 dní. Z portálu tzb-info, v ktorom je výpočet a grafické porovnanie nákladov na vytápanie vyšlo najekonomickejšie tepelné čerpadlo. Do výpočtu boli zadané údaje ako lokalita domu a klimatické dáta (klimatická oblasť, vonkajšia výpočtová teplota, dĺžka vykurovacieho obdobia), charakteristika domu a jeho využitie (celková strata, počet osôb, plocha, objem), príprava teplej vody (množstvo spotrebovanej vody za deň a úspora tepla solárnymi kolektormi).

Z obrázku č. **(Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.)** je vidieť najekonomickejšie vykurovanie navrhovaného domu. Náklady na vytápanie tepelným čerpadlom vyšli približne 7000 Kč/rok a náklady na teplú vodu vyšli 1 500 Kč/rok. Celkové náklady na vykurovanie a ohrev teplej vody aj z paušálnymi platbami sú 13 498 Kč. V zadaní diplomovej práce v bode štyri je navrhnutie systému techniky prostredia s využitím obnoviteľných zdrojov. Keďže výsledky z portálu tzb-info ukázali ako najekonomickejšie vykurovanie tepelným čerpadlom bude TČ použité ako hlavný zdroj energie na vykurovanie spolu so solárnymi kolektormi. Náklady na údržbu tepelného čerpadla vyšli ročne 21 417 Kč, čo zvyšuje celkové ročné náklady. [18]

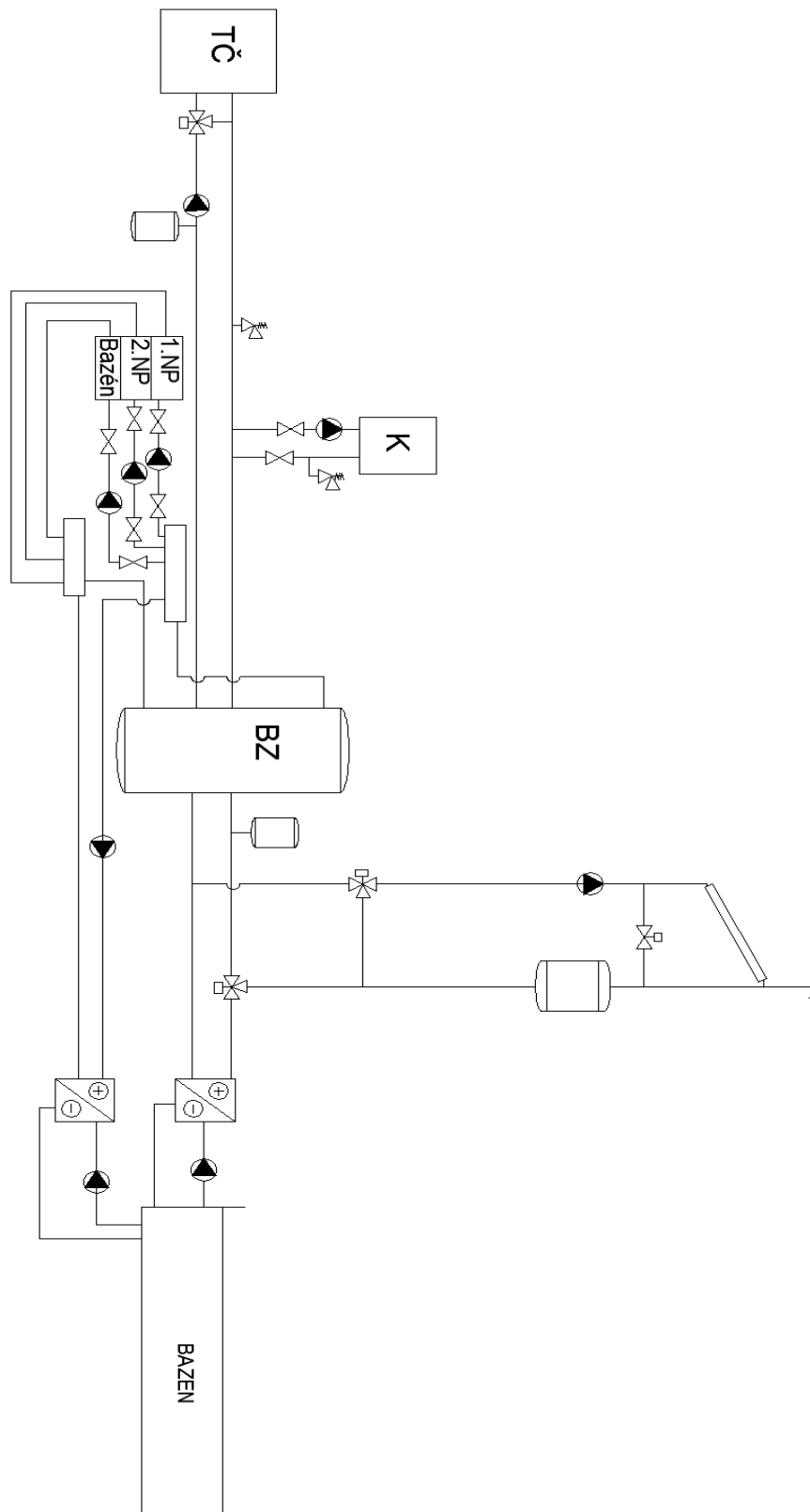
Zobrazit: ?

Vytápění ?
 Teplá voda ?
 Ostatní elektrická spotřeba ?
 Paušální platby ?
 Investice a údržba ?

Potřeba energie na vytápění a teplou vodu 14 050 kWh/rok, spotřeba elektrické energie pro ostatní spotřebiče 18 048 kWh/rok



Obr. 13 Porovnanie ročných nákladov na energie v dome



Obr. 14 Schéma zapojenia vykurovacieho systému

7.1 Okruh s vykurovacími telesami

Vykurovací soustava je navrhnutá s teplotným spádom 55/45 °C s núteným obehom teplej vody. Navrhnuté je dvoj trubkové proti prúde zapojenie vykurovacích telies s bočným rozvodom k telesám. Trubky sú ťahané v podlahe.

Vykurovacie telesá v spodnej časti domu sú navrhnuté tri podlahové konvektory od firmy LICON HEAT s.r.o. Tieto konvektory sú navrhnuté tak, aby pokryli celkovú tepelnú stratu v 1. NP. Výkon týchto telies je závislý od rozmerov a teplotného spádu vykurovacieho systému. Podlahové konvektory sú navrhnuté pod oknami v celkovej dĺžke 300cm. Výkon každého telesa pre daný navrhnutý teplotný spád je 660W. Keďže výpočet tepelných strát, ktoré je nutné pokryť vykurovacími telesami je počítaný s návrhovou teplotou -12°C je nutné zohľadniť aj možnosť extrémneho zníženia vonkajšej teploty. Z tohto dôvodu sú navrhnuté podlahové konvektory doplnené o ventilátory. Ventilátory zvyšujú prúdenie vzduchu okolo konvektoru a tým dochádza k rýchlejšiemu ohrevu vzduchu v miestnosti. Výkon konvektorov pri zapnutí ventilátorov môže stúpnuť až na trojnásobok pôvodného výkonu. Ventilátory majú tri stupne otáčok. Pri tretom stupni otáčok, teda pri maximálnej výhrevnosti je hlučnosť tohto systému 33 dB. Výkon vykurovacích telies sa dá vypočítať zo vzťahu pre výpočet teplotného podielového súčiniteľa:

$$c = \frac{t_{w2} - t_i}{t_{w1} - t_i} = \frac{45 - 21}{55 - 21} = 0,705 \quad (30)$$

Kde: t_{w1} - teplota vstupnej vody [°C]

t_{w2} - teplota výstupnej vody [°C]

t_i - návrhová teplota interiéru [°C]

Výpočet minimálneho výkonu vykurovacích telies v 1. NP:

$$Q_n = \frac{Q_{sk}}{c} = \frac{1397}{0,705} = 1981 \text{ W} \quad (31)$$

Kde: Q_{sk} - teľné straty v 1.NP [W]

Na prízemí sa nachádzajú tri veľkoplošné okná, preto celkový vykurovací výkon bude rozdelený na tri. S toho vyplýva výkon jedného vykurovacieho telesa práve navrhovaných 660 W. [19]

7.1.1 Rozdelenie zón vykurovania

Vykurovacía sústava bude rozdelená do troch zón. Prvá zóna bude vykurovať 1. NP pomocou podlahových konvektorov. Prízemie je navrhované ako jeden veľký priestor, preto bude vykurovanie len pod oknami cez ktoré je najväčšia tepelná strata. Druhá zóna bude nočná časť domu, teda miestnosti nad obývacou izbou v 2.NP. Na tomto poschodí sú jednotlivé miestnosti oddelené priečkami, takže je nutné každú miestnosť vykurovať samostatne. V hornej časti je navrhnutých päť nástenných radiátorov pod okna. Tretí okruh bude obsahovať dva podlahové konvektory do bazénovej časti. Táto zóna bude oddelená od prvej zóny aby mohol byť tento priestor samostatne regulovaný hlavne v zimnom období, kedy bude vzduchotechnika fungovať len na vnútorný okruh a nestíhala by pokrývať tepelné straty miestnosti a hlavne veľkej presklenej plochy na južnej strane. Taktiež bude zabránené kondenzovaniu vody na oknách bazénovej miestnosti.

7.1.2 Výpočet tlakových strát v jednotlivých zónach

Výpočet tlakových strát je nevyhnutný k správne dimenzovaniu sústavy. Tlakové straty sa počítajú pre každú zónu zvlášť. Výpočet sa skladá z tlakových strát na potrubí, miestnych odporoch a samotného telesa. Podľa posledného telesa na vetve, ktoré má najväčšiu tlakovú stratu sa ostatné telesá doregulujú na rovnakú tlakovú stratu pomocou regulačného šrúbenia a termostatického ventilu. Podľa tlakových strát jednotlivých zón je navrhnuté cirkulačné čerpadlo, ktoré dokáže prekonať danú tlakovú záťaž a dopraviť potrebné množstvo obehovej vody, aké je vypočítané pre každú zónu zvlášť. Obehové čerpadlo pre jednotlivé zóny je navrhnuté ALPHA2 od firmy Grundfos s.r.o. Toto obehové čerpadlo je vhodné do sústav vykurovania rodinných domov.

Tlaková strata na vetve p_s :

$$\Delta p_s = \Delta p_r + z [Pa] \quad (32)$$

Kde: Δp_r - Tlaková strata potrubím [Pa]

z - Tlaková strata miestnymi odporami [Pa]

Tlaková strata potrubím sa vypočíta zo vzťahu:

$$\Delta p_r = R \cdot l [Pa] \quad (33)$$

Kde: R - Tlakový spád potrubia [Pa/m]

l - dĺžka potrubia [m]

Tlakový spád potrubia sa určí podľa Výpočtových tabuliek pre vytápanie (Karel Laboutka). V tabuľkách je nutné nájsť správnu tabuľku, z ktorej sa jednotlivé tlakové spády dajú odčítať. Navrhovaná potrubná sieť bude z medi, teplota vody v sústave bude max 55 °C, takže ide o tabuľku č. 220-1. Podľa priemeru a hmotnostného prietoku sa určí tlakový spád pre daný rozmer trubky. Hmotnostný prietok M sa vypočíta:

$$M = \frac{Q}{1,16 \cdot \Delta t} \text{ [kg/h]} \quad (34)$$

Kde: Q - výkon vetve [W]

Δt - rozdiel teplotného spádu = 10 °C

Tlaková strata miestnymi odporami sa vypočíta zo vzťahu:

$$z = \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (35)$$

Kde: ρ - hustota vody pre daný teplotný spád = 985,7 kg/m³

ξ - súčiniteľ miestnych odporov

w - rýchlosť prúdenia [m/s]

Rýchlosť prúdenia sa vypočíta zo vzťahu:

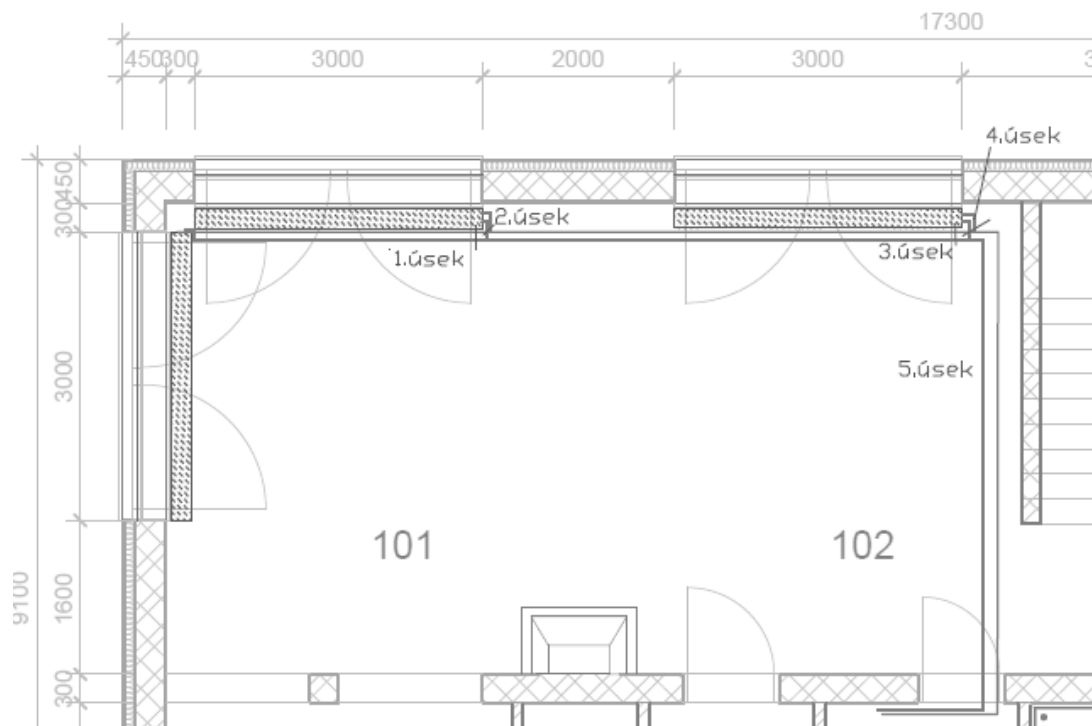
$$w = \frac{4 \cdot \left(\frac{M}{3600}\right)}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} \text{ [m/s]} \quad (36)$$

Kde: d - priemer potrubia [m]

Vypočítané tlakové straty a návrh jednotlivých prietokov výkonov a priemerov prvej vykurovacej zóny v tabuľke č.(Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.) :

Tab. 20 výpočty tlakových strát v 1. NP

Úsek	Q[W]	M[kg/h]	l[m]	d(mm)	R[Pa/m]	w[m/s]	R*I[Pa]	$\xi_{\text{OT}}[-]$	$\xi[-]$	Z[Pa]	Δp_{OT}	R*I+Z	c. strata [Pa]
1	660	56,8	6,65	0,015	21,5	0,09	142,98	8,5	13,3	53,7	34	196,7	2300,9
2	660	56,8	0,2	0,012	61,5	0,14	12,3	8,5	7	69	84	81,3	1645,1
3	1320	113,5	10	0,018	26	0,13	260	0	5	39	0	299,0	1479,9
4	660	56,8	0,2	0,012	61,5	0,14	12,3	8,5	7	69	84	81,3	165,2
5	1980	170,3	15	0,018	55	0,19	825	0	20,3	356	0	1180,9	1180,9

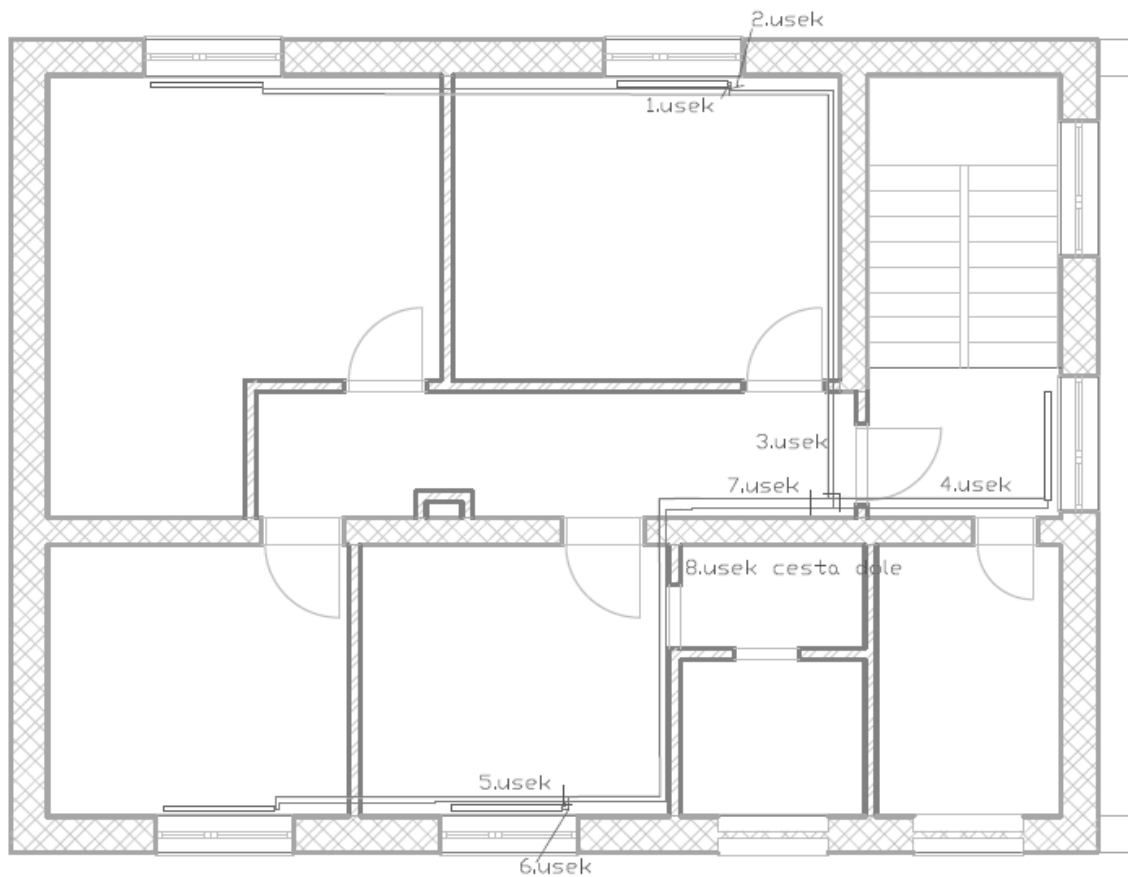


Obr. 15 Rozdelenie úsekov vykurovania v 1.NP

Z tabuľky č.(**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) sú vidieť jednotlivé straty na konvektoroch. Najväčšia strata je na najvzdialenejšom telese úsek 1, kde dosiahla tlaková strata 2,3 kPa. Na úsekoch dva a štyri musí byť táto strata dorovnaná. V opačnom prípade by vzniklo nerovnomerné vyhrievanie na jednotlivých konvektoroch. Vyrovnanie tlakových strát pomocou termostatického ventilu a regulačného šrúbenia zabezpečia rovnaké tlakové straty v každej časti vykurovacej zóny. Nastavenie prebieha podľa príslušných grafov, ktoré udáva predajca jednotlivých armatúr. Na úseku dva je nastavený termostatický ventil plne otvorený a regulačné šrúbenie je na štvorke. Štvrtý úsek má navrhnutý termostatický ventil na štvorke a regulačné šrúbenie tiež na štvorke. Týmto je zabezpečená rovnaká tlaková strata a zabezpečené rovnomerné vykurovanie. Výpočty druhej vykurovacej zóny sú popísané v tabuľke č.(Tab. 21) :

Tab. 21 Výpočty tlakových strát 2. NP

Úsek	Q[W]	M[kg/h]	l[m]	d(mm)	R[Pa/m]	w[m/s]	R*I[Pa]	ξ_{ot} [-]	ξ [-]	Z[Pa]	Δp_{ot}	R*I+Z	c. strata [Pa]
1	460	39,6	10	0,015	8,2	0,1	82,0	10	13,3	26,1	19,6	108,1	1883,1
2	460	39,6	0,2	0,015	8,2	0,1	1,6	10	13,9	27,3	19,6	28,9	1213,9
3	920	79,1	11,8	0,015	40	0,1	472,0	0	5	104,4	0	576,4	1185,0
4	460	39,6	4,8	0,015	8,2	0,1	39,4	10	9,6	50,2	19,6	89,6	698,2
5	460	39,6	6,4	0,015	8,2	0,1	52,5	0	13,3	55,5	0,0	108,0	1838,7
6	460	39,6	0,2	0,015	8,2	0,1	1,6	10	13,9	55,5	19,6	57,2	1197,8
7	920	79,1	11,4	0,015	40	0,1	456,0	10	11,4	222,1	0,0	678,1	1140,7
8	2300	197,8	6,5	0,022	25	0,1	162,5	0	21,6	300,0	0,0	462,5	462,5



Obr. 16 Rozdelenie úsekov vykurovania v 2.NP

V nočnej časti domu, kde sa nachádzajú izby, spálňa a pracovňa, sú použité radiátory na vykurovanie. Tlakové straty vykurovacích telies sú trochu odlišné od podlahových konvektorov použitých v 1. NP. Na prvom úseku, teda na najvzdialenejšom vykurovacom telese vznikla strata 1883 Pa. Podľa tohto telesa treba ostatné telesá

doregulovať. Úsek dva má nastavený termostatický regulátor plne otvorený a regulačné šrúbenie je nastavené na trojku. Štvrtý úsek schody má nastavený termostatický regulátor na päťke a regulačné šrúbenie plne otvorené. Piaty úsek ma podobnú tlakovú stratu ako prvý úsek, všetky regulátore sú plne otvorené. Šiesty úsek má termostatický ventil plne otvorený a regulačné šrúbenie na trojke.

Posledná tretia zóna v bazénovej hale má dva podlahové konvektory. Tlakové straty sú popísané v tabuľke č. (Tab. 22). V prvom úsek ju termostatický ventil aj regulačné šrúbenie plne otvorené. Na druhom úseku je termostatický ventil taktiež plne otvorený a regulačné šrúbenie je na štvorke. [20]

Tab. 22 Výpočty tlakových strát 1. NP časť bazén

Úsek	Q[W]	M[kg/h]	l[m]	d(mm)	R[Pa/m]	w[m/s]	R*I[Pa]	$\xi_{OT}[-]$	$\xi[-]$	Z[Pa]	Δp_{OT}	R*I+Z	c. strata [Pa]
1	790	67,94	5	0,015	29	0,11	145	8,5	28,3	164	49,21	308,8	1899
2	790	67,94	0,2	0,015	29	0,11	5,8	8,5	28,3	164	49,21	169,6	1170
3	1580	135,88	19	0,018	36	0,15	684	0	28,3	316	0	1000,0	1000

7.1.3 Návrh regulačného ventilu

Tieto ventile tvoria centrálnu reguláciu pre každú zónu samostatne. Návrhom regulačného ventilu je zaručená stála dodávka potrebného množstva tepla, ktoré je potrebné v daný okamžik. Pri navrhovaní regulačného ventilu je potrebné poznať tlakové straty na koncových vykurovacích telesách, ktoré majú najväčšiu tlakovú stratu. V tabuľke č. () je tlaková strata popísaná. Pre návrh regulačného ventilu bol zavedený predpoklad na pomernú autoritu ventilu $P_a = 0,5$.

$$\Delta P_v = P_a \cdot P_c = 0,5 \cdot 2,3 = 1,15 \text{ kPa} \quad (37)$$

Výpočet K_{vs} ventilu:

$$K_{vs} = q_v \cdot \sqrt{\frac{100}{\Delta p_v}} = \left(\frac{P}{\rho \cdot c \cdot \Delta \theta} \right) \cdot \sqrt{\frac{100}{\Delta p_v}} = \quad (38)$$

Kde: Q_v - objemový prietok [m³/h]

Skutočná tlaková strata regulačného ventilu Δp_{kvs} :

$$\Delta p_{kvs} = \left(0,01 \cdot \frac{m}{K_{vs}}\right)^2 = \left(0,01 \cdot \frac{350}{1,6}\right)^2 = 4,78 \text{ kPa} \quad (39)$$

Po výpočtoch tlakovej straty ventilu Δp_{kvs} a celkovej tlakovej straty na okruhu je možné vypočítať autoritu ventilu:

$$P_v = \frac{\Delta p_{kvs}}{\Delta p_{kvs} + p_c} = \frac{4,78}{(4,78 + 2,3)} = 0,67 \quad (40)$$

Vypočítaná hodnota autority zmiešavacieho ventilu splňuje požiadavku na minimálnu autoritu $P_{v,\min} = 0,3$. Návrh ventilov pre ostatné vykurovacie zóny teda pre druhé podlažie a bazénovú časť sa počítali rovnakým spôsobom. Regulačné ventily sú navrhnuté RV111 COMAR line od firmy LDM s.r.o. ktoré disponujú priermi od 14 do 40 mm a K_{vs} od 0,16 až po 25 m³/h. [20]

7.2 Spotreba TÚV

Výpočet spotreby teplej vody sa vypočíta podľa počtu osôb, ktoré budú danú budovu obývať a akú majú dennú spotrebu. V navrhovanom rodinnom dome ide o 4-člennú rodinu s dennou spotrebou 80 l/deň. Denná spotreba predstavuje 320 l/deň. Z tohto parametru sa dá zvoliť veľkosť zásobníku, ku ktorej sa pripočíta 1,5 násobok dennej spotreby. S toho vyplýva veľkosť zásobníka V_{ztuv} :

$$V_{ztuv} = 320 \cdot 1,5 = 480 \text{ l} \quad (41)$$

Presnejšou metódou výpočtu TÚV môžeme dosiahnuť ideálnejšieho návrhu zásobníka pri presnom dodržaní navrhovaných podmienok na užívanie. Dimenzovanie TÚV podľa normy ČSN 06 0320 je nutné stanoviť dennú spotrebu TÚV. Celkovú spotrebu množstva vody spočítame:

$$V_{tuv} = 4 \cdot 80 = 320 \frac{\text{l}}{\text{deň}} = 0,32 \text{ m}^3/\text{deň} \quad (42)$$

Ďalej je treba určiť množstvo energie potrebné na ohriatie daného množstva vody zo vstupnej teploty t_1 na výstupnú teplotu t_2 :

$$E_{tuv} = c \cdot V_{tuv} \cdot (\theta_2 - \theta_1) [\text{kWh}/\text{deň}] \quad (43)$$

Kde: c - merná tepelná kapacita vody = 1,16 [kWh/Kg .K]

V_{tuv} - požadované množstvo teplej vody na deň

Θ_2 - výstupná teplota = 45 [°C]

Θ_1 - vstupná teplota = 12 [°C]

Výpočet:

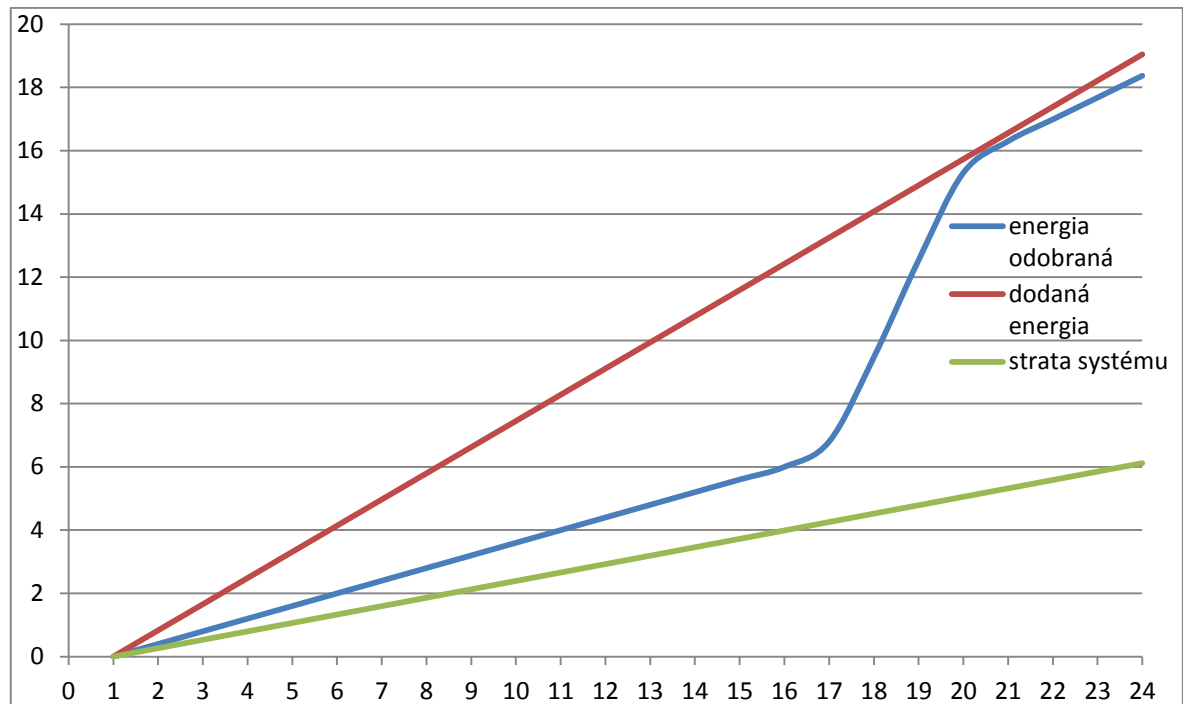
$$E_{tuv} = 1,16 \cdot 0,32 \cdot (45 - 12) = 12,25 \text{ [kWh/deň]} \quad (44)$$

Pri tomto výpočte taktiež musíme k navrhovanému výkonu pripočítať stratový koeficient 0,5. Po pripočítaní koeficientu k E_{tuv} vznikne spotreba energie na TÚV 18,37 kWh/deň. Spotreba teplej vody nie je lineárna. V určitých hodinách spotreba TÚV prudko narastie, čo je hlavne po príchode domov z práce, škôl, krúžkov a iných aktivít. Podľa normy sa percentuálny podiel spotreby tepla delí na:

Tab. 23 Percentuálny podiel spotreby TÚV

Časový interval		Odber TÚV	Odobraná energia
od	do	[%]	kWh
0	5	0	0
5	17	35	6,43
17	20	50	9,18
20	24	15	2,75

Najväčší rozdiel medzi dodávkou a predpokladaným odberom energie vychádza na 17-tu hodinu a $\Delta E_{\max} = 6,4 \text{ kWh}$.



Graf. 7 rozdiel výkonov v dodávkach TÚV

Konečný výpočet objemu zásobníka sa vypočíta podľa vzorca:

$$V_{ztuv} = \frac{\Delta E_{max}}{c \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)} [m^3] \quad (45)$$

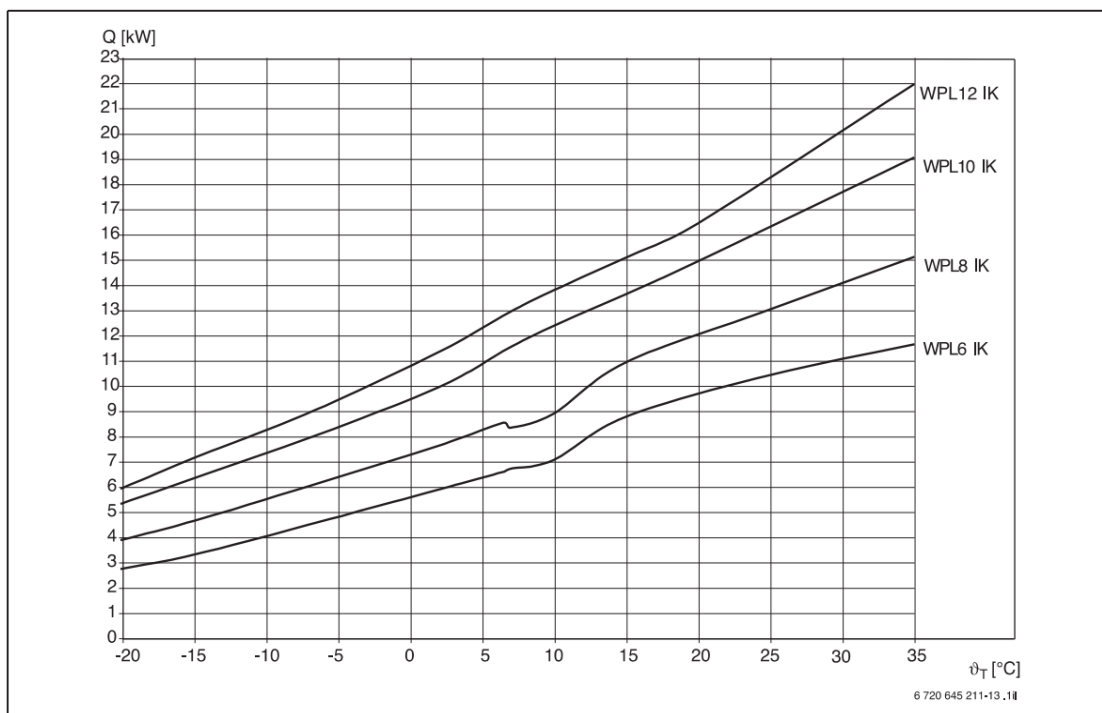
Výpočet:

$$V_{ztuv} = \frac{6,4}{1,16 \cdot (45 - 12)} = 0,167 m^3 = 167 l \quad (46)$$

Pokiaľ zvolíme rezervu zásobníku 1,5 násobku vypočítanej dennej spotreby je veľkosť zásobníku vypočítaná na 250 l. Oproti prvému výpočtu, ktorý bol zjednodušený a popísaný vo vzorci č. 37 je tento výpočet presný avšak na presne stanovené podmienky. V praxi však tieto podmienky nie sú často krát dodržiavané a preto je zvolená nádrž na TÚV

7.3 Tepelné čerpadlo

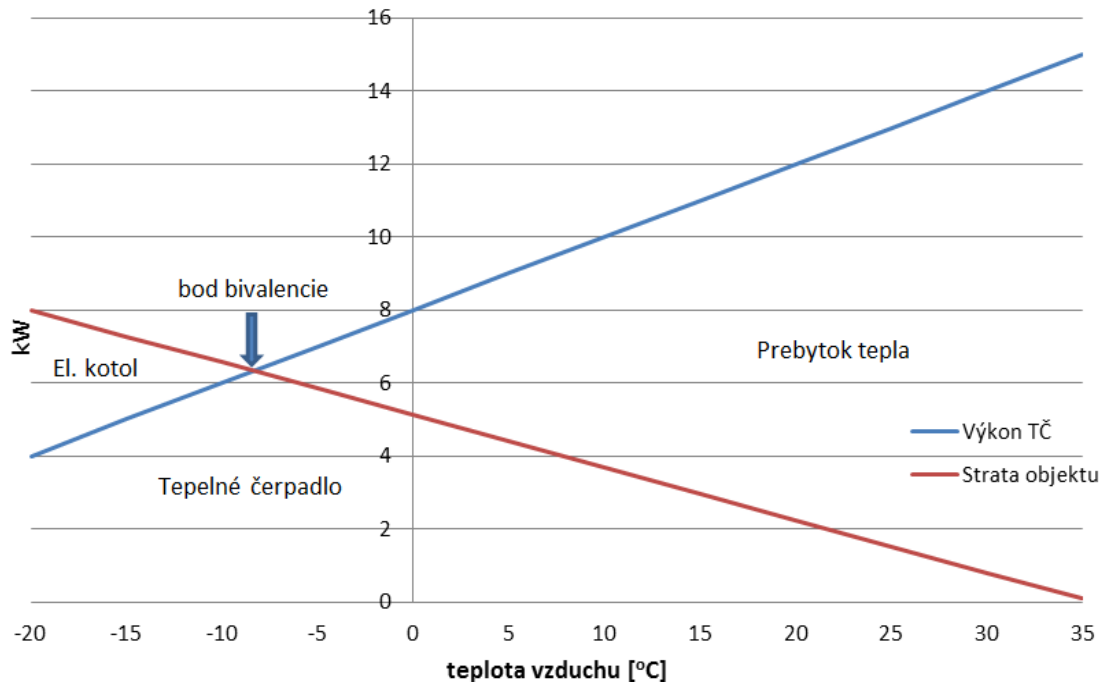
Podľa výpočtov v kapitole návrh vykurovacej sústavy bolo zvolené TČ Logatherm WPL...A od firmy Buderus. Výkon TČ je 8 kW a príkon 2,3 kW. Toto TČ je zvolené kvôli svojmu COP ktoré je 3,5 a výkonnostným hodnotám pre jednotlivé teplotné rozdiely vo vonkajšom prostredí. Maximálna teplota výstupu je až 60 °C.



Graf. 8 Výkony TČ pre jednotlivé vonkajšie teplotné rozdiely

7.4 Bivalentný zdroj

Vzhľadom k poklesu výkonov tepelného čerpadla pri kritických vonkajších teplotách v zimnom období je zvolený ako druhý zdroj energie, teda bivalentný zdroj elektrokotol. V navrhovanej oblasti nie je dotiahnutá plynová prípojka, čo by bolo ekonomicky efektívnejšie preto je vybraný elektrokotol Logamax E213 od firmy Buderus s výkonom 10 kW. V grafe č. (Graf. 9) je znázornený bod bivalencie, teda stav, kedy sa môže el. kotol zapnúť aby nepoklesol výkon a následne aj teplota v dome. Tento kotol slúži ako záložný zdroj tepelnej energie poprípade dokáže plne nahradiť TČ v prípade poruchy alebo jeho odpojenia.



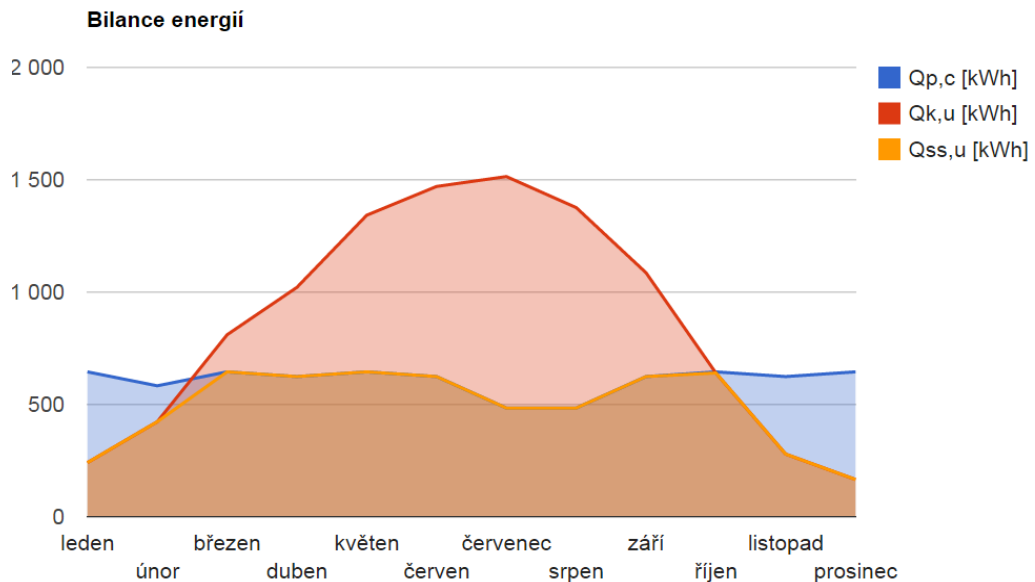
Graf. 9 Bod bivalence vykurovacieho systému

7.5 Návrh solárnych kolektorov

Návrh solárnych kolektorov bol vypočítaný pomocou TNI 73 0302. Pri návrhu solárnych kolektorov musí byť stanovená spotreba TÚV. V navrhovanom rodinnom dome je počítaná 4-členná domácnosť. Približná spotreba teplej vody je stanovená podľa normy ČSN 06 0320. Podľa tejto normy vyšla spotreba na túto domácnosť približne 320l na deň, čo je približne 640 kWh/mes. Keďže je v dome navrhnutý aj bazén, túto vodu je taktiež potrebné dohrievať. Podľa výpočtov v kapitole celková tepelná strata bazénu vyšla tepelná strata bazénovej vody 733kWh/mes. Tieto energie je potrebné sčítať pretože TÚV aj ohrievanie bazénu je nutné každý deň. Výsledná hodnota je 1373 kWh/mes., čo je 16,4 MWh/rok. Pokiaľ by mali túto energiu kompenzovať len solárne kolektory, bolo by potrebné položiť na strechu 32m². Problém je, že solárne kolektory majú obrovské výkyvy vzhľadom k ročným obdobiam, preto táto možnosť nie je akceptovateľná.

Solárne panely sú navrhnuté od firmy ECBA s.r.o. model thermo solar TS 500. Ich absorpčná plocha je 2,26 m² a optická účinnosť jedného kolektoru je 81%. Výkon na 1m² kolektoru je 525 kWh/rok. Pri návrhu 8 kusov solárnych panelov by bola pokrytá plocha 18m² a ročný výkon kolektorov by bol 9,4 MWh/rok. Táto plocha by pokryla približne 55% nákladov na ohrev TÚV a ohrev bazénovej vody. Kolektory sú umiestnené na rovnej

streche domu. Pri výpočte celkovej ceny kolektorov je nutné započítať nosný systém, ktorý bude kolektory držať v uhle 45° smerom na južnú stranu. Výtlak, ktorý musí zvládnuť čerpadlo je približne 8m. Obehové čerpadlo Solar 25 120 od firmy Grundfos má maximálny výtlak 12m a maximálny prevádzkový tlak 10 bar, čo je pre tento solárny systém dostačujúce.



Graf. 10 bilancia energií solárných kolektorov

7.5.1 Expanzná nádoba pre okruh solárných kolektorov

Veľkosť expanznej nádoby pre solárne kolektory sa stanovuje v súlade z normou ČSN 06 0830 podľa výpočtu:

$$V = V_K + V_T + V_v \text{ [l]} \quad (47)$$

Kde: V - celkový objem v sústave [l]

V_K - množstvo kvapaliny v kolektore [l]

V_T - množstvo kvapaliny v trubkách [l]

V_v - množstvo kvapaliny vo výmenníku [l]

$$V_K = 1,72 \cdot 8 = 13,78 \text{ l} \quad (48)$$

$$V_T = 19,2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,022^2}{4} = 7,2 \text{ l} \quad (49)$$

Vo výmenník má objem 4,5 l.

$$V = 13,78 + 7,2 + 4,5 = 25,48 \text{ l} \quad (50)$$

Expanzný objem kvapaliny V_e sa vypočíta zo vzťahu:

$$V_e = 1,3 \cdot V \cdot \Delta v \text{ [l]} \quad (51)$$

$$\Delta v = \frac{1000}{\rho_{tm}} - \frac{1000}{\rho_{10}} \text{ [l]}$$

Kde: ρ_{tm} - hustota kvapaliny pri strednej teplote [kg/m^3]

ρ_{10} - hustota kvapaliny pri teplote 10 °C [kg/m^3]

$$V_e = 1,3 \cdot 25,48 \cdot \left(\frac{1000}{992} - \frac{1000}{1045} \right) = 1,69 \text{ l} \quad (52)$$

Najnižší dovolený pretlak sústavy p_{pt} je závislý od dostatočného zavodnenia sústavy.

$$p_{pt} = (h + \Delta h) \cdot \rho \cdot g = (7,6 + 2) \cdot 1045 \cdot 9,81 = 98,4 \text{ [kPa]} \quad (53)$$

Kde: h - výška najvyššieho bodu sústavy [m]

Δh - rezerva výšky vodného stĺpca minimálne 2 [m]

Objem expanznej nádrže V_{exp} vypočítame zo vzorca:

$$V_{exp} = V_e \cdot \frac{p_{max} + 100}{p_{max} - p_{pt}} = 1,69 \cdot \frac{600 + 100}{600 - 98,4} = 2,36 \text{ l} \quad (54)$$

Kde: P_{max} - maximálny prevádzkový pretlak solárneho systému [kPa]

8 AKUSTIKA TECHNICKEJ MIESTNOSTI

Technická miestnosť je navrhnutá v obytnej časti domu hneď vedľa obývacej miestnosti a pod spálňou. Je nutné túto miestnosť zvukotesne odizolovať, aby nedochádzalo k narúšaniu domácej pohody v dome. V technickej miestnosti ako zdroje hluku budú tepelné čerpadlo, elektrický kotol, vzduchotechnické zariadenie, ventilátory a čerpadlá poháňajúce vodu vo vytápanej sústave. Sčítaním jednotlivých hladín hluku v technickej miestnosti vypočítame celkovú hladinu hluku, ktorú bude nutné vykompenzovať zvukovou izoláciou.

$$L_{celk} = 10 \cdot \log \sum 10^{L_i/10} \quad (55)$$

Kde: L_i - jednotlivé zdroje hluku [dB]

Podľa vzorca č.55 vyšla celková hladina akustického hluku $L_i=63$ dB. Na odizolovanie technickej miestnosti budú použité sadrokartónové dosky typu DF od firmy KNAUF s.r.o. Špeciálne vyrobené dosky pred nadštandardnú akustickú izoláciu dokážu znížiť hladinu akustického hluku až o 74 dB. Hrúbka jednej dosky je 12,5 mm. Pri dosiahnutí požadovanej hodnoty zníženia hluku je nutné použiť zvukovo izolačné dosky na obe strany stien. Použitím zdvojeného systému na každú stranu steny plus použitie tehál Porotherm AKU od firmy Wienerberger bude dosiahnutá zvuková nepriezvučnosť $R_w=70$ dB. Pri izolovaní stropu nie je možné použiť zvukovú izoláciu na obe strany. Zvuková nepriezvučnosť stropnej konštrukcie je ale oveľa vyššia ako obyčajnej priečky. Na dosiahnutie zvukovej nepriezvučnosti stropu bude stačiť zdvojený systém dosiek osadených na spodnú časť stropnej konštrukcie. Návrhové parametre pre jednotlivé miestnosti sú popísané v teoretickej časti v kapitole Akustika tabuľka č. (Tab. 3).

9 ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM

Poplachové zabezpečovacie a tiesňové systémy (PZTS) sú v dnešnej dobe brané ako automatická investícia do nového objektu. Tieto systémy riešia otázku zabezpečenia majetku, osôb a informácií. PZTS je nutné inštalovať do budov aj z dôvodu poistenia nehnuteľnosti. Banky si určujú podmienky, ktoré musia byť splnené podľa triedy zabezpečenia objektu. Pred zvolením bezpečnostného systému je treba posúdiť aj možné hrozby a riziká z okolitého prostredia, ktoré sa nachádza v tesnej blízkosti objektu a približnú sumu majetku a informácii nachádzajúceho sa v stráženej oblasti.

9.1 Systém PZTS

Systém PZTS sa skladá zo zariadení tvoriacich zabezpečovací reťazec medzi ktoré patria senzory, ústredne, prenosové prostriedky, signalizačné a ovládacie panely. Navrhovaný systém bude kombinovať prvky plášťovej a priestorovej ochrany objektu. Na prízemí teda v 1. NP sa budú nachádzať kombinované PIR detektory z akustickými senzormi rozbitia skla a magnetické kontakty. V 2. NP budú už len magnetické kontakty a PIR detektor na chodbe, ktorá spája všetky miestnosti na tomto poschodí. V severnej časti domu, kde sa nachádza vstup bude čítačka RFID čipov na spustenie alebo vypnutie zabezpečovacieho systému.

Všetky systémy PZTS bude obsluhovať ústredňa GFlex 20 od firmy Honeywell. Umiestnená je v technickej miestnosti a napájaná z hlavného domového rozvádzača s napätím 230 V. Ústredňa je vybavená záložným zdrojom. Tento zdroj dokáže v prípade výpadku udržať systém v plnej prevádzke niekoľko dní. Výhoda ústredne je tá, že obsahuje už v sebe GSM modul takže systém môže posielat' hlásenia na užívateľské čísla buď SMS-kou alebo prostredníctvom hovorov. Taktiež obsahuje Ethernet komunikátor, cez ktorý je možné systém sledovať alebo preprogramovať. Šifrovanie systému je voliteľné. Pracovná frekvencia celého systému je 868 MHz. Systém je napojený na zbernicu KNX pomocou brány KNX Serial Ethernet Gateway od firmy FieldServer pomocou protokolu TCP/IP.

9.1.1 Plášťová ochrana

Plášťovú ochranu budú tvoriť akustické senzory zabudované v PIR detektoroch. Budú nainštalované v obývacej izbe. V tejto miestnosti sa nachádzajú 3 veľkoplošné okenné výplne o rozmeroch približne 18m². Zabezpečenie okien bude ešte pomocou

vonkajších roliet. Tie sa v prípade opustenia budovy môžu automaticky uzavrieť alebo aspoň spustiť, aby do miestnosti prenikalo denné svetlo pre kvety, ale páchatel' mal skomplikovaný prístup k oknám a následne vstup do domu.

Duálne senzory sú navrhnuté od firmy CROW. Dosah PIR detektoru je 15m. a audio detektor maximálne 10m. Má samostatné poplachové vstupy a výstupy pre PIR aj pre detektor rozbitia skla. Detektor vyhodnocuje akustický efekt pri trieštení skla, ten je charakteristický pre rozdielne veľkosti a hrúbky skla. Dokáže rozoznať trieštenie aj rezanie skla. Je odolný voči zvieratám do 25kg.

Magnetické kontakty od firmy Honeywell so zápusným systémom do okien a dverí. Veľká výhoda z vizuálneho a interiérového hľadiska. Tieto kontakty slúžia k detekcii otvorenia okien a dverí. V normálnom stave pracujú v režime NC. Magnetické kontakty sú navrhnuté do všetkých okien a vonkajších dverí z dôvodu vzdialeného monitorovania domu, či sú všetky okná v dome zatvorené mimo obývania priestorov.

Okna na jednotlivých poschodiach bude zabezpečovať aj mechanický systém a to vonkajšie rolety poháňané elektromotorom. V prípade uzamknutia domu bude možné automatické spustenie roliet.

9.1.2 Priestorová ochrana

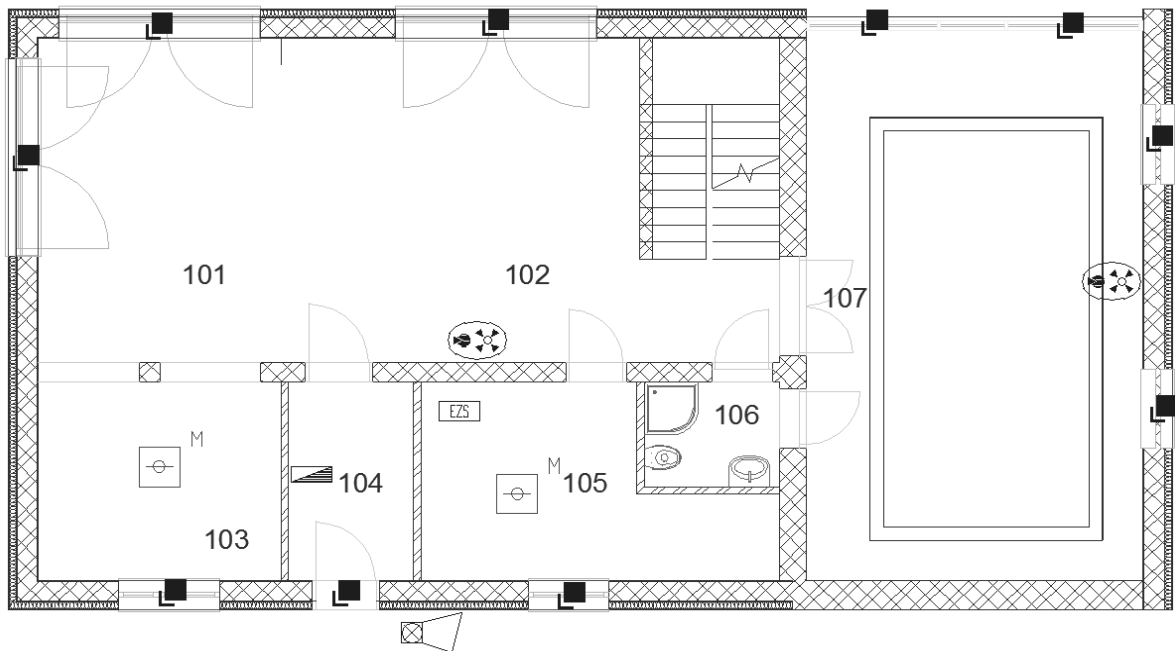
Priestorovú ochranu zabezpečia duálne PIR detektore popisované v kapitole plášťová ochrana.

V kúpeľniach na spodnom a hornom podlaží, v bazénovej časti a kuchyni sú navrhnuté záplavové detektore od firmy Jablotron. Pokiaľ by došlo k zaplaveniu niektorej z miestností automatický systém by odstavil prívod vody. Systém funguje na prepojení dvoch elektród pri zaplavení vodou. Systém by bol aktívny len pri opustí domu.

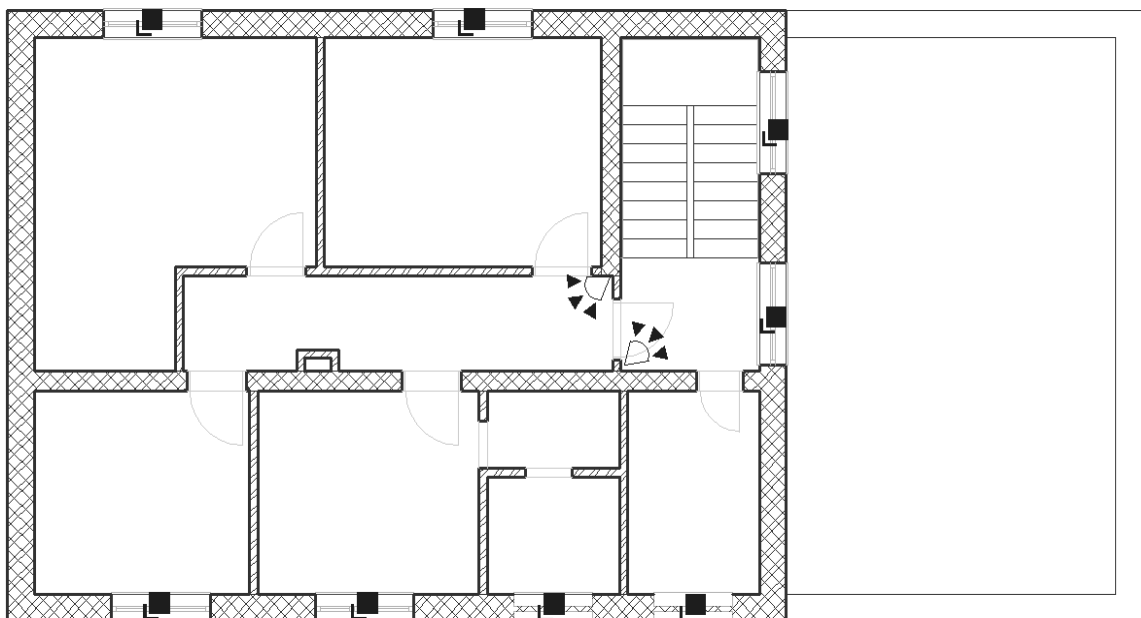
9.1.3 Elektrická požiarna signalizácia

Automatickým požiarnym detektorom od firmy Honeywell je zabezpečená kuchyňa a technická miestnosť, v ktorej sa nachádza drahé vybavenie. V tejto miestnosti je vyššie riziko el. skratu. Zvolený detektor je opticko-dymový a teplotný detektor umiestnený v strede miestnosti v podhľade. Dosah systému je 6 m. Aktivácia je pri prekročení teploty 58 °C. Obsahuje foto-optickú komoru v ktorej vyhodnocuje stav v miestnosti. Obsahuje taktiež mikroprocesor s vyhladzovacími filtrami pomáhajúcimi vylúčiť krátkodobé rušiacie podnety z prostredia, ktoré by mohli spôsobovať nežiadané alarmy. Detektor obsahuje

algoritmy s kompenzáciou proti pomalému zanášanju a znečisťovaniu v optickej jednotke. Pri prekročení maximálnej kompenzačnej úrovni zašle signál s požiadavkou na údržbu.



Obr. 17 rozloženie PZTS v 1. NP



Obr. 18 Rozloženie PZTS v 2. NP

10 BAZÉNOVÁ ČASŤ

V západnej časti domu sa nachádza veľká presklená miestnosť s bazénom. Jedná sa o nadštandardné riešenie, ktoré má obrovskú výhodu v celoročnom využití bazéna. Bazény sa väčšinou stavajú vonku na záhrade mimo domu. Na zastrešenie sa používajú rôzne hliníkové profile vyplnené tvrdeným sklom alebo plastom. Tie znižujú nároky na filtráciu a zanesenie vody. V letnom období dokážu vyhriať o niekoľko stupňov celý bazén. Taktiež slnečné lúče, ktoré dopadajú na otvorenú hladinu ohrejú vodu o niekoľko stupňov, čo u interiérových bazénov nie je možné. Využíva sa preto prenos slnečnej energie do bazénovej vody pomocou solárnych systémov. Obrovská nevýhoda spočíva v tom, že tieto zastrešenia nedokážu požadovanú teplotu udržať celoročne. Návrh bazénovej časti do interiéru je riešenie využitia bazénu po celý rok aj v zimnom období.

Navrhovaná miestnosť má rozmere 9x5 metra. Nad touto miestnosťou sa nenachádzajú obytné miestnosti, ale len rovná strecha s miernym spádom na odtok dažďovej vody. Celkový súčiniteľ prestupu tepla, tepelné zisky a straty sú popísané v kapitolách 6.2, 6.3 a 6.4.

Návrh tejto časti rodinného domu musí byť rozdelená na vzduchotechniku a ohrev s filtráciou vody. Jednotlivé časti musia splňovať vyhlášku č. 238/2011 sb. o stanovení hygienických požiadavkou na kúpaliská.

10.1 Vzduchotechnika

Vzduchotechnika musí zabezpečiť stále parametre vnútorného prostredia. Navrhovaná teplota bazénovej vody je 28 °C. Z teploty bazénu vyplýva podľa vyhlášky, že teplota vzduchu musí byť o 1-3 stupne vyššia. Navrhovaná teplota je stanovená na 29 °C. Relatívna vlhkosť je maximálne 60%. Odparovaním z vodnej hladiny dochádza k vysokej koncentrácii vodnej pary vo vzduchu. Je nutné miestnosť dostatočne odvlhčovať. Zariadenie, ktoré všetky tieto parametre dokáže dosiahnuť je zariadenie WPLE 2250 od firmy PZP HEATING a.s.

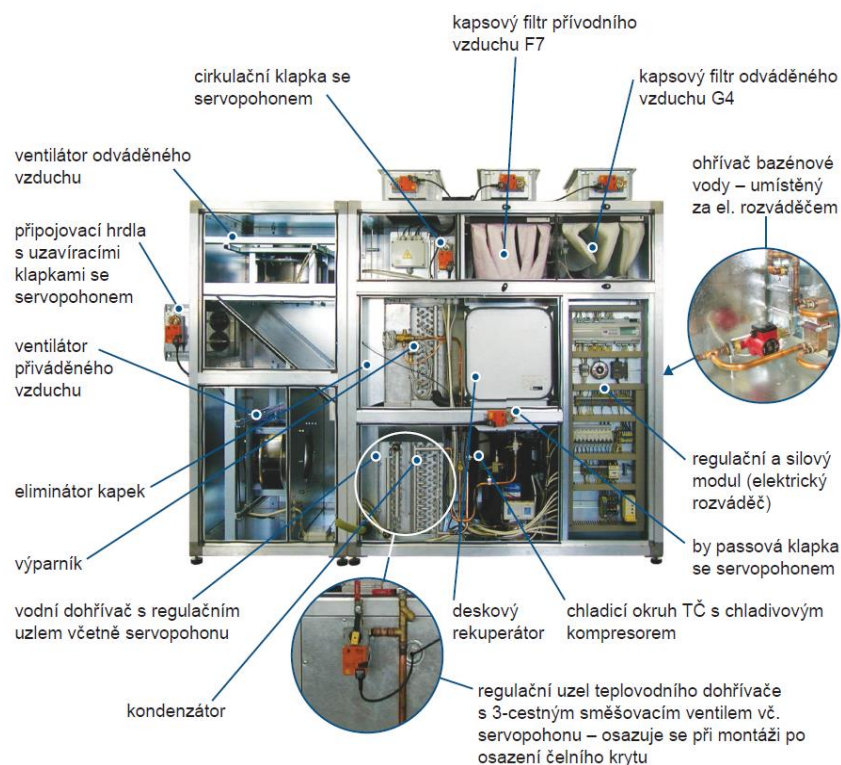
Problémom pri návrhu vzduchotechniky je jej veľkosť a hlučnosť. Tieto parametre treba optimalizovať do čo najpriateľnejšieho hľadiska. Veľkosť vzduchotechniky závisí od objemu privádzaného alebo odvádzaného vzduchu v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Sú dva základné druhy potrubia, buď kruhového alebo hranatého obvodu. Pri menšom priestore pod stropom, kde sa u rodinných domoch inštaluje potrubie je vhodné použiť hranaté potrubie pokiaľ

navrhujeme vzduchotechniku pro bazénovou část. Při návrhu rekuperace v obytných místnostech je možné použít aj kruhové potrubie, pretože pri rekuperácii v domácnosti sú oveľa menšie objemy vzduchu ako pri vetraní bazénovej miestnosti. Je to spôsobené hlavne vlhkosťou s odparovania vodnej hladiny.

10.1.1 Vetracia a odvlhčovacia jednotka WPLE 2250

Táto jednotka je vybavená tepelným čerpadlom s rekuperáciou tepla. Využívajú sa na automatické odvlhčovanie a vetranie malých a veľkých bazénov. Sú maximálne znižované prevádzkové náklady.

Jednotka je zostavená z hliníkových profilov. Pozinkovaný plech tvorí plášť. Má hlukovú a tepelnú izoláciu z minerálnej vlny o hrúbke 25 mm. Jednotlivé komponenty sa dajú ľahko servisovať. Jednotka má EC radiálne ventilátory s dozadu navrhnutými lopatkami, rekuperačným výmenníkom tepla, teplovodným dohrievačom privádzaného vzduchu, kapsové filtre privádzaného a odvádzaného vzduchu, cirkulačnú a by passovú klapku rekuperátoru a automatickú reguláciu. WPLE 2250 je vybavená úplným chladiacim okruhom s pracovnou náplňou chladiva a oleja. Jednotka je zložená z dvoch dielov kvôli ľepšej manipulácii pri inštalácii v technickej miestnosti.



Obr. 19 Jednotka WPLE 2250

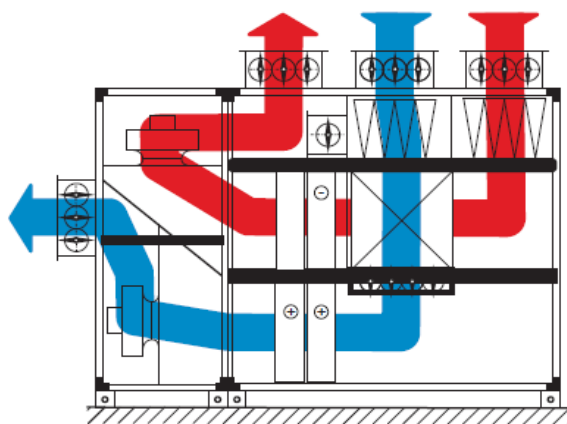
Firma PZP HEATING a.s. má v ponuke 4 zariadenia. Pri návrh optimálneho zariadenia do konkrétnych priestorov je nutné vypočítať množstvo odparenej vody z hladiny a následne množstvo cirkulačného vzduchu, ktorý sa musí prefiltrovať za hodinu aby relatívna vlhkosť vzduchu nepresiahla 60%.

10.1.2 Pracovné režimy jednotky WPLE 2250

Navrhnutá jednotka funguje v 6 základných nastaveniach, ktoré sa menia podľa vonkajšieho prostredia na letnú a zimnú prevádzku.

10.1.2.1 Letná prevádzka s vetraním bez rekuperácie a ohrevu TČ

V tomto režime sa počíta so 100 % privádzaním čerstvého vzduchu, kedy je skutočná teplota v bazénovej hale vyššia než teplota požadovaná a zároveň vyššia než teplota vonkajšia. Čerstvý vzduch nie je pred ohrievaný v rekuperačnom výmenníku, je otvorený obtok tzv. by pass výmenníku. Tepelné čerpadlo a vodný dohrievač sú mimo prevádzky. Odvlhčovanie je zaistené výmenou vnútorného vlhkého vzduchu za čerstvý suchý vzduch pri vetraní. Súčasne dochádza k chladenou vzduchu v bazénovej hale.



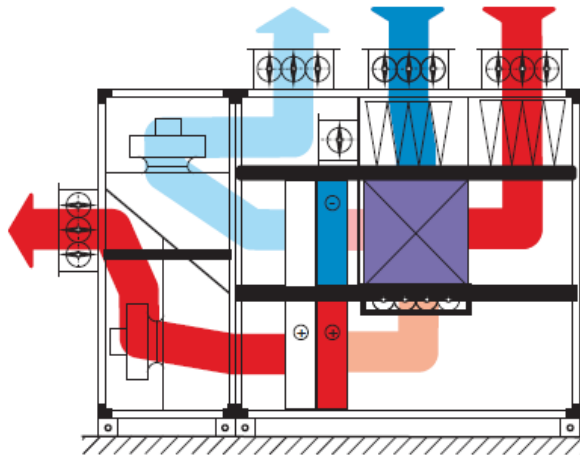
Obr. 20 Režim letnej prevádzky bez rekuperácie



Obr. 21 popis prietokov cez jednotku WPLE

10.1.2.2 Letná prevádzka s vetraním s rekuperáciou a ohrevom TČ

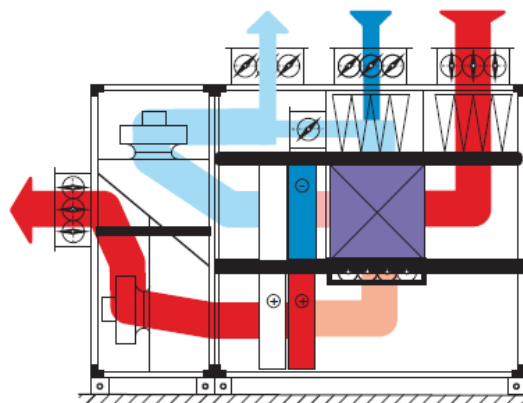
Intenzívne vetranie so 100 % čerstvého vzduchu pri nižších teplotách vonkajšieho vzduchu. Čerstvý vzduch je pred ohrievaný v rekuperačnom výmenníku a ďalej ohrievaný pomocou tepelného čerpadla. Vodný ohrev je mimo prevádzky. Odvlhčovanie je zaistené výmennou vnútorného vlhkého vzduchu za čerstvý suchý pri vetraním.



Obr. 22 Režim letnej prevádzky s rekuperáciou

10.1.2.3 Prevádzka s čiastočným vetraním s rekuperáciou a ohrevom TČ

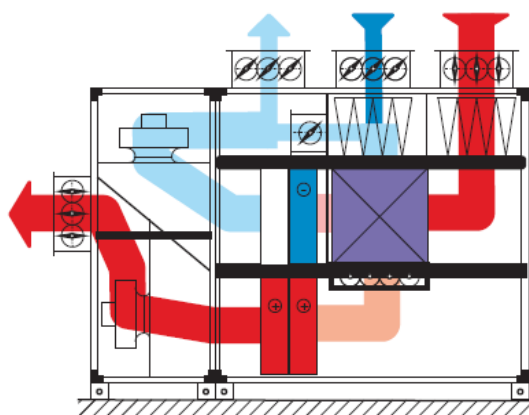
Vetranie s nízkym množstvom čerstvého vzduchu. Čerstvý vzduch je zmiešaný s cirkulačným, je pred ohrievaný v rekuperačnom výmenníku a ďalej ohrievaný pomocou tepelného čerpadla. Vodný dohrev mimo prevádzky. Odvlhčovanie je zaistené čiastočnou výmenou vnútorného vlhkého vzduchu za čerstvý pri vetraní a čiastočne strojným odvlhčovaním cirkulačného vzduchu



Obr. 23 Režim s čiastočným vetraním a ohrevom TČ

10.1.2.4 Prevádzka s čiastočným vetraním s rekuperáciou, s ohrevom TČ a vodným dohrievaním

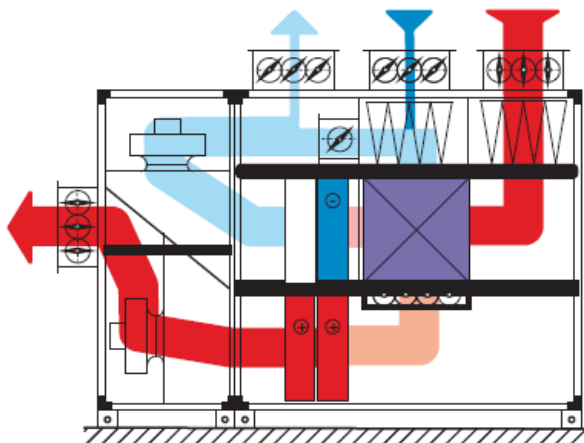
Vetranie s nízkym množstvom čerstvého vzduchu pri nižších ale nad nulových vonkajších teplotách. Čerstvý vzduch je zmiešavaný s cirkulačným, je pred ohrievaný v rekuperačnom výmenníku a ďalej ohrievaný pomocou tepelného čerpadla a vodného dohrievača. Vodný dohrev mimo prevádzky. Odvlhčovanie je zaistené čiastočnou výmenou vnútorného vlhkého vzduchu za čerstvý pri vetraní a čiastočne strojným odvlhčovaním cirkulačného vzduchu



Obr. 24 Režim s čiastočným vetraním a ohrevom TČ a vodným dohrievaním

10.1.2.5 Zimná prevádzka s redukovaným vetraním s rekuperáciou, s ohrevom TČ a vodným dohrievaním

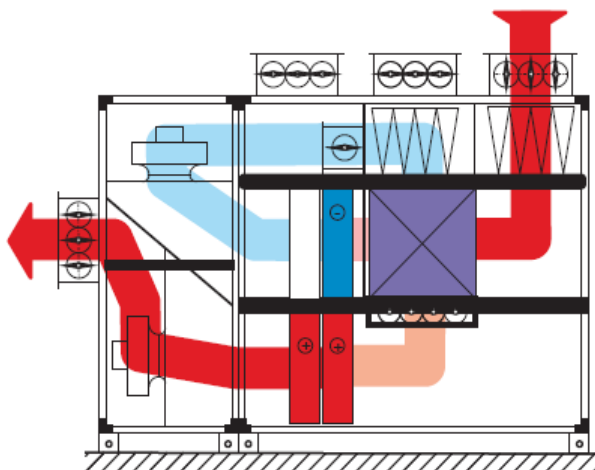
Vetranie s redukovaným množstvom čerstvého vzduchu pri nízkych pod nulových vonkajších teplotách. Čerstvý vzduch je zmiešaný s cirkulačným, predohrievaný v rekuperačnom výmenníku a ďalej ohrievaný pomocou tepelného čerpadla a vodného dohrievača. Odvlhčovanie je zaistené čiastočnou výmenou vnútorného vlhkého vzduchu za čerstvý suchý pri vetraní a čiastočne strojným odvlhčovaním cirkulačného vzduchu.



Obr. 25 Režim zimnej prevádzky

10.1.2.6 Zimná prevádzka bez prívodu čerstvého vzduchu

Strojné odvlhčovanie bez prívodu čerstvého vzduchu. Cirkulačný vzduch je najskorej ochladzovaný pod teplotu rosného bodu, kedy dôjde ku kondenzácii vlhkosti a následne je spätne ohrievaný s využitím kondenzačného tepla. Odvlhčovanie je zaistené iba strojným odvlhčovacím cirkulačného vzduchu.

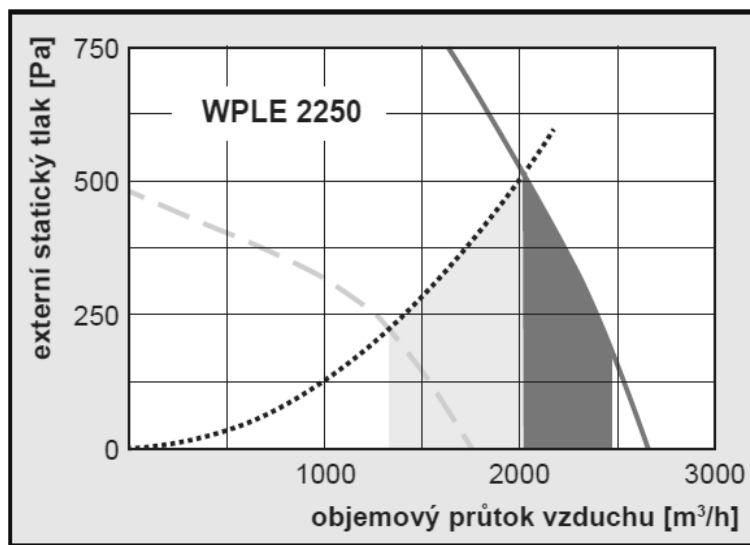


Obr. 26 Režim zimnej prevádzky bez prívodu čerstvého vzduchu

10.1.3 Technické parametre jednotky

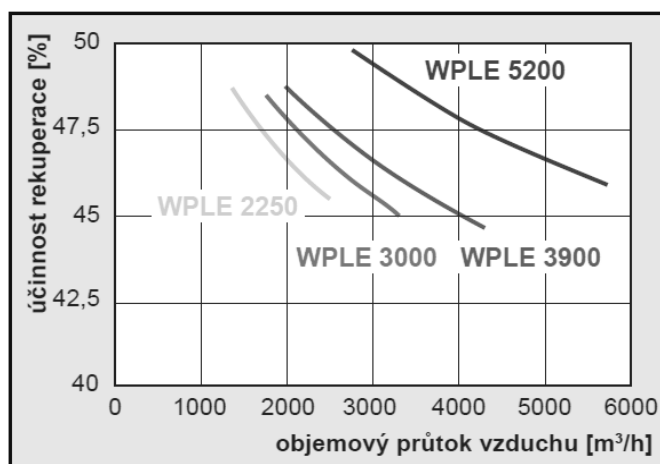
Každá jednotka od firmy PZP HEATING a. s. má svoju pracovnú oblasť. Tmavo vyšrafovaná oblasť je pracovná oblasť jednotky WPLE 2250. Oblasť medzi 1350 až 2050 m³/h je prípustná pracovná oblasť redukovaný vzduchový výkon. Tmavomodré šrafovanie zobrazuje prípustnú pracovnú oblasť plného vzduchového výkonu. V tomto rozmedzí

môže jednotka pracovať, mimo toho nie je možné jednotku prevádzkovať. WPLE 2250 je možné spustiť minimálne pri výmene vzduchu $1300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Pokiaľ by bolo nutné väčších výkonov ako $2500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, je nutné kúpiť väčšiu jednotku. Preto je nutné správne vypočítať a navrhnúť jednotku, ktorá pokryje celú oblasť výmeny vzduchu. Pri uvedení jednotky do prevádzky je nutné vzduchový výkon každého ventilátora vyregulovať tak, aby objemový prútok vzduchu ležal vo vyznačenej pracovnej oblasti.



Graf. 11 Externý statický tlak jednotky WPLE 2250

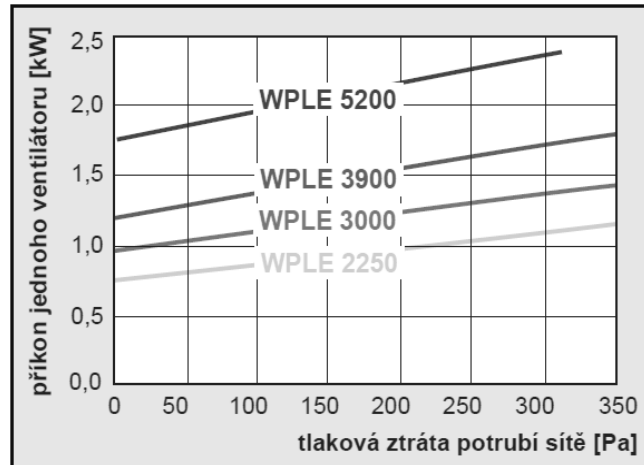
V grafe č. je vyznačená účinnosť rekuperačnej jednotky bez kondenzácie rovnakého vzduchového množstva na prívide a odvode vzduchu:



Graf. 12 Účinnosť rekuperácie jednotky WPLE 2250

Každý ventilátor v jednotke má určitý príkon v závislosti na tlakovej strate potrubnej siete.

Z grafu č. je vidieť príkon jednotky WPLE 2250:



Graf. 13 Příkon ventilátorů v jednotce WPLE 2250

Odvlhčovací parametre pri pracovných podmienkach 100 % cirkulácie, 0 % čerstvého vzduchu pri relatívnej vlhkosti 55 % je odvlhčovací výkon stanovený na 6,9 kg/h. Pokiaľ dôjde k zmiešavaniu vonkajšieho suchého vzduchu s vnútorným vlhkým vzduchom k pomere 70 % cirkulačného a 30 % čerstvého vzduchu pri teplote 30 °C.

10.1.4 Výpočet objemového prietoku vzduchu

Objemový prietok vzduchu je nutné stanoviť pre najnepriaznivejšie prevádzkové využitie a to je letné obdobie s vysokými vonkajšími teplotami a súčasne pre maximálne predpokladané využitie bazénu. Objemový prietok vzduchu sa počíta:

$$\dot{V} = \frac{\dot{M}_w}{\rho \cdot (x_i - X_e)} \text{ m}^3/\text{h} \quad (56)$$

Kde: M_w - množstvo odparenej vody [g/h]

ρ - Hustota vzduchu [kg/m^3]

X_i - merná vlhkosť vzduchu v priestore bazénu [g/kg]

X_e - merná vlhkosť vonkajšieho vzduchu [g/kg]

Pre stanovenie M_w sa dá použiť výpočet podľa VDI 2089:

$$\dot{M}_w = \frac{\beta}{R_v \cdot T} \cdot S \cdot p_d(t_w) - p_d(t_i) \cdot 1000 \text{ [g/h]} \quad (57)$$

Kde: β - Súčiniteľ prestupu hmoty [m/h]

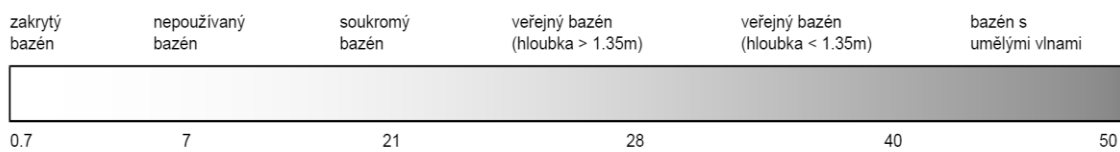
R_v - Plynová konštanta pre vodnú paru [J/(kg.K)]

T - Aritmetický priemer teploty vody a vzduchu [K]

$p_{d(tw)}$ -Parciálny tlak sytej pary pri teplote vzduchu rovnaj teplote vody v bazéne

$p_{d(ti)}$ - Parciálny tlak pary pri teplote vzduchu v priestore bazéna [Pa]

Súčiniteľ prenosu hmoty β sa dá podľa VDI 2089, podľa typu bazénu a stupňa jeho využitia voliť následovne podľa obrázka č.



Obr. 27 Súčiniteľ prenosu hmoty β

Parciálny tlak sytej pary pri teplote vzduchu rovnaj teplote bazénovej vody sa vypočíta:

$$p_{d(tw)} = e^{\left(23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_w}\right)} [Pa] \quad (58)$$

Kde: t_w - teplota bazénovej vody [$^{\circ}C$]

Parciálny tlak pary pri teplote vzduchu v priestore bazéna sa vypočíta :

$$p_{d(ti)} = e^{\left(23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_i}\right)} \cdot \frac{RH_i}{100} [Pa] \quad (59)$$

Kde: T_i - teplota vzduchu v priestore bazéna [$^{\circ}C$]

RH_i - Požadovaná relatívna vlhkosť vzduchu v priestore bazéna [%]

Podľa výpočtov od firmy PZP HEATING a.s. vyšli hodnoty uvedené v tabuľke č. (Tab. 24)

Tab. 24 Výsledky navrhovanej jednotky WPLE 2250

Veličina	Hodnota	Jednotka
Teplota bazénovej vody	28	°C
Teplota vzduchu v bazéne	29	°C
Plocha vodnej hladiny	45	m ²
Relatívna vlhkosť vzduchu v bazéne	60	%
Teplota vonkajšieho vzduchu	32	°C
Relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu	40	%
Súčiniteľ prenosu hmoty	21	m/h
Tlak sýtej pary pri teplote vzduchu rovnaj teplote vody	3781	Pa
tlak pary pri teplote vnútorného vzduchu	2404	Pa
tlak pary pri teplote vonkajšieho vzduchu	1902	Pa
Merná vlhkosť vzduchu v priestore bazéna	15,32	g/kg
Merná vlhkosť vonkajšieho vzduchu	12,06	g/kg
Množstvo odparenej vody	9,35	kg/h
Objemový prietok vzduchu potrebný pre odvedenie odparenej vody	2392	m ³ /h

Výsledky, ktoré sú popísané v tabuľke č. som porovnal z programom TERUNA od firmy TECHNIKA BUDOV s.r.o. Tento program počíta presne medznú vrstvu nad hladinou vody, kde je tzv. najväčšie odparovanie do vzduchu. Po zadaní teploty vnútorného vzduchu, rýchlosti prúdenia vzduchu, relatívnej vlhkosti, teploty vody a ploche hladiny vyšli hodnoty veľmi podobné ako u výpočtov od firmy PZP HEALING a. s. uvedené v tabuľke č. . Týmto overením považujem hodnoty za relevantné a môžu slúžiť ku konkrétnemu návrhu vzduchotechnických rozvodov do miestnosti.

10.2 Návrh vzduchotechnických rozvodov

Návrh vzduchotechnických rozvodov slúži k dodávaniu požadovaného množstva vzduchu do danej miestnosti. Pre krajové podmienky vid'. Tabuľka č. (Tab. 24) bazénovej miestnosti je nutná dostatočná cirkulácia vzduchu, aby nedochádzalo k prekročeniu relatívnej vlhkosti alebo k poklesu teploty v miestnosti. Vzduchotechnika bude mať dve vetvy, jedna bude prívod čerstvého alebo zmiešaného vzduchu a druhá bude odvod vzduchu z miestnosti. Pri návrhu rozvodov je použitá metóda stáleho tlakového spádu. Pri maximálnom objemovom prietoku 2300m³/h sú počítané štyri anemostaty, ktoré dopravujú požadované množstvo vzduchu do miestnosti. Každý bude privádzať 575 m³/h. Najskorej

zvolíme mernú tlakovú stratu $R=1,0$ Pa/m. Podľa diagramu na návrh potrubnej siete, ktorý je priložený v prílohách zistíme pre jednotlivé objemové prietoky a mernú tlakovú stratu približné priemere potrubia. V grafe sa počíta s potrubím s kruhovou podstavou. Pri návrhu štvorhranného potrubia sa podľa tabuľky uvedenej v prílohách dá zistiť rozmery potrubia. Použijeme rozmery šírky potrubia 250mm. Určíme skutočné prierezy potrubia a nájdeme k nim prislúchajúcu mernú tlakovú stratu. Vypočítame skutočné rýchlosti prúdenia vzduchu w v jednotlivých úsekoch.

$$w = \frac{\dot{V}}{d^2} \cdot 10^6 [m/s] \quad (60)$$

Vypočítame tlakové straty trením v potrubí. Ďalej je nutné vypočítať dynamický tlak vzduchu Δp_z v jednotlivých úsekoch podľa vzorca:

$$\Delta p_z = \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad (61)$$

Kde: ρ - hustota vzduchu [kg/m^3]

Podľa výpočtov z literatúry Vetrání a Klimatizace je potrebné vypočítať súčinitele miestnych odporov, pokiaľ nie sú výrobcom udávané. Nakoniec vypočítame tlakové straty na jednotlivých úsekoch. Pri návrhu ventilátora je nutné počítať s tlakovou stratou na najvzdialenejšom anemostate.

Výpočty pre prívod vzduchu sú uvedené v tabuľke č. (Tab. 25) :

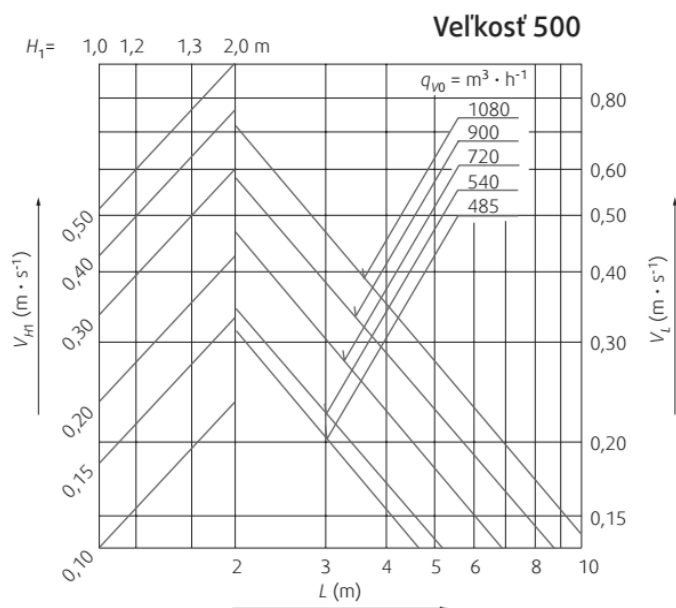
Tab. 25 Výpočty pre prívod vzduchu 1/2

číslo úseku	prietok	prietok	predbežný návrh		rozmer		skutočné hodnoty	
	m ³ /h	m ³ /s	R[Pa/m]	d[mm]	a(m)	b(m)	d(mm)	v(m/s)
1	575	0,16	1	180	0,25	0,25	250	2,56
2	575	0,16	1	180	0,25	0,25	250	2,56
3	575	0,16	1	180	0,25	0,25	250	2,56
4	575	0,16	1	180	0,25	0,25	250	2,56
5	1150	0,32	1	391	0,355	0,355	391	2,53
6	2300	0,64	1	391	0,355	0,355	391	5,07

Tab. 26 Výpočty pre prívod vzduchu 2/2

straty trením			miestne straty			strata v uzlu	Celk. strata
R(Pa/m)	l(m)	R*I(Pa)	suc	$0,5 \cdot \rho \cdot v^2$ (Pa)	$0,5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot \text{suc}$	(Pa)	(Pa)
0,8	1,5	1,2	15,4	3,73	57,48	58,68	189,18
0,8	1,5	1,2	15,4	3,73	57,48	58,68	189,18
0,8	1,5	1,2	15,4	3,73	57,48	58,68	125,05
0,8	1,5	1,2	15,4	3,73	57,48	58,68	125,05
0,3	2	0,6	17,3	3,67	63,52	64,12	130,50
1,5	9	13,5	3,6	14,69	52,88	66,38	66,38

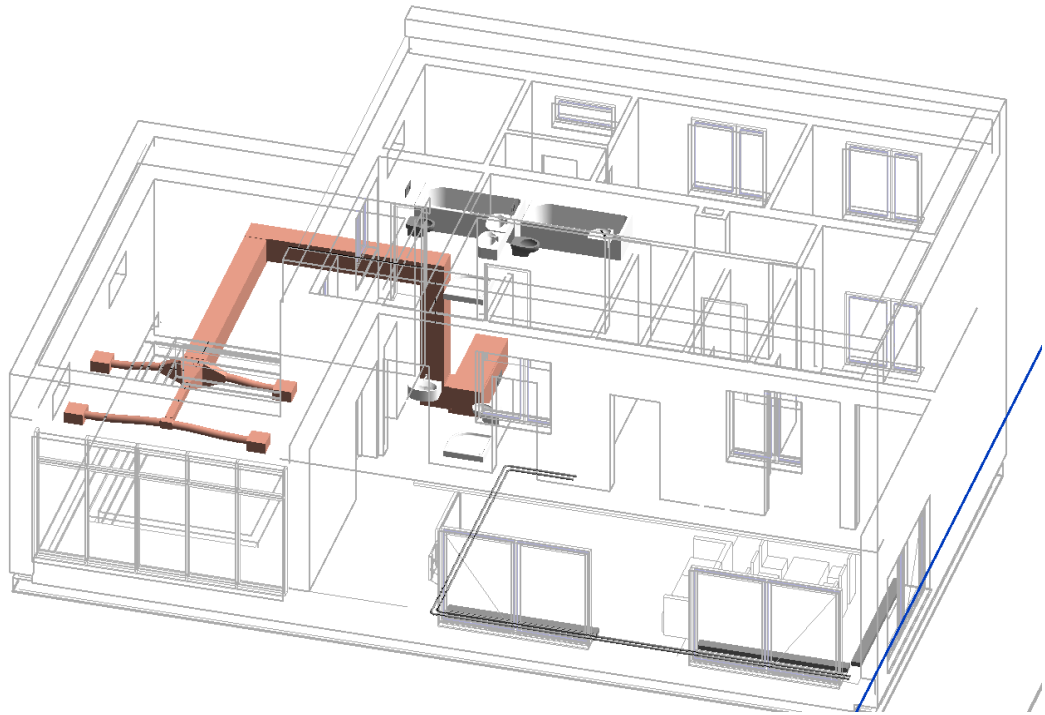
Jednotka WPLE 2250 má ventilátory dimenzované na dané objemy a tlakové straty preto nie je nutné pridávať externé. Sú navrhnuté štvorsmerové stropné difúzne anemostaty od firmy Systemair a.s. . Je volený bočný prívod vzduchu. Veľkosť anemostatu je volená podľa rýchlosti vzduchu, ktorú bude mať vzduch v určitej vzdialenosti pod anemostatom. Maximálna prípustná hodnota je $w=0,5$ m/s. Navrhované anemostaty budú mať rýchlosť prúdenia vzduchu približne 1,8 m. zeme asi 0,35 m/s. Hlučnosť prívodom vzduchu do miestnosti je zanedbateľná.



Graf. 14 Rýchlosť prúdenia vzduchu pod anemostatom

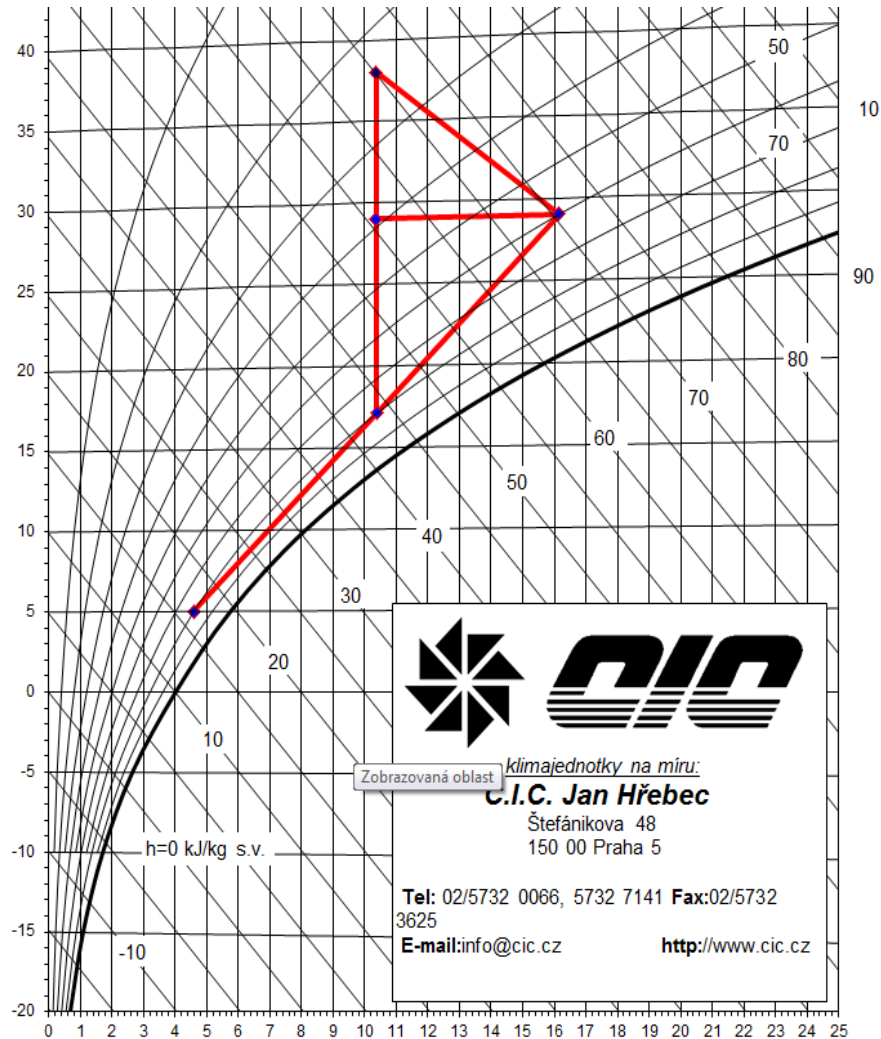
Odvod vzduchu je realizovaný v spodnej časti bazénovej miestnosti na severnej stene. Návrh tohto miesta odvetrávania miestnosti je kvôli zabezpečeniu čo najlepšej výmeny vzduchu. Ak by bol odvod vzduchu v hornej časti miestnosti, mohlo by dochádzať k podchladzovaniu miesta dole v rohoch miestnosti pod odvetrávaním systémom vzduchu.

Teplý privádzaný vzduch sa stáča hneď smerom hore do stropu miestnosti a pri odvetrávaní na druhom konci miestnosti by sa teplý vzduch nedostával do spodnej časti miestnosti. Odvodom vzduchu zo spodnej časti miestnosti bude vzduch nútený klesnúť dolu v miestnosti.



10.3 Zimná úprava vzduchu

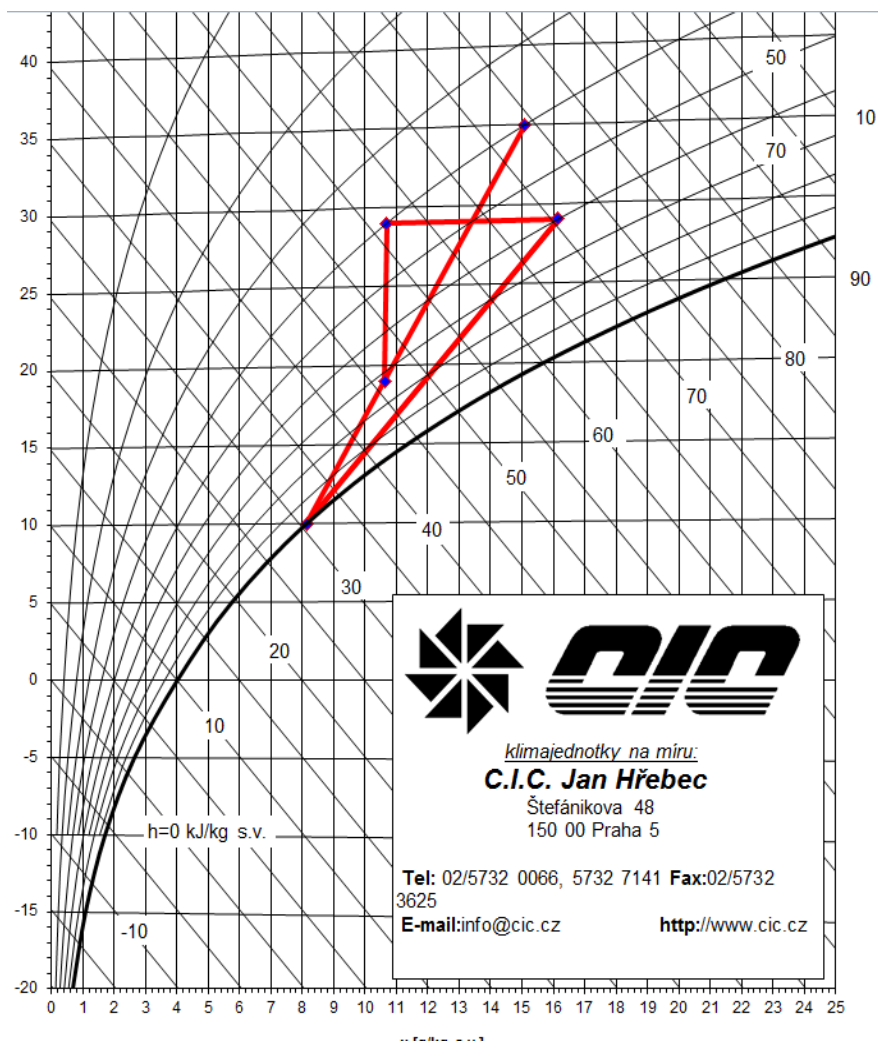
Princíp odvlhčovania v zimnom období je znázornený na H-X diagrame v grafe č. (Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.). Miešaním čerstvého vzduchu o teplote t_e stavu E a odvetrávaného vzduchu z bazénovej miestnosti o teplote $t_i = 29^\circ\text{C}$ dostaneme vzduch s parametrami 1. Po zmiešaní oboch vzduchov získame vzduchu stále studený a z vysokou relatívnou vlhkosťou. Tento vzduch je nutné dohriať na stav 2 alebo až na stav 2', čím dôjde k jeho vysušeniu a ohriatiu na požadovanú interiérovú teplotu, ktorú je možné poslať do priestorov bazénu. Pri kompenzovaní strát miestnosti by bolo nutné vzduch ohriať až na teplotu 2', čo ale nie je nutné, pretože pokrytie strát miestnosti zabezpečujú podlahové konvektory.



Graf. 15 Zimná úprava vzduchu

10.4 Letná úprava vzduchu

Princíp odvlhčovania v letnom období je znázornený v H –X diagrame v grafe č. (Graf. 16). V prípade letnej úpravy vzduchu je potrebné najskorej vzduch z miestnosti v stave 1 ochladiť vo výparníku na stav 2. Nedôjde k úplnému ochladeniu na teplotu chladiča (stav Rz), ale veľké množstvo vody skondenzuje. Tento ochladený vzduch a nízkej teplote je zmiešaný s čerstvým vzduchom (stav E) na stav 3. V tomto bode má vzduch nižšiu teplotu aká je požadovaná a taktiež vysokú relatívnu vlhkosť. Je nutné vzduch ohriať na požadovanú hodnotu 29 °C z nižšou relatívnou vlhkosťou, aká je maximálne prípustná.



Graf. 16 Letná úprava vzduchu

10.5 Bazén

Navrhovaný interiérový bazén bude mať celoročnú prevádzku. Teplota bazénovej vody je navrhnutá na 28 °C. Rozmer bazénu je 6x3x1,7 m. Zvolená teplota je v dôsledku malých detí, ktoré v bazéne budú relaxovať a nie plávať. Pokiaľ by bol bazén navrhovaný hlavne na plávanie s proti prúdom, mohla by sa jeho teplota o pár stupňov znížiť.

Zvolená návrhová teplota je relatívne vysoká, preto bude nutné bazén dohrievať počas celého roka. Hlavným dôvodom ohrevu je aj fakt, že z bazénovej hladiny sa odparí veľké množstvo vody do ovzdušia, pri ktorom dochádza k ochladzovaniu.

Rodinný bazén musí mať počas prevádzky zapnuté obehové čerpadlo s pieskovým filtrom. Filter slúži hlavne ako lapač vlasov a nečistôt z okolitého prostredia. Cirkulácia vody musí byť navrhnutá tak, aby bolo možné celý objem vody odčerpať, bazén vyčistiť a napustiť ho znovu. Nasávanie vody musí byť teda na dne bazénu a dno by malo byť do

tohto otvoru mierne vyspádované. Nasávanie vody je aj v úrovni hladiny, kde dochádza k filtrácii vody a spätnému vracaniu vody do objemu pomocou vodných trisiek na opačnej strane vodnej vaničky na nasávanie vody.

Bazén je nutné externe dohrievať, pretože ani v letnom období na vodnú hladinu nedopadá priame slnečné svetlo. Treba kompenzovať tepelné straty bazénu vzniknuté odparovaním z vodnej hladiny, ohrievanie doplňovanej vody, vyrovnanie tepelných strát konštrukciou bazénu do zemin.

10.5.1 Tepelná strata hladinou

Stanovuje sa zo vzťahu:

$$Q_z = A \cdot \alpha_c \cdot (t_w - t_v) [W] \quad (62)$$

Kde: A - plocha vodnej hladiny [m²]

α_c - celkový súčiniteľ prestupu tepla z hladiny [W/m²K]

t_w - teplota vody v bazéne [°C]

t_v - teplota okolitého vzduchu [°C]

Prestup tepla α_c sa skladá z troch častí:

$$\alpha_c = \alpha_k + \alpha_s + \alpha_x [W/m^2K] \quad (63)$$

Kde: α_k - súčiniteľ prestupu tepla konvekciou, hodnota je 10 až 15 podľa rýchlosti prúdenia vzduchu [W/m²K]

α_s - súčiniteľ prestupu tepla sálaním, =5 [W/m²K]

α_x - súčiniteľ prestupu tepla vplyvom odparovania z hladiny [W/m²K]

α_x je závislá na α_k pretože obsah vody v nasýtenom vzduchu tesne nad hladinou závisí na rýchlosti prúdenia vzduchu. Voda v bazéne má akumuláciu schopnosti, preto sa tepelné straty uvádzajú pre každý mesiac zvlášť.

V tomto navrhovanom projekte sa bude počítat' tepelná strata len pre jeden mesiac, pretože stále podmienky vo vnútri miestnosti bude zabezpečovať' vzduchotechnika. Výpočet α_x sa stanoví zo vzťahu:

$$\alpha_x = \frac{\alpha_k}{c_v} \cdot \frac{x_w - x_v}{t_w - t_v} \cdot r [W/m^2K] \quad (64)$$

Kde: c_v - merná tepelná kapacita vzduchu ($c_v = 1010$ [J/kg.K])

r - výparné teplo vody $r = 2,4 \cdot 10^6$ [J/kg]

x_w - merná vlhkosť nasýteného vzduchu pri teplote bazénovej vody [kg/kg]

x_v - merná vlhkosť okolitého vzduchu pri teplote t_v a relatívnej vlhkosti interiéru [kg/kg]

Priemerné hodnoty merných tepelných strát q_a a q_{mes} sú stanovené podľa:

$$q_A = \alpha_c \cdot (t_w - t_v) [W/m^2] \quad (65)$$

$$q_{Ames} = q_A \cdot n \cdot 24 [w/m^2] \quad (66)$$

Kde: N - počet dní v mesiaci a 24 je počet hodín v jednom dni

Výsledky tepelných strát vodnou hladinou sú popísané v tabuľke č. Z týchto výpočtov je vidieť dôležitosť zakrytia vodnej hladiny v časoch, keď sa bazén nevyužíva. Strata po zakrytí hladiny je znížená o 88 %, čo predstavuje obrovské finančné úspory. Cena zakrytia bazénovej hladiny sa pohybuje v stovkách eur, závisí to, či je s alebo bez elektrického pohonu. Na funkciu to vplyv nemá žiadny.

Tab. 27 Rozdiel nezakrytej a zakrytej vodnej hladiny

Nezakrytá vodná hladina							
$t_w - t_v$	α_x	α_k	α_s	α_c	q_a (W/m ²)	q_{ames} (kWh/m ² .mes)	Q_z (W)
1	108	10	5	123	123	88,56	2214
Zakrytá vodná hladina							
1	0	10	5	15	15	10,8	270

10.5.2 Tepelná strata konštrukciou

Tepelná strata konštrukciou bazénu do zemin sa stanoví podľa vzťahu:

$$Q_{zkb} = A_{sd} \cdot k_{sd} \cdot (t_w - t_z) [W] \quad (67)$$

Kde: A_{sd} - plocha stien a dna bazénu, omočená vodou [m²]

k_{sd} - súčiniteľ prestupu tepla z vody cez konštrukciu do zeminy = 0,8 [W/m²K]

t_z - protiľahlá teplota zeminy = 15 [°C]

Teplotu zeminy som zvolil konštantnú pre celý rok, pretože zemina okolo bazénu bude prikrytá z vrchnej strany miestnosťou čo zaručí stálu teplotu počas celého roka.

$$Q_{zkb} = 48,6 \cdot 0,8 (28 - 15) = 505 \text{ W}$$

Mesačná strata tepla sa určí zo vzťahu:

$$Q_{zkb \text{ mes}} = Q_{zkb} \cdot n \cdot 24 \quad (68)$$

$$Q_{zkb \text{ mes}} = 505 \cdot 30 \cdot 24 = 363,6 \text{ kWh/mes}$$

10.5.3 Celková tepelná strata bazénu

Celková tepelná strata za mesiac sa vypočíta súčtom tepelnej straty hladinou a tepelnej straty konštrukciou. Keďže pri tepelnej strate konštrukciou sú veľké rozdiely medzi zakrytou a nezakrytou hladinou, navrhol som využívanie bazénu 3 hodiny denne 7dní v týždni. Z tohto návrhu sa dá teraz vypočítať celková tepelná strata Q_c bazénovej vody, ktorú treba následne pokryť zo vzťahu:

$$Q_c = Q_{z \text{ využ}} + Q_{z \text{ nevyuž}} + Q_{zkb \text{ mes}} \text{ kWh/mes} \quad (69)$$

Kde: $Q_{z \text{ využ}}$ - tepelná strata pri otvorenej hladine za prevádzky

$Q_{z \text{ nevyuž}}$ - tepelná strata pri zakrytej hladine mimo prevádzky

$$Q_c = 2214 \cdot 3 \cdot 30 + 270 \cdot 21 \cdot 24 + 363,6 = 200 + 170 + 364 = 733 \text{ kWh/mes}$$

10.5.4 Pokrytie tepelných strát

Tepelné straty budú pokrývané dvomi prepojenými systémami. Systém solárnych panelov, ktorý bude využívaný hlavne v jarnom až jesennom období a tepelné čerpadlo, ktoré bude kompenzovať tepelné straty v zimnom období poprípade v zlom počasí. Návrh solárnych panelov bolo nutné prispôsobiť so spotrebou TUV. Výsledky a návrh solárnych kolektorov je popísaný v praktickej časti v kapitole návrh solárnych kolektorov.

11 RIADIACI A MONITOROVACÍ SYSTÉM

Riadiaci a monitorovací systém je riešený pomocou zbernice KNX. Táto zbernica dokáže riešiť silnoprúdové aj slaboprúdové rozvody, prepojenie zo systémom vykurovania, ohrevu TÚV, osvetlenia, chladenia a PZTS. Všetky tieto prvky je možné pohodlne a jednoducho nastavovať alebo len monitorovať pomocou užívateľského grafického rozhrania. Systém je modulárny, takže je možné kedykoľvek preprogramovať alebo doplniť systém o ďalšie riadenie alebo monitorovanie. Nie je pri tom nutné výrazne zasahovať do stávajúcej inštalácie rozvodov alebo stavebných konštrukcií.

Tepelné čerpadlo WPL s výkonom 8 kW má vstavaný regulátor WPM, je schopný vyhodnocovať teplotné vstupy a podľa nich automaticky upravovať výkon tepelného čerpadla. Systém má niekoľko režimov, do ktorých patrí aj systém proti bakteriálnej dezinfekcie. Je možné systém časovo nastaviť podľa dennej spotreby TÚV. Regulačný systém TČ disponuje ochranným systémom pred zamráním čerpadla. Komunikácia z jednotlivými zariadeniami KNX a regulátorom TČ je možné ovládať aj v manuálnom režime pomocou grafického užívateľského rozhrania, buď doma na display v obývacej miestnosti alebo pomocou aplikácie v smartphone. Komunikácia prebieha cez dátové rozhranie KNX/RS 232 s označením JUNG 2131REG.

Systém TČ a bivalentného zdroja Logamax 5213 s výkonom 10kW je nastavený primárne na ohrev bivalentného zásobníka vody tepelným čerpadlom. Zásoba TÚV bude pripravená podľa vopred nastaveného hodinového programu. V prípade zmeny ako napr. dovolenka, choroba, návšteva je možné pozmeniť program prípravy TÚV podľa požiadaviek v užívateľskom rozhraní. V prípade poklesu vonkajšej teploty na bod bivalencie, čo je podľa grafu č.(Graf. 9) $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ spustí automaticky elektrokotol, ktorý dohreje vodu z TČ na požadovanú hodnotu. Solárny systém môže fungovať aj v zimnom období. V prípade veľkého poklesu denných teplôt a nízkeho slnečného svitu by bola spustená cirkulácia len malým okruhom solárneho systému. Zisťoval by sa stav výstupnej teploty z kolektorov. Pokiaľ by bol malý rozdiel teplôt na vstupe a výstupe z kolektora a teplota by nepresiahla požadovanú hodnotu, trojcestný ventil by nepustil veľký obeh, vypol by čerpadlo a počkal by, kým vonkajšia teplota nestúpne. Týmto ventilom bude zabránené ochladzovanie teplej vody v zásobníku.

V letnom období sa nepočíta zo zapínaním bivalentného zdroja vykurovania. O pred ohrev zásobníka vody sa postará 8 solárnych kolektorov. Solárny systém má dva okruhy. Ohrev TÚV a ohrev vody v bazéne. Primárne je nastavený ohrev TÚV. Pokiaľ by v solárnom systéme rapídne stúpala teplota a spotreba TÚV by bola malá, spustil by sa ohrev bazénovej vody aj za predpokladu, že by voda v bazéne mala požadovanú hodnotu 28°C. Pokiaľ by po sebe nasledovalo veľa horúcich dní a hladina bazénu by sa nezakrývala, tým sa zvýšia tepelné straty odparovaním z vodnej hladiny a zabráni sa prehriatiu vody, ktoré by znepríjemňovalo kúpanie. V prípade nepriaznivého počasia v letnom období je možné bazén ohrievať pomocou teplovodného výmenníka z bivalentného zdroja teplej vody.

Vykurovací systém je vybavený expanzným zariadením, ktoré pokryje zmeny objemu vody v sústave bez nedovoleného zvýšenia tlaku a zbytočných strát cirkulačnej vody. Poistné zariadenie obsahuje tlakomer a snímač teploty. Zabezpečenie proti prekročeniu maximálnej prípustnej teploty má samotné tepelné čerpadlo, elektrokotol aj solárne panely. V prípade aktivácie tohto teplotného senzora dôjde k automatickému odstavenou systému z prevádzky. V prípade solárnych kolektorov je proti prehriatiu zabezpečený okruh dodávky prebytočného tepla do vody v bazéne. Pokiaľ dôjde k poklesu teploty v solárnom systéme a teplotný senzor v bazéne nevykazuje pokles teploty bezpečnostný systém je vypnutý.

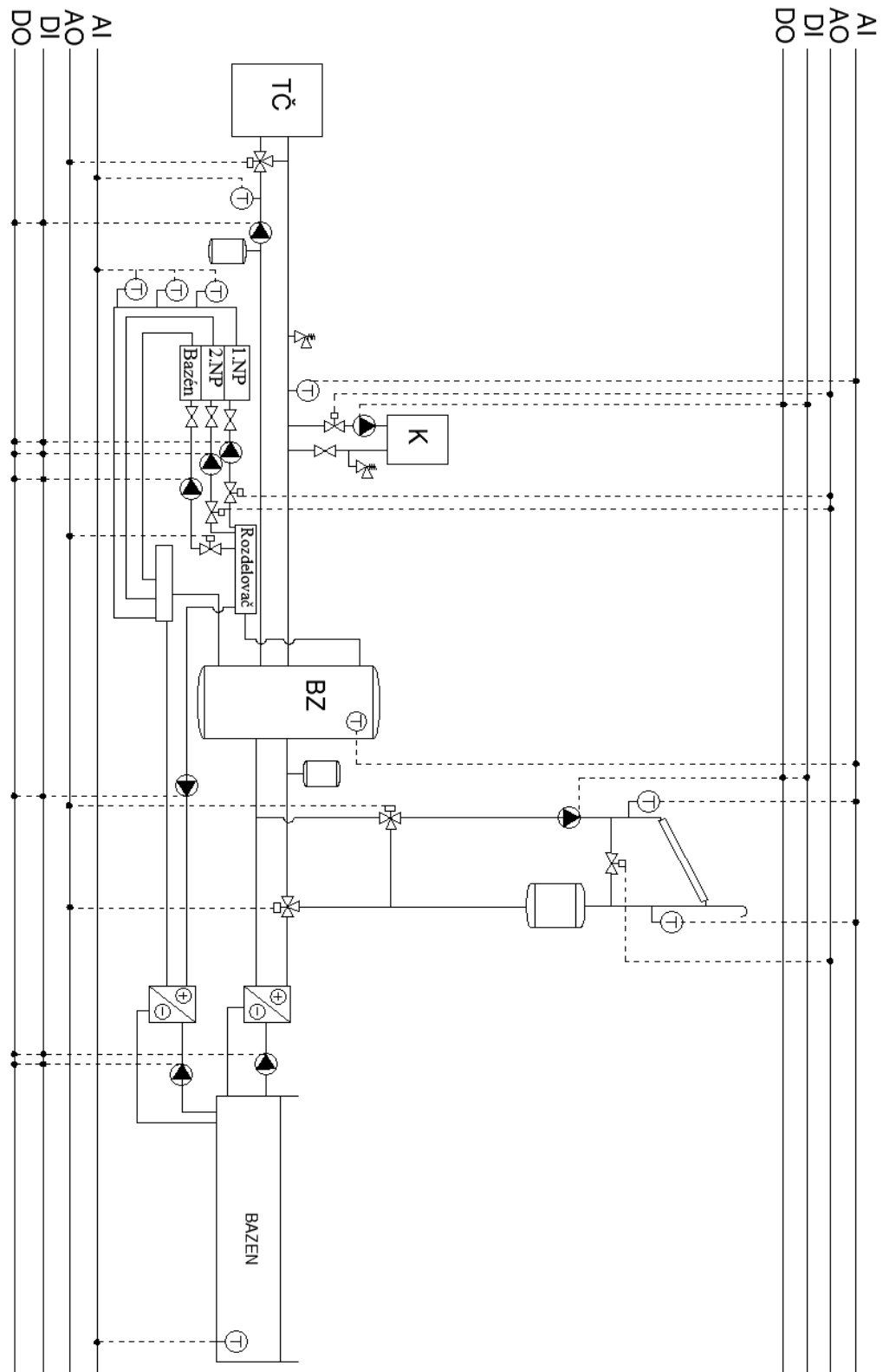
Komunikačná brána KNX/IP od firmy ABB sprístupní vzdialenú správu systému. Celý systém sa dá riadiť pomocou sedempalcovej dotykovej obrazovky alebo pomocou aplikácie v smartphone. Magnetické senzory slúžia pre zabezpečovací systém, ale aj pre monitorovací systém, preto sú prepojené aj ku zbernici KNX cez binárne vstupy MERTEN Binnary input REG-K/8x10. Po pripojení na zbernicu je možné vidieť, ktoré okno je otvorené, poprípade pri uzamknutí domu môže poslať hlásenie o stave okien. Ovládanie vonkajších žalúzií je pomocou akčného členu Venetian bling actuator 4-gang Instabus EIB/KNX. Žalúzie sú umiestnené v oknách v1.NP. Ovládanie jednotlivých žalúzií bude možné pomocou kombinovaných ovládačov. Taktiež bude možné ovládať servomotory cez centrálné ovládacie body alebo diaľkovo.

Akčný člen môže ovládať systém viacerými spôsobmi. Automatický režim spustí žalúzie pri uzamknutí domu. Nastavenie sklonu bude podľa teploty v miestnosti, aby nedošlo k prehrievaniu, ale bolo zabezpečené dostatočné slnečné svetlo pre kvety. Režim prehrievania miestnosti môže byť spustený aj prípade, že v dome sa nachádzajú majitelia.

V manuálnom režime je možné pomocou nástenných tlačidiel určovať výšku a sklon žalúzií.

Jednotka WPLE 2250 je taktiež pripojená ku zbernici KNX a zahrnutá do ovládania v manuálnom režime. V prípade, že by mali majitelia striktný režim napr. ranného plávania, je možné jednotku spúšťať v stanovený čas spolu s automatickým odkrytím hladiny bazénu. V prípade manuálneho režimu je možné jednotku diaľkovo spustiť alebo zistiť, aký je stav vnútorného prostredia v miestnosti. Pokiaľ systém vzduchotechniky zistí otvorenie okna v miestnosti automaticky vypne jednotku. Tento režim je vhodný v letnom období, kedy pri peknom slnečnom počasí bolo zbytočné byť zatvorený a púšťať vzduchotechnickú jednotku.

V automatickom režime jednotka kontroluje v pravidelných intervaloch stav vzduchu v miestnosti nie len teplotu, ale aj relatívnu vlhkosť. Pri prekročení relatívnej vlhkosti 60% je jednotka automaticky spustená aby vzduch ovlhčila. Teplotu v miestnosti udržiava hlavne vykurovací okruh s podlahovými konvektormi. Jednotka kontroluje vonkajšiu teplotu, podľa ktorej je chod jednotky nastavený. Mení sa hlavne prívod čerstvého vzduchu. Jednotlivé režimy sú popísané v kapitole pracovné režimy jednotky WPLE 2250.



Obr. 28 Systém řízení datovými vstupy a výstupy vykurovacej sústavy

ZÁVER

Cieľom mojej diplomovej práce bol návrh inteligentného nízkoenergetického domu s bazénovou halou. Navrhovaný dom využíva dva obnoviteľné zdroje energie, tepelné čerpadlo a solárne kolektory. Celý systém riadenia domácnosti je pripojený na zbernicu KNX, ktorou je možné dom ovládať v manuálnom a automatickom prednastavenom režime. Práca je rozdelená na dve základné časti.

V prvej časti je stručne popísaná problematika vnútorného prostredia a jednotlivé výpočty podľa aktuálnych noriem. Taktiež sú popísané obnoviteľné zdroje energie využívané a navrhované v praktickej časti. V kapitole parametre a vlastnosti budovy sú rozpísané nové normy, ktoré majú sprísniť návrhové hodnoty súčiniteľu prestupu tepla, tepelný odpor a hrúbku izolácie.

Praktická časť je rozdelená na návrh rodinného domu a bazénovej miestnosti. Dom je navrhnutý od základov. Boli navrhnuté stavebné konštrukcie a materiáli z ktorých boli vypočítané tepelné zisky a straty pre navrhovanú oblasť. Materiáli boli volené tak aby tepelné zisky a straty domu dosahovali čo najlepšie výsledky. To potvrdil výpočet energetického náročnosti budovy.

Využitím obnoviteľných zdrojov energie je navrhnuté vykurovanie a ohrev teplej úžitkovej vody. Systéme tepelného čerpadla s bivalentným zdrojom energie a solárnych kolektorov zabezpečia efektívne vykurovanie a tepelnú pohodu v dome. Na prízemí domu sa nachádzajú veľké presklené plochy. Týmito plochami by vznikali veľké tepelné zisky. Využitím inteligentných vonkajších žalúzií je zabezpečená optimálna tepelná pohoda aj v letnom období.

V bazénovej miestnosti je navrhnutá jednotka zabezpečujúca dostatočné odvlhčovanie miestnosti. Hlavným zdrojom vlhkosti je vodná hladina. Niekoľko násobné zníženie vlhkosti, pokiaľ je bazén mimo prevádzky je dosiahnuté zakrytím celej vodnej hladiny. Týmto spôsobom dôjde aj k šetreniu nemalých finančných nákladov na udržanie stálej požadovanej teploty vody.

Celý dom s bazénovou miestnosťou a vzduchotechnikou bol namodelovaný v programe Revit 2014. Model bol nasimulovaný do reálneho prostredia s konkrétnym geografickým umiestnením a použitými materiálmi. Bohužiaľ nebolo možné adekvátne

porovnať výsledky tepelných ziskov a strát, pretože výpočty prevedené v programe Revit 2014 sú podľa normy Ashrae.

V poslednej časti práce je navrhnutý zabezpečovací systém PZTS a EPS prepojený na zbernicu KNX. Na túto zbernicu sú pripojené všetky zariadenia, vykurovanie, ohrev teplej úžitkovej vody, bazénová hala, vonkajšie žalúzie a zabezpečovací systém. Systém je možné ovládať pomocou centrálnych ovládacích prvkov v dome alebo cez internet poprípade smartphone. Je možné automatického alebo manuálneho režimu ovládania.

Výsledkom práce je kompletný návrh nadštandardného rodinného domu, ktorý však môže byť realizovaný. Výsledkom realizácie by bol nízkoenergetický moderný dom s vysokým nadštandardom označovaný slovami inteligentný dom.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí: Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. 2006.
- [2] ČSN EN 15251. *Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky*. 2011
- [3] Vládní nařízení č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci: Legislativa - hygiena. TZB-info [online]
- [4] *LEGISLATIVA - HYGIENA* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/692-vladni-narizeni-c-178-2001-sbkterym-se-stanovi-podminky-ochrany-zdravi-zamestnancu-pri-praci>
- [5] *Teplota chromatičnosti* [online]. [cit.2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.netmart.cz/detail.aspx?id=77>
- [6] ČSN 12464-1. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [7] ČSN EN 730540-2. *Tepelná ochrana budov: Část 2: Požadavky*. 2011.
- [8] JIRKOVÁ, Renáta; HUBERTOVAR, Michaela . časopis Stavebnictví [online]. 1.9.2008 [cit. 2015-05-4]. Energetické štítky obálky budovy. Dostupné z WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/energeticke-stitky-obalky-budovy_N1513>.
- [9] *História tepelného čerpadla* [online]. [cit.2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/sk/tepelna-cerpadla-pre-rodinne-domy/princip-tepelneho-cerpadla.php>
- [10] *Vytápání tepelným čerpadlem* [online]. [cit.2015-05-07]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-cerpadla/vzduch-voda.php>
- [11] *Mapa intenzity slnečného svituv ČR* [online]. [cit.2015-05-07]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/index.php?rs=4&rl=2010012104&rm=15:91#.VVsvXPmqhBc>
- [12] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. EkoWATT [online]. 2007 [cit. 2015-05-10]. Energie

- slunce - sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---slunecni-teplo-ohrev-vody-a-vzduchu>
- [13] *Ako vybrat slnečný kolektor* [online]. [cit.2015-05-07]. Dostupné z: <https://www.siea.sk/letaky/c-259/ako-vybrat-slnečný-kolektor/>
- [14] ČSN EN 12 831. *Tepelné systémy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. 2005*
- [15] *NORMA STN 73 0540-2* [online]. [cit.2015-05-07]. Dostupné z: <http://www.vuno.sk/85/norma--stn-73-0540-2/>
- [16] ČSN EN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. 1985*
- [17] SZÉKYOVÁ, Ph.D., doc. Ing. Marta, doc. Ing. Karol FERSTL, Ph.D. a doc. Ing. Richard NOVÝ, CSc. *Větrání a Klimatizace*. Bratislava: JAGA, 2006. ISBN 80-8076-037-3.
- [18] *Porovnanie nákladov na energie v domácnosti pri rôznych druhoch paliva* [online]. [cit.2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2063-porovnanie-nakladov-na-energie-v-domacnosti-pri-roznych-druhoch-paliva>
- [19] *Podlahové konvektory PK/PKB* [online]. [cit.2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.licon.cz/podlahove-konvektory-licon-pk-pkb.html>
- [20] VALENTA, V. a kol.: 2007. *Topenářská příručka 3*. 1. vydání. Praha: Agentura ČSTZ, 378 s. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [21] ČSN EN 06 0830. *Tepelné systémy v budovách zabezpečovací zariadenia*.
- [21] *Tepelná pohoda a nepohoda*. TZB-info [online]. 2014 [cit. 2014-03-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [22] DANIELS, K.: *TECHNIKA BUDOV*. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X.
- [23] *ASHRAE HANDBOOK*. Díl 1 4. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tuttle Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.
- [24] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: *Větrání a klimatizace*. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [25] RECKNAGEL SPRENGER SCHRAMEK *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. Ouldenbourg Verlag GmbH, München, 2003. ISBN 3-83563104-7.

- [26] VALENTA,V. a kol.: TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [27] LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9.
- [28] KŘEČEK, S. a kol.: Příručka zabezpečovací techniky. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4.
- [29] MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: Automatizované systémy budov. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [30] CIHELKA,J. a kol. Vytápění, větrání a klimatizace. SNTL Praha, 1985.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

TÚV Teplá úžitková voda

TČ Teplené čerpadlo

1.NP 1. Nadzemné podlažie

2.NP 2. Nadzemné podlažie

ČSN Česká státní norma

EPS Elektronický požiarny systém

PZTS Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy

PMV Predicted mean vote

PPD Predicted percentage of dissatisfied

TV Teplá voda

ZOZNAM GRAFOV

Graf. 1 PPD ako funkcia PMV	15
Graf. 2 Oblasť tepelnej pohody [21].....	18
Graf. 3 Kondenzačné pásmo obvodovej steny.....	49
Graf. 4 Kondenzačné pásmo steny bazénovej haly	50
Graf. 5 Kondenzačné pásmo podlahy	51
Graf. 6 Kondenzačné pásmo stropu	52
Graf. 7 rozdiel výkonov v dodávkach TÚV	73
Graf. 8 Výkony TČ pre jednotlivé vonkajšie teplotné rozdiely.....	74
Graf. 9 Bod bivalencie vykurovacieho systému	75
Graf. 10 bilancia energií solárnych kolektorov	76
Graf. 11 Externý statický tlak jednotky WPLE 2250	88
Graf. 12 Účinnosť rekuperácie jednotky WPLE 2250.....	88
Graf. 13 Príkon ventilátorov v jednotke WPLE 2250	89
Graf. 14 Rýchlosť prúdenia vzduchu pod anemostatom	93
Graf. 15 Zimná úprava vzduchu	95
Graf. 16 Letná úprava vzduchu.....	96

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Miestny diskomfort spôsobený vertikálnym rozdielom teploty vzduchu	16
Obr. 2 teplota chromatičnosti [6]	22
Obr. 3 intenzita slnečného svitu v Českej republike [11]	30
Obr. 4 Severná strana domu.....	44
Obr. 5 Južná strana domu	45
Obr. 6 Rez objektu pomocou orezového kvádra.....	45
Obr. 7 Pôdorys 1. NP	46
Obr. 8 Pôdorys 2. NP	47
Obr. 9 Nastavenie technických parametrov v Autodesk REVIT	55
Obr. 10 Protokol energetického štítu obálky budovy 1/3	60
Obr. 11 Protokol energetického štítu obálky budovy 2/3	60
Obr. 12 Výstup energetického štítu 3/3	61
Obr. 13 Porovnanie ročných nákladov na energie v dome	63
Obr. 14 Schéma zapojenia vykurovacieho systému	64
Obr. 15 Rozdelenie úsekov vykurovania v 1.NP.....	68
Obr. 16 Rozdelenie úsekov vykurovania v 2.NP.....	69
Obr. 17 rozloženie PZTS v 1. NP	81
Obr. 18 Rozloženie PZTS v 2. NP	81
Obr. 19 Jednotka WPLE 2250	83
Obr. 20 Režim letnej prevádzky bez rekuperácie	84
Obr. 21 popis prietokov cez jednotku WPLE	84
Obr. 22 Režim letnej prevádzky s rekuperáciou.....	85
Obr. 23 Režim s čiastočným vetraním a ohrevom TČ.....	85
Obr. 24 Režim s čiastočným vetraním a ohrevom TČ a vodným dohrievaním.....	86
Obr. 25 Režim zimnej prevádzky	87
Obr. 26 Režim zimnej prevádzky bez prívodu čerstvého vzduchu	87
Obr. 27 Súčiniteľ prenosu hmoty β	90
Obr. 28 Systém riadenia dátovými vstupmi a výstupmi vykurovacej sústavy	103

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Metabolizmus	13
Tab. 2 Siedmi bodová stupnica tepelného pocitu	14
Tab. 3 Hladiny akustického tlaku v jednotlivých budovách.....	21
Tab. 4 intenzita osvetlenia v priestoroch	23
Tab. 5 Súčiniteľ prestupu tepla konštrukciou	34
Tab. 6 Hrúbka tepelnej izolácie	35
Tab. 7 Tepelný odpor konštrukcie	35
Tab. 8 návrhové parametre domu	43
Tab. 9 Výkaz miestností	48
Tab. 10 Parametre obvodovej steny.....	49
Tab. 11 Parametre steny bazénovej haly	50
Tab. 12 Parametre podlahy	51
Tab. 13 Parametre stropu	52
Tab. 14 Tepelné straty domu	54
Tab. 15 Tieniace súčinitele jednotlivých prvkov tienenia	56
Tab. 16 Výsledky tepelných ziskov bez tienenia 1/2.....	56
Tab. 17 Výsledky tepelných ziskov bez tienenia 2/2.....	57
Tab. 18 Výsledky tepelných ziskov s tienením 1/2	57
Tab. 19 Výsledky tepelných ziskov s tienením 2/2	58
Tab. 20 výpočty tlakových strát v 1. NP.....	67
Tab. 21 Výpočty tlakových strát 2. NP.....	69
Tab. 22 Výpočty tlakových strát 1. NP časť bazén.....	70
Tab. 23 Percentuálny podiel spotreby TÚV	72
Tab. 24 Výsledky navrhovanej jednotky WPLE 2250	91
Tab. 25 Výpočty pre prívod vzduchu 1/2	92
Tab. 26 Výpočty pre prívod vzduchu 2/2	93
Tab. 27 Rozdiel nezakrytej a zakrytej vodnej hladiny.....	98

ZOZNAM PRÍLOH

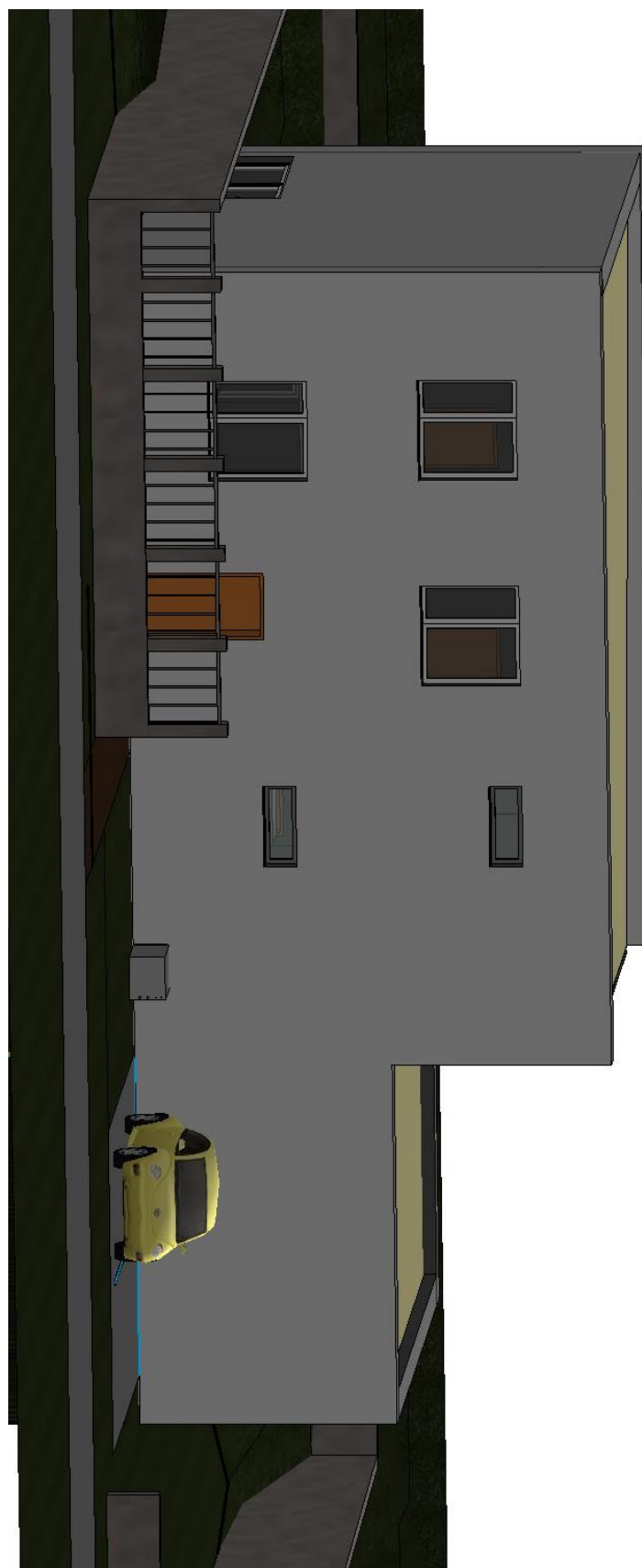
Príloha P I Pohľady domu

Príloha P II Rez domu

Príloha P III Vzduchotechnická jednotka

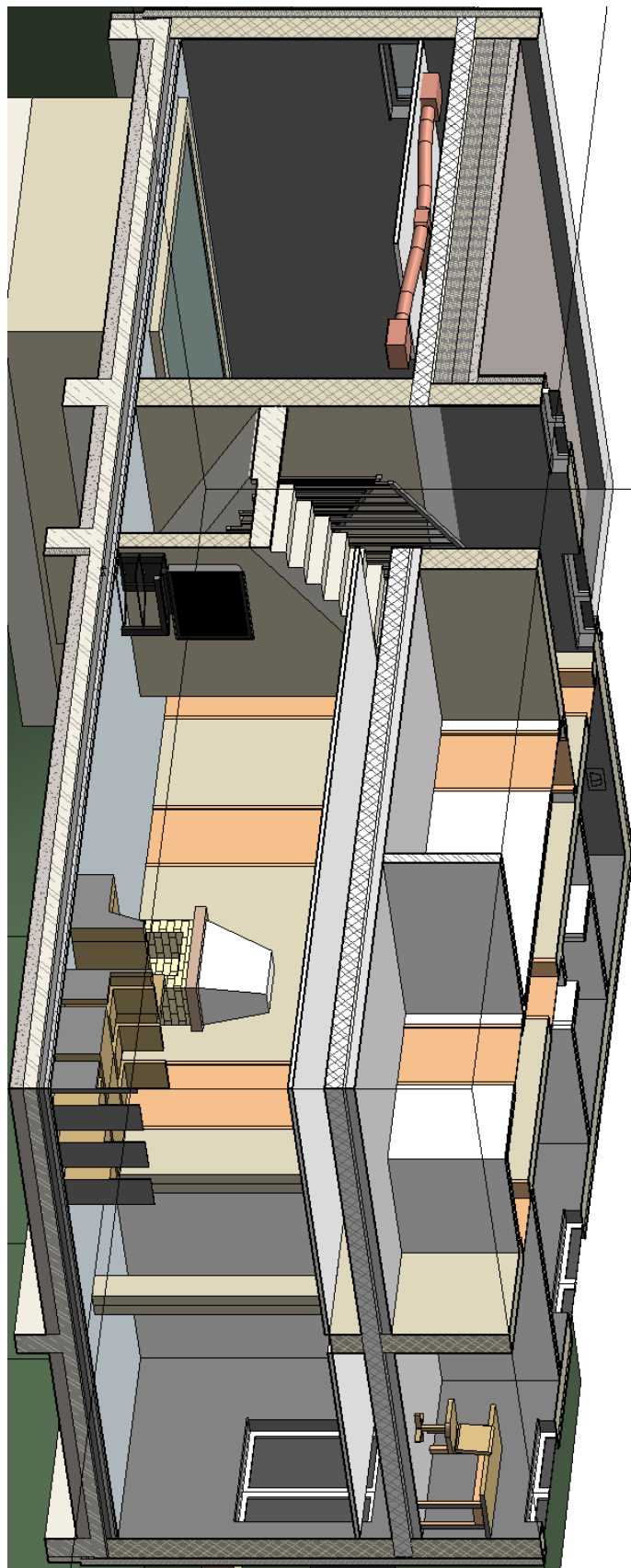
Príloha P IV Návrh vzduchotechniky

PRÍLOHA P I: POHĚADY DOMU

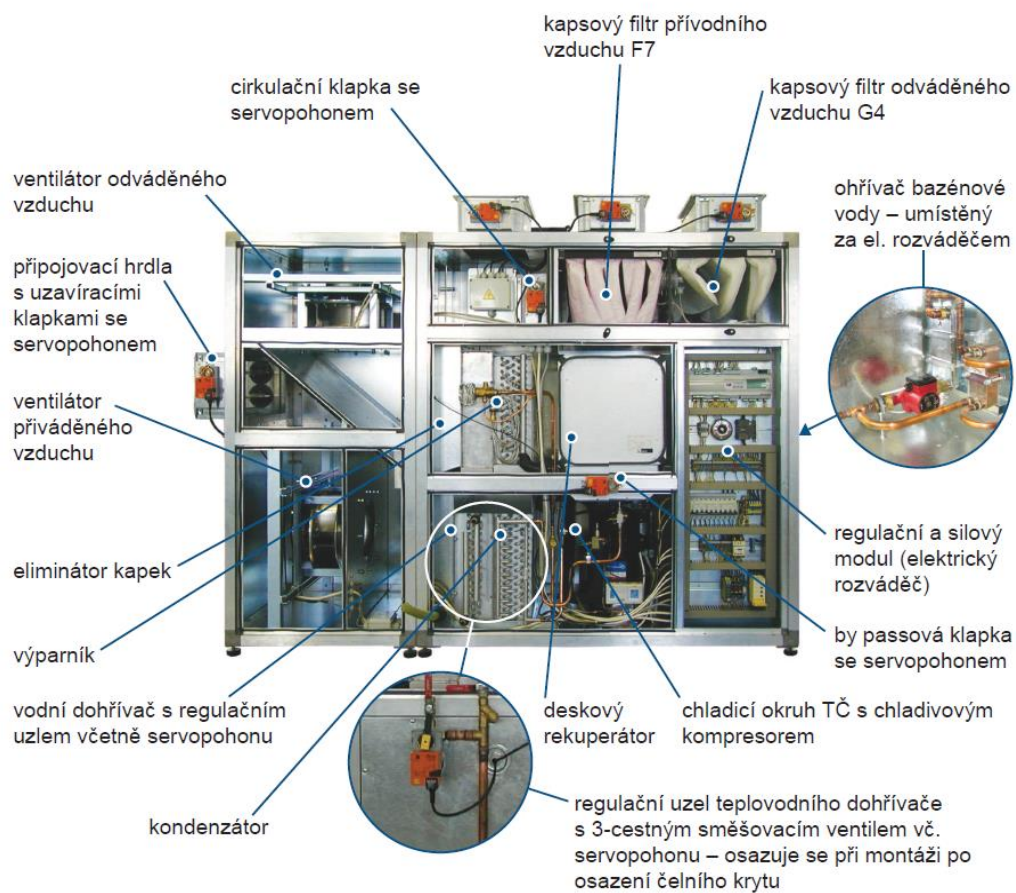




PRÍLOHA P II: REZ DOMU



PRÍLOHA P III: VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA



PRÍLOHA P IV: NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY

