

System tvorby mikroklimatu a řídící systém pro zdravotnickou budovu (zdravotnická budova s ambulancemi a lůžkovou částí - se zdrojem tepelné energie – CZT)

The system for production microclimate and control system for the medical building (medical building with the ambulances and sleeping quarters - the source of thermal energy - DH)

Bc. Martin Málek

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin MÁLEK**
Osobní číslo: **A09435**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Téma práce: **Systém tvorby mikroklimatu a řídicí systém pro zdravotnickou budovu (zdravotnická budova s ambulancemi a lůžkovou částí – se zdrojem tepelné energie – CZT)**

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte systém tvorby mikroklimatu a řídicí systém pro zdravotnickou budovu s lůžkovou částí – se zdrojem tepelné energie – CZT (pára).
2. Zpracujte studie energeticky úsporných budov typu zdravotnických objektů zahrnující možné systémy techniky prostředí.
3. Udělejte aplikace poznatků na konkrétní zdravotnický objekt zahrnující vhodný systém pro tvorbu mikroklimatu budovy (klimatizace, ústřední teplovodní vytápění), EPS, EZS.
4. Zpracujte návrh systémů řízení a monitorování a jejich integrace, SCADA a komunikační brány s protokolem TCP/IP, s možností napojení na vzdálené záchranné systémy (záchranná služba).
5. Udělejte technicko ekonomické hodnocení projektu úsporných energetických řešení (rekuperace).

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. SMOLÍK, J. a kol.: **Technika prostředí** . SNTL Praha 1970
4. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: **Větrání a klimatizace**. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
5. VALENTA, V. a kol.: **TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3**. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
6. RECKNAGEL – SPRENGER – SCHRAMEK – **Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik**. Ouldenbourg Verlag GmbH, München, 2003. ISBN 3-8356-3104-7
7. JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: **Technická zařízení budov. Podklady pro projekty**. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

25. února 2011

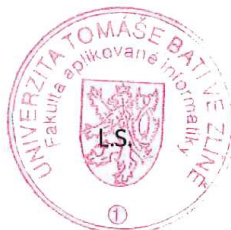
Termín odevzdání diplomové práce:

3. června 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Úkolem této práce bylo navrhnout tepelnou soustavu s využitím centralizovaného zásobování tepla, vzduchotechnický systém, bezpečnostní systém, protipožární ochranu a řízení těchto systémů pro zdravotnickou budovu s ambulancemi. Bylo třeba volit prvky, které umožňují komunikaci a řízení jednotlivých systémů pomocí sběrnicevého systému LonWorks. Všechny systémy použité v práci byly voleny podle současných trendů v jednotlivých odvětvích. Společně tak zajišťují komfortní prostředí, které vyžadují zdravotnická zařízení.

Klíčová slova: zdravotnická budova, tepelná soustava, CZT, vzduchotechnický systém, protipožární ochrana, bezpečnostní systém, LonWorks, SCADA.

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to design the heating system with centralized heat supply, airconditioning system, safety system, fire protection and system management of all these systems for a medical facility with the ambulances. It was necessary to choose components, which make possible the communication and system management through the bus system LonWorks. All the systems, which were used in this thesis, were chosen according to the current trends single branches. Together they provide well-equipped environment, which a medical facility requires.

Keywords: medical facility, heating system, DH, airconditioning system, fire protection, safety system, LonWorks, SCADA.

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce Ing. Martinu Zálešákovi, CSc., za čas věnovaný mé práci, cenné rady a odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu při studiu.

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ	12
1.1 TEPLOTA VNĚJŠÍHO VZDUCHU	12
1.2 VLHKOST VZDUCHU	13
1.3 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	13
1.4 VÍTR	14
2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ	16
2.1 TEPELNÁ POHODA	16
2.1.1 Operativní teplota.....	17
2.1.2 Vlhkost vzduchu.....	19
2.1.3 Rychlost proudění vzduchu.....	21
2.1.4 Parametry tepelné pohody.....	21
2.2 HYGIENICKÁ POHODA	22
2.3 OSVĚTLENÍ – VIZUÁLNÍ POHODA	23
2.3.1 Denní osvětlení.....	24
2.3.2 Umělé osvětlení.....	24
3 ENERGETICKY ÚSPORNÁ OPATŘENÍ	27
3.1 SPOTŘEBA ENERGIE VE ZDRAVOTNICKÝCH BUDOVÁCH.....	27
3.2 ÚSPORNÉ ZDROJE TEPELNÉ ENERGIE	28
3.2.1 Solární kolektory	28
3.2.2 Tepelné čerpadlo	30
3.2.3 Kondenzační kotel.....	30
4 CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM	31
4.1 PŘEDÁVACÍ STANICE TEPLA	31
4.2 ZÁLOHOVÁNÍ ZDROJŮ TEPLA	33
5 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE	34
5.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ	34
5.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ.....	35
5.3 PRVKY PRO ÚPRAVU VZDUCHU.....	35
5.4 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE NEMOCNIC	36
5.4.1 Systémy zařízení	39
5.4.2 Typy vzduchotechnických jednotek.....	39
5.5 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE OPERAČNÍCH SÁLŮ.....	41
6 KOMUNIKAČNÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉMY	43
6.1 LONWORKS.....	43
6.1.1 Základní vlastnosti sítě LonWorks.....	43
6.1.2 LonTalk protokol	44
6.1.3 Komunikační média	47
II PRAKTICKÁ ČÁST	49
7 NÁVRH TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOVY	50

7.1	POPIS BUDOVY A OKRAJOVÝCH PODMÍNEK.....	50
7.1.1	Skladba konstrukcí.....	52
7.1.1.1	Skladba podlahy na terénu.....	52
7.1.1.2	Skladba svislé obvodové stěny.....	53
7.1.1.3	Skladba střechy.....	55
7.1.1.4	Otvorové výplně.....	56
7.2	PODKLADY PRO NÁVRH SYSTÉMŮ TZB.....	56
7.3	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT.....	56
7.3.1	Výpočet návrhové tepelné ztráty.....	56
7.3.2	Výpočet tepelné ztráty prostupem.....	57
7.3.3	Výpočet tepelné ztráty větráním.....	57
7.3.4	Určení zátopového tepelného výkonu.....	58
7.3.5	Celkový tepelný výkon.....	59
7.4	VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ.....	59
8	NÁVRH TEPELNÉ SOUSTAVY.....	61
8.1	HYDRAULICKÉ ZAPOJENÍ TEPELNÉ SOUSTAVY.....	62
8.2	SOUSTAVA PRO VYTÁPĚNÍ.....	63
8.2.1	Otopná tělesa.....	64
8.2.2	Návrh oběhového čerpadla a trojcestného ventilu.....	65
8.3	PŘÍPRAVA TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY.....	68
8.4	ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ OTOPNÝCH SOUSTAV.....	72
9	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU.....	75
9.1	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU PRO OPERAČNÍ SÁL.....	75
9.2	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY PRO 1. A 2. PODLAŽÍ.....	78
9.3	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY PRO 3., 4. A 5. PODLAŽÍ.....	84
9.4	NÁVRH POTRUBNÍ SÍTĚ.....	86
10	NÁVRH BEZPEČNOSTNÍHO A POŽÁRNÍHO SYSTÉMU.....	90
10.1	ELEKTRONICKÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM.....	90
10.2	BEZPEČNOST PACIENTŮ.....	91
10.3	ELEKTRICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE.....	92
11	ŘÍDICÍ A MONITOROVACÍ SYSTÉM BUDOVY.....	94
11.1	ŘÍZENÍ A MONITORING VYTÁPĚČÍHO SYSTÉMU.....	94
11.2	ŘÍZENÍ A MONITORING SYSTÉMU PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY.....	98
11.3	ŘÍZENÍ A MONITORING VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU.....	100
12	VIZUALIZACE SYSTÉMU.....	104
13	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	109
13.1	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ REKUPERAČNÍHO VÝMĚNÍKU 1.....	109
13.2	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ REKUPERAČNÍHO VÝMĚNÍKU 2.....	111
	ZÁVĚR.....	112
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	114
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	116
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	119
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	120

SEZNAM TABULEK.....122

ÚVOD

V současné době je čím dál více kladen důraz na zajištění komfortu vnitřního prostředí a na energeticky hospodárný provoz v budovách. Co se týče zdravotnických budov, mohou být požadavky na vnitřní klimatické podmínky velmi vysoké. Těch lze dosáhnout integrováním řídicích systémů, tedy počítačové a komunikační techniky, která dokáže reagovat na potřeby uživatele a zajistit hygienickou pohodu osob, bezpečnost a v neposlední řadě i snížit energetickou spotřebu a tím pádem i náklady na provoz budovy. Řídicí systém tedy zajišťuje především řízení vytápění a ohřev teplé užitkové vody, větrání, zabezpečení objektu a v případě zdravotnické budovy i zabezpečení pacientů.

Hlavním úkolem řídicího systému budovy je tedy zajistit maximální komfort a snížení nákladů na její provoz. Aby toho bylo dosaženo, jsou veškeré systémy v budově (vytápění, větrání, EZS, EPS) ovládány pomocí vzdáleného přístupu přes internet nebo mobilním telefonem. Je tak možné ovládat systémy v budově dálkově a obsluha může být informována o stavech těchto systémů. Díky automatické regulaci vytápěcího systému, vzduchotechnických jednotek a použitím rekuperačních výměníků u těchto jednotek lze dosáhnout snížení nákladů za energii.

Systém řízení umožňuje řízení vytápěcího systému, vzduchotechnických jednotek, ohřevu teplé užitkové vody, elektronický zabezpečovací systém a elektronickou požární signalizaci. Řízení je možné provádět v závislosti na čase a vnější a vnitřní teplotě.

Pomocí nainstalovaných senzorů a čidel lze také monitorovat stavy jednotlivých systémů, teplotu, tlak, spotřebu energie, aktivace požárních a bezpečnostních čidel. Díky tomu lze upravovat řízení systémů podle potřeby uživatelů budovy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ

Průběh parametrů vnějšího vzduchu v závislosti na čase nazýváme klimatické podmínky. Složení vzduchu, průběh teploty a vlhkosti vzduchu, proudění vzduchu a sluneční záření jsou nejdůležitějšími měřenými hodnotami, které jsou závislé na zeměpisné šířce, nadmořské výšce, vzdálenosti od moře, vzrostlé vegetaci v dané oblasti atd. Tyto hodnoty jsou závislé na denní době a dnu v měsíci, proto jsou sledované mnoha meteorologickými stanicemi, které z měření vypočítávají průměrné hodnoty [1].

1.1 Teplota vnějšího vzduchu

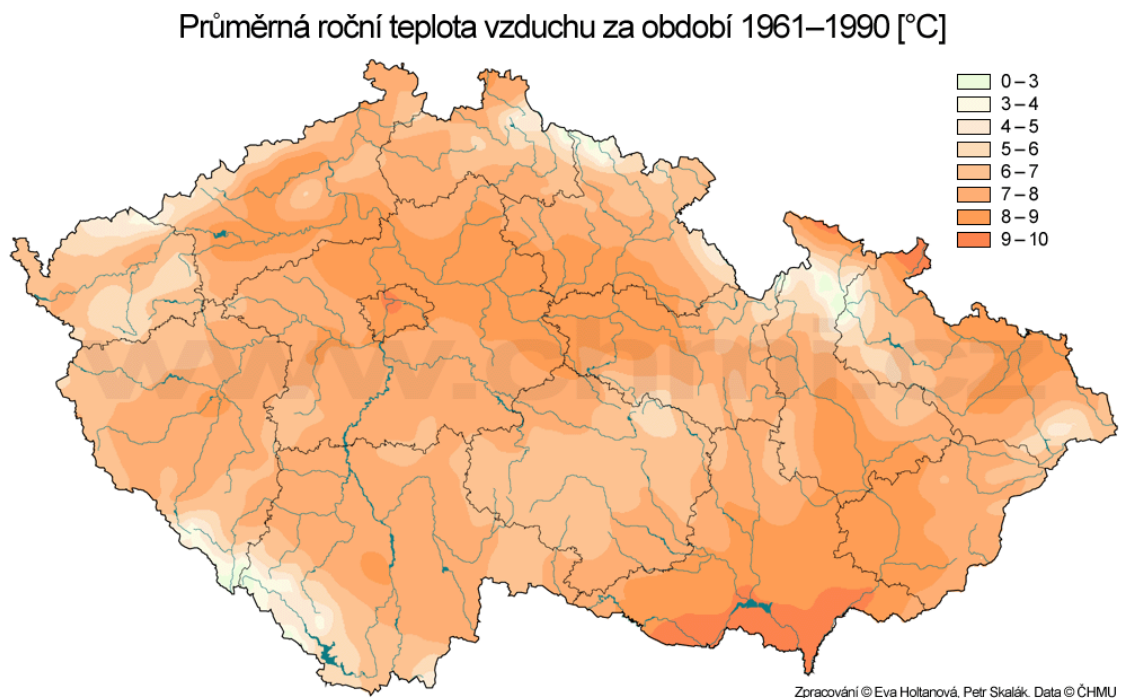
Teplota vzduchu v blízkosti povrchu země je ovlivňována intenzitou slunečního sálání a jeho absorpcí povrchem a prouděním vzduchu. Dále závisí na zeměpisné šířce, nadmořské výšce a na denní době a ročním období. Teplotní kolísání vzduchu během dne je přibližně sinusové, kdy se maximální teplota zpožďuje za maximem sluneční radiace asi o 2 až 3 hodiny vlivem tepelné akumulace [2].

Výpočtová venkovní teplota θ_e a roční průměrná venkovní teplota $\theta_{m,e}$ pro jednotlivé oblasti v České republice udává norma ČSN EN 12 831 [19], viz. tabulka (Tab. 1).

Tab. 1. Ukázka z normy ČSN EN 12 831

Místo	Výška nad mořem [m]	θ_e [°C]	Otopné období pro $\theta_e=12^\circ\text{C}$		Otopné období pro $\theta_e=15^\circ\text{C}$		Otopné období pro $\theta_e=13^\circ\text{C}$	
			$\theta_{m,e}$ [°C]	počet dnů	$\theta_{m,e}$ [°C]	počet dnů	$\theta_{m,e}$ [°C]	počet dnů
Brno	227	-12v	3,6	222	5,1	263	4,0	232
Ostrava	217	-15	3,6	219	5,2	260	4,0	229
Praha	181	-12	4,0	216	5,1	254	4,3	225
Uherské Hradiště	181	-12v	3,2	222	5,0	266	3,6	233
Zlín	234	-12	3,6	216	5,1	257	4,0	226

Průměrná roční teplota vzduchu na území ČR je uvedena na obrázku (Obr. 1) [4]



Obr. 1. Průměrná roční teplota vzduchu

1.2 Vlhkost vzduchu

Vlhkost atmosférického vzduchu je stejně jako teplota ovlivněna zeměpisnou polohou, intenzitou vodních srážek, blízkostí vodních ploch a také denní dobou a ročním obdobím. Relativní vlhkost φ se mění v závislosti na teplotě vzduchu.

Vlhkost vzduchu je obvykle zadávána výpočtovými hodnotami parciálního tlaku p_D , nebo entalpií h_e a teplotou venkovního vzduchu θ_e . Při minimálních teplotách venkovního vzduchu v zimním období je parciální tlak vodních par p_D nízký [2].

1.3 Sluneční záření

Slunce vyzařuje do prostoru paprsky o vlnových délkách v rozmezí od 10^{-10} do 10^3 m. Pro přenos tepelné energie jsou důležité paprsky o vlnové délce od $0,2 \cdot 10^{-6}$ do $3 \cdot 10^{-6}$ m.

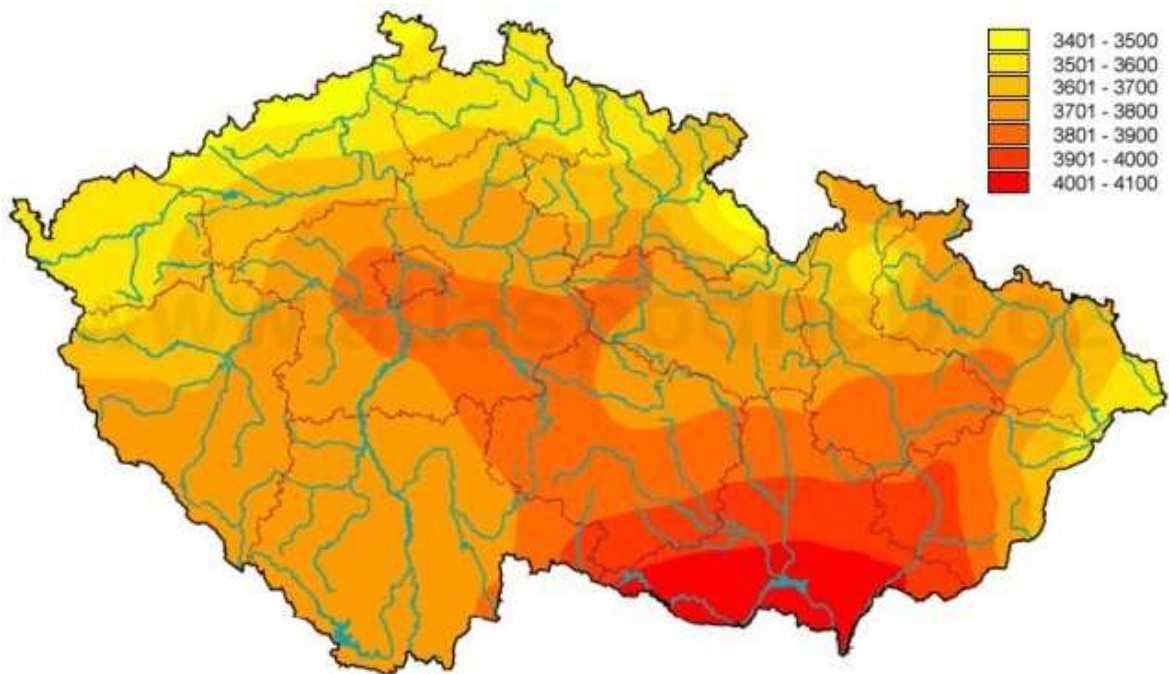
Při průchodu paprsků atmosférou se intenzita slunečního záření zmenšuje, protože dochází k rozptylu paprsků odrazem od molekul vzduchu a částec prachu a také k absorpci záření vodní parou, kyslíčkem uhličitým a ozónem. Míru tohoto znečištění udává tzv. součinitel znečištění Z závisící na obsahu příměsí ve vzduchu a na atmosférickém tlaku.

Kromě zeměpisné šířky, polohou osluněné plochy a stupněm znečištění atmosféry plynnými a tuhými příměsemi závisí intenzita slunečního záření také na výšce slunce nad

obzorem. To znamená, že maxima pro vodorovnou plochu dosahuje intenzita slunečního záření v průběhu roku 21. června a 22. prosince dosahuje minima, vždy v pravé poledne ve 12 hodin. Pro svislé plochy je intenzita záření závislá na jejich polohách vzhledem ke světovým stranám.

Sluneční záření má také vliv na tepelné poměry v uzavřených místnostech v letním a v zimním období. To je dáno tím, že v zimním období intenzita slunečního záření je menší než v letním, a také tím, že skutečná doba slunečního svitu je v zimním období velmi krátká.

Průměrný úhrn globálního slunečního záření je uveden na obrázku (Obr. 2) [5]



Obr. 2. Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR

1.4 Vítr

Vítr je horizontální proudění vzduchu v nižších vrstvách atmosféry a souvisí s rozdělením tlaku nad povrchem země. Rychlost větru je přímo úměrná rozdílu tlaku a směr větru obvykle souhlasí se směrem tlakového spádu. U směru větru ale není tato závislost na rozdílu tlaku úplně jednoznačná, protože směr se může vychýlit o různé terénní překážky.

Na území našeho státu je průměrná rychlost větru kolem 3 m/s, v různých ročních obdobích jsou změny rychlosti větru nevýrazné. V nižších polohách vítr jen zcela

výjimečně přesáhne hodnotu 8 m/s, kdežto ve vyšších polohách se vítr s rychlostí nad 8 m/s vyskytuje mnohem častěji.

U budov se vlivem větru především zvětšuje přirozená výměna vzduchu infiltrací, čímž se také zvětšuje tepelná ztráta větráním, kdy při náporu větru vniká chladný venkovní vzduch netěsnými spárami oken do místnosti, klesá k podlaze a proudí směrem k vnitřní stěně. Tím vzniká pocit nepohody, který je odstraněn přehříváním vnitřního vzduchu v horní části místnosti. Pak se však zvětšuje tepelná ztráta místnost [3].

2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Vzhledem k době, kterou člověk stráví v interiérech budov, má vnitřní prostředí v budovách významný vliv na lidské zdraví a jeho pohodu. Je proto třeba zajistit základní požadavky na kvalitu vnitřního prostředí.

Vnitřní prostředí je tvořeno mnoha složkami. Mezi základní patří tepelné, hygienické, akustické a světelné složky. Na člověka nejvíce působí tepelné vlastnosti vnitřního prostředí, a co se týká lidského zdraví, nejvíce na něj působí kvalita vnitřního vzduchu.

2.1 Tepelná pohoda

Na základě biologických pochodů člověk neustále produkuje teplo, které odevzdává do svého okolí. Za tepelnou rovnováhu se považuje stav, kdy prostředí odebírá tělu tolik tepla, kolik právě produkuje. Teplo člověka vydané do okolí závisí na teplotním rozdílu mezi povrchem těla a teplotou okolí. Pokud je vnitřní prostředí chladné a odebírá tělu více tepla, než produkuje, dochází k podchlazení. Organismus se tomu brání tak, že omezí průtok krve do periferních částí těla, jako jsou končetiny, nos, uši apod., tím sníží výdej tepla do okolí. Pokud to tělu nepomůže, může se bránit chemickou termoregulací, což je přímá výroba tepla. Takový proces může být i svalový třes, ten má ovšem malou účinnost. Povrchová teplota je tak výsledkem neustálé interakce mezi člověkem a okolím, kterému se tak snaží přizpůsobit. Energetický výdej člověka podle fyzické činnosti je uveden v tabulce (Tab. 2).

Tab. 2. Energetický výdej člověka podle fyzické činnosti

Činnost	Měrný energetický výdej q [W/m²]
<i>Spánek</i>	41
<i>Sezení v klidu</i>	58
<i>Kancelářské práce</i>	58 - 70
<i>Chůze po rovině 3,2 km/h</i>	116
<i>Chůze po rovině 6,4 km/h</i>	221
<i>Squash</i>	320 - 430
<i>Ruční hoblování</i>	350
<i>Vaření</i>	83 - 116
<i>Ruční praní a žehlení</i>	116 - 210

Tepelná pohoda označuje stav prostředí, ve kterém je splněna podmínka tepelné rovnováhy mezi organismem člověka a okolím a význam má i způsob a rovnoměrnost, s jakou člověk teplo do okolí vydává. Pokud nejsou dodrženy optimální podmínky, je člověk před

nadměrným teplem chráněn pocením, ale před nadměrným chladem chráněn není. Ovšem tepelná rovnováha není jediná podmínka. Pro člověka je také důležitá tzv. radiační pohoda. To znamená, že by měl teplo z okolí přijímat i radiací a vyrobené teplo vydával konvekcí, tj. ochlazováním okolním vzduchem. Množství tepla, které člověk vydá do okolí konvekcí by tedy mělo být stejné nebo větší, než teplo předané okolí sáláním. Podle této podmínky pak plyne maximální přípustný rozdíl mezi teplotou vzduchu a stěn. Kromě tepelné rovnováhy a radiační pohody je lidský organismus ještě citlivý na rovnoměrný odvod tepla do okolí a to jak v prostoru, tak v čase. V prostoru to znamená, že mezi ochlazováním nohou a ochlazováním hlavy by neměl být velký rozdíl a proudění vzduchu by mělo být rovnoměrné, jinak vzniká průvan.

Optimální teplota vnitřního vzduchu v zimním období je pro člověka $21,5 \pm 2$ °C a teplota okolních ploch nemá být nižší o více než 2 °C, v letním období má být hodnota vnitřního vzduchu 26 ± 2 °C, ta je však závislá zejména na teplotě ve venkovním prostředí, neboť člověk vnímá teplotu relativně. Pokud je v budově o 4 – 6 °C méně než ve venkovním prostředí, je to pro člověka pocit příjemného prostředí a zároveň není tento rozdíl rizikový z hlediska nemoci z nachlazení [6].

2.1.1 Operativní teplota

Ke stanovení operativní teploty je potřeba znát střední radiační teplotu θ_r , teplotu vzduchu θ_a a rychlost proudění vzduchu.

Ve většině případů, kde je relativní rychlost proudění vzduchu menší než 0,2 m/s nebo kde je malý rozdíl mezi střední radiační teplotou a teplotou vzduchu, je možné operativní teplotu vypočítat jako aritmetický průměr teploty vzduchu θ_a a střední radiační teploty θ_r .

Operativní teplota θ_o je jednotná teplota uzavřeného černého prostoru, ve kterém by tělo sdílelo radiací a konvekcí stejné množství tepla, jako ve skutečném nehomogenním prostředí. Operativní teplota se určí podle vztahu:

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

kde A je funkcí rychlosti proudění vzduchu [7].

Tab. 3. Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu v_{ar}

$v_{ar} [m \cdot s^{-1}]$	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
A [-]	0,5	0,53	0,6	0,65	0,7	0,75

Pro přímé měření střední radiační teploty okolních ploch θ_r se nejčastěji používají:

- dva katateploměry (jeden obyčejný a jeden s lesklou baňkou);
- Vernonův kulový teploměr.

Střední radiační teplota se dá stanovit ze vztahu:

$$\theta_r = \left[(\theta_g + 273)^4 + 2,9 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} \cdot (\theta_g - \theta_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (2)$$

kde:

θ_g ... výsledná teplota kulového teploměru [$^\circ\text{C}$] [1].

Každý prostor v budově má určitou požadovanou vnitřní výpočtovou teplotu. Teploty vnitřního vzduchu pro zdravotnická zařízení udává norma ČSN 12 831 [19]. Teploty jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4).

Tab. 4. Vnitřní výpočtové teploty pro zdravotnická zařízení dle ČSN 12 831 [19]

Druh vytápěné místnosti		Výpočtová vnitřní teplota
		t_i [$^\circ\text{C}$]
4.	Zdravotnická zařízení	
4.1	jesle	
	- učebny, herny, lehárny	22
	- šatny pro děti	20
	- umývárny pro děti, WC	24
	- izolační místnosti	22
4.2	zdravotnická střediska, polikliniky, ordinace	24
	čekárny, chodby, WC	20
4.3	nemocnice	
	pokoje pro nemocné	22
	vyšetřovny, přípravny	24
	koupelny	24
	operační sály	25
	předsíně, chodby, WC, schodiště	20

2.1.2 Vlhkost vzduchu

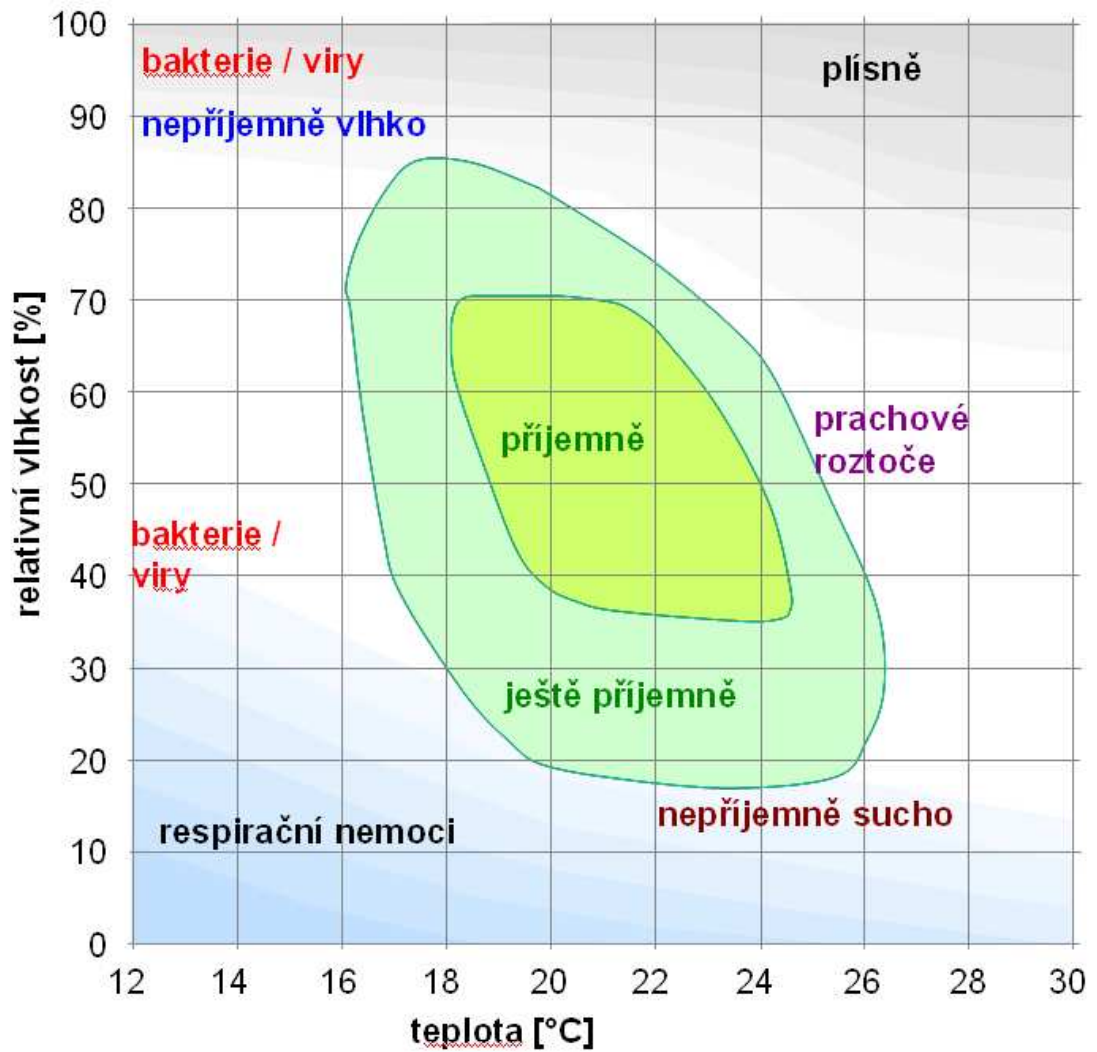
Relativní vlhkost vzduchu je důležitým parametrem pro vyjádření tepelného komfortu v interiéru, ale je také důležitým parametrem z hygienického hlediska. Při posuzování tepelného stavu prostředí podle teploty vzduchu se vlhkost dá zanedbat pouze v případě, kdy je relativní vlhkost vzduchu v létě menší než 60 %. Pokud je relativní vlhkost větší, je vlivem velkého parciálního tlaku ztíženo vypařování potu a důsledkem toho je porušena tepelná pohoda.

Člověk v místnosti s operativní teplotou 20 °C téměř nevnímá rozdíl mezi hodnotami vlhkosti 30 až 70 %. Tyto hodnoty jsou považovány za hranice přípustné vlhkosti. Při vlhkosti nižší než 30 %, což je v zimním otopném období častý jev, se zvyšuje tvorba prachu a suchý vzduch vysouší sliznici dýchacích cest.

Mezi metody pro určování vlhkosti vzduchu patří:

- psychrometrické údaje suchého a mokrého teploměru;
- délkové změny některých hydroskopických látek;
- měření teploty rosného bodu;
- absorpční a adsorpční vlastnosti určitých látek, kde se měří jejich hmotnostní přírůstek po průtoku určitého množství vzduchu [1].

Pole tepelné pohody pro operativní teplotu a relativní vlhkost je uvedena na obrázku (Obr. 3) [8].



Obr. 3. Pole tepelné pohody pro operativní teplotu a relativní vlhkost

Požadavky na relativní vlhkosti ve vnitřním prostředí ve zdravotnických zařízeních jsou uvedeny v normě ČSN 12 831 [19]. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5).

Tab. 5. Doporučené relativní vlhkosti ve zdravotnických zařízeních dle ČSN 12 831 [19].

Druh vytápěné místnosti		Relativní vlhkost vzduchu
		φ_{ai} [%]
4.	Zdravotnická zařízení	
4.1	jesle	
	- učebny, herny, lehárny	50
	- šatny pro děti	60
	- umývárny pro děti, WC	80
	- izolační místnosti	50
4.2	zdravotnická střediska, polikliniky, ordinace	50
	čekárny, chodby, WC	60
4.3	nemocnice	
	pokoje pro nemocné	60
	vyšetřovny, přípravny	80
	koupelny	90
	operační sály	70
	předsíně, chodby, WC, schodiště	60

2.1.3 Rychlost proudění vzduchu

Na vytvoření pohody prostředí mají vliv vnitřní teplota vzduchu, účinná teplota okolních ploch, relativní vlhkost vzduchu a také rychlost proudění vzduchu v prostoru. Člověk je na pohyb vzduchu v uzavřeném prostoru citlivý, zejména pokud je jeho teplota nižší než teplota vzduchu v místnosti. Při teplotách 19 – 21 °C je z hygienického hlediska přípustná rychlost proudění vzduchu 0,1 až 0,5 m/s. Pokud je teplota vyšší, lze volit i vyšší rychlost proudění. Při teplotě 26 °C lze za nejvyšší rychlost proudění vzduchu považovat rychlost do 0,4 m/s. Vyšší rychlost může člověk pociťovat jako průvan [1].

2.1.4 Parametry tepelné pohody

Výpočty těchto parametrů vycházejí ze základní tepelné bilance člověka, kdy se teplo produkované organismem odvádí do okolí konvekcí, sáláním, dýcháním, pocením a případně vedením.

Z řešení tepelné bilance je odvozena rovnice pro výpočet středního tepelného pocitu PMV.

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

kde:

M – energetický výdej člověka [W];

L – rozdíl energetického výdeje a tepla odvedeného bez mokrého pocení [W].

Výsledný tepelný pocit je hodnocen sedmistupňovou stupnicí, kde +3 je horko a -3 je zima.

Procentuální podíl nespokojených PPD se vyhodnocuje na základě PMV podle vztahu:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp[-(0,3353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)] \quad (4)$$

Stupeň obtěžování průvanem (DR) je samostatný ukazatel pro posuzování parametrů prostředí a vyjadřuje procentuální podíl osob, u kterých převládá pocit obtěžování průvanem. Vypočítáme ho podle vztahu:

$$DR = (34 - \theta_a) \cdot (v - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v \cdot Tu + 3,14) \quad (5)$$

kde:

Tu – místní intenzita turbulence [%] [9].

2.2 Hygienická pohoda

Hygienické parametry vzduchu jsou ovlivňovány několika faktory, mezi hlavní z nich patří chemické škodliviny, radon, CO₂ a biologické faktory.

Z vnějšího prostředí se do vnitřního prostředí dostanou oxidy síry, oxidy dusíku, oxid uhelnatý, ozon a některé uhlovodíky. Oxidy síry (SO₂ a SO₃) vznikají při spalování fosilních paliv obsahující síru. Oxidy dusíku (NO_x) nejčastěji vznikají při hoření za vysokých teplot z atmosférického dusíku např. v dieselových motorech, v kotelnách tepláren, elektráren a při spalování plynu v průmyslových, ale i domácích spotřebičích. Oxid uhelnatý (CO) je produkován zejména benzinovými motory a ohništi s nedokonalým spalováním. Zdrojem ozónu (O₃) bývají nejčastějším zdrojem blesky a do interiéru vstupuje jako součást oxidativního smogu. Oxidy uhlovodíku produkuje především doprava jako emise z výfuků motorových vozidel a odpařující se pohonné látky z nádrží.

Ze stavebních látek, které narušují hygienickou pohodu, to mohou být formaldehyd, styren a směsi různých organických látek.

Škodliviny se v ovzduší vyskytují v určitých koncentracích, které se vyjadřují:

- hmotnostně [mg/m^3];
- objemově [%], ($\text{ppm} = 1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, $\text{ppm} = \text{parts per milion}$);
- počtem částic v objemové jednotce.

Dalším zdrojem škodlivin jsou zápachy (odéry). Odérové látky jsou plynné složky ovzduší vnímané jako vůně nebo zápachy. Jsou to anorganické nebo organické látky, které jsou většinou produkovány člověkem a jeho činností nebo látky uvolňované stavební konstrukcí. I když tyto zápachy přímo neohrožují zdraví člověka, mají vliv na jeho výkonnost, soustředění, chuť, mohou vyvolat pocit nevolnosti, a proto se odstraňují větráním vnitřních prostorů.

Hlavní škodlivinou v nevýrobních uzavřených prostorech je oxid uhličitý. Vzduch vydechovaný člověkem obsahuje při teplotě 34 až 36 °C přibližně 4 % oxidu uhličitého a 5 % vodní páry. Koncentrace CO_2 při trvalém pobytu člověka v místnosti nemá překročit hodnotu 0,15 %, pokud je tato hodnota překročena, považuje se vzduch za znehodnocený.

Další fyzikální faktor ovlivňující kvalitu vnitřního prostředí je radon. Radon se po vdechnutí rozpouští v tělních tekutinách, ale v žádné tkáni se nekonzcentruje. Jeho dceřiné prvky se ale zachytávají v dýchacích cestách, kde při svém rozpadu ozařují tkáň a její buňky se mohou měnit, pak vzniká zhoubný nádor. Ionizující záření může do budovy vnikat z podlahy nebo se může uvolňovat ze stavebních materiálů.

Mezi biologické faktory se řadí mikrobiální škodliviny tvořené mikroorganismy (bakterie, plísně apod.), které se nacházejí v ovzduší a mohou vyvolat infekční onemocnění a alergické nebo toxické projevy. Nositelem těchto mikroorganismů mohou být tuhé nebo kapičkové aerosoly. Vzduch v uzavřených prostorech a zejména těch, kde se shromažďuje větší počet lidí, vždy obsahuje choroboplodné zárodky [1].

2.3 Osvětlení – vizuální pohoda

Dostatečné světlo člověka stimuluje k činnosti, práci, povzbuzuje náladu a vytváří příjemnou atmosféru. Oproti tomu nedostatek světla utlumuje a snižuje pracovní výkonnost a bezpečnost, tím zvyšuje riziko chyb v práci a pracovních úrazů. Vnitřní prostředí bývá zpravidla osvětleno denním světlem, které je nezastupitelné, umělým osvětlením nebo oběma současně, kdy mluvíme o sdruženém osvětlení.

Světelné prostředí musí vytvořit podmínky pro zrakovou pohodu. Zraková pohoda je psychofyziologický stav organismu, vyvolaný optickou situací okolního prostředí, který odpovídá potřebám člověka při práci i při odpočinku. Umožňuje zraku optimálně plnit jeho funkci. Zrakovou pohodu ovlivňuje však několik faktorů, nejen kvalita a kvantita osvětlení, ale i psychické ladění organismu, stav zraku, věk, únava a barevné řešení prostoru. Zraková pohoda je základem dobrého zrakového výkonu a ten je podmínkou produktivity práce se všemi ekonomickými důsledky [10].

2.3.1 Denní osvětlení

Správně navržené stavby vždy velkou mírou využívají denní světlo, které je pro nás přirozené. V současné době lidé tráví téměř 90 % svého času v interiérech staveb, buď v bytech, nebo v práci. Tím redukuje svůj pobyt na přirozeném denním světle. Tato skutečnost vyžaduje, aby byly zajištěny kvalitní podmínky pro dosažení světelného komfortu v interiérech staveb.

Optimální denní osvětlení má poskytovat dostatečnou intenzitu, směr osvětlení, nezkreslené vnímání barev a také má zajistit světelné podmínky a světelnou intenzitu pro různé využití obytné místnosti v závislosti na denní době. Lidé také upřednostňují přítomnost přímého slunečního záření uvnitř objektů, neboť je prokázáno, že přímé sluneční záření ovlivňuje zdraví jedince s pozitivním dopadem na jeho psychickou pohodu a tělesné zdraví.

Obytná místnost se považuje za prosluněnou, jsou-li splněny následující podmínky:

- půdorysný úhel slunečních paprsků s hlavní přímkou roviny okenního otvoru musí být nejméně 25° a výška slunce nad obzorem nejméně 5° ;
- otvory, jimiž vniká sluneční záření do místnosti, jsou zaskleny průhledným a barvy nezkreslujícím materiálem a celková plocha otvorů je rovna nejméně 10 % podlahové plochy místnosti, přitom nejmenší rozměr otvoru je 900 mm;
- při jasné obloze musí být dne 1. března a 21. června doba proslunění větší než je 90 minut [11].

2.3.2 Umělé osvětlení

Umělé osvětlení můžeme rozdělit na celkové, odstupňované, místní a kombinované a také sem patří osvětlení nouzové a náhradní.

Celkové osvětlení je dále děleno na:

- přímé – všechno světlo dopadá na pracovní plochu nebo podlahu;
- polopřímé – část světla dopadá na stěny a strop (užíváno nejvíce);
- smíšené – světelný tok je rozptýlen do prostoru;
- nepřímé – všechno světlo dopadá na strop a prostor je osvětlen odraženým světlem.

V našich podmínkách se nejčastěji setkáváme s celkovým osvětlením, se kterým si vystačíme však pouze v některých obytných a pobytových interiérech. I tam je vykonávána celá řada různých činností, při kterých je třeba místního osvětlení. Na pracovištích se setkáváme často se sdruženým osvětlením, kdy umělé osvětlení doplňuje osvětlení denní.

Požadavky na umělé osvětlení jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6).

Tab. 6. Požadavky na umělé osvětlení

Požadavek umělého osvětlení [lx]	Místo, příp. činnost
50 až 100	<i>Celkové nebo odstupňované osvětlení obytné místnosti s místním osvětlením</i>
200 až 500	<i>Celkové nebo odstupňované osvětlení pracovních prostorů bez místního osvětlení</i>
200	<i>Společné jídlo</i>
300	<i>Studium, psaní, kreslení, kuchyňské práce aj.</i>
500	<i>Jemné ruční práce</i>
75	<i>Komunikace v bytě</i>
100	<i>Obytné kuchyně, koupelny, WC</i>

Mezi hlavní zdroje umělého osvětlení patří zdroje teplotní (žárovky) a výbojkové (zářivky, výbojky).

Klasickým zdrojem osvětlení jsou stále žárovky. Jsou nejznámější a nejrozšířenější, ale jsou nejméně hospodárné, protože se na světlo přemění pouze 3 až 5 % vložené elektrické energie, zbytek je ztrátové teplo.

Druhým nejčastějším zdrojem osvětlení jsou zářivky. Jsou to nízkotlaké rtuťové výbojky. Princip zářivky je takový, že rtuťový nízkotlaký výboj, zažítaný předřadníkem, je zdrojem UV záření, které se ve vrstvě luminoforu, kterým je trubice zářivky pokryta, mění na bílé nebo denní světlo. Zářivky jsou mnohem hospodárnější než žárovky, na světlo se přemění asi 25 % vložené elektrické energie, a také na rozdíl od žárovek nevyzařují teplo [10].

Porovnání energie při srovnatelném množství světla pro klasickou žárovku a kompaktní zářivku je uvedeno v tabulce (Tab. 7).

Tab. 7. Porovnání energie při srovnatelném množství světla [10]

Klasická žárovka	Kompaktní zářivka
40 W	9 W
60 W	11 W
75 W	15 W
100 W	20 W
2 x 60 W	23 W

3 ENERGETICKY ÚSPORNÁ OPATŘENÍ

Konstatování mimořádně velkého vlivu budov na spotřebu energie a na životní prostředí vůbec, nalezneme v každé souhrnné zprávě o stavebním průmyslu a budovách. V tomto smyslu se za klíčové oblasti považují:

- energetická náročnost provozování budov;
- kvalita vnitřního prostředí v budovách;
- zacházení se stavebním a demoličním odpadem;

Ve vyspělých zemích je provoz budov zodpovědný za více než 40 % potřeby energie. Tomu také odpovídá množství emisí CO₂. Je to dáno nárůstem dovozů energie v EU, většinou z dlouhodobě nestabilních oblastí, celosvětové snahy o omezení emisí skleníkových plynů a kvalita životního prostředí na regionální, ale i lokální úrovni.

Výstavba nízkoenergetických domů ve větších množstvích směřuje k tomu, že se určité principy neustále opakují. Nelze najít takové řešení, které by bylo možné prohlásit za nejlepší a hodné opakování. Názory na řešení nízkoenergetických budov nejsou v dnešní době úplně jednotné a budou se v průběhu let neustále vyvíjet.

Pro výstavbu úsporných budov jsou nejdůležitější dvě věci a to maximalizace solárních zisků a minimalizace tepelných ztrát. Od sedmdesátých let 20. století se stavěly experimentální objekty, k většímu rozvoji došlo až na počátku devadesátých let. Hlavní proud výstavby byl ovlivňován postupným zpříšňováním stavebně-energetických požadavků na budovy, odlišně v jednotlivých zemích.

Pro budovy je vhodné navrhnout taková řešení, aby bylo efektivně dosahováno požadavku na nízkou energetickou náročnost, s nízkou investiční náročností a s malou zátěží pro životní prostředí. Energetické vlastnosti budovy lze nejlépe ovlivnit při vytváření celkové koncepce v přípravné fázi projektu. Toho lze dosáhnout dobrou koordinací s koncepcí nosné funkce, vytápění a osvětlení [24].

3.1 Spotřeba energie ve zdravotnických budovách

Zdravotnické budovy jsou známy velkou energetickou náročností a je proto u těchto budov vhodné volit energeticky úsporná opatření. Nejnáročnější systémy na spotřebu energie jsou systémy pro vytápění a přípravu teplé vody a klimatizace. Nemocnice jsou většinou větší stavby, tudíž u nich dochází k tepelným ztrátám prostupem pláštěm budovy. Měly by se

volit takové konstrukce, které tyto ztráty minimalizují, pokud se jedná o již postavenou budovu bez úsporných opatření, je dobré volit rekonstrukci pláště budovy – zateplení budovy vhodným způsobem.

Zdravotnické budovy se vyznačují také velkou spotřebou teplé vody, která se musí neustále přehřívat, aby v ní nedocházelo k tvorbě mikroorganismů. Voda je spotřebována zejména z hygienických důvodů a to v prádelnách, kde se neustále musí prát lůžkoviny z důvodů zamezení šíření infekce.

Posledním z hlavních faktorů ovlivňující spotřebu energie je vzduchotechnický systém. V nemocnicích obecně se pracuje pouze s vnějším vzduchem, odváděný vzduch tedy nelze použít jako cirkulační a snížit tím náklady na spotřebu energie pro ohřev přiváděného vzduchu.

Rozdělení poměrů spotřeby energie je uvedeno v tabulce (Tab. 8) [25].

Tab. 8. Rozdělení poměrů spotřeby energie

Použití	Jednotky	-
vytápění	kWh/m ²	100 - 135
větrání	kWh/m ²	45 - 55
klimatizace	kWh/m ²	5 - 14
osvětlení a el. zásuvky	kWh/m ²	34 - 39
TUV	kWh/m ²	17 - 26
	kWh/m ²	60 - 90
	kWh/lůžko/den	85 - 95
Výtahy	kWh/m ²	4 - 6
kuchyň	kWh/m ²	5 - 12
	kWh/jídlo	1,3 - 1,65
prádelna	kWh/m ²	37 - 70
	kWh/kg prádla	2,5 - 2,6
spalovna	kWh/m ²	
jiné využití	kWh/m ²	15 - 16
Celkově	kWh/m ²	330 - 345

3.2 Úsporné zdroje tepelné energie

3.2.1 Solární kolektory

Solární kolektory na výrobu tepelné energie jsou nabízeny v různých formách. Rozlišujeme:

- solární absorbéry;
- ploché deskové kolektory;
- vakuové trubkové kolektory;
- koncentrační kolektory.

Solární systémy se používají pro:

- přehřev TUV;
- ohřev TUV;
- ohřev TUV a podporu vytápění s denním a týdenním zásobníkem;
- podporu vytápění se sezónním zásobníkem;
- ohřev TUV a vytápění se sezónním zásobníkem.

Solární absorbéry jsou jednoduché absorpční rohože z kvalitního kaučuku s navulkanizovanými rozdělovacími a sběrnými trubkami, které jsou odolné vůči čisticím prostředkům, tepelně odolné v rozsahu -50 až $+20$ °C a jsou trvale elastické a pružné. Tyto absorbéry je možné klást na plochy střech, ale i na zem. Dokážou ohřát teplotnosnou látku až na 50 °C. Jejich nejčastější použití je pro ohřev vody pro bazény, kdy by se jejich plocha měla pohybovat mezi 50 až 80 % plochy hladiny bazénu. Dají se také použít na přípravu TUV, musí se však mezi rohoží a bazénem zvolit systémové řešení se zásobníkem.

Při použití plochých deskových kolektorů se přijatá sluneční energie přemění na teplo a přitom zvýší teplotu absorpční vrstvy kolektoru. Teplotu je možné regulovat odvodem tepelné energie pomocí proudění teplotnosné látky. Tyto kolektory mají ovšem i energetické ztráty, které představují optické ztráty reflexí a tepelné ztráty (dané systémem). Pro minimalizaci ztrát se u kolektorů používají krycí skla s vysokou světelnou propustností.

Vakuové trubkové kolektory stejně jako ploché kolektory proměňují vyzařovanou sluneční energii na teplo. Sluneční záření proniká skleněnou trubkou, ze které je odčerpán vzduch a dopadá na plochu absorbérů v trubce, kde je přeměněno na teplo. Tepelná energie akumulovaná na povrchu absorbérů je přenášena na tepelnou trubku s odpařovací tekutinou, která se nachází na spodní straně absorbérů. V důsledku přeneseného tepla se tekutina v tepelné trubce odpaří a přechází jako pára do kondenzátoru, kde je tepelná

energie přenášena na proudící teplonosnou látku, v důsledku čehož pára kondenzuje a kondenzát opět proudí zpět do tepelné trubky [26].

3.2.2 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo pracuje jako chladicí zařízení. Hnací prvkem tohoto zařízení je spirálový kompresor. Princip je takový, že zařízení odvádí ve výparníku teplo z okolního prostředí, čímž toto prostředí ochlazuje a pomocí hnací elektrické energie ho předává v kondenzátoru do prostředí s vyšší teplotou, např. do otopné vody a tím toto prostředí ohřívá. Teplo přiváděné z výparníku do kondenzátoru se přitom zvětšuje o teplo, na které se v kompresoru mění hnací elektrická energie. Můžeme tedy říci, že tepelná energie produkovaná tepelným čerpadlem je dána součtem obou vložených energií, což znamená, že je vždy větší, než je energie hnací.

Jako zdroje tepla slouží tepelnému čerpadlu:

- teplo ze vzduchu;
- teplo ze země;
- teplo z vody [27].

3.2.3 Kondenzační kotel

Při spalování zemního plynu nebo propanu vzniká určité množství vody, kdy hořením dochází k jejímu ohřevu a voda se začne vypařovat. Spolu s oxidem uhličitým tvoří spaliny hoření a odchází. Tyto spaliny s sebou nesou část tepelné energie, tzv. latentní teplo. Pokud spaliny ochladíme pod teplotu jejich rosného bodu, dojde ke kondenzaci obsažené vodní páry a k následnému uvolnění tohoto tepla. V kondenzačním kotli je pak tato energie využita k přehřevu vratné vody pomocí výměníku [28].

4 CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM

Zařízení pro centralizované zásobování teplem je možné rozdělit na základní skupiny lišící se teplotou teplotnosné látky:

- teplovodní dálkové vytápění (méně než 120 °C);
- horkovodní dálkové vytápění (více než 120 °C);
- parní dálkové vytápění (více než 120 °C);
- nízkoteplotní dálkové vytápění (25 až 35 °C).

Hlavní části systému na CZT jsou:

- výroba tepla spalováním plynného, kapalného nebo tuhého paliva;
- distribuce tepla tepelnými rozvody;
- předávací stanice tepla.

Tepelnými zdroji mohou být i kombinované teplárny, v nichž je teplo odebíráno po výrobě elektrické energie, a také spalovny odpadu. Dříve byla dodávaná tepelná energie vázána především na páru, v posledních letech se začalo přecházet na horkovodní systémy rekonstrukcí parních systémů nebo vybudováním nových. Přechod z páry na vodu zavivily problémy s návratem kondenzátu. Zařízení na CZT jsou provozována nejčastěji v dvojtrubkovém či ve čtyřtrubkovém systému. Ve dvojtrubkovém systému je teplo distribuováno s ekvitermicky regulovanou teplotou na přívodu, která se mění podle venkovní teploty. Ve čtyřtrubkovém systému jsou dva rozsahy teplot, kdy je jeden teplotní rozsah provozován s konstantní teplotou, aby bylo možné zásobovat odběratele tepla s vysokou vstupní teplotou na přívodu během celého roku.

4.1 Předávací stanice tepla

Předávání tepla ze systému CZT zabezpečují prvky, které jsou instalovány dodavatelem tepla a jednotky na výměnu tepla – tepelné výměníky. V minulosti byly často používány trubkové tepelné výměníky, v současné době se však začínají používat deskové, jelikož mají menší rozměry a vysokou účinnost. Primární a sekundární teplotnosná látka v deskovém výměníku jsou vedeny mezi jeho žebrovými deskami vedle sebe tak, že mezi deskami dochází k výměně tepla. Tak je tepelná energie z primárního okruhu přenesena na vodu v otopné soustavě.

Výměňkové stanice a směšovací stanice se obecně nazývají předávací stanice tepla. Tyto stanice se dělí podle několika kritérií. Podle druhu topného média se předávací stanice dělí na:

- horkovodní, nad 115 °C;
- teplovodní, do 115 °C;
- parní.

Podle způsobu připojení odběratele tepla na tepelnou síť se dělí předávací stanice na:

- tlakově závislé – směšovací stanice;
- tlakově nezávislé – výměňkové stanice;
- kombinace předchozích.

Tlakově nezávislá předávací stanice má vždy teplosměnnou plochu. Tím je zajištěno vodotěsné oddělení primární a sekundární strany. Pak jsou na sobě obě strany tlakově nezávislé. Udržování tlaku na sekundární soustavě je udržováno vlastním zabezpečovacím zařízením. Nejčastější tlakově nezávislé předávací stanice jsou horkovodní a parní.

Tlakově závislé předávací stanice teplosměnnou plochu nemají a dochází u nich pouze k regulaci pomocí směšování primární vody se zpětnou sekundární vodou. Udržování tlaku v primárním okruhu i sekundárním okruhu je prováděno společně. U parní tlakově závislé předávací stanice reguluje pouze tlak páry v redukční stanici. Tlakově závislé předávací stanice jsou teplovodní, ale ty se používají jen pro vytápění.

Předávací stanice se mohou používat pro:

- vytápění;
- ohřev TUV;
- vytápění i ohřev TUV;
- vzduchotechniku;
- technologické účely.

Předávací stanice tepla pro vytápění slouží k úpravě teploty a tlaku sekundární vody pro vytápění objektů. Zdrojem tepla bývá voda nebo pára. Předávací stanice pro ohřev TUV je zpravidla určena pro více uživatelů. Typy předávacích stanic pro ohřev TUV mohou být:

- průtočné;
- zásobníkové;
- kombinované.

Propojení v předávací stanici sloužící k vytápění a přípravu TUV může být sériové, paralelní nebo sérioparalelní.

4.2 Zálohování zdrojů tepla

Zdroje tepla je nutné zálohovat. Záloha se provádí tak, aby byla v případě výpadku jednoho zdroje zajištěna záloha pro zabezpečení základní funkce zdroje. U zařízení do výkonu 250 kW záloha být nemusí. U zařízení s výkonem nad 250 kW by velikost zálohy měla být následující:

- výměníky – nejméně dva po 50 % jmenovitého výkonu;
- směšovací čerpadla – při poruše jednoho pokryjí zbývající 100 % jmenovitého výkonu;

Zálohu může tvořit také nenainstalovaný výměník nebo čerpadlo na jmenovitý výkon zařízení.

Předávací stanice tepla je zařízení, které nepotřebuje trvalou obsluhu, stačí pouze občasný dohled. Umístění předávacích stanic se volí do samostatných a dobře větratelných místností. Pokud není umístěna do samostatné místnosti, je vhodné ji oddělit lehkou příčkou nebo pletivem, aby bylo zabráněno nežádoucí manipulaci. Do samostatné místnosti by měl být umístěn i elektrický rozvaděč a rozvaděč měření a regulace.

Předávací stanice tepla musí být opatřena měřením množství odebraného tepla. Obvyklým způsobem měření je tzv. rozdílové měření. Měří se množství tepla na primární straně a množství tepla na sekundární straně. Množství tepla pro ohřev TUV je určeno rozdílem.

Předávací stanice s teplosměnnou plochou musí být opatřena zabezpečovacím zařízením, což je pojistné a expanzní zařízení. Sekundární stranu je též nutné opatřit zařízením pro plnění a doplňování vody. U horkovodních stanic lze doplňování provádět přepouštěním z primární strany, je ale nutné vždy měřit množství doplňované vody.

Stanici je také nutné vybavit samostatně jištěným přívodem elektrické energie podle příslušných předpisů a norem [15].

5 VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE

Se stoupajícími požadavky na kvalitu vnitřního prostředí budov rostou i nároky na zařízení potřebné k jeho tvorbě. V zeměpisné poloze ČR poskytuje primární ochranu před vnějšími klimatickými vlivy stavební konstrukce. Vnitřní prostředí budov dokáže zajistit pouze soubor technických zařízení představující vzduchotechniku. Vzduchotechnika se používá nejčastěji u budov s dominantní architekturou a větším podílem zasklených ploch a dále u staveb pro technologii a zemědělství.

Hlavním úkolem vzduchotechnických systémů je vytvoření interního mikroklimatu místností a budov tak, aby v nich bylo zformováno optimální prostředí pro pobyt a činnost jeho uživatelů. U průmyslových staveb by měly tyto systémy zajišťovat prostředí pro průběh technologických procesů s eventuální likvidací vzniklých škodlivin.

Vzduchotechnika je tvořena vzduchotechnickými systémy a vzduchotechnickými zařízeními. Soubor technických prvků, které jako celek slouží k úpravě vzduchu vnitřního prostředí staveb, se nazývá vzduchotechnický systém.

Vzduchotechniku můžeme klasifikovat podle její funkce a účelu následovně:

- Větrání;
- teplovzdušné větrání;
- klimatizace;
- odsávání;
- průmyslová vzduchotechnika [12].

5.1 Přirozené větrání

Je to druh větrání, při kterém vyvolávají pohyb a výměnu vzduchu přírodní síly – gravitace a kinetická energie větru. Tyto síly se projevují u všech budov za běžných provozních podmínek, což znamená, že motorickou sílu podmiňující přirozené větrání nemusí vyvolat vedlejší zdroj, ale vnější klimatické podmínky. Z toho vyplývá, že se při užívání budov vytvářejí tlakové rozdíly a tím i podmínky pro výměnu vzduchu. Tyto podmínky se mohou v budově projevit jak pozitivně, tak negativně.

Při tomto způsobu větrání není nutná žádná energie, a proto je větrání tímto způsobem nejehospodárnější. Rozeznáváme přirozené větrání vyvolané gravitací a větrání vyvolané působením větru.

Gravitační větrání je založeno na různé hustotě vnějšího a vnitřního vzduchu v důsledku jejich teploty. Teplý vzduch v závislosti na gravitaci stoupá nahoru, kdežto studený vzduch klesá dolů. V místnosti se takto vzduch rozdělí a vzduch u stropu je pak teplejší než vzduch u podlahy.

Při působení větru na budovu dochází k tomu, že na návětrných stěnách vítr mění svou pohybovou energii v tlakovou a tím se tak u stěn vytváří přetlak oproti atmosférickému tlaku. Na opačné straně, tedy na odvrácených stěnách, vzniká vlivem obtékání podtlak.

5.2 Nucené větrání

Pokud dopravujeme vzduch do větraného prostoru a z něj pomocí ventilátoru poháněného motorem, jedná se o nucené větrání. Nucené větrání je tedy spjato se spotřebou energie. Ventilátor musí být takový, aby dokázal překonat hydraulický odpor mnohdy rozsáhlých a rozvětvených vzduchovodů a také různých zařízení, např. filtry, výměníky tepla, zvlhčovače vzduchu apod. Tato zařízení upravující vlastnosti přiváděného vzduchu zabezpečují dosažení požadovaného stavu vnitřního prostředí (teplota, vlhkost, atd.).

Na základě toho, jakými prvky na úpravu vzduchu je soustava vybavena, můžeme nucené větrání rozdělit na větrání bez úpravy vzduchu, s částečnou úpravou vzduchu a větrání s úplnou úpravou vzduchu neboli klimatizaci.

Nejčastěji se provádí nucené větrání s nuceným přívodem i s nuceným odvodem vzduchu. Větrání tohoto typu bývá řešeno jako rovnotlaké, podtlakové nebo přetlakové. [1]

5.3 Prvky pro úpravu vzduchu

Jako prvky pro teplotní a vlhkostní úpravu vzduchu se používají výměníky. Výměníky jsou zařízení, ve kterých dochází k přenosu energie nebo hmoty do přiváděného vzduchu.

Dělí se na:

- rekuperační;
- regenerační;
- směšovací.

V rekuperačních výměnících dochází k přenosu energie tak, že výměníkem proudí teplotonosná látka, která není v kontaktu se vzduchem.

U regeneračních výměníků dochází k přenosu energie i hmoty. Akumulační hmota je střídavě ve styku s chladným a teplým vzduchem, pokud je tato hmota z pórovitého materiálu, přenáší se i vlhkost.

Směšovací výměníky se ve vzduchotechnice používají pro směšování dvou nebo více složek vzduchu a pro přidávání páry nebo vody do vzduchu.

Dalšími prvky pro úpravu vzduchu jsou ohřívače a chladiče. Ohřívače a chladiče se používají k tepelné úpravě vzduchu. Nejčastěji se používají lamelové výměníky obtékané vzduchem. Mezi nejběžnější typy ohřívačů jsou teplovodní, parní, elektrické a plynové ohřívače.

Při chlazení vzduchu běžně dochází ke kondenzaci vodní páry na výměníku, na kterou se spotřebuje část chladicího výkonu. Čím je teplota chladicí látky nižší a vyšší vlhkost přiváděného vzduchu, tím více vodní páry zkondenzuje. Nejčastějšími typy chladičů jsou vodní chladič teplotním spádem vody 7/13 °C a přímý výparník s výparnou teplotou od 5 do 7 °C.

Při použití vodních výměníků je nutné dbát na opatření proti zamrznutí.

Pro zvlhčování vzduchu se používají zvlhčovače a pračky vzduchu. Slouží ke zvlhčování vzduchu z hygienických nebo technologických důvodů. Zvlhčovačů vzduchu existuje mnoho druhů, mezi nejpoužívanější patří sprchové pračky, hybridní pračky, zvlhčovače s rotujícím kotoučem, pneumatické zvlhčovače a parní a ultrazvukové zvlhčovače.

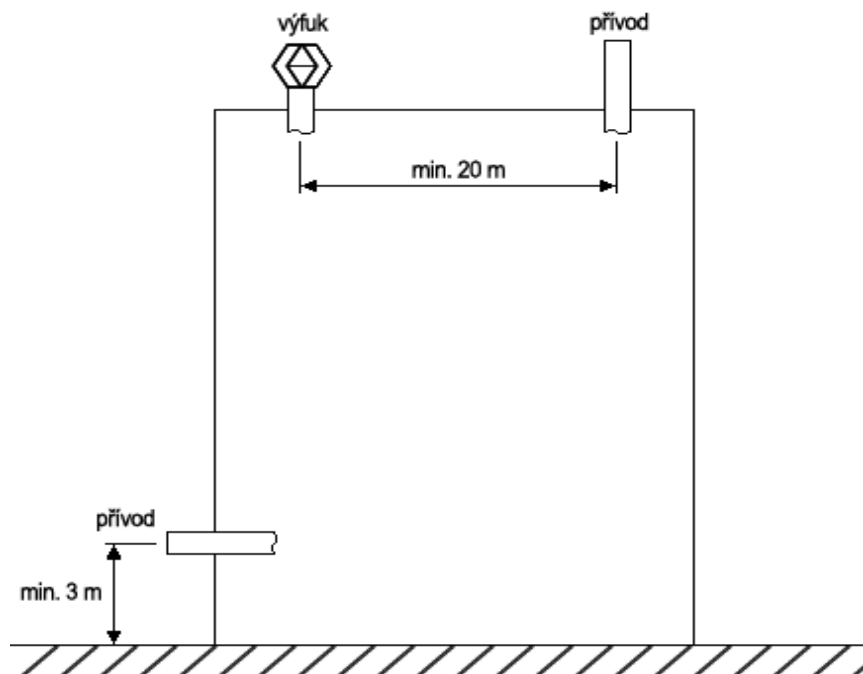
Pravým opakem zvlhčování je odvlhčování. Odvlhčování se používá tam, kde je nadměrná tvorba vlhkosti. Odvlhčování je prováděno jako kondenzační, absorpční a adsorpční [12].

5.4 Větrání a klimatizace nemocnic

Využití klimatizace ve zdravotnických zařízeních a nemocnicích je čím dál častější. Klimatizují se všechny druhy prostor, jako jsou inkubátory, porodnice, operační sály, resuscitace, rehabilitace, laboratoře atd. Větrání nebo také klimatizaci vyžadují i pomocné provozy jako jídelny, kuchyně, prádelny, skladovací prostory aj. Ve zdravotnických zařízeních jsou charakteristické zvýšené požadavky na kvalitu vzduchu, filtraci, sterilitu, hlučnost a v některých případech i na jakost tepelných úprav.

V nemocnicích by mělo vzduchotechnické zařízení pracovat pouze s čerstvým vzduchem. V prostorech s požadavky na méně než 200 zárodků v 1 m³ mohou být zařízení, které pracují i s oběhovým vzduchem odebíraným ze stejných prostorů, ale s použitím třístupňové filtrace.

Nasávání venkovního vzduchu musí být zajištěno z takových prostorů, kde nevznikají škodliviny výrobou, dopravou a spalováním nebo také v zemědělských provozech. Vzduch musí být nasáván ve výšce minimálně 3 m nad úrovní terénu. Naopak vzduch, který se odvádí, musí být vyfukován vertikálně nad střechu a v minimální vzdálenosti 20 m od nasávacích otvorů.



Obr. 4. Nasávání a vyfukování vzduchu v nemocnicích

Potrubí vzduchotechnického systému musí být dimenzováno tak, aby nedocházelo k vnikání vzduchu, tedy tak, aby byl v potrubí udržován přetlak.

Pro vlhčení přiváděného vzduchu se mohou používat pouze parní zvlhčovače, ale bez použití antikorozních prostředků. Vodní zvlhčování je nepřijatelné. Za parními zvlhčovači nesmí docházet ke kondenzaci na stěnách zařízení nebo v potrubí. Také musí být zajištěno odvodnění v případě, že by došlo k poruše ventilátoru. Za zvlhčováním pak musí být alespoň jeden filtrační stupeň a musí být umístěn v takové vzdálenosti, aby vzduch byl zvlhčen rovnoměrně.

Lamelové výměníky musí být snadno přístupné v případě jejich čištění. U chladičů musí být zajištěno odvádění zkondenzované vlhkosti. Hladké povrchy teplosměnných ploch zajistí jejich snadné čištění, vzdálenosti jednotlivých lamel od sebe musí být alespoň 2,5 mm a rychlost proudění vzduchu musí být 2 až 3 m/s. Za chladiči musí být umístěn jeden filtr. Tlumiče hluku musí být z takového materiálu, aby nedocházelo k uvolňování jeho částí, tedy povrch musí být nedrolivý a nehydrokopický.

Potrubí a části klimatizačního zařízení musí být uvnitř zcela hladké a tvarované tak, aby v nich nedocházelo ke vzniku usazenin. Použití vnitřní izolace vzduchovodů po jemné filtraci je zakázáno. Při montáži klimatizačního zařízení musí být dodržována čistota a v případě znečištění některé součásti je třeba tyto nečistoty umýt. Všechny součásti klimatizačního zařízení se musí dát po montáži i vyjmout a je proto nutné pro demontáž ponechat dostatek prostoru. Na potrubí musí být umístěny kontrolní otvory pro zjištění čistoty uvnitř potrubí. Tyto kontrolní otvory se neumísťují za jemnou filtraci. Na m² kanálové plochy při tlakovém rozdílu 400 Pa může být netěsnost potrubí maximálně 0,5 m³/h. Stavební kanály pro rozvod vzduchu jsou ve zdravotnických zařízeních zakázány.

Filtrace vzduchu je dvoustupňová a třístupňová. První stupeň filtrace se používá na přívodu čerstvého vzduchu, druhý stupeň na klimatizačním zařízení a třetí stupeň filtrace je před vyústkami a výdechy. Za posledním stupněm filtrace se potrubí nesmí dále rozvětvovat.

Vzduchotechnická zařízení zajišťující klimatizaci na různé úrovni musí mít těsné klapky, které se automaticky uzavřou v případě odstavení zařízení a oddělí tak prostory s menšími nároky od ostatních. Vyústky musí být vyjímatelné kvůli jejich čištění.

Při distribuci vzduchu vzniká tzv. laminární proudění. Toto proudění může být vertikální nebo také horizontální. Rychlost vzduchu by se měla pohybovat mezi 0,25 m/s a 0,45 m/s [14].

Klimatizační zařízení musí pracovat automaticky a spolehlivě, s nízkou hladinou hluku. V nemocnicích musí klimatizace a větrání plnit následující úkoly:

- udržovat teplotu vzduchu podle ročního období podle nastavení;
- odvádět páry a plyny v operačních sálech;
- odstraňovat pachy a výpary, prach a mikroorganismy;

- zabraňovat požárům a výbuchům v operačních sálech;
- zabraňovat šíření infekcí;
- zásobovat větrané místnosti čerstvým a čistým vzduchem;
- udržovat vhodné tlakové poměry mezi místnostmi;
- odstraňovat teplo a pachy z pomocných provozů.

5.4.1 Systémy zařízení

V nemocničních zařízeních můžeme použít skoro všechny systémy větrání a klimatizace. Tyto systémy jsou voleny podle výkonů a teplotních podmínek.

Podle stupně úpravy vzduchu dělíme klimatizační zařízení na:

- úplnou klimatizaci s filtrací, chlazením a ohříváním, vlhčením nebo odvlhčením;
- dílčí klimatizaci pro filtraci, ohřívání a chlazení;
- větrací zařízení pro ozdravení ovzduší v místnostech nebo pracovištích, pro odstranění pachů, páry a škodlivých plynů, jemného prachu a vláken a pro odstranění nadměrného tepla v teplých provozech;
- teplovzdušné vytápění, kdy je třeba nahradit tepelné ztráty místností teplým vzduchem.

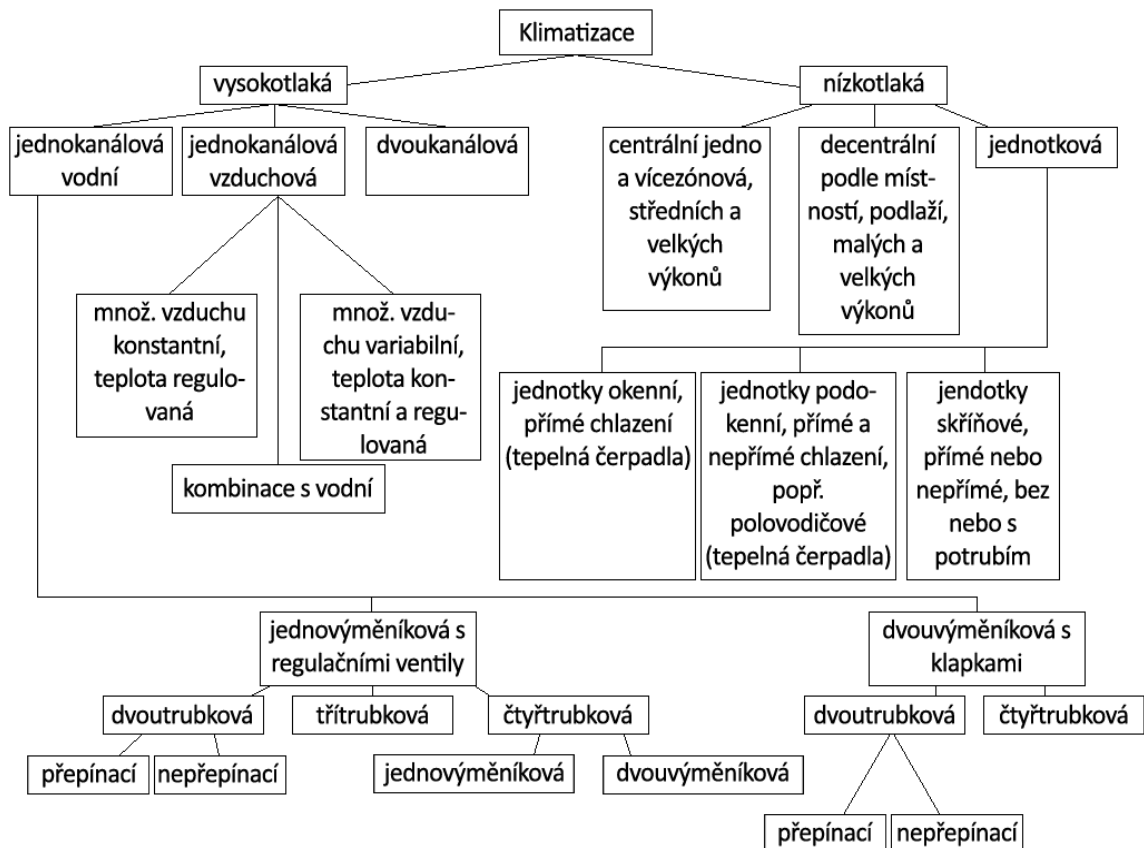
5.4.2 Typy vzduchotechnických jednotek

Podle konstrukčního provedení se zařízení pro větrání a klimatizaci rozdělují dále na:

- jednotková se skříňovými jednotkami s chlazením nebo také s chlazením a ohříváním vzduchu vodou, často se vzduchovodem pro rozvod vzduchu;
- jednotková s nízkými podokenními jednotkami, s chlazením nebo s chlazením a ohříváním vzduchu vodou; mohou také pracovat jako tepelná čerpadla;
- jednotková polovodičová pro chlazení a ohřívání vzduchu podle Peltierova jevu, bez použití vodních instalací, případně pracující jako tepelná čerpadla;
- centrální jednotky s kompaktními jedno nebo vícezónovými sestavnými jednotkami pro úpravu vzduchu nebo větrání, pro vzduchový výkon od 2000 m³/h do 40000

m^3/h až $70000 \text{ m}^3/\text{h}$. Tyto jednotky se umisťují ve strojovnách, co možná nejbližše klimatizovaných místností;

- kombinované jednotky s centrálním rozvodem a přídatnými jednotkami v místnostech pro dochlazování nebo ohřívání vzduchu;
- odsávací zařízení s ventilátory a vzduchovody.



Obr. 5. Přehled systémů klimatizace

Podle celkových tlaků ventilátorů dále zařízení rozdělujeme na nízkotlaké, vysokotlaké, vysokotlaké jednokanálové, vysokotlaké dvoukanálové a kombinaci těchto systémů:

- Nízkotlaké zařízení se používají pro úplnou nebo dílčí klimatizaci, nebo větrání.
- Vysokotlaká zařízení mohou být jednokanálová, vodní, multizónová, s indukčními jednotkami a regulačními ventily na straně vody, ty mohou dále být dvoutrubková přepínací, dvoutrubková nepřepínací, třítrubková a také čtyřtrubková s jednovýměňíkovými indukčními jednotkami ve speciálním provedení omyvatelnou plochou a čtyřtrubkové s dvouvýměňíkovými indukčními jednotkami

klapkovými, bez vodních regulačních ventilů, se servopohony pro regulační a směšovací klapky.

- Vysokotlaká jednokanálová klimatizace, která může být multizónová, vzduchová bez výměníků v místnostech, ale s expanzními zařízeními pro konstantní množství vzduchu nebo variabilní množství vzduchu.
- Dvoukanálová vysokotlaká klimatizace se souběžným rozvodem chladného a teplého vzduchu a směšovacími skříněmi.

Podle účelu upotřebení můžeme také použít kombinaci výše uvedených systémů [13].

5.5 Větrání a klimatizace operačních sálů

Vzhledem k požadavkům na jakost přiváděného vzduchu jsou operační sály nejnáročnější provozy. K větrání a klimatizaci se používá několik systémů v závislosti na náročnosti operaci a režimu prací. Hlavními požadavky na přiváděný vzduch jsou:

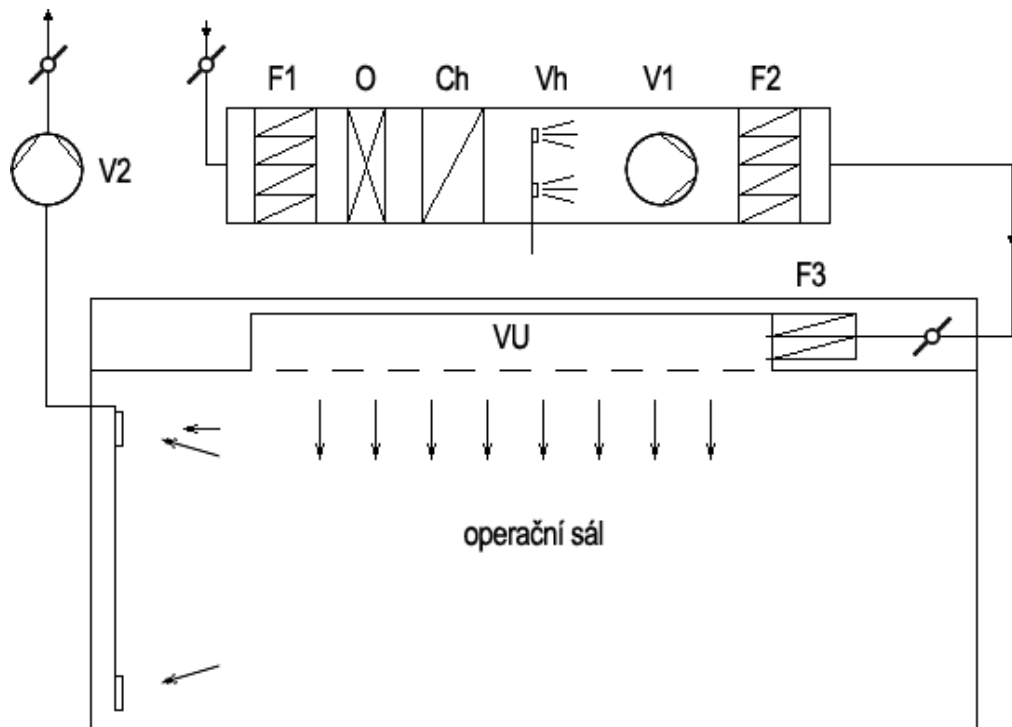
- sterilita vzduchu;
- dobrá regulovatelnost;
- kvalitní větrání.

Teplota se regulovala vzhledem k potřebám pacienta, u dlouhodobých operací se však teplotní podmínky přizpůsobují požadavkům chirurgů.

U operací se také používají narkotika, která mají menší hustotu než vzduch, takže mají tendenci koncentrovat se v horní části místnosti. Je proto vhodné odsávat část vzduchu také pod stropem. Běžné operační sály pracují jen s čerstvým vzduchem. Řešení takovýchto sálů je uvedeno na obrázku (Obr. 6). K náročnějším operacím se používají speciálně vyvinuté děrované stropní nástavce. Ty zajišťují laminární přívod vzduchu přímo nad operační stůl.

Ohraničení přívodu proudu bylo dříve prováděno pomocí štěrbinové obdélníkové vyústky. Dnes toto ohraničení proudu vzduchu řeší igelitové závěsy. Při takovémto řešení se odsávání vzduchu provádí u podlahy. V těchto speciálních operačních sálech jsou značně vysoké přívody vzduchu a odváděný vzduch bývá kvalitnější než vzduch čerstvý. Proto tato zařízení pracují s oběhovým vzduchem. U běžných případů se přiváděné množství vzduchu pohybuje kolem 3000 m³/h, zřídka je to více. Operační sál musí být oproti sousedním prostorům udržován v přetlaku a ty musí být udržovány v přetlaku vůči

koridorům. Podtlaku se využívá pouze v případě tzv. nečistých operací, kdy hrozí nebezpečí přenesení infekce.



Obr. 6. Řešení operačního sálu. F1, F2, F3 – tři stupně filtrace, O – ohříváč, Ch – chladič, Vh – parní zvlhčovač, V1, V2 – ventilátory, VU – velkoplošná vyústka

Klimatizační zařízení by mělo být udržováno v provozu, i když neprobíhá v operačním sále žádná operace, aby se v něm udržel mírný přetlak a aby mohl být v případě potřeby okamžitě využit [14].

6 KOMUNIKAČNÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉMY

Na základě rostoucích požadavků kladených na multifunkční využití budov je zřejmé, že budou mít velkou perspektivu využití integrovatelné řídicí a komunikační systémy v budovách. Tyto systémy jsou schopny reagovat na změny požadavků vyvíjející se struktury obyvatel a okolí na využití budov, např. na řízení provozu, zabezpečení jak objektové, tak zabezpečení uživatelů a také komunikační možnosti. Komunikační systém je možné aplikovat bez významných stavebních úprav [18].

6.1 LonWorks

Technologie LonWorks byla vyvinuta firmou Echelon ve spolupráci s firmami Toshiba a Motorola v letech 1989 až 1992. Tato technologie je vhodná k řízení spotřebičů a automatizaci budov, dálkové odečty měřičů energií nebo regulaci v průmyslu.

Tato technologie vychází ze sítě zvané Local Operating Network, tzn. místní datová síť. Ty bývají složeny z inteligentních zařízení a uzlů propojených jedním nebo více komunikačními médii komunikující spolu jedním komunikačním protokolem. Uzly jsou programovány na vysílání zpráv při změnách stavů nebo podmínek nebo na reakci na přijatou zprávu.

6.1.1 Základní vlastnosti sítě LonWorks

Základní vlastností sítě LonWorks je využití architektury peer-to-peer s prioritním systémem zasílání zpráv. Základním prvkem sítě je inteligentní uzel – node. Je založen na speciálních mikrokontrolerech, které se nazývají neuron chipy a běží na nich LonTalk protokol. Komunikační model není závislý na fyzickém přenosovém médiu a na topologii sítě.

Neuron chip je nezávislý na typu traceiveru zprostředkovávající jeho propojení s fyzickým médiem. Díky tomu lze fyzicky pakety přenášet různými způsoby, například použitím kroucené dvojlinky, rádiového přenosu, optického vlákna, koaxiálního kabelu nebo napájecím výkonovým vedením a síťovými rozvody 230/400 V. Je možné využít i již natažené kabelové televize.

Použitím architektury peer-to-peer pro řízení přenosu a směrování paketů je použita topologie závislá na použitém transceiveru a ne na komunikačním modelu.

Řízení přenosu a směrování paketů je prováděno LonTalk protokolem, který je tvořen firmwarem každého Neuron chipu. Identifikace uzlu v síti je provedena unikátním 48 bitovým identifikátorem, tzv. neuron ID. Neuron chip může zpracovávat jednoduchá data, například ze senzorů, které jsou připojeny na I/O piny. Programování chipu se provádí prostřednictvím jazyka Neuron C, který je založen na programovacím jazyku C standardu ANSI [16].

6.1.2 LonTalk protokol

U technologie LonWorks je jako síťový protokol použit LonTalk. Tento protokol je součástí každého uzlu a umožňuje přenos dat po libovolném médiu a topologii sítě.

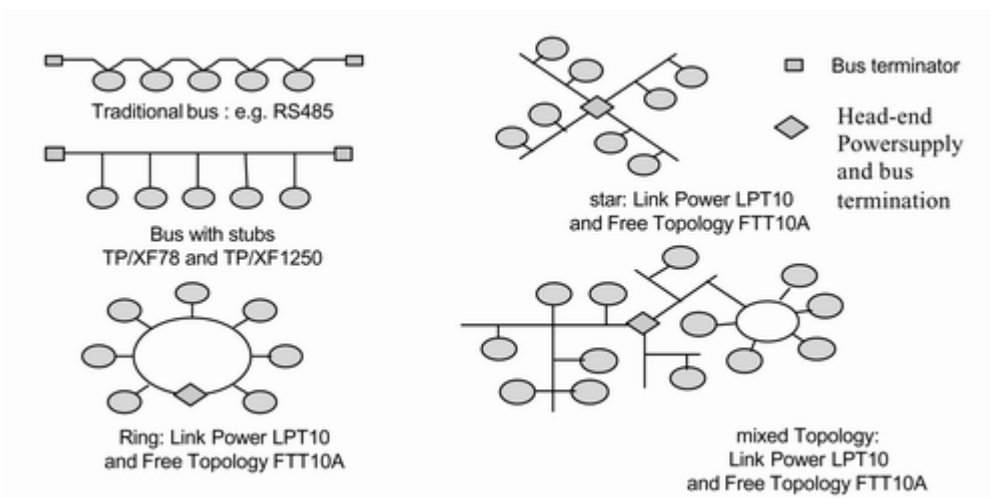
Tento protokol byl navržen v roce 1989 firmou Echelon a standardizován jako EIA 709.1. Standard definuje přístup na sběrnici a řízení přenosu paketu po existující síti. Protokol LonTalk byl navržen podle modelu ISO OSI, což umožňuje programům běžícím na aplikačním PC komunikovat s aplikací běžící na jiném uzlu, který je tvořen Neuronovým chipem kdekoliv ve stejné síti [17].

Vrstvy podle modelu OSI (ISO/IEC 7498) jsou uvedeny v tabulce (Tab. 9) [18].

Tab. 9. Vrstvy podle specifikace OSI (ISO/IEC 7498)

Uživatelské vrstvy	7	Aplikační vrstva	Aplikační kompatibilita	Přenos souborů, konfigurace, síťové služby	Aplikační protokol
	6	Prezentační vrstva	Interpretace dat	Překlad bitových zpráv	
	5	Relační vrstva	Řízení	Řízení přenosu, navázání na ukončení spojení	
Vrstvy přenosu dat	4	Transportní vrstva	Zabezpečení vzájemného spojení	Navázání a ukončení spojení, zamezení duplicit	Transportní protokol
	3	Síťová vrstva	Doručení zpráv	Adresace a směrování paketů	
	2	Linková (spojová) vrstva	Vstup medií a tvorba rámců	Kódování dat, kontrola chyb, přihlašování do sítě a zabránění kolizím	
	1	Fyzická vrstva	Elektrické spojení	Schéma modulace signálu, přenosová media (kroucená dvojlinka, silové kabely, koaxiální kabely, infračervený přenos, RF přenos, optické kabely)	

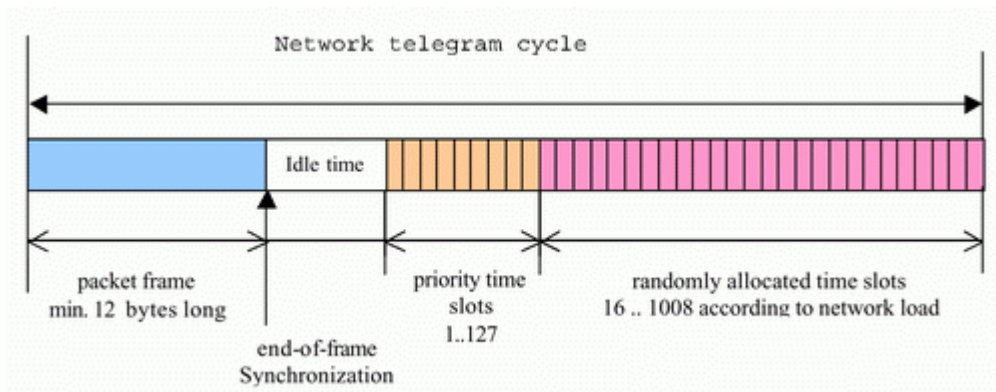
Fyzická vrstva definuje propojení po fyzickém komunikačním médiu. Jak už bylo zmíněno dříve, má protokol LonWorks výhodu v možnosti přenosu po libovolném médiu, pro který existuje transceiver přímo napojený na k tomu určeným pinům neuronu uzlu. Tímto dohromady tvoří uzel sítě.



Obr. 7. Příklady topologií sítě LonWorks

Je možné využít a navázat více druhů médií. Jsou podporovány i tzv. vícenásobné komunikační kanály, kde se pojmem kanál uvažuje fyzické transportní médium pro datové pakety s možností připojení až 32 385 uzlů. Pro přenos mezi kanály se používají routery.

Linková vrstva slouží k ovládání a řízení přístupu na médium a také provádí kontrolu dat, kdy může v případě výskytu chyby tuto chybu opravit. Schéma přístupu uzlu na sběrnici je uveden na obrázku (Obr. 8).



Obr. 8. Schéma přístupu uzlu na sběrnici (CSMA/CA)

Pro přístup na sběrnici se využívá metody CSMA/CA pro přenášení paketů. Všechny neuron chipy sledují přenos po síti a čekají na stav, kdy nikdo nevysílá (Idle state). Po ukončení vysílání uzlu je vyslán synchronizační bit (End-of-frame Synchronization), který ukončuje přenášený rámeček. Poté každý uzel odpočítává tzv. Priority time slots, kdy mohou mít určité uzly nebo zprávy vyšší prioritu než jiné, a tak se na sběrnici dostanou přednostně, neboť jim je odpočítáván kratší čas. Proto má každý neuron chip několik bufferů s rozdílnou prioritou, pro rozdělení priorit jednotlivých paketů. Potom následuje čekání podle randomly allocated time slots, tzn. náhodně vygenerované doby. Jestliže se do té doby na sběrnici neobjeví komunikace, vyšle uzel svůj paket.

Sít'ová vrstva zodpovídá za správné doručení paketu cílovému uzlu nebo uzlům. Pro adresaci se využívá 3-úrovňová adresace k identifikaci daného uzlu.

První úrovní hierarchie je doména, jejíž identifikátor je délkou volitelný mezi hodnotami 0, 1, 3 nebo 6 bytů. Jeden uzel může být členem nejvýše dvou domén. Domény jsou propojovány bránami.

Druhou úrovní adresování je podsít'. Každá doména může mít 255 podsítí. Jednotlivé podsítě jsou tvořeny logickou skupinou uzlů z různých kanálů. Kanály jsou propojovány routery.

Třetí a zároveň nejnižší úrovní adresování je samostatný uzel. Je adresován 48 bitovým identifikačním číslem. Každá podsíť může mít až 127 uzlů.

Transportní vrstva provádí kontrolu správného přenosu paketů sítí od vysílajícího uzlu k cílovému, zajišťuje potvrzování paketů, ničí duplikátně vyslané pakety atd. Čtyři základní služby jsou:

- Služba potvrzování přijatého paketu či zprávy (End-to-End Acknowledged service),
- Služba žádost/odpověď (Reces/Response),
- Služba zasílání zpráv typu broadcast,
- Služba nepotvrzeného zasílání zpráv [17].

Relační vrstva vytváří relace, tedy časové intervaly pro komunikaci mezi aplikačními procesy a synchronizuje komunikaci. Relační vrstva definuje i ověřovací protokol pro ověřování zpráv. To umožňuje příjemci zprávy zjistit, jestli je odesílatel zprávy k tomu oprávněn. To zamezí neoprávněným přístupům na uzel a do aplikace.

Prezentační hladina vytváří překlad přenášených bitových řetězců do tvaru dostupného uživatele

V **Aplikační vrstvě** běží konkrétní aplikační program deklarující používané typy síťových proměnných, kódy explicitních zpráv apod. [17], [18].

6.1.3 Komunikační média

Přenos dat a instrukcí probíhá všemi vrstvami takovým způsobem, který je definován komunikačním protokolem, prostřednictvím komunikačních médií. Požadavky pro komunikaci na fyzické vrstvě komunikačního systému se označují jako CCCB (Commands, controls and communications in buildings) a zahrnují požadavky na elektrické instalace, vytápění a vzduchotechniku, zabezpečovací systémy atd. V rámci nejnižší, fyzické, úrovně pracují například senzory a akční členy.

Hlavními skupinami komunikačních médií jsou:

- komunikační kabely;
- infračervené vysílače;
- bezdrátové komunikace;

- silové kabely.

Uvedená média mají své výhody i nevýhody. Při volbě těchto médií se musí vzít v potaz několik faktorů, jako je délka kabelové sítě, možnost vzdáleného přístupu jednotlivých médií, rychlost přenosu, objem dat atd. Pro komunikaci je možné využít i kombinaci více médií [18].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 NÁVRH TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOVY

V této části je uveden návrh zařízení pro zdravotnickou budovu. Zařízení jsou volena podle současných trendů vyvíjejících se v tomto odvětví. V této části práce se budeme zabývat návrhem vytápěcí soustavy a klimatizace, zabezpečovacími systémy a řídicími systémy, které budou řídit a propojovat jednotlivé prvky mezi sebou.

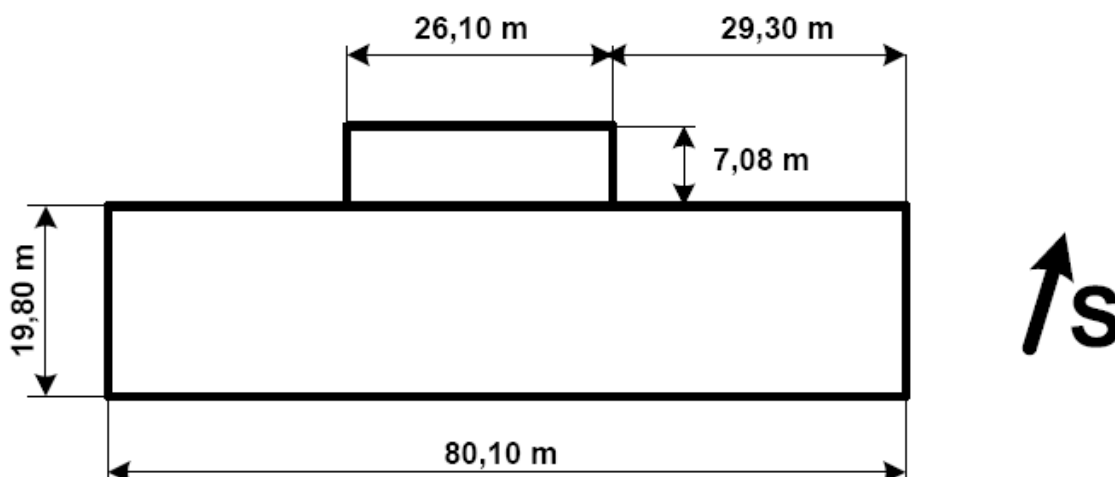
Vytápění jednotlivých místností je teplovodní ústřední, s deskovými otopnými tělesy, s teplotním spádem 55/45 °C, chodby objektu jsou větrány pomocí vzduchotechniky. Zdroj tepla je centrální. Vytápěcí systém je rozdělen do čtyř větví. Jako tepelný zdroj je použita parní předávací stanice.

7.1 Popis budovy a okrajových podmínek

Jedná se o samostatně stojící budovu, která se nachází v lokalitě Zlín a je situována směrem na sever. Je to zdravotnická budova s ambulancemi, které jsou umístěny podél obou průčelí budovy, čekárny jsou v otevřených středních chodbách. Tento objekt byl postaven ve stylu „baťovských“ průmyslových objektů ve 30. letech 20. století. V současné době je tato budova rekonstruována, probíhá zateplení pláště budovy, výměna oken a také jsou přestavovány vnitřní prostory. Budova je nepodsklepená o pěti nadzemních podlažích s plochou střechou. V objektu se nachází také lůžková část umístěná ve 3. a 4. nadzemním podlaží a v 5. podlaží jsou operační sály.

Charakteristika budovy:

- samostatně stojící pětipodlažní budova
- orientace průčelí S-J
- počet osob 260
- podlahová plocha – 8 254 m²
- obestavený objem budovy – 30 827 m³
- čistá vytápěná podlahová plocha – 6 152,5 m²
- objem vytápěných částí budovy – 21 106,6 m³



Obr. 9. Situace

V tabulce (Tab. 10) jsou uvedeny klimatické údaje z dané lokality (Zlín) a v tabulce (Tab. 11) jsou zapsány vnitřní výpočtové teploty potřebné k výpočtům pro tento objekt.

Obě tabulky jsou získány z normy ČSN EN 12 831 [19].

Tab. 10. Výpočtová venkovní teplota Θ_e , roční průměrná venkovní teplota $\Theta_{m,e}$

Místo	Výška nad mořem [m]	Θ_e [°C]	Otopné období pro $\Theta_e=12^\circ\text{C}$		Otopné období pro $\Theta_e=15^\circ\text{C}$		Otopné období pro $\Theta_e=13^\circ\text{C}$	
			$\Theta_{m,e}$ [°C]	počet dnů	$\Theta_{m,e}$ [°C]	počet dnů	$\Theta_{m,e}$ [°C]	počet dnů
Zlín	289	-12	3,6	216	5,1	257	4,0	226

Tab. 11. Vnitřní výpočtová teplota Θ_i

Druh prostoru	Θ_i [°C]
ordinace	24
čekárny	20
pokoje pro nemocné	22
vyšetřovny, přípravny	24
koupelny	24
operační sály	25
předsíně, chodby, WC, schodiště	20

7.1.1 Skladba konstrukcí

Skladby konstrukcí byly převzaty ze zadání stavební části projektu. Všechny konstrukce měly být voleny v souladu s normou ČSN 73 0540. Ukázka z normy je uvedena v tabulce (Tab. 12).

Tab. 12. Ukázka požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro stavební konstrukce podle normy ČSN 73 0540-2 [20]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m ² .K)]	
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
Sřecha plochá a šikmá se sklonem do 45° v čtne	0,24	0,16
Stěna vnější	lehká	0,20
	těžká	0,25
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30

7.1.1.1 Skladba podlahy na terénu

Skladba podlahy na terénu je uvedena v tabulce (Tab. 13), kde je také uveden součinitel prostupu tepla. Tato skladba vyhovuje požadované hodnotě uvedené v normě ČSN 73 0540-2 [20].

Tab. 13. Skladba podlahy na terénu

Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]
Dlažba keramická	0,020	1,01
Potěr cementový	0,019	0,96
Beton hutný	0,040	1,23
Extrudovaný polystyren	0,050	0,03
A 400 H	0,015	0,21
Beton hutný	0,250	1,23
Štěrka	0,300	0,65
Tloušťka celkem	0,694	
Součinitel prostupu tepla U [W/(m².K)]		0,41

7.1.1.2 Skladba svislé obvodové stěny

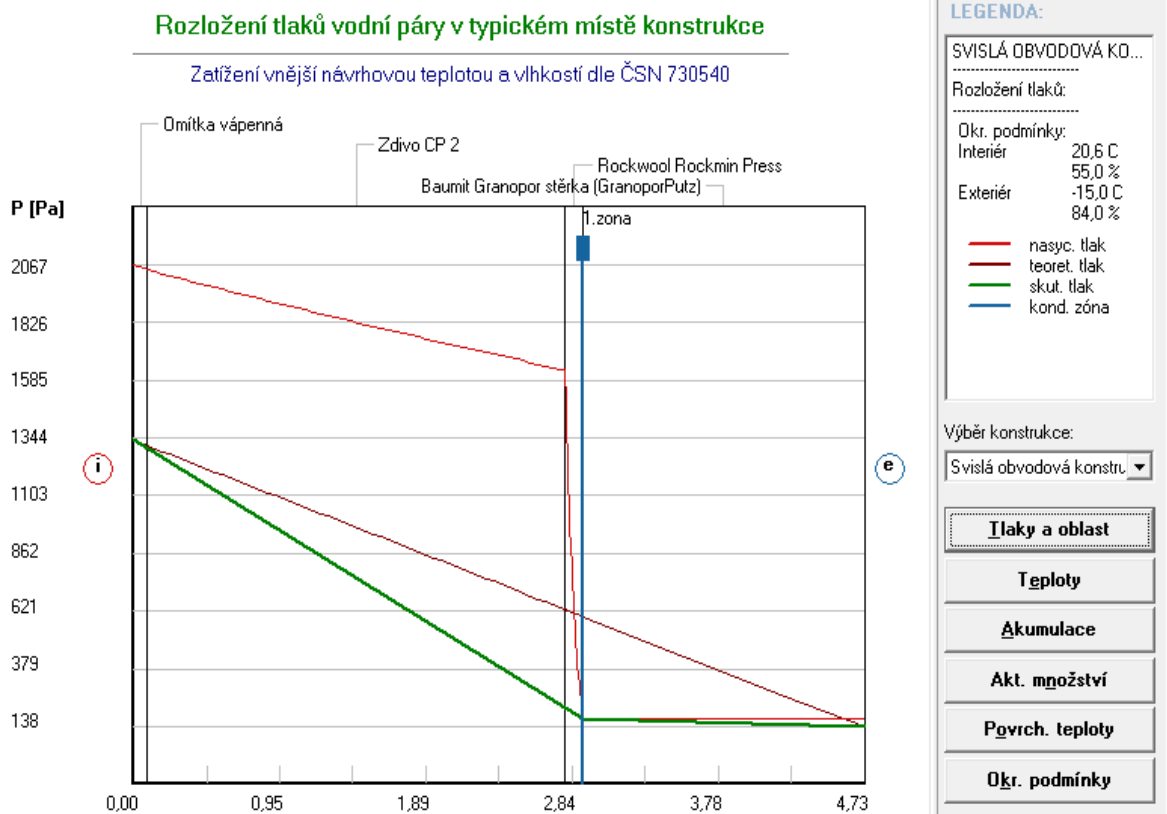
Z tabulky (Tab. 14) je patrné, že konstrukce splňuje požadavek na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla.

Tab. 14. Skladba svislé obvodové stěny

Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]
Omítka vápenná	0,015	0,87
Cihla pálená	0,300	0,86
Rockwool RPF-100	0,120	0,04
Granolan - stěrka	0,015	0,70
Tloušťka celkem	0,450	
Součinitel prostupu tepla U [W/(m².K)]		0,30

Plášť budovy musí splňovat normu ČSN 73 0540 také z hlediska kondenzace vodních par v plášti budovy. Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce tedy musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce. Pokud by tato podmínka nebyla splněna, mohlo by dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce a to by mohlo způsobit například objevení plísní na zdivu.

Pro výpočet kondenzace vodních par uvnitř pláště budovy byl použit program Teplo 2010. Tento program se při výpočtu řídí dodržováním potřebných norem. Výstupem je i graf, který je zobrazen na obrázku (Obr. 10). V grafu je znázorněno, zdali dochází ke kondenzaci par a pokud ano, jsou v něm zobrazeny i zóny, ve kterých by ke kondenzaci mohlo docházet.



Obr. 10. Kondenzace vodních par

Z grafu lze vyčíst, že ke kondenzaci může během roku dojít, ovšem pokud se podíváme na datový výstup na obrázku (Obr. 11), zjistíme, že ke kondenzaci sice dochází, avšak množství zkondenzované vodní páry je menší, než množství vypařitelné vodní páry, můžeme tedy říci, že ke kondenzaci vodních par během roku nedochází.

Celoroční bilance vlhkosti:Množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$: 0.457 kg/m²,rokMnožství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$: 1.277 kg/m²,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kondenzační zóny		Akt.kond./vypař. Gc [kg/m ² s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m ²]
	levá [m]	pravá		
11	0.4350	0.4350	2.10E-0008	0.0545
12	0.4350	0.4350	4.01E-0008	0.1619
1	0.4350	0.4350	4.39E-0008	0.2795
2	0.4350	0.4350	4.00E-0008	0.3764
3	0.4350	0.4350	2.15E-0008	0.4341
4	0.4350	0.4350	-8.79E-0009	0.4113
5	0.4350	0.4350	-4.71E-0008	0.2852
6	0.4350	0.4350	-7.71E-0008	0.0855
7	---	---	-9.56E-0008	0.0000
8	---	---	---	---
9	---	---	---	---
10	---	---	---	---

Maximální množství kondenzátu $M_{c,a}$: 0.4341 kg/m²Na konci modelového roku je zóna suchá (tj. $M_{c,a} < M_{ev,a}$).

Obr. 11. Část datového výstupu

7.1.1.3 Skladba střechy

Tab. 15. Skladba střechy

Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]
Omítka vápenná	0,015	0,870
Železobeton	0,225	1,740
Sklobit Extra	0,005	0,210
Polystyren PPS	0,200	0,039
Bigatit S	0,005	0,210
Sklobit Extra	0,005	0,210
Delta Reflex	0,005	0,210
Tloušťka celkem	0,460	
Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² .K)]		0,18

Skladba střechy také splňuje požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla, ovšem konstrukce pravděpodobně není volena zcela správně, protože během roku v ní dochází ke kondenzaci vodních par. Množství zkondenzované vodní páry je větší než množství vypařitelné vodní páry, což může mít za následek tvorbu plísní.

7.1.1.4 Otvorové výplně

Všechny otvorové výplně jsou na bázi plastových oken s izolačním dvojsklem o hodnotě součinitele prostupu tepla $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

7.2 Podklady pro návrh systémů TZB

Návrh zdravotnické budovy byl postaven na reálném projektu zdravotnické budovy, z něhož byla použita část stavební dokumentace. Všechny použité systémy v této práci byly navrženy jejím autorem.

Mezi údaje, které byly potřebné k výpočtům vedoucím k návrhu systémů technických zařízení budov, patří klimatické údaje a údaje o budově, jako jsou její rozměrové, tepelné a polohové vlastnosti.

7.3 Výpočet tepelných ztrát

Pro navrhování systémů TZB je nutná znalost tepelných ztrát budovy, která je základem pro dosažení dostatečného tepelného výkonu pro vytápění místností na požadovanou teplotu. Postup pro výpočet tepelných ztrát je uveden v normě ČSN 12831 [1].

Před zahájením výpočtu bylo třeba znát dvě základní teploty, a to výpočtovou venkovní teplotu θ_e (viz. Tab. 10) a výpočtovou vnitřní teplotu θ_i (viz. Tab. 11), která závisí na druhu prostoru. Z tabulek lze tedy vyčíst, že výpočtová vnitřní teplota pro lokalitu Zlín (Napajedla) $\theta_e = -12 \text{ °C}$ a vnitřní výpočtová teplota θ_i se pohybuje v rozmezí $20 - 25 \text{ °C}$ podle účelu využití prostoru.

7.3.1 Výpočet návrhové tepelné ztráty

Celková návrhová tepelná ztráta Φ_i vytápěného prostoru (i) se spočítá pomocí vzorce:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) [\text{W}] \quad (1)$$

kde:

$\Phi_{T,i}$... návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) [W];

$\Phi_{V,i}$... návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i) [W];

7.3.2 Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelnou ztrátu prostupem počítáme pro všechny místnosti, u kterých dochází k prostupu tepla do okolního prostředí nebo do odlišně vytápěných místností.

Návrhovou tepelnou ztrátu prostupem $\Phi_{T,i}$ pro vytápěný prostor stanovíme podle vzorce:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) [\text{W}] \quad (2)$$

kde:

$H_{T,ie}$... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy [W/K];

$H_{T,iue}$... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem [W/K];

$H_{T,ig}$... součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) [W/K];

$H_{T,ij}$... součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K];

$\Theta_{int,i}$... výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [°C];

Θ_e ... výpočtová venkovní teplota [°C].

Tepelné ztráty prostupem pro jednotlivá podlaží jsou uvedeny v tabulce (Tab. 16).

Tab. 16. Tepelné ztráty prostupem $\Phi_{T,i}$

	Plocha vytápěných prostor [m²]	Tepelná ztráta prostupem [W]
1. podlaží	726,94	18 651,43
2. podlaží	1 310,37	20 757,35
3. podlaží	1 395,91	22 243,33
4. podlaží	1 528,05	21 757,55
5. podlaží	1 191,19	29 092,38
Celkem	6 152,46	112 502,04

7.3.3 Výpočet tepelné ztráty větráním

Další částí celkové návrhové tepelné ztráty je tepelná ztráta větráním. Tato ztráta je ovlivněna intenzitou výměny vzduchu n_{min} [1/h], která je dána normou ČSN EN 12 831 [19].

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ pro vytápěný prostor (i) se stanoví ze vztahu:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{\min,i} \cdot (\Theta_{\text{int},i} - \Theta_e) [\text{W}] \quad (3)$$

kde:

$V_{\min,i}$... hygienicky nejmenší požadované množství vzduchu pro vytápěný prostor (i) [m^3/h];

$\Theta_{\text{int},i}$... výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [$^{\circ}\text{C}$];

Θ_e ... výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$].

Pro výpočet tepelné ztráty větráním se však musí nejdříve určit nejmenší požadované množství vzduchu pro vytápěný prostor (i), a to ze vztahu:

$$V_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i [\text{m}^3/\text{h}] \quad (4)$$

kde:

n_{\min} ... minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [1/h];

V_i ... objem vytápěné místnosti (i) [m^3] vypočítaný z vnitřních rozměrů místnosti.

Tepelné ztráty větráním jednotlivých podlaží jsou uvedeny v tabulce (Tab. 17).

Tab. 17. Tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i}$

	Objem vytápěných prostor [m^3]	Tepelná ztráta větráním [W]
1. podlaží	2 119,76	11 644,42
2. podlaží	3 821,05	21 141,32
3. podlaží	4 070,46	23 399,74
4. podlaží	4 455,79	25 402,80
5. podlaží	3 473,52	19 343,20
Celkem	17 940,58	100 931,48

7.3.4 Určení zátopového tepelného výkonu

Výpočet zátopového tepelného výkonu se provádí u prostoru (i) s přerušovaným vytápěním užitím vztahu:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} [\text{W}] \quad (5)$$

kde:

A_i ... podlahová plocha vytápěné místnosti (i) [m²];

f_{RH} ... zátopový korekční činitel, závislý na druhu budovy a její stavební konstrukci, době zátopu a poklesu vnitřní teploty v době útlumu.

Pro zadaný objekt byl zvolen zátopový součinitel $f_{RH} = 18$. Tato hodnota byla získána po zadání parametrů budovy – nebytová budova, zátopová doba 3 hodiny, vysoká hmotnost budovy a teplotní pokles 2 K.

Zátopový výkon je počítám pouze pro první a druhé podlaží, ve kterých je přerušovaný provoz. Ostatní podlaží jsou v nepřetržitém provozu. Vypočtený zátopový výkon je uveden v tabulce (Tab. 18).

Tab. 18. Zátopový výkon

	Zátopový výkon [W]
1. podlaží	11,22 kW
2. podlaží	22,96 kW
Celkem	34,18 kW

7.3.5 Celkový tepelný výkon

Celkový návrhový tepelný výkon Φ_{HL} slouží ke stanovení tepelného výkonu potřebného pro návrh vytápěcí soustavy. Je to součet všech návrhových tepelných ztrát a zátopového výkonu a spočítá se podle vztahu:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (6)$$

Po dosazení do výše uvedeného vztahu dostaneme hodnotu $\Phi_{HL} = 300\,705$ W.

7.4 Výpočet tepelných zisků

Dalším bodem této práce, který souvisí s tepelným výkonem, je návrh vzduchotechnického zařízení pro vybrané prostory, které jsou v letním období chlazeny a v zimním vytápěny. Stejně jako bylo nutné pro zimní období spočítat tepelné ztráty, je pro letní období a následný návrh systému pro chlazení spočítat tepelné zisky.

Do tepelných zisků z vnitřních zdrojů patří produkce tepla lidmi, svítidly, elektronickými zařízeními a jinými zdroji, další podíl na tepelných ziscích mají zisky z vnějšího prostředí – tepelná zátěž okny a stěnami.

Tepelné zisky byly vypočteny pomocí programu od firmy Qpro, který provádí výpočet v souladu s normou ČSN 73 0548 [23].

Tab. 19. Tepelné zisky v průběhu roku ve [W]

Měsíc	Hodiny							
	6	7	8	9	10	11	12	13
1	-6210	-4171	-1798	746	3764	7404	9962	10997
2	3749	5719	8091	10634	13699	17386	19898	20974
3	12691	14670	17004	19542	22556	26029	28536	29628
4	19127	21118	23472	25982	28816	31598	34062	35191
5	24422	26422	28796	31304	33994	36617	38772	40241
6	27816	29824	32195	34708	37315	39925	42040	43519
7	29626	31628	33990	36504	39184	41793	43913	45389
8	29711	31699	34051	36564	39430	42204	44671	45797
9	26875	28860	31197	33739	36680	39893	42375	43488
10	22059	24028	26402	28939	32015	35692	38205	39316
11	14243	16259	18636	21174	24191	27832	30394	31430
12	6280	8300	10679	13217	16153	19634	22228	23227

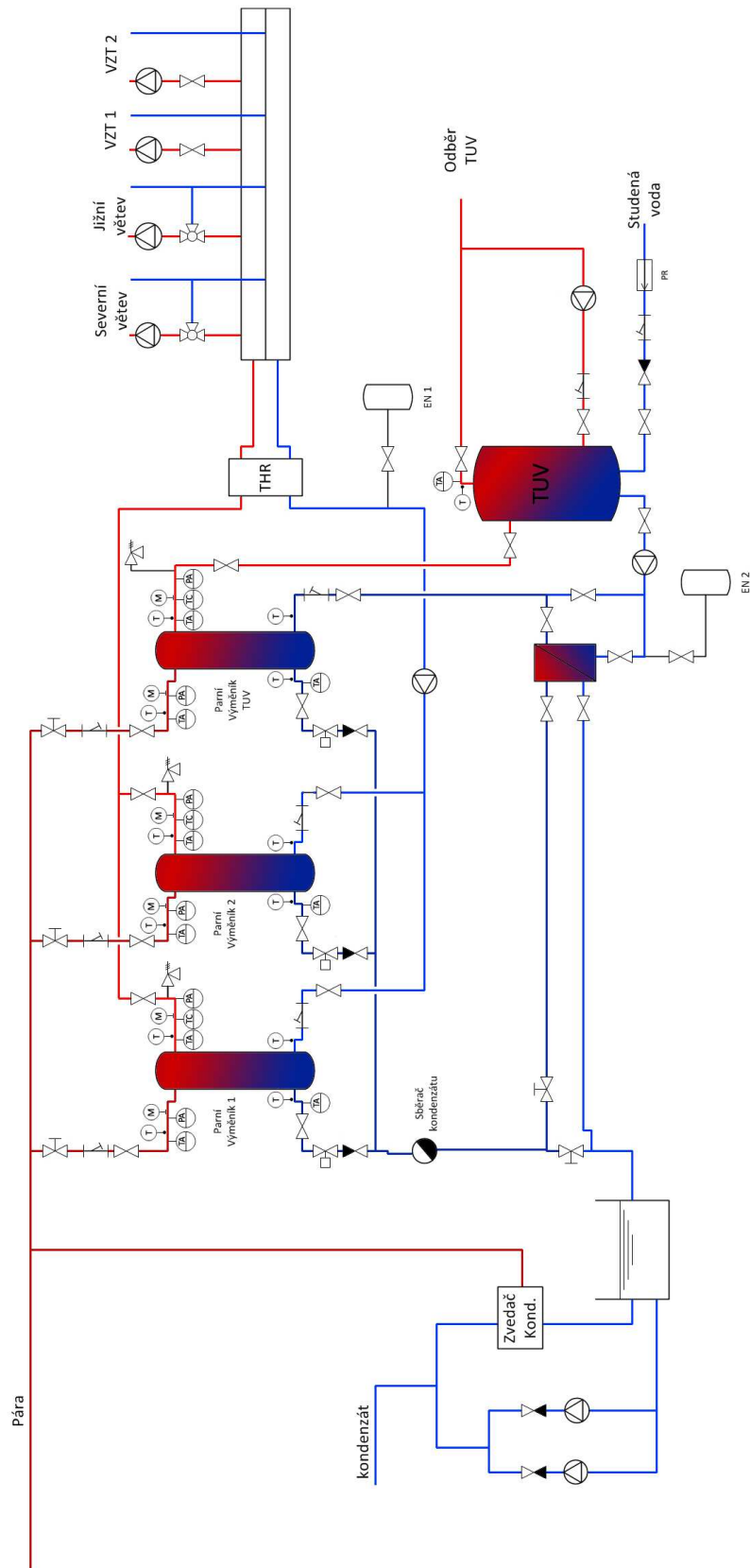
Tab. 20. Tepelné zisky v průběhu roku ve [W] – dokončení

Měsíc	Hodiny							
	14	15	16	17	18	19	20	21
1	10687	10535	10203	9217	7640	-29997	-32357	-34911
2	20629	20425	20095	19103	17529	-21850	-24218	-26764
3	29484	29333	29006	28016	26438	-14100	-16456	-18972
4	35749	35775	35446	34457	32876	-7302	-9642	-12169
5	40935	41095	40762	39780	38205	-186	-4135	-6688
6	44260	44496	44171	43176	41601	4015	-329	-2972
7	46111	46305	45973	44984	43406	4995	1340	-1233
8	46352	46383	46051	45062	43484	3306	973	-1590
9	43628	43560	43227	42241	40665	849	-1535	-4060
10	38964	38758	38428	37445	35835	-3542	-5901	-8462
11	31113	30969	30632	29650	28071	-9568	-11931	-14481
12	23074	23011	22679	21694	20113	-16756	-19114	-21672

8 NÁVRH TEPELNÉ SOUSTAVY

Vytápění budovy lze zajistit různými způsoby. Je možné zvolit vytápění pomocí kotlů, kterých je v dnešní době mnoho typů, také lze využít obnovitelných zdrojů, např. tepelná čerpadla, solární kolektory atd. Budova se však nachází v blízkosti teplárny, bylo tedy k vytápění zvoleno centralizovaného zásobování teplem. Konkrétně se jedná o páru, která slouží jak k vytápění objektu, tak k ohřevu teplé užitkové vody. Možnost využití solárních kolektorů byla zamítnuta kvůli nízké nosnosti střešní konstrukce. Budova je tedy připojena k CZT - pára, takže byly k vytápění použity parní výměníky, které budou zajišťovat ohřev vody pro otopná tělesa a pro vzduchotechniku. Bylo také využito jednoho parního výměníku pro ohřev teplé užitkové vody.

8.1 Hydraulické zapojení tepelné soustavy



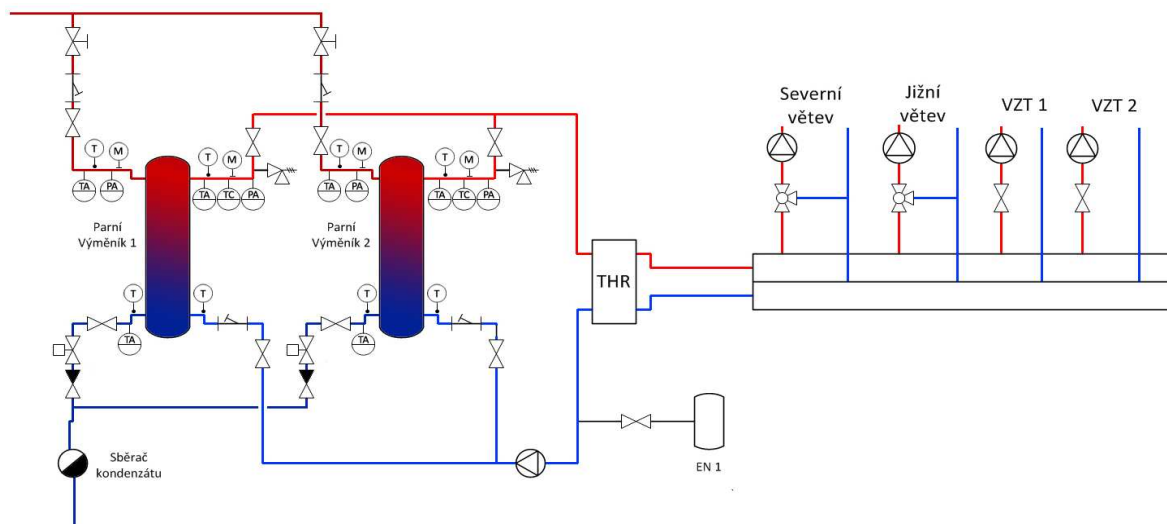
Obr. 12. Hydraulické zapojení tepelné soustavy

8.2 Soustava pro vytápění

K zajištění potřebného výkonu k pokrytí tepelných ztrát a zátopového výkonu byly zvoleny dva parní výměníky. Tyto výměníky jsou zapojeny paralelně. V chladném období bude využit výkon obou výměníků, čímž se zajistí dodávka potřebného výkonu. V teplejším období, kdy nebude potřeba tak velkého výkonu pro pokrytí tepelných ztrát tak může být využit pouze jeden z výměníků. Paralelní zapojení také umožní výměnu jednoho z výměníků v případě poruchy nebo z jiného důvodu odstavení jednoho z výměníků, aniž bychom museli zcela zastavit dodávku tepla.

Výkon potřebný k vytápění je $Q = 340 \text{ kW}$. Tento výkon pokryje tepelné ztráty v budově a dodá také potřebný výkon pro ohřev vzduchu ve vzduchotechnických jednotkách. Tento výkon byl rozdělen na půl, pro dva, paralelně zapojené parní výměníky. Dále byla zvolena rezerva pro každý výměník, pro případ, kdyby byl jeden z výměníků vyřazen z provozu. Z katalogu byly proto vybrány dva výměníky KVP 80d, pára – voda od firmy Racoterm, o výkonu 240 kW.

Schéma soustavy pro vytápění je uvedeno na obrázku (Obr. 13).



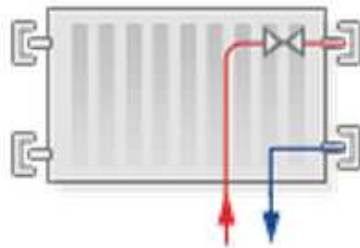
Obr. 13. Část soustavy pro vytápění

Priváděná pára je vedena do obou výměníků. Před oběma jsou umístěny regulační a uzavírací ventily. Regulace teploty v sekundárním okruhu probíhá pomocí regulace průtoku na straně kondenzátu. Na sekundárním okruhu je za výměníky umístěn termohydraulický rozdělovač, který nám zajistí plné hydraulické propojení a vyloučí protichůdné ovlivňování průtoků a tlaků na okruhu výměníků a na okruhu jednotlivých větví.

8.2.1 Otopná tělesa

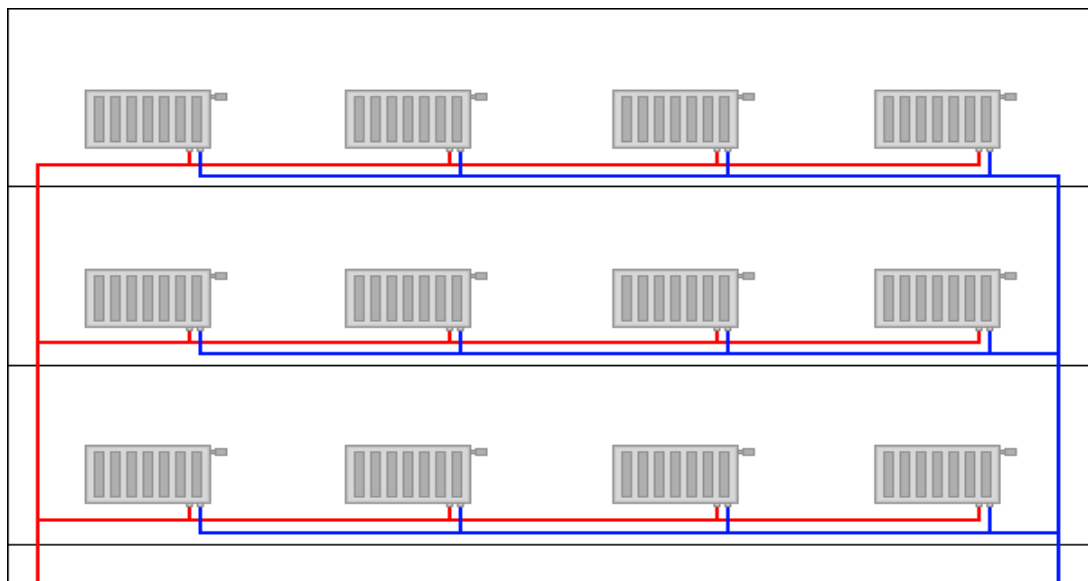
Otopná tělesa byla volena všude, kde bylo potřeba pokrýt tepelné ztráty prostupem. Byla umístěována pod okny tak, aby co nejlépe pokryla místa, kde dochází k největším ztrátám tepla prostupem.

Tělesa, která se starají o pokrytí tepelných ztrát, jsou od společnosti Korado. Konkrétně se jedná o desková otopná tělesa typu RADIK VK, která umožňují pravé spodní připojení na otopnou soustavu a mají i regulační ventil pro místní regulaci. Výkon otopných těles byl volen podle tabulek uváděných od výrobce pro teplotní spád 55/45 °C, nebylo jej tedy potřeba přepočítávat. Desková otopná tělesa jsou zvolena jednak z estetického hlediska a jednak z pohledu údržby – jsou snadno čistitelná.



Obr. 14. Pravé spodní připojení

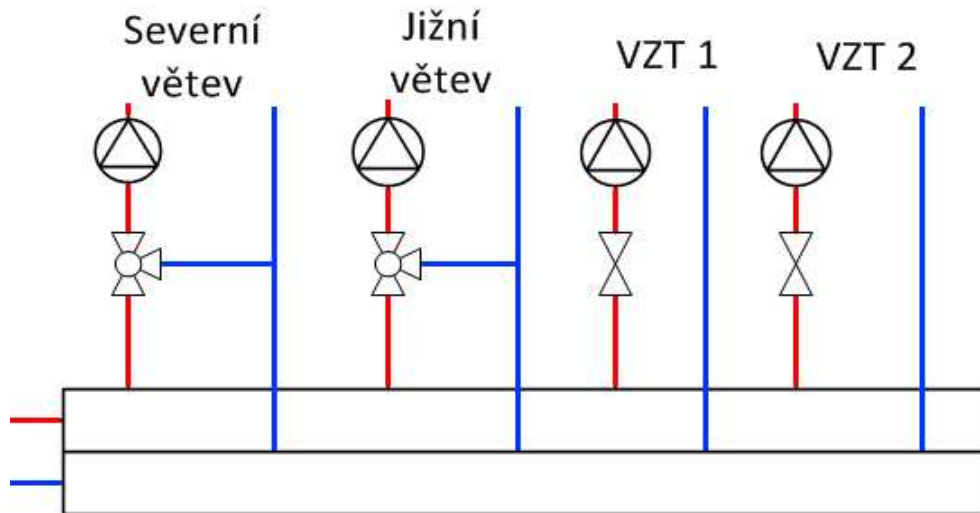
Rozvod potrubí k otopným tělesům je proveden v souproudém zapojení (Tichelmann). Ukázka tohoto zapojení je uvedena na obrázku (Obr. 15).



Obr. 15. Souproudý rozvod potrubí (Tichelmann)

8.2.2 Návrh oběhového čerpadla a trojcestného ventilu

K dokončení návrhu vytápěcí soustavy je potřeba také navrhnout oběhové čerpadla pro každou větev vytápěcí soustavy a u severní a jižní větve také trojcestného ventilu. Postup návrhu je pro všechny větve stejný, jako ukázka je proveden výpočet pro severní větev. Na obrázku (Obr. 16) jsou zobrazeny jednotlivé větve.



Obr. 16. Větvě vytápěcí soustavy

Prvním krokem návrhu je určení hmotnostního průtoku v soustavě:

$$m = \frac{P}{c_p \cdot \Delta\Theta} \text{ [kg/s]} \quad (7)$$

kde:

P ... výkon otopných těles potřebný k pokrytí tepelných ztrát prostupem [W];

c_p ... měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K];

$\Delta\Theta$... rozdíl mezi teplotou přiváděné a odváděné vody [°C].

Když dosadíme do vzorce $P = 64142 \text{ W}$, tedy výkon potřebný k pokrytí tepelných ztrát, a $\Delta\Theta = 10 \text{ °C}$ rozdíl teplotního spádu, $c_p = 4180 \text{ J/Kg.K}$, dostaneme hodnotu $m = 1,53 \text{ kg/s}$. Z hmotnostního průtoku si určíme objemový průtok V :

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho_v} \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (8)$$

kde:

$\rho_v \dots$ hustota vody [kg/m^3]

Dostaneme tak objemový průtok $V = 0,00153 \text{ m}^3/\text{s}$. Jakmile známe objemový průtok, můžeme určit průměr potrubí d ze vztahu:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot v}} \text{ [m]} \quad (9)$$

kde:

$v \dots$ rychlost proudění kapaliny v soustavě [m/s].

Po dosazení do vzorce za objemový průtok a rychlost proudění kapaliny $v = 1 \text{ m/s}$ dostaneme $d = 0,0442 \text{ m} - DN 50$. Nyní spočítáme Reynoldsovo číslo:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu} \text{ [-]} \quad (10)$$

kde:

$w \dots$ rychlost proudění kapaliny [m/s];

$\nu \dots$ viskozita vody při střední teplotě $\Theta_{tm} = 50^\circ\text{C}$ [m^2/s];

Když známe Reynoldsovo číslo, určíme si součinitele tření λ :

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} \text{ [-]} \quad (11)$$

Nyní máme všechno potřebné k výpočtu tlakových ztrát třením Δp_λ :

$$\Delta p_\lambda = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{\Theta_{tm}} \text{ [Pa]} \quad (12)$$

kde:

$l \dots$ délka potrubí k nejvzdálenějšímu tělesu v soustavě [m];

$\rho_{\Theta_{tm}} \dots$ hustota vody při střední teplotě $\Theta_{tm} = 50^\circ\text{C}$ [kg/m^3].

Dosazením do vztahu získáme hodnotu $\Delta p_\lambda = 45992 \text{ Pa}$. Dále je třeba určit tlakovou ztrátu místními odpory. Kvůli složitosti potrubního systému jsem tuto ztrátu volil jako 60 % tlakových ztrát třením, dostáváme tedy hodnotu $\Delta p_\xi = 27595 \text{ Pa}$. Celkovou tlakovou ztrátu Δp_c dostaneme vztahem:

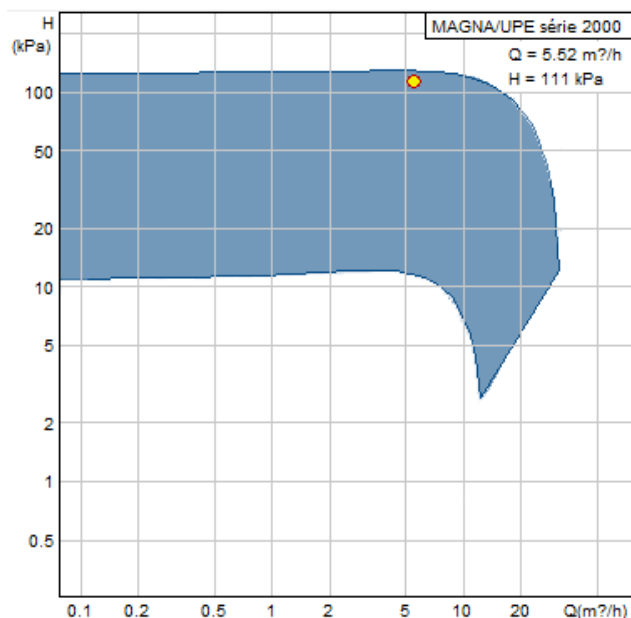
$$\Delta p_c = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi [\text{Pa}] \quad (12)$$

Celková ztráta potrubí činí $\Delta p_c = 73587$ Pa. Dále si vypočítáme tlakovou ztrátu ventilu při poměrné autoritě $p_a = 0,5$, podle vztahu:

$$\Delta p_v = p_a \cdot \Delta p_c [\text{Pa}] \quad (13)$$

Dostáváme hodnotu $\Delta p_v = 36793$ Pa. Po sečtení celkové tlakové ztráty a tlakové ztrátě ventilu dostaneme potřebnou výtlačnou výšku čerpadla $\Delta p_p = 110,4$ kPa.

Pro tuto větev jsem tedy volil pomocí aplikace Grundfos Webcaps, dostupné na cbs.grundfos.cz oběhové čerpadlo Grundfos Magna 50-120F. Charakteristika čerpadla je uvedena na obrázku (Obr. 17).



Obr. 17. Charakteristika oběhového čerpadla

Dále musíme spočítat k_{vs} ventilu, což nám udává objemový průtok plně otevřenou armaturou. Určíme ho ze vztahu:

$$k_{vs} = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{100}{\Delta p_v}} [\text{m}^3/\text{h}] \quad (14)$$

Dostaneme hodnotu $k_{vs} = 9,11$ m³/h. Na základě této hodnoty a průměru potrubí jsem zvolil trojcestný ventil SIEMENS VXG41 DN-50. Určíme autoritu ventilu podle vzorce:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_c} [-] \quad (15)$$

Autorita ventilu má být v rozmezí od 0,3 do 1, v tomto případě činí hodnota autority ventilu $a = 0,333$, tedy podmínka je splněna.

8.3 Příprava teplé užitkové vody

Soustava pro ohřev vody byla navrhována tak, aby bylo umožněno krátkodobé zvýšení teploty na 70 °C a to z hygienických důvodů. Pro ohřev vody byl zvolen zvláště parní výměník z toho důvodu, že se v budově nachází lůžková část, musíme tedy počítat s tím, že se v budově může ať už krátkodobě, tak i dlouhodobě, zdržovat větší počet osob, které mají určité hygienické nároky a to se projeví na spotřebě teplé vody. V zimním období je pro přehřev vody využit kondenzát z primárního okruhu pro vytápěcí soustavu. Zbýlý ohřev vody je zajišťován parním výměníkem, který je využíván hlavně v letním období pro ohřev TUV bez užití přehřevu vody kondenzátem. Návrh soustavy byl proveden v souladu s normou ČSN 06 0320 [22].

Jako vstupní údaje byly použity následující hodnoty:

- Celkový počet osob - 260 (viz. Tab. 21);
- Perioda ohřevu – 24 h;
- Teplota studené vody – $\theta_1 = 10$ °C;
- Teplota teplé vody – $\theta_2 = 65$ °C;
- Teplota teplé vody před výtakovou armaturou – $\theta_3 = 55$ °C;
- Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci vody – $z = 0,05$.

Tab. 21. Počet osob

	<i>n (-)</i>
Zaměstnanci	
<i>lékaři a sestry</i>	100
<i>laboranti</i>	20
<i>úředníci</i>	15
Pacienti	
<i>hospitalizovaní</i>	50
<i>ambulantní</i>	75
Celkem	260

Při navrhování zařízení pro ohřev vody je nutné znát celkovou spotřebu teplé vody pro danou periodu, tedy pro 24 h. Celková spotřeba vody V_{2p} je dána součtem spotřeby teplé vody pro mytí osob, mytí nádobí a pro úklid.

Potřeba teplé vody pro mytí osob V_o v dané periodě se stanoví podle vztahu:

$$V_o = n_i \cdot \sum V_d \text{ [m}^3\text{]} \quad (16)$$

$$\sum V_d = \sum (n_d \cdot U_3 \cdot t_d \cdot p_d) \text{ [m}^3\text{]} \quad (17)$$

kde:

n_i ... počet uživatelů;

V_d ... objem dávky [m³];

n_d ... počet dávek;

U_3 ... objemový průtok teplé vody o teplotě Θ_3 do výtoku [m³/h];

t_d ... doba dávky [h]

p_d ... součinitel prodloužení dávky [-].

Po dosazení hodnot n_d , U_3 , t_d , p_d , což jsou hodnoty uvedené v tabulkách v normě ČSN 06 0320 [22] a dále počet uživatelů, se získá hodnota $V_o = 5,36588 \text{ m}^3$.

Pro výpočet potřeby teplé vody pro mytí nádobí V_j v dané periodě použijeme vztah:

$$V_j = n_j \cdot V_d \text{ [m}^3\text{]} \quad (18)$$

kde:

n_j ... počet jídel;

V_d ... objem dávky [m³].

Při výpočtu potřeby teplé vody pro mytí nádobí byla uvažována čtyři jídla denně pro hospitalizované pacienty a jedno jídlo denně pro zaměstnance. Dosazením těchto hodnot do vzorce při objemu dávky 0,001 m³ jsme získali hodnotu $V_j = 0,335 \text{ m}^3$.

Pro dokončení výpočtu celkové spotřeby teplé vody bylo třeba spočítat potřebu teplé vody pro úklid a mytí podlah V_u v dané periodě. Ta se určí z následujícího vztahu:

$$V_u = n_u \cdot V_d [\text{m}^3] \quad (19)$$

kde:

n_u ... počet (výměra) ploch [m^2];

V_d ... objem dávky [m^3].

Pro výměru ploch $8\,254 \text{ m}^2$ a objem dávky $0,02 \text{ m}^3$ byla vypočítána potřeba teplé vody pro úklid a mytí podlah $V_u = 1,6508 \text{ m}^3$.

Celková spotřeba teplé vody se dále spočítala jako součet výše uvedených vypočtených hodnot podle vzorce:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u [\text{m}^3] \quad (20)$$

Dosazením do vzorce výše uvedených vypočtených hodnot byla získána celková spotřeba teplé vody za 24 hodin $V_{2p} = 7,3516 \text{ m}^3$.

Po vypočítání celkové spotřeby teplé vody můžeme přikročit k výpočtu pro stanovení potřeby tepla odebraného z ohřívače teplé vody během periody (24 h) Q_{2p} , která se stanoví ze vztahu:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} [\text{kWh}] \quad (21)$$

kde:

Q_{2t} ... teoretické teplo odebrané z ohřívače během dané periody [kWh];

Q_{2z} ... teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody v dané periodě [kWh].

Nejdříve však musíme spočítat teoretické teplo odebrané z ohřívače v dané periodě Q_{2t} podle vzorce:

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2p} \cdot (\Theta_2 - \Theta_1) [\text{kWh}] \quad (22)$$

kde:

c ... měrná tepelná kapacita vody [$\text{kWh}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$];

V_{2p} ... celková potřeba teplé vody [m^3];

Θ_2 ... teplota teplé vody [$^{\circ}\text{C}$];

Θ_1 ... teplota studené vody [$^{\circ}\text{C}$].

Teplu ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody v dané periodě vypočítáme za pomoci vztahu:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \text{ [kWh]} \quad (23)$$

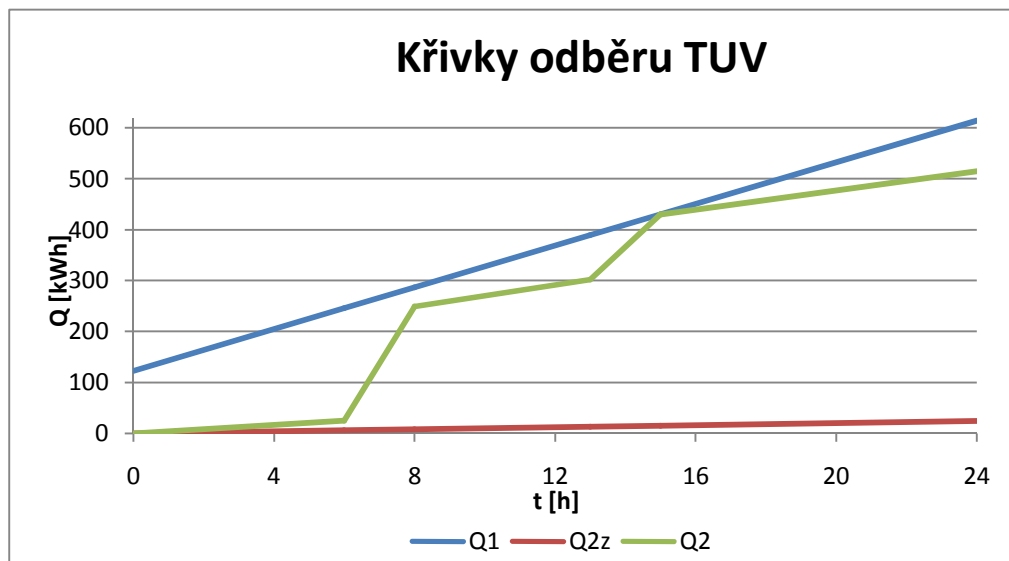
kde:

Q_{2t} ... teoretické teplo odebrané z ohřívače během dané periody [kWh];

z ... poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci teplé vody.

Po dosazení hodnot do předchozích vztahů byla vypočítána celková potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{2P} = 493,7627$ kWh.

Dalším krokem je stanovení křivek odběru, podle kterých se dále stanoví objem zásobníku a tepelného výkonu pro ohřev vody. Křivky odběru se stanoví podle normy ČSN 06 0320 [22].



Obr. 18. Graf dodávky a odběru tepla při ohřevu vody

Po stanovení křivek uvedených na obrázku (Obr. 18) můžeme přistoupit k výpočtu objemu zásobníku. Z výše uvedeného grafu je možné stanovit maximální rozdíl mezi Q_1 a Q_2 , který nám udává potřebnou dodávku tepla. Získané hodnoty dosadíme do vzorce pro stanovení velikosti zásobníku V_z :

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)} \text{ [m}^3\text{]} \quad (24)$$

kde:

ΔQ_{max} ... největší možný rozdíl mezi Q_1 a Q_2 [kWh];

c ... měrná tepelná kapacita vody [kWh/m³.K];

θ_2 ... teplota teplé vody [°C];

θ_1 ... teplota studené vody [°C].

Po dosazení za Q_1 a Q_2 dostaneme hodnotu $\Delta Q_{max} = 222,6574$ kWh, tuto hodnotu pak dosadíme do výše uvedeného vzorce a dostaneme tak velikost zásobníku $V_z = 3,4809$ m³, což je asi 3481 litrů.

Nyní máme vše, co je potřeba pro výpočet tepelného výkonu pro ohřev vody Φ_{In} podle vzorce:

$$\Phi_{In} = \left(\frac{Q_1}{t} \right)_{\max} \quad [\text{kW}] \quad (25)$$

kde:

Q_1 ... teplo dodané ohřivačem v čase t od počátku periody [kWh];

t ... čas [h];

$\left(\frac{Q_1}{t} \right)_{\max}$... maximální sklon křivky dodávky tepla Q_1 v čase t během periody.

Při výpočtu se uvažuje dodávka tepla během celé periody, takže po dosazení dostáváme hodnotu $\Phi_{In} = 25,574$ kW. Tomuto výkonu odpovídá parní trubkový výměník od firmy Racioterm typ KVP 40k, který má jmenovitý výkon 29 kW.

8.4 Zabezpečovací zařízení otopných soustav

Každý zdroj tepla musí být vybaven pojistným zařízením. Každá tepelná soustava také musí obsahovat expanzní zařízení, které zpracuje změny objemu vody v soustavě. Pokud by těmto zařízením hrozilo zamrznutí, musí pro ně před ním být zajištěna ochrana.

V okruhu vytápěcí soustavy a v okruhu pro přípravu TUV jsou připojeny expanzní nádoby. Pro každý okruh je potřeba navrhnout odpovídající objem této nádoby, aby byly schopny zpracovat změny objemu vody v daném okruhu. Také je nutné určit parametry pojistných

ventilů pro zařízení, které jimi musí být vybaveny, v našem případě se jedná o výměníky tepla.

Při návrhu zabezpečovacích zařízení bylo postupováno v souladu s normou ČSN 06 0830 [21].

Nejdříve si určíme objem expanzní nádrže pro okruh vytápění. K tomu je potřeba znát celkový objem soustavy, který se určí podle vztahu:

$$V = V_{OT} + V_T + V_V \quad [l] \quad (26)$$

kde:

V_{OT} ... objem vody v otopných tělesech [l];

V_T ... objem vody v potrubí [l];

V_V ... objem vody ve výměníku [l];

Ze vzorce nám po dosazení vyjde celkový objem otopné soustavy $V = 1430,12$ l. Dále je nutné určit expanzní objem kapaliny V_e podle vzorce:

$$V_e = 1,3 \cdot V \cdot \Delta v \quad [l] \quad (27)$$

kde:

Δv ... poměrné zvětšení objemu vody při ohřátí z 10 °C na střední teplotu soustavy [l];

$$\Delta v = \frac{1000}{\rho_{tm}} - \frac{1000}{\rho_{10^\circ C}} \quad [l] \quad (28)$$

kde:

ρ_{tm} ... hustota vody při střední návrhové teplotě soustavy tm [kg/m^3];

$\rho_{10^\circ C}$... hustota vody při teplotě 10 °C [kg/m^3].

Dosazením do výše uvedených vztahů dostáváme expanzní objem kapaliny v otopné soustavě $V_e = 53,39$ l.

Je nutné také určit nejnižší dovolený přetlak soustavy p_{ddov} :

$$p_{ddov} = (h_z + \Delta h) \cdot \rho \cdot g \quad [\text{Pa}] \quad (29)$$

kde:

h_z ... výška nejvyššího bodu soustavy vzhledem k manometrické rovině [m];

Δh ... rezerva výšky vodního sloupce [m];

Tím zjistíme, že nejnižší dovolený přetlak $p_d = 150 \text{ kPa} \geq p_{ddov} = 142 \text{ kPa}$. Posledním krokem je určení předběžného objemu expanzní nádoby s membránou:

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_{hp} + 100}{p_{hp} - p_d} \text{ [l]} \quad (30)$$

kde:

p_{hp} ... předběžný nejvyšší provozní přetlak [kPa];

Po dosazení získáme hodnotu $V_{ep} = 91,5 \text{ l}$. Byla tedy navržena expanzní nádoba CIMM ERE CE 100L s membránou 6 Bar.

Zbývá určit průměr expanzního potrubí, to se provede dosazením do vztahu:

$$d = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} \text{ [mm]} \quad (31)$$

kde:

Q_p ... výkon zdroje tepla [kW];

Vyjde nám $d = 23,99 \text{ mm}$, tedy potrubí o průměru $DN 25$.

Pojistný ventil musí spolehlivě odvést pojistný výkon zdroje tepla. Musíme stanovit pojistný průtok:

$$V_p = 10^{-3} \cdot \Phi_p \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (32)$$

kde:

Φ_p ... výkon zdroje tepla [kW];

Jakmile dosadíme do vzorce, zjistíme pojistný průtok $V_p = 2,72 \text{ m}^3/\text{h}$ a dále určíme průřez pojistného ventilu:

$$d = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{272} = 19,89 \text{ mm} \Rightarrow DN 25 \quad (33)$$

Navržený pojistný ventil na výměníky pro vytápěcí soustavy je DUCO 1/2" x 3/4" KD, pro výměník na ohřev TUV byl navržen pojistný ventil DUCO 1/2" x 3/4" KD a expanzní nádoba o objemu 170 l.

9 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU

Pro návrh vzduchotechnického systému je třeba znát technické parametry všech prostorů, ve kterých bude vzduchotechnický systém používán k vytápění, chlazení nebo větrání. Mezi takovéto parametry patří objem místnosti, tepelné zisky v letním období a tepelné ztráty v zimním období, ale také teplota vnitřního vzduchu, relativní vlhkost a intenzita výměny vzduchu. Tepelné ztráty jsou spočítány v kapitole 5.3 Výpočet tepelných ztrát a tepelné zisky v kapitole 5.4 Výpočet tepelných zisků.

Celkový objem místností s nainstalovaným vzduchotechnickým systémem je 7933,7 m³, z toho 1329,5 m³ tvoří toalety a umývárny, ze kterých bude z hygienických důvodů odsáván znehodnocený vzduch zcela samostatnou větví, aby se při vypnutí vzduchotechnického systému nešířily pachy a páry do ostatních prostor budovy. Zbýlých 6604,2 m³ bude v zimním období teplovzdušně větráno, neboť tepelné ztráty pokryjí otopná tělesa, tudíž není třeba teplovzdušného vytápění. V letním období bude tento prostor klimatizován. Jedná se především o haly nebo chodby.

Pro vytápění a chlazení byly použity dvě samostatné vzduchotechnické jednotky. Toto řešení bylo zvoleno z toho důvodu, že v prvním a druhém podlaží je provoz zdravotnické budovy přerušovaný, kdežto ve třetím, čtvrtém a pátém podlaží je provoz nepřetržitý. Větrání všech těchto prostorů i v době, kdy se v nich nenachází žádné osoby, by tedy bylo velmi nevhodné.

V budově se nachází také operační sály, ty vyžadují zvláštní požadavky na vnitřní prostředí, byly pro ně zvoleny jednotky, které budou pracovat pro každý operační sál samostatně.

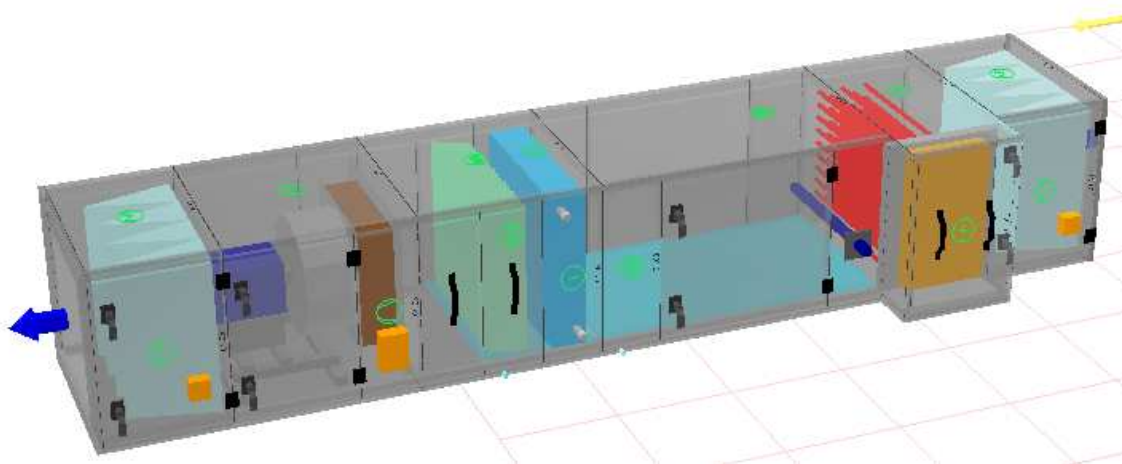
9.1 Návrh vzduchotechnického systému pro operační sál

Operační sály a místnosti s ním spojené vyžadují speciální nároky na vnitřní prostředí. Umístění operačního sálu v budově je v posledním, tedy pátém podlaží, byla pro něj proto zvolena zvláštní vzduchotechnická jednotka, která bude pracovat pouze s vnějším vzduchem. Ten bude procházet třemi stupni filtrace. Jako poslední stupně filtrace je nutné zvolit tzv. absolutní filtry pro dosažení čistoty prostředí ISO 5. Technické parametry místností jsou uvedeny v tabulce (Tab. 22).

Tab. 22. Parametry operačního sálu a místností s ním spojených;*)
 uvedená výměna vzduchu v operačním sále je v jednotkách [1/h]

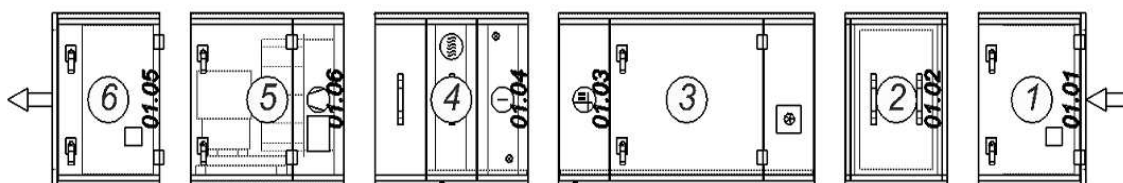
č. m.	Účel místnosti	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Min. množství vzduchu [m ³ /m ²]	Objem přiváděného vzduchu [m ³ /h]
504	přípravná pacientů	14,10	47,94	30	423
505	odvoz pacientů	14,00	47,60	15	210
509	operační sál	37,30	126,82	25*	3171
513	sklad sterilního mat.	8,90	30,26	15	134
514	umývárna lékařů	18,10	61,54	30	543
	celkem	92,40	314,16	-	4480

Vzduchotechnická jednotka byla vybrána pomocí programu AeroCAD od společnosti Remak. Zvolená jednotka je uvedena na obrázku (Obr. 19).



Obr. 19. Vzduchotechnická jednotka pro operační sál

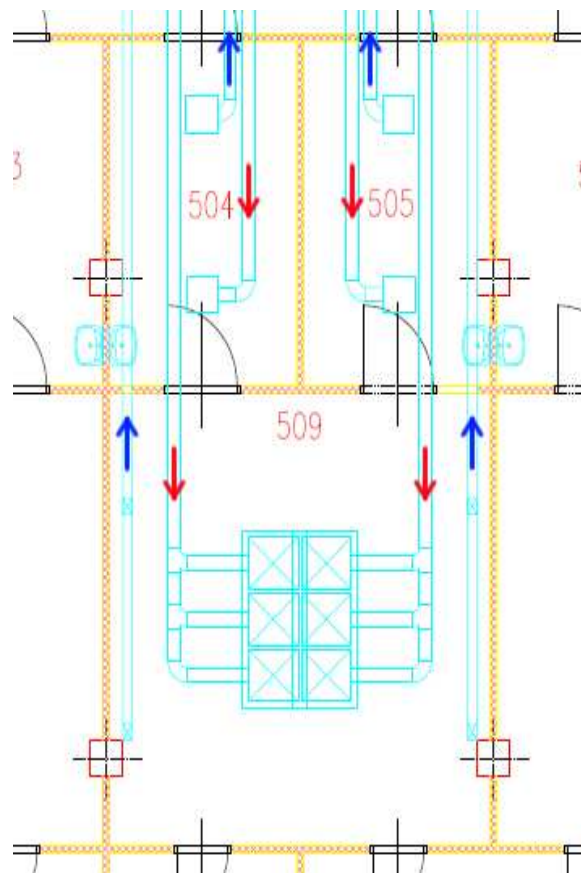
Jednotlivé prvky jsou popsány na obrázku (Obr. 20).



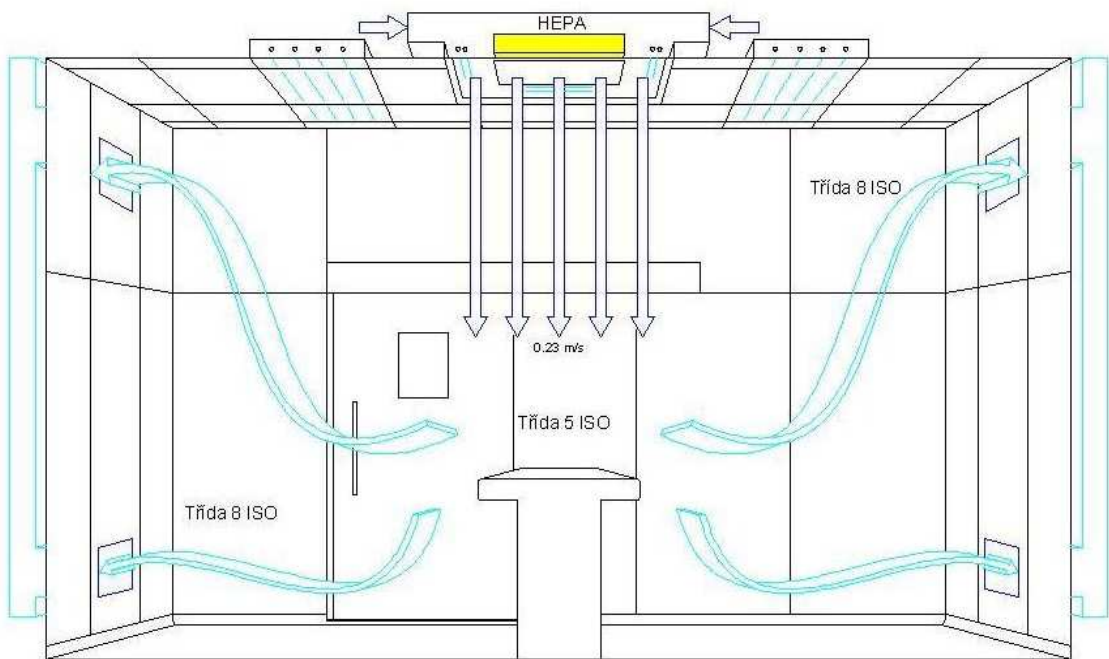
Obr. 20. Prvky VZT jednotky. 1 – 1. stupeň filtrace, 2 – ohřívací komora, 3 – zvlhčovací komora, 4 – chladičí komora, 5 – ventilátor, 6 – 2. stupeň filtrace

Přiváděný vzduch prochází nejdříve prvním stupněm filtrace, dále postupuje přes ohřívač, kde je v zimním období dohříván. Ohřívač jsem zvolil elektrický, z toho důvodu, že je operační sál umístěn ve velké vzdálenosti od výměňkové stanice. Kdybychom volili vodní ohřívač, museli bychom vést ke vzduchotechnické jednotce dlouhé potrubí, na kterém by docházelo k zbytečným ztrátám. Po ohřevu je vzduch zvlhčen na požadovanou relativní vlhkost, což je v případě operačních sálů v rozmezí od 30 do 60 %. V letním období je přiváděný vzduch chlazen v chladicí komoře. Po upravení teploty a relativní vlhkosti prochází přiváděný vzduch přes 2. stupeň filtrace. Třetí stupeň filtrace je umístěn na distribučních prvcích vzduchu, kde jsou použity absolutní filtry k zajištění sterilního prostředí.

Vzduch je do operačního sálu přiváděn laminárním stropem umístěným uprostřed místnosti nad operačním stolem, odváděn je pomocí vyústek u podlahy a u stropu. Ukázka přívodu a odvodu vzduchu je na obrázku (Obr. 21). Rozmístění distribučních a odsávacích prvků je uveden na obrázku (Obr. 22).



Obr. 21. Ukázka VZT operačního sálu



Obr. 22. Ukázka rozmístění přívodních a odvodních prvků vzduchu v operačním sále

9.2 Návrh vzduchotechnické jednotky pro 1. a 2. podlaží

Při návrhu vzduchotechnické jednotky pro první a druhé podlaží bylo třeba znát objem místností a také jejich tepelné zisky. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tab. 23).

Tab. 23. Parametry větraných místností

1. Podlaží			
č. m.	Objem [m ³]	Tepelné zisky [W]	Počet lidí [-]
123	897,80	5127	28
2. Podlaží			
č. m.	Objem [m ³]	Tepelné zisky [W]	Počet lidí [-]
250	837,13	4772	14
243	184,70	1404	5
252	331,92	1874	10
253	458,89	2602	14
Celkem	2710,44	15779	71

Z objemu místností a minimální intenzity výměny vzduchu, která činí 0,5 1/h, nám vyjde nejmenší požadované množství vzduchu $V_{min,i} = 1355,22 \text{ m}^3/\text{h}$. To je však málo na daný počet osob. Minimální množství čerstvého vzduchu na člověka je $30 \text{ m}^3/\text{h}$, takže pokud tuto hodnotu vynásobíme počtem osob, dostáváme hodnotu $2130 \text{ m}^3/\text{h}$. Takovéto množství přiváděného vzduchu je dostatečné pro zimní období. V letním období musíme ještě odvádět tepelné zisky, které jsou, pro výše uvedené prostory 15779 W . Dosadíme tedy do vzorce:

$$V_p = \frac{Q}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\Theta_p} [\text{m}^3/\text{h}] \quad (34)$$

kde:

Q ... tepelné zisky [W];

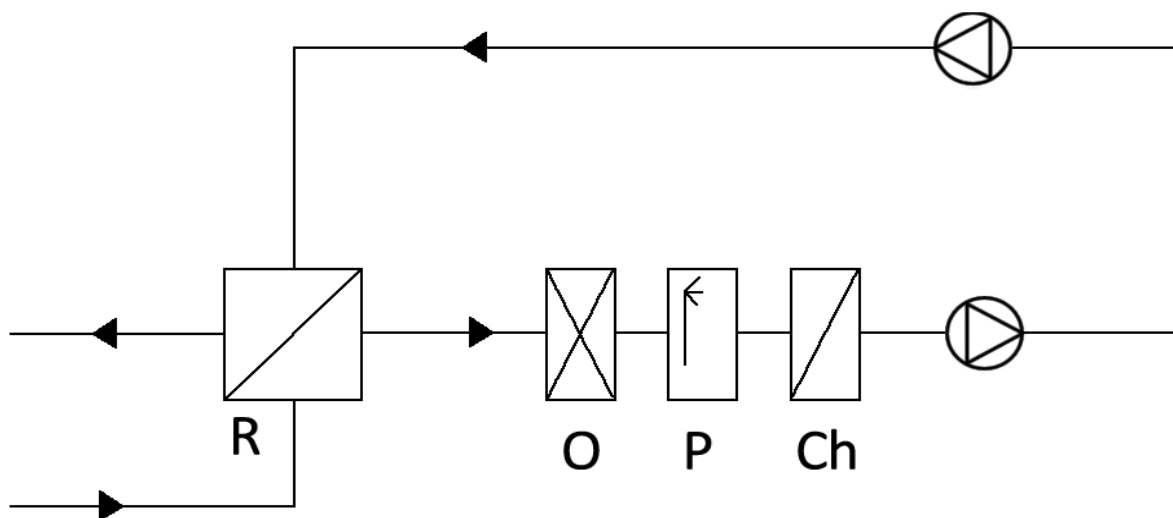
ρ ... hustota vzduchu [kg/m^3];

c_p ... měrná tepelná kapacita vzduchu [Wh.kg/K];

$\Delta\Theta$... pracovní rozdíl teplot přiváděného vzduchu [$^\circ\text{C}$].

Po dosazení hodnot do vzorce byl zjištěn minimální objemový průtok pro odvedení tepelných zisků $V_p = 7811,39 \text{ m}^3/\text{h}$. K této hodnotě se musí také započítat množství odváděného vzduchu z toalet a umýváren. Přiváděné množství vzduchu bude do těchto místností pronikat mřížkami ve dveřích. Celková hodnota přiváděného množství vzduchu pro první a druhé podlaží je tedy $V_p = 7956,91 \text{ m}^3/\text{h}$.

K zajištění požadovaného stavu vnitřního vzduchu bylo třeba do vzduchotechnické jednotky zařadit ohřívač vzduchu, zvlhčovač vzduchu pro zimní období a pro úpravu vzduchu v létě byl do jednotky zařazen také chladič.



Obr. 23. Schéma vzduchotechnické jednotky; R – rekuperátor, O – ohříváč, P – zvlhčovač, Ch - chladič

Jako součást jednotky byl zvolen i rekuperační výměník zajišťující přehřev vzduchu v zimním období a zchlazení vzduchu v letním období ještě před vstupem do ohříváče a chladiče. Pro výpočet nutného výkonu rekuperačního výměníku bylo použito vztahu:

$$P_o = V_o \cdot c_p \cdot (\theta_1 - \theta_2) [\text{W}] \quad (35)$$

kde:

V_o ... objemový průtok odváděného vzduchu [m^3/s];

c_p ... měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$];

θ_1 ... teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$];

θ_2 ... teplota rosného bodu [$^{\circ}\text{C}$].

Po dosazení do vztahu byl vypočítán výkon rekuperačního výměníku $P_o = 5378,3 \text{ W}$. Tento výkon byl dále použit pro výpočet výstupní teploty přehřátého vzduchu na výstupu z rekuperátoru. K tomuto výpočtu použijeme výše uvedený upravený vztah:

$$\theta_r = \frac{P_o}{V_p \cdot c_p} - \theta_e [^{\circ}\text{C}] \quad (36)$$

kde:

P_o ... výkon rekuperačního výměníku [W];

V_p ... objemový průtok přiváděného vzduchu [m^3/s];

c_p ... měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$];

θ_e ... teplota vnějšího vzduchu [$^{\circ}\text{C}$];

Tento vztah slouží pro výpočet výstupní teploty přiváděného vzduchu z rekuperátoru pro zimní období. Když dosadíme do vzorce, vyjde nám hodnota $\theta_r = -3,6$ $^{\circ}\text{C}$.

Pro výpočet θ_r pro letní období musíme vztah opět upravit:

$$\theta_r = \theta_e - \frac{P_o}{V_p \cdot c_p} [^{\circ}\text{C}] \quad (37)$$

Pro letní období tedy vyjde teplota předchlazeného vzduchu $\theta_r = 29,6$ $^{\circ}\text{C}$. Pokud se však bude teplota vnějšího vzduchu θ_e pohybovat v rozmezí od 19 do 26 $^{\circ}\text{C}$, nebude třeba využívat rekuperátor a vzduchu bude veden přes bypass.

Dále můžeme z výše uvedených hodnot spočítat výkon ohříváče a výkon chladiče dle vztahu:

$$P_{OH,CH} = V_p \cdot c_p \cdot (\theta_i - \theta_r) [\text{W}] \quad (38)$$

kde:

V_p ... objemový průtok přiváděného vzduchu [m^3/s];

c_p ... měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$];

θ_i ... teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$];

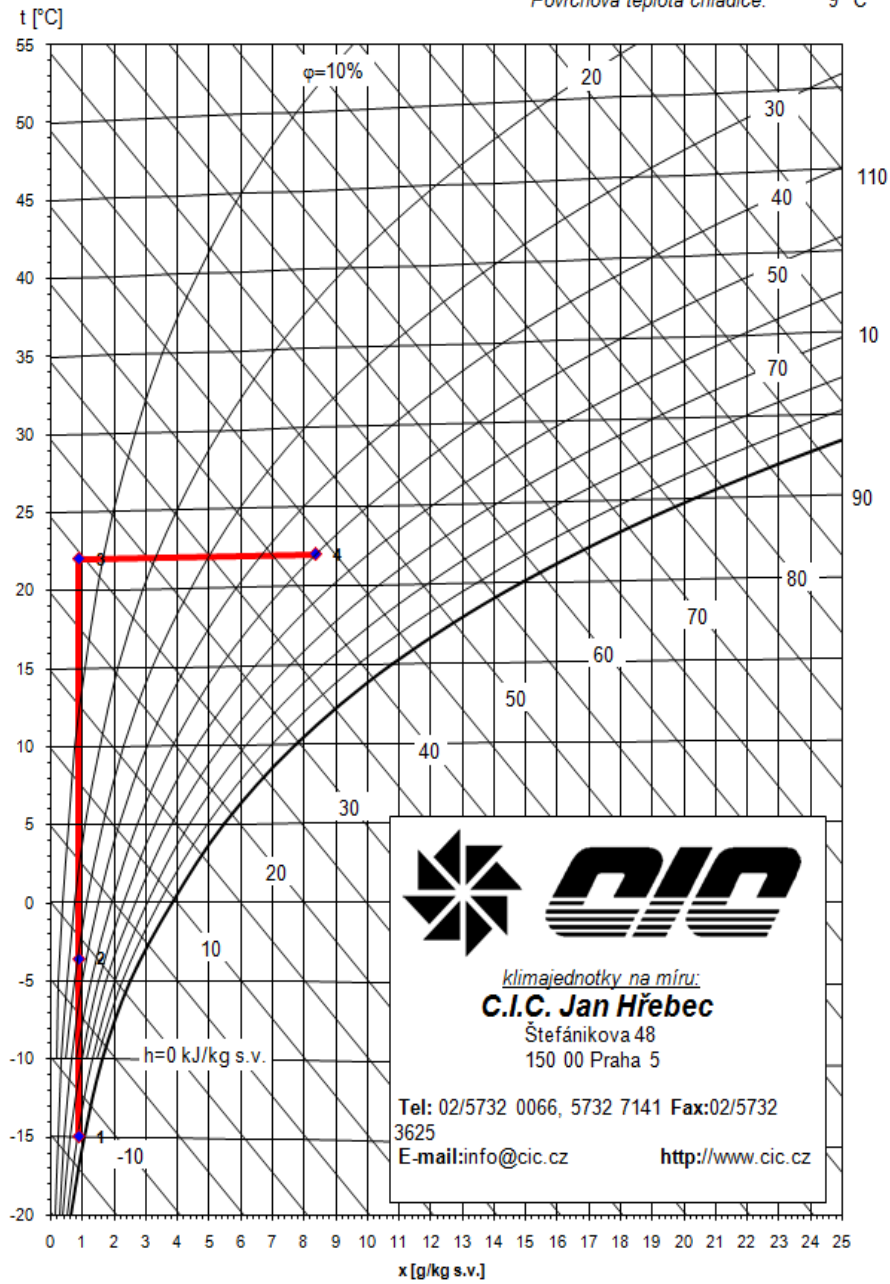
θ_r ... teplota přiváděného vzduchu za rekuperátorem [$^{\circ}\text{C}$];

Pro letní období bude tedy potřebný výkon chladiče $P_{CH} = 23,6$ kW a pro zimní období je potřebný výkon ohříváče $P_{OH} = 16,3$ kW.

Úprava vzduchu je zobrazena na obrázcích (Obr. 24, Obr. 25) v psychrometrickém diagramu dle Molliera.

Psychrometrický diagram dle Molliera

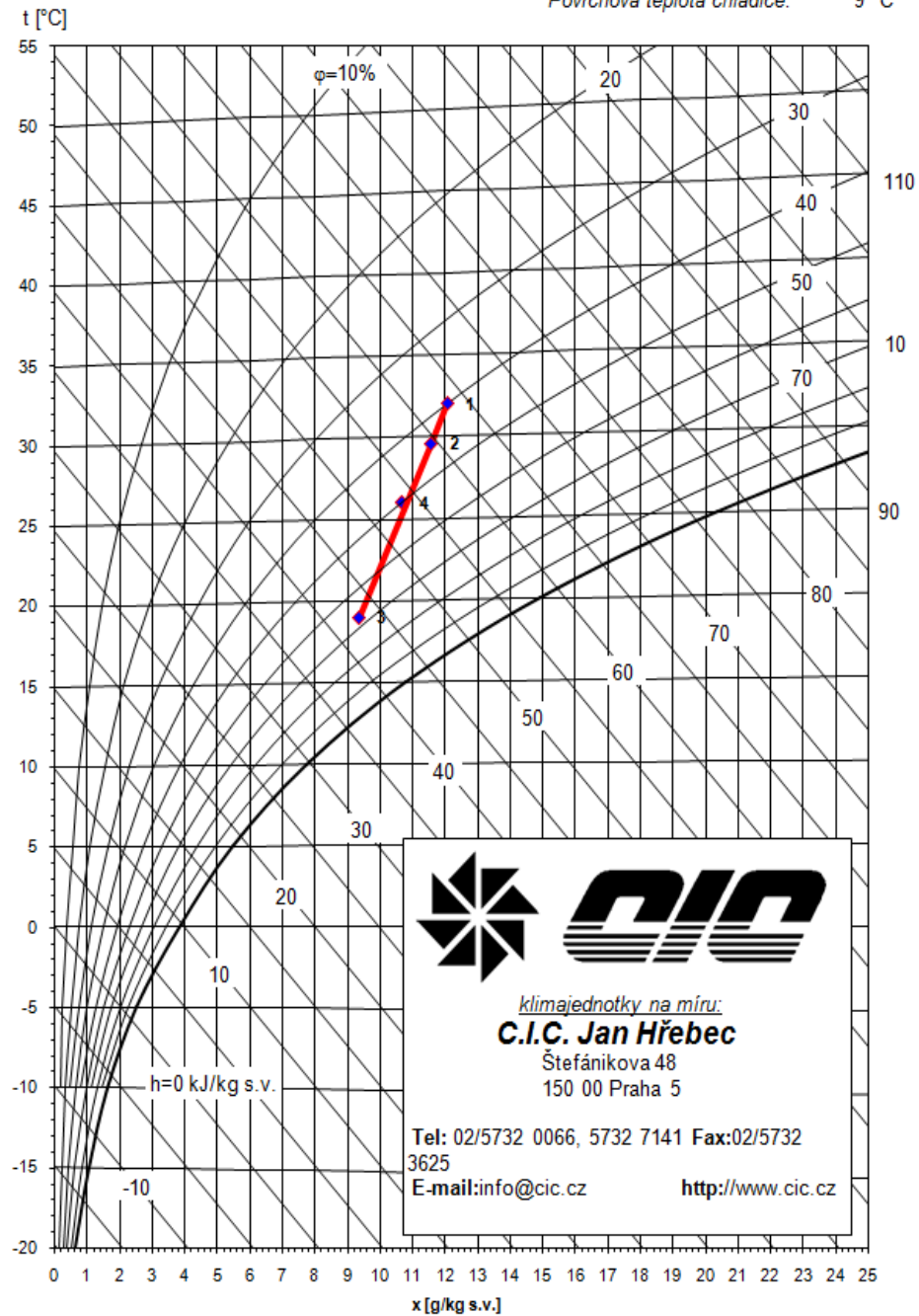
Tlak vzduchu: 100 kPa
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %
 Povrchová teplota chladiče: 9 °C



Obr. 24. Úprava přiváděného vzduchu v zimním období

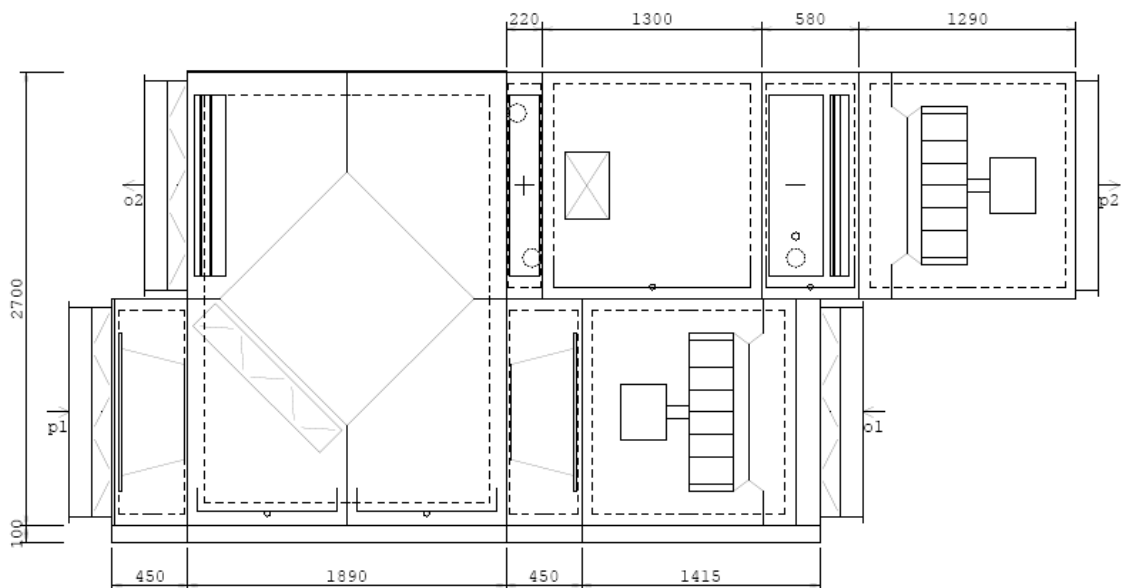
Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %
 Povrchová teplota chladiče: 9 °C



Obr. 25. Úprava přiváděného vzduchu v letním období

Podle výše uvedených hodnot byla pomocí programu AHUSelect dostupného na <http://www.cic.cz>, navržena vzduchotechnická jednotka, která je zobrazena na obrázku (Obr. 26).



Obr. 26. Navržená vzduchotechnická jednotka; *V* – sání přívod, *P* – výtlak přívod

V zimním období, kdy v budově probíhá teplovzdušné větrání, postupuje čerstvý venkovní vzduch přes filtr do rekuperační komory, kde je předehříván odváděným vnitřním vzduchem. Dále postupuje do ohříváče, kde je dohříván na požadovanou vnitřní teplotu 22 °C, po dohřátí prochází přes parní zvlhčovací komoru. Zde je vzduch zvlhčován na relativní vlhkost 50 %.

V letním období vzduch opět vstupuje do rekuperační komory přes filtr a dále je ochlazován v chladicí komoře na požadovanou teplotu 19 °C. Odvlhčování ani zvlhčování vzduchu není nutné, neboť počítáme-li s vlhkostními zisky, bude se relativní vlhkost vzduchu v místnostech pohybovat kolem hodnoty 50 %.

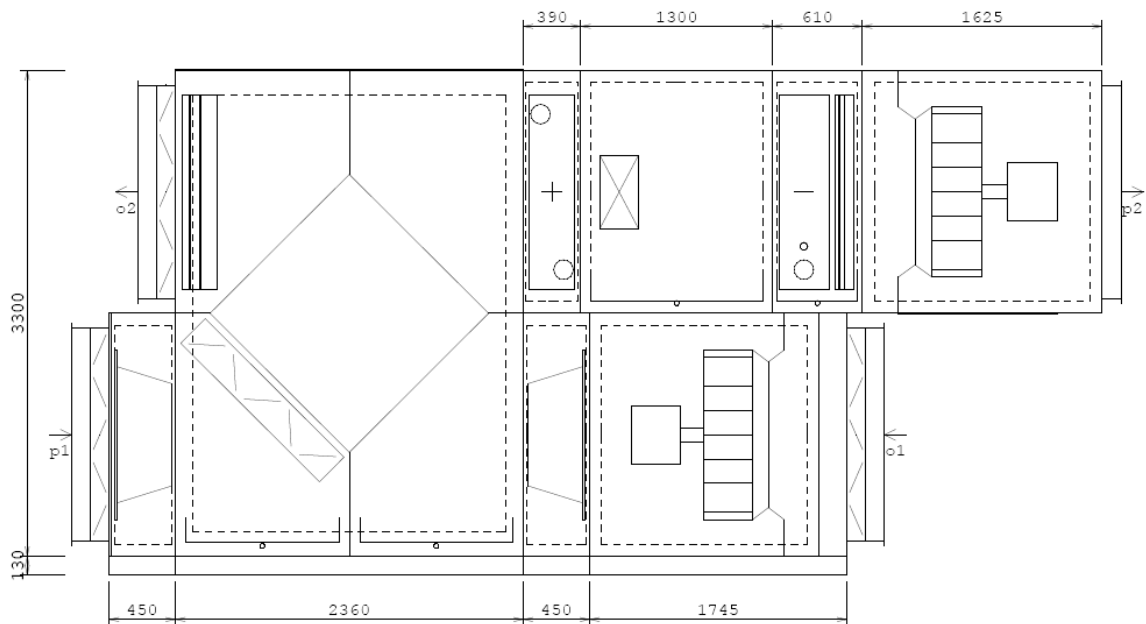
9.3 Návrh vzduchotechnické jednotky pro 3., 4. a 5. podlaží

Při návrhu vzduchotechnické jednotky pro 3., 4. a 5. podlaží budeme postupovat stejně jako v kapitole 7.1 Návrh vzduchotechnické jednotky pro 1. a 2. podlaží. Budeme ovšem počítat s rozdílnými parametry, které jsou uvedeny v tabulce (Tab. 24).

Tab. 24. Parametry větraných místností

3. podlaží			
č. m.	Objem [m ³]	Tepelné zisky [W]	Počet lidí [-]
311	189,66	3322	10
327	417,25	3138	11
353	125,85	913	5
356	299,84	1753	10
4. podlaží			
č. m.	Objem [m ³]	Tepelné zisky [W]	Počet lidí [-]
426	706,05	5178	14
456	743,58	4850	14
5. podlaží			
č. m.	Objem [m ³]	Tepelné zisky [W]	Počet lidí [-]
502	614,62	7702	7
534	108,72	597	3
535	169,20	950	5
573	518,98	3545	7
Celkem	3893,8	31948	86

Ze zadaných parametrů nám vyjde celkové množství přiváděného vzduchu $V_p = 16335,07 \text{ m}^3/\text{h}$. Dále určíme výkon rekuperačního výměníku podle vztahu (35), kdy nám po dosazení vyjde hodnota $P_o = 6514,6 \text{ W}$, díky tomu si určíme teplotu přivodního vzduchu na výstupu z rekuperátoru pro letní období $\theta_r = -4,5 \text{ °C}$ a pro zimní období $\theta_r = 30,6 \text{ °C}$. Teď, když známe obě teploty přiváděného vzduchu, spočítáme výkon ohřívače a dostaneme hodnotu $P_{OH} = 23 \text{ kW}$, výkon chladiče bude $P_{CH} = 53,1 \text{ kW}$. Navržená vzduchotechnická jednotka je uvedena na obrázku (Obr. 27).



Obr. 27. Navržená vzduchotechnická jednotka; *V* – sání přívod, *P* – výtlak přívod

Skladba navržené jednotky je stejná jako u jednotky v předchozí kapitole a stejné je také proudění vzduchu uvnitř jednotky.

9.4 Návrh potrubní sítě

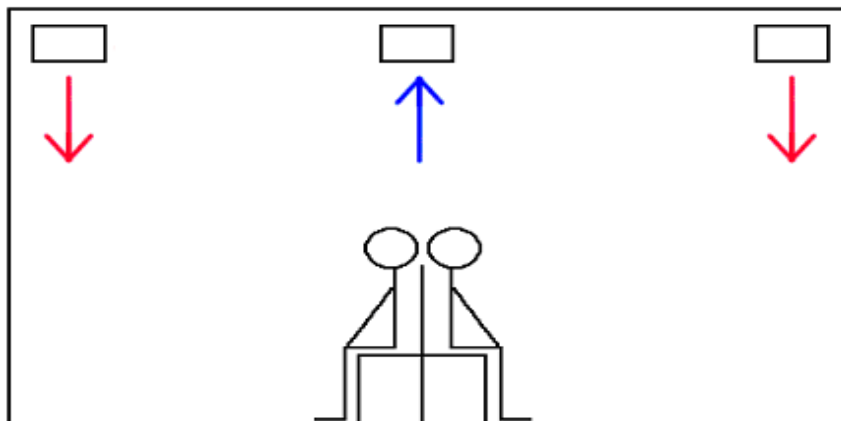
Potrubní síť je část vzduchotechnického systému sloužící k rozvodu a distribuci vzduchu v budově. Návrh je proveden pro první a druhé podlaží, kde dodáváme čerstvý vzduch do chodeb, které zároveň slouží jako čekárny.

Výpočet byl proveden metodou stálého tlakového spádu, kdy byla zvolena hlavní větev a dále pak měrný tlakový spád, který se kvůli hospodárnosti provozu volí v rozmezí od 0,5 do 3 Pa/m podle průtoku vzduchu a dále byly dopočítány vedlejší větve.

Také bylo nutné navrhnout odpovídající počet a velikost vyústek. Pro každou vyústku je nutno znát dosah proudu, ze kterého se vychází při určování rozteče mezi vyústkami, aby nedocházelo k ovlivňování sousedními proudy. Po určení těchto parametrů bylo využito volně šiřitelného programu AirCAD dostupného na stránkách <http://www.mandik.cz> k návrhu samotných vyústek. Po zadání parametrů chodeb, množství přiváděného vzduchu a počtu vyústek byla vybrána regulovatelná vyústka s rozměry 420x200 mm.

Potrubní síť byla navržena tak, že potrubí pro přívod čerstvého vzduchu bylo vedeno v podélném směru chodby po obou stranách v horních rozích, odkud vyfukuje upravený čerstvý vzduch na požadovanou teplotu a relativní vlhkost, do středu místnosti, kde se

přepokládá, že budou sedět nebo procházet osoby navštěvující budovu. Pro názornost je způsob větrání uveden na obrázku (Obr. 28). Parametry větraných místností jsou uvedeny v tabulce (Tab. 25).



Obr. 28. Schématické znázornění způsobu větrání chodeb

Tab. 25. Parametry větraných místností

č.m.	Objem místnosti [m ³]	Množství přiváděného vzduchu [m ³ /h]	Počet vyústek [-]	Průtok vzduchu jednou vyústkou [m ³ /h]
123	897,8	2626,4	30	88
243	184,7	698,8	5	140
250	837,1	2385,7	30	80
252	331,9	955,6	12	80
253	458,9	1290,5	16	80

Příklad dimenzování vedlejší větve je uveden v tabulkách (Tab. 26, Tab. 27), uvedená tabulka je pro dimenzování potrubní sítě v místnosti č. 252.

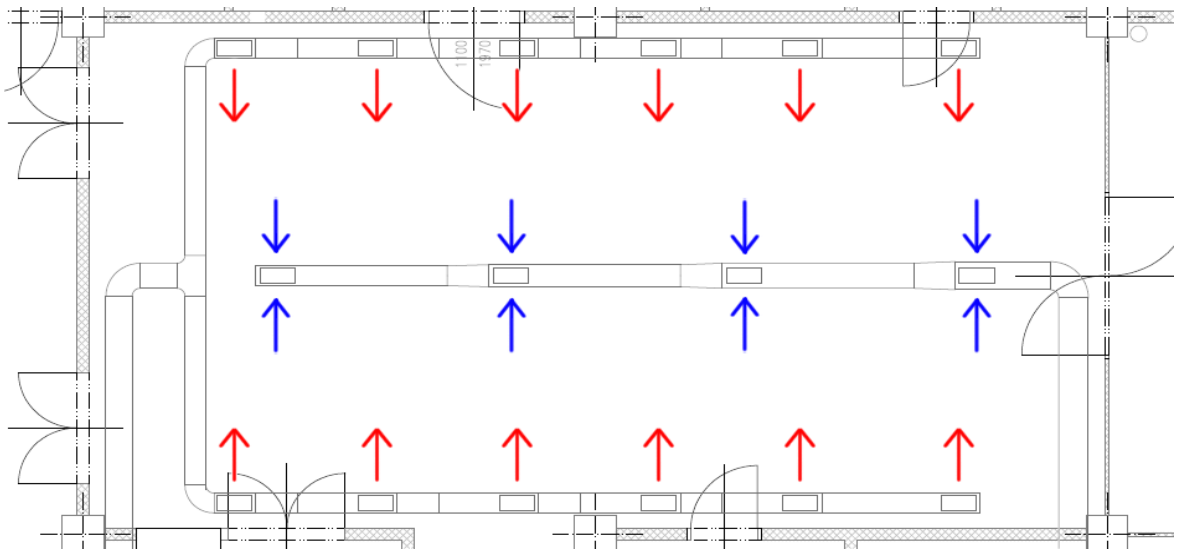
Tab. 26. Příklad dimenzování potrubní sítě

č. úseku	Průtok		Předběžný návrh		Rozměr		Skutečné hodnoty	
	$V [m^3/h]$	$V [m^3/s]$	$R [Pa/m]$	$D_h [mm]$	$a [mm]$	$b [mm]$	$D_h [mm]$	$v [m/s]$
1	80	0,022	1	105	250	100	143	1,5
2	160	0,044	1	141	250	100	143	2,8
3	240	0,067	1	160	250	125	167	3,2
4	320	0,089	1	175	250	140	179	3,4
5	400	0,111	1	190	250	160	195	4,9
6	480	0,133	1	212	250	200	222	3,5
7	80	0,022	1	105	250	100	143	1,5
8	160	0,044	1	141	250	100	143	2,8
9	240	0,067	1	160	250	125	167	3,2
10	320	0,089	1	175	250	140	179	3,4
11	400	0,111	1	190	250	160	195	4,9
12	480	0,133	1	212	250	200	222	3,5
13	960	0,267	1	275	315	250	279	4,3

Tab. 27. Příklad dimenzování potrubní sítě – dokončení

č. úseku	Ztráty třením			Místní ztráty		Ztráta [Pa]	Ztr. vyústky $\Delta p_t [Pa]$	Celková ztráta [Pa]
	$R [Pa/m]$	$l [m]$	$\Delta p_\lambda [Pa]$	$\sum \xi [-]$	$\Delta p_\xi [Pa]$			
1	0,35	1,9	0,67	5,40	7,29	7,96	0,04	8,00
2	1,00	1,7	1,70	0,42	1,98	3,68	0,04	3,72
3	1,00	1,7	1,70	0,41	2,52	4,22	0,04	4,26
4	1,00	1,7	1,70	0,41	2,84	4,54	0,04	4,58
5	1,20	1,7	2,04	0,41	5,91	7,95	0,04	7,99
6	0,80	3,5	2,80	0,61	4,48	7,28	0,04	7,32
7	0,35	1,9	0,67	5,40	7,29	7,96	0,04	8,00
8	1,00	1,7	1,70	0,42	1,98	3,68	0,04	3,72
9	1,00	1,7	1,70	0,41	2,52	4,22	0,04	4,26
10	1,00	1,7	1,70	0,41	2,84	4,54	0,04	4,58
11	1,20	1,7	2,04	0,41	5,91	7,95	0,04	7,99
12	0,80	3,5	2,80	0,61	4,48	7,28	0,04	7,32
13	0,90	6,7	5,99	1,40	15,53	21,52	-	21,52

Při návrhu potrubní sítě pro odvod odpadního vzduchu bylo postupováno stejně jako při návrhu potrubní sítě pro přívod čerstvého vzduchu. Byly navrženy vyústky bez regulace o rozměrech 420x200 mm pro odvádění požadovaného množství vzduchu v daném prostoru.



Obr. 29. Ukázka návrhu potrubní sítě pro místnost č. 252

10 NÁVRH BEZPEČNOSTNÍHO A POŽÁRNÍHO SYSTÉMU

Systémy pro tvorbu mikroklimatu jsou navrženy. Nesmíme ale zapomínat také na bezpečí budovy a osob, které se v ní zdržují. O to se musí postarat elektronický zabezpečovací systém a elektronická požární signalizace.

10.1 Elektronický zabezpečovací systém

Hlavní úlohou EZS je zajistit plášťovou ochranu objektu. Tento systému musí být schopen detekovat a vyhodnotit neoprávněné vniknutí cizích osob, odcizování nebo také neoprávněné poškozování majetku. Bezpečnostní systém je zde na místě hlavně proto, že se jedná o zdravotnické zařízení, tudíž se v něm vyskytuje množství různých chemických přípravků a léčiv a také jsou zde velmi drahá zařízení, která je potřeba ochránit.

Budova má hlavní vstup, který se nachází na severní straně. Také má vstup na jižní straně, kde tento vstup zároveň slouží jako vrátnice budovy. Zde je použit kamerový systém, který bude sledovat okolí před vstupem do objektu, zejména v noci, kdy není celá budova v provozu. V případě, že by došlo k nějaké trestné činnosti, mohly by být záznamy z kamerového systému použity při hledání pachatele. U zdravotnického zařízení se však nemusí vždy jednat o trestnou činnost. Může se stát, že někdo nebude schopen sám bez pomoci přijít do budovy nebo bude nutně potřebovat zdravotní péči. Díky kamerovému systému může být tomuto člověku poskytnuta potřebná péče, protože při záchraně života mohou v některých případech hrát roli i sekundy.

U vstupu do nemocnice je také vhodné volit systém přístupu osob zvenčí. Ten by zajišťoval kontrolu osob pohybujících se v nemocnici. Z vnitřní strany objektu je vhodné na dveřích použít panik kování, kdy není třeba sledovat, kdo z objektu vychází.

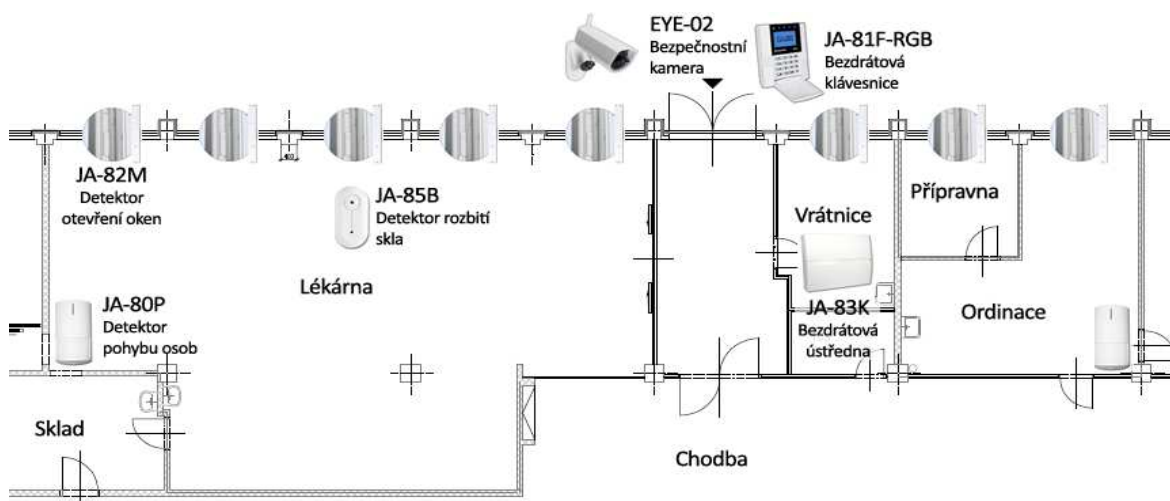
Ve vnitřních prostorách je také umístěn kamerový systém, a to ve třetím, čtvrtém a pátém podlaží, kde se nachází lůžková část. Umístění kamerového systému bylo zvoleno na chodbách a také v jednotlivých pokojích pacientů, s ústřednou v sesterně, kde by měly možnost sledovat stav pacientů a dění na pokoji sestry. Mohly by tím částečně omezit pravidelné kontrolování pacientů obcházením všech pokojů.

Pro EZS je použit bezdrátový zabezpečovací systém OASiS od společnosti Jablotron pracující na frekvenci 868 MHz. Ústředna zabezpečovacího systému je JA-83K. Tato jednotka by měla být použita na více místech, neboť zabezpečujeme velký prostor a je třeba připojit velké množství senzorů. Jedná se zejména o první podlaží, kde se nachází

lékárna, technická místnost se vzduchotechnikou a výměňkovou stanicí. Je proto důležité rozdělit si toto podlaží na více úseků. Jako napájení je použito napájení ze sítě 230 V, v případě výpadku proudu je v ústředně záložní zdroj, tím je zajištěn nepřetržitý provoz. Do ústředny je možné přidávat jednotlivé moduly. Pro rádiovou komunikaci složí modul JA-82R, pomocí kterého lze ke stanici připojit až 50 bezdrátových periférií. Jako další modul by v ústředně neměl chybět komunikátor pro komunikaci po počítačových sítích LAN. Pro ohlášení poplachu pomocí pevné linky se připojuje modul JA-80X, dokáže předat uživateli hlasovou zprávu podle druhu poplachu. Pro bezdrátový přenos fotografií z kamer je použit modul JA-80Q.

Plášťovou ochranu zajišťují detektory otevření oken JA-82M. Umísťují se přímo do rámu oken, což je činí neviditelnými. Neměly by chybět také detektory rozbití oken JA-85B, které se umísťují do chráněných místností a jsou schopny rozeznat rozbití skla na vzdálenost 9 m. Uvnitř každé z chráněných místností jsou také umístěny detektory pohybu JA-80P. Tyto detektory se připojují na venkovní nebo vnitřní sířenu.

U vchodových dveří na jižní straně je umístěna klávesnice JA-81F-RGB, slouží k programování a ovládání systému a pro vizuální kontrolu slouží kamera EYE-02, která komunikuje bezdrátově prostřednictvím sítě GSM.

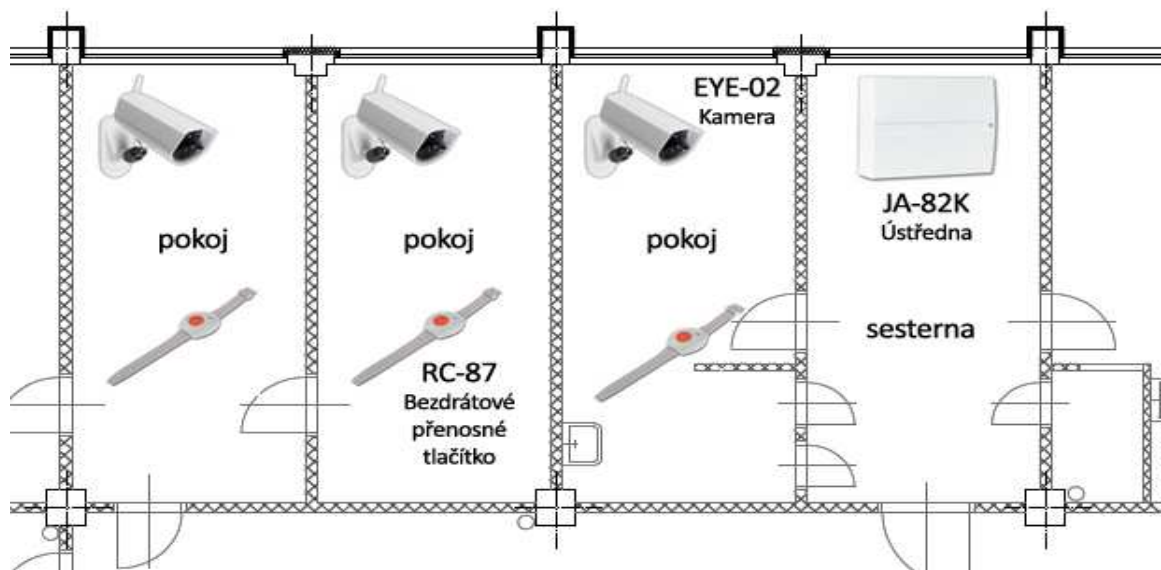


Obr. 30. Ukázka použití bezpečnostních prvků

10.2 Bezpečnost pacientů

Pacientům ležícím na lůžkové části, zejména těm, kteří si nejsou schopni sami přivolat pomoc, budou na ruku připnuta tísňová tlačítka RC-87. Tato tísňová tlačítka umožňují na

dálku aktivovat poplach. Dosah těchto tlačítek je až 50 m při přímé viditelnosti na ústřednu. Napájení je zajištěno lithiovými bateriemi, jejichž životnost je až 3 roky. Tlačítka mohou být nošena na ruce jako hodinky nebo jako přívěšek na krku. Pokud jsou ale nošena na krku, musí být vybavena mechanickou pojistkou, která jej rozpojí při zatížení závěsu větším než 40 N. Tlačítka mají krytí IP-44, tedy jsou chráněna proti vniknutí velmi drobných předmětů a drátu silnějším než 1 mm a dokážou odolat vodě stříkající pod všemi úhly. Pro vizuální kontrolu pacientů jsou na pokojích instalovány kamery EYE-02.



Obr. 31. Ukázka zabezpečení pacientů

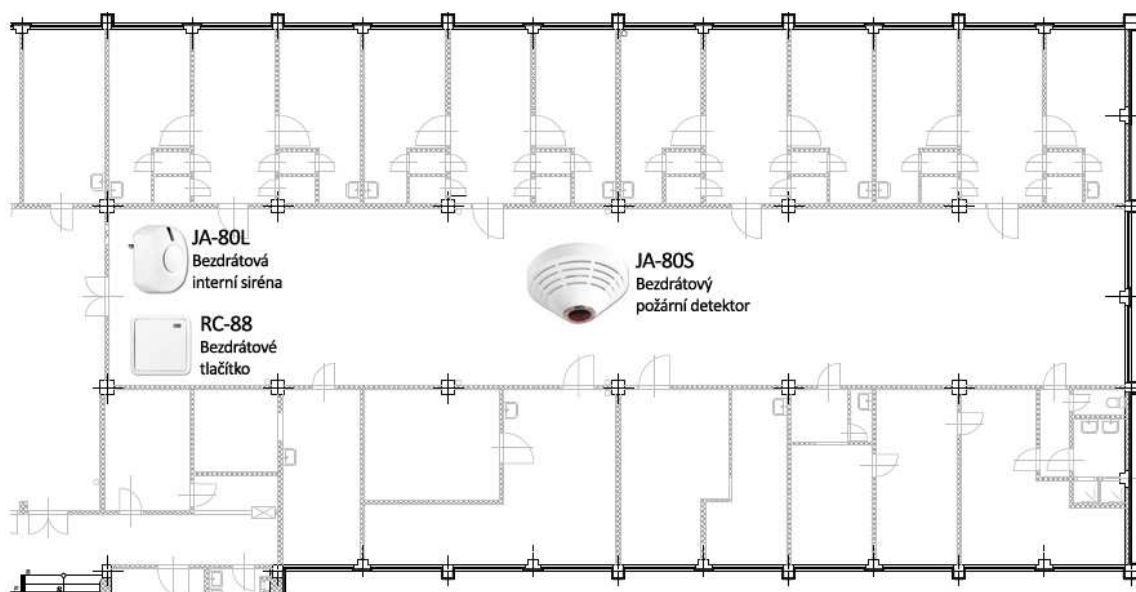
10.3 Elektrická požární signalizace

Pro požární bezpečnost byl použit také systém OASiS, neboť má integrovaný systém EPS. Detektory kouře jsou umístěny ve všech podlažích budovy na chodbách a také v místnosti s výměňkovou stanicí a vzduchotechnickými jednotkami. Jedná se o detektory JA-80S, které mají optický senzor kouře a také snímač teploty a integrovanou sirénu pro lokální varování. Zpracování signálů z obou detektorů je prováděno digitálně, což omezuje počet falešných poplachů. Poplachová teplota těchto detektorů je 60 °C až 70 °C. Napájení zajišťují baterie uvnitř detektoru a výrobce udává jejich životnost až 3 roky.

V technické místnosti s výměňkovou stanicí je umístěn záplavový detektor LD-81. Tento detektor má dvě elektrody, při jejichž spojení (zaplavení) je vyslán signál aktivace. Po rozpojení vysílá signál zklidnění.

Na chodbách v jednotlivých podlažích jsou umístěna tlačítka pro vyhlášení nouzového poplachu RC-88. Jejich funkce je nastavitelná.

Pro hlášení poplachu jsou v objektu umístěny vnitřní bezdrátové sirény JA-80L. Jsou napájeny ze sítě 230 V. Pokud jsou při hlášení poplachu odpojeny, vysílají do ústředny signál sabotáže. Tyto sirény umožňují připojení až 8 tlačítek a detektorů.



Obr. 32. Ukázka EPS

11 ŘÍDICÍ A MONITOROVACÍ SYSTÉM BUDOVY

Samotným návržením systémů pro vytápění, ohřev vody a systémů VZT jsme provedli první krok k zajištění vnitřních klimatických podmínek v budově a hygienických potřeb osob uvnitř budovy. Druhým krokem je návržení systému řízení všech instalovaných zařízení uvnitř budovy, který bude tato zařízení ovládat podle měnících se podmínek vnějšího prostředí.

11.1 Řízení a monitoring vytápěcího systému

Pro vytápění budovy jsou použity dva typy regulace teploty. Jedná se o celkovou a místní regulaci systému. Místní regulace je regulování průtoku přímo v otopných tělesech regulačními ventily, kdy je možné nastavit průtok v přechodném období na menší hodnotu, aby nedocházelo k přetápění vnitřních prostorů. Celková regulace pak podle zaškrcení na tělesech může snižovat otáčky čerpadel, aby nebyl zvyšován tlak v systému.

Celková regulace tedy zajišťuje regulaci celého vytápěcího systému. Systém pro řízení bude ovládat trojcestné ventily na jednotlivých větvích, regulační ventily na výměnících, čerpadla, atd. Všechno samozřejmě závisí na mnoha faktorech a hodnotách, které jsou měřeny.

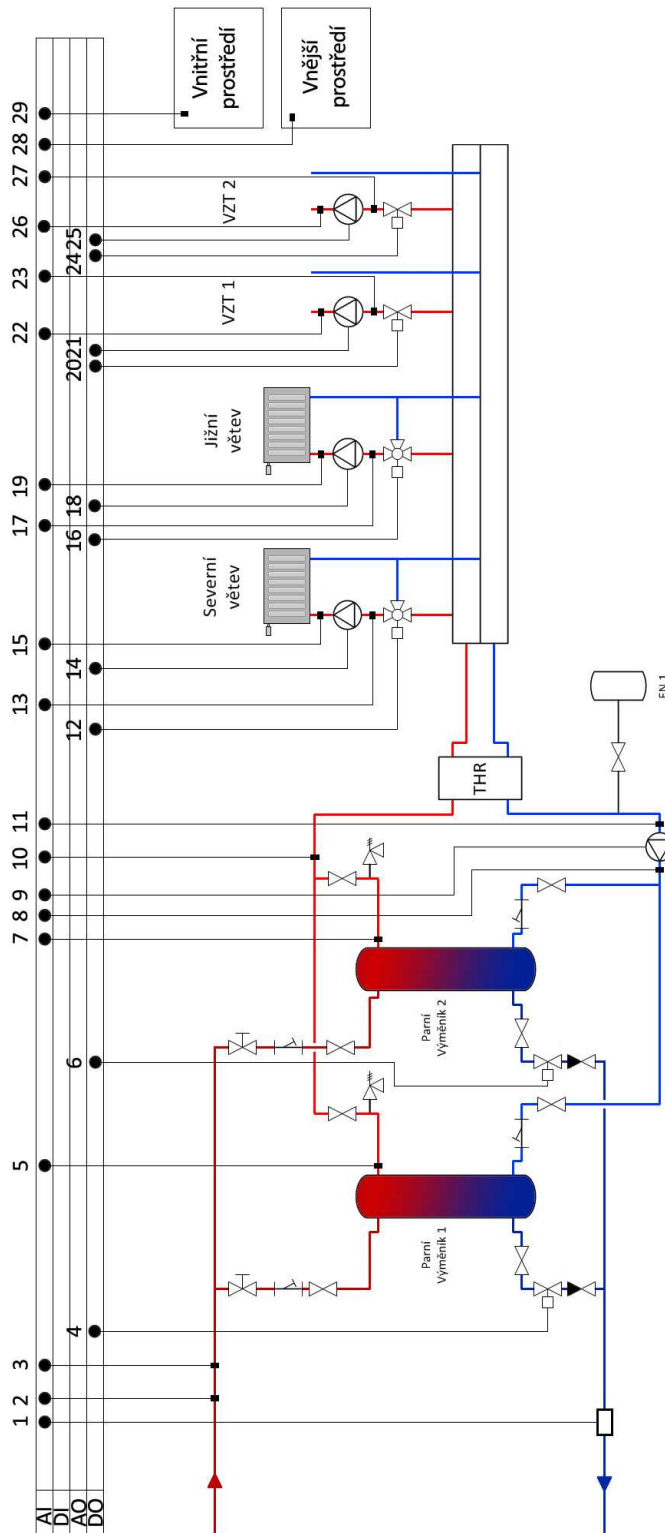
Nastavení teploty topné vody bude mít na starosti ekvitermní regulace. To znamená, že pokud poklesne teplota vnějšího prostředí, zvýší se teplota topné vody a naopak.

Schéma pro řízení systému a monitoring je uveden na obrázku (Obr. 33). Všechna teplotní čidla jsou připojena na analogové vstupy. Podle hodnot získaných na těchto čidlech jsou řízeny prvky připojené na digitálních výstupech. Některé z čidel slouží pouze k monitorování měřených veličin.

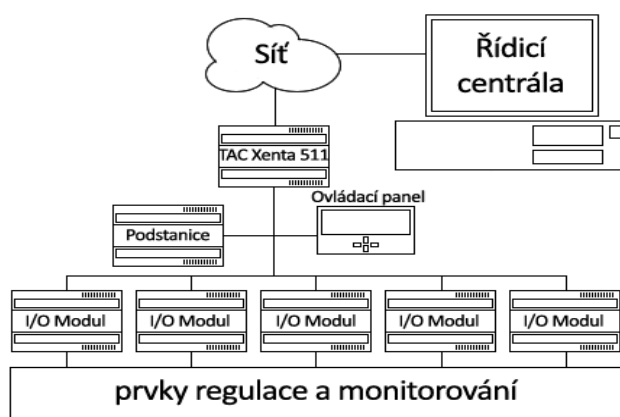
Použitá čidla jsou od společnosti Schneider Electric. V tabulce (Tab. 28) je uvedeno, o jaké zařízení se jedná a na jaký vstup, či výstup je připojeno.

K řízení vytápěcí soustavy byla použita podstanice TAC Xenta 401. Jedná se o volně programovatelnou podstanici, která nemá žádné vstupy a výstupy, umožňuje však připojení až deseti V/V modulů. Podle připojení jednotlivých prvků na vstupy a výstupy, jak je uvedeno na obrázku (Obr. 33), byl zvolen modul s analogovými vstupy. Jedná se o modul TAC Xenta 471, jež má osm analogových vstupů. Pro digitální výstupy je použit modul digitálních vstupů a výstupů TAC Xenta 422, který má 4 digitální vstupy a 5 digitálních

výstupů. Podle celkového počtu vstupů a výstupů byl volen počet modulů. Pro ovládání je připojen k podstanici operátorský panel TAC Xenta OP, který umožňuje přístup k parametrům. Všechno je připojeno k webovému serveru TAC Xenta 511 pro síť LonWorks, který umožňuje sledování a ovládání zařízení např. přes webový prohlížeč.



Obr. 33. Schéma řízení a monitoringu vytápěcí soustavy



Obr. 34. Struktura sítě

Tab. 28. Vysvětlivky k Obr. 33

Č.	Typ	Zařízení	V/V
1	monitoring	průtokoměr	AI
2	monitoring	čidlo tlaku kapalin	AI
3	monitoring	příložný snímač teploty	AI
4	řízení	regulační ventil	DO
5	monitoring	příložný snímač teploty	AI
6	řízení	regulační ventil	DO
7	monitoring	příložný snímač teploty	AI
8	monitoring	čidlo tlaku kapalin	AI
9	řízení	čerpadlo	DO
10	monitoring	příložný snímač teploty	AI
11	monitoring	příložný snímač teploty	AI
12	řízení	regulační ventil	DO
13	monitoring	příložný snímač teploty	AI
14	řízení	čerpadlo	DO
15	monitoring	čidlo tlaku kapalin	AI
16	řízení	regulační ventil	DO
17	monitoring	příložný snímač teploty	AI
18	řízení	čerpadlo	DO
19	monitoring	čidlo tlaku kapalin	AI
20	řízení	čidlo tlaku kapalin	DO
21	řízení	čerpadlo	DO
22	řízení	čidlo tlaku kapalin	AI
23	monitoring	příložný snímač teploty	AI
24	řízení	regulační ventil	DO
25	řízení	čerpadlo	DO
26	monitoring	čidlo tlaku kapalin	AI
27	monitoring	příložný snímač teploty	AI
28	monitoring	venkovní snímač teploty	AI
29	monitoring	vnitřní snímač teploty	AI

Řízení vytápěcího systému je složité. Je ovládáno mnoho prvků a je také sledováno několik hodnot, podle kterých řízení probíhá. Nejdříve se měří teplota vnitřního prostředí teplotním čidlem (29) a teplota vnějšího prostředí teplotním čidlem (28). Pokud dojde ke snížení teploty venkovního prostředí, je otevírán regulační ventil (4) na straně kondenzátu v primárním okruhu. Pomocí naměřené hodnoty na tlakovém čidle (8) je zjištěno, zda je v chodu čerpadlo (9), pokud není, dojde k sepnutí a tím k cirkulaci vody v sekundárním okruhu vytápěcího systému. Tímto způsobem je zajištěno ohřívání vody párou. Jakmile je voda ohřívána, postupuje dále do termohydraulického rozdělovače a poté postupuje do jednotlivých větví pro vytápění otopnými tělesy a také pro vzduchotechniku. Na větvích pro vytápění otopnými tělesy jsou řízeny trojcestné ventily (12, 16), kterými je řízeno směšování přiváděné a vratné vody v závislosti na hodnotě naměřené teploty na teplotním čidle umístěným před oběhovým čerpadlem dané větve (13, 17). Pokud je teplota přiváděné vody příliš vysoká, začne se pomocí trojcestného ventilu směšovat přiváděná voda s vodou vratnou a tím dojde k ochlazení přiváděné vody až na požadovanou teplotu. Jestliže přimíchávání vratné vody nestačí, přivře se regulační ventil za výměníkem na straně kondenzátu v primárním okruhu. Tím dojde k menšímu průtoku páry výměníkem a ke snížení teploty přiváděné vody. Je možné, že v chladnějším období nepostačí chod jednoho výměníku k dostatečnému ohřevu oběhové vody. V takovém případě je otevřen regulační ventil za druhým výměníkem (6) a zajistíme tak, že voda bude ohřívána na teplotu nezbytnou pro vytápění celého objektu.

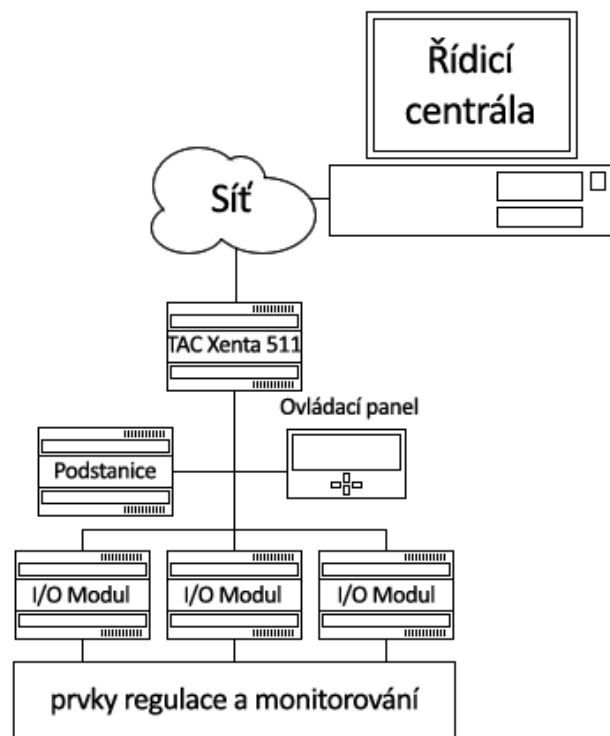
Na soustavě je také umístěn průtokoměr (1) na straně kondenzátu v primárním okruhu, dále tlakové (2) a teplotní (3) čidlo. Pomocí naměřených hodnot na těchto zařízeních je možné zjistit spotřebu energie pro vytápění a je tak možné odhadnout částku, kterou bude potřeba zaplatit za spotřebovanou energii.

Vytápěcí systém je také monitorován. Jsou sledovány teploty na výstupu obou výměníků v sekundárním okruhu pomocí teplotních čidel (5, 7) a také teplota za místem, kde dochází ke směšování vody z obou výměníků (10). Sledována je také teplota vratné vody (11). Tlakovým čidlem (8) zjistíme, zda je, či není v chodu čerpadlo, které zajišťuje cirkulaci vody v soustavě. Sledována je také teplota vody, která proudí do jednotlivých větví otopné soustavy (13, 17, 23, 27) a pomocí čidel pro snímání tlaku je sledováno, zda jsou v chodu oběhová čerpadla jednotlivých větví (15, 19, 22, 26).

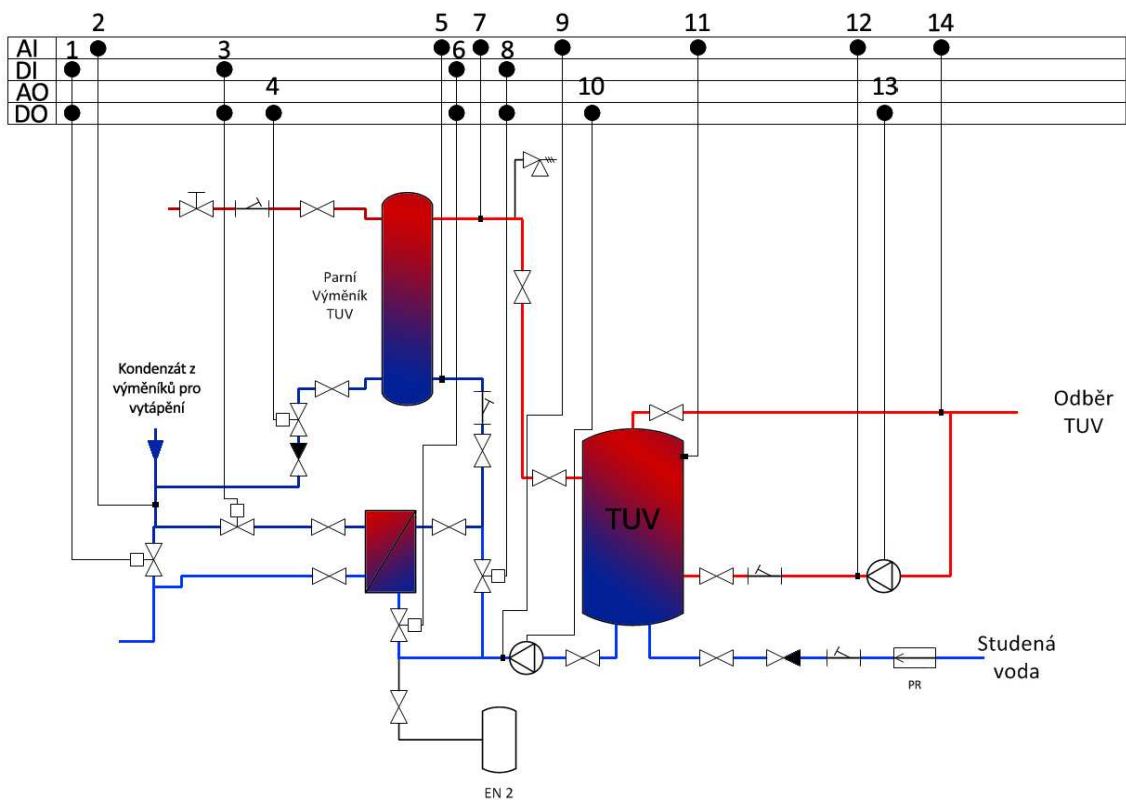
11.2 Řízení a monitoring systému pro přípravu teplé užitkové vody

Další část tepelné soustavy, kterou je třeba řídit, je část pro ohřev teplé užitkové vody. Teplá užitková voda je primárně ohřívána jedním parním výměníkem, zejména v letním období. V zimním období je možné užitkovou vodu předeřhřívát kondenzátem, který odvádíme jak z výměníku pro ohřev teplé vody, tak z výměníků pro vytápění objektu. Toto řešení je samozřejmě možné použít pouze v případě, že má kondenzát ještě takovou teplotu, která dokáže teplou užitkovou vodu alespoň trochu ohřát, v případě, že by měl kondenzát příliš nízkou teplotu, mohlo by docházet k opačnému účinku, tedy k ochlazení TUV, a to je nežádoucí. Proto je nutné celý systém řídit tak, aby k takovýmto případům nemohlo dojít. Schéma soustavy pro ohřev vody a připojení řídicích prvků je uvedeno na obrázku (Obr. 36) a jednotlivé prvky jsou popsány v tabulce (Tab. 29).

Stejně jako u vytápění je použito k řízení podstanice TAC Xenta 401. K ní je připojen modul analogových vstupů TAC Xenta 471 a modul TAC Xenta 422 s digitálními vstupy a výstupy. Počet modulů je volen podle počtu potřebných vstupů a výstupů. K podstanici je připojen také ovládací panel TAC Xenta OP. Všechno je opět připojeno k webovému serveru TAC Xenta 511. Schéma řídicí soustavy je uvedeno na obrázku (Obr. 35).



Obr. 35. Struktura sítě



Obr. 36. Schéma řízení a monitoringu soustavy pro ohřev TUV

Tab. 29 Vysvětlivky k Obr. 36

Č.	Typ	Zařízení	V/V
1	řízení	Pohon ventilu	DI,DO
2	řízení	Příložný snímač teploty	AI
3	řízení	pohon ventilu	DI,DO
4	řízení	pohon ventilu	DO
5	monitoring	příložný snímač teploty	AI
6	řízení	pohon ventilu	DI,DO
7	monitoring	příložný snímač teploty	AI
8	řízení	pohon ventilu	DI,DO
9	monitoring	čidlo tlaku kapalin	AI
10	řízení	čerpadlo	DO
11	řízení	příložný snímač teploty	AI
12	monitoring	čidlo tlaku kapalin	AI
13	řízení	čerpadlo	DO
14	řízení	příložný snímač teploty	AI

Řízení soustavy pro ohřev užitkové vody je provedeno následovně. Primárně je voda ohřívána parním výměníkem. Ten je regulován regulačním ventilem (4) v závislosti na

teplotě naměřené teplotním čidlem v horní části zásobníku (11) a také na teplotě na straně vratné vody, která je taktéž snímána teplotním čidlem (5). Pokud je teplota vody v zásobníku nižší než 65°C, je tlakovým čidlem (9) zjištěno, zdali je v provozu čerpadlo, pokud ne, je zapnuto (10). Dále měříme teplotu kondenzátu za výměníky. Pokud je teplota kondenzátu vyšší než teplota vody v zásobníku, je uzavřen uzavírací ventil (1), otevřen uzavírací ventil (3), tak zajistíme, že kondenzát proudí do výměníku pro předehřev užitkové vody. Dojde také k uzavření ventilu (8) na části, která slouží jako bypass, když není v provozu výměník pro předehřev a je otevřen ventil (6), který nechá proudit vodu tímto výměníkem. Teplotní čidlo (5) snímá teplotu vody, která se vrací do parního výměníku a podle ní je otevírán či přivírán regulační ventil (4) na primárním okruhu na straně kondenzátu, který reguluje průtok páry výměníkem.

V případě, že je teplota kondenzátu příliš nízká na to, aby dokázala ohřívat užitkovou vodu, je otevřen uzavírací ventil (1), uzavřen uzavírací ventil (3). Tak je zajištěno, že kondenzát dále neproudí do výměníku pro předehřev TUV. Také není nutné, aby do tohoto výměníku proudila ohřívána voda ze zásobníku, uzavře se tedy uzavírací ventil (6) a je otevřen uzavírací ventil (8) na části, která slouží k obtoku výměníku pro předehřev TUV. Podle teploty vratné vody snímané teplotním čidlem (5) před vstupem do parního výměníku je opět regulován průtok páry výměníkem regulačním ventilem (4).

Oběhové čerpadlo (13) na úseku pro odběr užitkové vody je řízeno v závislosti na teplotě naměřené teplotním čidlem (14) před místem odběru. Jakmile teplota poklesne, je spuštěno oběhové čerpadlo. Tím je zajištěno, že uživatel nemusí zbytečně odpouštět chladnou vodu z potrubí a teče mu teplá voda okamžitě.

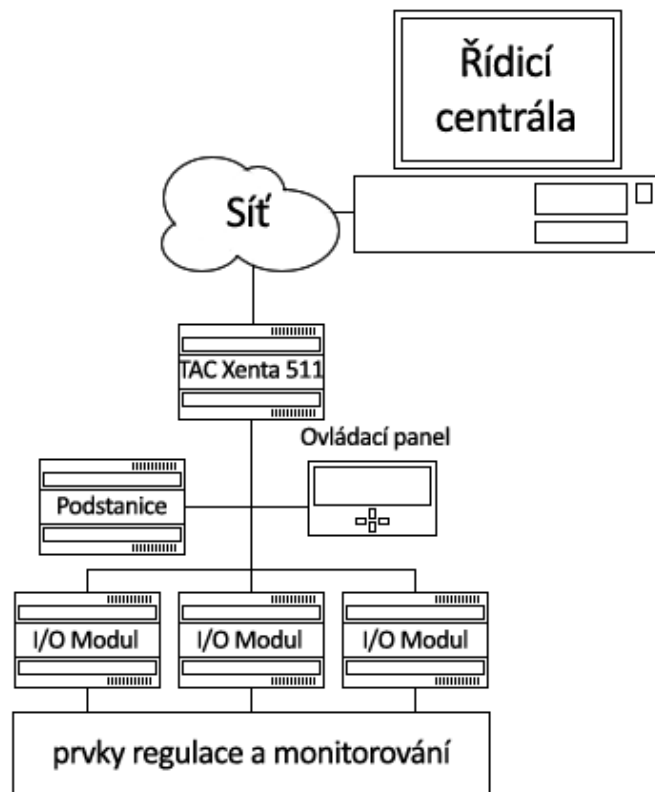
K monitorování je použito několika čidel. Hlavní sledovanou hodnotou je teplota užitkové vody v zásobníku (11). Dále je sledována teplota vody na výstupu z parního výměníku (7), teplota kondenzátu (2), teplota vody na vstupu do parního výměníku (5) a také teplota před místem odběru TUV (14). Sledován je i stav uzavíracích ventilů (1, 3, 6, 8). Podle hodnot na tlakových čidlech (9, 12) je monitorováno, zda jsou v provozu čerpadla.

11.3 Řízení a monitoring vzduchotechnického systému

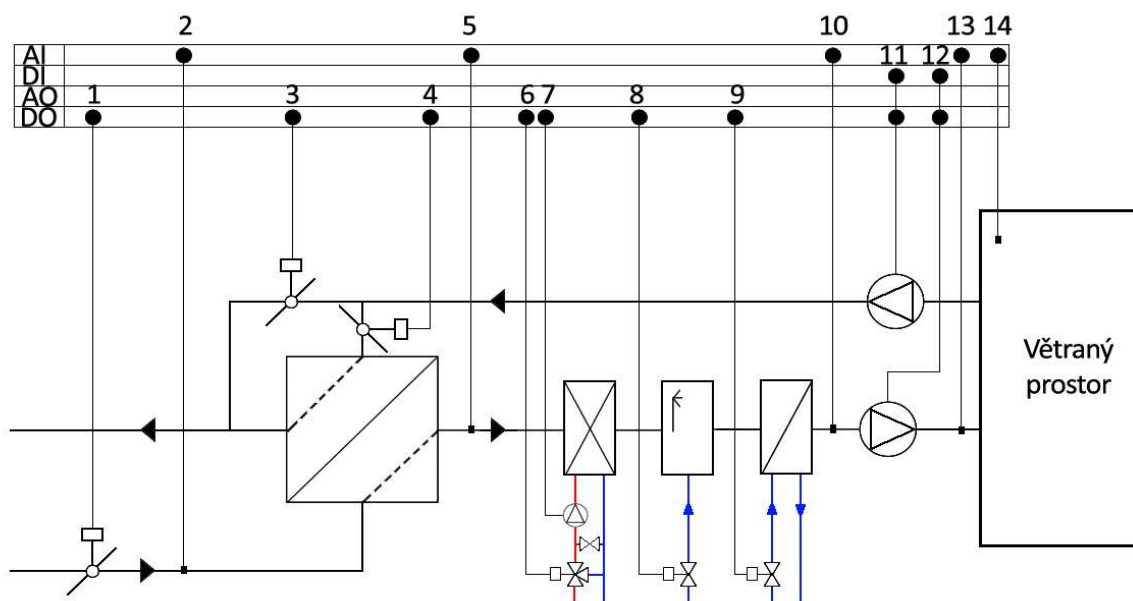
Vzduchotechnická jednotka je také řízena. Řízení je závislé na hodnotách naměřených čidly umístěnými jak přímo v potrubí jednotky, tak čidly umístěných ve větraných

prostorách. Pomocí řídicího systému je nutno řídit ohřev přiváděného vzduchu, vlhčení a také chlazení.

Pro řízení je stejně jako v předchozích případech volena podstanice TAC 401, ke které jsou připojeny V/V moduly a ovládací panel. Prvky pro regulaci a monitoring jsou uvedeny v tabulce (Tab. 30). Vše je také připojeno k webovému serveru k umožnění ovládání jednotky přes webový prohlížeč. Schéma sítě je uvedeno na obrázku (Obr. 37).



Obr. 37. Struktura sítě



Obr. 38. Schéma řízení a monitoringu vzduchotechnické jednotky

Tab. 30. Vysvětlivky k Obr. 38

Č.	Typ	Zařízení	V/V
1	řízení	pohon ventilu klapky	DO
2	řízení	pohon ventilu klapky	DO
3	řízení	pohon ventilu klapky	DO
4	řízení	pohon ventilu klapky	DO
5	monitoring	kanálový snímač teploty	AI
6	řízení	pohon ventilu	DO
7	řízení	čerpadlo	DO
8	řízení	pohon ventilu	DO
9	řízení	pohon ventilu	DO
10	řízení	kanálový snímač vlhkosti	AI
11	řízení	ventilátor	DI,DO
12	řízení	ventilátor	DI,DO
13	řízení	kanálový snímač teploty	AI
14	monitoring	snímač vnitřní teploty	AI

Při větrání prostorů uvnitř budovy musí být nejdříve otevřena klapka na přívodu vzduchu (1). Snímačem teploty (2) je měřena teplota přiváděného vzduchu. Jestliže se teplota přiváděného vzduchu pohybuje v rozmezí od 19 °C do 26 °C, je odváděný vzduch veden přes bypass. To je zajištěno tak, že je uzavřena klapka (4) před rekuperační komorou a je otevřena klapka na bypassu (3). Když je teplota přiváděného nižší než 19 °C nebo vyšší

než 26 °C, prochází odváděný vzduch přes rekuperační komoru. Je uzavřena klapka na bypassu (3) a otevřena klapka před rekuperátorem. V zimním období se předeřtý přiváděný vzduch ohřívá vodním ohříváčem. Podle teploty naměřené čidlem v potrubí na konci jednotky (13) je regulován průtok na trojcestném ventilu (6) a také je ovládáno čerpadlo (7). Dále je vzduch zvlhčován parním zvlhčovačem podle naměřené vlhkosti ve větraném prostoru (14). V letním období, kdy může být teplota venkovního vzduchu až 32 °C, je přiváděný vzduch po zchlazení v rekuperační komoře dochlazován na požadovanou teplotu pomocí chladiče. Pohonem na regulačním ventilu (9) je řízen průtok chladicí kapaliny. Také je regulováno množství přiváděného a odváděného vzduchu regulací otáček na ventilátorech (11, 12).

Teplotním senzorem (5) je sledována teplota přiváděného vzduchu za výstupem z rekuperátoru. Díky tomu může být uživatel upozorněn na možnost namrzání v potrubí. Monitorovanou hodnotou je také vlhkost přiváděného vzduchu pomocí čidla (10) umístěného za chladičí komorou.

12 VIZUALIZACE SYSTÉMU

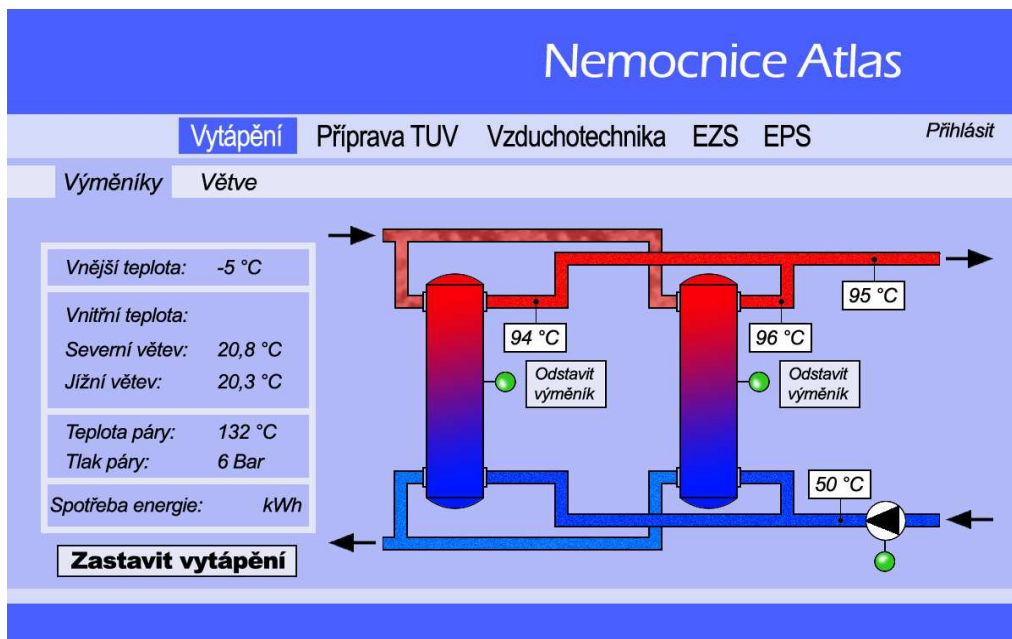
Po dokončení návrhu systému pro řízení je pro jeho ovládání třeba vytvořit také obslužný program SCADA. Pomocí tohoto zobrazení by mělo být možné systém jak monitorovat, tak také ovládat. Systém musí vyhodnotit alarmy a upozornit uživatele. Díky nainstalovanému prvku TAC Xenta 511 je možné vstupovat do tohoto systému ovládání přes webové rozhraní a také přes GSM síť, tedy pomocí mobilního telefonu.

Struktura obslužného programu SCADA by měla být uspořádána jednoduše a srozumitelně. Neměla by být zbytečně složitá. Musí jít nastavovat hlavní parametry pro zajištění hygienické pohody uvnitř budovy. Samozřejmostí pro ovládání systému je potřeba se přihlásit, aby bylo zamezeno nežádoucím přístupům nepovolaných osob.



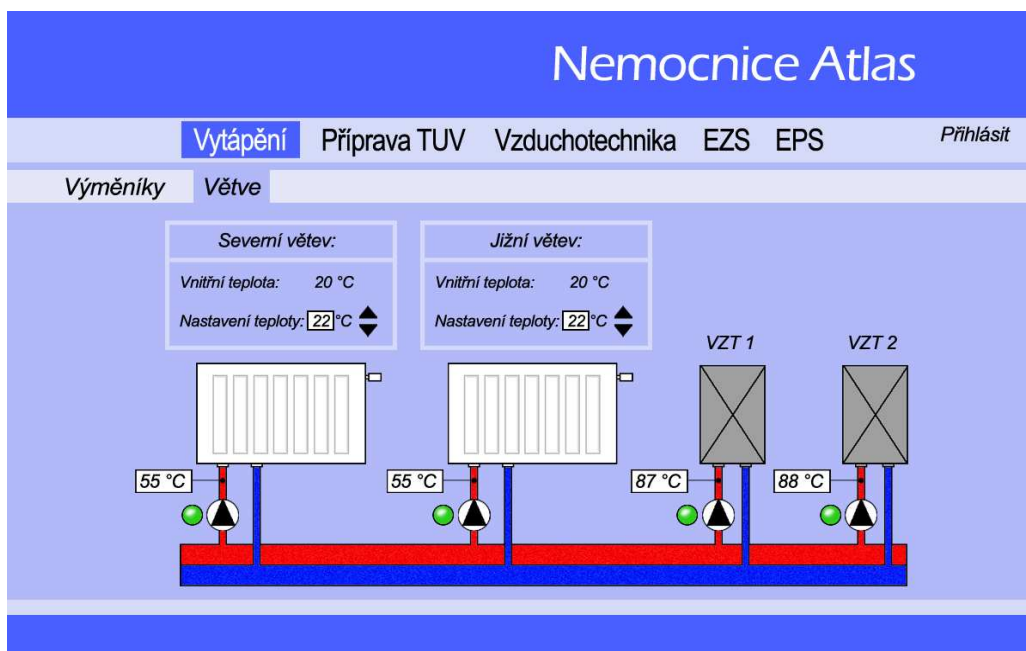
Obr. 39. Úvodní obrazovka programu SCADA

Po přihlášení do systému je možné ovládat jeho jednotlivé části. V menu je možné vybrat vytápění budovy, přípravu TUV, ovládání vzduchotechnických jednotek a zabezpečovací systém a požární signalizaci.



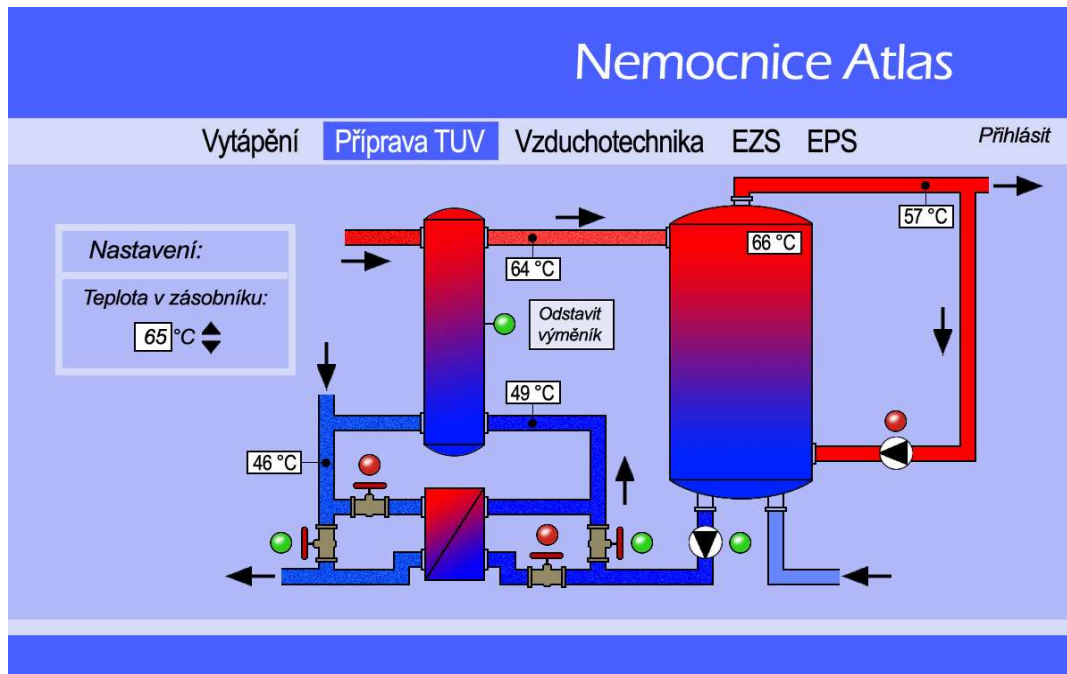
Obr. 40. Menu pro ovládání výměníků

Uživatel by měl mít možnost sledovat, zda jsou v provozu výměníky, teplotu na jejich výstupech a také celkovou teplotu po smíšení vody z obou výměníků. Také musí jít celý vytápěcí systém úplně zastavit v době údržby, nebo zastavovat jednotlivé výměníky. Dále by měla být monitorována teplota vytápěných místností jak v severní větvi, tak v jižní větvi a v neposlední řadě i teplota a tlak přiváděné páry.



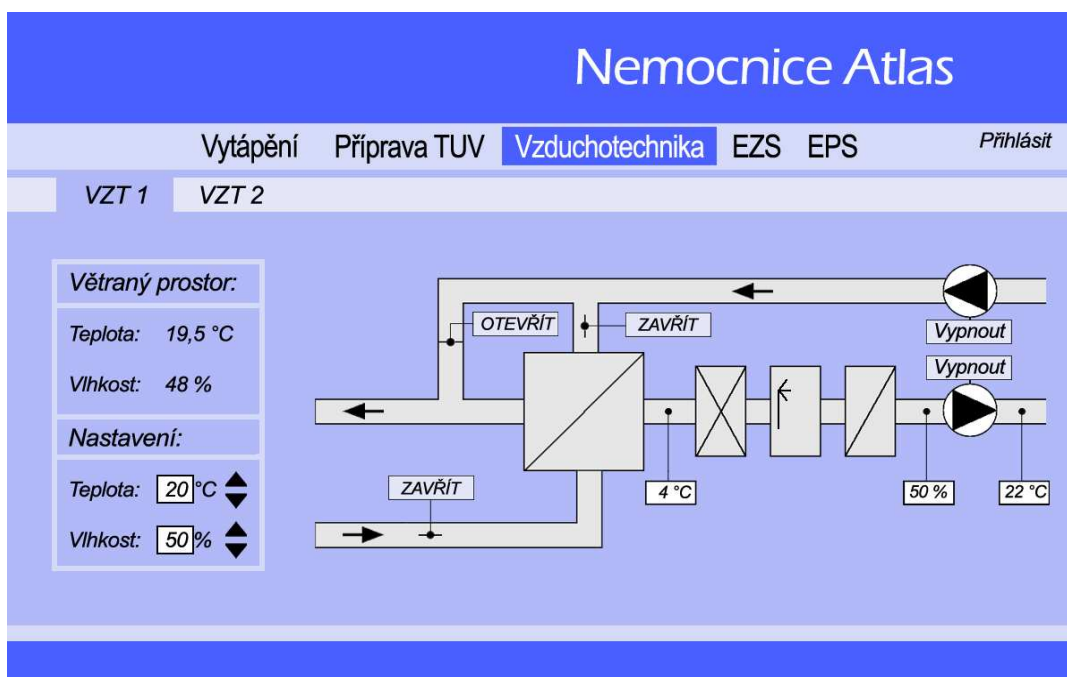
Obr. 41. Ukázka menu pro jednotlivé větve

Uživatel by měl mít možnost sledovat chod jednotlivých čerpadel v jednotlivých větvích, teplotu otopné vody v každé větvi a měl by mít možnost nastavovat teplotu vytápěných místností.



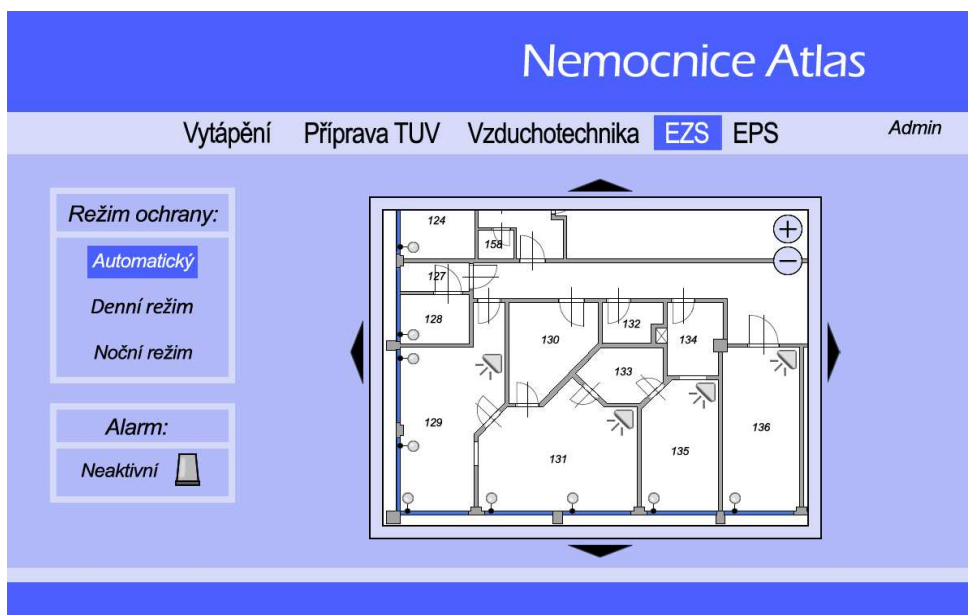
Obr. 42. Ukázka menu pro ovládání přípravy TUV

Ovládání ohřevu teplé vody by také nemělo chybět, nastavování teploty v zásobníku a pomocí tlačítek také ovládání čerpadel a ventilů a možnost odstavení obou výměníků.



Obr. 43. Ukázka ovládání vzduchotechniky

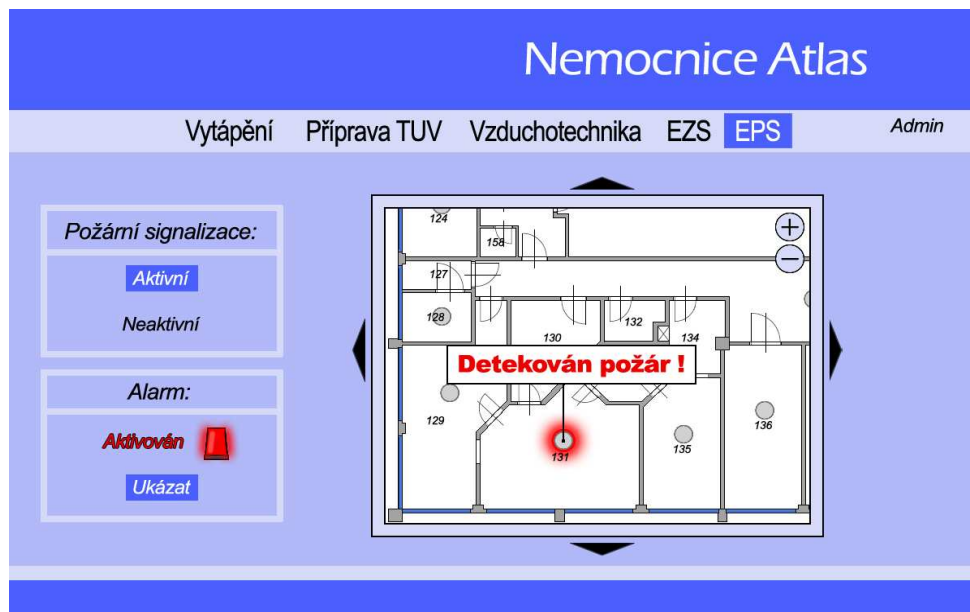
Pomocí programů by měly být ovládány i vzduchotechnické jednotky. Ukázka je uvedena na obrázku (Obr. 43).



Obr. 44. Zabezpečení budovy

V programu SCADA také nesmí chybět ovládání EZS a EPS. Napojená čidla mohou hlásit alarmy a ukazovat, které senzory byly aktivovány. U zabezpečení mohou být nastaveny tři režimy. Jedná se o denní režim, kdy je budova otevřena a není téměř potřeba, aby byly aktivovány senzory a noční režim, kdy je budova hlídána. Pro automatické přepínání mezi těmito režimy může být zvolen režim automatický, který se o přepínání těchto režimů bude starat sám program.

Požární signalizace je podobná EZS, kdy je možné sledovat jednotlivé senzory. Systém musí jít aktivovat a deaktivovat. Pokud by došlo ke spuštění alarmu, měl by ukázat sensor, který tento alarm spustil.



Obr. 45. Požární signalizace budovy

13 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

V projektu byly použity některé technologie pro úspornější provoz. Technologie, která zde bude hodnocena, je rekuperační výměník u vzduchotechnických jednotek pro větrání chodeb nemocnice. Byl použit z důvodů snížení nákladů na provoz nemocnice, zejména tedy na snížení nákladů na vytápění. Hlavní otázkou hodnocení je, jeli vůbec použití tohoto zařízení výhodné, a zdali budou navráceny pořizovací náklady zařízení a za jak dlouho.

Rekuperační výměník je hodnocen v provozu pro zimní období, kdy je nutné ohřívat přiváděný vzduch. Ohřev vzduchu je prováděn vodním ohříváčem, je nutné tedy zjistit, kolik energie bude ušetřeno použitím rekuperátoru. Pro lokalitu Zlín je dán počet topných dnů 216, roční průměrná teplota 3,6 °C.

Pokud víme, že cena CZT je 500 Kč/GJ, a 1 kWh = 3,6 MJ, můžeme si vyjádřit cenu 1 kWh. To uděláme tak, že si převedeme hodnotu 1 kWh = 0,0036 GJ a tuto hodnotu vynásobíme cenou za CZT. Dostáváme tak cenu CZT = 1,8 Kč/kWh.

13.1 Technicko-ekonomické hodnocení rekuperačního výměníku 1

Ztrátový tepelný výkon větraného prostoru v 1. a 2. podlaží je 1,008 kW. Celková energie se spočítá ze vztahu:

$$E_{celk} = d \cdot t \cdot P_v \cdot \left(\frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \right) \cdot \varepsilon \quad [\text{kWh}] \quad (39)$$

kde:

- $d \dots$ počet otopných dnů [-];
- $t \dots$ doba provozu zařízení [h];
- $P_v \dots$ tepelné ztráty větráním [kW];
- $\theta_{int,i} \dots$ výpočtová vnitřní teplota [°C];
- $\theta_{m,e} \dots$ roční průměrná teplota [°C];
- $\theta_e \dots$ venkovní výpočtová teplota [°C];
- $\varepsilon \dots$ umenšovací součinitel [-].

Dosazením do vzorce získáme celkovou spotřebu energie $E_{celk} = 1\,310$ kWh. Nyní si spočítáme energii, kterou je možné uspořit použitím rekuperačního výměníku:

$$E_{úspora} = \frac{E_{celk} \cdot \eta_r}{\eta_{vs}} \text{ [kWh]} \quad (40)$$

kde:

η_r ... průměrná účinnost rekuperačního výměníku [%];

η_{vs} ... účinnost vytápěcí soustavy [%].

Průměrná účinnost výměníku je 60 % a účinnost vytápěcí soustavy je 95 %. Po dosazení do vztahu nám vyjde hodnota $E_{úspora} = 827$ kWh.

Tedy, když je nám známa cena za energii, zjistíme, jakou částku bychom zaplatili za ušetřenou energii vynásobením $E_{úspora}$ s cenou za 1 kWh. Tím dostaneme částku 1 489 Kč. Pořizovací náklady na rekuperační výměník jsou cca 160 000 Kč.

Tab. 31. Hodnocení VZT jednotky pro 1. a 2. podlaží

Investiční náklady projektu	(Kč)	160000
Investiční náklady projektu po dobu životnosti	(Kč)	160000
Změna nákladů na energii	(Kč/rok)	1489
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů	(Kč/rok)	0
změna ostatních provozních nákladů	(Kč/rok)	-5000
Změna tržeb	(Kč/rok)	0
Přínosy projektu celkem	(Kč/rok)	-3511
Ekonomické hodnocení		
Investiční náklady projektu po dobu životnosti	N1 (Kč)	160000
Přínosy projektu celkem	P (Kč/rok)	-3511
Doba hodnocení	ž (rok)	15
Diskont	r (-)	0,08
Inflace	p (-)	0,04
Prostá doba návratnosti	T_s (rok)	-45,57
Disk. doba návratnosti	T_{sd} (rok)	-26,21
NPV	(Kč)	-197707
NPV (0)	(Kč)	-160000,00
IRR	(-)	-

Jako investiční náklady vložíme cenu za rekuperační výměník, jako změna nákladů na energii je zadána částka, kterou bychom ušetřili použitím zařízení. Změna ostatních provozních nákladů je částka vynaložená na údržbu zařízení. Ušetřená částka za energii je však menší než náklady na údržbu zařízení, vyjdou nám tak záporné přínosy projektu. Pro období 15 let, což je doba životnosti zařízení, vychází, že náklady vynaložené na nákup a údržbu rekuperátoru se nevrátí.

13.2 Technicko-ekonomické hodnocení rekuperačního výměníku 2

Hodnocení rekuperačního výměníku v jednotce pro větrání 3., 4. a 5. podlaží provedeme stejně jako v předchozí kapitole. Ztrátový tepelný výkon pro uvedená podlaží je 18,09 kW.

Podle vztahu (39) si vypočítáme celkovou potřebnou energii $E_{celk} = 24,66$ kW. Poté podle vztahu (40) zjistíme energii, kterou ušetříme použitím rekuperátoru $E_{úspora} = 15\,571,6$ kWh a částka za ušetřenou energii je 28 029 Kč. Pořizovací náklady rekuperátoru jsou cca 190 000 Kč.

Z tabulky (Tab. 32) lze vyčíst, že diskontní doba návratnosti projektu je 10,9 roku a částka, kterou ušetříme za období 15 let přepočtená na dnešní hodnotu peněz, je 57 321 Kč. Můžeme tedy říct, že použití rekuperačního výměníku u VZT jednotky pro větrání 3., 4. a 5. podlaží je výhodná investice.

Tab. 32. Hodnocení rekuperátoru pro 3., 4. a 5. podlaží

Investiční náklady projektu	(Kč)	190000
Investiční náklady projektu po dobu životnosti	(Kč)	190000
Změna nákladů na energii	(Kč/rok)	28029
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů	(Kč/rok)	0
změna ostatních provozních nákladů	(Kč/rok)	-5000
Změna tržeb	(Kč/rok)	0
Přínosy projektu celkem	(Kč/rok)	23029
Ekonomické hodnocení		
Investiční náklady projektu po dobu životnosti	N1 (Kč)	190000
Přínosy projektu celkem	P (Kč/rok)	23029
Doba hodnocení	ž (rok)	15
Diskont	r (-)	0,08
Inflace	p (-)	0,04
Prostá doba návratnosti	T_s (rok)	8,25
Disk. doba návratnosti	T_{sd} (rok)	10,90
NPV	(Kč)	57321
NPV (0)	(Kč)	0,00
IRR	(-)	0,121

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout systém tvorby mikroklimatu a řídicí systém pro zdravotnickou budovu s lůžkovou částí. Návrh všech systémů byl proveden v souladu se všemi potřebnými normami. Jednotlivé systémy jsou řízeny pomocí sběrnice systému LonWorks.

V teoretické části jsou popsány prvky, které byly použity v praktické části, také jsou zde popsána energeticky úsporná zařízení, zařízení pro tvorbu mikroklimatu v budovách, a princip sběrnice systému.

První část praktického návrhu se zabývá posouzením samotného objektu a posouzení jeho pláště. Dále byly spočítány tepelné ztráty prostupem a větráním a zátopový výkon na základě čehož byl navržen vytápěcí systém, který slouží pro vytápění budovy a také pro ohřev teplé užitkové vody. Objekt je vytápěn dvěma parními výměníky. Tyto výměníky zajišťují ohřev topné vody pro desková tělesa vybavená regulačními ventily pro místní regulaci. Jako primární zdroj pro ohřev teplé užitkové vody slouží parní výměník, a jako sekundární zdroj deskový výměník, který přehřívá TUV pomocí kondenzátu odvedeného z výměníků pro vytápění.

Na základě výpočtu tepelných zisků byly navrženy dvě vzduchotechnické jednotky, které zajišťují větrání chodeb v budově. U těchto jednotek bylo využito rekuperačních výměníků, které snižují energetické nároky budovy. Také byla navržena vzduchotechnická jednotka pro udržování potřebného mikroklimatu v operačním sále.

Další část práce je tvořena návrhem systému řízení. Zabývá se návrhem bezpečnostního systému budovy, bezpečnostního systému pro pacienty, požární signalizace a řídicího sběrnice systému LonWorks. Jednotlivé systémy jsou navrženy jako podsystémy a celkovou komunikaci mezi nimi zabezpečuje protokol LonWorks.

Celý systém byl navržen s ohledem na potřeby zdravotnických budov a také zde byly navrženy systémy pro snížení nákladů na provoz budovy. Tepelná soustava dokáže zabezpečit tepelnou pohodu po celý rok. Bezpečnostní systém a protipožární signalizace chrání jak lidské zdraví tak i majetek.

V poslední části bylo provedeno technicko-ekonomické hodnocení návrhu. Byl hodnocen systém pro větrání prostorů nemocnice s využitím rekuperačního výměníku. Investice do rekuperačního výměníku ve vzduchotechnické jednotce pro větrání prvního a druhého

podlaží se nevrátí z důvodu malého využití, avšak investice do rekuperačního výměníku použitého ve vzduchotechnické jednotce pro větrání třetího, čtvrtého a pátého podlaží se vrátí přibližně za 11 let.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The object of this thesis was to design a system for the microclimate creation and a control system for a medical facility with an inpatient unit. The design of all the systems was created according to all the necessary standards. Each single system is managed by the bus system LonWorks.

The components which were used in the practical part are described in the theoretical part as well as the energy-saving equipment, the equipment for buildings microclimate creation and the principle of the bus system.

The first part of the project considers the property itself and its skin. There were also calculated both the thermal loss caused by the heat transmission and ventilation and power for heating on which was based the design of the heating system. This heating system is used for the building heating and supply water heating. The property is heated by two steam exchangers. These exchangers support the heating-water heating for panel heaters fitted with control valves for the local regulation. As a primary source for the supply water heating is used the steam exchanger and as a secondary source tabular exchanger, which preheats hot water by the condensation led from exchangers to heating.

Based on the calculation of the heat gain were projected two airconditioning units which support the ventilation of corridors in the building. For these units were used recuperative exchangers which lower the power requirements of the building. There was also designed the airconditioning unit for keeping the necessary microclimate at the surgery.

The next part of the thesis is formed by the design of the control system. It treats the safety system design of the building, security system for the patients, fire signalization and the control bus system LonWorks. All the single systems are designed as sub-systems and the general communication among them guarantees the LonWorks protocol.

All the system was projected in accordance with the medical facility needs and there were also designed systems which lower the building functioning expenses. The heating scheme is able to offer the warm water comfort for all the year long. The safety system and fire signalization protects both human health and property.

The technoeconomic evaluating of the project was done in the final part. There was evaluated the system for the hospital premises ventilation with the use of recuperative exchanger. The investment in the recuperative exchanger in the airconditioning unit used

for the first and second floor ventilation will not be paid back from the reason of low usage. But the investment in the recuperative exchanger used in the airconditioning unit used for the third, fourth and fifth floor ventilation will return approximately in 11 years.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SZÉKYOVÁ, Marta; FERSTL, Karol; NOVÝ, Richard. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 1. Bratislava : JAGA GROUP, s.r.o., 2006. 359 s. ISBN 80-8076-037-3.
- [2] SMOLÍK, Jan. *Technika prostředí*. Vyd. 1. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985. 320 s. ISBN 04-224-85.
- [3] *Vytápění, větrání a klimatizace*. Vyd. 3. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985. 648 s. ISBN 04-201-85.
- [4] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. c2011 [cit. 2011-04-22]. Mapy charakteristik klimatu. Dostupné z WWW: <www.chmi.cz>.
- [5] *Solární fórum* [online]. c2011 [cit. 2011-04-22]. Přírodní podmínky v ČR. Dostupné z WWW: <<http://www.solar-forum.cz>>.
- [6] RUBINOVÁ, Olga; RUBINA, Aleš. *TZB-info* [online]. 22.8.2005 [cit. 2011-04-22]. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepeln-pohoda-cloveka>>.
- [7] KABELE, Karel; VEVERKOVÁ, Zuzana. *TZB-info* [online]. 15.11.2004 [cit. 2011-04-22]. Modelování operativní teploty. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/1422-modelovani-operativni-teploty>>.
- [8] *Centrum pasivního domu* [online]. c2010 [cit. 2011-04-22]. Kvalita vnitřního prostředí. Dostupné z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/vnitri-prostredi-domu/kvalita-vnitriho-prostredi.html?chapter=hodnoceni-kvality-vnitriho-prostredi>>.
- [9] LAIN, Miloš; BARTÁK, Martin; SVOBODOVÁ, Hana. *TZB-info* [online]. 24.7.2006 [cit. 2011-04-22]. Posouzení parametrů prostředí v místnosti klimatizované jednotkou SLIT. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/2700-posouzeni-parametru-prostredi-v-mistnosti-klimatizovane-jednotkou-split>>.
- [10] PŘIBÁŇOVÁ, Henrietta; LAJČÍKOVÁ, Ariana. *TZB-info* [online]. 3.1.2003 [cit. 2011-04-23]. Umělé osvětlení vnitřního prostředí. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostredi>>.

- [11] RUBÁŠ, Pavel. *TZB-info* [online]. 5.3.2007 [cit. 2011-04-23]. Denní osvětlení a proslunění bytových domů. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/3945-denni-osvetleni-a-prosluneni-bytovych-domu>>.
- [12] VRÁNA, Jakub, et al. *Technická zařízení budov v praxi : Příručka pro stavaře*. Vyd. 1. Praha : Grada Publishing, a.s., 2007. 332 s. ISBN 978-80-247-1588.
- [13] MÁCA, František. *Klimatizace a větrání nemocnic*. Vyd. 1. Praha : ČVTS - komitét pro techniku prostředí, 1972. 70 s.
- [14] CHYSKÝ, Jaroslav, et al. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 3. Praha : Česká matice techniká, 1993. 490 s. ISBN 80-91574-0-8.
- [15] ZÁLEŠÁK, Martin. *Zařízení na výrobu tepla*. Zlín : [s.n.], [2009]. 16 s.
- [16] VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.hw.cz : Rady a poslední novinky z oboru* [online]. 5.4.2005 [cit. 2011-05-25]. Sběrnice LonWorks - 1.část - Úvod. Dostupné z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/clanek/2005040501>>.
- [17] VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.hw.cz : Rady a poslední novinky z oboru* [online]. 11.4.2005 [cit. 2011-05-25]. Sběrnice LonWorks - 2.část - LonTalk protokol. Dostupné z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/clanek/2005041101>>.
- [18] ZÁLEŠÁK, Martin. *TZB-info* [online]. 22.10.2007 [cit. 2011-05-25]. Řízení systémů tvorby prostředí - součást integrovaných řídicích systémů budov (I). Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/4421-rizeni-systemu-tvorby-prostredi-soucast-integrovanych-ridicich-systemu-budov-i>>.
- [19] ČSN EN 12831 . *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha : Český normalizační institut, Březen 2005. 71 s.
- [20] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : Český normalizační institut, 2007. 44 s.
- [21] ČSN 06 0830. *Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení*. Praha : Český normalizační institut, 2006. 20 s.
- [22] ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha : Český normalizační institut, 2006. 20 s.
- [23] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha : Český normalizační institut, 1985. 32 s.

- [24] TYWONIAK, Jan. *TZB-info* [online]. 9.1.2007 [cit. 2011-05-31]. Navrhování energeticky úsporných budov v širších souvislostech. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/3809-navrhovani-energeticky-uspornych-budov-v-sirsich-souvislostech>>.
- [25] DURAND, Eric. *Energy efficiency in hospitals and clinics*. Příž : Office for Official Publications of the european Communities, 1999. 25 s. ISBN 92-828-1945-0.
- [26] ZÁLEŠÁK, Martin. *Obnovitelné a alternativní zdroje energie*. Zlín : [s.n.], 2007. 36 s.
- [27] PZP KOMPLET a.s. *Tepelná čerpadla*. Dobruška : [s.n.], 2006. 54 s.
- [28] FUČÍK, Zdeněk. *TZB-info* [online]. 2.4.2004 [cit. 2011-05-31]. Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ANSI	American National Standards Institute.
CCCB	Commands, Controls and Communications in Buildings.
CSMA/CA	Carrar Sense Multiple Access with Collision Avoidance.
CZT	Centralizovaný Zdroj Tepla
EIA	European Installation Bus.
EPS	Elektrická Požární Signalizace.
EZS	Elektronický Zabezpečovací systém.
GSM	Groupe Spécial Mobile.
ISO	International Organization for Standardization.
LON	Local Operating Network.
OSI	Open Systems Interconnection.
PC	Personal Computer.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
TUV	Teplá Užitková Voda
TZB	Technická Zařízení Budov
VZT	Vzduchotechnika

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Průměrná roční teplota vzduchu	13
Obr. 2. Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR.....	14
Obr. 3. Pole tepelné pohody pro operativní teplotu a relativní vlhkost	20
Obr. 4. Nasávání a vyfukování vzduchu v nemocnicích	37
Obr. 5. Přehled systémů klimatizace	40
Obr. 6. Řešení operačního sálu. F1, F2, F3 – tři stupně filtrace, O – ohříváč, Ch – chladič, Vh – parní zvlhčovač, V1, V2 – ventilátory, VU – velkoplošná vyústka.....	42
Obr. 7. Příklady topologií sítě LonWorks.....	45
Obr. 8. Schéma přístupu uzlu na sběrnici (CSMA/CA)	46
Obr. 9. Situace	51
Obr. 10. Kondenzace vodních par	54
Obr. 11. Část datového výstupu.....	55
Obr. 12. Hydraulické zapojení tepelné soustavy	62
Obr. 13. Část soustavy pro vytápění.....	63
Obr. 14. Pravé spodní připojení	64
Obr. 15. Souproudý rozvod potrubí (Tichelmann)	64
Obr. 16. Větve vytápěcí soustavy	65
Obr. 17. Charakteristika oběhového čerpadla	67
Obr. 18. Graf dodávky a odběru tepla při ohřevu vody	71
Obr. 19. Vzduchotechnická jednotka pro operační sál	76
Obr. 20. Prvky VZT jednotky. 1 – 1. stupeň filtrace, 2 – ohřívací komora, 3 – zvlhčovací komora, 4 – chladičí komora, 5 – ventilátor, 6 – 2. stupeň filtrace	76
Obr. 21. Ukázka VZT operačního sálu	77
Obr. 22. Ukázka rozmístění přívodních a odvodních prvků vzduchu v operačním sále.....	78
Obr. 23. Schéma vzduchotechnické jednotky; R – rekuperátor, O – ohříváč, P – zvlhčovač, Ch - chladič	80
Obr. 24. Úprava přiváděného vzduchu v zimním období	82
Obr. 25. Úprava přiváděného vzduchu v letním období.....	83
Obr. 26. Navržená vzduchotechnická jednotka; V – sání přívod, P – výtlak přívod	84
Obr. 27. Navržená vzduchotechnická jednotka; V – sání přívod, P – výtlak přívod	86
Obr. 28. Schématické znázornění způsobu větrání chodeb	87
Obr. 29. Ukázka návrhu potrubní sítě pro místnost č. 252.....	89

<i>Obr. 30. Ukázka použití bezpečnostních prvků.....</i>	91
<i>Obr. 31. Ukázka zabezpečení pacientů.....</i>	92
<i>Obr. 32. Ukázka EPS.....</i>	93
<i>Obr. 33. Schéma řízení a monitoringu vytápěcí soustavy.....</i>	95
<i>Obr. 34. Struktura sítě.....</i>	96
<i>Obr. 35. Struktura sítě.....</i>	98
<i>Obr. 36. Schéma řízení a monitoringu soustavy pro ohřev TUV.....</i>	99
<i>Obr. 37. Struktura sítě.....</i>	101
<i>Obr. 38. Schéma řízení a monitoringu vzduchotechnické jednotky.....</i>	102
<i>Obr. 39. Úvodní obrazovka programu SCADA.....</i>	104
<i>Obr. 40. Menu pro ovládání výměníků.....</i>	105
<i>Obr. 41. Ukázka menu pro jednotlivé větve.....</i>	105
<i>Obr. 42. Ukázka menu pro ovládání přípravy TUV.....</i>	106
<i>Obr. 43. Ukázka ovládání vzduchotechniky.....</i>	106
<i>Obr. 44. Zabezpečení budovy.....</i>	107
<i>Obr. 45. Požární signalizace budovy.....</i>	108

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Ukázka z normy ČSN EN 12 831	12
Tab. 2. Energetický výdej člověka podle fyzické činnosti	16
Tab. 3. Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu v_{ar}	17
Tab. 4. Vnitřní výpočtové teploty pro zdravotnická zařízení dle ČSN 12 831 [19]	18
Tab. 5. Doporučené relativní vlhkosti ve zdravotnických zařízeních dle ČSN 12 831 [19]	21
Tab. 6. Požadavky na umělé osvětlení	25
Tab. 7. Porovnání energie při srovnatelném množství světla [10]	26
Tab. 8. Rozdělení poměrů spotřeby energie	28
Tab. 9. Vrstvy podle specifikace OSI (ISO/IEC 7498)	45
Tab. 10. Výpočtová venkovní teplota Θ_e , roční průměrná venkovní teplota $\Theta_{m,e}$	51
Tab. 11. Vnitřní výpočtová teplota Θ_i	51
Tab. 12. Ukázka požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro stavební konstrukce podle normy ČSN 73 0540-2 [20]	52
Tab. 13. Skladba podlahy na terénu	52
Tab. 14. Skladba svislé obvodové stěny	53
Tab. 15. Skladba střechy	55
Tab. 16. Tepelné ztráty prostupem $\Phi_{T,i}$	57
Tab. 17. Tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i}$	58
Tab. 18. Zátopový výkon	59
Tab. 19. Tepelné zisky v průběhu roku ve [W]	60
Tab. 20. Tepelné zisky v průběhu roku ve [W] – dokončení	60
Tab. 21. Počet osob	68
Tab. 22. Parametry operačního sálu a místností s ním spojených;*) uvedená výměna vzduchu v operačním sále je v jednotkách [1/h]	76
Tab. 23. Parametry větraných místností	78
Tab. 24. Parametry větraných místností	85
Tab. 25. Parametry větraných místností	87
Tab. 26. Příklad dimenzování potrubní sítě	88
Tab. 27. Příklad dimenzování potrubní sítě – dokončení	88
Tab. 28. Vysvětlivky k Obr. 33	96
Tab. 29 Vysvětlivky k Obr. 36	99

<i>Tab. 30. Vysvětlivky k Obr. 38</i>	<i>102</i>
<i>Tab. 31. Hodnocení VZT jednotky pro 1. a 2. podlaží</i>	<i>110</i>
<i>Tab. 32. Hodnocení rekuperátoru pro 3., 4. a 5. podlaží</i>	<i>111</i>