

Návrh řešení klimatizace čistých prostor v klinice s operačním sálem a nemocničními pokoji

Bc. Pavel Jurčák

Diplomová práce
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA; UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel Jurčák**
Osobní číslo: **A15211**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh řešení klimatizace čistých prostor v klinice s operačním sálem a nemocničními pokoji**

Téma anglicky: **Design of HVAC Systems in clean Spaces in the Hospital with Patients Rooms**

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte problematiku čistých prostor (specificky nemocnic, operačních sálů a laboratoří).
2. Definujte požadavky na stavební konstrukce a prostory z hlediska stavební fyziky a požadavků na čisté prostory.
3. Popište předmětnou kliniku a definujte požadované parametry na stavební část z hlediska existujících požadavků.
4. Navrhněte vhodný systém techniky prostředí, včetně jeho parametrů.
5. Pro navržený systém techniky prostředí navrhněte řízení, monitorování a vizualizaci (SCADA).
6. Zhodnoťte navržené řešení z hlediska možných rizik vyplývajících z provozu.
7. Navrhněte vhodný systém zabezpečení s přihlédnutím k výše uvedených rizik.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **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.**
2. **CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8**
3. **RECKNAGEL SPRENGER SCHRAMEK Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Oldenbourg**
4. **Pokyny pro správnou výrobní praxi VYR-32 verze 2VYR-32 Doplněk 1 verze 1 Výroba sterilních léčivých přípravků VYR-32 Doplněk 15 Kvalifikace a validace**
5. **ISO 14644: Cleanrooms and associated controlled environments**
6. **ISO 14698: Cleanrooms and associated controlled environments - Biocontamination control**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

15. prosince 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

25. května 2018

Ve Zlíně dne 15. prosince 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu


Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne 21.5.2018


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce řeší analýzu problematiky čistých prostor, specificky nemocnic, operačních sálů a ostatních nemocničních místností. Pro předmětnou kliniku jsou definovány požadavky na stavební konstrukce a navržen vhodný systém techniky prostředí včetně jeho parametrů. V rámci tohoto systému je navrhnut systém monitorování, řízení a vizualizace SCADA. Dále práce hodnotí navržené řešení z hlediska bezpečnosti vyplývající z provozu a navrhuje vhodný systém zabezpečení těchto rizik.

Klíčová slova: nemocnice, čistý prostor, vzduchotechnický systém, teplovodní podlahové vytápění, ohřev teplé vody, měření a regulace, SCADA systém

ABSTRACT

The aim of the diploma thesis is to analyze the problems of clean rooms, specifically hospitals, operating rooms and other hospital rooms. The requirements for building structures are defined for the clinic, which is the subject of the diploma and also a suitable system of HVAC technology, including its parameters, has been designed. Within this system is designed monitoring system, control and visualization system SCADA. The thesis future evaluates the proposed safety solution resulting from the operation and proposes an appropriate system for securing these risks.

Keywords: hospital, clean room, HVAC system, hot water floor heating, hot water preparation, measurement and regulation, SCADA system

Zde bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Zálešákovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a důležité praktické zkušenosti předané jak při tvorbě diplomové práce, tak v průběhu celého studia.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům, kteří se stali velkou oporou v průběhu mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ PARAMETRY A VLASTNOSTI BUDOVY	11
1.1 ŠÍŘENÍ TEPLA KONSTRUKCÍ A OBÁLKOU BUDOVY	11
1.1.1 Součinitel prostupu tepla	11
1.1.2 Průměrný součinitel prostupu tepla	13
1.1.3 Nejnižší vnitřní povrchová teplota	13
1.1.4 Pokles dotykové teploty podlahy	14
1.2 VLHKOST VE STAVEBNÍ KONSTRUKCI.....	15
1.3 TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI	16
1.3.1 Zimní období	16
1.3.2 Letní období	16
2 TEPELNÁ ZÁTĚŽ A TEPELNÝ VÝKON BUDOVY	18
2.1 ZÁKLADNÍ VZTAHY PRO VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE BUDOVY	18
2.1.1 Výpočet tepelných zisků z venkovního prostředí	22
2.1.2 Výpočet tepelných zisků od vnitřních zdrojů.....	26
2.2 ZÁKLADNÍ VZTAHY PRO VÝPOČET NÁVRHOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY	29
2.2.1 Výpočetní vztahy návrhové tepelné ztráty prostupem tepla	29
2.2.2 Výpočetní vztahy návrhové tepelné ztráty větráním.....	31
2.2.3 Prostory s přerušovaným vytápěním.....	33
3 SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ	34
3.1 NÁVRH TEPELOVODNÍCH PODLAHOVÝCH SOUSTAV	34
3.2 NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY	37
3.3 ZABEZPEČOVACÍ A EXPANZNÍ ZAŘÍZENÍ OTOPNÝCH SOUSTAV	40
3.4 ZÁKLADNÍ ÚPRAVY VLHKÉHO VZDUCHU	41
3.4.1 Ohřev vzduchu	41
3.4.2 Chlazení vzduchu	43
3.4.3 Vlhčení vzduchu.....	44
3.4.4 Zpětné získávání tepla – ZZT	45
4 ČISTÉ PROSTORY	46
4.1 DEFINICE A KLASIFIKACE ČISTÉHO PROSTORU.....	46
4.2 PŘEHLED DOSTUPNÝCH ČESKÝCH PODKLADŮ	48
5 POŽADAVKY NA ČISTÉ PROSTORY V NEMOCNICI	50
5.1 KONTROLA INFEKCE.....	50
5.1.1 Přenos kontaktem	50
5.1.2 Přenos kapénkou	51
5.1.3 Přenos vzduchem	51
6 POŽADAVKY NA SYSTÉM TECHNICKY PROSTŘEDÍ	52
6.1 PARAMETRY PRO ŘÍZENÍ IZOLAČNÍCH MÍSTNOSTÍ	52
6.1.1 Větrání.....	53
6.1.2 Výměna vzduchu.....	53
6.1.3 Podmínky pro užití oběhového vzduchu.....	54

6.2	ŘÍZENÍ TLAKU V MÍSTNOSTI	54
6.2.1	Izolační místnosti s podtlakem – třída N (negative)	55
6.2.2	Izolační místnosti s přetlakem – třída P (positive)	57
6.3	DISTRIBUCE VZDUCHU	59
6.4	FILTRACE VZDUCHU	61
6.5	AKUSTICKÉ MIKROKLIMA	63
6.5.1	Šíření zvuku v prostoru operačního sálu	63
6.6	OSVĚTLENÍ	66
II	PRAKTICKÁ ČÁST	68
7	NÁVRH TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOVY	69
7.1	POPIS OBJEKTU A OKRAJOVÝCH PODMÍNEK	69
7.2	SKLADBA KONSTRUKCÍ	70
7.2.1	Obvodová stěna	70
7.2.2	Podlaha	71
7.2.3	Střecha	71
7.2.4	Otvorové výplně	72
7.3	TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU	72
7.4	VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE KLIMATIZOVANÝCH PROSTORŮ	74
8	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU	75
8.1	SCHÉMA VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	75
8.2	POŽADAVEK NA MNOŽSTVÍ PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU	76
8.3	ÚPRAVA VZDUCHU	79
8.4	NÁVRH ROZMĚRŮ POTRUBÍ	83
9	NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY	86
9.1	HYDRAULICKÉ ZAPOJENÍ	86
9.2	NÁVRH TEPELOVODNÍHO PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	86
9.3	NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY	91
9.4	NÁVRH ZDROJE TEPLA	92
9.5	NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL	93
9.6	NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH ARMATUR A EXPANZNÍHO ZAŘÍZENÍ	94
10	ŘÍDÍCÍ A MONITOROVACÍ SYSTÉM	96
10.1	ŘÍZENÍ VZDUCHOTECHNIKY	96
10.2	ŘÍZENÍ VYTÁPĚNÍ A OHŘEVU TV	99
10.3	SCADA	101
11	RIZIKA PROVOZU A JEJICH ZABEZPEČENÍ	104
	ZÁVĚR	106
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	108
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	111
	SEZNAM OBRÁZKŮ	112
	SEZNAM TABULEK	114
	SEZNAM PŘÍLOH	116

ÚVOD

Cílem diplomové práce je návrh řešení klimatizace čistých prostor v klinice s operačním sálem a nemocničními pokoji.

Problematika čistých prostor je velmi specifická svými požadavky na kvalitu vnitřního prostředí, a tedy i na zařízení techniky prostředí. Základním požadavkem u klimatizace je pochopitelně udržování teploty vnitřního vzduchu, u čistých prostor je však na prvním místě především dosažení čistoty specifickou filtrací vzduchu. Čistý prostor je takový prostor, ve kterém je regulována koncentrace částic podle požadavku na třídu čistoty, součástí je však udržování ostatních parametrů vnitřního prostředí, například teplota, vlhkost, hluk a osvětlení. Pro udržování definované třídy čistoty je důležitý správný návrh vzduchotechnického systému, dále řídicího a monitorovacího systému a také v neposlední řadě důsledná údržba a včasné servisní úkony na technických zařízeních budovy.

V České republice momentálně neexistuje žádný platný právní předpis, který by určoval správný postup při návrhu vzduchotechnických systémů v čistých prostorech. Teoretická část diplomové práce je zaměřena na popis budovy a požadavky na stavební fyziku dle platných právních norem v České republice a také na postup při návrhu technického zařízení budov. Zbývající kapitoly teoretické části jsou věnovány popisu normy zahraniční, která se zabývá požadavky na čisté prostory a rešerší dostupné české literatury, která problematiku čistých prostor řeší.

Praktická část diplomové práce obsahuje popis fiktivní budovy, která slouží jako malá klinika s operačním sálem a nemocničními pokoji. Pro tuto předmětnou kliniku byl stanoven konkrétní požadavek na systémy prostředí a následně tyto systémy navrhnutý. Tyto systémy obsahují návrh hygienického výměnu vzduchu dle požadavků na operační sály a ostatní místnosti kliniky, klimatizace pro provoz v letním období, vytápění pomocí tepelného čerpadla v zimním období, přípravu teplé vody a kompletní systém řízení a monitorování všech výše zmíněných systémů. Nedílnou součástí je také vizualizace SCADA. Závěr diplomové práce hodnotí navržená řešení z hlediska možných rizik vyplývajících z provozu a navrhuje vhodné opatření k prevenci před možným vznikem těchto rizik.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ PARAMETRY A VLASTNOSTI BUDOVY

Stavebně fyzikální parametry řeší především energetickou náročnost budovy, kterou ovlivňuje šíření tepla konstrukcí a obálkou budovy, vlhkost ve stavební konstrukci a tepelná stabilita místností.

Dodržení požadavků na fyzikálních parametry budovy je preventivní krok před vznikem možných vad a poruch konstrukcí budov, ochranu zdraví a docílení tepelného komfortu pro uživatele.

1.1 Šíření tepla konstrukcí a obálkou budovy

Tepelněizolační vlastnost budovy udává především součinitel prostupu tepla, který určuje skladba jednotlivých konstrukcí. Dále je důležité udržení stanovených požadavků na pokles dotykové teploty povrchů a na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce [1].

1.1.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla je závislý především na skladbě obvodové části budovy. Ta musí být navržena tak, aby nedocházelo ke kondenzaci vodních par v konstrukci a zároveň, aby splňovala tepelně izolační vlastnosti. Součinitel prostupu tepla U byl vypočítán podle vztahu:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \text{ [W/(m}^2\text{K)]} \quad (1.1)$$

Kde je

d tloušťka vrstvy, v m;

λ součinitel tepelné vodivosti, ve W/(mK);

$h_{i,e}$ součinitel přestupu tepla na vnitřní nebo vnější straně, v m²K/W [2].

Konstrukce vytápěných budov musí splňovat dle ČSN 73 0540 s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi \leq 60$ % podmínku:

$$U \leq U_N \quad (1.2)$$

Kde je

U_N požadovaný součinitel prostupu tepla, ve W/(m²K) [2].

Požadovaná hodnota U_N se je stanovena pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18 °C až 22 °C. Pro budovy s jinou převažující návrhovou vnitřní teplotou, do kterých spadají i nemocnice, se U_N stanoví dle vztahu:

$$U_N = U_{N,20} \cdot e_1 \quad (1.3)$$

$$e_1 = 16/(\theta_m - 4) \quad (1.4)$$

Kde je

$U_{N,20}$ součinitel prostupu tepla, ve W/(m²K);

e_1 součinitel typu budovy;

θ_m převažující návrhová vnitřní teplota, ve °C [2].

Tab. 1 – Výběr požadovaných a doporučených hodnot U_N [2].

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučení pro pasivní budovy
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
Vnější stěna lehká	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Vnější stěna těžká		0,25	
Střecha se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop a podlaha nad exteriérem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop mezi prostory s $\Delta\theta \leq 5$ °C	2,20	1,45	-
Stěna mezi prostory s $\Delta\theta \leq 5$ °C	2,70	1,80	-
Výplň otvoru, kromě dveří	2,50	1,20	0,80 až 0,60
Výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do exteriéru	1,40	1,10	0,90
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do exteriéru (včetně rámu)	1,70	1,20	0,90

1.1.2 Průměrný součinitel prostupu tepla

Dále objekt musí také splňovat podmínku na průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} ve $W/(m^2K)$, který je dán vztahem:

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (1.5)$$

Kde je

$U_{em,N}$ požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla [2].

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{\sum U_j A_j b_j}{A} + \Delta U_{tbn} \quad (1.6)$$

Kde je

H_T měrná ztráta prostupem tepla, ve W/K ;

A teplosměnná plocha obálky budovy, v m^2 ;

U_j součinitel prostupu tepla j-té konstrukce, včetně vlivu tepelných mostů;

A_j součet ploch, v m^2 ;

b_j činitel teplotní redukce;

ΔU_{tbn} průměrný vliv tepelných vazeb, ve $W/(m^2K)$ [2].

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ je stanovena pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $18\text{ }^\circ\text{C}$ až $22\text{ }^\circ\text{C}$. Pro budovy s jinou převažující návrhovou vnitřní teplotou, do kterých spadají i nemocnice, se U_N stanoví dle vztahu:

$$U_{em,N} = U_{em,N,20} \cdot e_1 \quad (1.7)$$

Hodnota $U_{em,N}$ nesmí být větší než $0,5\text{ }W/(m^2K)$.

1.1.3 Nejnižší vnitřní povrchová teplota

Důležitým faktorem, který ovlivňuje možnost kondenzace vodní páry a vzniku plísní, je vnitřní povrchová teplota konstrukce θ_{si} . S touto teplotou souvisí také faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-]. S návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi \leq 60\%$ platí vztah:

$$f_{Rsi} = \frac{(\theta_{si} - \theta_e)}{(\theta_{ai} - \theta_e)} \quad (1.8)$$

$$\theta_{si} = \theta_{ai} - 1 \cdot (1 - f_{Rsi}) \cdot (\theta_{ai} - \theta_e) [^{\circ}\text{C}] \quad (1.9)$$

Kde je

θ_{si} teplota vnitřního povrchu konstrukce, ve $^{\circ}\text{C}$;

θ_{ai} návrhová teplota vnitřního vzduchu, ve $^{\circ}\text{C}$;

θ_e návrhová teplota vnějšího vzduchu, ve $^{\circ}\text{C}$ [2].

Dle ČSN EN 73 0540 a EN ISO 13788 je nutné dodržet tuto podmínku:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (1.10)$$

$$f_{Rsi,N} = 1 - \frac{237,3 + 2,1 \cdot \theta_{ai}}{\theta_{si} - \theta_e} \cdot \frac{1}{1,1 - \frac{17,269}{\ln \frac{\varphi_{i,r}}{\varphi_{si,cr}}}} \quad (1.11)$$

Kde je

$f_{Rsi,N}$ nejnižší, kritická, požadovaná hodnota teplotního faktoru;

$\varphi_{i,r}$ relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i , v %;

$\varphi_{si,cr}$ kritická vnitřní povrchová vlhkost, v % [2].

1.1.4 Pokles dotykové teploty podlahy

Pokles dotykové teploty podlahy se dělí do kategorií dle poklesu $\Delta\theta_{10,N}$. Zařazení do kategorií je stanoveno podmínkou:

$$\Delta\theta_{10} \leq \Delta\theta_{10,N} [^{\circ}\text{C}] \quad (1.12)$$

Kde je

$\Delta\theta_{10,N}$ požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty podlahy $^{\circ}\text{C}$ [2].

$$\Delta\theta_{10} = (33 - \theta_{sim}) \cdot \frac{B}{1117 + B} [^{\circ}\text{C}] \quad (1.13)$$

Kde je

θ_{sim} průměrná vnitřní povrchová teplota podlahy, ve $^{\circ}\text{C}$;

B tepelná jímavost podlahy, ve $\text{W} \cdot \text{s}^{0,5} / (\text{m}^2 \text{K})$ [2].

Tab. 2 - Kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy [2].

Kategorie podlahy	Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10, N}$ [°C]
I. Velmi teplé	do 3,8 včetně
II. Teplé	do 5,5 včetně
III. Méně teplé	do 6,9 včetně
IV. Studené	od 6,9

1.2 Vlhkost ve stavební konstrukci

Stavební konstrukce, která odděluje vnější a vnitřní prostředí s rozdílnými teplotami vzduchu a rozdílnou vlhkostí vzduchu, je vystavena difuzi vodní páry z prostředí s vyšší vlhkostí vzduchu do prostředí s nižší vlhkostí. Při poklesu teploty pod hranici teploty rosného bodu se ve stavební konstrukci vyrovná částečný tlak vodní páry a tlak nasycené vodní páry a to bude mít za následek kondenzaci [20].

Dílčí množství zkondenzované vodní páry M_{aj} vychází ze vztahu:

$$M_{aj} = (g_{Aj} - b_{Bj})t_{ej} \text{ [kg/m}^2\text{]} \quad (1.14)$$

Kde je

$g_{A,Bj}$ je hustota difúzního toku vodní páry, od vnitřního povrchu k hranici A oblasti kondenzace, nebo od hranice B k vnějšímu povrchu, v kg/m²s;

t_{ej} celková doba trvání teploty venkovního vzduchu pro j-tou vrstvu [2].

U stavebních konstrukcí, kde kondenzace vodní páry neohrožuje funkci této konstrukce, musí roční množství zkondenzované vodní páry M_c v kg/m² splňovat podmínku [2]:

$$M_c \leq M_{c,N} \quad (1.15)$$

Pro jednoplášťovou střechu, konstrukce s dřevěnými prvky, s vnějším tepelněizolačním systémem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami dle ČSN EN 730540-2 platí:

$$M_{c,N} = 0,10 \text{ [kg/(m}^2\text{a)]} \quad (1.16)$$

Ostatní stavební konstrukce musí splňovat podmínku:

$$M_{c,N} = 0,50 \text{ [kg/(m}^2\text{a)]} \quad (1.17)$$

1.3 Tepelná stabilita místnosti

Tepelná stabilita místností hodnotí pokles teploty v místnosti během zimního období a vzestup teploty během letního období.

1.3.1 Zimní období

Je požadováno, aby teplota vnitřního prostoru na konci doby chladnutí t , vykazovala pokles teploty $\Delta\theta_v(t)$, který splňuje podmínku dle vztahu:

$$\Delta\theta_v(t) \leq \Delta\theta_{v,N}(t) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1.18)$$

Kde je

$\Delta\theta_{v,N}(t)$ požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty [2].

Tab. 3 - Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období [2].

Druh místnosti (prostoru)	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_{v,N}(t)$ [°C]
Bez pobytu lidí po přerušení vytápění:	
budova masivní	6
budova lehká	8
S pobytem lidí po přerušení vytápění:	
při vytápění radiátory, sálavými panely a teplovzdušně	3

1.3.2 Letní období

V letním období je tepelná stabilita charakterizována maximální přípustnou teplotou vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max}$:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1.19)$$

Kde je

$\theta_{ai,max,N}$ požadovaná nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti ve °C [2].

Tab. 4 - Maximální teploty vnitřního vzduchu dle druhu budovy [2].

Druh budovy	Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,N}(t)$ [°C]
Nevýrobní ¹⁾	27
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	
do 25 W/m ³ včetně	29,5
nad 25 W/m ³ včetně	31,5
1) U obytných budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2°C na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor stavebník souhlasí	

2 TEPELNÁ ZÁTĚŽ A TEPELNÝ VÝKON BUDOVY

Pro správný návrh systému prostředí budovy je třeba výpočet tepelné zátěže a tepelného výkonu budovy. Dle tepelné zátěže se navrhuje chladicí výkon klimatizovaných prostor v letním období a dle tepelného výkonu se stanoví výkon tepelného zdroje pro zimní období.

2.1 Základní vztahy pro výpočet tepelné zátěže budovy

Základní vztahy pro výpočet tepelné zátěže větraných a klimatizovaných prostor stanovuje norma ČSN 730548.

Výpočet teploty venkovního vzduchu:

$$\theta_e = \theta_{E \max} - A \cdot [1 - \sin \cdot (15\tau - 135)] [^\circ\text{C}] \quad (2.1)$$

Kde je

A amplituda kolísání teplot venkovního vzduchu, v K;

τ sluneční čas, v h;

$\theta_{E \max}$ maximální teplota v příslušném měsíci, ve $^\circ\text{C}$ [17].

Tab. 5 – Maximální doporučené teploty vzduchu pro jednotlivé měsíce [17].

Měsíc	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$\theta_{E \max} [^\circ\text{C}]$	19	22	26,5	28,5	30	30	27,5	23,5

Sluneční deklinace δ

Udává polohu slunce kolmo nad obzorem v daný den ve 12 hodin.

$$\delta = -23,5 \cos(30 \cdot M) \quad (2.2)$$

Kde je

M číslo měsíce, hodnoty 1-12 [17].

Tab. 6 – Sluneční deklinace δ v jednotlivých měsících [17].

Měsíc	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$\delta [^\circ]$	0	11,8	20,4	23,5	20,4	11,8	0	-11,8

Výška slunce nad obzorem „h“ pro Českou republiku:

$$\sin h = 0,766 \sin \delta - 0,643 \cdot \cos \delta \cdot \cos[15 \cdot \tau] \quad (2.3)$$

Kde je

τ sluneční čas, v h [17].

Sluneční azimut „ α “

Určuje se od směru sever po směru otáčení hodinových ručiček

$$\sin \alpha = \frac{\sin[15 \cdot \tau] \cdot \cos \delta}{\cos h} \quad (2.4)$$

Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků „ θ “

$$\cos \theta = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \cdot \sin \alpha \cdot \cos[a - y] \quad (2.5)$$

Pro svislou stěnu platí:

$$\cos \theta = \cos h \cdot \cos[a - y] \quad (2.6)$$

Pro vodorovnou stěnu platí:

$$\cos \theta = \sin h \quad (2.7)$$

Kde je

α úhel stěny s vodorovnou rovinou, vzatý na straně odvrácené od slunce, ve °;

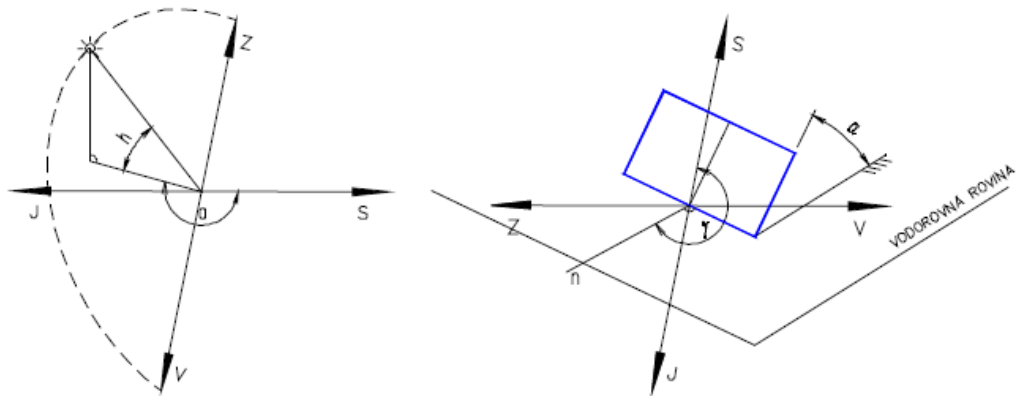
y azimutový úhel normály stěny, který je vzatý od směru sever po směru otáčení hodinových ručiček, ve ° [17].

Tab. 7 – Hodnoty azimutu stěny y pro jednotlivé světové strany [17].

Světová strana	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
y [°]	0	45	90	135	180	225	270	315

Intenzita sluneční radiace

Poloha slunce určuje dvě intenzity sluneční radiace k danému místu na zeměkouli. Přímá sluneční radiace, která je způsobena přímým slunečním zářením a nepřímá (difúzní) sluneční radiace, která vzniká rozptylem a odrazem přímé sluneční radiace od prachových částic ve vzduchu, větších molekul a osluněných povrchů [21].



Obrázek 1 – Pohyb slunce po obloze a orientace stěny [21].

Sluneční konstanta „ I_0 “

Průměrná hodnota činí 1350 W/m^2

Intenzita přímé sluneční radiace

Vztah pro 300 m. n. m.:

$$I_D = I_0 \exp[-0,97z (\sin h)^{-0,8}] \text{ [W /m}^2\text{]} \tag{2.8}$$

Kde je

I_0 sluneční konstanta 1350 , ve W/m^2 ;

z součinitel znečištění atmosféry [17].

Součinitel znečištění atmosféry „ z “

Udává poměr mezi čistou a znečištěnou atmosférou:

$$z = \frac{\ln\left[\frac{I_D}{I_0}\right]}{\ln\left[\frac{I_{\check{c}}}{I_0}\right]} \tag{2.9}$$

Kde je

$I_{\check{c}}$ intenzita sluneční radiace při průchodu čistou atmosférou, ve $\text{W/m}^2\text{K}$ [17].

Tab. 8 – Doporučované hodnoty znečištění atmosféry pro jednotlivé měsíce [17].

Měsíc	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
z	3	4	4	5	5	4	4	3

Intenzita difúzní sluneční radiace:

$$I_d = \left[1350 - I_D - (1080 - 1,4 I_D) \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \frac{\sin h}{3} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (2.10)$$

Intenzita celkové sluneční radiace:

$$I_C = I_{DS} + I_D \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (2.11)$$

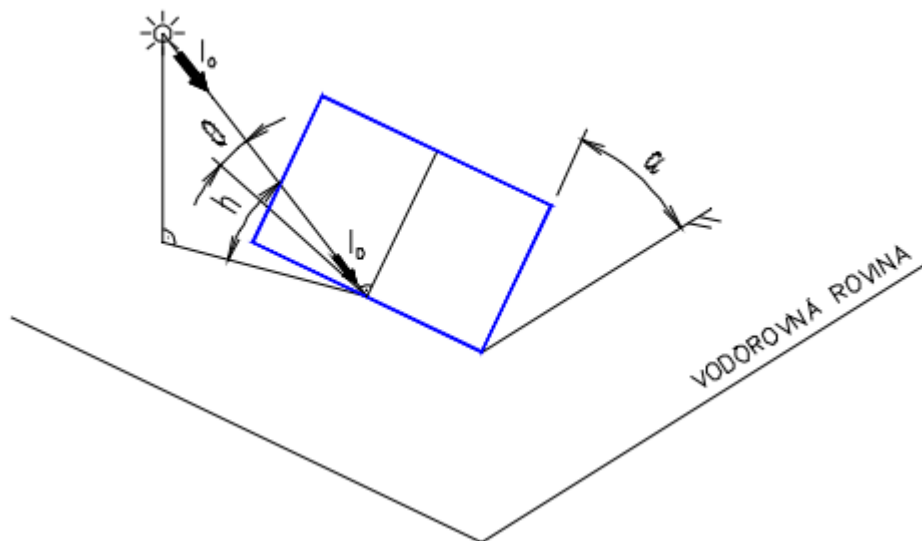
Intenzita sluneční radiace procházející standartním zasklením:

$$I_O = I_{DS} T_D + I_d T_d \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (2.12)$$

Kde je

T_D celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace etalonem, tj. standartní čiré sklo;

T_d je celková propustnost difúzní sluneční radiace etalonem [17].



Obrázek 2 – Sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [21].

Úhel dopadu slunečních paprsků určuje celkovou poměrnou propustnost přímé sluneční radiace T_D :

$$T_D = 0,87 - 1,47 \left(\frac{\theta}{100} \right)^5 \quad (2.13)$$

Celková propustnost difúzní sluneční radiace T_d je konstantní a její hodnota je $T_d = 0,85$ [17].

2.1.1 Výpočet tepelných zisků z venkovního prostředí

Prostup tepla oknem

$$Q_{ok} = U_o S_o (\theta_E - \theta_i) \text{ [W]} \quad (2.14)$$

Kde je

U_o součinitel prostupu tepla oknem, v $\text{W/m}^2\text{K}$;

S_o plocha okna včetně rámu, v m^2 ;

$\theta_E - \theta_i$ rozdíl teplot vzduchu mezi venkovním a vnitřním prostředím, v K [17].

Prostup tepla radiací oknem:

$$Q_{or} = [S_{os} I_o c_o + (S_o - S_{os}) I_{od}] s \text{ [W]} \quad (2.15)$$

Kde je

S_{os} osluněný povrch okna, v m^2 ;

I_o celková intenzita sluneční radiace procházející standartním jednoduchým zasklením, v W/m^2 ;

I_{od} intenzita difusní sluneční radiace procházející standartním jednoduchým zasklením, v W/m^2 ;

s stínící součinitel;

c_o korekce na čistou atmosféru kde pro venkovskou oblast se volí 1,15 a pro průmyslovou 0,85 [17].

Stínící součinitel „s“

Určuje se dle normy pro použitý typ zasklení, či druh stínění z tabulky (Tab 9.)

$$s = s_1 s_2 \dots s_n$$

Tab. 9 – Příklady stínících součinitelů pro různá provedení oken a druhy stínění [17].

Zasklení	S	Stínění	S
Jednoduché sklo	1	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, světlé	0,56
Dvojité sklo	0,9	Závěsy: bavlna, umělá vlákna	0,8
Jednoduché netermální sklo	0,7	Vnější žaluzie, lamely 45°, světlé	0,15

Osluněný povrch okna

Je závislý na architektonické dispozici objektu, který může mít vliv na oslunění budovy.

$$S_{os} = [L - (e_1 - f)] \cdot [H - (e_2 - g)] \quad [m^2] \quad (2.16)$$

Kde je

L šířka zasklené části okna, v m;

H výška zasklené části okna, v m;

f odstup vodorovné části okna od slunolamů, v m;

g odstup svislé části od slunolamů, v m;

e_1, e_2 délky stínů v okenním otvoru od kraje slunolamů, v m [17].

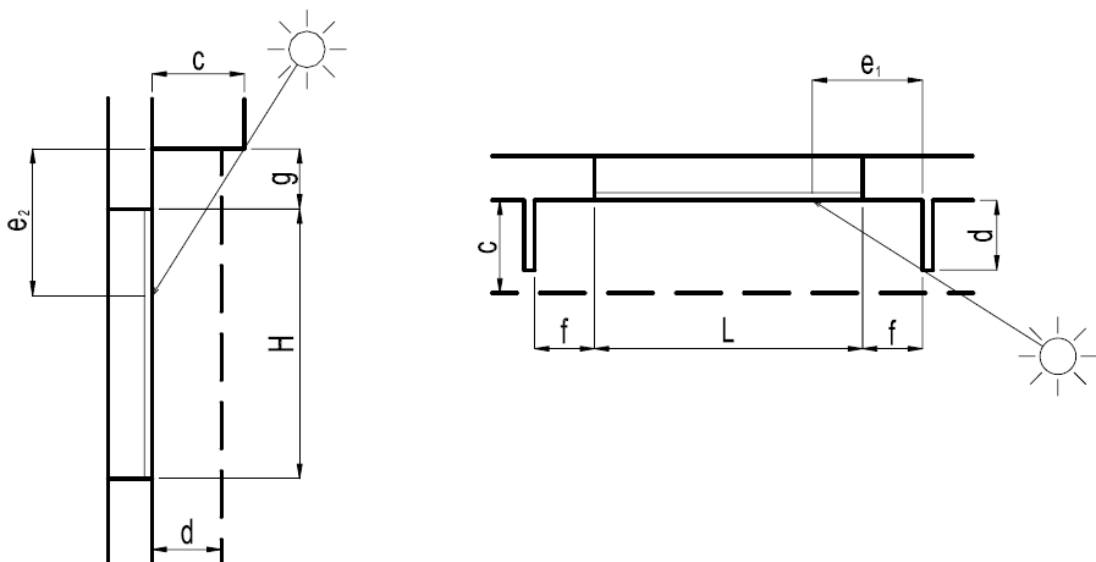
$$e_1 = d |\tan[a - y]| \quad [m] \quad (2.17)$$

$$e_2 = c \left| \frac{\tan h}{\cos[a - y]} \right| \quad [m] \quad (2.18)$$

Kde je

c hloubka okna vzhledem k horní stínící desce, v m;

d hloubka okna, v m [17].



Obrázek 3 – Oslunění oken [21].

Snížení tepelných zisků od oslunění

$$\Delta Q = 0,05M \cdot \Delta\theta \quad [W] \quad (2.19)$$

Kde je

ΔQ snížení maximální hodnoty tepelných zisků od osluněných oken, ve W;

M hmotnost obvodových stěn (bez vnější stěny), podlahy a stropu, které přicházejí do úvahy pro akumulaci, v kg;

$\Delta\theta$ maximální přípouštěné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru, v K [17].

Hmotnost se uvažuje pro poloviční tloušťku vnitřní stěny, podlahy či stropu. Pro stěnu o tloušťce větší než 160 mm se stanovuje tloušťka 80 mm [17].

Tepelné zisky stěnami

Pro výpočet tepelných zisků se využívá zjednodušený výpočet, který uvažuje s rovnocennou teplotou vzduchu θ_r .

$$\theta_r = \theta_E + \frac{\varepsilon I}{\alpha_E} \quad [^\circ\text{C}] \quad (2.20)$$

Kde je

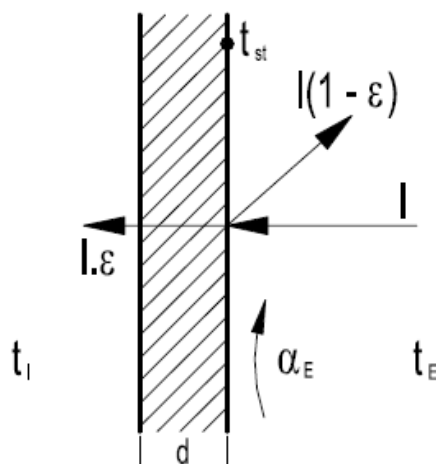
I intenzita sluneční radiace dopadající na stěnu, ve W/m^2 ;

α_E součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny, ve $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$;

ε součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci [omítky, nátěry například světlá barva 0,5 až 0,6 a tmavá barva 0,9],

θ_r rovnocenná sluneční teplota venkovního vzduchu, ve $^\circ\text{C}$;

θ_{st} teplota stěny, ve $^\circ\text{C}$ [17].



Obrázek 4 – Bilance tepelných toků na venkovní stěně [21].

Venkovní stěny se rozlišují dle schopnosti akumulovat teplo na:

Stěny lehké [$d \leq 80$ mm]

Malá tepelná kapacita, fázové posunutí teplotních kmitů je zanedbatelné. Prostup tepla u této konstrukce je možné považovat za ustálený:

$$Q_s = U_{st} S_{st} (\theta_r - \theta_l) \quad [W] \quad (2.21)$$

Stěny středně těžké [$80 \leq d \leq 450$ mm]

U středně těžkých stěn vzniká vlivem nestacionární vedení tepla kolísání teplot:

$$Q_s = U_{st} S_{st} [(\theta_{rm} - \theta_l) + m(\theta_{r\psi} - \theta_{rm})] \quad [W] \quad (2.22)$$

Stěny těžké [$d \geq 450$ mm]

Velká tepelná kapacita, kolísání teploty na vnitřním povrchu stěny je zanedbatelné:

$$Q_s = U_{st} S_{st} (\theta_r - \theta_l) \quad [W] \quad (2.23)$$

Kde je

U_{st} součinitel prostupu tepla stěnou, ve W/m^2K ;

S_{st} plocha stěny, v m^2 ;

θ_{rm} průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin, ve $^{\circ}C$;

$\theta_{r\psi}$ rovnocenná sluneční teplota v době Ψ dřívější, ve $^{\circ}C$;

m součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou;

ψ fázové posunutí teplotních kmitů [17].

$$\psi = 32d - 0,5 \quad (2.24)$$

$$m = \frac{1 + 7,6d}{2500^d} \quad (2.25)$$

Kde je

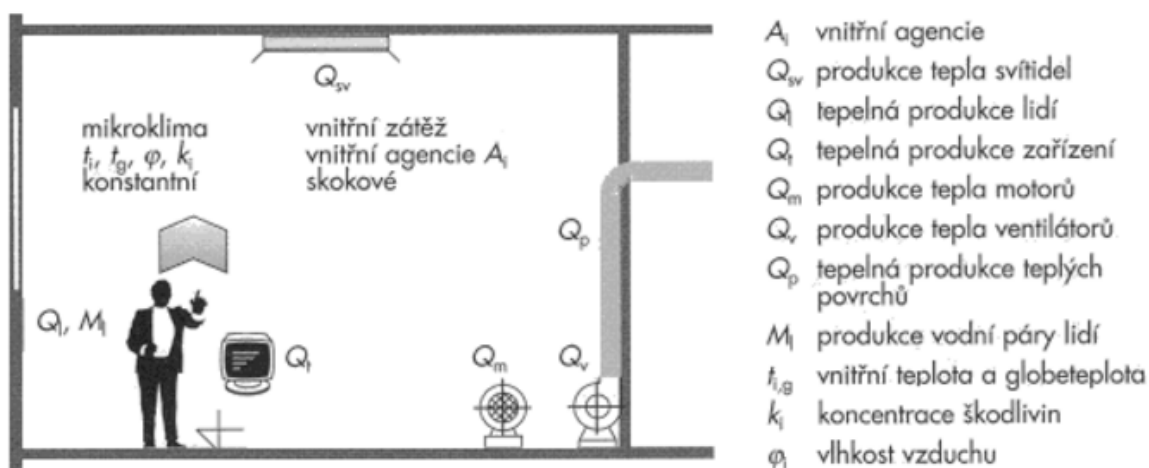
d tloušťka stěny, v m [17].

2.1.2 Výpočet tepelných zisků od vnitřních zdrojů

Do tepelných zisků od vnitřních zdrojů patří několik typů zdrojů tepla.

- Produkce tepla lidí,
- Produkce tepla svítidel,
- produkce tepla zařízení,

Pro přesné stanovení je třeba zohlednit také vzniklé teplo prouděním vzduchu mezi chladičem a místností nebo například produkci tepla od jídel.



Obrázek 5 – Schéma složek vnitřní tepelné zátěže [22].

Produkce tepla lidí

Tato produkce tepla závisí především na činnosti vykonávané člověkem a teplotou vzduchu, ukázka produkce tepla pro určitou činnost v tabulce (Tab. 10.)

Tab. 10 – produkce tepla od lidí pro zadanou teplotu vzduchu [21].

činnost člověka	místo činnosti	teplota vzduchu					
		24 °C		26 °C		28 °C	
		Q_l [W]	M_l [g/h]	Q_l [W]	M_l [g/h]	Q_l [W]	M_l [g/h]
sedící, odpočívající	divadlo, kino	74	60	62	79	50	97
sedící, mírně aktivní	kancelář, byt	74	98	62	116	50	135
stojící, lehká práce	obchody, sklady	72	116	60	134	48	152
chodící, přecházející	obchodní domy, banky	77	124	64	143	51	162
lehká práce u stolu	dílny	79	225	66	244	53	264

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot [36 - \theta_i] [\text{W}] \quad (2.26)$$

Pro různorodé složení skupiny osob se využívá výpočtu:

$$n_l = 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m [\text{W}] \quad (2.27)$$

Kde je

Q_l produkce tepla od lidí, ve W;

n_l počet osob;

n_z počet žen;

n_d počet dětí;

n_m počet mužů [17].

Produkce tepla svítidel

Produkce tepla od svítidel závisí na typu místnosti a požadavku na jeho osvětlení, norma stanovuje několik typů pracovišť dle Tab. 11. Norma ČSN EN 12464-1 - Osvětlení vnitřních pracovních prostor stanovuje intenzitu osvětlení u operačních sálů 1000 lx, dle Tab. 10 tedy operační sál spadá do typu pracoviště - montáž elektroniky.

U místností se vzdáleností od oken více jak 5 m se předpokládá, že jejich příkon se změní celý v teplo [22].



Obrázek 6 – Osvětlená plocha [22]

$$Q_{SV} = q_{sv} \cdot S_{OSV} \text{ [W]} \quad (2.28)$$

Kde je

q_{sv} měrný tepelný tok od osvětlení, ve W/m^2 ;

S_{OSV} osvětlená plocha, v m^2 [17].

Tab. 11 – Produkce tepla od osvětlení odpovídající produkci tepla pro různá pracoviště [17].

Pracoviště	Intenzita osvětlení [lx]	Žárovky [W/m ²]	Zářivky [W/m ²]
Skladištěm, byty, restaurace, divadla	120	20-30	7-9
Učebny, podklady	250	40-55	13-18
Kanceláře, výpočetní střediska, výzkum	500	75-105	25-35
Výstavy, obchodní domy, jemná montáž	750	115-160	38-53
Montáž elektroniky	1000		50-70
Nejnáročnější jemná montáž	1500		75-105
Hodinářství	2000		100-140
Televizní studia	nad 2000		nad 140

Tepelné zisky od zařízení

$$Q_m = c_1 \cdot \sum \left(c_2 \cdot c_3 \cdot \frac{N}{\eta_m} \right) [\text{W}] \quad (2.29)$$

Kde je

- N štítkový výkon elektromotoru, v kW;
 c_1 součinitel současnosti chodu všech elektromotorů;
 c_2 zbytkový součinitel při odsávání [bez odsávání je $c_2=1$];
 c_3 průměrné zatížení strojů;
 η_m účinnost elektromotoru, v % [17].

Produkce tepla od elektronických zařízení (např. počítače a tiskárny) o příkonu 100 W, u zařízení s příkonem do 100 W můžeme zanedbat [17].

$$Q_e = c_1 \cdot c_3 \sum P [\text{W}] \quad (2.30)$$

Kde je

- P příkon, ve W [17].

2.2 Základní vztahy pro výpočet návrhové tepelné ztráty

Výpočet návrhové tepelné ztráty je součtem tepelné ztráty prostupem tepla vytápěného prostoru a tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru. Výpočet stanovuje norma ČSN EN 12831:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} [\text{W}] \quad (2.31)$$

Kde je

- Φ_i celková projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru, ve W;
 $\Phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru, ve W/(m²);
 $\Phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru, ve W/(m²) [16].

2.2.1 Výpočetní vztahy návrhové tepelné ztráty prostupem tepla

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla vychází ze vztahu (2.32):

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (2.32)$$

Kde je

$H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy, ve W/K;

$H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem ve W/K;

$H_{T,ig}$ součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do zeminy, ve W/K;

$H_{T,ij}$ součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu, ve W/K [16].

Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_I \Psi_I \cdot I_I \cdot e_I [W/K] \quad (2.33)$$

Kde je

A_k plocha stavební konstrukce, v m²;

$e_k e_I$ korekční faktor pro expozici;

U_k součinitel prostupu tepla každé stavební konstrukce, ve W/(m²K);

I_I délka lineárního tepelného mostu mezi interiérem a exteriérem, v m;

Ψ_I lineární ztrátový součinitel tepelného mostu, ve W/(mK) [16].

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot b_u + \sum_I \Psi_I \cdot I_I \cdot b_u [W/K] \quad (2.34)$$

Kde je

b_u teplotní redukční faktor, který je roven rozdílu mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní výpočtovou teplotou [16].

Součinitel tepelné ztráty prostupem zeminou z vytápěného prostoru do zeminy:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w [W/K] \quad (2.35)$$

Kde je

- f_{g1} korekční faktor, který zahrnuje vliv ročního kolísání venkovní teploty;
- f_{g2} teplotní redukční faktor, který zahrnuje rozdíl mezi průměrnou roční venkovní teplotou a venkovní výpočtovou hodnotou;
- A_k plocha stavební konstrukce v kontaktu se zeminou, v m²;
- $U_{equiv,k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební konstrukce, ve W/(m²K);
- G_w korekční činitel, který zahrnuje vliv podzemní vody [16].

Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedícího vytápěného prostoru, který je vytápěn na výrazně jinou teplotu:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k \text{ [W/K]} \quad (2.36)$$

Kde je

- f_{ij} teplotní redukční faktor, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtovou teplotou;
- A_k plocha stavební konstrukce, v m²;
- U_k součinitel prostupu tepla každé stavební konstrukce, ve W/(m²K) [16].

2.2.2 Výpočetní vztahy návrhové tepelné ztráty větráním

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla vychází ze vztahu (2.37):

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} + \theta_e) \text{ [W]} \quad (2.37)$$

Kde je

- $H_{V,i}$ měrná tepelná ztráta větráním ve W/K;
- $\theta_{int,i}$ vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru, ve °C;
- θ_e venkovní výpočtová teplota, ve °C [16].

Měrná tepelná ztráta větráním:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \text{ [W/K]} \quad (2.38)$$

Kde je

- \dot{V}_i objemový tok přiváděného vzduchu do prostoru, v m³/s;

ρ hustota vzduchu, v kg/m^3 ;

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu, v $\text{kJ}/(\text{kgK})$ [16].

Tepelná ztráta větrání při nuceném větrání:

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{SU,i} \cdot f_{V,i} + V_{mech,inf,i} [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.39)$$

Kde je

$\dot{V}_{inf,i}$ objemový tok vzduchu infiltrací vytápěného prostoru, v m^3/h ;

$\dot{V}_{SU,i}$ objemový tok přiváděného vzduchu vytápěného prostoru, v m^3/h ;

$\dot{V}_{mech,inf,i}$ objemový tok vzduchu v důsledku činnosti systému větrání, v m^3/h ;

$f_{V,i}$ teplotní redukční činitel.

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{SU,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (2.40)$$

Kde je

$\theta_{SU,i}$ teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru vzduchotechnickou jednotkou, v $^{\circ}\text{C}$ [16].

Hygienický minimální objemový tok vzduchu:

Z hygienických důvodů je požadován minimální objemový tok vzduchu:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.41)$$

Kde je

n_{min} minimální intenzita výměny vnějšího vzduchu, v $1/\text{h}$;

V_i objem vytápěného prostoru, v m^3 [16].

Infiltrace obvodovým pláštěm budovy

Důsledkem působení větru a vzlaku v obvodových konstrukcích vzniká objemový tok vzduchu infiltrací vytápěného prostoru:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.42)$$

Kde je

- n_{50} intenzita výměny vzduchu, která vzniká při rozdílu 50 Pa mezi interiérem a exteriérem budovy včetně vlivu otvorů, v 1/h;
- e_i součinitel ochrany budovy proti větru;
- ε_i výškový korekční faktor, který zahrnuje růst rychlosti větru s vertikální vzdáleností daného prostoru od úrovně terénu [16].

Objemový tok odváděného vzduchu

V systémech vzduchotechniky, kde objemový tok odváděného vzduchu dosahuje větších hodnot než objemový tok přiváděného vzduchu, dochází k nahrazení vnějším vzduchem proudícím do budovy obvodovými konstrukcemi:

$$\dot{V}_{mech,inf,i} = \max(\dot{V}_{ex} - \dot{V}_{SU}, 0) [m^3/h] \quad (2.43)$$

Kde je

\dot{V}_{ex} množství odváděného vzduchu soustavou pro celou budovu, v m^3/h ;

\dot{V}_{SU} množství přiváděného vzduchu soustavou pro celou budovu, v m^3/h [16].

2.2.3 Prostory s přerušovaným vytápěním

Aby po teplotním útlumu bylo dosaženo požadované vnitřní teploty, je při přerušovaném vytápění potřeba příkon zdroje tepla zvýšit.

Tepelný příkon pro zátap se stanoví dle vztahu:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{rh} [W] \quad (2.44)$$

Kde je

A_i plocha podlahy vytápěného prostoru, v m^2 ;

f_{rh} korekční faktor, který je závislý na době zátapu a daném snížení teploty během teplotního útlumu, ve W/m^2 [16].

3 SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ

V této kapitole jsou uvedeny výpočtové vztahy, které byly využity při návrhu systémů techniky prostředí.

3.1 Návrh teplovodních podlahových soustav

Postup výpočtu teplovodních podlahových soustav je uveden v normě ČSN EN 1264. Pro výpočet byla však použita alternativní metoda, která vychází z modelu vedení tepla v rovinné desce s vloženými zdroji tepla. Tento výpočet využívá pro návrh tzn. Charakteristické číslo podlahy m , zahrnující tepelný odpor vrstvy nad a pod trubkami, vnější průměr trubek a součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého byly trubky zality [14].

Teplovodní podlahovou soustavu je možno využít u objektů tam, kde není překročena maximální hodnota teploty podlahy $\theta_{p,max}$, která nesmí přesáhnout teplotu 33 °C pro koupelny a 29 °C pro ostatní místnosti objektu. Zároveň tepelný tok podlahou q_{max} nesmí překročit 100 W/m² [14].

Výpočet hustoty tepelného toku je podíl tepelné ztráty místnosti a podlahové otopné plochy:

$$q_{des} = \frac{Q_{ztr}}{A_p} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (3.1)$$

Kde je

Q_{ztr} tepelné ztráty místnosti, ve W;

A_p podlahová otopná plocha, v m² [14].

Střední teplota povrchu podlahy θ_p je vypočtena dle vztahu:

$$\theta_p = \left(\frac{q}{8,92}\right)^{\frac{1}{1,1}} + \theta_i \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (3.2)$$

Kde je

q hustota tepelného toku podlahové soustavy, ve W/m²;

θ_i teplota vnitřního vzduchu, ve °C [14].

Požadovaný příkon podlahové teplovodní soustavy je vypočítán dle vztahu (3.3), Výpočet zahrnuje jak hustotu tepelného toku směrem nahoru, tak i ve směru dolů.

$$Q_{pož} = A_F \cdot q \cdot \left(1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right) [W] \quad (3.3)$$

Kde je

A_F podlahová otopná plocha, v m^2 ;

q hustota tepelného toku podlahové soustavy, ve W/m^2 ;

R_o tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem nahoru, v m^2K/W ;

R_u tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem dolů, v m^2K/W ;

θ_i teplota vnitřního vzduchu, ve $^{\circ}C$;

θ_u teplota prostředí pod podlahou, ve $^{\circ}C$ [14].

V dalším postupu při návrhu je třeba vypočítat charakteristické číslo podlahy:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(\frac{1}{R_o} + \frac{1}{R_u} \right)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} [m^{-1}] \quad (3.4)$$

Kde je

R_o tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem nahoru, v m^2K/W ;

R_u tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem dolů, v m^2K/W ;

λ_d součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zalaty trubky, v W/mK ;

d vnější průměr trubek, v m [14].

Střední povrchová teplota θ_p podlahové otopné plochy, která obsahuje šíření tepla do okolí z válcové plochy, tedy potrubí podlahového vytápění:

$$\theta_p = (\theta_m - \theta_i) \cdot R_o \cdot \alpha_p \frac{m \cdot \frac{T}{2}}{\operatorname{tgh}\left(m \cdot \frac{T}{2}\right)} + \theta_i [^{\circ}C] \quad (3.5)$$

Kde je

θ_m střední teplota otopného média, ve $^{\circ}C$;

θ_i teplota vnitřního vzduchu, ve $^{\circ}C$;

R_o tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem nahoru, v m^2K/W ;

- α_p součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy, ve W/m^2 ;
 m charakteristické číslo podlahy, m^{-1} ;
 T rozestup trubek, v m [14].

Dále se počítají hydraulické výpočty.

Hmotnostního průtok:

$$\dot{m} = \frac{Q_{pož}}{c_p \cdot \Delta\theta} \text{ [kg/s]} \quad (3.6)$$

Kde je

- $Q_{pož}$ požadovaný příkon otopné soustavy, ve W;
 $\Delta\theta$ teplotní spád teplotnosné látky, v K;
 c_p měrná tepelná kapacita teplotnosné látky, pro vodu $c_p = 4190 \text{ J/kgK}$ [14].

Rychlost proudění v potrubí w :

$$w = \frac{\dot{m}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho} \text{ [m/s]} \quad (3.7)$$

Kde je

- \dot{m} hmotnostní průtok teplotnosné látky, v kg/s;
 d průměr potrubí, v m;
 ρ hustota vody ($\rho = 1000$), v kg/m^3 [14].

Délka potrubí l :

$$l = \frac{A_F}{T} \text{ [m]} \quad (3.8)$$

Kde je

- A_F podlahová otopná plocha, v m^2 ;
 T rozestup trubek, v m [14].

Celkové tlakové ztráty třením potrubí:

$$\Delta p_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (3.9)$$

Kde je

- λ součinitel tření;
 l délka potrubí soustavy bez přípojek, v m;
 d průměr potrubí, v m;
 w rychlost proudění vody v potrubí, v m/s;
 ρ hustota vody ($\rho = 1000$), v kg/m³ [14].

3.2 Návrh přípravy teplé vody

Pro návrh zásobníku a výkonu ohříváče teplé vody jsou základní výpočtové vztahy uvedeny v normě ČSN 06 0320. Tyto výpočty uvažují s ohřevem vody z 10 °C na 55 °C. Základním předpokladem je stanovení velikosti dodaného tepla za den. Pro rodinné domy se obecně uvažuje s počtem osob podle vzorce (3.10).

$$Q_{PT} = n \cdot 4,3 \text{ [kWh]} \quad (3.10)$$

Kde je

- n počet osob;
 Q_{PT} potřeba tepla na přípravu TV, v kWh [18].

Norma však uvažuje s několika druhy objektu. Pro nemocniční objekty a polikliniky platí hodnoty dle tab. 12 a výpočtový vztah (3.11)

Tab. 12 – Upravená tabulka bilance potřeby TUV a tepla [18].

Druh objektu	Měrná jednotka	Činnost	Teplo E_{2p} [kWh/jednotka]
Nemocnice	1. lůžko	umývání	0,7
	1. lůžko	umývání + sprcha	1,8
	1. lůžko	umývání vč. Personálu	10
Poliklinika	1. vyšetřený	umývání vč. Personálu	0,7

$$Q_{PT} = n \cdot E_{2p} \text{ [kWh]} \quad (3.11)$$

Kde je

n počet;

E_{2p} potřeba tepla na přípravu TV, v kWh [18].

Pro výpočet je třeba uvažovat se ztrátou při přípravě a distribuci tepla. Tuto ztrátu vypočítáme dle vzorce (3.12)

$$Q_{ZT} = z \cdot Q_{PT} \text{ [kWh]} \quad (3.12)$$

Kde je

Q_{ZT} ztráty způsobené při přípravě a distribuci TV, v kWh;

z součinitel poměrné ztráty při přípravě TV, pro novostavby se uvažuje $z = 0,3$;

Q_{PT} potřeba tepla na přípravu TV, v kWh [18].

Celkové dodané teplo pro přípravu TV:

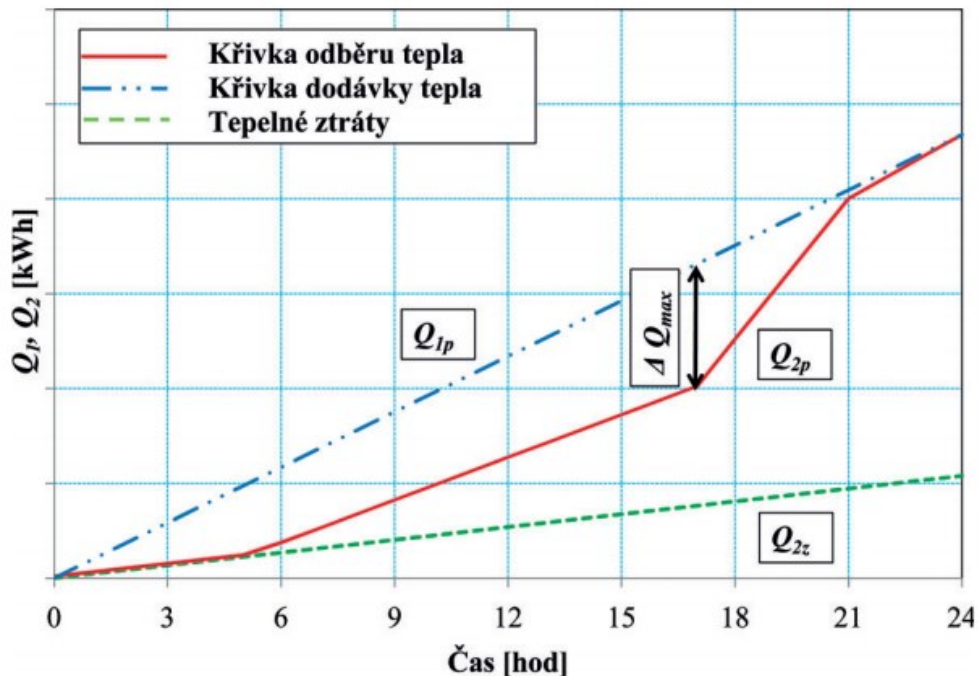
$$Q_C = Q_{PT} + Q_{ZT} \text{ [kWh]} \quad (3.13)$$

Kde je

Q_{PT} potřeba tepla na přípravu TV, v kWh;

Q_{ZT} ztráty způsobené při přípravě a distribuci TV, v kWh [18].

Objem zásobníku teplé vody vychází z grafu (obrázek 7) ve kterém jsou vyobrazeny křivky odběru, dodávky a ztráty tepla. Nejvyšší rozdíl mezi křivkami, označený jako ΔQ_{max} , představuje nutnou zásobu tepla [18].



Obrázek 7 - Křivky odběru a dodávky tepla s nepřerušovanou dodávkou tepla do zásobníku TV [19]

Pro návrh zásobníku na teplou vodu se využívá vzorec:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad [m^3] \quad (3.14)$$

Kde je

ΔQ_{max} největší rozdíl mezi dodaným a spotřebovaným teplem, v kWh;

c měrná tepelná kapacita vody, v kWh/ m³K;

θ_2 teplota teplé vody v místě odběru, ve °C;

θ_1 teplota studené vody, ve °C [18].

Jmenovitý tepelný výkon pro přípravu TV se poté stanoví dle vztahu (3.15):

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t} \right)_{max} \quad [kW] \quad (3.15)$$

kde

Φ_{1n} jmenovitý tepelný výkon pro přípravu TV, v kW;

Q_1 teplo dané ohříváčem do TV v čase t od počátku periody, v kWh;

t čas, v h [18].

3.3 Zabezpečovací a expanzní zařízení otopných soustav

Zabezpečovací zařízení musí spolehlivě odvést pojistný výkon ze zdroje tepla. Vychází ze dvou výpočetních vztahů (3.16) pro výměníky a (3.17) pro ostatní zdroje tepla:

$$Q_P = 2 \cdot Q_n \text{ kW} \quad (3.16)$$

$$Q_P = Q_n \quad (3.17)$$

Kde je

Q_n jmenovitý výkon zdroje tepla, v kW [14].

Pojistný průtok \dot{m}_p , je stanoven vztahy (3.18) pro vodu vztahem a (3.19) pro páru:

$$\dot{m}_p = Q_P \quad (3.18)$$

$$\dot{m} = 10^3 \frac{Q_P}{r} \quad (3.19)$$

Kde je

r výparné teplo při otevíracím přetlaku pojistného ventilu, ve Wh/kg [14].

Výpočet průřezu sedla pojistného ventilu stanovuje vztah (3.20) pro vodu a (3.21) pro páru:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_P}{a_v \sqrt{p_{ot}}} [\text{mm}^2] \quad (3.20)$$

$$S_o = \frac{Q_P}{a_v \cdot K} [\text{mm}^2] \quad (3.21)$$

Kde je

a_v výtokový součinitel pojistného ventilu;

K konstanta, závislá na stavu syté vodní páry při p_{ot} , v kW/mm²;

p_{ot} otevírací přetlak pojistného ventilu, v kPa [14].

Další parametr výpočtu je vnitřní průměr pojistného potrubí d_v , který stanovuje výpočet (3.22):

$$d_v = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p} \text{ [mm]} \quad (3.22)$$

Expanzní zařízení

Objem expanzního zařízení se stanoví jako 1,3násobek zvětšení objemu celkového množství vody v systému při ohřátí z 10 °C na střední návrhovou teplotu vody:

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \text{ m}^3 \quad (3.23)$$

Kde je

V_o objem studené vody v celé otopné soustavě, v m³;

n součinitel zvětšení objemu;

η stupeň využití EN, podle vztahu:

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}} \quad (3.24)$$

Kde je

$p_{h,dov,A}$ nejvyšší dovolený absolutní tlak, v kPa;

$p_{d,A}$ nejnižší provozní absolutní tlak, hydrostatický absolutní tlak, v kPa [14].

$$p_{d,A} = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} + p_B \quad (3.25)$$

Kde je

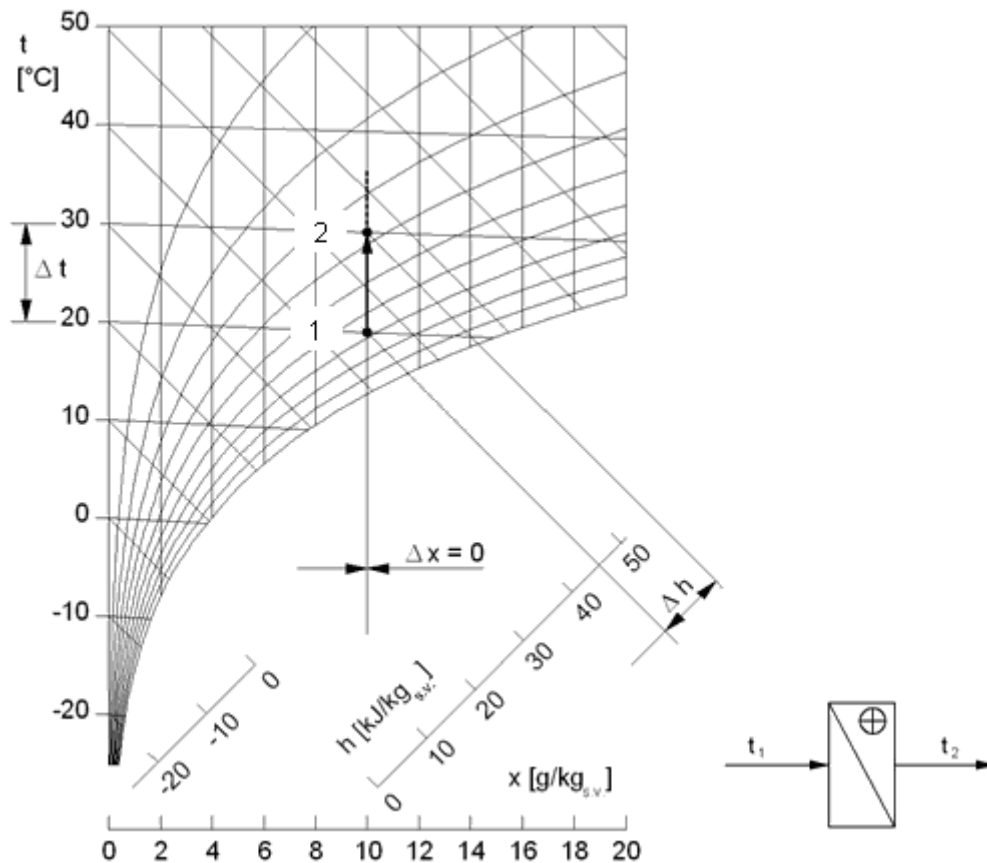
h výška od manometrické roviny, v m [14].

3.4 Základní úpravy vlhkého vzduchu

Základní úpravy vzduchu se provádí pomocí ohřevu, chlazení a vlhčení. Díky těmto úpravám vzduchu jsme schopni navrhnout zařízení, které vzduch upraví na námi požadovaný stav.

3.4.1 Ohřev vzduchu

Teplota vzduchu při ohřevu stoupá při konstantní měrné vlhkosti viz obrázek 8.



Obrázek 8 - Průběh změny stavu vzduchu při ohřevu vzduchu a značení ohřivače ve schématech [28].

Výkon výměníku pro ohřev P_{OH} se stanoví dle vztahu 3.28:

$$P_{OH} = \dot{m} \cdot \Delta h \text{ [W]} \quad (3.26)$$

Kde je

\dot{m} hmotnostní průtok v kg/s;

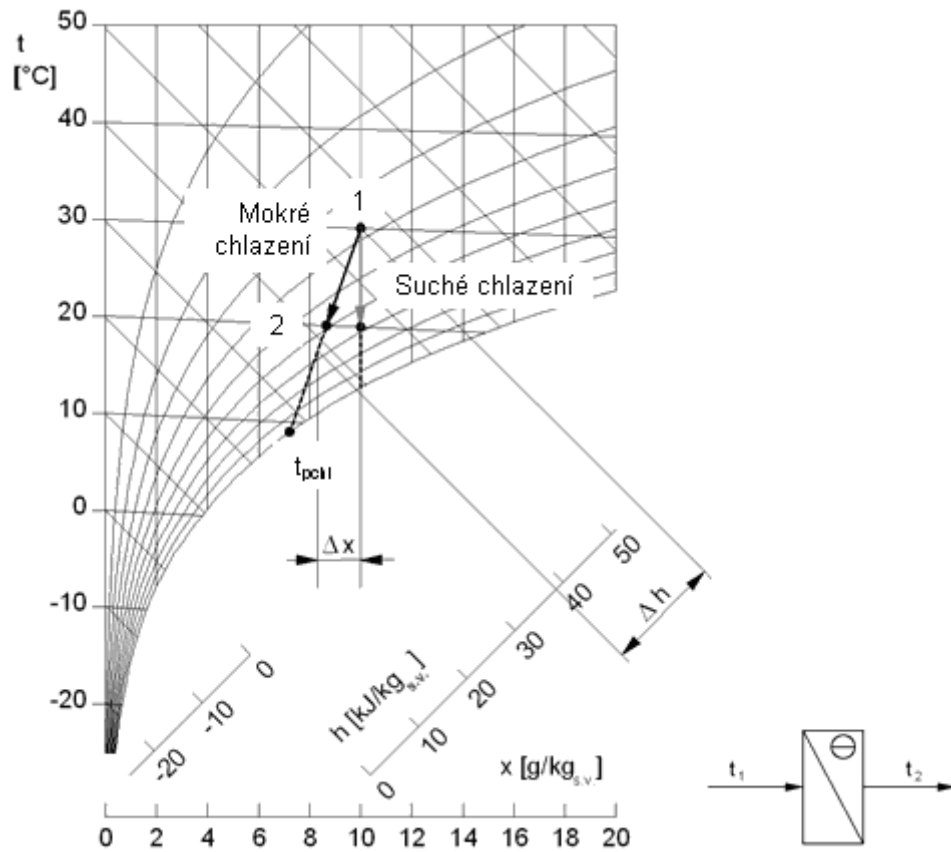
Δh rozdíl entalpií v kJ/kg [28].

Ohřev vzduchu využívá tyto typy zařízení:

- Vodní ohřivače,
- parní ohřivače,
- kondenzátorová jednotka chladivového systému,
- elektrické ohřivače,
- plynové ohřivače [28].

3.4.2 Chlazení vzduchu

Pro chlazení vzduchu se využívá dvojího způsobu, mokré či suché. U mokrého chlazení dochází ke kondenzaci vodní páry, je tedy důležité zajištění odvodu kondenzátu [28].



Obrázek 9 - Průběh změny stavu vzduchu při chlazení vzduchu a značení chladiče ve schématech [28].

Výkon mokrého chladiče vzduchu se stanoví součtem citelného a vázaného tepla.

Citelné teplo P_c se stanoví dle vztahu (3.27):

$$P_c = \dot{m} \cdot \Delta\theta \text{ [W]} \quad (3.27)$$

Kde je

\dot{m} je hmotnostní průtok v kg/s;

$\Delta\theta$ rozdíl teplot v °C [28].

Vázané teplo P_V se stanoví dle vztahu (3.28):

$$P_V = \dot{m} \cdot \Delta h \text{ [W]} \quad (3.28)$$

Kde je

\dot{m} je hmotnostní průtok v kg/s;

Δh rozdíl entalpií v kJ/kg [28].

Množství kondenzátu m se stanoví dle vztahu (3.29):

$$m = \dot{m} \cdot \Delta x \text{ [kg]} \quad (3.29)$$

Kde je

\dot{m} je hmotnostní průtok v kg/s;

Δx rozdíl měrných vlhkostí v g/kg [28].

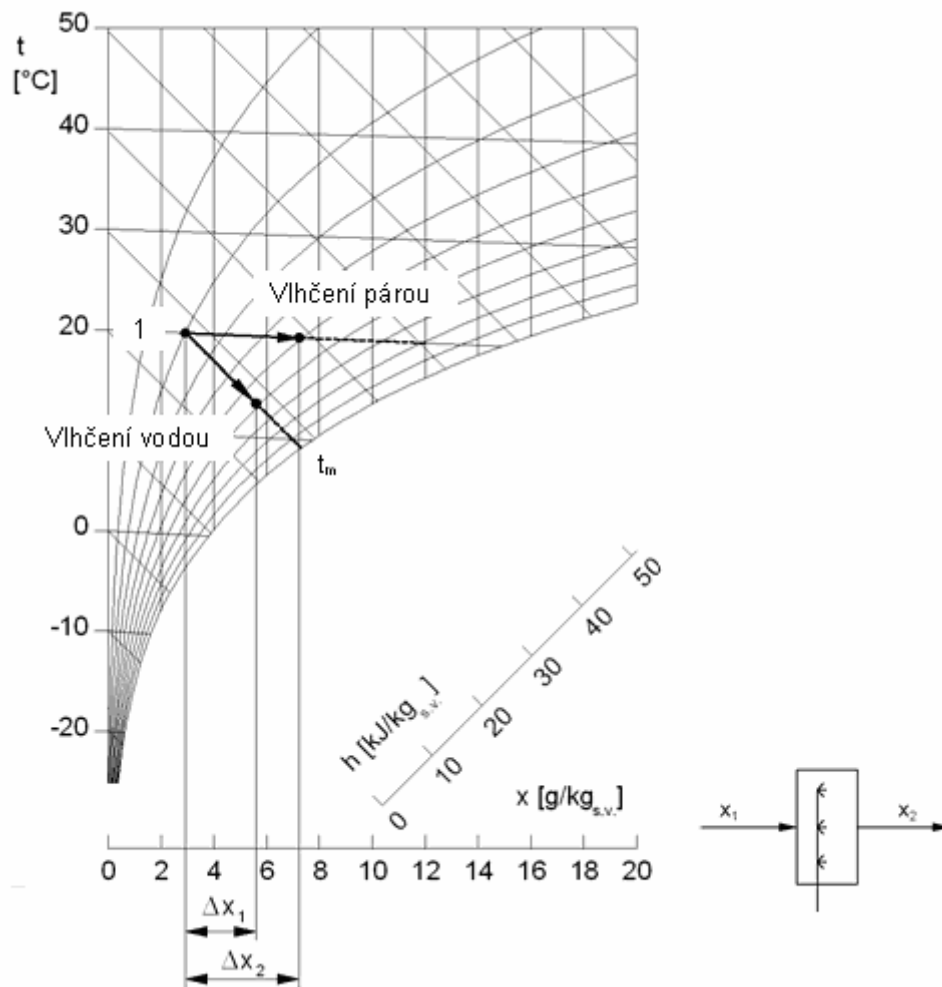
Vzhledem k tomu, že u suchého chlazení nedochází ke změně měrné vlhkosti, užívá se pro výpočet výkonu vztah (3.29), tedy vztahu pro výpočet výkonu ohřevu [28].

Chlazení vzduchu využívá tyto typy zařízení:

- Vodní chladiče,
- chladičové systémy [28].

3.4.3 Vlhčení vzduchu

Vlhčení vzduchu se provádí pomocí vody nebo páry. U vlhčení vodou dochází k adiabatickému chlazení, tedy ke snížení teploty při konstantní entalpii. U vlhčení vzduchu párou dochází k mírnému ohřevu, tato hodnota se však zanedbává [28]. V praxi je tedy výhodnější využití parního vlhčení, díky kterému není třeba instalovat zařízení pro dohřívání ochlazeného vzduchu.



Obrázek 10 - Průběh změny stavu vzduchu při vlhčení vzduchu vodou a párou a značení chladiče ve schématech [28].

Vlhčení vzduchu využívá tyto typy zařízení:

- Vodní pračky vzduchu,
- rozprašování vody [28].

3.4.4 Zpětné získávání tepla – ZZT

System zpětného získávání tepla umožňuje v letním období chladit a v zimní období ohřívat přírodní vzduch pomocí odváděného vzduchu z objektu. Účinnost standardních ZZT se pohybuje kolem 50-80 %, v systému tedy musí být vždy zakomponovány i ohřívače a chladiče vzduchu, pomocí ZZT však snížíme jejich dodaný výkon a tím i provozní náklady.

4 ČISTÉ PROSTORY

Čisté prostory se vyskytují prakticky v každé průmyslové budově nebo nemocnici, kde mohou malé částice nepříznivě ovlivnit výrobní proces. Liší se svou velikostí, složitostí a používají se v průmyslových odvětvích, jako je výroba polovodičů, biotechnologie, armáde a také v laboratorních a provozních prostorách v nemocnicích.

4.1 Definice a klasifikace čistého prostoru

„Čistý prostor operačního sálu má řízené prostředí. Je to prostor, ve kterém je řízena koncentrace částic pevného aerosolu ve vzduchu podle určitých limitů. Částice jsou do prostředí emitovány lidmi, technologií, údržbou a zařízením. Tyto částice musí být z místnosti a ze vzduchu v OS neustále odváděny. Požadavky na kvalitu čistého prostoru určují, jaké částice musí být kontrolovány. Požadavky na čisté prostory a zóny jsou obsaženy v mnoha normách a standardech [5].“

Řízení kontaminace na operačním sále je závislé na řízení celého prostředí této místnosti. Pro systém vzduchotechniky se jedná například o tyto veličiny: výměna vzduchu, směr proudění, tlakový poměr, teplota a vlhkost vzduchu, speciální filtrace [5].

Požadavky na čistotu operačního sálu se liší podle tříd čistoty, ukazatel čistoty je definován v objemové jednotce vzduchu tříděných do jednotlivých frakcí od 0,1 do 5 μm [6].

Pro porovnání můžeme uvést, že běžná administrativní budova obsahuje od 500 000 do 1 000 000 částic velikosti 5 μm a větších v kubické stopě. Oproti tomu operační sály obsahují dle třídy čistoty 100 nebo 10 000 částic obdobné velikosti [5].

V tabulce (Tab. 13) je ukázka klasifikace tříd čistoty v několika zemích:

Tab. 13 – Ukázka klasifikace tříd čistoty [5].

Země a platná norma	USA 209E	Velká Británie BS5295	Austrálie AS1386	Francie AFNOR X44101	Německo VDI 2083	ČSN EN ISO 14644-1
platí od roku	1992	1989	1989	1989	1990	1999
						1
					0	2
	M1.5	C	0,035		1	3
	M2.5	D	0,35		2	4
	M3.5	E nebo F	3,5	4 000	3	5
	M4.5	G nebo H	35		4	6
	M5.5	J	350	400 000	5	7
	M6.5	K	3500	4 000 000	6	8

Operační sály můžeme podle třídy čistoty, která se odvíjí od výkonů a tlakových poměrů, rozdělit na tři základní druhy:

1. Superseptický – Operační sál s nejvyšším požadavkem na třídu čistoty 5 dle [8]. Mezi výkony se zařazují například operace hlavy, transplantace, popáleniny.
2. Aseptický – Třída čistoty 7 dle [8], operační sál je v přetlaku. Mezi výkony se řadí klasická chirurgie.
3. Septický – Třída čistoty jako u aseptického operačního sálu. Z důvodu eliminace šíření agencií se však liší v požadavku na podtlak místnosti. Mezi výkony se zařazují operace v oblasti střev, infekce a podobně [5].

Zdroje znečištění můžeme rozdělit na dvě skupiny:

1. Zařízení (stěny, podlahy, stropy, malby a nátěry, infiltrované částice spárami, desinfekční přípravky apod.),
2. lidé (části kůže, kosmetika, parfémy, vlákna oděvů, vlasy, vydechaný aerosol) [5].

Vztah (3.1) dle [8] udává koncentraci částic neboli vazbu mezi třídou čistoty N (Tab. 14) a velikostí částice D v μm [5].

$$C_n = 10^N \left(\frac{0,1}{D} \right)^{2,08} [m^3] \quad (4.1)$$

Kde je

N číslo klasifikace ISO;

D předpokládaný průměr částic v μm [8].

Tab. 14 – Aplikace a požadavky na třídu čistoty pro jednotlivé druhy OS [5].

Druh čistého prostoru		Třída čistoty		
Operační sál a jeho zázemí (os)	Jednotka intenzivní péče (JIP)	ČSN EN ISO 14644	FS 209E SI	Palcové míry platí pro $\geq 0,5 \mu\text{m} / \text{ft}^3$
		1	-	-
		2	M1.0	-
		3	M1.5	1
		4	M2.5	10
Superseptický OS zázemí superas. OS	popáleniny transplantace	5	M3.5	100
aseptický OS	ARO	6	M4.5	1000
zázemí asep. OS	pooperační	7	M5.5	10000
		8	M6.5	100000
		9	M7	-

Tab. 15 – Norma ČSN EN ISO 14644-1 [8].

Třída čistoty	maximum částic/ m^3					
	$\geq 0.1 \mu\text{m}$	$\geq 0.2 \mu\text{m}$	$\geq 0.3 \mu\text{m}$	$\geq 0.5 \mu\text{m}$	$\geq 1 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$
ISO 1	10	2				
ISO 2	100	24	10	4		
ISO 3	1000	237	102	35	8	
ISO 4	10000	2370	1020	352	83	
ISO 5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO 7				352000	83200	2930
ISO 8				3520000	832000	29300
ISO 9				35200000	8320000	293000

4.2 Přehled dostupných českých podkladů

V České republice zatím neexistuje platný předpis, který by řešil třídy čistoty a technické požadavky na vzduchotechnické systémy čistých prostor. Dle [5] se při návrhu nejčastěji používají tyto dokumenty:

- „Typizační směrnice „Nemocnice s poliklinikou I. a II. typu“, část vzduchotechnická zařízení, zpracovaná Zdravoprojektem Praha v roce 1991- ukázka v tabulce (Tab.16) (jedná se o směrnici, která je obecně používána, ale nikdy nebyla vydaná jako platný předpis)

- Nařízení vlády č.148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Nařízení vlády č.361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- Vyhláška č.6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb
- ČSN 73 0835 - Požární bezpečnost staveb — budovy zdravotnických zařízení a sociální péče (2006)
- ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb (1977)
- ČSN 12 7010 – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (2014)
- ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)[5]“

Tab. 16 – Ukázka tabulky typu místností dle [9], částečně upraveno [5].

Místnost	Mikroklima			výměna vzduchu (x/h)	Úpravy vzduchu	Tlakové poměry	Třída čistoty [8]				
	zima	zima	léto					filtrace	ohřev	chlazení	zvlhčování
	t (°C)	φ (%)	t (°C)								
OS superaseptický	24	50	21	30	G4+F9+ H13 / U14	A	A	A	+	5	
OS aseptický	24	50	21	20	G4+F9+ H13	A	A	A	+	7	
OS septický	24	50	21	20	G4+F9+ H13	A	A	A	-	7	
Příprava pacienta	24	50	24	8	G4+F9+ H13	A	A	A	-	8	
Sterilní sklad	22	x	26	30	G4+F9+ H13	A	A	x	-	7	
Sklad přístrojů	24	50	24	6	G4+F9+ H13	A	A	A	-	8	
Mytí lékařů	24	50	24	8	G4+F9+ H13	A	A	x	-	8	

5 POŽADAVKY NA ČISTÉ PROSTORY V NEMOCNICI

HVAC systémy pro zdravotnická zařízení se zaměřují na zajištění bezpečnějšího prostředí pro pacienty a zaměstnance. Základní rozdíl mezi klimatizací pro zdravotním zařízení a jinými typy budov spočívá v:

- Potřeba omezit pohyb vzduchu v různých odděleních a mezi nimi.
- Specifické požadavky na větrání a filtraci pro zředění a snížení kontaminace ve formě zápachu, mikroorganismů a virů ve vzduchu a nebezpečných chemických a radioaktivních látek. Účinnost větrání je velmi důležitá pro udržení vhodné kvality vnitřního vzduchu.
- Specifické požadavky na teplotu a vlhkost pro různé oblasti a přesné řízení podmínek prostředí.
- Promyšlenost návrhu minimalizuje nebezpečí přenosu vzduchem přenosných patogenů a zachovává sterilní a zdravé prostředí pro pacienty a zaměstnance.

Tyto požadavky vyžadují vysoké množství přiváděného čerstvého vzduchu spolu s významnou úpravou tohoto vzduchu, jako je chlazení, ohřívání, zvlhčování a především filtrace [7].

5.1 Kontrola infekce

V nemocničním prostředí je vysoká koncentrace škodlivých mikroorganismů. Z hlediska kontroly infekce je primárním cílem návrhu nemocnice vyloučení rizika infekce pacienta během hospitalizace. Zvláštní technické požadavky zahrnují hygienu, spolehlivost, bezpečnost a energetické problémy [7].

Infekce, které mohou vyplynout z činností a postupů probíhajících v zařízení, jsou důvodem k velkým obavám. Mezi tři hlavní příčiny odpovědné za infekci patří přenos kontaktem, kapkami slin a prouděním vzduchu [7].

5.1.1 Přenos kontaktem

Kontaktní přenos je nejdůležitější a nejčastější způsob přenosu infekcí. Může být rozdělen na přenos přímým a nepřímým kontaktem.

- a. Přímý kontakt zahrnuje kontakt těla s tělem od infikované osoby ke druhé osobě
- b. Nepřímý kontakt zahrnuje kontaminaci neživého předmětu (nástroje, obvazy apod.) infikovanou osobou.

5.1.2 Přenos kapénkou

Kapánková infekce se objevuje, když infikovaná osoba produkuje kapénky obsahující mikroorganismy, které jsou vzduchem vykašlány na krátkou vzdálenost a dopadnou na spojivky, nosní sliznici nebo ústa hostitele. Kapénky nezůstávají ve vzduchu, takže speciální manipulace se vzduchem a ventilace nejsou nutné k prevenci kapénkové infekce. Kašlání, kýchání a mluvení vytváří kapénky. Procedury jako sání a bronchoskopie také vytvářejí kapénky [7].

5.1.3 Přenos vzduchem

Přenos vzduchem se objevuje, když kapénky ve vzduchu nebo částice prachu šíří infekční činitele.

- a. Mikrokapénky - Vysoká rychlost, kterou jsou kapénky vykašlány a vykýchnuty z dýchacího traktu, způsobuje velké množství bakterií a virů vstupujících do vzduchu ve formě malých kapek. Tyto kapky se velmi rychle vypařují a ve vzduchu zanechávají mikrokapénky typicky velikosti 5 μm a menší. Tyto mikrokapénky klesají tak pomalu, že se vznášejí v obývaném prostoru a cirkulují pomocí vzdušných proudů, dokud nejsou mechanicky odstraněny větracím systémem. Řízení prostředí je nezbytné pro prevenci šíření vzduchem přenosných mikroorganismů [7].
- b. Prach - Prach kontaminovaný životaschopnými infekčními činiteli se může nashromáždit jako zásobárna schopná spuštění infekce i po odchodu nakaženého pacienta, od kterého patogeny pocházely. Prach může být kontaminován, když se suchý sputum a jiné infekční sekrety vznášející se ve vzduchu jako částice prachu smíchají s prachem z prostředí [7].

6 POŽADAVKY NA SYSTÉM TECHNICKY PROSTŘEDÍ

Infikovaný pacient může kontaminovat životní prostředí. Místnost s odpovídajícím ovládním vzduchu a větráním je zvláště důležitá pro zabránění přímému nebo nepřímému přenosu kontaktem a také ke snížení rizika přenosu mikroorganismů vzduchem z pacienta na pacienty a další osoby v nemocnicích. Tato místnost se v lékařské terminologii často označuje jako "Izolační místnost". Existují dva typy izolačních místností:

- a. Izolace vzduchem přenosných infekcí.
- b. Ochranné prostředí.

Izolace vzduchem přenosné infekce odkazuje na izolaci pacienta infikovaného organismy přenesenými mikrokápnkami v průměru $<5 \mu\text{m}$. To zahrnuje pacienty trpícími spalničkami, neštovicemi a tuberkulózou. Další oblasti zahrnují: pohotovostní oddělení, jednotku intenzivní péče (dospělá, pediatrická, novorozenecká) a prostory pro vyšetření jako je bronchoskopie nebo místnost pro vyvolání vykašlávání [7].

Pacienti, jejichž imunitní systém je nedostatečný kvůli nemocem imunitního systému (např. virus lidské imunitní nedostatečnosti HIV, infekční nebo vrozená nedostatečnost imunity), chronickým nemocem (např. cukrovka, rakovina, chemoterapie, rozedma plic či srdeční selhání) nebo imunitu snižující terapie (např. ozáření, transplantace orgánů, cytotoxická chemoterapie, imunosupresivní léky nebo steroidy), jsou také umístěni do ochranného prostředí [7].

6.1 Parametry pro řízení izolačních místností

Místnost izolace vzduchem přenosných infekcí je konstruována tak, aby se minimalizovalo pronikání vzduchu z izolační místnosti do jiných oblastí zdravotnických zařízení. Pravděpodobnost, že infekční částice spadne do otevřené rány, se zvyšuje s koncentrací částic. Snížením koncentrace redukuje pravděpodobnost infekce a tím i počet infikovaných pacientů [7].

Čtyři hlavní faktory ovlivňující koncentraci kolem osoby v místnosti:

1. Koncentrace částic by měla mít tendenci se zvyšovat s rychlostí produkce částic v místnosti.
2. Poměr přívodu a odvodu odpadního vzduchu ve vztahu k velikosti místnosti.

3. Úroveň filtrace přiváděného vzduchu ovlivní schopnost větracího systému zředit koncentraci částic vzduchu v místnosti.
4. Turbulence vzduchu a pohyb vzduchu v místnosti mohou přenášet částice, takže způsob distribuce vzduchu ovlivní místní koncentrace [7, 8].

Poslední tři z nich jsou atributy vzduchotechnického systému, který může být konstruován tak, aby omezil účinek prvního.

6.1.1 Větrání

Nejúčinnějším prostředkem k potlačení kontaminantů, zápachu a znečištění ovzduší v budovách je větrání, které vyžaduje neustálou kontrolu určitých podmínek:

1. Míra výměny vzduchu
2. Tlakový spád s přihlédnutím k třídě čistoty
3. Vhodná distribuce vzduchu v klimatizovaných odděleních.
4. Vysoká kvalita filtrace vzduchu.
5. Přesná regulace teploty a vlhkosti, která zajišťuje údržbu zamýšleného mikroklimatu [7, 8].

6.1.2 Výměna vzduchu

Míra přívodu vzduchu pro zdravotnická zařízení vyžaduje velké množství čerstvého vzduchu k odstranění kontaminace vznikající v prostoru. Intenzita větrání se vyjadřuje jako výměna vzduchu za hodinu, anglicky air change per hour (ACH).

$$\dot{V} = \frac{(\text{ACH}) * V_m}{1} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (6.1)$$

Kde je

\dot{V} objemový průtok vzduchu, v m³/h;

ACH výměna vzduchu, v x/h;

V_m objem místnosti, v m³ [8].

Podle studie AIA, jedna výměna čerstvého vzduchu za hodinu odstraní 63 % suspendovaných částic z okolního vzduchu. Při 10 (ACH) se odstraní za 14 minut 90 % nečistot, k 99 % bude potřeba 28 minut. Zvyšujícím počtem výměny vzduchu tedy získáme vyšší účinnost čištění látek ve vzduchu. Se zvyšujícím počtem výměny se ale také zvyšuje i spotřeba energie [7].

6.1.3 Podmínky pro užití oběhového vzduchu

1. „Oběhový vzduch je možné použít tam, kde látky obsažené v oběhovém vzduchu nezhorší hygienické poměry ve větrané místnosti.
2. Jako oběhový vzduch může být použit pouze vzduch odvedený z téže větrané místnosti nebo skupiny místností.
3. Oběhový vzduch musí být veden přes stejné filtrační stupně a předepsanými třídami filtračního materiálu, jaké jsou předepsány pro venkovní vzduch, a to buď samostatně nebo spolu s venkovním vzduchem.
4. Minimální hygienické množství venkovního vzduchu se stanoví podle specifických dávek, vztažených na plochu větrané místnosti:
 - $30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ JIP, popáleniny, transplantace kostní dřevě,
 - $15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ operační sál pro malé zákroky, příslušenství operačního sálu, rentgenová vyšetřovna,
 - $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ porodnické oddělení, rehabilitace, novorozenecký pokoj, výroba léků.
5. U zařízení s oběhovým vzduchem musí být filtry vzduchu v dobrém technickém stavu. U aseptických prostorů s koncovými čistými nástavci musí být kontrolována neporušenost filtračního materiálu a těsnost do sedu \varnothing i plochy.
6. Oběhový vzduch u zařízení pro operační sály se odvádí pod stropem, vzduch, který se nevrací do vzduchotechnického systému, se odvádí u podlahy. Toto množství je stejné nebo menší než je podíl čerstvého vzduchu v celkově přiváděném množství vzduchu.
7. Předpokladem pro používání oběhového vzduchu u operačních sálů je odsávání narkotizačních plynů. Pokud to není technicky možné, rozhodne o použití oběhového vzduchu, popř. o podílu venkovního vzduchu příslušný hygienik [9].“

6.2 Řízení tlaku v místnosti

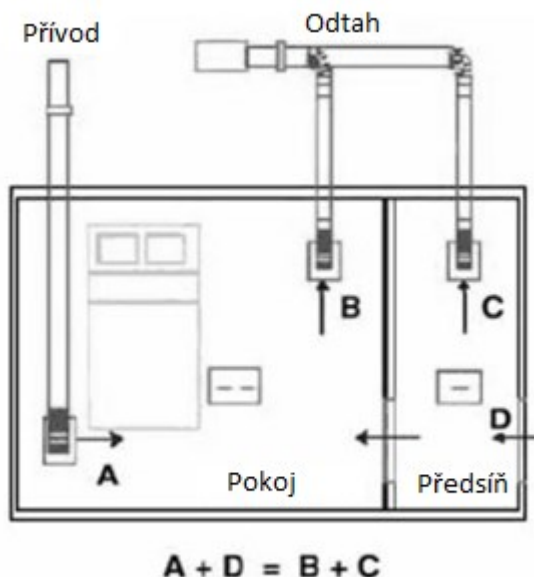
Stavba tlakové místnosti v nemocnici musí být obzvláště dobře monitorována, protože může výrazně ovlivnit ovladatelnost prostředí. Pokud je podtlak v budově povolen kvůli zátěži přívodního filtru, přívodní ventilátory běží příliš pomalu nebo odváděcí ventilátory příliš rychle, vlhký a znečištěný vzduch se může do budovy vtáhnout přes trhliny a otvory. Tento vzduch je zcela nepodmíněný a může poskytnout několik potřebných faktorů pro podporu růstu plísní (např. vlhkost, více spór a živin) [7, 8].

Tlakový spád místností budovy se dosahuje řízením kvality a množstvím přiváděného a odváděného vzduchu, udržováním rozdílných tlaků vzduchu mezi sousedními oblastmi a navrhováním schémat proudění vzduchu pro konkrétní klinické účely [7, 8].

6.2.1 Izolační místnosti s podtlakem – třída N (negative)

Základním principem podtlaku je zajištění toho, aby vzduch proudil z méně kontaminovaných do více kontaminovaných oblastí. Účelem tohoto návrhu je eliminovat šíření infekčních kontaminantů a patogenů do okolního prostředí vzdušnou cestou. Vzduch v otevřené místnosti třídy N by měl například proudit z chodby do izolační místnosti, aby se zabránilo šíření vzdušných nečistot z izolační místnosti do chodby a jiných oblastí. Třída N se používá pro izolační místnosti, kde bývají umístěni pacienti s infekcí [7, 8].

Na obrázku (obrázek 11) vidíme schéma průtoku vzduchu v místnosti třídy N s podtlakem.



Obrázek 11 – izolační místnost s pod tlakem [7].

Doporučené požadavky pro izolační místnosti vzduchem přenosných infekcí:

1. Ujistěte se, že izolační místnosti jsou navrženy tak, aby udržovaly podtlak.
2. Udržujte nepřetržitý podtlak vzduchu nejméně 2,5 Pa ve vztahu k tlaku vzduchu v chodbě. Toho je dosaženo velikostí objemu výfukového vzduchu, jehož velikost je minimálně o 15 % vyšší než vzduchu přiváděného.

3. Monitorujte tlak vzduchu pravidelně, nejlépe denně se zvukovou signalizací nebo s trvalým monitorováním vizuálními systémy.
4. Intenzita větrání by měla být větší než 12 ACH pro zrekonstruované místnosti a pro nové místnosti větší než 6 ACH.
5. Doporučená filtrace vzduchu pro prostory třídy N, jsou vzduchové filtry MERV 14 (90 % účinnost) na straně přívodu a HEPA (99,97 % na 0,3 μm velikosti částice) na straně výfuku.
6. Tam, kde může být za určitých okolností provedeno směšování vzduchu, musí být začleněny filtry HEPA (99,97 % na 0,3 μm velikosti částice) schopné odstranit vzdušné nečistoty na straně přívodu vzduchu.
7. Likvidace odpadních vod by neměla vytvářet nebezpečí pro osoby mimo budovu nebo zaměstnance, kteří tyto systémy udržují. Pokud je možné riziko na odvod by měl být použit HEPA filtr.
8. Zvažte svítidla UVGI na stropě nebo v jeho blízkosti, aby ozařovala horní vzduch v místnosti. Uvědomte si, že UVGI může být použita ke zlepšení činnosti HEPA filtrů, ale nemůže být použita místo HEPA filtrů, neboť jejich účinnost na vzduchových tocích je omezená.
9. Přívod vzduchu by měl být umístěn tak, aby čistý vzduch proudil nejprve přes personál a poté k pacientovi. Rozvod vzduchu by měl snížit expozici pracovníků z potenciálních vzdušných mikropánek infikovaných pacientů, zohledněno vzhledem k umístění personálu a pacienta a procedury prováděné v izolační místnosti.
10. V pokojích pro pacienty, by měl přívodní vzduch proudit ze stropního difuzoru umístěného na obvodu v blízkosti vstupu a odváděný vzduch by měl být tažen v nižších úrovních přibližně 15 cm nad podlahou v místnosti.
11. Potrubí pro odvod vzduchu by měly být nezávislé na společném systému výfukového systému budovy, aby se snížilo riziko kontaminace ze zpětného toku.
12. Umístěte ventilátor výfuku v místě v potrubí, tak že potrubí bude v podtlaku celou svou délkou v budově.
13. Vyústky pro přívod vzduchu by neměly být umístěny tak, aby se do systému mohl dostat kontaminovaný vzduch
14. Zajistěte, aby potrubí přívodního vzduchu bylo nezávislé na společném přívodním systému budovy. Pokud je sdílení napájecích kanálů s jinými izolačními místnostmi

nevyhnutelné, zajistěte potrubí pomocí terminálových filtrů HEPA a nainstalujte předfiltr, který chrání filtr HEPA.

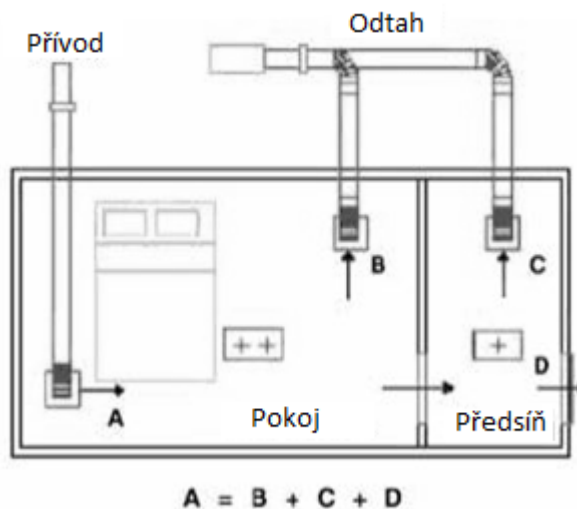
15. Navrhněte přívodní a odvodní systémy tak, aby měly systém konstantního objemu. Systémy s proměnným objemem vzduchu nejsou doporučeny.
16. Měl by být poskytnut monitorovací systém, který by signalizoval jakoukoli poruchu systému přívodního a odváděného vzduchu spolu s místním zvukovým výstražným hlášením.
17. Ujistěte se, že prostory jsou dobře utěsněné pro lepší udržování tlakových spádů, které také případně sníží zatížení zařízení na úpravu vzduchu. Zajistěte vzduchotěsnost pomocí:
 - Správně konstruovaných oken, dveří a vstupních a výstupních otvorů,
 - utěsnění všech průchodů na stěnách nad a pod stropem,
 - ledování netěsností a provádění nezbytných oprav.
18. Instalujte samo zavírací zařízení na všechny dveře s ohledem na směr otáčení dveří ve vztahu k tlaku v místnosti.
19. Zajistěte umyvadlo v předsíni a ochranu dýchacích cest pro osoby a zaměstnance vstupujících do těchto místností.
20. Zajistěte záložní vzduchotechnické zařízení pro nouzové zabezpečení požadavků na větrání v místnosti a okamžitě proveďte kroky k obnovení poškozeného větracího systému.
21. Označte tuto oblast za prostor v podtlaku [7, 8].

Ve veřejných prostorech zdravotnického zařízení, jako je pohotovost, recepce a čekárna mohou osoby s nediodagnostikovanou infekcí před vyšetřením a léčbou přicházet do styku s ostatními osobami a infikovat je. Pravděpodobnost, že vzdušné kontaminanty opouští tyto místnosti, se sníží tím, že tyto místnosti budou udržovány v přetlaku ve vztahu k okolním oblastem [7, 8].

6.2.2 Izolační místnosti s přetlakem – třída P (positive)

Izolační místnosti třídy P jsou nastaveny na přetlak vzhledem k okolnímu tlaku, což znamená, že průtok vzduchu musí být z oblasti "čistější" směrem k sousednímu prostoru (přes dveře nebo jiné otvory). Toho je dosaženo systémem vzduchotechniky, který dodává více vzduchu do "čistějšího" prostoru, než je z tohoto prostoru odváděn. Třída P je použitelná pro všechna ochranná prostředí [7, 8].

Na obrázku (obrázek 12) vidíme schéma průtoku vzduchu v místnosti třídy P s přetlakem.



Obrázek 12 - izolační místnost s přetlakem [7].

Doporučené požadavky pro izolační místnosti ochrany prostředí.

1. Ujistěte se, že izolační místnosti jsou navrženy tak, aby udržovaly přetlak.
2. Udržujte nepřetržitý přetlak vzduchu nejméně 2,5 Pa ve vztahu k tlaku vzduchu v chodbě. Ideálně větší než 8 Pa.
3. Intenzita větrání by měla být větší než 12 ACH nebo 145 l/s, když je přívodní vzduchový filtr při maximálním poklesu tlaku.
4. Místnosti by měly pracovat se 100 % čerstvého vzduchu nebo smíšením vzduchu obvykle 60/40 čerstvý/cirkulační. Je pravidlem, že přetlak místnosti by měl být vytvořen přiváděním o 15 % větším objemem přiváděného vzduchu než odváděného.
5. Doporučená filtrace vzduchu pro prostory třídy P, jsou vzduchové filtry HEPA (99,97 % na 0,3 μm velikosti částice) na straně přívodu a na straně výfuku nejsou filtry potřeba.
6. Systémy UVGI se někdy používají ve spojení s filtry HEPA. Při použití ultrafialového germicidního záření (UVGI) instalujte svítidla:
 - na stěnu v blízkosti stropu nebo zavěšujte ze stropu jako horní vzduchovou jednotku;
 - v určených uzavřených oblastech nebo kabinách pro vyvolání kašláním.
7. Přívod vzduchu by měl být umístěn tak, aby čistý vzduch proudil nejprve přes lůžko pacienta a odcházel z opačné strany místnosti.
8. Místnosti s přetlakem mohou sdílet společné systémy přívodního vzduchu.

9. Zařízení pro indikaci poruchy by mělo být při poruše ohlášeno místním zvukovým hlášením.
10. Ujistěte se, že prostory jsou dobře utěsněné pro lepší udržování tlakových spádů, které také případně sníží zatížení zařízení na úpravu vzduchu. Zajistěte vzduchotěsnost pomocí:
 - Správně konstruovaných oken, dveří a vstupních a výstupních otvoru,
 - utěsnění všech průchodů na stěnách nad a pod stropem,
 - ledování netěsností a provádění nezbytných oprav.
11. Udržujte schémata proudění vzduchu a monitorujte je každodenně pomocí pevně instalovaných vizuálních prostředků pro detekci proudění vzduchu v nové nebo renovované konstrukci nebo pomocí jiných vizuálních metod (např. Flutterových pásů nebo kouřových trubek)
12. Instalujte samozavírací zařízení na všechny dveře. Všechny nouzové východy (např. Požární úniky, nouzové dveře) by měly být uzavřeny (kromě případů nouze) a vybaveny alarmy.
13. Nainstalujte vlastní koupelnu spolu s umyvadlem v předsíni.
14. Označte tuto oblast za prostor v přetlaku [7].

Požadavky na kontrolu infekce a větrání pro operační sály

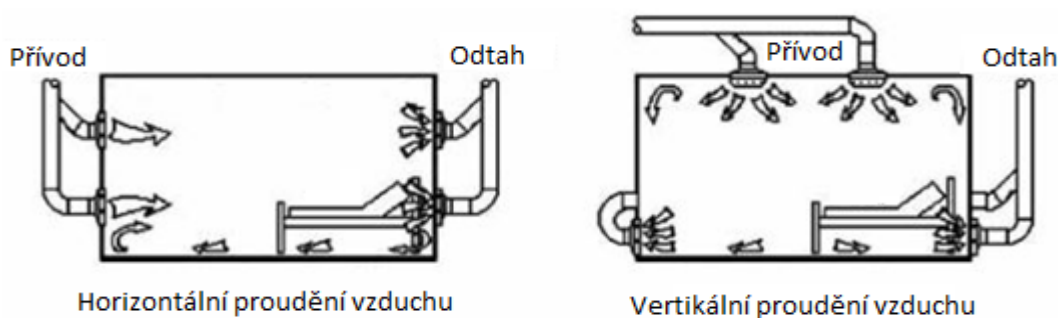
Požadavky jsou stejné s následujícími výjimkami:

1. Udržujte přetlak vzhledem k chodbám a přilehlým oblastem. Intenzita větrání by měla být větší než 15 ACH, z nichž 3 ACH by měl obsahovat čerstvý vzduch.
2. Filtrujte veškerý cirkulační a čerstvý vzduch přes příslušné filtry, poskytující minimálně 90 % účinnost.
3. Laminární proudění vzduchu, přívod vzduchu na stropu a odsávání vzduchu blízko podlahy.
4. Nepoužívejte ultrafialové (UV) světla, jako prevenci před infekcí v místě chirurgického zákroku.

6.3 Distribuce vzduchu

Na obrázku níže (obrázek 13) vidíme přívod vzduchu s nízkou rychlostí v blízkosti stropu a u vchodu do místnosti, protékající kolem pacienta k odvádění vzduchu v blízkosti podlahy u hlavy pacienta. Vzniká tak proud vzduchu, který pomáhá přemísťovat mikroorganismy od

místa vyloučení pacientem ke koncovkám odváděného vzduchu, aby zabránil zdravotníkům nebo návštěvníkům vdechnout bakterie [7].



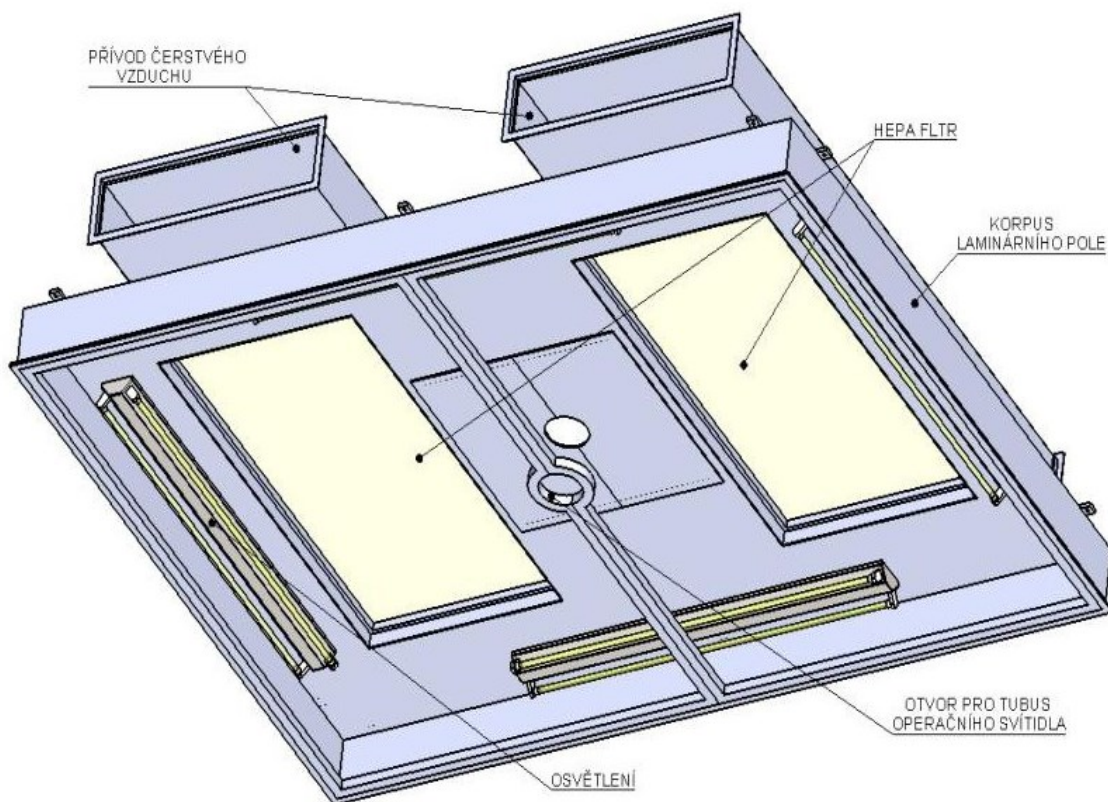
Obrázek 13 – Distribuce vzduchu v izolační místnosti [7].

Doporučují se neaspirační difuzory, které zachycují velké množství vzduchu a poskytnou laminární tok vzduchu, který propláchne izolační prostor od nežádoucích vzdušných částic. Neumisťujte difuzor přímo pod lůžko pacienta, protože by to mohlo mít za následek nepohodlný průvan pro pacienta [7].

Laminární strop

„Laminární strop (LS) je typickým prvkem pro přívod upraveného vzduchu do OS. Jedná se o velkoplošný přívodní prvek. Usměrněné proudění vytěsňuje částice z operačního pole. Prvek se skládá z nosné skříňe, která tvoří tlakovou komoru s integrovanými vestavbami filtrů napojených na přívod vzduchu, zářivkového osvětlení, revizní komory, paty stativu operačního svítidla, prostupu tubusu operačního svítidla a laminarizátoru. Laminární stropy se vyrábí ve dvou modifikacích, lišících se uložením filtru [5].“

„Laminární strop s vertikálně uloženými filtry se skládá z tlakové komory, jejíž spodní plocha je tvořena laminarizátorem a do svislých bočních stěn jsou napojeny přívodní vzduchovody, přičemž filtry třídy H12 až U16 jsou vloženy do nástavce připojovacího potrubí. Tlaková ztráta se v počátečním stavu pohybuje mezi 150 a 200 Pa, z čehož plynou požadavky na těsnost uložení filtru, aby nedocházelo k obtékání filtru přiváděným vzduchem. Pokud jsou filtry uloženy vodorovně, nachází se mezi připojovacími nástavci přiváděného vzduchu a laminarizátorem. Tlaková komora je vždy vytvářena v prostoru mezi filtry a laminarizátorem (výtokovou plochou). Laminarizátor je velkoplošná výtoková plocha pro dosažení jednosměrného proudění. Jedná se o speciální mikrotkaninu napnutou v rámu v jedné nebo dvou vrstvách. Rovnoměrnost proudění je vyšší ve srovnání s dříve užívaným děrovaným plechem [5].“



Obrázek 14 – ukázka laminárního stropu [10]

Tlaková ztráta bývá v rozmezí 30 až 50 Pa, z toho důvodu je nutné těsné uzavření neboť může docházet k průniku přiváděného vzduchu z tlakové komory. Tyto proudy mají daleko vyšší rychlost než vzduch přiváděný laminarizátorem což vede k turbulencím a narušení laminarity. Běžná výtoková rychlost se používá kolem 0,20 až 0,25 m/s [5].

6.4 Filtrace vzduchu

Filtry jsou základním nástrojem ke snížení prachových příměsí a používá se ve všech systémech nuceného větrání [5].

Mezinárodní klasifikaci vzduchových filtrů dle ČSN EN 779 (2012) a ČSN EN 1822 (2010) můžeme vidět níže v tabulkách (Tab. 17 a 18).

Filtry pro hrubý prach

Jedná se o částice s velikostí 10 μm a větší. Vyrábí se z organických, syntetických, kovových nebo skelných vláken Princip spočívá v narážení částic na filtrační tkaninu [5].

Filtry pro jemný prach

Jedná se o částice s velikostí 1 až 10 μm [5].

Filtry pro mikročástice

Jedná se o částice s velikostí 0,01 až 1 μm a dělí se do dvou skupin

- HEPA filtry (High efficiency particulate air)
- ULPA filtry (Ultra low penetration air)

HEPA filtry

Jejich vývoj proběhl během druhé světové války pro snížení koncentrace radioaktivního prachu. Jsou vyrobeny ze skládaného papíru ze skelného mikrovlákn. Tento typ se dá využít až do teploty 120 °C a do 100 % relativní vlhkosti. Jejich účinnost je více než 99,97 % při velikosti částic 0,3 μm [5].

ULPA filtry

Účinnost filtrů je 99,999 % a používají se pro částice menší než 0,3 μm . Používají se především pro jednotky intenzivní péče (popáleniny, transplantace) [5].

Tab. 17 - klasifikace vzduchových filtrů dle ČSN EN 779

EN 779		Střední stupeň odlučivosti (A_m) syntetického prachu (%)	Střední stupeň účinnosti (E_m) částic 0,4 μm (%)	Minimální účinnost (M.E. u částic 0,4 μm (%))
Skupina filtrů	Třída filtrace			
Hrubý prach	G1	50 < A_m < 65	–	–
	G2	65 < A_m < 80	–	–
	G3	80 < A_m < 90	–	–
	G4	90 < A_m	–	–
Středně hrubý prach	M5	–	40 < E_m < 60	–
	M6	–	60 < E_m < 80	–
Jemný prach	F7	–	80 < E_m < 90	35
	F8	–	90 < E_m < 95	55
	F9	–	95 < E_m	70

Tab. 18 - klasifikace vzduchových filtrů dle ČSN EN 1822

EN 1822		Celková hodnota pro MPPS částice (0.1–0.3 μm)		Integrální hodnota pro MPPS částice (0.1–0.3 μm)	
Skupina filtrů	Třída filtrace	Účinnost (%)	Průnik (%)	Účinnost (%)	Průnik (%)
Skupina E EPA	E 10	≥ 85	≤ 15	–	–
	E 11	≥ 95	≤ 5	–	–
	E 12	≥ 99.5	≤ 0.5	–	–
Skupina H HEPA	H 13	≥ 99.95	≤ 0.05	≥ 99.75	≤ 0.25
	H 14	≥ 99.995	≤ 0.005	≥ 99.975	≤ 0.025
Skupina U ULPA	U 15	≥ 99.9995	≤ 0.0005	≥ 99.9975	≤ 0.0025
	U 16	≥ 99.99995	≤ 0.00005	≥ 99.99975	≤ 0.00025
	U 17	≥ 99.999995	≤ 0.000005	≥ 99.99990	≤ 0.00010

6.5 Akustické mikroklima

„Posouzení hluku v obytném prostředí a stavbách občanského vybavení se provádí podle nařízení vlády č.148/2006 Sb. Základní hladina je stanovena na $L_{A,eq} = 40$ dB pro hluk pronikající zvenku. Index A znamená, že se použije váhový filtr A, eq znamená, že se jedná o ekvivalentní hladinu za dobu 8 hodin (pro denní dobu) nebo 1 hodiny (pro noční dobu). Hluk vznikající uvnitř budovy se posuzuje v maximální hodnotě $L_{A,pmax}$. Pro obytné místnosti má tato hodnota nulovou korekci pro denní dobu (6 až 22 hodin) a korekci -10 pro noční dobu (22 až 6 hodin). Přes den nemá být tedy v obytných místnostech hladina hluku větší jak 40 dB a v noci 30 dB [5].“

6.5.1 Šíření zvuku v prostoru operačního sálu

Zvuk na operačním sále se šíří jako ve volném prostoru, dokud nenarazí na hraniční plochy neboli stěny. Při dopadu na stěnu se část akustické energie pohltí a zbývající část se odrazí zpět do prostoru operačního sálu. Činitel zvukové pohltivosti α vyjadřuje poměr pohlcené a dopadající zvukové energie. Pokud je činitel zvukové pohltivosti $\alpha = 1$, znamená to maximální pohltivost, např. otevřené okno. U zvukové pohltivosti $\alpha = 0$, např. u stěny, se zvuk nepohltí a veškerou energii odrazí. Vybrané konstrukce zvukové pohltivosti k nahlédnutí v tabulce níže (Tab. 19). Průměrné hodnoty činitele zvukové pohltivosti pro určitý typ místnosti jsou v tabulce (Tab. 20) [5].

Tab. 19 - Hodnoty činitele pohltivosti zvuku vybraných povrchů a konstrukcí

konstrukce (tloušťka [mm] / odsazení [mm])	kmitočet f [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Beton hutný	0,01	0,016	0,019	0,023	0,035	0,05
Beton vylehčený	0,2	0,22	0,23	0,25	0,21	0,26
Beton s olejovým nátěrem	0,01	0,014	0,016	0,017	0,018	0,02
Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	0,3	0,25	0,1	0,08	0,05	0,04
Dřevovláknitá měkká deska (15/0)	0,1	0,15	0,55	0,52	0,5	0,45
Deska z pěnového polystyrénu (18 až 32/0)	0,02	0,02	0,03	0,08	0,14	0,29
Koberec plyšový (10/0)	0,13	0,11	0,15	0,3	0,63	0,9
Linoleum (-/0)	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,04
Okenní otvor zasklený	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06	0,04
Omítka malovaná hlinkou (-/0)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Překližka laťová (18/70)	0,27	0,08	0,11	0,09	0,09	0,2
Sádkartonová deska (9,5/100)	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03
Zdivo cihelné režné (-/0)	0,024	0,025	0,032	0,042	0,049	0,07

Tab. 20 - Průměrné hodnoty činitele zvukové pohltivosti α

Typ místnosti	Činitel pohltivosti α [-]
Rozhlasová studia, hudební sály	0,3 - 0,45
Televizní studia, obchodní domy	0,15 - 0,25
Byty, kanceláře, hotelové pokoje	0,1 - 0,15
Školy, nemocnice	0,05 - 0,1
Tovární haly, bazénové haly, operační sály	0,02 - 0,05

Absorpční plocha A se vypočítá jako součin činitele zvukové pohltivosti α a povrchu stěn S :

$$A = \sum \alpha_i \cdot S_i [m^2] \quad (6.2)$$

Kde je

α_i činitel zvukové pohltivosti;

S povrch stěny [5].

Vztah udává střední součinitel zvukové pohltivosti:

$$\alpha_s = \frac{\sum \alpha_i \cdot S_i}{\sum S_i} \quad (6.3)$$

„V blízkosti zdroje zvuku se nachází pole přímých vln, ve větší vzdálenosti pak pole dozvukové, kde se mísí přímé vlny s vlnami odraženými. V běžných případech, kdy zdrojem hluku je vyústka nebo malý nástěnný ventilátor je ve většině prostoru místnosti dozvukové pole. Součet účinků přímé a odražené vlny pro libovolný bod v prostoru má tvar [5]:“

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right) [\text{dB}] \quad (6.4)$$

Nebo

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_s)}{A} \right) [\text{dB}] \quad (6.5)$$

Kde je

L_p hladina akustického tlaku, v dB;

L_w hladina akustického výkonu, v dB;

Q směrový činitel;

A celková plocha povrchu místnosti, v m^2 ;

r vzdálenost akustického zdroje od vyšetřovaného místa, v m;

α_s střední součinitel zvukové pohltivosti [5].

Zlomek $\frac{Q}{4\pi r^2}$ charakterizuje vztah pole přímých vln a zlomek $\frac{4}{A}$ pole odražených vln [5].

„Hranice přechodové oblasti mezi polem přímým a odražených vln vyplývá, ze vzájemné rovnosti zlomků (vzdálenost hranice od zdroje jsme označili r_H). Porovnáním jejich velikosti můžeme usuzovat na to, zda se posuzované místo nalézá v pásmu přímých nebo odražených vln. V běžných prostorech staveb se většina vnitřního prostoru nachází v poli odražených vln [5].“

$$r_H = \sqrt{\frac{Q \cdot \alpha \cdot S}{16 \cdot \pi \cdot (1 - \alpha)}} \text{ m} \quad (6.6)$$

6.6 Osvětlení

Osvětlení operačních sálů

„Osvětlení operačních sálů lze dle [23] rozdělit podle funkce do tří základních skupin:

- **Základní osvětlení** – musí zajistit řadu zrakových činností před i po vlastní operaci. Musí striktně splňovat požadavky na rozdílnost ve směru pohledu v prostoru, sledování průběhu operace na zobrazovacích jednotkách, analýzu rentgenových snímků, identifikaci hodnot na různých stupních a funkce dalších přístrojů. Podle druhu a charakteru operace může být požadavek na snížení úrovně hlavního osvětlení (60 – 30 %), proto musí být umožněno toto osvětlení plně regulovat.
- **Osvětlení operačního pole** – je přesně definovaná oblast, která zahrnuje vlastní operační pole a jeho bezprostřední okolí. Pro osvětlení se používají speciální operační svítidla s definovaným rozložením energie optického záření. Tato svítidla jsou umístěna ve vzdálenosti asi 2 m od operačního pole a dosahují úrovně osvětlení až 100 000 lx. Svítidlo se obvykle sestavuje z dílčích reflektorů, z pravidla se žárovkou o příkonu 50 W, napájené 24 V. Povrch těchto svítidel je pokryt speciální vrstvou filtrů, které potlačují složky IR záření. S vývojem operačních technik se zvyšují i nároky na osvětlení. Například v oblasti mikrochirurgie se dnes požadovaná hladina osvětlení zvýšila až na 160 000 lx (pro velikost operačního pole 5x5 cm).
- **Speciální individuální osvětlení** – požadavky na individuální osvětlení jsou různé a nedají se řešit komplexním návrhem. Jde například o individuální svítidla umístěná na hlavě chirurga nebo jsou součástí brýlí. Jsou to svítidla se speciální optikou a zdrojem o malém výkonu. Poskytují výraznou světelnou stopu v operačním poli a měly by mít stejnou teplotu chromatičnosti a index podání barev jako okolní osvětlení [24].“

Z hlediska adaptace zraku musí osvětlení zázemí operačních sálů navazovat na osvětlení vlastních sálů, z toho důvodu by měla hladina osvětlení dosahovat úrovně kolem 500 lx. Pooperační místnosti, kde se pacient probouzí z narkózy po operačním zákroku je doporučena hladina osvětlení 100 lx [24].

Osvětlení nemocničních pokojů

Pro nemocniční pokoje nejsou stanoveny tak velké požadavky na osvětlení oproti operačním sálům. Osvětlení v nemocničním pokoji slouží jako základní osvětlení pro práci

zdravotnického personálu, a především by mělo tvořit příjemné podmínky pro pacienta, aby negativně neovlivňovalo léčebný proces [23].

V Tab. 21 můžeme vidět ukázkou vybraných typů místností a požadavků na osvětlenost E_m , oslnění UGR_L , rovnoměrnost osvětlení U_o a podání barev R_a dle normy ČSN EN 12464.

Tab. 21 – Ukázka požadavků osvětlení dle ČSN EN 12464-1 [25].

Místnosti	E_m [lx]	UGR_L [-]	U_o [-]	R_a [-]
čekárny	200	22	0,4	80
chodby ve dne	200	22	0,4	80
chodby v noci	50	22	0,4	80
pokoje - celkové osvětlení	100	19	0,4	80
pokoje - jednoduché vyšetření	300	19	0,6	80
koupelny a záchody pacientů	200	22	0,4	80
Předoperační a pooperační místnosti	500	19	0,6	90
operační sál	1000	19	0,6	90
operační pole	10000 - 100000	-	-	-

II. PRAKTICKÁ ČÁST

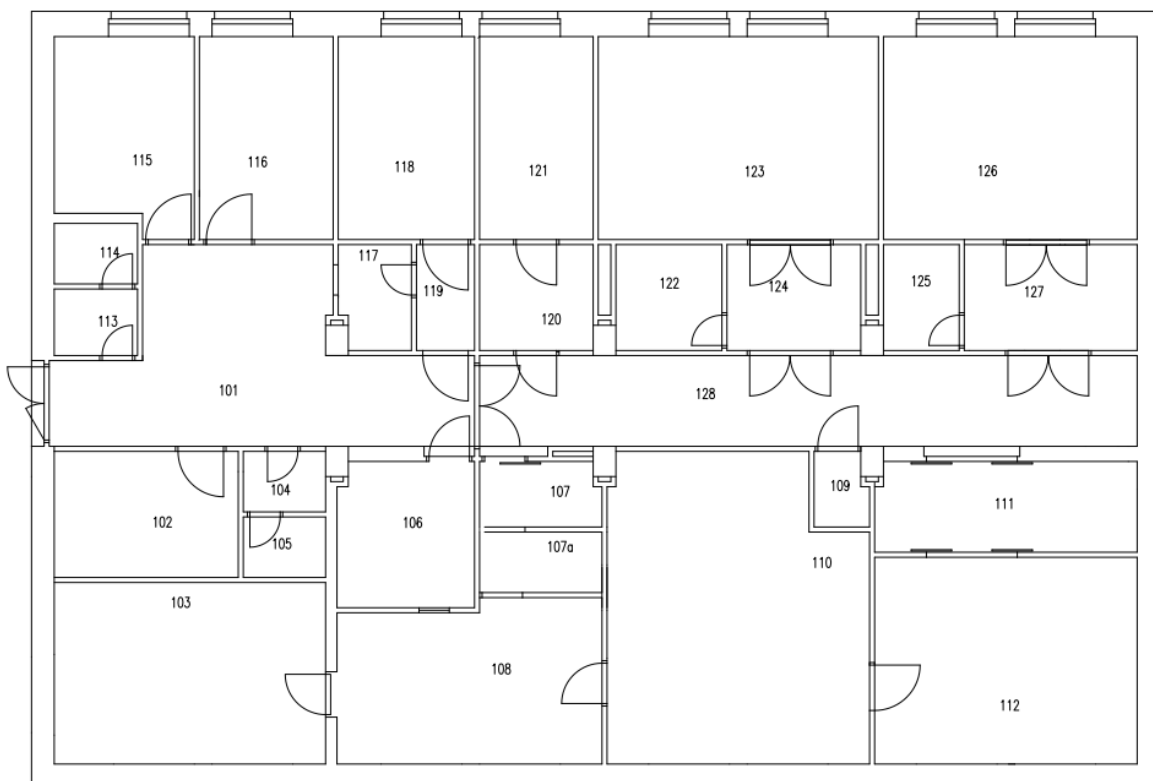
7 NÁVRH TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOVY

Předmětem této části diplomové práce je návrh vhodného systému techniky prostředí v objektu malé nemocniční kliniky. Návrh disponuje teplovodním podlahovým vytápěním a přípravou teplé vody. Jako hlavní zdroj tepla bylo zvoleno tepelné čerpadlo vzduch/voda a bivalentní zdroj elektrokotel.

7.1 Popis objektu a okrajových podmínek

Objekt slouží jako malá klinika pro účely reprodukční medicíny. Disponuje jedním nadzemním podlažím. Tato nově postavená budova čítá dva nemocniční pokoje dohromady se čtyřmi nemocničními lůžky, ambulancí, místností pro ultrazvukové vyšetření, kryobankou, dvěma embryologiemi, andrologií, přípravnou, operačním sálem, sesternou, chodbou, recepcí, toalety, skladem a technickou místností.

Provoz operačních sálů, a kryobanky je stanoven na pondělí až pátek od 6 do 18h, ostatní místnosti jsou využívány během celého týdne.



Obrázek 15 – půdorys objektu

Z klimatického hlediska se objekt nachází na území charakterizovaném následujícími výpočtovými hodnotami, dle ČSN EN 12 831:

- Venkovní výpočtová teplota zimní: -15 °C
- Počet topných dnů: 226
- Průměrná teplota v topném období (13 °C): 4 °C
- Nadmožská výška: 289 m n. m.
- Budova je v lokalitě krajiny bez intenzivních větrů s orientací na jih.

7.2 Skladba konstrukcí

Skladba všech konstrukcí byla navržena dle požadavků normy ČSN 730540. Kompletní posouzení skladby stavebních konstrukcí objektu z hlediska šíření tepla a vodní páry bylo provedeno pomocí softwaru Protech. Požadavky na konstrukce dle ČSN 730540 jsou uvedeny v kapitole 1.

Zároveň konstrukce čistých prostor musí zajišťovat hermetičnost, neuvolňovat znečištění, být stabilní k mycím a dezinfekčním látkám a být antistatické.

7.2.1 Obvodová stěna

Dle programu Protech hodnota součinitele prostupu tepla této konstrukce $U = 0,202$ W/(m².K). Součinitel prostupu tepla konstrukce vyhovuje.

Vrstvy této konstrukce jsou v tabulce (Tab. 22).

Tab. 22 – Skladba konstrukce – obvodová stěna

číslo vrstvy	Materiál	Tloušťka [mm]
1	Omítka vhodná k mytí	3
2	Porotherm 38	380
3	lepící malta	5
4	EPS-F	100
5	Stěrka	3
6	Omítka	3

Program Protech také zhodnotil konstrukci obvodové stěny na požadavek roční bilance kondenzace vodních par. Bilance roční kondenzace nesmí přesáhnout hodnotu ročního množství vypařitelné vodní páry, a to z důvodu možného nebezpečí vzniku plísní uvnitř objektu. Pro

nemocniční prostředí je to velmi rizikový faktor, který může mít za následek tvoření plísní, které by způsobovaly kontaminaci prostředí.

Kompletní posouzení konstrukce je uvedeno v příloze P I

7.2.2 Podlaha

Dle programu Protech hodnota součinitele prostupu tepla této konstrukce $U = 0,28$ W/(m².K). Součinitel prostupu tepla konstrukce vyhovuje.

Tab. 23 – Skladba konstrukce – podlaha

číslo vrstvy	Materiál	Tloušťka [mm]
1	linoleum	5
2	Anhydrit	50
3	Isover EPS 100S	80
4	Isover EPS 150S	50
5	asfaltový pás	4
6	Beton	120

Kompletní posouzení konstrukce je uvedeno v příloze P I

7.2.3 Střecha

Dle programu Protech hodnota součinitele prostupu tepla této konstrukce $U = 0,18$ W/(m².K). Součinitel prostupu tepla konstrukce vyhovuje.

Tab. 24 - Skladba konstrukce – střecha

číslo vrstvy	Materiál	Tloušťka [mm]
1	Omítka	3
2	Železobeton	200
3	asfaltový pás	4
4	Isover EPS 100S	120
5	Isover EPS 100S	100
6	Alkorplan 35	3

Kompletní posouzení konstrukce je uvedeno v příloze P I

7.2.4 Otvorové výplně

Okna byla navržena jako plastové zdvojené otvorové výplně se součinitelem prostupu tepla $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Dveře disponují součinitelem prostupu tepla se stejnou hodnotou $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

7.3 Tepelné ztráty objektu

Pro správné dimenzování otopného systému je nutné znát tepelnou ztrátu objektu. Tepelná ztráta se počítá po jednotlivých místnostech a určuje jaký tepelný výkon bude potřeba k tomu, aby se místnost vytápěla na požadovanou teplotu.

Výpočet tepelné ztráty stanovuje norma ČSN 12 831 - Výpočet tepelného výkonu, která obsahuje jednak výpočtové vztahy a také výpočtové hodnoty pro konkrétní typ budovy, konstrukce a místnosti.

Návrhové výpočtové parametry jsou popsány v kapitole 2.2.

Tepelné ztráty byly vypočítány programem Protech pro všechny místnosti objektu viz tabulka (Tab. 25). Kompletní zpráva je uvedena v příloze P II.

Tab. 25 – Tepelná ztráta místností

č.m.	úsek	V_{mi} m ³	A_{pi} m ²	H_{Tm} W/K	H_{Vm} W/K	Φ_{Tm} W	Φ_{Vm} W	Φ_{RHm} W	Φ_{HLm} W	Q_{cm} W	Q_z W
ÚSEK 1											
101	1	46,5	16,3	11	49	393	1 715	0	2 108	2 108	0
102	1	25,7	9,0	5	4	182	153	0	335	335	0
103	1	55,3	19,4	14	31	577	1 257	0	1 833	1 833	0
104	1	5,3	1,9	1	1	21	31	0	53	53	0
105	1	5,0	1,8	1	1	21	30	0	50	50	0
106	1	22,2	7,8	3	26	106	906	0	1 012	1 012	0
107	1	18,0	6,3	2	3	93	119	0	212	212	0
108	1	47,0	16,5	10	96	407	3 835	0	4 242	4 242	0
109	1	6,1	2,1	1	1	27	36	0	63	63	0
110	1	86,1	30,2	15	176	609	7 022	0	7 630	7 630	0
111	1	26,2	9,2	6	21	224	857	0	1 081	1 081	0
112	1	60,7	21,3	16	124	626	4 957	0	5 583	5 583	0
113	1	6,6	2,3	2	1	67	39	0	106	106	0
114	1	5,6	2,0	2	1	61	34	0	95	95	0
115	1	29,7	10,4	11	-6	387	-200	0	187	187	0
116	1	30,8	10,8	8	21	310	814	0	1 125	1 125	0
117	1	8,3	2,9	1	1	36	49	0	85	85	0
118	1	31,4	11,0	8	20	314	789	0	1 103	1 103	0
119	1	6,9	2,4	2	1	57	41	0	98	98	0
120	1	13,5	4,7	2	2	57	80	0	138	138	0
121	1	26,1	9,2	7	19	240	656	0	896	896	0
122	1	12,6	4,4	2	2	72	83	0	156	156	0
123	1	64,4	22,6	16	45	575	1 661	0	2 237	2 237	0
124	1	15,9	5,6	2	3	65	94	0	159	159	0
125	1	9,0	3,1	1	2	46	60	0	106	106	0
126	1	47,6	16,7	19	33	696	1 228	0	1 924	1 924	0
127	1	15,9	5,6	4	3	140	94	0	234	234	0
128	1	5,7	2,0	9	14	313	505	0	818	818	0
Σ úsek 1	ÚSEK 1	733,7	257,4	179	696	6 725	26 945	0	33 670	33 670	0

Legenda

 V_{np} - hygienická výměna vzduchu V_{n50} - výměna vzduchu pláštěm budovy f_{RH} - zátopový součinitel Φ_{Tm} - tepelná ztráta místnosti prostupem tepla Φ_{Vm} - tepelná ztráta místnosti větráním Φ_{RHm} - tepelný výkon místnosti pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění Φ_{HLm} - celkový návrhový tepelný výkon místnosti $Q_{cm} = \Phi_{HLm} + Q_z$ Celková tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{Tm} = 6725W$.Celková tepelná ztráta místnosti větráním $\Phi_{Vm} = 26945W$.

7.4 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů

Výpočetní vztahy pro výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor stanovuje norma ČSN 73 0548, tyto vztahy jsou podrobně popsány v kapitole 2.1.

Celková tepelná zátěž objektu byla stanovena pomocí excelového doplňku Qpro, který počítá v souladu s normou ČSN 73 0548. Výpočet tepelné zátěže byl dále využit pro stanovení chladicího zařízení vzduchotechnické jednotky. Celkovou tepelnou zátěž můžeme vidět v tabulce (Tab. 26 a 27).

Tab. 26 – Tepelné zisky v průběhu roku 1

VYHODNOCENÍ VÝPOČTU TEPELNÝCH ZISKŮ PRO OBJEKT [W]												
Měsíc	Hodiny											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-10914	-11173	-11257	-11173	-10914	-3936	-3394	-2761	-2083	-1407	-781	-239
2	-8862	-9125	-9208	-9125	-8862	-1656	-1121	-484	189	871	1503	2036
3	-6907	-7172	-7257	-7172	-6907	630	1164	1802	2472	3155	3783	4321
4	-5187	-5444	-5535	-5444	-5187	2822	3364	3991	4666	5347	5974	6517
5	-3796	-4059	-4149	-4059	-2778	4511	5049	5683	6362	7043	7668	8228
6	-2853	-3115	-3203	-3075	-1557	5642	6177	6808	7481	8169	8820	9358
7	-2409	-2671	-2757	-2671	-1655	5960	6492	7125	7806	8503	9137	9673
8	-2499	-2757	-2850	-2757	-2499	5510	6048	6680	7357	8064	8685	9230
9	-3115	-3379	-3467	-3379	-3115	4486	5024	5655	6336	7018	7662	8203
10	-4217	-4476	-4564	-4476	-4217	2991	3526	4156	4834	5512	6141	6688
11	-5726	-5989	-6074	-5989	-5726	1254	1789	2414	3096	3773	4402	4942
12	-7538	-7801	-7886	-7801	-7538	-653	-116	514	1191	1873	2504	3042

Tab. 27 - Tepelné zisky v průběhu roku 2

DP Nemocnice / 8.4.2018 / Jurčák Pavel												
Měsíc	Hodiny											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	181	440	529	440	181	-239	-7338	-7964	-8640	-9318	-9951	-10493
2	2454	2716	2799	2716	2454	2036	-5284	-5916	-6598	-7271	-7908	-8443
3	4741	5002	5085	5002	4741	4321	-3336	-3964	-4647	-5317	-5955	-6489
4	6930	7202	7289	7202	6930	6517	-1615	-2242	-2923	-3598	-4225	-4767
5	8652	8906	8996	8906	8652	8228	793	-850	-1531	-2210	-2844	-3382
6	9777	10040	10123	10040	9777	9358	2041	134	-594	-1267	-1898	-2433
7	10093	10357	10434	10357	10093	9673	1944	556	-141	-822	-1455	-1987
8	9644	9906	9995	9906	9644	9230	1096	475	-232	-909	-1541	-2079
9	8623	8885	8968	8885	8623	8203	479	-165	-847	-1528	-2159	-2697
10	7122	7389	7475	7389	7122	6688	-646	-1275	-1953	-2631	-3261	-3796
11	5362	5626	5712	5626	5362	4942	-2155	-2784	-3461	-4143	-4768	-5303
12	3462	3722	3805	3722	3462	3042	-3965	-4596	-5278	-5955	-6585	-7122

Celková tepelná zátěž od vnitřních i vnějších zdrojů byla stanovena na 10434 W.

8 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU

Vzduchotechnický systém bude v objektu sloužit pro větrání místností a chlazení v letním období, pro tyto úkony byla navržena centrální vzduchotechnická jednotka. V zimním období pokrývá tepelnou ztrátu prostupem teplovodní vytápění. Výkon ohřívače vzduchotechniky bude sloužit pouze pro ohřev tepelné ztráty větráním.

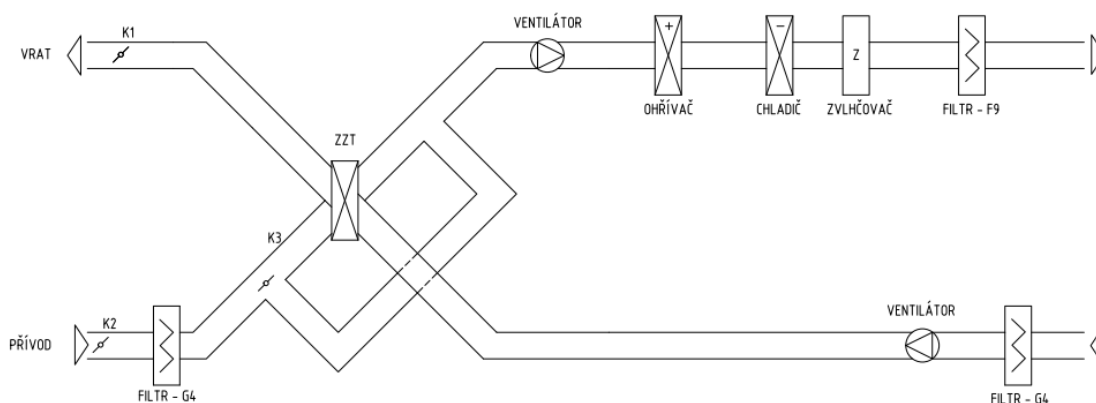
Pro návrh letního provozu vzduchotechnického systému byla v předchozí části diplomové práce stanovena tepelná zátěž budovy.

8.1 Schéma vzduchotechnické jednotky

Systém vzduchotechniky byl navržen tak, aby byly následné provozní náklady co nejmenší. Proto návrh disponuje deskovým rekuperačním výměníkem, pomocí kterého si přivodní čerstvý vzduch v letním provozu předchlazujeme a v zimním provozu předehříváme.

Byla zvažována i práce s cirkulačním (oběhovým) vzduchem, ale protože vzduchotechnická jednotka je pro celou budovu stejná, nebyla by splněna podmínka, která dovoluje práci s cirkulačním vzduchem pouze u jedné nebo skupiny místností se stejnými provozními podmínkami. Vzhledem k provozu objektu, kdy se operace plánují dopředu na přesný termín a není třeba operační sál využívat nepřetržitě, byl pro snížení nákladů na energie zaveden i režim s redukováným výkonem.

Tab. 28 – Schéma vzduchotechnické jednotky



Přivodní vzduch, který bude vstupovat do jednotky projde protidešťovou žaluzií, následuje uzavírací klapka se servopohonem pro plynulou regulaci. Dále přes 1. stupeň filtrace s třídou G4 do rekuperační jednotky. Poté bude provedena úprava vzduchu (ohřev, chlazení nebo

vlhčení) dle provozu a před vstupem do potrubní sítě následně filtrován 2. stupněm filtrace s třídou F9.

Pro operační sál a embryologie, které byly dle ČSN EN ISO 14644-1 klasifikovány jako prostory s třídou čistoty 7, je v koncové části rozvodu, tedy laminárním stropu navržena filtrace s třídou H13, která je zabudovaná přímo v laminárním stropu. U operačních sálů byly v přírodním potrubí umístěny tlumiče hluku

Do návrhu byl také zakomponován obtok rekuperačního výměníku, který by mohl vlivem kondenzátu a nízkého venkovního vzduchu pod 0 °C zamrzat.

Odvodní část začíná filtrem G4 a dále je poháněna ventilátorem do rekuperátoru a následně přes uzavírací klapku se servopohonem, odváděna ven z objektu.

Odvodní část toalet je navržena jako podtlaková. Potrubní ventilátory odsávají znehodnocený vzduch z prostoru, tento vzduch bude vyfukován přes zpětnou klapku a výfukovou hlavici nad střechu. Potrubní rozvody budou zhotoveny z kruhového potrubí.

Vzduchotechnická jednotka bude umístěna na ocelové konstrukci na střeše budovy, konstrukce musí být provedena tak, aby nedocházelo k přenosu vibrací vzduchotechnické jednotky do stavebních konstrukcí.

8.2 Požadavek na množství přiváděného vzduchu

V tabulce (Tab. 29) bylo dle vzorce (4.1) stanoveno požadované množství přiváděného vzduchu do jednotlivých místností. V tabulce (Tab. 30) je stanoveno množství přiváděného vzduchu pro redukovaný režim. U redukovaného režimu byly zachovány tlakové poměry. Tlaková diference je volena 5 až 15 Pa a vůči chodbě je stanovena do kaskády, tedy vzrůstající, aby byl dodržen správný tok vzduchu od nejčistšího prostředí do chodby. Hodnoty rozdílů tlaků byly voleny tak, aby mezi sousedními čistými prostory nebyl přetlak větší než 20 Pa. U takového přetlaku by mohli nastat problémy s otevíráním dveří.

Tab. 29 – Požadované množství přiváděného vzduchu a tlakové poměry

Označení	Název místnosti	A _{místnosti} [m ²]	V _{místnosti} [m ³]	ACH	V _{přiváděný} [m ³ /h]	V _{odváděný} [m ³ /h]	V _{odváděný} wc [m ³ /h]	Tlakové poměry [Pa]
101	Recepce, chodba	16,3	46,46	6	465	305		
102	technická místnost	9	25,65					
103	Kryobanka	18	51,30	6	308	262		+15
104	Předsíň	1,85	5,27				30	
105	WC muži	1,76	5,02				50	
106	Andrologie	7,79	22,20	6	222	189		+15
107	Přípravna	3,18	9,06	8	73	69		+5
107a	Přípravna	2,9	8,27	8	66	60		+10
108	Embryologie 1	16,5	47,03	20	941	799		+15
109	Tlakové lahve	2,13	6,07					
110	Embryologie 2	30,2	86,07	20	1721	1463		+15
111	Přípravna	9,18	26,16	8	209	188		+10
112	Operační sál	21,32	60,76	20	1215	1033		+15
113	Předsíň	2,31	6,58				30	
114	WC ženy	1,98	5,64				50	
115	Sklad	10,43	29,73	6	178	196		-10
116	Ultrazvuk. Vyšetření	10,8	30,78	6	185	175		
117	Intimní box	2,9	8,27					
118	Ambulance	11	31,35	6	188	179		
119	Chodba	2,41	6,87					
120	Šatna sester	4,73	13,48					
121	Sesterna	9,17	26,13	6	157	149		
122	Sprcha a wc	4,41	12,57				100	
123	Pokoj 1	22,62	64,47	6	387	267		
124	Předsíň, šatna	5,57	15,87					
125	Sprcha, wc	3,15	8,98				100	
126	Pokoj 2	16,71	47,62	6	286	171		
128	chodba	14,81	42,21	6	253	253		
					6853	5454	360	
					Rezerva	7196	5727	
					Celkem s wc		5956	
					Celkem s reze	7484	6316	

Tlakové poměry pro ostatní místnosti, které nejsou uvedeny v tabulce (Tab. 30), jsou navrhnuty na udržování mírného přetlaku 5 Pa vůči chodbě. Přetlak budovy je udržován i vůči vnějšímu prostředí.

Tab. 30 - Požadované množství přiváděného vzduchu a tlakové poměry – redukovaný výkon

Označení	Název místnosti	A _{místnosti} [m ²]	V _{místnosti} [m ³]	ACH	V _{přiváděný} [m ³ /h]	V _{odváděný} [m ³ /h]	V _{odváděný} wc [m ³ /h]	Tlakové poměry [Pa]
101	Recepce, chodba	16,3	46,46	6	465	305		
102	technická místnost	9	25,65					
103	Kryobanka	18	51,30	6	308	262		+15
104	Předsíň	1,85	5,27				30	
105	WC muži	1,76	5,02				50	
106	Andrologie	7,79	22,20	1	222	189		+15
107	Přípravna	3,18	9,06	1	9	9		+5
107a	Přípravna	2,9	8,27	1	8	7		+10
108	Embryologie 1	16,5	47,03	1	47	40		+15
109	Tlakové lahve	2,13	6,07					
110	Embryologie 2	30,2	86,07	1	86	73		+15
111	Přípravna	9,18	26,16	1	26	24		+10
112	Operační sál	21,32	60,76	1	61	52		+15
113	Předsíň	2,31	6,58				30	
114	WC ženy	1,98	5,64				50	
115	Sklad	10,43	29,73	6	178	196		-10
116	Ultrazvuk. Vyšetření	10,8	30,78	6	185	175		
117	Intimní box	2,9	8,27					
118	Ambulance	11	31,35	6	188	179		
119	Chodba	2,41	6,87					
120	Šatna sester	4,73	13,48					
121	Sesterna	9,17	26,13	6	157	149		
122	Sprcha a wc	4,41	12,57				100	
123	Pokoj 1	22,62	64,47	6	387	267		
124	Předsíň, šatna	5,57	15,87					
125	Sprcha, wc	3,15	8,98				100	
126	Pokoj 2	16,71	47,62	6	286	171		
128	chodba	14,81	42,21	6	253	253		
					2865	2046	360	
					Rezerva	3009	2148	
					Celkem s wc		2234	
					Celkem s rezervou	3129	2594	

Při užití redukovaného výkonu je nutné pro regeneraci čistých prostor přepnutí na plný výkon minimálně 30 minut před užitím prostoru.

8.3 Úprava vzduchu

Stanovení návrhové teploty pro operační sál bylo velmi obtížné. V operačním sále je ideální teplota pro ležícího pacienta 24 – 26 °C, pro chirurgický personál však zajišťuje tepelnou pohodou teplota v rozsahu 20 – 22 °C. Návrhové teploty bývají nejčastěji určeny projektantem podle úkonů prováděných na operačních sálech.

Pro předmětnou kliniku této diplomové práce byla pro zimní provoz volena teplota 22 °C a 50 % relativní vlhkost. Pro letní provoz 24 °C bez úpravy relativní vlhkosti.

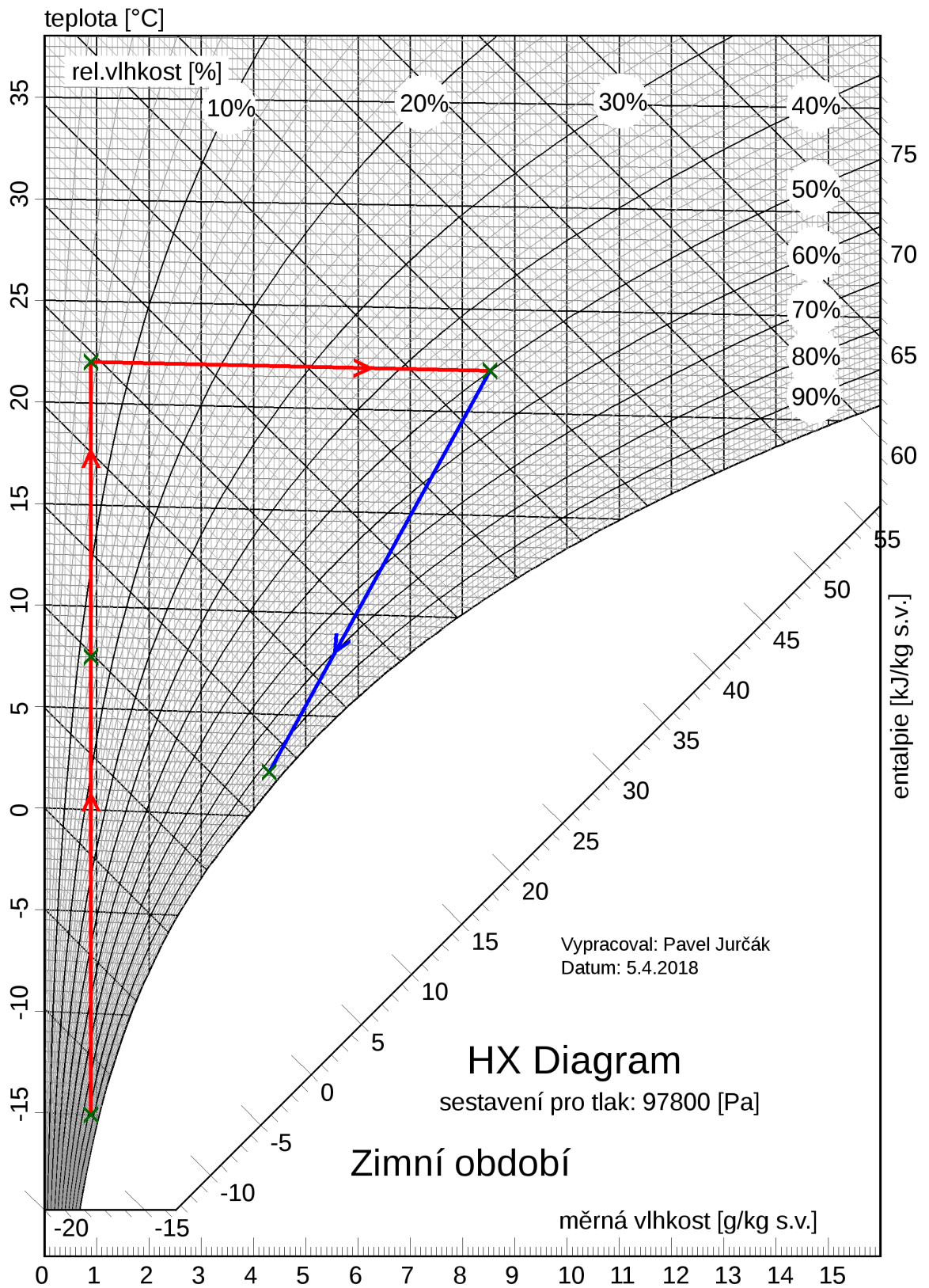
Zimní provoz

Pro zimní provoz byl stanoven výkon ohřevu vzduchu pouze pro tepelnou ztrátu větráním, tepelná ztráta prostupem byla pokryta teplovodním podlahovým vytápěním. Ke stanovení zařízení byla využita online aplikace qpro - Návrh funkce vzduchotechniky a klimatizace.

Z důvodu možného obtoku rekuperátoru je nutné navrhnout výkon zdroje tepla pro celý objemový průtok. Účinnost rekuperátoru je navržena na 70 %. Ohřev bude řešen elektricky.

Výsledky:

Tepelný výkon rekuperačního výměníku:	62,6 kW
Tepelný výkon ohřevu s rekuperací:	40,2 kW
Tepelný výkon ohřevu celkem:	102,8 kW
Výkon parního vlhčení:	53,3 kW
Množství vody:	75,5 kg/h



Obrázek 16 - Úprava vzduchu v h-x diagramu pro zimní období

Letní provoz

Pro letní provoz byla stanovena tepelná zátěž místností, jejíž hodnota pro celou budovu činí 10434 W. Z upraveného vztahu byla stanovena teplota přiváděného vzduchu θ_p do místností pro pokrytí tepelné zátěže:

$$\Delta\theta = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot V} = \frac{10434}{1,18 \cdot 0,28 \cdot 7500} = 4,1^\circ\text{C}$$

$$\theta_p = \theta_e - \Delta\theta = 24 - 4,1 = 19,9^\circ\text{C}$$

Další výpočet byl proveden stejně jako u zimního období pomocí webové aplikace qpro.

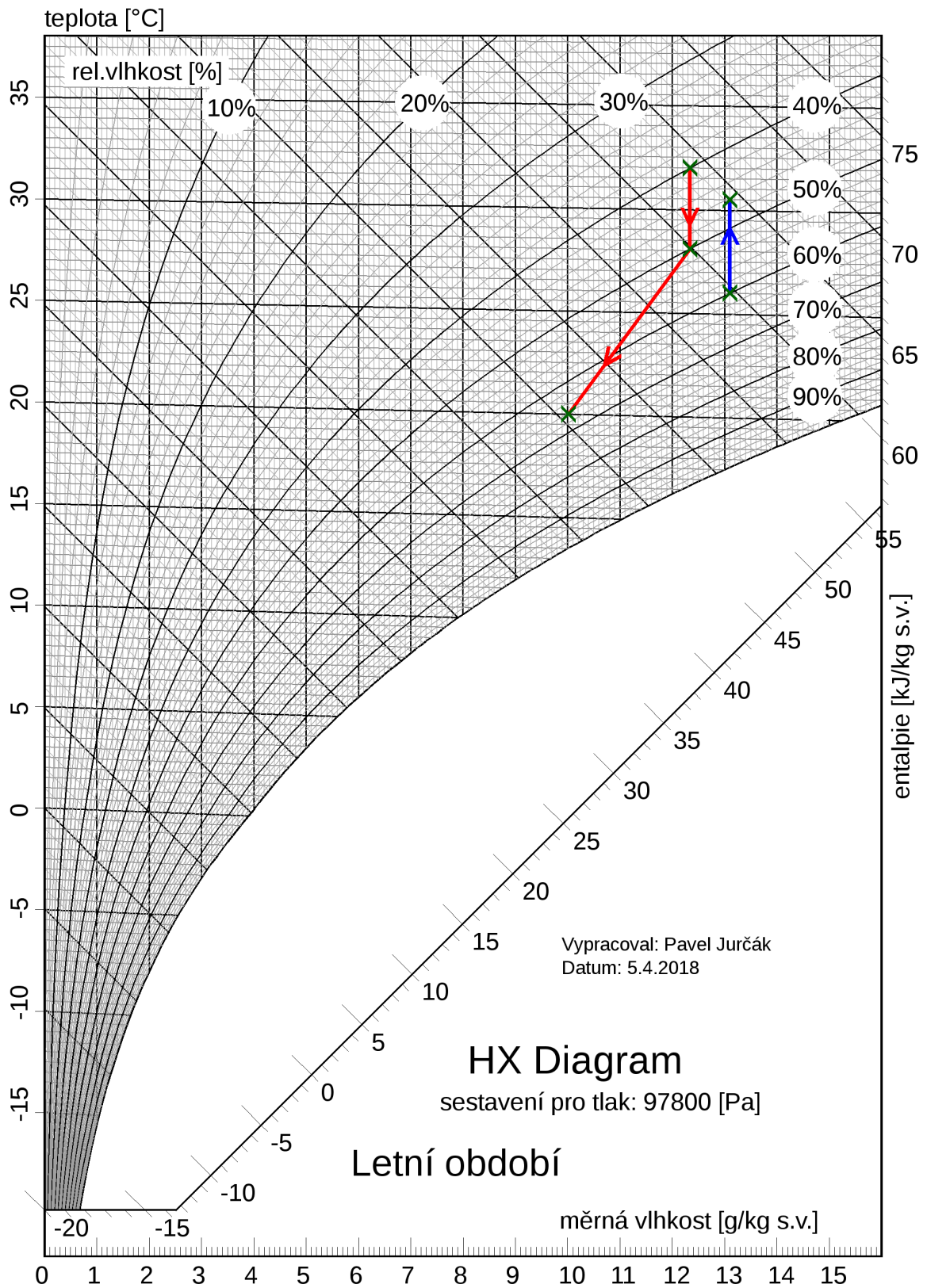
Výsledky:

Tepelný výkon rekuperačního výměníku: 9,2 kW

Tepelný výkon chladiče: 32,5 kW

Množství vody: 19 kg/h

Teplota chladiče je stanovena na 6 °C.



Obrázek 17 - Úprava vzduchu v h-x diagramu pro letní období

8.4 Návrh rozměrů potrubí

Návrh potrubí byl proveden také již zmíněnou webovou aplikací qpro – výpočet profilu vzduchotechnického potrubí. Aplikace dle stanoveného objemového průtoku navrhla rozměry potrubí a určila průměrnou rychlost proudění vzduchu. Ukázka viz obrázek 18.

Výběr tvaru potrubí:

- Obdelníkový profil
- Kruhový profil

Výběr zaokrouhlování rozměrů:

- Přesný rozměr
- Jemná řada
- Hrubá řada

Výpočet rozměrů potrubí:

Rozměr potrubí:

Objemový průtok:

Průměrná rychlost:

VYPOČÍTAT **VYMAZAT**

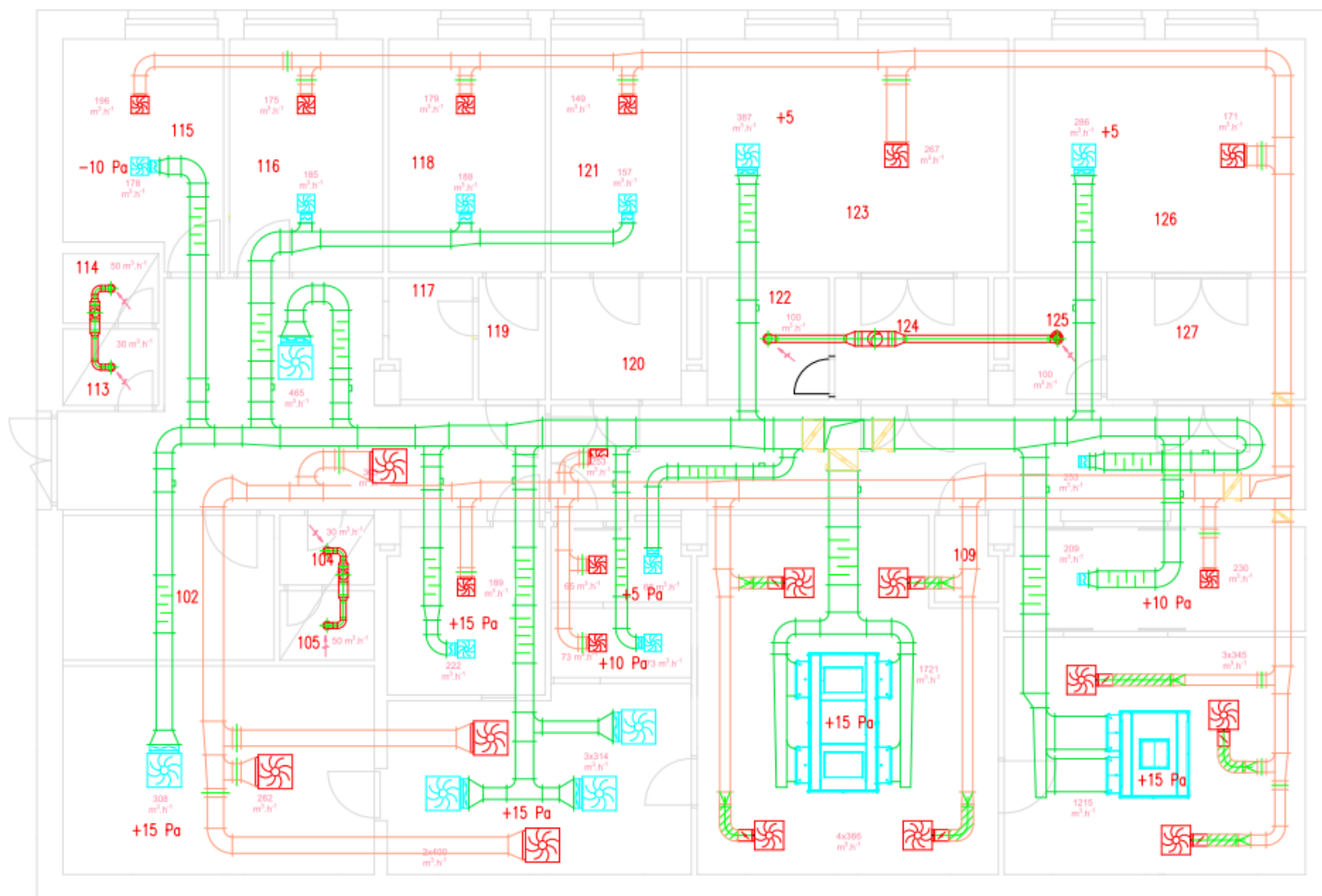
Obrázek 18 – ukázka webové aplikace qpro – návrh rozměrů potrubí

Aplikace nabídla také další možné varianty profilu potrubí a jejich průměrnou rychlost (obrázek 19).

Rozměr A	Rozměr B	Průtok	Rychlost
[mm]	[mm]	[m3/h]	[m/s]
560	450	7500	8.27
560	500	7500	7.44
560	560	7500	6.64
560	630	7500	5.91
630	450	7500	7.35
630	500	7500	6.61
630	560	7500	5.91
630	630	7500	5.25
710	450	7500	6.52
710	500	7500	5.87
710	560	7500	5.24
710	630	7500	4.66
800	450	7500	5.79
800	500	7500	5.21
800	560	7500	4.65
800	630	7500	4.13

Obrázek 19 - ukázka webové aplikace qpro – návrh rozměrů potrubí - varianty

U dimenzování byl kladen důraz na průměrnou rychlost proudění, která má za následek šíření hluku do místností. Nejvyšší průměrná rychlost vznikla u hlavního potrubí 710 x 500 mm a hodnota průměrné rychlosti byla 5,87 m/s. Dále se průměrná rychlost v potrubí snižuje. Třídy těsnosti potrubí musí odpovídat normě PK 120036 (v současné době již neplatná, ale projektanty stále používaná). Pro přívodní vzduch je nutná třída těsnosti III a pro odvodní vzduch třída těsnosti II. Materiály plechových rozvodů byly stanoveny z pozinkovaného plechu. Rozvod byl navrhnout co nejlépe, aby byla umožněna jeho snadná údržba, čištění a oprava. Požární klapky byly navrženy se servopohonem s odolností 90 minut. Do výkresu byly zakresleny také tlumiče hluku, aby byl hluk co nejvíce eliminován. Tlumiče byly osazeny pro všechny přívodní větve vzduchotechnického systému.



Obrázek 20 – Návrh potrubní sítě

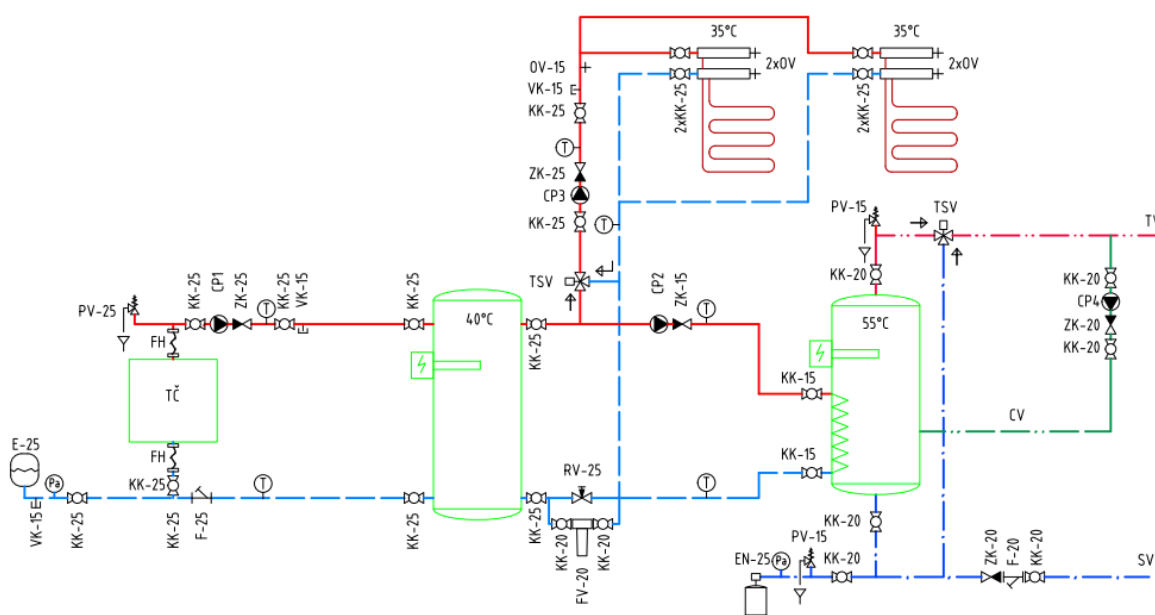
9 NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY

Pro otopnou soustavu bylo jako zdroj tepla navrženo tepelné čerpadlo, které bude využito pro ohřev akumulčního zásobníku s elektrickým bivalentním zdrojem. Akumulační zásobník bude sloužit jako předehřev pro přípravu teplé vody a vytápění pomocí teplovodního podlahového vytápění.

9.1 Hydraulické zapojení

Jako hlavní zdroj tepla bude využito tepelné čerpadlo, které bude akumulovat teplo v akumulčním zásobníku, ten bude sloužit pro předehřev teplé vody a otopné vody v podlahovém vytápění. Akumulační zásobník i zásobník pro teplou vodu bude obsahovat elektrický bivalentní zdroj tepla.

Schéma hydraulického zapojení v lepší kvalitě je umístěno v příloze PIV.



Obrázek 21 – schéma hydraulického zapojení

9.2 Návrh teplovodního podlahového vytápění

Pro pokrytí tepelných ztrát v zimním období bylo zvoleno teplovodní podlahové vytápění. Pokrytí tepelných ztrát v zimním období by bylo možné řešit také pomocí vzduchotechniky. Vzduchotechnický systém byl však navrhnout ve dvou režimech s plným a redukováným výkonem, kde pro snížení nákladů nejsou mimo operační dny v operačních sálech udržovány

požadované výměny vzduchu, proto byl pro udržení požadované komfortní teploty vybrán teplovodní podlahový systém.

Tento systém vytápění se využívá stále častěji díky zlepšujícím se izolačním vlastnostem konstrukcí objektů. Jako nízkoteplotní systém je výborný v kombinaci s tepelným čerpadlem. Mezi hlavní výhody patří také větší prostor díky absenci otopných těles a také vyšší teplotní komfort pro pacienty i zaměstnance.

Návrh byl vypočítán dle vzorců v kapitole 3.1, tepelná ztráta místnosti se uvažuje pouze prostupem tepla, tepelná ztráta nuceným větráním je řešena v kapitole 8. Pro představu je uveden výpočet první místnosti 101.

Potrubí teplovodního podlahového vytápění bylo zvoleno PEXB-AL-PEXB o vnějším průměru 18 mm a vnitřním průměru 14 mm.

Hustota požadovaného tepelného toku podlahové soustavy:

$$q_{des} = \frac{393}{16,3} = 24,11 \text{ W/m}^2$$

Střední teplota povrchu podlahy:

$$\theta_p = \left(\frac{24,11}{8,92}\right)^{\frac{1}{1,1}} + 20 = 22,47 \text{ }^\circ\text{C} < 29 \text{ }^\circ\text{C}$$

Příkon podlahové teplovodní soustavy:

$$Q_{pož} = 16 \cdot 24,11 \cdot \left(1 + \frac{0,068}{7,052} + \frac{35}{24,11 \cdot 7,052}\right) = 478 \text{ W}$$

Charakteristické číslo podlahy:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(\frac{1}{0,068} + \frac{1}{7,052}\right)}{\pi^2 \cdot 1,2 \cdot 0,018}} = 8,177 \text{ m}^{-1}$$

Střední povrchová teplota θ_p podlahové otopné plochy, která obsahuje šíření tepla do okolí z válcové plochy, tedy potrubí podlahového vytápění:

$$\theta_p = (22,47 - 20) \cdot 0,068 \cdot 9,76 \cdot \frac{8,177 \cdot \frac{0,2}{2}}{\operatorname{tgh}\left(8,177 \cdot \frac{0,2}{2}\right)} + 20 = 24,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dále byly vypočteny hydraulické výpočty.

Hmotnostního průtok:

$$\dot{m} = \frac{478 \cdot 3600}{4190 \cdot 6} = 0,019 \text{ kg/s}$$

Rychlost proudění v potrubí w :

$$w = \frac{0,019}{\frac{\pi \cdot 0,014^2}{4} \cdot 1000} = 0,123 \text{ m/s}$$

Délka potrubí l :

$$l = \frac{16,3}{0,2} = 81,5 \text{ m}$$

Tlakové ztráty třením potrubí:

$$\Delta p_z = 0,031 \cdot \frac{81,5}{0,018} \cdot \frac{0,123^2}{2} \cdot 1000 = 1073 \text{ Pa}$$

Pro ostatní místnosti byl aplikován obdobný výpočet. Výsledky jsou uvedeny v tabulce (Tab. 31 a 32).

Tab. 31 – Výpočet teplovodního podlahového vytápění – část 1

Označení	Název místnosti	A [m ²]	Φ_{ztr} [W]	q_p [W/m ²]	θ_i [°C]	θ_p [°C]	$Q_{pož}$ [W]	h_i	θ_p [°C]
101	Recepce, chodba	16,3	393,0	24,1	20,0	22,5	477,7	9,8	24,5
102	technická místnost	9,0	182,0	20,2	20,0	22,1	228,4	9,6	23,9
103	Kryobanka	19,4	577,0	29,7	25,0	28,0	692,6	10,0	30,4
104	Předsíň	1,9	21,0	11,4	20,0	21,2	30,4	9,1	22,4
105	WC muži	1,8	21,0	11,9	20,0	21,3	29,9	9,2	22,5
106	Andrologie	7,8	106,0	13,6	24,0	25,5	150,1	9,3	26,8
107	přípravná	6,3	93,0	14,8	24,0	25,6	128,7	9,3	27,0
108	Embryologie 1	16,5	407,0	24,7	25,0	27,5	504,5	9,8	29,6
109	Tlakové lahve	2,1	27,0	12,7	20,0	21,4	37,8	9,2	22,7
110	Embryologie 2	30,2	609,0	20,2	25,0	27,1	786,2	9,6	28,9
111	Přípravná	9,2	224,0	24,4	25,0	27,5	278,2	9,8	29,6
112	Operační sál	21,3	626,0	29,4	25,0	28,0	753,0	9,9	30,3
113	Předsíň	2,3	67,0	29,0	20,0	22,9	79,1	9,9	25,3
114	WC ženy	2,0	61,0	30,8	20,0	23,1	71,4	10,0	25,5
115	Sklad	10,4	387,0	37,1	20,0	23,7	442,5	10,2	26,4
116	Ultrazvuk. Vyšetření	10,8	310,0	28,7	24,0	26,9	372,7	9,9	29,2
117	Intimní box	2,9	36,0	12,4	20,0	21,4	50,7	9,2	22,6
118	Ambulance	11,0	314,0	28,5	24,0	26,9	377,9	9,9	29,2
119	Chodba	2,4	57,0	23,7	20,0	22,4	69,5	9,7	24,4
120	Šatna sester	4,7	57,0	12,1	20,0	21,3	81,0	9,2	22,6
121	Sesterna	9,2	240,0	26,2	20,0	22,7	287,8	9,8	24,8
122	Sprcha a wc	4,4	72,0	16,3	24,0	25,7	97,1	9,4	27,3
123	Pokoj 1	22,6	575,0	25,4	22,0	24,6	699,2	9,8	26,7
124	Předsíň, šatna	5,6	65,0	11,7	20,0	21,3	93,3	9,1	22,5
125	Sprcha, wc	3,2	46,0	14,6	24,0	25,6	63,9	9,3	27,0
126	Pokoj 2	16,7	696,0	41,7	22,0	26,1	790,4	10,3	29,1
127	Předsíň, šatna	5,6	140,0	25,0	20,0	22,6	169,1	9,8	24,7
128	chodba	14,8	313,0	21,1	20,0	22,2	389,5	9,6	24,1

Tab. 32 - Výpočet teplovodního podlahového vytápění – část 2

Označení	Název místnosti	m [kg/h]	w [m/s]	l [m]	Re	λ	Δp_z [Pa]
101	Recepce, chodba	68,4	0,123	81,5	2058,8	0,031	1073,4
102	technická místnost	32,7	0,059	45,0	984,5	0,065	283,4
103	Kryobanka	99,2	0,179	97,0	2985,0	0,021	1852,2
104	Předsíň	4,4	0,008	9,3	131,0	0,489	7,7
105	WC muži	4,3	0,008	8,8	129,0	0,496	7,3
106	Andrologie	21,5	0,039	39,0	646,9	0,099	161,2
107	přípravna	18,4	0,033	31,5	554,8	0,115	111,8
108	Embryologie 1	72,2	0,130	82,5	2174,4	0,029	1147,5
109	Tlakové lahve	5,4	0,010	10,7	163,0	0,393	11,1
110	Embryologie 2	112,6	0,203	151,0	3388,3	0,019	3272,9
111	Přípravna	39,8	0,072	45,9	1199,1	0,053	352,1
112	Operační sál	107,8	0,195	106,6	3245,2	0,020	2213,0
113	Předsíň	11,3	0,020	11,6	341,0	0,188	25,2
114	WC ženy	10,2	0,018	9,9	307,8	0,208	19,5
115	Sklad	63,4	0,114	52,2	1907,1	0,034	636,2
116	Ultrazvuk. Vyšetření	53,4	0,096	54,0	1606,3	0,040	554,9
117	Intimní box	7,3	0,013	14,5	218,7	0,293	20,3
118	Ambulance	54,1	0,098	55,0	1628,5	0,039	573,0
119	Chodba	10,0	0,018	12,1	299,6	0,214	23,1
120	Šatna sester	11,6	0,021	23,7	349,2	0,183	52,8
121	Sesterna	41,2	0,074	45,9	1240,5	0,052	363,8
122	Sprcha a wc	13,9	0,025	22,1	418,4	0,153	59,0
123	Pokoj 1	100,1	0,181	113,1	3013,5	0,021	2180,3
124	Předsíň, šatna	13,4	0,024	27,9	402,0	0,159	71,6
125	Sprcha, wc	9,1	0,017	15,8	275,2	0,233	27,7
126	Pokoj 2	113,2	0,204	83,6	3406,4	0,019	1820,6
127	Předsíň, šatna	24,2	0,044	28,0	729,0	0,088	130,6
128	chodba	55,8	0,101	74,1	1678,8	0,038	795,2

Norma přímo neuvádí maximální délku potrubí, výrobci potrubí však doporučují maximální délku přibližně 100 m. Z toho důvodu byly místnosti č. 110, 112 a 123 rozděleny na dva topné okruhy. Teplota místností bude udržována pomocí elektroventilů na požadovanou teplotu nastavenou ve SCADA systému nebo prostorovým termostatem.

Celkový příkon soustavy $Q_{celk} = 8233 \text{ W}$.

Celková tlaková ztráta potrubím $\Delta p_{z,celk} = 17848 \text{ Pa}$.

Pro udržení bezporuchového stavu systému je nutné do systému podlahového vytápění přidat aditiva proti tvorbě škodlivých organismů, které by mohly mít za následek snížení výkonu teplovodního systému a tato aditiva budou doplňována v periodě 24 měsíců. Vizualně

bude probíhat také kontrola stavu vložkového filtru a v případě jeho zanesení bude vložka vyměněna.

9.3 Návrh přípravy teplé vody

Návrh přípravy teplé vody byl stanoven dle normy ČSN 06 0320 dle výpočetních vztahů v kapitole 3.2.

V objektu se uvažuje s 10 vyšetřenyými za den, 5 zaměstnanci a nemocniční pokoje disponují 4 lůžky.

Vstupní parametry:

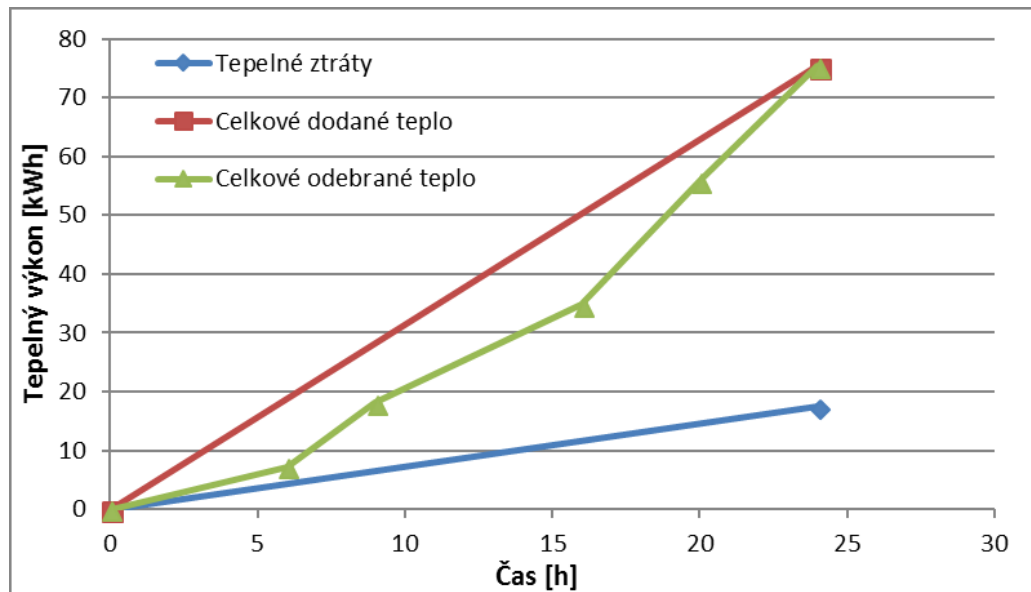
- Potřeba tepla:
 - 4 lůžka – 40 kWh
 - 10 vyšetřených – 7 kWh
 - 5 zaměstnanců – 11 kWh
- ztráty potrubím $z = 0,3$.

Celkové odebrané teplo $Q_{ZT} = 75,4$ kWh.

Tab. 33 – Využití teplé vody během dne

Čas [h]	Využití [%]	Potřebné teplo [kWh]
0 - 6	5	2,9
6 - 9	15	8,7
9 - 16	30	17,4
16 - 20	35	20,3
20 - 24	15	8,7

Dle tabulky byl vytvořen graf průběhu potřeby tepla, ze které byla odečtena hodnota ΔQ_{max} a z ní vypočítán minimální objem zásobníku pro přípravu teplé vody.



Graf 1 – Potřeba tepla během dne

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{15,4667}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,2955 \text{ m}^3 = 295,5 \text{ l}$$

Zásobník pro přípravu teplé vody bude o velikosti 300 l a bude ohříván na teplotu 55 °C.

Poté byl ze vzorce stanoven minimální výkon elektrického ohřivače.

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t} \right)_{max} = \left(\frac{74,5}{24} \right) = 3,14 \text{ kW}$$

Pro přehřev teplé vody bude sloužit také tepelné čerpadlo, které bude ohřívát akumulární nádobu na 40 °C a pomocí výměníku přehřívát zásobník teplé vody. Elektrický ohřev bude tedy sloužit na dohřátí teploty na 55 °C. Pokud však dojde k problému na straně tepelného čerpadla či akumulární nádoby, elektrický ohřev je navrhnout tak, aby byl schopen dodat teplo samostatně jako elektrická patrona v akumulárním zásobníku pro přípravu teplé vody.

9.4 Návrh zdroje tepla

Pro teplovodní podlahové vytápění, které běžně pracuje s teplotou otopné vody okolo 35-40 °C je jako zdroj tepla vhodné tepelné čerpadlo, které pro tyto teploty dosahuje vysokého topného faktoru COP. Výrobci udávají topný faktor COP pro určité podmínky měření, například A2/W35, což znamená, že tepelného čerpadlo dosáhlo topného faktoru při 2 °C venkovního vzduchu a výrobou otopné vody na 35 °C.

Návrhový výkon tepelného čerpadla stanovuje norma ČSN EN 15450 podle EN 12828:2003:

$$\phi_{SU} = f_{HL} \cdot \phi_{HL} + f_{DHW} \cdot \phi_{DHW} + f_{AS} \cdot \phi_{AS} \quad (9.1)$$

Kde je

ϕ_{SU} výkon zařízení pro dodávku tepla v kW;

f_{HL} návrhový činitel pro tepelnou ztrátu;

ϕ_{HL} návrhová tepelná ztráta budovy v kW;

f_{DHW} návrhový činitel pro přípravu teplé vody;

ϕ_{DHW} návrhový tepelný výkon pro přípravu teplé vody v kW;

f_{AS} návrhový činitel pro připojené soustavy;

ϕ_{AS} návrhový tepelný výkon pro připojené soustavy v kW [29].

Návrhový činitel pro tepelnou ztrátu a pro přípravu je uveden v tabulce (Tab. 34)

Tab. 34 – Návrhové činitele pro soustavy s tepelnými čerpadly [29].

Odběr	Návrhový činitel	Návrhová kritéria	Hodnoty návrhových činitelů
Vytápění	f_{HL}	nízká tepelná kapacita budovy (závěsné stropy a zvýšené podlahy a lehké stěny)	1
		střední tepelná kapacita budovy (betonové podlahy a stropy a lehké stěny)	0,95
		vysoká tepelná kapacita podlahy (betonové podlahy a stropy kombinované s cihlovými nebo betonovými stěnami)	0,9
Příprava teplé vody	f_{DWH}	běžná třída sanitárního vybavení	1
Připojené soustavy	f_{AS}		1

Po dosazení do vzorce dostaneme:

$$\phi_{SU} = 0,9 \cdot 8,2 + 1 \cdot 3,4 = 10,8 \text{ kW}$$

Tepelné čerpadlo budeme dle praxe dimenzovat na 70-80 % výkonu. Tepelné čerpadlo bylo voleno DAIKIN Altherma 8 kW, které odpovídá přibližně 75 % požadovaného výkonu. Zbývající výkon pokryje bivalentní zdroj tepla – elektrická patrona v akumulčním zásobníku.

Objem akumulční nádoby byl stanoven jako dvacetinásobek výkonu zdroje tepla, tedy 160l.

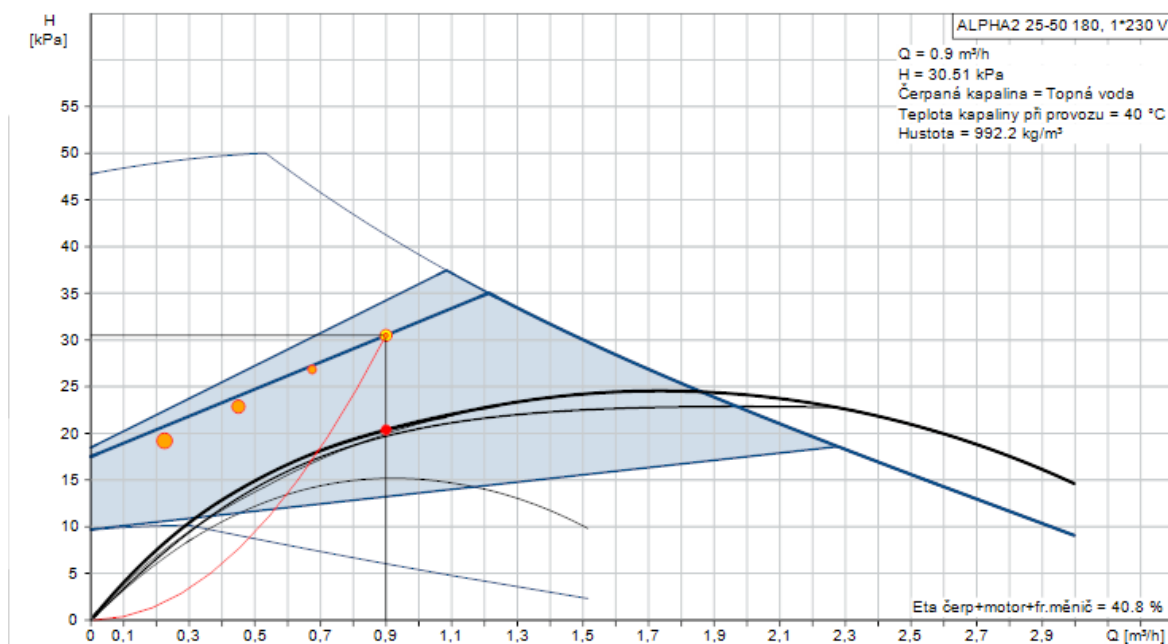
9.5 Návrh oběhových čerpadel

Oběhová čerpadla pro okruh tepelného čerpadla, podlahového vytápění a předehřevu teplé vody byla stanovena dle tlakových ztrát okruhu a požadovaného hmotnostního průtoku.

Výpočty vychází ze vzorců pro stanovení tlakových ztrát v potrubí u teplovodního podlahového vytápění. Pro okruh podlahového vytápění bylo zvoleno oběhové čerpadlo Grundfos alpha2 25-50 a pro předeřev TV a ke zdroji tepla Grundfos alpha2 L 20-40. Dimenzování bylo stanoveno pomocí webové aplikace výrobce Grundfos product center.

Výsledky výpočtu jsou uvedeny v příloze P IV.

Ukázka charakteristiky čerpadla pro podlahové teplovodní vytápění na obrázku 15.



Obrázek 22 - Charakteristika oběhového čerpadla Grundfos alpha2 25-50

9.6 Návrh bezpečnostních armatur a expanzního zařízení

Pojistný ventil je součástí tepelného čerpadla, pro akumulární nádobu pro přípravu teplé vody bylo nutné pojistný ventil navrhnout:

Výpočet minimálního průřezu sedla pojistného ventilu:

$$S_o = \frac{2 \cdot 3,2}{0,44 \cdot \sqrt{3}} = 8,6 \text{ mm}^2$$

Vnitřní průměr pojistného potrubí:

$$d_v = 10 + 0,6\sqrt{3,2} = 11,1 \text{ mm}$$

Expanzní zařízení bylo nutné stanovit pro otopnou soustavu a pro přípravu teplé vody.

Výsledky pro otopnou soustavu jsou uvedeny v tabulkách (Tab. 35) a pro přípravu teplé vody v (Tab. 36).

Tab. 35 - Parametry expanzní nádoby otopné soustavy

Parametry expanzní nádoby	
V_{system} [l]	430
ρ_{max} [kg/m ³]	999,6
ρ_{min} [kg/m ³]	983,2
V_{exp} [l]	7,05
V_{wr} [l]	1,4
P_{st} [Bar]	0,8
P_{v} [Bar]	0,2
P_{o} [Bar]	1
P_{ini} [Bar]	1,54
P_{fin} [Bar]	2,5
V_{n} [l]	23,5
Stanovený V_{n} [l]	25
P_{fil} [Bar]	0,868

Tab. 36 - Parametry expanzní nádoby TV

Parametry expanzní nádoby	
V_{system} [l]	450
ρ_{max} [kg/m ³]	999,6
ρ_{min} [kg/m ³]	983,2
V_{exp} [l]	7,38
V_{wr} [l]	1,48
P_{st} [Bar]	0,8
P_{v} [Bar]	0,2
P_{o} [Bar]	1
P_{ini} [Bar]	1,5
P_{fin} [Bar]	2,5
V_{n} [l]	24,2
Stanovený V_{n} [l]	25
P_{fil} [Bar]	0,853

10 ŘÍDÍCÍ A MONITOROVACÍ SYSTÉM

Řídicí a monitorovací systém je základním předpokladem pro správnou funkci technických zařízení pro udržování čistých prostor v objektu.

Pro řídicí a monitorovací systém i pro SCADA vizualizaci byly použity hardwarové i softwarové produkty firmy Teco a.s. PLC bylo zvoleno Foxtrot CP-1016, ke kterému budou připojeny rozšiřující moduly C-1W-4000M pro zapojení teplotních čidel DS18B20 a pro rozšíření vstupů a výstupů OS-1401, 2x IB-130 a 4x IR-1501.

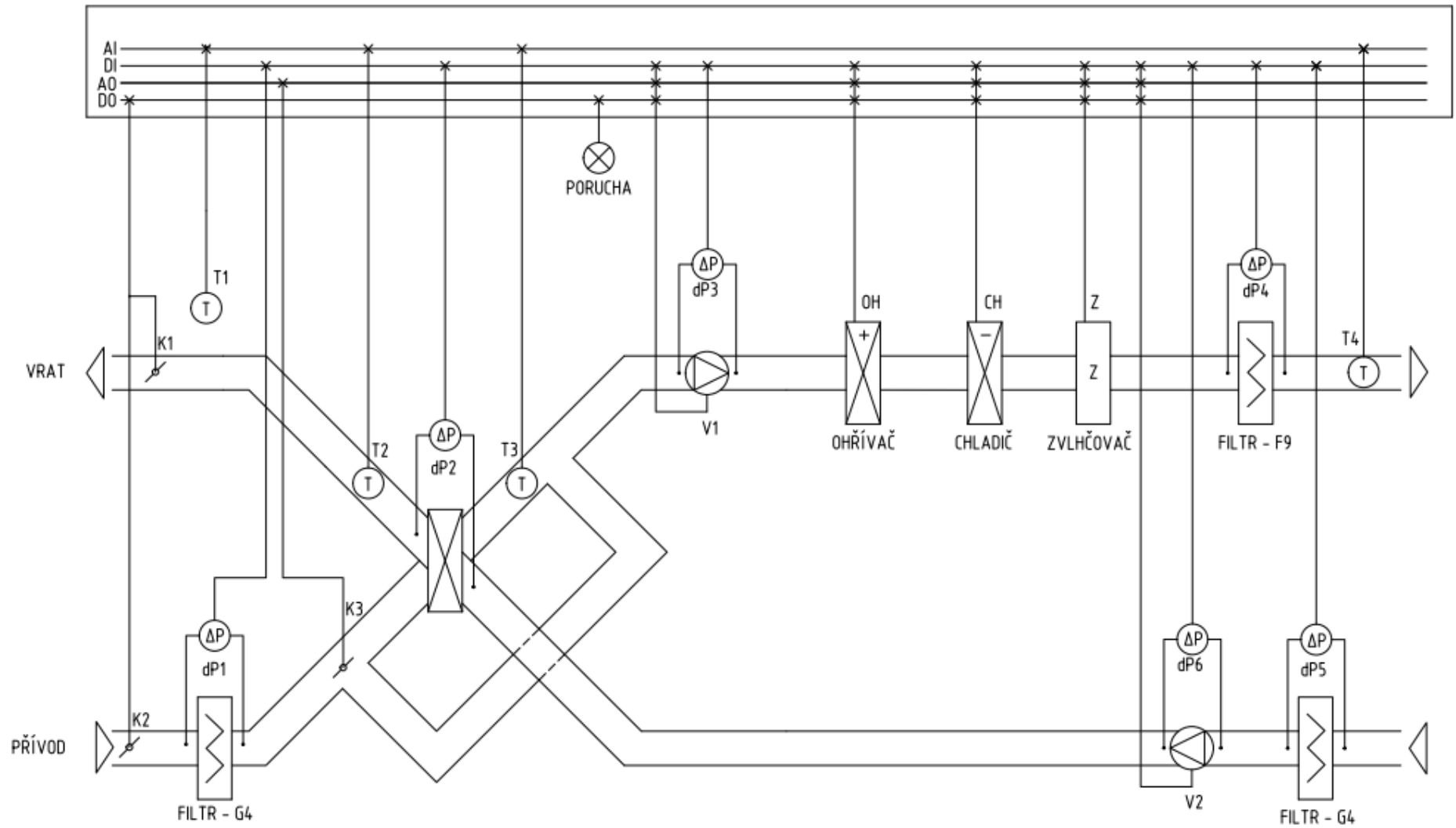
Měření a regulace zajišťuje automatické udržování požadovaných parametrů vzduchu ve větraných prostorách a všech ostatních zařízeních. Zajišťuje také automatický chod přípravy teplé vody a vytápění v zimním období. Zařízení bude ovládáno a kontrolováno z technické místnosti pomocí SCADA systému.

10.1 Řízení vzduchotechniky

Systém řízení VZT bude provádět následující úkony:

- Udržování teploty v prostoru,
- přepínání provozu jednotky na plný a redukovaný chod v závislosti na provozu dle časového harmonogramu stanoveného obsluhou systémem nebo manuálně,
- snímání diferenčního tlaku všech ventilátorů u vzduchotechnické jednotky a signalizace výpadku,
- snímání teploty rekuperátoru a otevření klapky obtoku v případě rizika zamrznutí,
- v letním provozu při teplotě venkovního vzduchu 20 – 24 °C otevření klapky obtoku rekuperátoru.
- signalizaci zanesení filtrů při dvojnásobku tlakové ztráty čistých filtrů ve třech stavech normální – varování – alarm,
- monitorování a řízení protipožárních klapek
- monitorování rozdílů tlaků mezi místnostmi a dle toho řízená optická signalizace u vstupu do jednotlivých místností.

Pro správné nastavení difference tlaků v jednotlivých místnostech je nutné provést manuálním seřízením vyústek odvodního potrubí v den spuštění VZT jednotky.



Obrázek 23 – Schéma MaR – vzduchotechnická jednotka

Tab. 37 – Seznam zařízení MaR – VZT jednotka

Označení	Typ	Zařízení	V/V
T1	Monitorování	měření teploty	AI
T2	Monitorování	měření teploty	AI
T3	Monitorování	měření teploty	AI
T4	Monitorování	měření teploty	AI
dP1	Monitorování	měření rozdílu tlaku	DI
dP2	Monitorování	měření rozdílu tlaku	DI
dP3	Monitorování	měření rozdílu tlaku	DI
dP4	Monitorování	měření rozdílu tlaku	DI
dP5	Monitorování	měření rozdílu tlaku	DI
dP6	Monitorování	měření rozdílu tlaku	DI
K1	Řízení	klapka	DO
K2	Řízení	klapka	DO
K3	Řízení	klapka	AO
PORUCHA	Řízení	signalizace poruchy	AO
V1	Monitorování	porucha	DI
V1	Řízení	zapnutí	DO
V1	Řízení	regulace	AO
V2	Monitorování	porucha	DI
V2	Řízení	zapnutí	DO
V2	Řízení	regulace	AO
OH	Monitorování	porucha	DI
OH	Řízení	zapnutí	DO
OH	Řízení	regulace	AO
CH	Monitorování	porucha	DI
CH	Řízení	zapnutí	DO
CH	Řízení	regulace	AO
Z	Monitorování	porucha	DI
Z	Řízení	zapnutí	DO
Z	Řízení	regulace	AO

Tab. 38 – Seznam dalšího zařízení MaR – VZT

Počet	Typ	Zařízení	V/V
8	Monitorování	měření rozdílu tlaku mezi místnostmi	DI
8	Řízení	Signalizace rozdílu tlaku	DO
6	Monitorování	Protipožární klapky	DI
8	Řízení	Protipožární klapky	AO
13	Monitorování	regulátory průtoku vzduchu	DI
13	Řízení	regulátory průtoku vzduchu	AO

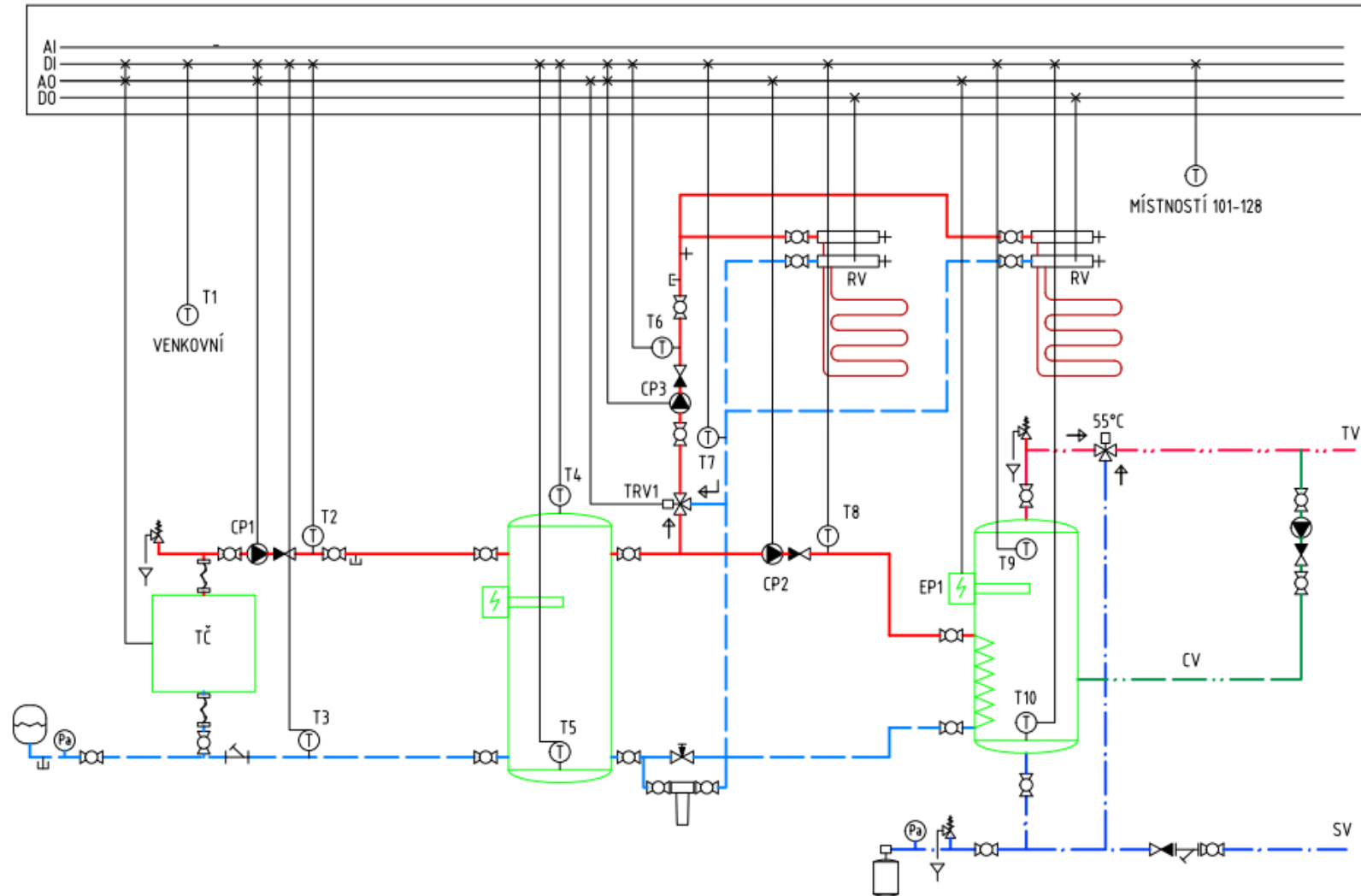
10.2 Řízení vytápění a přípravy teplé vody

System řízení vytápění a přípravy teplé vody bude provádět následující úkony:

- Udržování teploty v prostoru v zimním období,
- spínání oběhových čerpadel dle požadavku na přípravu teplé vody a vytápění. Prioritně příprava teplé vody,
- spínání oběhového čerpadla tepelného čerpadla při jeho spuštění,
- bivalentní elektrický zdroj akumulčního zásobníku bude spínán dle požadavku tepelného čerpadla, které se bude řídit podle teploty venkovního vzduchu a udržování teploty akumulčního zásobníku minimálně na 40 °C,
- elektrický zdroj zásobníku pro přípravu teplé vody spínán podle požadavku na teplotu 55 °C,
- teplota zásobníku pro přípravu teplé vody bude krátkodobě ohřívána na 65 °C pro omezení tvorby bakterií,
- směšovací ventil teplovodního podlahového vytápění bude udržovat teplotu 35 °C,
- signalizace poruchy tepelného čerpadla.

Tab. 39 - Seznam zařízení MaR – vytápění a příprava TV

Počet	Typ	Zařízení	V/V
3	Řízení	Oběhové čerpadla	AO
3	Monitorování	Oběhové čerpadla	DI
38	Monitorování	Teplotní čidla	1-wire
30	Řízení	elektroventil vytápění	CIB
1	Řízení	Spínání TČ	DO
1	Monitorování	Chod TČ	DI
1	Řízení	Trojcestný regulační ventil	AO
1	Řízení	Elektropatrona TV	AO



Obrázek 24 - Schéma MaR – otopný systém

10.3 SCADA

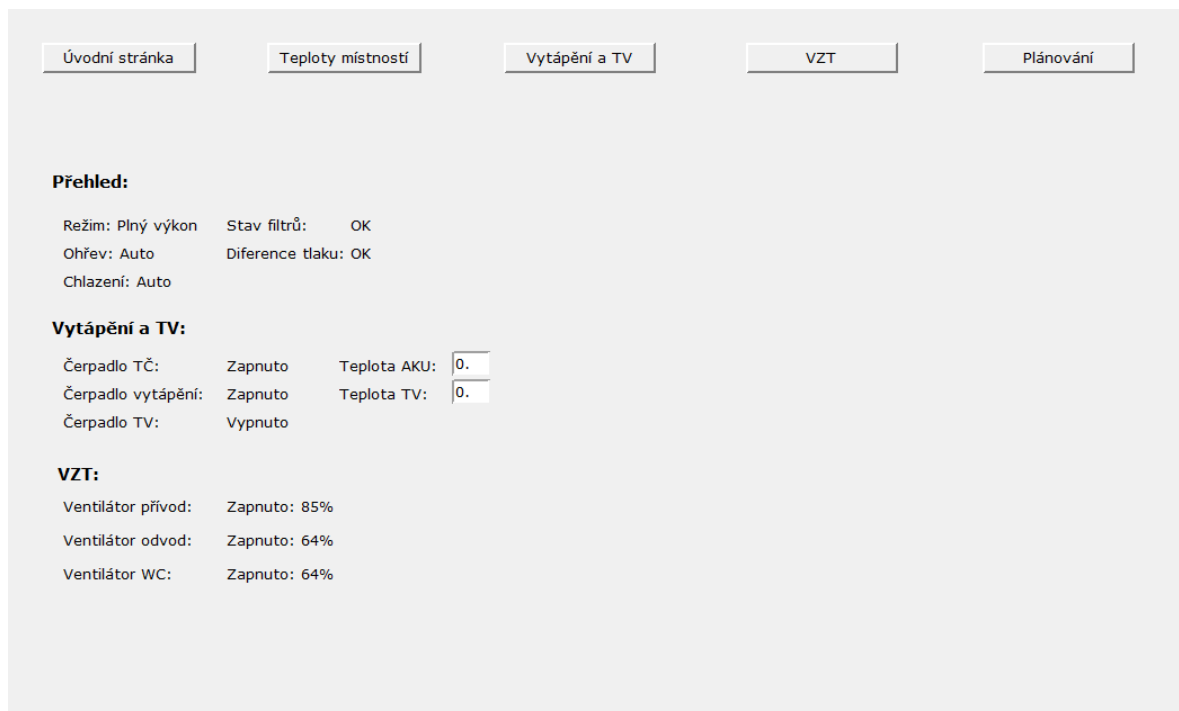
Vizualizace SCADA byla vytvořena v softwaru mosaic – webmaker, který umožňuje vytvoření webového rozhraní a fyzické soubory jsou uloženy na SD kartě přímo v jednotce PLC.

Vizualizace je rozdělena na několik položek:

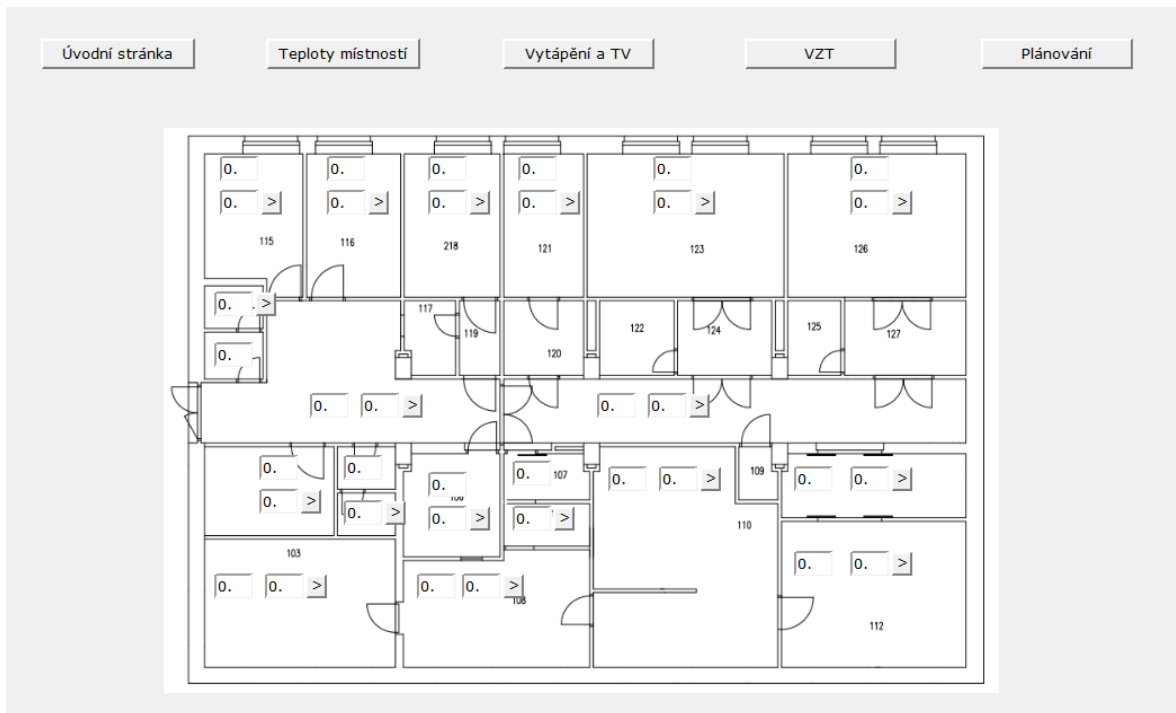
- Úvodní stránka
- Teploty místností
- Vytápění a příprava teplé vody
- Vzduchotechnika
- Plánování

Vizualizace slouží pro jednoduché a přehledné nastavení systému, zároveň zobrazuje chybová hlášení a signalizaci zanesení filtrů.

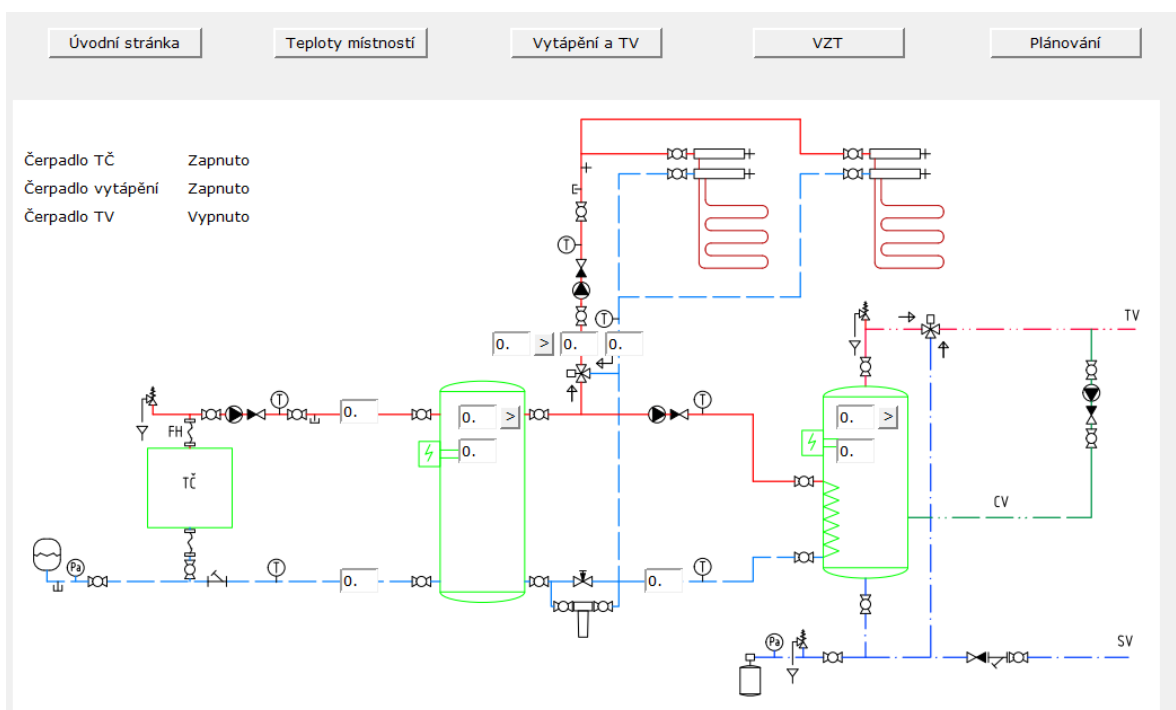
Vizualizace je zobrazena na obrázcích 25 až 29.



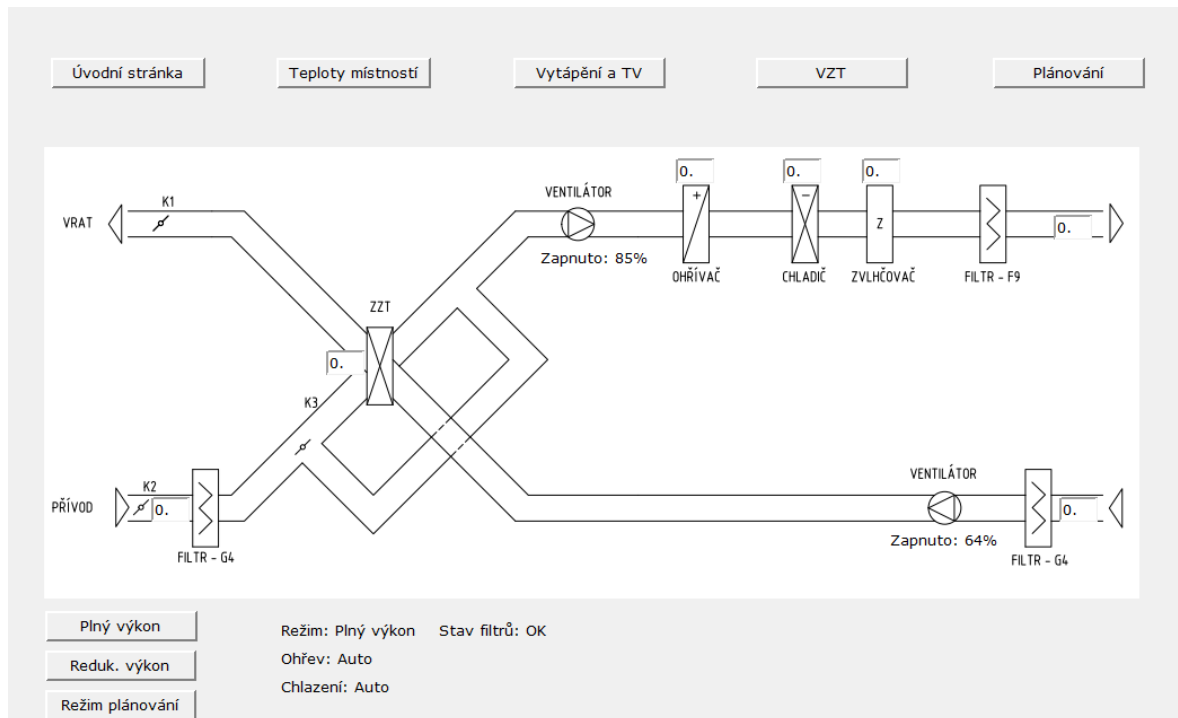
Obrázek 25 – SCADA – Úvodní stránka



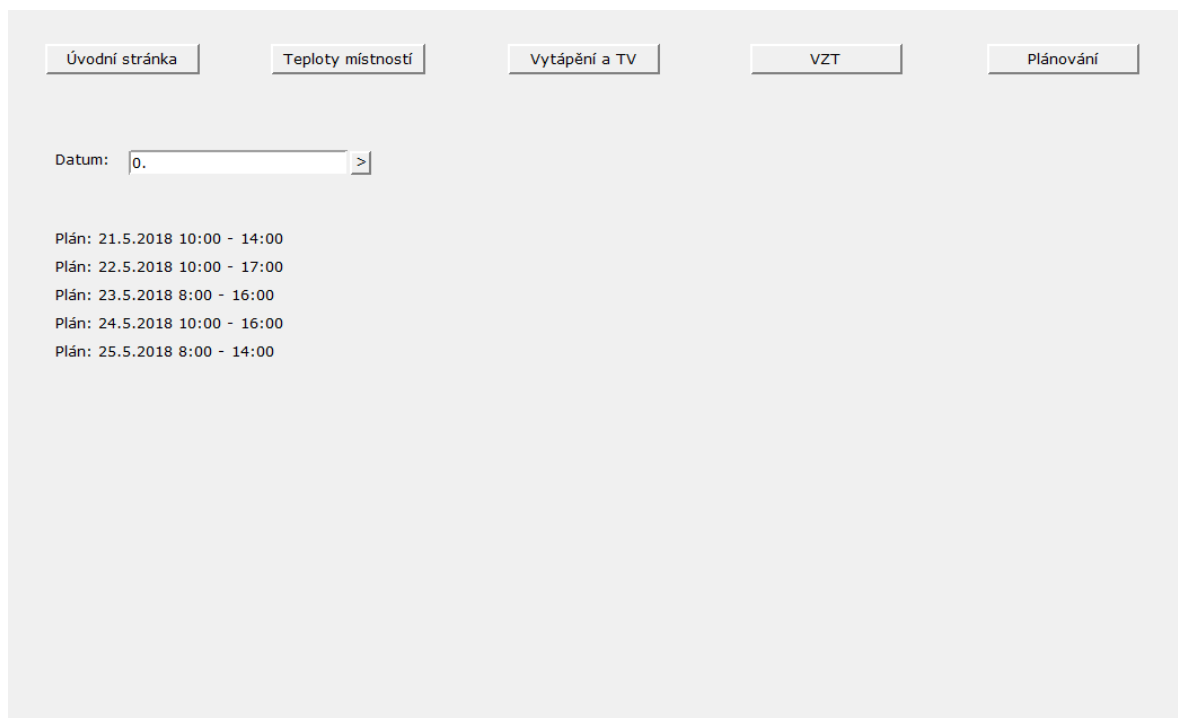
Obrázek 26 – SCADA – Teploty místností



Obrázek 27 – SCADA – Vytápění a TV



Obrázek 28 – SCADA – VZT



Obrázek 29 – SCADA - Plánování

11 RIZIKA PROVOZU A JEJICH ZABEZPEČENÍ

Do rizik vyplývajících z provozu jsou zahrnuta jak rizika selhání technického zařízení, ale také lidský faktor, který může negativně ovlivnit správný chod nemocničního zařízení. Vzhledem k tomuto faktu byly navrženy tyto zabezpečení.

Výpadek dodávky elektrické energie

Mezi první rizika patří výpadek dodávky elektrické energie, případně kolísání napětí, což může mít za následek útlum osvětlení či výpadky vzduchotechnické jednotky.

Z toho důvodu je nutná instalace stabilizátoru napětí pro rozvody vzduchotechnického systému a elektroinstalace na operačních sálech. Tyto systémy musí být také napojeny na samostatném okruhu se záložním zdrojem elektrické energie, například elektrické akumulární články nebo motorový generátor se spalovacím motorem.

Zanesení filtrů

Zanesení filtrů by mohlo způsobit kontaminaci operačních místností, proto je důležité měření tlaku před i za filtrem a vyhodnocování jejich difference. Zabezpečení je obsaženo v rámci řídicího a monitorovacího systému.

Diference tlaku

Důležitý parametr čistých prostor je udržování difference tlaku mezi zónami v objektu a okolím. V operačních sálech musí být vytvořena tlaková bariéra, která chrání tento čistý prostor proti okolnímu prostředí a musí být stále udržována.

Diference tlaku musí být měřena a porovnávána s navrhovanou hodnotou. Tato hodnota by měla být definována třemi stavy:

- Normální – provoz v pořádku,
- varování – nutná kontrola,
- alarm – okamžité řešení problému.

Validace

Systém prostředí čistých prostor musí být pravidelně kontrolován. Dle ČSN EN ISO 14644-3 se jedná o měření parametrů:

- defektoskopie filtračních vložek,
- těsnost filtračních vložek,

- rychlost proudění,
- čistota vzduchu v pracovním prostoru,
- počet výměn vzduchu ACH,
- vzduchové výkony,
- teplota,
- relativní vlhkost,
- diference tlaku,
- regenerace čistého vzduchu.

Zóny přístupu

Aby nedošlo k nepovolenému vniknutí cizí osoby například do prostoru operačního sálu, byl objekt rozdělen do zón s omezeným přístupem. Každý zaměstnanec či pacient bude mít RFID kartu, která povolí jeho přístup do určitých prostorů kliniky.

Úrovně přístupu jsou zobrazeny na obrázku 30. Žlutě jsou vyznačeny prostory, do kterých při vniknutí cizí osoby může dojít ke kontaminaci zdravotnického vybavení či úmyslné poruše vybavení. Zeleně je vyznačena technická místnost a místnost pro tlakové lahve určené k operacím, zde může dojít také k úmyslnému či neúmyslnému poškození technického vybavení.



Obrázek 30 – Zóny přístupu

ZÁVĚR

Teoretická část diplomové práce se v první kapitole zabývá stavebně fyzikálními parametry a vlastnostmi budovy. Druhá a třetí kapitola uvádí základní vztahy pro výpočet tepelné zátěže budovy, výpočet návrhové tepelné ztráty, a také se zabývá systémy techniky prostředí. Tyto kapitoly byly využity jako podklad pro stanovení parametrů systémů v praktické části diplomové práce. Jednalo se o základní vztahy pro stanovení návrhu teplovodních podlahových soustav, přípravy teplé vody, zabezpečovacího a expanzního zařízení otopných soustav. Tato část se také zabývá základní úpravou vlhkého vzduchu, které jsou využity v systému vzduchotechniky.

Další část diplomové práce definuje a klasifikuje pojem čistý prostor a popisuje požadavky na kontrolu infekce a možnosti přenosu infekce v čistých prostorech v nemocnici. Poslední kapitola v teoretické části se věnuje samotným požadavkům na systémy techniky prostředí pro nemocniční prostory. Především řeší parametry pro řízení izolačních místností neboli místností s požadavkem na čistý prostor. Konkrétně větrání, výměnu vzduchu, podmínky použití oběhového vzduchu, řízení tlaku v místnosti, distribuci vzduchu, filtraci vzduchu, akustické mikroklima a osvětlení.

Úvod praktické části se věnuje popisu nemocniční kliniky a okrajových podmínek. Dále byla stanovena skladba konstrukcí tak, aby splňovala požadavky na součinitel prostupu tepla a roční bilanci kondenzace vodních par dle příslušné normy. Podle navržených konstrukcí jsou pomocí programů Protech a qpro stanoveny tepelné ztráty objektu a tepelná zátěž klimatizovaných prostor. Následující kapitola řeší návrh vzduchotechnického systému, který je navržen s účelem větrání pro zimní období a klimatizace pro letní období. Systém byl navržen pro práci se 100 % čerstvého vzduchu a filtrací 1. a 2. stupně ve vzduchotechnické jednotce a následně 3. stupně filtrace H13 pro určité místnosti operačních sálů. Důležitou částí byl návrh objemu přívodního a odtahového vzduchu jednotlivých místností a stanovení difference tlaků mezi jednotlivými místnostmi. Dále byl výpočtem stanoven rozměr potrubí a zakreslen do půdorysu budovy. V následující kapitole je popsán návrh otopné soustavy pro pokrytí tepelných ztrát v zimním období a přípravu teplé vody. Prvním krokem byl návrh funkce systému a hydraulického zapojení. Otopná soustava pro vytápění budovy v zimním období byla navržena jako teplovodní podlahové vytápění, které bývá čím dál více využíváno vzhledem k nízké teplotě systému. K nízkoteplotním systémům se jako vhodný zdroj

tepla hodí tepelné čerpadlo. Nedílnou součástí návrhu bylo stanovení parametrů oběhových čerpadel a bezpečnostních armatur.

Následně bylo potřeba vytvořit řídicí a monitorovací systém budovy, který je nedílnou součástí pro správně fungující systém v nemocničním zařízení. Po stanovení požadavků na měření a regulaci a návrh systému regulace byla vytvořena vizualizace SCADA, která umožní obsluhu monitorovacího a řídicího systému. Vizualizace SCADA umožňuje zobrazit jednotlivé místnosti s jejich teplotou a vlhkostí. Dále aktuální parametry vzduchotechnického systému a systému přípravy teplé vody a vytápění. V neposlední řadě je ve vizualizaci stránka umožňující plánování operačních dnů. Vybrané hodnoty systému jsou zobrazeny na úvodní stránce, která také zprostředkovává signalizaci upozornění při nevhodných stavech systému z hlediska tlaku mezi jednotlivými místnostmi, požární bezpečnosti nebo zanesení filtrů.

Poslední kapitola se věnuje rizikům provozů a jejich zabezpečení, například zanesení filtru, výpadku dodávky elektrické energie nebo pravidelným kontrolám, které musí čistý prostor splňovat.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Skovajsa, Jan. *Integrovaný systém techniky prostředí v budově rodinného domu* [online]. Zlín, 2015 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/34213/skovajsa_2015_dp.zip?sequence=1&isAllowed=y
- [2] ČSN 730540: *Tepelná ochrana budov* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [3] CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901-5740-8.
- [4] *Větrání zdravotnického zařízení* [online]. Praha, 2017 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/70478/F1-DP-2017-Hlavata-Klara-Text.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Diplomová práce. ČVUT.
- [5] RUBINA, Aleš. *Vzduchotechnické systémy pro čisté prostory operačních sálů*. Praha: Společnost pro techniku prostředí - územní centrum Brno, 2008. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02065-3.
- [6] AMERICAN SOCIETY OF HEATING a REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. *2005 ASHRAE handbook fundamentals*. I-P and SI eds. Atlanta, Ga: ASHRAE, 2005. ISBN 1931862737.
- [7] MANH HA, Nguyen. *HVAC System for Hospital*. Zlín, 2016. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati.
- [8] ČSN EN ISO 14644. *Cleanrooms and associated controlled environments*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [9] *Sborník technických řešení nemocnice s poliklinikou I. a II. typu*. Praha: Zdravo-projekt, 1991.
- [10] Laminární pole. In: *Akmed.cz* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: www.akmed.cz/vzduchotechnika.php
- [11] Klasifikace vzduchových filtrů. In: *Filtech* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.filtech.cz/cs/Podpora/Klasifikace-vzduchovych-filtru/>
- [12] Konstrukce na pohlcování zvuku. In: *Tzb-info* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/228-konstrukce-na-pohlcovani-zvuku>

- [13] Zdravé světlo – Novela normy ČSN EN 12464-1, část 2. In: *Tzb-info* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/9500-zdrave-svetlo-novela-normy-csn-en-12464-1-cast-2>
- [14] *Topenářská příručka*. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [15] *Návrh řešení vzduchotechniky v prostředí potravinářského průmyslu* [online]. Zlín, 2017 [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/41258/kl%c3%ad%c5%be_2017_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. UTB.
- [16] ČSN EN 12831: *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Březen 2012.
- [17] ČSN 73 0548: *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1985.
- [18] ČSN 06 0320: *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- [19] *Metody návrhu zásobníku teplé vody – 1. část* [online]. In: . ČVUT Praha: Fakulta strojní Ústav techniky prostředí, 2011 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2011-03_s108.pdf
- [20] JELÍNEK, Vladimír. 2010. Difúzní tok a kondenzace vodní páry v konstrukci stěny – část 1. TZB-info [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/vlhkost-a-kondenzace-v-konstrukcich/6771-difuzni-tok-a-kondenzace-vodni-pary-v-konstrukci-steny-cast-1-vlhky-vzduch-a-vznik-difuzniho-toku>
- [21] ZMRHAL, Vladimír. *Popis výpočtu tepelné zátěže klimatizovaných prostor podle ČSN* [online]. Praha: České vysoké učení technické [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf
- [22] *Tepelné zisky od vnitřních zdrojů* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju>
- [23] SADSKÝ, Jaroslav. *OSVĚTLOVÁNÍ ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ* [online]. Fakulta elektrotechnická: ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI, 21 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/sou-tez/sadsky.pdf>

- [24] Plch, J.: Osvětlování ve zdravotnictví. Světlo 2007, VŠB-TU Ostrava, 2007, ISBN 978-80-248-1579-4. str. 205 – 211.
- [25] ČSN EN 12464-1: Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [26] RECKNAGEL, SPRENGER a SCHRAMEK. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik: einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik;*[2005/06]. 72. Aufl. München [u.a.]: Oldenbourg, 2005. ISBN 34-862-6560-1.
- [27] VYR-32: Doplněk 1-15 [online]. Státní ústav pro kontrolu léčiv, 2011 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.sukl.cz/leciva/vyroba-leciv>
- [28] SCHWARZER, Jan. Teorie vlhkého vzduchu. In: *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2006 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/3323-teorie-vlhkeho-vzduchu-i>
- [29] ČSN 14540: Tepelné soustavy v budovách - Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČP	Čistý prostor
TV	Teplá voda
MAR	Měření a regulace
VZT	Vzduchotechnika

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Pohyb slunce po obloze a orientace stěny [21].	20
Obrázek 2 – Sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu [21].	21
Obrázek 3 – Oslunění oken [21].	23
Obrázek 4 – Bilance tepelných toků na venkovní stěně [21].	25
Obrázek 5 – Schéma složek vnitřní tepelné zátěže [22].	26
Obrázek 6 – Osvětlená plocha [22].	28
Obrázek 7 - Křivky odběru a dodávky tepla s nepřerušovanou dodávkou tepla do zásobníku TV [19].	39
Obrázek 8 - Průběh změny stavu vzduchu při ohřevu vzduchu a značení ohřívače ve schématech [28].	42
Obrázek 9 - Průběh změny stavu vzduchu při chlazení vzduchu a značení chladiče ve schématech [28].	43
Obrázek 10 - Průběh změny stavu vzduchu při vlhčení vzduchu vodou a párou a značení chladiče ve schématech [28].	45
Obrázek 11 – izolační místnost s pod tlakem [7].	55
Obrázek 12 - izolační místnost s přetlakem [7].	58
Obrázek 13 – Distribuce vzduchu v izolační místnosti [7].	60
Obrázek 14 – ukázka laminárního stropu [10].	61
Obrázek 15 – půdorys objektu	69
Obrázek 16 - Úprava vzduchu v h-x diagramu pro zimní období	80
Obrázek 17 - Úprava vzduchu v h-x diagramu pro letní období	82
Obrázek 18 – ukázka webové aplikace qpro – návrh rozměrů potrubí	83
Obrázek 19 - ukázka webové aplikace qpro – návrh rozměrů potrubí - varianty	83
Obrázek 20 – Návrh potrubní sítě	85
Obrázek 21 – schéma hydraulického zapojení	86
Obrázek 22 - Charakteristika oběhového čerpadla Grundfos alpha2 25-50	94
Obrázek 23 – Schéma MaR – vzduchotechnická jednotka	97
Obrázek 24 - Schéma MaR – otopný systém	100
Obrázek 25 – SCADA – Úvodní stránka	101
Obrázek 26 – SCADA – Teploty místností	102
Obrázek 27 – SCADA – Vytápění a TV	102
Obrázek 28 – SCADA - VZT	103

Obrázek 29 – SCADA - Plánování	103
Obrázek 30 – Zóny přístupu	105

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Výběr požadovaných a doporučených hodnot U_N [2].	12
Tab. 2 - Kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy [2].	15
Tab. 3 - Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období [2].	16
Tab. 4 - Maximální teploty vnitřního vzduchu dle druhu budovy [2].	17
Tab. 5 – Maximální doporučované tepoty vzduchu pro jednotlivé měsíce [17].	18
Tab. 6 – Sluneční deklinace δ v jednotlivých měsících [17].	18
Tab. 7 – Hodnoty azimutu stěny y pro jednotlivé světové strany [17].	19
Tab. 8 – Doporučované hodnoty znečištění atmosféry pro jednotlivé měsíce [17].	20
Tab. 9 – Příklady stínících součinitelů pro různá provedení oken a druhy stínění [17].	22
Tab. 10 – produkce tepla od lidí pro zadanou teplotu vzduchu [21].	27
Tab. 11 – Produkce tepla od osvětlení odpovídající produkci tepla pro různá pracoviště [17].	28
Tab. 12 – Upravená tabulka bilance potřeby TUV a tepla [18].	37
Tab. 13 – Ukázka klasifikace tříd čistoty [5].	47
Tab. 14 – Aplikace a požadavky na třídu čistoty pro jednotlivé druhy OS [5].	48
Tab. 15 – Norma ČSN EN ISO 14644-1 [8].	48
Tab. 16 – Ukázka tabulky typu místností dle [9], částečně upraveno [5].	49
Tab. 17 - klasifikace vzduchových filtrů dle ČSN EN 779	62
Tab. 18 - klasifikace vzduchových filtrů dle ČSN EN 1822	63
Tab. 19 - Hodnoty činitele pohltivosti zvuku vybraných povrchů a konstrukcí.	64
Tab. 20 - Průměrné hodnoty činitele zvukové pohltivosti α .	64
Tab. 21 – Ukázka požadavků osvětlení dle ČSN EN 12464-1 [25].	67
Tab. 22 – Skladba konstrukce – obvodová stěna.	70
Tab. 23 – Skladba konstrukce – podlaha	71
Tab. 24 - Skladba konstrukce – střecha	71
Tab. 25 – Tepelná ztráta místností.	73
Tab. 26 – Tepelné zisky v průběhu roku 1	74
Tab. 27 - Tepelné zisky v průběhu roku 2	74
Tab. 28 – Schéma vzduchotechnické jednotky	75
Tab. 29 – Požadované množství přiváděného vzduchu a tlakové poměry	77

Tab. 30 - Požadované množství přiváděného vzduchu a tlakové poměry – redukováný výkon	78
Tab. 31 – Výpočet teplovodního podlahového vytápění – část 1	89
Tab. 32 - Výpočet teplovodního podlahového vytápění – část 2.....	90
Tab. 33 – Využití teplé vody během dne	91
Tab. 34 – Návrhové činitele pro soustavy s tepelnými čerpadly [29].	93
Tab. 35 - Parametry expanzní nádoby otopné soustavy	95
Tab. 36 - Parametry expanzní nádoby TV	95
Tab. 37 – Seznam zařízení MaR – VZT jednotka	98
Tab. 38 – Seznam dalšího zařízení MaR – VZT.....	98
Tab. 39 - Seznam zařízení MaR – vytápění a příprava TV	99

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I:	Posouzení konstrukce
Příloha P II:	Tepelný výkon a zátěž
Příloha P III:	Vzduchotechnika
Příloha P IV:	Otopná soustava

Poznámka:

Příloha P II – Tepelná zátěž je dostupná pouze v elektronické podobě.

Příloha P III – Vzduchotechnika je dostupná pouze v elektronické podobě.

PŘÍLOHA P I: POSOUZENÍ KONSTRUKCE

Posouzení konstrukce podle ČSN 73 0540-2:2011
040590 - Active Elements s.r.o. - Praha 5
TV

TOB v.15.6.0 © PROTECH spol. s r.o.
Datum tisku: 26.04.2018

Tepelný odpor, teplota rosného bodu a průběh kondenzace.

Stavba: DP nemocnice

Místo: Zlín

Zadavatel:

Zpracovatel: Active Elements s.r.o.

Zakázka: TV

Archiv:

Projektant: Pavel Jurčák

Datum: 26.03.2018

E-mail: Jurcak@active-elements.cz

Telefon: 776750537

Výpočet je proveden podle ČSN 73 0540-2:2011 a ČSN EN ISO 6946:2008

1 SO1 - skladba pro variantu 1 - stávající stav

Stěna vnější (těžká)

Poznámka:

Obvodová stěna

1.1 Podmínky pro hodnocení konstrukce:

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna vnější (těžká)

UN,20 = 0,30 Urec,20 = 0,25 Upas,20,h = 0,18 Upas,20,d = 0,12 W/(m².K)

θ_i = 20 °C UN = 0,30 Urec = 0,25 Upas,h = 0,18 Upas,d = 0,12 W/(m².K)

Výpočet je proveden pro θ_{si} = θ_i + Δθ_{si} = 20,0 + 1,0 = 21,0 °C

θ_{si} = 21,0 °C φ_{v,r} = 55,0 % R_{si} = 0,130 m².K/W p_{si} = 1 368 Pa p*_{si} = 2 487 Pa

θ_{se} = -15,0 °C φ_{se} = 84,0 % R_{se} = 0,040 m².K/W p_{se} = 139 Pa p*_{se} = 165 Pa

Pro výpočet šíření vlhkosti je R_{si} = 0,250 m².K/W

1.2 Normové a charakteristické hodnoty fyzikálních veličin materiálů

1	2	3	4	5	6	7	7a	8	9	10	11	12	13
č.v.	Položka KC	Položka ČSN	Materiál	ρ kg/m³	c J/(kg.K)	μ	k _μ	λ _k W/(m.K)	λ _p W/(m.K)	Z _{TM}	Z _w	z ₁	z ₃
1	105-01	5.1	Omítka vápenná	1 600	840,0	6,0	1,000	0,700	0,880	0,00	0,090	1,0	2,2
2	217c-005		POROTHERM 38	650	1 000,0	5,0	1,000	0,139	0,139	0,00		1,0	2,2
3	420g-006		SupraFix (lepící malta)	1 300	800,0	50,0	1,000	0,800	0,800	0,00		1,0	2,2
4	420g-028		EPS-F (fasádní deska)	18	1 200,0	20,0	1,000	0,039	0,039	0,00		1,0	2,2
5	420h-001		openContact (lepídko/stěrka)	1 500	800,0	18,0	1,000	0,800	0,800	0,00		1,0	2,2
6	420j-008		SiliporTop omítka	1 800	800,0	90,0	1,000	0,700	0,700	0,00		1,0	3,0

Z_{TM} - číselte tepelných mostů; koriguje součinitel teplotní vodivosti o vliv kotvení, přerušení izolační vrstvy krokem, rámovou konstrukcí atp.

1.3 Vypočítané hodnoty

1	2	4	14	15	16	16a	17	18	7b	19	20
č.v.	Položka KC	Materiál	V _r	d mm	λ W/(m.K)	λ _{skv} W/(m.K)	R m².K/W	θ _s °C	μ _{vp}	Z _p · 10 ⁻⁹ m/s	p _i Pa
1	105-01	Omítka vápenná	Z vr.	3,00	0,880	0,880	0,003	20,1	6,0	0,10	1 368
2	217c-005	POROTHERM 38	Z vr.	380,00	0,139	0,139	2,730	20,1	5,0	20,19	1 365
3	420g-006	SupraFix (lepící malta)	Z vr.	5,00	0,800	0,800	0,006	2,2	50,0	1,33	811
4	420g-028	EPS-F (fasádní deska)	Z vr.	100,00	0,039	0,039	2,564	2,2	20,0	21,25	774
5	420h-001	openContact (lepídko/stěrka)	Z vr.	3,00	0,800	0,800	0,004	-14,7	18,0	0,29	191
6	420j-008	SiliporTop omítka	Z vr.	3,00	0,700	0,700	0,004	-14,7	90,0	1,59	183

Korekce součinitele prostupu tepla (podle ČSN 73 0540, TNI 73 0329 a 30) ΔU_{tbk} = 0,020 W/(m².K)

Z vr. - základní vrstvy - vrstvy stávajícího stavu konstrukce

P vr. - přidané vrstvy - vrstvy přidané ke stávající konstrukci

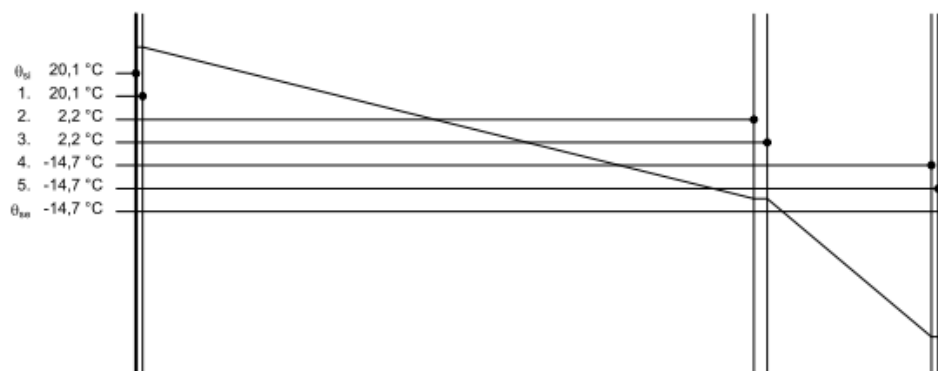
U materiálů vybraných z ČSN 73 0540-3:2005, je tepelná vodivost vrstev přepočítávána na vliv vlhkosti podle článku 5.2.1 uvedené normy.

To může způsobit, že po zaizolování konstrukce se změní hodnota λ_{skv} u vrstev na vnitřním lici konstrukce.

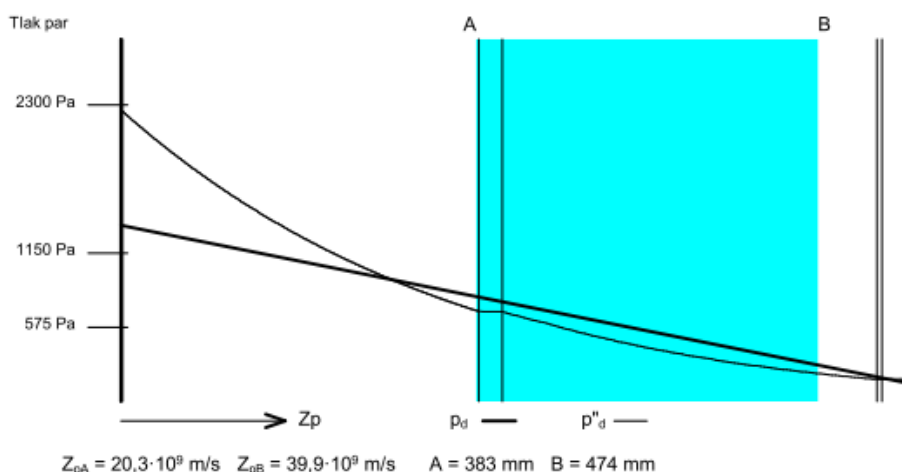
SO1 - stávající stav

Součinitel prostupu tepla	$U = 0,202$	$W/(m^2 \cdot K)$	Celková měrná hmotnost	$m = 270,0$	kg/m^2
Tepeľný odpor	$R = 5,312$	$m^2 \cdot K/W$	Teplota rosného bodu	$\theta_w = 11,6$	$^{\circ}C$
Odpor při prostupu tepla	$R_T = 5,482$	$m^2 \cdot K/W$			
Difuzní odpor	$Z_p = 44,741$	$\cdot 10^9$	m/s		

1.4 Průběh teploty v konstrukci



1.5 Průběh tlaku vodních par $p_{v,x}$ a $p''_{v,x}$ v konstrukci



Závěr

Součinitel prostupu tepla **konstrukce splňuje požadavek na U_N a U_{rec}**

$U = 0,20242$ $W/(m^2 \cdot K)$; Zaokrouhleno: $U = 0,202$ $W/(m^2 \cdot K)$; požadovaný $U_N = 0,300$ $W/(m^2 \cdot K)$; doporučený $U_{rec} = 0,250$ $W/(m^2 \cdot K)$

Korekce součinitele prostupu tepla (podle ČSN 73 0540, TNI 73 0329 a 30) $\Delta U_{tbk} = 0,020$ $W/(m^2 \cdot K)$

Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi,cr} = 0,793$; $f_{Rsi} = 0,976$ vyhovuje

Roční množství zkondenzované páry (kg/m^2) $M_c = 0,018 < 0,100$ - **konstrukce vyhovuje**

Roční bilance zkondenzované páry $M_c - M_{ev} = -1,611$ kg/m^2 - **konstrukce vyhovuje**

Poznámka k vyhodnocení kondenzace :

Zda smí v konstrukci docházet ke kondenzaci určuje projektant.

Ke kondenzaci vodní páry ($M_c > 0$) smí docházet jen u konstrukcí, u kterých zkondenzovaná pára neohroží požadovanou funkci, tj. zkrácení životnosti, snížení povrchové teploty, objemové změny, nepřiměřené zatížení souvisejících konstrukcí, atp.

1.6 Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry.

Stavba:	DP nemocnice	
Místo:	Zlín	Zadavatel:
Zpracovatel:	Active Elements s.r.o.	
Zakázka:	TV	Archiv:
Projektant:	Pavel Jurčák	Datum: 26.03.2018
E-mail:	Jurcak@active-elements.cz	Telefon: 776750537

SO1 - stávající stav

Popis:
Obvodová stěna

Výpočet je proveden podle ČSN 73 0540 - 4, čl. 4.1.3 a 4.1.4. a, t.j. pro hodnoty τ_c celkové doby trvání teplot vnějšího vzduchu podle tabulky E3 ČSN 73 0540 - 3. Výpočet nezahrnuje vliv oslunění konstrukce.

21	22	23	24	25
θ_{se} °C	$\tau_c \cdot 10^{-3}$ s	g_{dA} g/(m ² ·s)	g_{dB} g/(m ² ·s)	M_d kg/m ²
-21,0	0,0	40,509	9,060	0,0000
-20,0	0,0	39,285	9,842	0,0000
-18,0	0,0	36,814	11,590	0,0000
-15,0	604,8	33,059	14,608	0,0112
-10,0	993,6	27,204	20,401	0,0068
-5,0	2 592,0	22,316	27,231	-0,0127
0,0	5 572,8	16,612	32,695	-0,0896
5,0	5 788,8	9,366	41,097	-0,1837
10,0	5 616,0	0,008	52,171	-0,2929
15,0	5 832,0	-11,969	68,160	-0,4673
20,0	4 104,0	-27,171	94,647	-0,4999
25,0	432,0	-46,316	146,069	-0,0831

Celoroční množství zkondenzované vodní páry M_c je dáno součtem nezáporných hodnot dílčích množství M_d
Celoroční množství vypařené vodní páry M_{ev} je dáno součtem záporných hodnot dílčích množství M_d

$M_c = 0,0179$ kg/m²
 $M_{ev} = 1,6294$ kg/m²

1.7 Měsíční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle ČSN EN ISO 13788.

Stavba: DP nemocnice

Místo: Zlín

Zadavatel:

Zpracovatel: **Active Elements s.r.o.**

Zakázka: TV

Archiv:

Projektant: Pavel Jurčák

Datum: 26.03.2018

E-mail: Jurcak@active-elements.cz

Telefon: 776750537

SO1 - stávající stav

Popis:

Obvodová stěna

Návrhová teplota $\theta_i = 20,0$ °CNadmořská výška $z = 300$ m n.m.

Vlhostní třída prostotu: Obytné budovy s velkým obsazením osobami, sportovní haly, kuchyně, jídelny

V konstrukci nedochází ke kondenzaci.

Tepelný odpor, teplota rosného bodu a průběh kondenzace.

Stavba:	DP nemocnice	Zadavatel:	
Místo:	Zlín		
Zpracovatel:	Active Elements s.r.o.	Archiv:	
Zakázka:	TV	Datum:	26.03.2018
Projektant:	Pavel Jurčák	Telefon:	776750537
E-mail:	Jurcak@active-elements.cz		

Výpočet je proveden podle ČSN 73 0540-2:2011 a ČSN EN ISO 6946:2008

1 PDL1 - skladba pro variantu 1 - stávající stav

Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině

Poznámka:

Podlaha

1.1 Podmínky pro hodnocení konstrukce:

ČSN 73 0540-2:2011: Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině

UN,20 = **0,45** Urec,20 = **0,30** Upas,20,h = **0,22** Upas,20,d = **0,15** W/(m².K)
 θi = **20** °C UN = **0,45** Urec = **0,30** Upas,h = **0,22** Upas,d = **0,15** W/(m².K)

Výpočet je proveden pro θai = θi + Δθai = 20,0 + 1,0 = 21,0 °C

θai = **21,0** °C φ1,r = **55,0** % Rsi = **0,170** m².K/W pui = **1 368** Pa p*ai = **2 487** Pa

θgr = **-15,0** °C Rgr = **0,000** m².K/W

Pro výpočet šíření vlhkosti je Rsi = 0,250 m².K/W

1.2 Normové a charakteristické hodnoty fyzikálních veličin materiálů

1	2	3	4	5	6	7	7a	8	9	10	11	12	13
č.v.	Položka KC	Položka ČSN	Materiál	ρ kg/m³	c J/(kg.K)	μ	kμ	λk W/(m.K)	λp W/(m.K)	ZTM	Zs	z1	z3
1	130-07	7	Linoleum	1 200	1 880,0	1 880,0	1,000	0,190	0,190	0,00			
2	1001-01		Anhydrit	2 100	850,0	17,0	1,000	1,200	1,200	0,00			
3	633f-086		Isover EPS 100S	18	1 270,0	30,0	1,000	0,037	0,037	0,00			
4	633f-104		Isover EPS 150S	23	1 270,0	30,0	1,000	0,035	0,035	0,00			
5	116-01	17.1	Asfaltové pásy a lepenky	1 400	1 470,0	10 000,0	1,000	0,210	0,210	0,00	0,000		
6	101-013	1.1.3	Beton hutný (2300)	2 300	1 020,0	23,0	1,000	1,160	1,360	0,00	0,080		

ZTM - činitel tepelných mostů; koriguje součinitel tepelné vodivosti o vliv kotvení, přerušeni izolační vrstvy krokvemi, rámovou konstrukcí atp.

1.3 Vypočítané hodnoty

1	2	4	14	15	16	16a	17	18	7b	19	20
č.v.	Položka KC	Materiál	Vr	d mm	λ W/(m.K)	λskv W/(m.K)	R m².K/W	θs °C	μvyp	Zp · 10⁻³ m/s	pa Pa
1	130-07	Linoleum	Z vr.	5,00	0,190	0,190	0,026	19,5	1 880,0	49,94	1 368
2	1001-01	Anhydrit	Z vr.	50,00	1,200	1,200	0,042	19,2	17,0	4,52	1 161
3	633f-086	Isover EPS 100S	Z vr.	80,00	0,037	0,037	2,162	18,8	30,0	29,75	1 142
4	633f-104	Isover EPS 150S	Z vr.	50,00	0,035	0,035	1,429	-0,9	30,0	18,59	1 019
5	116-01	Asfaltové pásy a lepenky	Z vr.	4,00	0,210	0,210	0,019	-13,9	10 000,0	212,49	942
6	101-013	Beton hutný (2300)	Z vr.	120,00	1,160	1,160	0,103	-14,1	23,0	14,66	61

Korekce součinitele prostupu tepla (podle ČSN 73 0540, TNI 73 0329 a 30) ΔUtk = **0,020** W/(m².K)

Z vr. - základní vrstvy - vrstvy stávajícího stavu konstrukce

P vr. - přidané vrstvy - vrstvy přidané ke stávající konstrukci

U materiálů vybraných z ČSN 73 0540-3:2005, je tepelná vodivost vrstev přepočítávána na vliv vlhkosti podle článku 5.2.1 uvedené normy.

To může způsobit, že po zaizolování konstrukce se změní hodnota λskv u vrstev na vnitřním lici konstrukce.

Tepelný odpor, teplota rosného bodu a průběh kondenzace.

Stavba: DP nemocnice

Místo: Zlín

Zadavatel:

Zpracovatel: Active Elements s.r.o.

Zakázka: TV

Archiv:

Projektant: Pavel Jurčák

Datum: 26.03.2018

E-mail: Jurcak@active-elements.cz

Telefon: 776750537

Výpočet je proveden podle ČSN 73 0540-2:2011 a ČSN EN ISO 6946:2008

1 SCH1 - skladba pro variantu 1 - stávající stav

Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně

Poznámka:

Střecha

1.1 Podmínky pro hodnocení konstrukce:

ČSN 73 0540-2:2011: Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně

UN,20 = **0,24** Urec,20 = **0,16** Upas,20,h = **0,15** Upas,20,d = **0,10** W/(m²·K)

θ_i = **20 °C** UN = **0,24** Urec = **0,16** Upas,h = **0,15** Upas,d = **0,10** W/(m²·K)

Výpočet je proveden pro θ_{si} = θ_i + Δθ_{si} = 20,0 + 1,0 = 21,0 °C

θ_{se} = **21,0 °C** φ_{v,r} = **55,0 %** R_{si} = **0,100** m²·K/W p_{si} = **1 368** Pa p^{*}_{si} = **2 487** Pa

θ_{se} = **-15,0 °C** φ_{se} = **84,0 %** R_{se} = **0,040** m²·K/W p_{se} = **139** Pa p^{*}_{se} = **165** Pa

Pro výpočet šíření vlhkosti je R_{si} = 0,250 m²·K/W

1.2 Normové a charakteristické hodnoty fyzikálních veličin materiálů

1	2	3	4	5	6	7	7a	8	9	10	11	12	13
č.v.	Položka KC	Položka ČSN	Materiál	ρ kg/m³	c J/(kg·K)	μ	kμ	λ _k W/(m·K)	λ _{sp} W/(m·K)	Z _{TM}	Z _w	z ₁	z ₂
1	105-01	5.1	Omítka vápenná	1 600	840,0	6,0	1,000	0,700	0,880	0,00	0,090	1,0	3,0
2	101-022	1.2.2	Železobeton (2400)	2 400	1 020,0	29,0	1,000	1,340	1,580	0,00	0,080	1,0	3,0
3	116-01	17.1	Asfaltové pásy a lepenky	1 400	1 470,0	10 000,0	1,000	0,210	0,210	0,00	0,000	1,0	3,0
4	633f-088		Isover EPS 100S	18	1 270,0	30,0	1,000	0,037	0,037	0,00		1,0	3,0
5	633f-087		Isover EPS 100S	18	1 270,0	30,0	1,000	0,037	0,037	0,00		1,0	3,0
6	228a-050		ALKORPLAN 35 179	1 400	960,0	15 000,0	1,000	0,160	0,160	0,00		1,0	3,0

ZTM - činitel tepelných mostů; koriguje součinitel tepelné vodivosti o vliv kotvení, přerušení izolační vrstvy krokvemi, rámovou konstrukcí atp.

1.3 Vypočítané hodnoty

1	2	4	14	15	16	16a	17	18	7b	19	20
č.v.	Položka KC	Materiál	Vr	d mm	λ W/(m·K)	λ _{skv} W/(m·K)	R m²·K/W	θ _s °C	μ _{exp}	Z _p ·10 ⁻⁹ m/s	p _i Pa
1	105-01	Omítka vápenná	Z vr.	3,00	0,880	0,880	0,003	20,4	6,0	0,10	1 368
2	101-022	Železobeton (2400)	Z vr.	200,00	1,580	1,580	0,127	20,4	29,0	30,81	1 368
3	116-01	Asfaltové pásy a lepenky	Z vr.	4,00	0,210	0,210	0,019	19,7	10 000,0	212,49	1 303
4	633f-088	Isover EPS 100S	Z vr.	120,00	0,037	0,037	3,243	19,6	30,0	44,62	852
5	633f-087	Isover EPS 100S	Z vr.	100,00	0,037	0,037	2,703	0,9	30,0	37,19	758
6	228a-050	ALKORPLAN 35 179	Z vr.	3,20	0,160	0,160	0,020	-14,7	15 000,0	254,99	679

Korekce součinitele prostupu tepla (podle ČSN 73 0540, TNI 73 0329 a 30) ΔU_{tbk} = **0,020** W/(m²·K)

Z vr. - základní vrstvy - vrstvy stávajícího stavu konstrukce

P vr. - přidané vrstvy - vrstvy přidané ke stávající konstrukci

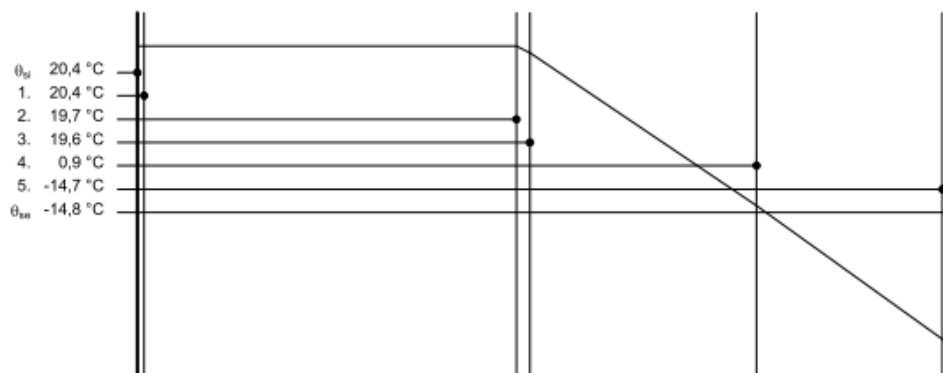
U materiálů vybraných z ČSN 73 0540-3:2005, je tepelná vodivost vrstev přepočítávána na vliv vlhkosti podle článku 5.2.1 uvedené normy.

To může způsobit, že po zaizolování konstrukce se změní hodnota λ_{skv} u vrstev na vnitřním lici konstrukce.

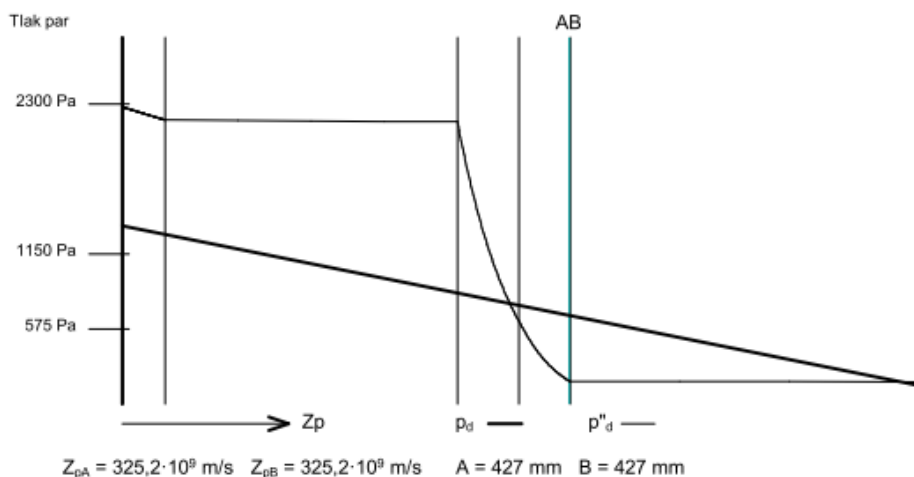
SCH1 - stávající stav

Součinitel prostupu tepla	$U = 0,180 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Celková měrná hmotnost	$m = 498,8 \text{ kg}/\text{m}^2$
Tepelný odpor	$R = 6,115 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	Teplota rosného bodu	$\theta_w = 11,6 \text{ }^\circ\text{C}$
Odpor při prostupu tepla	$R_T = 6,255 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$		
Difuzní odpor	$Z_p = 580,206 \cdot 10^9 \text{ m}^2/\text{s}$		

1.4 Průběh teploty v konstrukci



1.5 Průběh tlaku vodních par $p_{w,v}$ a $p''_{w,v}$ v konstrukci



Závěr

Součinitel prostupu tepla **konstrukce splňuje požadavek na U_N a nesplňuje U_{rec}**
 $U = 0,17987 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; Zaokrouhleno: $U = 0,180 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; požadovaný $U_N = 0,240 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; doporučený $U_{rec} = 0,160 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 Korekce součinitele prostupu tepla (podle ČSN 73 0540, TNI 73 0329 a 30) $\Delta U_{tbk} = 0,020 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 Teplotní faktor vnitřního povrchu: $f_{Rsi,cr} = 0,793$; $f_{Rsi} = 0,984$ vyhovuje

Roční množství zkondenzované páry (kg/m^2) $M_c = 0,026 < 0,100$ - **konstrukce vyhovuje**

Roční bilance zkondenzované páry $M_c - M_{ev} = -0,024 \text{ kg}/\text{m}^2$ - **konstrukce vyhovuje**

Poznámka k vyhodnocení kondenzace :

Zda smí v konstrukci docházet ke kondenzaci určuje projektant.

Ke kondenzaci vodní páry ($M_c > 0$) smí docházet jen u konstrukcí, u kterých zkondenzovaná pára neohroží požadovanou funkci, tj. zkrácení životnosti, snížení povrchové teploty, objemové změny, nepřiměřené zatížení souvisejících konstrukcí, atp.

1.6 Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry.

Stavba: DP nemocnice

Místo: Zlín

Zadavatel:

Zpracovatel: **Active Elements s.r.o.**

Zakázka: TV

Archiv:

Projektant: Pavel Jurčák

Datum: 26.03.2018

E-mail: Jurcak@active-elements.cz

Telefon: 776750537

SCH1 - stávající stav

Popis:

Střecha

Výpočet je proveden podle ČSN 73 0540 - 4, čl. 4.1.3 a 4.1.4. a, t.j. pro hodnoty τ_c celkové doby trvání teplot vnějšího vzduchu podle tabulky E3 ČSN 73 0540 - 3. Výpočet nezahrnuje vliv oslunění konstrukce.

21	22	23	24	25
θ_{ae} °C	$\tau_c \cdot 10^{-3}$ s	g_{0A} g/(m ² ·s)	g_{0B} g/(m ² ·s)	M_d kg/m ²
-21,0	0,0	3,906	0,069	0,0000
-20,0	0,0	3,876	0,076	0,0000
-18,0	0,0	3,808	0,092	0,0000
-15,0	604,8	3,682	0,124	0,0022
-10,0	993,6	3,387	0,199	0,0032
-5,0	2 592,0	2,945	0,319	0,0068
0,0	5 572,8	2,301	0,501	0,0100
5,0	5 788,8	1,493	0,767	0,0042
10,0	5 616,0	0,400	1,179	-0,0044
15,0	5 832,0	-1,059	1,845	-0,0169
20,0	4 104,0	-2,987	2,987	-0,0245
25,0	432,0	-5,507	5,126	-0,0046

Celoroční množství zkondenzované vodní páry M_c je dáno součtem nezáporných hodnot dílčích množství M_d .
Celoroční množství vypařené vodní páry M_{ev} je dáno součtem záporných hodnot dílčích množství M_d .

$M_c = 0,0264$ kg/m²

$M_{ev} = 0,0504$ kg/m²

1.7 Měsíční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle ČSN EN ISO 13788.

Stavba: DP nemocnice

Místo: Zlín

Zadavatel:

Zpracovatel: **Active Elements s.r.o.**

Zakázka: TV

Archiv:

Projektant: Pavel Jurčák

Datum: 26.03.2018

E-mail: Jurcak@active-elements.cz

Telefon: 776750537

SCH1 - stávající stav

Popis:

Střecha

Návrhová teplota $\theta_i = 20,0$ °C

Nadmořská výška $z = 300$ m n.m.

Vlhostní třída prostotu: Obytné budovy s velkým obsazením osobami, sportovní haly, kuchyně, jídelny

	θ_e °C	φ_i	φ_e	RK mm	gc1A kg/m ² ·s	gc1B kg/m ² ·s	gc kg/m ² ·s	Ma kg/m ²
říjen	8,9	0,59	0,77	427	7,24381	11,36580	-4,12200	0,00000
listopad	3,5	0,58	0,79	427	18,40533	7,15442	11,25091	0,00292
prosinec	-0,2	0,59	0,81	427	24,97352	5,27439	19,69913	0,00819
leden	-2,2	0,56	0,81	427	25,67619	4,37823	21,29795	0,01390
únor	-0,4	0,59	0,81	427	25,04987	5,17702	19,87284	0,01875
březen	3,6	0,58	0,79	427	18,21204	7,21532	10,99672	0,02169
duben	9,1	0,59	0,77	427	6,79620	11,56542	-4,76923	0,02046
květen	13,4	0,61	0,74	427	-3,67331	16,93610	-20,60941	0,01494
červen	17,0	0,64	0,71	427	-14,17729	23,65011	-37,82740	0,00513
červenec	18,0	0,66	0,70	427	-17,50254	26,03480	-43,53734	0,00000
srpen	17,9	0,65	0,70	427	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
září	13,8	0,62	0,74	427	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Množství kondenzátu v 3. měsíci Ma (kg/m²) = 0,022 < 0,100 - konstrukce vyhovuje

2 Legenda

Značky veličin a zkratky v hlavičkách tiskových sestav

1	č.v.	číslo vrstvy
2	KC	číslo položky v katalogu materiálů firmy PROTECH, spol. s r.o.
3	ČSN	číslo položky v ČSN 73 0540-3, 1994
4	Mat.	popis položky
5	ρ	měrná hmotnost v suchém stavu
6	c	měrná tepelná kapacita
7	μ	faktor difuzního odporu
8	λ_k	charakteristický součinitel tepelné vodivosti
9	λ_p	výpočtový (praktický) součinitel tepelné vodivosti
10	Z_2	součinitel materiálu podle tabulky B2 ČSN 73 0540-3
11	Z_w	vlhkostní součinitel materiálu
12	Z_1	součinitel vnitřního prostředí podle tabulky B1 ČSN 73 0540-3
13	Z_3	součinitel způsobu zabudování materiálu do stavební konstrukce podle tab. B3 ČSN 73 0540-3
14	Vr	výpočtová varianta vrstvy
15	d	tloušťka vrstvy
16	λ	korigovaný součinitel tepelné vodivosti podle čl. 2.3 ČSN 73 0540-3
16a	λ_{ekv}	hodnota pro výpočet tepelného odporu vrstvy.
17	R	tepelný odpor vrstvy
18	θ_s	teplota na vnitřním líci vrstvy
19	R_d	difuzní odpor vrstvy
20	p_d	částečný tlak vodní páry na vnitřním líci vrstvy
21	θ_{ae}	teplota vnějšího vzduchu
22	τ_c	celková doba trvání teplot vnějšího vzduchu
23	g_{dA}	hustota difuzního toku vodní páry, proudící konstrukcí od vnitřního povrchu k hranici A oblasti kondenzace
24	g_{dB}	hustota difuzního toku vodní páry, proudící konstrukcí od hranice B oblasti kondenzace k vnějšímu povrchu
25	M_d	dílčí množství zkondenzované (vypařené) vodní páry

Ostatní veličiny

θ_{ai}	výpočtová teplota vnitřního vzduchu
θ_e	výpočtová venkovní teplota podle ČSN 06 0210
φ_i	relativní vlhkost vnitřního vzduchu
φ_e	relativní vlhkost vnějšího vzduchu
R_i	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
R_e	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
p_{di}	částečný tlak vodní páry ve vnitřním prostředí
p_{de}	částečný tlak vodní páry ve vnějším prostředí
p_{di}^*	částečný tlak syté vodní páry ve vnitřním prostředí
p_{de}^*	částečný tlak syté vodní páry ve vnějším prostředí
e_1	součinitel typu budovy podle ČSN 73 0540-2
θ_i	výpočtová vnitřní teplota
R_T	odpor konstrukce při prostupu tepla
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
m	měrná hmotnost konstrukce
R_d	difuzní odpor konstrukce
R_{dT}	odpor konstrukce při prostupu vodní páry
v	teplotní útlum konstrukce
ψ	fázové posunutí teplotních kmitů
θ_w	teplota rosného bodu
M_c	roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci
M_{ev}	roční množství vypařené vodní páry v konstrukci
R_{dA}	difuzní odpor od vnitřního povrchu konstrukce k hranici A oblasti kondenzace
R_{dB}	difuzní odpor od hranice B oblasti kondenzace k vnějšímu povrchu konstrukce
U_D	součinitel prostupu tepla zabudované konstrukce
R_N	normový tepelný odpor konstrukce
$\Delta\theta_{w1}$	bezpečnostní přírážka zohledňující způsob vytápění
$\Delta\theta_{w2}$	bezpečnostní přírážka zohledňující zohledňující tepelnou akumulaci konstrukce
θ_r	výsledná teplota v místnosti
λ_{kat}	součinitel tepelné vodivosti vybraný z katalogu materiálů
R_u	tepelný odpor nevytápěných prostorů
μ	faktor difuzního odporu

PŘÍLOHA P II: TEPELNÝ VÝKON

Tepebný výkon CSN EN 12831

040590 - Active Elements s.r.o. - Praha 5
Zakázka: TV

TV v.4.8.1 © PROTECH spol. s r.o.
Datum tisku: 26.04.2018

Výpočet budovy - varianta 1

Stavba:	DP nemocnice	Zadavatel:	
Místo:	Zlín	Zpracovatel:	Active Elements s.r.o.
Zakázka:	TV	Archiv:	
Projektant:	Pavel Jurčák	Datum:	26.03.2018
E-mail:	Jurcak@active-elements.cz	Telefon:	776750537

Tento dokument obsahuje všechny zadané úseky

$t_e = -15 \text{ °C}$ $t_b = 22,7 \text{ °C}$ $n_{50} = 2,5$ systém rozměrů: E - vnější

podl.	č.m.	účel	úsek	t_i °C	n_p	V_{np} m ³ .h ⁻¹	V_{n50} m ³ .h ⁻¹	V_{mech} m ³ .h ⁻¹	f_{RH}
ÚSEK 1									
1	101	Recepce,chodba	1	20	0,5	23,2	4,6	465,0	0
1	102	Technická místnost	1	20	0,5	12,8	0,0	0,0	0
1	103	Kryobanka	1	25	0,5	27,6	0,0	308,0	0
1	104	WC - předsíň	1	20	0,5	2,6	0,0	0,0	0
1	105	WC	1	20	0,5	2,5	0,0	0,0	0
1	106	Andrologie	1	20	0,5	11,1	0,0	222,0	0
1	107	Přípravna	1	24	0,5	9,0	0,0	0,0	0
1	108	Embryologie	1	25	0,5	23,5	0,0	940,0	0
1	109	Tlakové lahve	1	20	0,5	3,0	0,0	0,0	0
1	110	Embryologie 2	1	25	0,5	43,0	0,0	1 721,0	0
1	111	Přípravna	1	25	0,5	13,1	0,0	210,0	0
1	112	Operační sál	1	25	0,5	30,4	0,0	1 215,0	0
1	113	WC - předsíň	1	20	0,5	3,3	0,0	0,0	0
1	114	WC	1	20	0,5	2,8	0,0	0,0	0
1	115	Sklad	1	20	0,5	14,9	3,0	15,0	0
1	116	Ultrazvukové vyšetře	1	24	0,5	15,4	3,1	185,0	0
1	117	Intimní box	1	20	0,5	4,1	0,0	0,0	0
1	118	Ambulance	1	24	0,5	15,7	3,1	188,0	0
1	119	Chodba	1	20	0,5	3,4	0,0	0,0	0
1	120	Šatna	1	20	0,5	6,7	0,0	0,0	0
1	121	Sesterna	1	20	0,5	13,1	2,6	157,0	0
1	122	Koupelna a WC	1	24	0,5	6,3	0,0	0,0	0
1	123	Pokoj	1	22	0,5	32,2	9,7	387,0	0
1	124	předsíň, šatna	1	20	0,5	7,9	0,0	0,0	0
1	125	Koupelna a WC	1	24	0,5	4,5	0,0	0,0	0
1	126	Pokoj	1	22	0,5	23,8	7,1	286,0	0
1	127	předsíň, šatna	1	20	0,5	7,9	0,0	0,0	0
1	128	Recepce,chodba	1	20	0,5	2,9	0,0	127,0	0

č.m.	úsek	V_{mi} m ³	A_{pi} m ²	H_{Tm} W/K	H_{Vm} W/K	Φ_{Tm} W	Φ_{Vm} W	Φ_{RHm} W	Φ_{HLm} W	Q_{cm} W	Q_z W
ÚSEK 1											
101	1	46,5	16,3	11	49	393	1 715	0	2 108	2 108	0
102	1	25,7	9,0	5	4	182	153	0	335	335	0
103	1	55,3	19,4	14	31	577	1 257	0	1 833	1 833	0
104	1	5,3	1,9	1	1	21	31	0	53	53	0

č.m.	úsek	V _{mi} m ³	A _{pl} m ²	H _{Tm} W/K	H _{Vm} W/K	Φ _{Tm} W	Φ _{Vm} W	Φ _{RHm} W	Φ _{HLM} W	Q _{cm} W	Q _z W
105	1	5,0	1,8	1	1	21	30	0	50	50	0
106	1	22,2	7,8	3	26	106	906	0	1 012	1 012	0
107	1	18,0	6,3	2	3	93	119	0	212	212	0
108	1	47,0	16,5	10	96	407	3 835	0	4 242	4 242	0
109	1	6,1	2,1	1	1	27	36	0	63	63	0
110	1	86,1	30,2	15	176	609	7 022	0	7 630	7 630	0
111	1	26,2	9,2	6	21	224	857	0	1 081	1 081	0
112	1	60,7	21,3	16	124	626	4 957	0	5 583	5 583	0
113	1	6,6	2,3	2	1	67	39	0	106	106	0
114	1	5,6	2,0	2	1	61	34	0	95	95	0
115	1	29,7	10,4	11	-6	387	-200	0	187	187	0
116	1	30,8	10,8	8	21	310	814	0	1 125	1 125	0
117	1	8,3	2,9	1	1	36	49	0	85	85	0
118	1	31,4	11,0	8	20	314	789	0	1 103	1 103	0
119	1	6,9	2,4	2	1	57	41	0	98	98	0
120	1	13,5	4,7	2	2	57	80	0	138	138	0
121	1	26,1	9,2	7	19	240	656	0	896	896	0
122	1	12,6	4,4	2	2	72	83	0	156	156	0
123	1	64,4	22,6	16	45	575	1 661	0	2 237	2 237	0
124	1	15,9	5,6	2	3	65	94	0	159	159	0
125	1	9,0	3,1	1	2	46	60	0	106	106	0
126	1	47,6	16,7	19	33	696	1 228	0	1 924	1 924	0
127	1	15,9	5,6	4	3	140	94	0	234	234	0
128	1	5,7	2,0	9	14	313	505	0	818	818	0
Σ úsek 1 ÚSEK 1		733,7	257,4	179	696	6 725	26 945	0	33 670	33 670	0

Legenda

V_{np} - hygienická výměna vzduchu

V_{n50} - výměna vzduchu pláštěm budovy

f_{RH} - zátopový součinitel

Φ_{Tm} - tepelná ztráta místnosti prostupem tepla

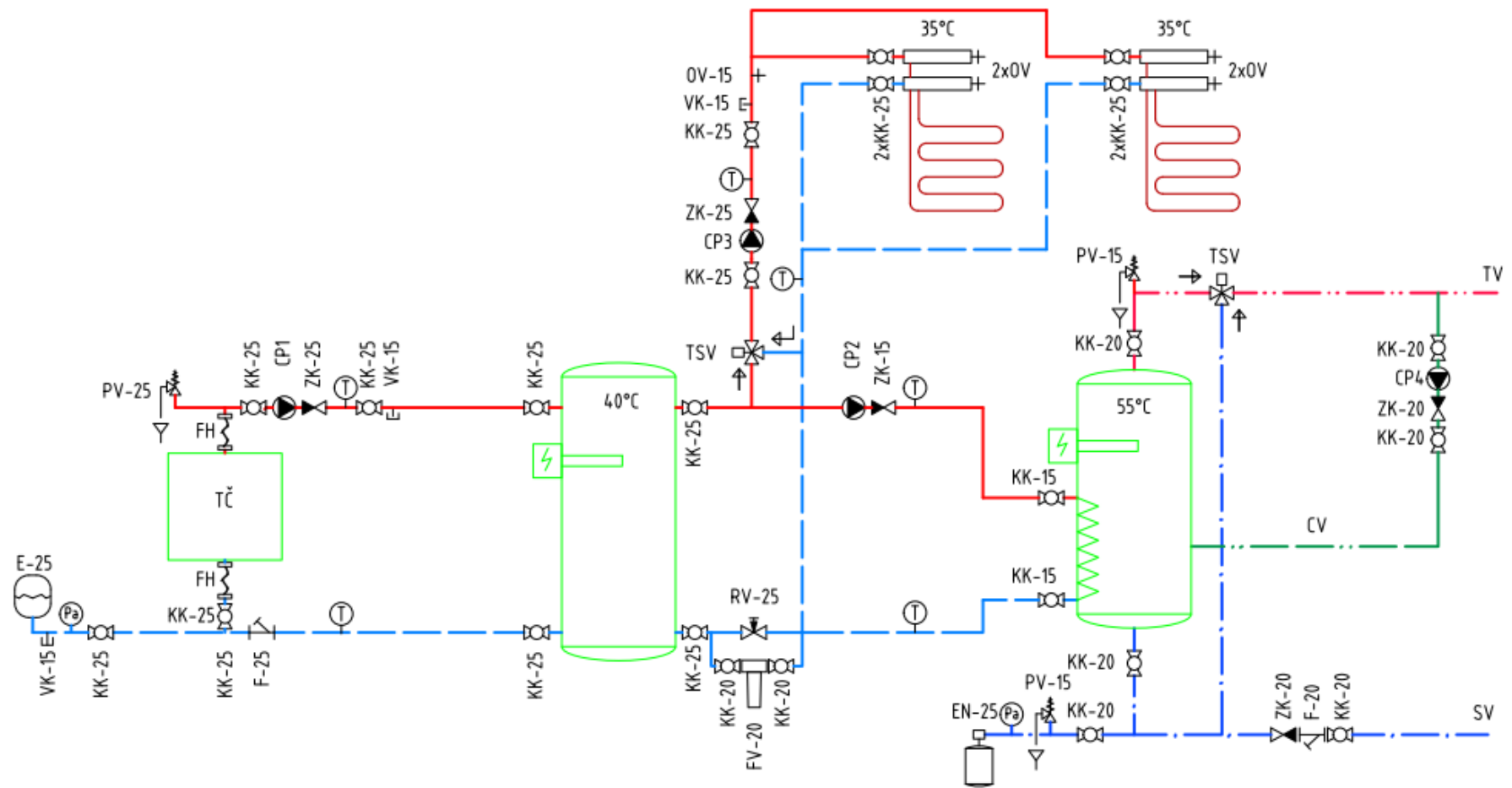
Φ_{Vm} - tepelná ztráta místnosti větráním

Φ_{RHm} - tepelný výkon místnosti pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění

Φ_{HLM} - celkový návrhový tepelný výkon místnosti

Q_{cm} = Φ_{HLM} + Q_z

PŘÍLOHA P IV: OTOPNÁ SOUSTAVA



Návrh oběhových čerpadel												
Kotlové čerpadlo												
Q	m [m ³ /s]	V [l/s]	w [m/s]	d [m]	DN [m]	l [m]	Re	λ	ΔPλ [Pa]	ξ	ΔPξ [Pa]	ΔPc [Pa]
8000	0,19138756	0,0001949	0,6	0,020	0,02	8	25974,03	0,024892	1758,141	15	2648,7	4406,841
Podlahové vytápění												
Q	m [m ³ /h]	V [l/s]	w [m/s]	d [m]	DN [m]	l [m]	Re	λ	ΔPλ [Pa]	ξ	ΔPξ [Pa]	ΔPc [Pa]
8200	0,245215311	0,00024971	0,6	0,023	0,025	60	32467,53	0,023541	9976,484	25	4414,5	14390,98
Předehřev TV												
Q	m [m ³ /h]	V [l/s]	w [m/s]	d [m]	DN [m]	l [m]	Re	λ	ΔPλ [Pa]	ξ	ΔPξ [Pa]	ΔPc [Pa]
3200	0,038277512	3,8979E-05	0,6	0,009	0,015	8	19480,52	0,026748	2518,994	15	2648,7	5167,694
Trojcestný ventil												
V [m ³ /h]	Δ Pv [Pa]	Kv [m ³ /h]	Kvs [m ³ /h]	Kvs [m ³ /h]	Δ Pv100 [bar]	a _v						
0,899873	30575,77	1,627	1,953	2,5	0,1296	0,30						
P _{sv} [bar]	DN _{min} [mm]	So [mm ²]	d [mm]									
2,5	15	23,57334256	11,697									