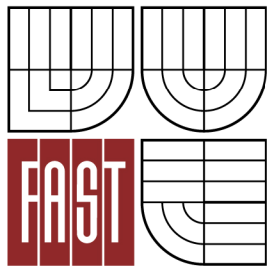


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VARIANTNÍ ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE SYSTÉMŮ VZDUCHOTECHNIKY PROSTORU LABORATOŘÍ

VARIANT SOLUTIONS RECONSTRUCTION OF AIRCONDITIONING SYSTEMS IN THE LABORATORY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MICHAL FALTYS

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

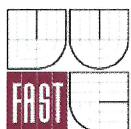
BRNO 2015

DOKLADOVÁ ČÁST

VARIANTNÍ ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE SYSTÉMŮ VZDUCHOTECHNIKY PROSTORU LABORATOŘÍ

OBSAH:

1. Zadání diplomové práce
2. Popisný soubor závěrečné práce
3. Bibliografická citace
4. Prohlášení o původnosti VŠKP
5. Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
6. Poděkování



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Michal Faltys

Název Variantní řešení rekonstrukce systémů vzduchotechniky prostoru laboratoří

Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2014

Datum odevzdání diplomové práce 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014



.....
doc. Ing. Jirí Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu



.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozsahu studie projektu: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva, rozpočet nákladů každé varianty

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, silnoproud, MaR) v zadané budově

C. Hodnocení navržených variant řešení z hlediska pořizovacích nákladů a ekonomiky provozu včetně jasného výstupu pro manažerské rozhodnutí poskytovatele podkladů z praxe

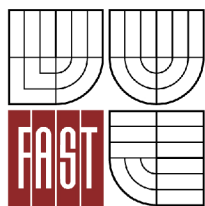
Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Autor práce	Bc. Michal Faltys
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav technických zařízení budov
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Název práce	Variantní řešení rekonstrukce systémů vzduchotechniky prostoru laboratoří
Název práce v anglickém jazyce	Variant solutions reconstruction of airconditioning systems in the laboratory
Typ práce	Diplomová práce
Přidělovaný titul	Ing.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	PDF
Anotace práce	Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením dvou variant rekonstrukce systému vzduchotechniky pro polovinu 3.NP v laboratorní budově společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. Zařízení je navrženo tak, aby splňovalo hygienické, provozní, ekonomické a funkční požadavky na vnitřní mikroklima laboratoří. Úkolem tohoto zařízení je doprava čerstvého vzduchu do interiéru a pokrytí tepelných zisků v letním období. Zařízení je též navrženo pro řízení vlhkosti vzduchu v interiéru. Teoretická část práce se věnuje aplikaci prostupu tepla sluneční radiací zdvojenou prosklenou konstrukcí. Výpočtová a projektová část pak konkrétnímu návrhu dvou variant řešení nového systému vzduchotechniky na úrovni studie, z nichž vybraná varianta je následně zpracována jako realizační projektová dokumentace. Experimentální část je věnována měření koncentrace CO ₂ v provozně obdobné laboratoři. Výsledkem práce je zhodnocení provozních a ekonomických vlivů na výběr technicky proveditelných variant a realizační dokumentace varianty vybrané. Přínosem experimentu je ověření dostatečné výměny vzduchu pro zajištění optimální koncentrace oxidu uhličitého v laboratořích.

**Anotace práce
v anglickém
jazyce**

The diploma thesis deals with the designing and assessment of two variants of the reconstruction of the air conditioning system for the half of 3rd floor laboratory building BioVendor – Laboratorní medicína a.s. company. The system is proposed to fulfil hygienic, operational, economic and functional requirements for indoor microclimate of laboratories. The task of this system is the transport of fresh air to interior and the covering of heat gains in summer. The equipment is also designed for the regulation of air humidity in the interior. The theoretical part deals with the application of heat penetration of solar radiation double glazed construction. Calculating and project part deals with the specific proposal of two variants of a new HVAC system-level studies of which the selected variant is developed as the project documentation. Experimental part is devoted to measuring of CO₂ concentration in operationally similar laboratory. The result of this work is to evaluate the operational and economic impacts on the choice of technically feasible options and implementation documentation selected option. The benefit of the experiment is to verify sufficient air exchange to ensure the optimum concentration of carbon dioxide in laboratories.

Klíčová slova

vzduchotechnika, laboratoře, rekonstrukce, klimatizace, vlhčení, odvlhčování, chlazení, mikroklima budov, výměna vzduchu, tepelná zátěž, oxid uhličitý, měření a regulace, ekonomika provozu, pořizovací náklady, investor

**Klíčová slova
v anglickém
jazyce**

HVAC, laboratories, reconstruction, air-condition, humidification, dehumidification, cooling, microclimate of buildings, air exchange, heat load, carbon dioxide, measurement and control, operating economy, cost of acquisition, investor

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Michal Faltys *Variantní řešení rekonstrukce systémů vzduchotechniky prostoru laboratoří*. Brno, 2015. 123 s., 4 příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16. 1. 2015


.....
podpis autora
Bc. Michal Faltys

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 16. 1. 2015


.....
podpis autora
Bc. Michal Faltys

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Aleši Rubinovi, Ph.D. za cenné rady, ochotu a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat MUDr. Viktoru Růžičkovi za umožnění přístupu do prostor jeho společnosti za účelem vzniku této práce, též bych chtěl poděkovat Ing. Bc. Janě Dvořákové za poskytnuté informace a požadavky ze strany investora. V neposlední řadě také děkuji některým zaměstnancům společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. za ochotnou spolupráci při průběhu experimentálního měření.

OBSAH:

1. Úvod	12
2. Vlastní projekt	
A. Teoretická část	13
1. Úvod	14
2. Slunce	15
3. ČSN 73 0548 a její úskalí	16
3.1 Nastínění výpočtové situace	16
3.2 Sluneční deklinace	18
3.3 Výška slunce nad obzorem	18
3.4 Sluneční azimut	19
3.5 Tepelná zátěž okny	19
3.5.1 Prostup tepla konvekci	20
3.5.2 Prostup tepla radiací	21
3.6 Stínící součinitel	23
3.7 Tepelné zisky vnějších stěn	25
3.8 Tepelné zisky infiltrací	28
3.9 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla	28
3.9.1 Tepelná produkce lidí	29
3.9.2 Tepelná produkci svítidel	30
3.9.3 Ostatní zdroje tepla	30
4. Závěr	31
B. Návrhová a výpočtová část	32
1. Analýza objektu	33
2. Varianty řešení a jejich posouzení	36
3. Tepelné ztráty	52
4. Tepelné zisky	53
5. Průtoky vzduchu, tlakové poměry	64
6. Návrh distribučních elementů	66
7. Dimenzování potrubí a tlakové ztráty	68
8. Návrh vzduchotechnické jednotky	75
9. Útlum zvuku	82
10. Izolace potrubí	91
C. Projekt	95
1. Technická zpráva	96
2. Specifikace prvků	104
3. Funkční schéma a popis měření a regulace	106
D. Experimentální část	108
1. Úvod	109
2. Použitá měřidla a zařízení	109
3. Podmínky měření	109
4. Prostorová koordinace	111
5. Doba měření	113
6. Výsledky měření	113
7. Závěr	117
3. Závěr	118
4. Seznam použitých zdrojů	119
5. Seznam použitých zkratk a symbolů	121
6. Seznam příloh	123

1. Úvod

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením dvou variant rekonstrukce systému vzduchotechniky pro polovinu 3.NP v laboratorní budově společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. Zařízení je navrženo tak, aby splňovalo hygienické, provozní, ekonomické a funkční požadavky na vnitřní mikroklima laboratoří. Úkolem tohoto zařízení je doprava čerstvého vzduchu do interiéru a pokrytí tepelných zisků v letním období. Zařízení je též navrženo pro řízení vlhkosti vzduchu v interiéru. Budova se nachází v Brně – Řečkovících, z toho také vyplývají externí klimatické podmínky, které je nutné znát pro výpočet tepelných bilancí a následný návrh zařízení. Z hlediska stavebního řešení je objekt tvořen sedmipodlažní skeletovou konstrukcí, která prošla v roce 2011 kompletní rekonstrukcí. Jako výplňové zdivo slouží tvárnice YTONG se 160 mm tepelné izolace. Střecha objektu je plochá. V řešené části objektu - tedy v jižní polovině 3.NP - je vnitřní vestavba, která v minulosti sloužila jako čisté prostory. Tato vestavba zůstane pro návrh projektu v nezměněné podobě.

Teoretická část práce se věnuje aplikaci prostupu tepla sluneční radiací zdvojenou prosklenou konstrukcí. Poukazuje na rozdíly ve výpočtu oproti běžné výpočtové situaci, kdy můžeme sluneční radiaci i konvekci vypočítat přímo. Výpočet může být problematický právě tehdy, když se řešený prostor nachází za vnitřní vestavbou, která vytváří mezi místností a obvodovou konstrukcí vzduchovou mezeru.

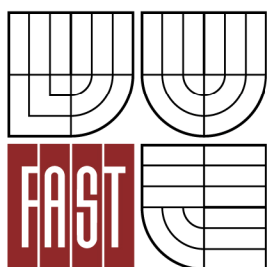
Výpočtová a projektová část řeší konkrétní návrh dvou technicky možných variant nového systému vzduchotechniky na úrovni studie. Tyto dvě navržené varianty posuzuje z hlediska technického, hygienického a ekonomického. Vybraná varianta je následně zpracována jako realizační projektová dokumentace.

Experimentální část je věnována měření koncentrace CO_2 v provozně obdobné laboratoři. Měření probíhalo za účelem ověření dostatečné výměny vzduchu v laboratoři, při které je dodržena maximální přípustná koncentrace oxidu uhličitého dle platných právních předpisů. Pro porovnání bylo provedeno měření ve venkovním prostředí ve dvou odlišných lokalitách. Důvodem bylo poukázat na skutečnost, že je nutné posuzovat hygienické množství vzduchu v každé lokalitě individuálně.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ČÁST 2. A – TEORETICKÁ ČÁST

APLIKACE PROSTUPU TEPLA SLUNEČNÍ RADIACÍ ZDVOJENOU PROSKLENOU KONSTRUKCÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MICHAL FALTYS

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2015

1. Úvod

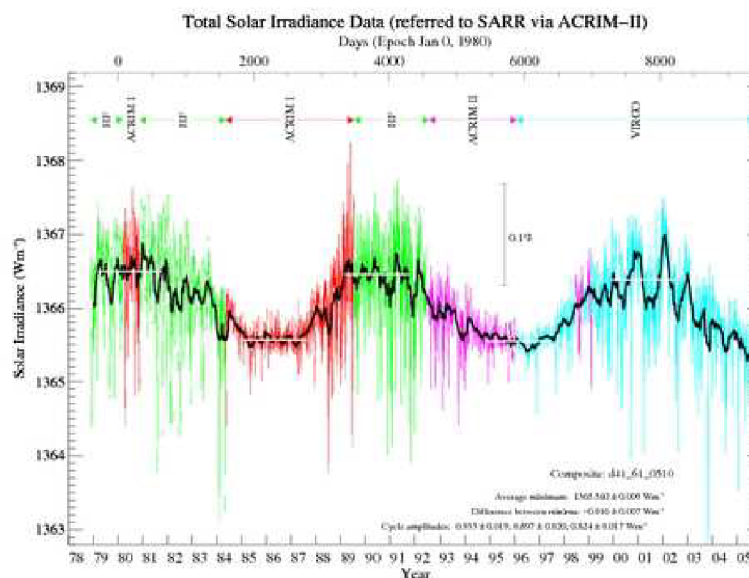
Tepelná zátěž – základ pro návrh jakéhokoliv vzduchotechnického či klimatizačního zařízení. Bez znalosti tepelné zátěže nelze navrhnout zařízení, které bude s jistotou uspokojivě plnit svůj účel, tedy zajištění optimálního interního mikroklimatu.

Všeobecně dnes navrhujeme klimatizační zařízení z celé řady důvodů, ať už to jsou lidé a jejich obytné či pracovní prostředí, zvířata ve velkochovech nebo technologie. Z historického hlediska se však můžeme domnívat, že lidé vymýšleli různá „klimatizační“ zařízení primárně proto, že jim jednoduše bylo teplo. Dnes jsme schopni kvalitu vzduchu prokázat měřením, ať už jsou to koncentrace různých škodlivin, obsah chemických látek nebo teplota či vlhkost. Víme, jaký vliv mají tyto subjekty na lidský organismus, a snažíme se je optimalizovat ku prospěchu člověka. Naši předci však tuto možnost neměli, a proto se museli spolehnout na svůj subjektivní pocit. A právě proto byla rozhodujícím faktorem pro vznik klimatizačních zařízení teplota. Některé látky obsažené ve vzduchu totiž člověk není schopen svými smysly rozpoznat, a to i když pro něj mohou být škodlivé. Jiné zase začne vnímat až při vysoké koncentraci, např. oxid uhličitý. S teplotou to tak složité není – buď je člověku teplo, zima nebo akorát. A proto již staří Egypťané chladili svá obydlí vodou přiváděnou do stěn pomocí akvaduktů. Doprava čerstvého vzduchu do interiéru přišla až později. Vznik ventilátoru se datuje do 16. století a na počátku století 19. již člověk znal kompresorový chladicí okruh, jež jako první zkonstruoval Michael Faraday. Abychom však taková zařízení dokázali hospodárně využívat, musíme být schopni stanovit tepelné bilance obsluhovaného prostoru.

Výpočet tepelné zátěže, který známe dnes, nám stanovila norma ČSN 73 0548 v roce 1986. V současné době pochopitelně přenesená do mnohých výpočetních nástrojů. Tento výpočet však předpokládá, že pokud stanovujeme tepelné zisky v místnosti s okny, budou umístěna přímo v obvodové konstrukci. Jak si ovšem s výpočtem poradit, když tomu tak není? To nám již norma nesděljuje. Z tohoto důvodu se teoretická část mé diplomové práce bude zabývat právě výpočtem tepelných zisků v případech, kdy zasklení místnosti není přímo vystaveno vnějšímu prostředí.

2. Slunce

Přibližně 4,6 miliardy let stará hvězda o výkonu $4 \cdot 10^{26}$ W je příčinou toho, čemu říkáme tepelný zisk radiací a konvekcí. Slunce je zdrojem tepla pro Zemi a z jeho výkonu dopadá na hranici atmosféry přibližně 1350 W/m^2 . Toto číslo nazýváme *solární konstantou* a vycházejí z něho mnohé tepelně-technické výpočty. Díky skvrnám na Slunci a excentrické oběžné dráze Země se hodnota solární konstanty v průběhu let mírně mění. Na výpočet tepelných zisků však tato změna nemá velký vliv, a proto uvažujeme hodnotu konstantní.



Obr. 2.1: Průběh změny solární konstanty od roku 1978 do roku 2005

[1]

Mnohem důležitější údaj však představuje hodnota sluneční radiace dopadající na povrch Země [W/m^2], tedy hodnota solární konstanty zmenšená o ztrátu průchodem atmosféry. Ta je již pro každou část zeměkoule odlišná v závislosti na oblačnosti, zeměpisné poloze daného místa a dalších mnoha faktorech. Pro ČR se pohybuje intenzita dopadající sluneční radiace (intenzita ozáření) okolo 600 W/m^2 . Pro výpočet tepelných bilancí je však nutné znát její přesnou hodnotu. Jejím výpočtem se bude text zabývat v následujících kapitolách. Hodnoty jsou též tabelovány. Z této hodnoty se poté odvíjí intenzita sluneční radiace procházející jednoduchým standardním zasklením [W/m^2], a jejíž hodnoty jsou rovněž tabelovány.

Směr	Intenzita sluneční radiace / (Wm^{-2}) pro denní dobu														
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
S	45	87	80	100	117	130	139	141	139	130	117	100	80	87	45
SV	85	287	361	321	217	135	139	141	139	130	117	100	78	53	24
V	83	322	481	539	505	389	232	141	139	130	117	100	78	53	24
JV	41	180	335	452	511	506	437	316	185	130	117	100	78	53	24
J	24	53	78	128	230	335	409	435	409	335	230	128	78	53	24
JZ	24	53	78	100	117	130	185	316	437	506	511	452	335	180	41
Z	24	53	78	100	117	130	139	141	232	389	505	539	481	322	83
SZ	24	53	78	100	117	130	139	141	139	135	217	321	361	287	85
H	41	122	249	379	534	640	706	729	706	640	534	397	249	122	41

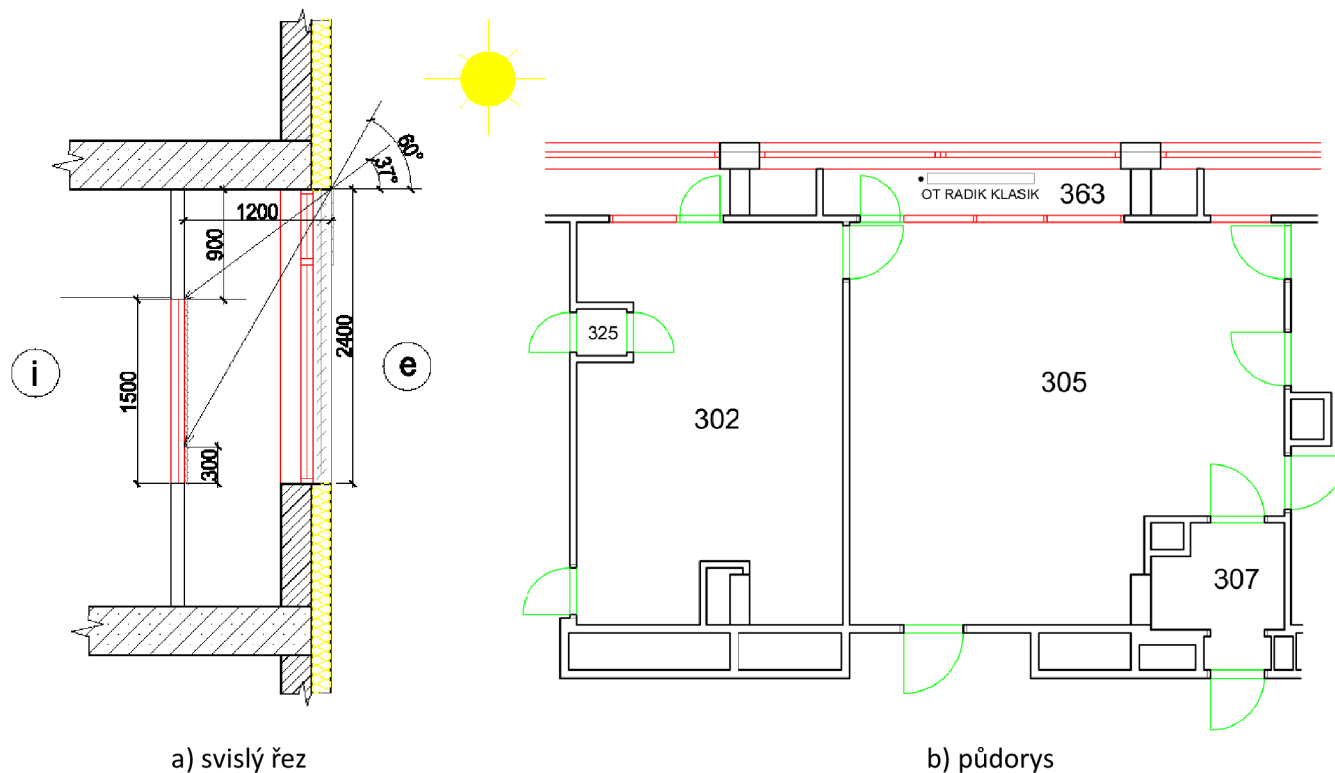
Obr. 2.2: Intenzity sluneční radiace procházející jednoduchým standardním oknem s ocelovým rámem při průměrném znečištění atmosféry pro červenec a pro 50° s. š. [2]

3. ČSN 73 0548 a její úskalí

Tato část teorie bude zaměřena na výpočet tepelných zisků dle ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Bude zde popsán a vysvětlen postup výpočtu po krocích dle normy a v kritických místech výpočtu bude poukázáno na nemožnost využití tohoto postupu při výpočtu tepelných zisků přes dvojitou prosklenou konstrukci.

3.1 Nastínění výpočtové situace

Společnost BioVendor – Laboratorní medicína a.s. vlastní v Brně – Řečkovících sedmipodlažní laboratorní budovu. Tato budova stojí na pozemku již několik desetiletí a v roce 2011 byla kompletně zrekonstruována. Předchozí majitel používal budovu ke stejnému účelu a v roce 1997 vybudoval ve 3.NP čisté prostory formou vestavby do původní budovy. Společnost BioVendor si uvědomovala hodnotu vestavby a proto se rozhodla prostory zachovat a tím je z rekonstrukce vyloučit. Po několika letech provozu však začalo být patrné, že 16 let starý systém vzduchotechniky již neobstojí pro splnění současných nároků kladených na čisté prostory. Proto se společnost rozhodla pro rekonstrukci tohoto systému. Pro své provozy však již nevyužije čisté prostory, a tak se rozhodla po stránce vzduchotechniky prostory zrekonstruovat pro funkci klasických laboratoří. Jelikož by však demontáž vestavby byla velmi nákladná, rozhodla se ji ponechat v nezměněném stavu. Tato skutečnost má pak významný vliv při výpočtu tepelných zisků pro návrh nového systému vzduchotechniky. Lepší představu problému můžeme vidět na Obr. 3.1.



Obr. 3.1: Schéma pro výpočet tepelných zisků



Obr. 3.2: Fotografie pořízená přímo na realizované stavbě

Okna obvodové konstrukce tvoří velkou část plochy této konstrukce a v podstatě tak z meziprostoru o šířce pouhých 800 mm vytváří „skleník“. Vlivem toho dochází v letním období ke značnému přehřívání meziprostoru. Vnitřní okna vestavby jsou o poznání menší, a proto brání podstatně lépe průchodu přímé sluneční radiace. Vnější okna tvoří izolační trojsklo se součinitelem prostupu tepla $U = 0,88 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a jsou opatřena vnějšími horizontálními žaluziemi šedé barvy. Okna vestavby pak tvoří dvojsklo se součinitelem prostupu tepla $U = 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a jsou opatřena vnějšími horizontálními žaluziemi bílé barvy. Okna jsou orientována na jih. Přesah hrany obvodové konstrukce

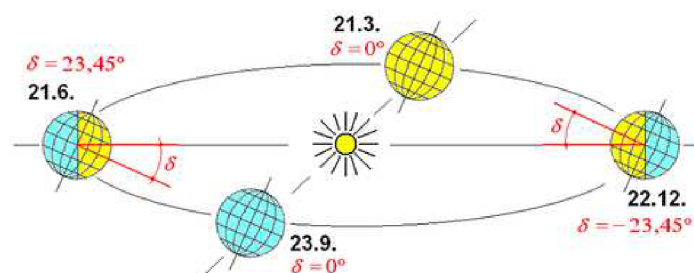
před vestavbu činí 1200 mm v horizontálním směru a 900 mm ve směru vertikálním. Tento přesah zajišťuje v letních měsících, kdy je slunce vysoko, velmi dobré stínění. Z obrázku je patrné, že pokud je slunce 60° nad horizontem (tato situace nastane v červenci), je osluněno pouhých 300 mm prosklené části vestavby. Aby bylo okno osluněné celé, muselo by klesnout Slunce na 37° nad úroveň horizontu. Tato situace nastane až na přelomu září a října, kdy už má však Slunce mnohem menší intenzitu oslunění.

3.2 Sluneční deklinace

Sluneční deklinace δ určuje zeměpisnou šířku, při které je v daný den ve 12 hodin slunce kolmo nad horizontem. Sluneční deklinaci počítáme vždy k 21. dni v měsíci, pro který stanovujeme tepelné zisky. U výpočtu sluneční deklinace v našem případě nenastává žádný problém, a proto jej můžeme vypočítat dle normového vztahu:

$$\delta = -23,5 \cdot \cos(30 \cdot M) \quad [^\circ] \quad (3.1)$$

kde: M je číslo měsíce, pro který počítáme tepelný zisk (1 až 12)



Obr. 3.3: Změny sluneční deklinace v průběhu roku

[3]

3.3 Výška slunce nad obzorem

Výška slunce nad obzorem h je pro výpočet tepelných zisků velmi důležitý údaj. Z něho totiž vyplývá velikost vodorovného stínu, který v případě předsazené konstrukce (střecha, balkon, přesahující stropní konstrukce, atd.) velmi výrazně ovlivňuje celkový tepelný zisk místnosti. Pro 50°severní šířky (ČR) se stanovuje dle vztahu:

$$\sin h = 0,766 \cdot \sin \delta - 0,643 \cdot \cos \delta \cdot \cos(15\tau) \quad [^\circ] \quad (3.2)$$

kde: δ je sluneční deklinace [°]

τ je sluneční čas, neboli doba, pro kterou uvažujeme výpočet [h]

3.4 Sluneční azimut

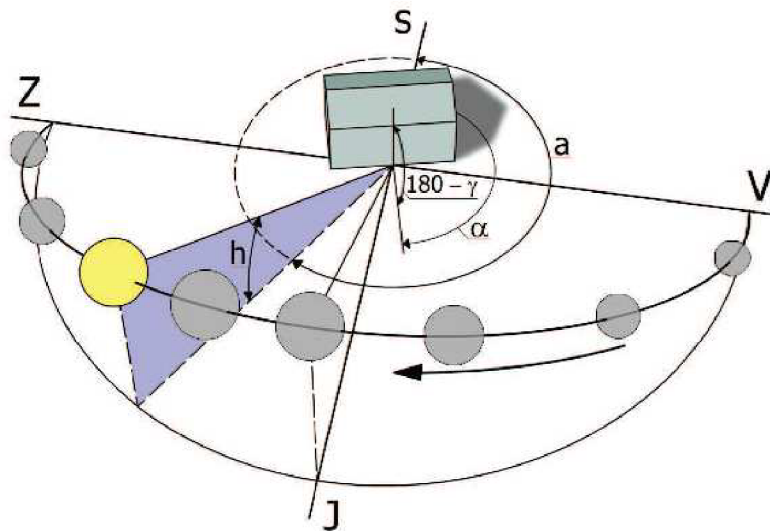
Sluneční azimut a určuje úhel Slunce v hodinu, pro kterou je výpočet prováděn, vzhledem k severu. Úhel určujeme od severu po směru hodinových ručiček dle vztahu:

$$\sin a = \frac{\sin(15\tau) \cdot \cos \delta}{\cos h} \quad [^\circ] \quad (3.3)$$

kde: τ je sluneční čas, neboli doba, pro kterou uvažujeme výpočet [h]

δ je sluneční deklinace [°]

h je výška slunce nad obzorem [°]



Obr. 3.4: Pohyb Slunce na obloze v den rovnodennosti

[4]

3.5 Tepelná zátěž okny

Dostáváme se k největšímu problému při výpočtu tepelných zisků přes zdvojenou prosklenou konstrukci, chceme-li výpočet opřít o normu ČSN 73 0548. V konkrétní výpočtové situaci byl velký problém již samotné stanovení stínů pro výpočet osluněné části okna. Největší kámen úrazu však představoval výpočet tepelného zisku konvekci, jak se můžete přesvědčit v následující kapitole. Pro tento případ již nejsme schopni ručním výpočtem docílit relevantních výsledků, a proto je nutné vzít si na pomoc výpočtový software.

3.5.1 Prostup tepla konvekcí

Podle normy ČSN 73 0548 se prostup tepla konvekcí oknem počítá podle vztahu:

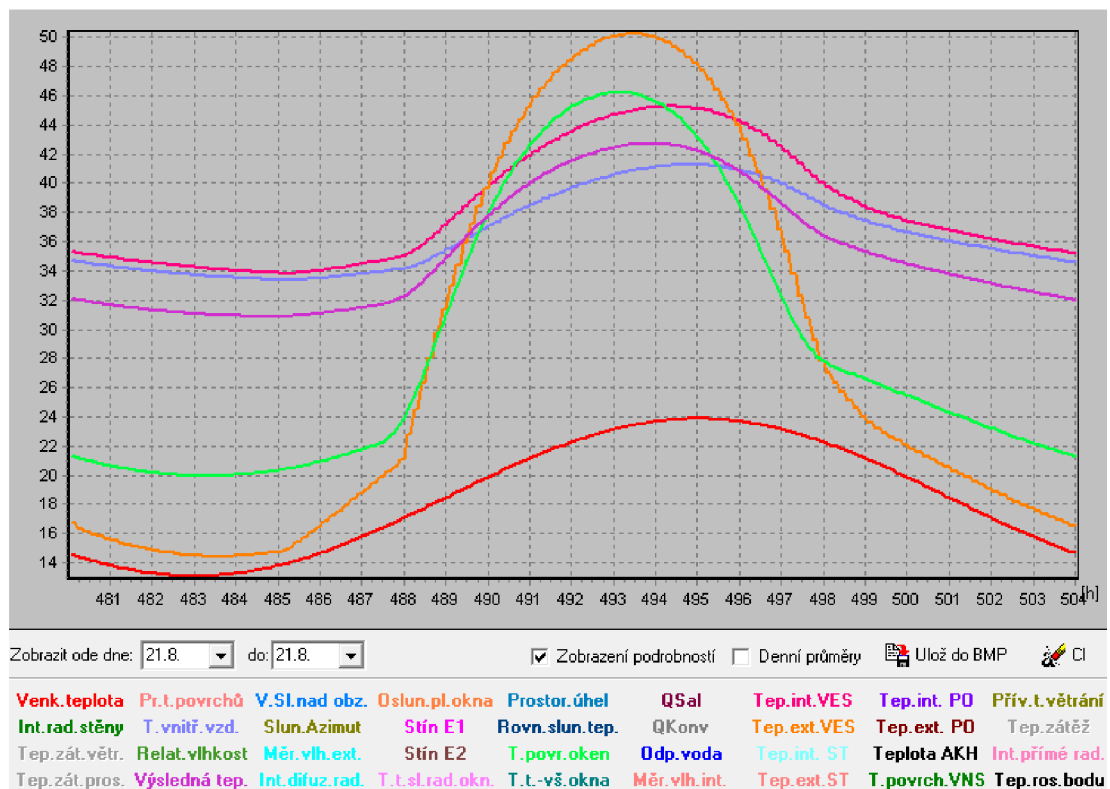
$$Q_{ok} = U_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i) \quad [W] \quad (3.4)$$

kde: U_o je součinitel prostupu tepla oknem [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

S_o je plocha okna včetně rámu [m^2]

$t_e - t_i$ je rozdíl teplot na obou stranách okna [K]

Podle výše uvedeného vztahu bychom však mohli spočítat pouze tepelný zisk konvekcí pro místnost mezi obvodovou konstrukcí a námi řešenou místností. Vzhledem k tomu, že tento prostor není klimatizovaný, je nám tento tepelný zisk v podstatě k ničemu. Abychom spočetli tepelný zisk konvekcí pro řešenou místnost, můžeme tento vztah použít pouze za podmínky, že známe teplotu vzduchu ve vedlejší místnosti. A vzhledem k tomu, že ruční výpočet teploty interiéru je velmi komplikovaný, zvolíme vhodný výpočtový program. Pro náš konkrétní případ byl použit výpočtový software Teruna 1.5b. Výstupem z programu není pouze teplota interiéru, ale také grafické vyjádření dalších veličin, které můžeme do grafu vhodně zvolit. Grafický výstup můžeme vidět na Obr. 3.5.



Obr. 3.5: Grafický výstup z výpočtového softwaru Teruna 1.5b pro 21. srpen (max. tepelný zisk)

Z grafu je patrné, že se teplota vnitřního vzduchu (světle modrá křivka) pohybuje ve svém maximu těsně nad hranicí 41°C. Tuto skutečnost potvrzuje i textový výstup, kde je maximální zaznamenaná teplota 41,26°C. Pro výpočet tepelných zisků konvekci pro řešenou místnost tedy nemůžeme použít teplotu exteriéru, nýbrž právě vypočtenou hodnotu 41,3°C.

```

SIMULACE TEPELNÉHO MIKROKLIMATU
ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

***** INFORMACE O PROJEKTU *****

***** ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU *****
Venkovní stěna
+-----Ytong 250mm + ETICS 160 mm (6.42m2, 0.41m, 0.0999W/mK, 328kg/m3, 1008kJ/kgK)
+-----Okna (12.96m2, 0.88W/m2K)
Symetrická stěna
+-----Podlaha (3.99m2, 0.3m, 1.1W/mK, 2000kg/m3, 900kJ/kgK)
Symetrická stěna
+-----Strop (3.99m2, 0.3m, 1.1W/mK, 2000kg/m3, 900kJ/kgK)

***** VSTUPNÍ ÚDAJE *****
Výpočet proveden pro období od 21.8. do 21.8.
Časový krok: 300s
Objem místnosti : 10.95m3

Ve výpočtu bylo zavedeno:
Simulace oblačnosti: NE
Referenční rok: ANO
Uvažován vliv sluneční radiace: ANO
Načtená klimatická data: NE
Osvětlení: NE
Větrání[1]: 0 - 24h, 5m3/h
Ostatní tepelné zdroje: NE
Odpar vody: NE
Biologická produkce: NE
Sálavé plochy: NE

***** VÝSLEDKY *****
Maxima teploty interiéru:
21.8. 14.92h: MaxTvzd = 41.26°C

```

Obr. 3.6: Textový výstup z výpočtového softwaru Teruna 1.5b se základními informacemi o zadání

3.5.2 Prostup tepla radiací

Tepelné zisky sluneční radiací oknem se vypočtou podle vztahu:

$$Q_{or} = [s_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{dif}] \cdot s \quad [W] \quad (3.5)$$

kde: S_{os} je osluněná plocha zasklené části okna [m^2]

S_o je celková plocha zasklené části okna [m^2]

I_o je celková intenzita sluneční radiace, procházející jednoduchým standardním zasklením na orientovanou stěnu [W/m^2]

I_{dif} je intenzita difúzní sluneční radiace, procházející standardním jednoduchým zasklením (hodnota dopadající sluneční radiace na stěnu orientovanou na sever) [W/m^2]

c_o je korekce na čistotu atmosféry [-]

s je stínící součinitel [-]

Osluněná plocha okna

Při výpočtu prostupu tepla radiací musíme uvažovat pouze s osluněnou částí okna. Velikost této části okna vypočteme ze vztahu:

$$S_{os} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)] \quad [\text{m}^2] \quad (3.6)$$

kde: l_a je šířka zasklené části okna [m]

l_b je výška zasklené části okna [m]

e_1 je délka svislého stínu v okenním otvoru od okraje slunolamů [m]

e_2 je délka vodorovného stínu v okenním otvoru od okraje slunolamů [m]

f je odstup svislé části okna od slunolamů [m]

g je odstup vodorovné části okna od slunolamů [m]

Svislý stín

Výpočet svislého stínu závisí na odstupu a vyložení svislého slunolamu, což ve většině případů představuje pouze ostění. V našem případě je však hlavním stínícím prvkem předsunutá konstrukce. Díky tomu, že je prosklená stěna orientována téměř přesně k jihu (azimutový úhel normály stěny je 190°), vidíme z půdorysného rozložení konstrukcí i bez výpočtu, že svislý stín bude nulový. Celá šířka okna tedy bude osluněna.

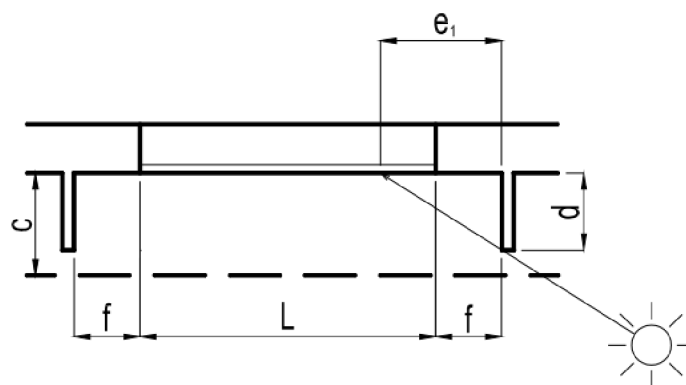
Svislý stín vypočteme ze vztahu:

$$e_1 = d \cdot \tan |a - \gamma| \quad [\text{m}] \quad (3.7)$$

kde: d je vyložení svislého slunolamu [m]

a je sluneční azimut [$^\circ$]

γ je azimutový úhel normály stěny (od severu po směru hodinových ručiček) [$^\circ$]



Obr. 3.7: Rozložení geometrie okna pro výpočet svislého stínu (půdorys)

[5]

Vodorovný stín

Výpočet vodorovného stínu závisí na odstupu a vyložení vodorovného slunolamu, což opět ve většině případů představuje pouze ostění. V našem případě je však hlavním stínícím prvkem předsunutá konstrukce. Díky tomu, že se Slunce v letních měsících pohybuje velmi vysoko nad horizontem (až 63°), poskytuje tato konstrukce velmi dobré stínění. Z tohoto důvodu není maximální tepelný zisk řešeného prostoru v červenci, nýbrž v srpnu, kdy se již Slunce pohybuje níže.

Vodorovný stín vypočteme ze vztahu:

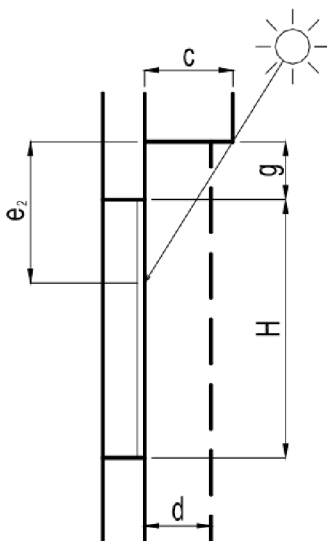
$$e_2 = c \cdot \left| \frac{\operatorname{tg} h}{\cos(a - \gamma)} \right| \quad [\text{m}] \quad (3.8)$$

kde: c je vyložení vodorovného slunolamu [m]

h je výška slunce nad horizontem [°]

a je sluneční azimut [°]

γ je azimutový úhel normály stěny (od severu po směru hodinových ručiček) [°]



Obr. 3.8: Rozložení geometrie okna pro výpočet vodorovného stínu (řez)

[5]

3.6 Stínící součinitel

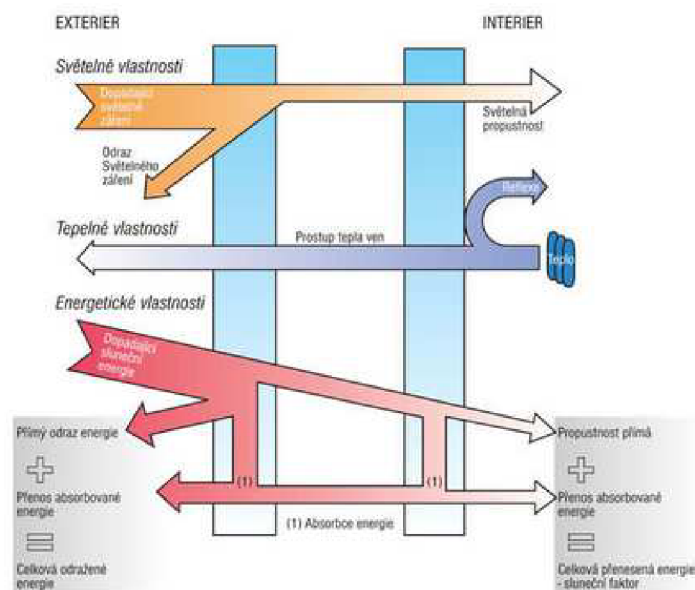
Přestože stínící součinitel s [-] patří tematicky do prostupu tepla radiací, bude mu v tomto textu věnována samostatná kapitola. Důvodem je věcná obsáhlost tématu a snaha upozornit na fakt, že i při výpočtu tepelných zisků podle normy je zapotřebí uvažovat individuálně.

„Sluneční záření je elektromagnetické vlnění o spektru vlnových délek. Sluneční spektrum se obvykle dělí na tři hlavní části:

- 1) **Ultrafialové záření** s vlnovými délkami menšími než 390 nm, tvoří asi 4 % energie celkového slunečního záření
- 2) **Viditelné sluneční záření** s vlnovými délkami od 390 nm do 760 nm, tvoří asi 45 % energie celkového slunečního záření
- 3) **Infračervené sluneční záření**, které má vlnové délky větší než 760 nm, tvoří asi 51 % energie celkového slunečního záření

Toto celkové sluneční záření je při dopadu na výplň otvoru rozděleno v závislosti na technických parametrech výplně na:

- 1) **Transmitující záření** - záření, které je oknem propuštěno do interiéru
- 2) **Odražené záření** - záření, které je oknem odraženo zpět do venkovního prostoru
- 3) **Absorbované záření** - záření, které je oknem pohlceno a zvyšuje jeho teplotu, část absorbovaného záření je z okna přeneseno do interiéru a část do exteriéru“ [6]



Obr. 3.9: Princip prostupu energií přes okenní výplň (dvojsklo)

[7]

„Stínící součinitel s vyjadřuje, jaká část radiace prochází sledovaným oknem vzhledem ke standardnímu jednoduchému oknu. Při kombinaci několika způsobů stínění se získá výsledná hodnota s vynásobením hodnot dílčích: $s = s_1 \cdot s_2 \cdot s_n$ “ [8]

Výše uvedenou definici nalezneme v normě ČSN 73 0548. Můžeme však mezi sebou násobit jednotlivé součinitele do nekonečna? Bude takový postup odpovídat realitě za každé situace? Pokud

máme standardní případ, tedy okno s dvojsklem, opatřené např. vnějšími žaluziemi, pak bude všechno v pořádku. Zkusme ale tento postup aplikovat na náš konkrétní případ:

Konstrukční uspořádání:

- vnitřní okno (dvojsklo) – $s = 0,9$
- vnější horizontální žaluzie bílé barvy – $s = 0,56$
- vzduchová mezera 800 mm
- vnější okno (izolační trojsklo) – $s = 0,7$
- vnější hliníkové horizontální žaluzie stříbrné barvy – $s = 0,15$

Při tomto uspořádání by byl celkový stínící součinitel $s = 0,9 \cdot 0,56 \cdot 0,7 \cdot 0,15 = \mathbf{0,053}$

Je opravdu možné, že do vnitřního prostředí projde jen něco málo přes 5 % přímé sluneční radiace? Bez průkazného měření zřejmě nejsme schopni tuto teorii dokázat ani vyvrátit. Avšak při logické úvaze dojdeme k závěru, že není možné stínící prvky použít v plném rozsahu, neboť by v místnosti nebylo příliš přijatelné pracovní prostředí a bylo by nutné použít umělého osvětlení. Pro subjektivní pocit člověka je však toto řešení nepříjemné. Druhou stránkou věci je skutečnost, že úplným zatažením žaluzií snížíme tepelný zisk sluneční radiací zhruba o 250 W a rozsvícením světel zvýšíme celkový tepelný zisk o 576 W. Výsledkem tak nebude snížení tepelných zisků, ale naopak jejich zvýšení.

Dalším problémem při stanovení stínícího součinitele může být samotné sklo. Přestože se na první pohled jeví jako hladký materiál, ve skutečnosti je jeho struktura nerovnoměrná. Sluneční paprsky se od nerovných plošek struktury odráží pod různými úhly. A jelikož se úhel dopadu rovná úhlu odrazu, záleží také na úhlu, pod jakým sluneční paprsky na strukturu skla dopadají. Tedy stejné okno nebude mít v červenci stejný stínící součinitel jako v prosinci.

Z těchto důvodů byl celkový stínící součinitel v našem případě stanoven na $s = 0,15$.

3.7 Tepelné zisky vnějších stěn

Dalším problémem ve výpočtu zdvojené konstrukce se ukázaly být tepelné zisky vnějších stěn. Princip výpočtu je totiž založen na konvektivním přenosu energie, pouze se zohledněním časového zpoždění vyvolaného akumulací konstrukce. Konvekce přes vnější stěnu však působí, stejně jako konvekce okny, do prostoru, který vznikl pouze jako vedlejší efekt vnitřní vestavby. Proto je nutné tuto formu tepelného zisku uplatnit při výpočtu vnitřní teploty tohoto meziprostoru, neprojeví se však ve výpočtu samotného řešeného prostoru (nemůžeme jej započítat dvakrát). Do výsledného výpočtu řešené místnosti se však musí započítat trochu netradičně tepelné zisky vnitřních stěn, pro

kteřou uvažujeme za konstrukci teplotu vypočtenou výpočtovým programem Teruna 1.5b (ve které jsou již zohledněny tepelné zisky vnějších stěn).

Vnější stěny za účelem výpočtu tepelné zátěže dělíme do tří kategorií:

- 1) Stěny lehké
- 2) Stěny středně těžké
- 3) Stěny těžké

Stěny lehké

Mají tak malou tepelnou kapacitu, že můžeme zanedbat fázová posunutí teplotních kmitů a proces prostupu tepla tak považovat za ustálený. Za stěnu lehkou můžeme považovat stěnu tloušťky menší než 0,08 m. Prostup tepla se pak vypočte dle vztahu:

$$Q_{st} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot (t_r - t_i) \quad [W] \quad (3.9)$$

kde: U_{st} je součinitel prostupu tepla stěny [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

S_{st} je plocha stěny [m^2]

t_r je rovnocenná sluneční teplota venkovního vzduchu (hodnoty jsou tabelovány) [$^{\circ}C$]

t_i je teplota interiéru [$^{\circ}C$]

Stěny středně těžké

Jedná se o stěny, u kterých musíme respektovat ovlivnění prostupu tepla vlivem kolísání teplot. Toto zohledňujeme fázovým posunem teplotních kmitů. Takto postupujeme u stěn pro tloušťky v rozmezí 0,08 až 0,45 m. Pro takové stěny určíme prostup tepla dle vztahu:

$$Q_{st} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] \quad [W] \quad (3.10)$$

kde: U_{st} je součinitel prostupu tepla stěny [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

S_{st} je plocha stěny [m^2]

t_{rm} je průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [$^{\circ}C$]

t_i je teplota vzduchu v interiéru [$^{\circ}C$]

$t_{r\psi}$ je rovnocenná sluneční teplota v době o ψ dřívější [$^{\circ}C$]

m je součinitel zmenšení teplotního kolísání [-]

Fázové posunutí teplotních kmitů ψ vyjadřuje, s jakým časovým zpožděním projde tepelný zisk konstrukcí do interiéru. Pokud bychom měli např. $\psi = 11$ hod. a dobu výpočtu 12 hod., znamenalo by to, že příslušný zisk započítáváme s teplotou $t_{r\psi}$ v 1 hodinu ráno.

Hodnotu fázového posunutí teplotních kmitů můžeme pro průměrné vlastnosti stěn přibližně určit ze vztahu:

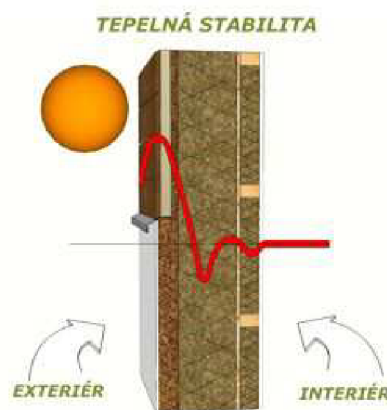
$$\psi = 32d - 0,5 \quad [\text{hod}] \quad (3.11)$$

kde: d je tloušťka stěny [m]

Hodnotu součinitele zmenšení teplotního kolísání m přibližně určíme dle vztahu:

$$m = \frac{1 + 7,6d}{2500^d} \quad [-] \quad (3.12)$$

kde: d je tloušťka stěny [m]



Obr. 3.10: Zmenšení teplotního kolísání vlivem tepelné kapacity stěny (akumulace) [9]

Stěny těžké

Stěny těžké mají již tak velkou tepelnou kapacitu, že lze kolísání teplot na vnitřním povrchu zanedbat. Jedná se o stěny s tloušťkou větší než 0,45 m. Tepelný tok se pak určí dle vztahu:

$$Q_{st} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot (t_{rm} - t_i) \quad [W] \quad (3.13)$$

kde: U_{st} je součinitel prostupu tepla stěny [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

S_{st} je plocha stěny [m^2]

t_{rm} je průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [$^{\circ}C$]

t_i je teplota vzduchu v interiéru [$^{\circ}C$]

3.8 Tepelné zisky infiltrací

Při nuceném větrání klimatizovaných prostor se tepelné zisky způsobené tlakem větru nebo účinkem vzlaku neuvažují. S infiltrací se počítá pouze u podtlakových klimatizačních systémů. V našem případě je však navržen klimatizační systém mírně přetlakový. Proto jsou tepelné zisky infiltrací nulové.

Pro dimenzování výkonu výměníků klimatizačního zařízení je však nutné zahrnout i tepelné zisky plynoucí z přívodu čerstvého vzduchu do klimatizačního zařízení. Právě zahrnutí této části vytváří rozdíl mezi tepelnými zisky a tepelnou zátěží, kdy:

„**Tepelné zisky** = tepelný tok do klimatizovaného prostoru. Do tepelných zisků se nezahrnují zisky tepla, vyplývající z přívodu venkovního vzduchu do klimatizačního zařízení.

Tepelná zátěž = celkový tepelný tok vstupující do klimatizovaného prostoru, který musí být eliminovaný chladicím výkonem klimatizačního zařízení. Zahrnuje i teplo obsažené ve větracím vzduchu a teplo produkované klimatizačním zařízením.“^[8]

Tepelné zisky plynoucí z přívodu čerstvého větracího vzduchu vypočteme ze vztahu:

$$Q_L = V_L \cdot \rho_L \cdot c_L \cdot (t_e - t_i) \quad [\text{W}] \quad (3.14)$$

kde: V_L je objemový průtok přiváděného vzduchu [m^3/s]

ρ_L je hustota vzduchu (obvykle uvažujeme hodnotu 1,2) [kg/m^3]

c_L je měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$]

t_e je teplota vzduchu v exteriéru [$^{\circ}\text{C}$]

t_i je teplota vzduchu v interiéru [$^{\circ}\text{C}$]

3.9 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla

Jedná se především o produkci tepla od lidí, osvětlení, strojů, technologií atd. Přestože se již nejedná o část tepelných zisků způsobených slunečním zářením, v mnoha situacích mají velký podíl na celkové tepelné zátěži. Například při výpočtu tepelné zátěže kinosálu tvoří tyto zisky dokonce rozhodující podíl. Jejich výpočet je mnohdy velice nejistý a záleží výhradně na úsudku projektanta v kooperaci s provozovatelem navrhované budovy (investorem). Typickým příkladem mohou být např. obchodní centra. Z tohoto důvodu nemohou být opomenuty ani v tomto textu.

3.9.1 Tepelná produkce lidí

Právě určení produkce tepla lidí představuje velkou nejistotu při výpočtu tepelných zisků. Nejenže je často obtížné stanovit samotný počet osob, který se bude v prostoru vyskytovat, ale člověk také produkuje teplo v silné závislosti na jeho činnosti a povrchu těla. Jinou produkci představují muži, jinou ženy. Jinou produkci představují lidé oblečení v silném oděvu, jinou v plavkách. Jinou produkci má tentýž člověk při teplotě okolí 20°C, jinou při 24°C. Díky celé řadě aplikací je nutné tyto faktory zohlednit. V praxi nejčastěji stanovujeme tepelnou produkci lidí pomocí klasifikace dle činností nebo povolání. Pro návrh klimatizačního zařízení je tato metoda dostačující, její chyba je ovšem velká. Pokud bychom potřebovali znát přesnější hodnoty, museli bychom se uchýlit k měření. Měřit můžeme srdeční frekvenci člověka, ze které jsme schopni stanovit produkci tepla s přesností na 10 %, nebo spotřebu kyslíku (přímá kalorimetrie) s přesností 5 %. Tyto metody však slouží spíše pro vědecké účely než pro využití v praxi. Dle ČSN 73 0548 vypočteme tepelnou produkci lidí ze vztahu:

$$Q_1 = n_1 \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) \quad [\text{W}] \quad (3.15)$$

kde: n_1 je počet osob

t_i je teplota interiéru [°C]

Produkci citelného tepla žen stanovuje norma na 85 % produkce tepla mužů, u dětí je to pak 75 %. Při různorodém složení skupiny se pak přepočítává ekvivalentní počet osob ze vztahu:

$$n_1 = n_m + 0,85n_z + 0,75n_d \quad (3.16)$$

kde: n_m je počet mužů

n_z je počet žen

n_d je počet dětí

Fyzická aktivita	tepelná produkce (W) dle ISO 7243	
hluboký spánek (bazální metabolismus)	85	
sezení v klidu - duševní práce	90 - 95	
čtení potichu, v sedě, bez opory	115	
sezení s mírnou aktivitou a uvolněné stání	120 - 150	
velmi lehká práce (švadleny, čtení nahlas)	120 - 140	
lehká práce (práce v laboratoři, učitelé)	140 - 200	180
středně těžká práce (slévači, přednášející)	200 - 260	300
těžká práce (tesaři, nakládači s lopatou)	260 - 320	400
velmi těžká práce (dřevorubci, ruční sekáči)	nad 320	520
horolezci	700 - 1000	
krátkodobý max. výkon	1 800	
chůze rychlostí 3,5 km.h ⁻¹ po rovině	290	
chůze rychlostí 3,5 km.h ⁻¹ při stoupání 2,5°	330	

Obr. 3.11: Tabulka s přehledem tepelné produkce lidí při různých činnostech

[2]

3.9.2 Tepelná produkce svítidel

Pro výpočet tepelné produkce svítidel máme několik možností postupu. V ideálním případě známe příkon světla, která jsou v prostoru navržena. Pak jednoduše vynásobíme příkon jednoho svítidla počtem svítidel ve vyšetřované místnosti. Při výpočtu tepelné produkce svítidel uvažujeme, že se celý příkon svítidla přemění v tepelnou energii vyzařovanou do prostoru. Norma tento příkon ještě upravuje dle vztahu:

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [W] \quad (3.17)$$

kde: **P** je příkon svítidel včetně ztráty v předřadníku [W]

c₁ je součinitel současnosti používání svítidel [-]

c₂ je zbytkový součinitel (běžně je roven 1) [-]

V případě, že příkon svítidel neznáme, udává norma doporučené hodnoty intenzity osvětlení pro různá pracoviště, a k tomu odpovídající produkci tepla svítidel. Ovšem vývoj technologií dnešní svítidla posunul na takovou úroveň, že se nabízí otázka, není-li hodnota 25 – 35 W/m² tepelného výkonu, při intenzitě osvětlení pracoviště 500 lx, příliš vysoká?

3.9.3 Ostatní zdroje tepla

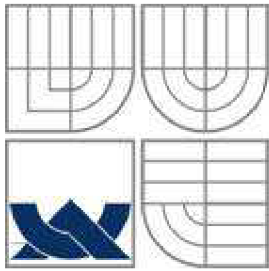
Mezi další zdroje tepla se v dnešní době řadí především počítače, tiskárny, televizory a různá další elektronika a technologie. U stravovacích zařízení nesmíme opomenout nejen tepelnou produkci technologie pro přípravu jídel (pece, vařiče, fritézy apod.), ale také jídel samotných. Norma ČSN 73 0548 myslí i na ohřátí přiváděného vzduchu od ventilátorů a ohřátí přiváděného vzduchu ve vzduchovodech. Dále také zmiňuje tělesa s rozdílnou povrchovou teplotou (např. potrubí) nebo dopravovaný materiál s teplotou vyšší, než je teplota vzduchu v interiéru. Další tepelné zisky může také představovat sousední místnost s rozdílnou teplotou interiéru. Tyto zdroje tepla se však ve většině aplikací nevyskytují, anebo jsou natolik malé, že je můžeme zanedbat.

Podrobný výpočet dle výše zmíněného postupu je uveden ve výpočtové části – 2.B.3. Tepelné zisky.

4. Závěr

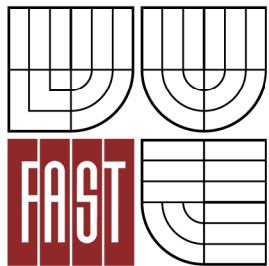
Výpočet tepelné zátěže je základním stavebním kamenem pro návrh optimálního klimatizačního zařízení. Chybně provedený výpočet tepelné zátěže může vést k nefunkčnosti celého systému a v důsledku toho k promarnění investice nebo vytvoření vícenákladů. Při výpočtu tepelných zisků přes dvojitou prosklenou konstrukci je zapotřebí si uvědomit fyzikální podstatu výpočtu a vhodně zkombinovat výpočtové metody tak, abychom výpočet prováděli vždy s hodnotami co možná nejpresněji vystihujícími realitu.

Norma ČSN 73 0548 by nám měla dopomáhat právě k výpočtu přesnými postupy s relevantními údaji dle nejnovějších vědeckých i praktických poznatků. Fyzikální podstata se nemění, otázkou však zůstává, jestli by nebylo vhodné, téměř po třiceti letech od vstoupení v platnost, tuto normu v některých ohledech aktualizovat.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ČÁST 2. B – NÁVRHOVÁ A VÝPOČTOVÁ ČÁST

VARIANTNÍ ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE SYSTÉMŮ VZDUCHOTECHNIKY PROSTORU LABORATOŘÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MICHAL FALTYS

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2015

1. Analýza objektu

Objekt laboratorní budovy společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. se nachází v Brně – Řečkovicích. Jedná se o sedmipodlažní skeletovou budovu. Výplňové zdivo tvoří pórobetonové tvárnice YTONG tl. 250 mm. Celý objekt je zateplen zateplovacím systémem ETICS v tloušťce 160 mm. Objekt není podsklepen. Střecha je plochá, s krytinou z asfaltových pásů. Celé 7.NP slouží jako strojovna vzduchotechniky. Řešený prostor se nachází ve 3.NP, konkrétně v jižní polovině tohoto podlaží. Strojovna pro vzduchotechnickou jednotku obsluhující řešený prostor se nachází též ve 3.NP.



Laboratorní budova společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s.

Požadavkem investora pro návrh rekonstrukce systémů vzduchotechniky byla možnost samostatného ovládání východní a západní poloviny laboratoří. Z tohoto důvodu byl objekt rozdělen na 3 funkční celky:

Zóna 1 – Klimatizace laboratoří východ

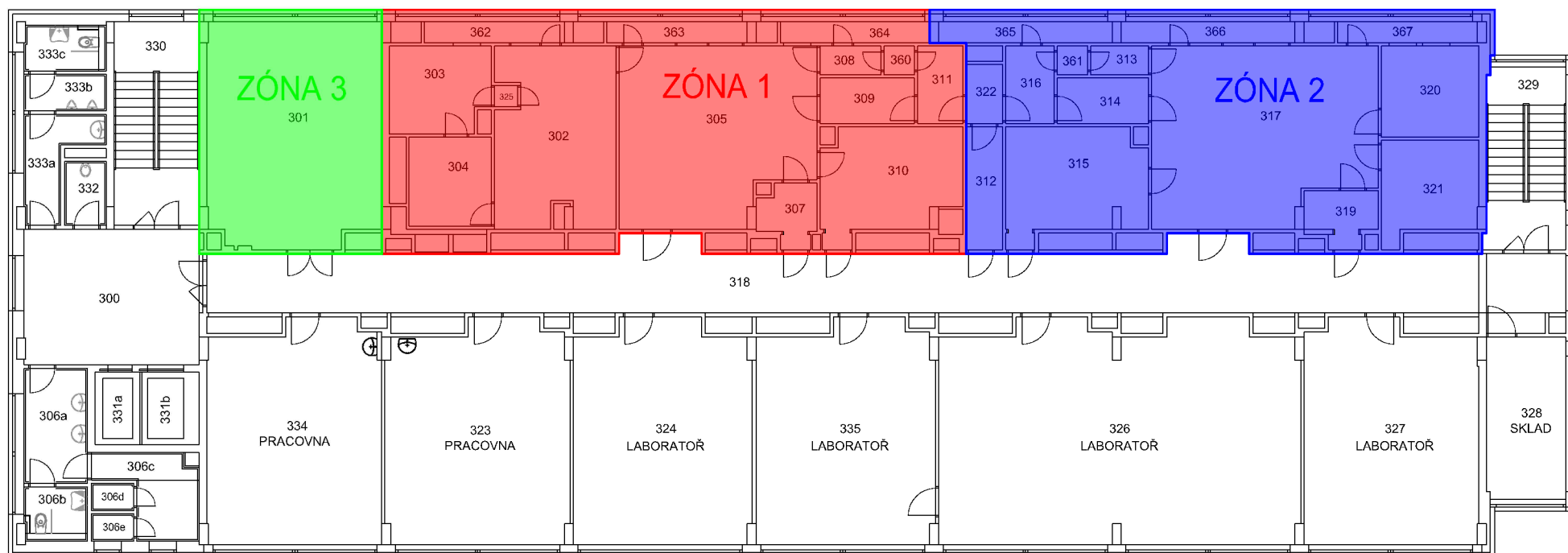
Zóna 2 – Klimatizace laboratoří západ

Zóna 3 – Nucené větrání strojovny VZT

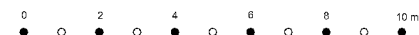


LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA [m ²]	Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA [m ²]	Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA [m ²]
301	STROJOVNA VZT	37,65	310	UMÝVÁRNA	14,08	319	SKLAD	4,44
302	LABORATOŘ	23,06	311	ŠATNA	3,90	320	LABORATOŘ	9,68
303	LABORATOŘ	10,45	312	VSTUPNÍ CHODBA	4,42	321	SKLAD	9,37
304	SKLAD	8,40	313	ŠATNA	1,92	322	CHODBA	2,15
305	LABORATOŘ	31,64	314	ŠATNA	4,70	325	MATER. PROPUST	0,50
307	SKLAD	2,55	315	MANIPUL. PROSTOR	14,44	360	SPRCHA	0,94
308	ŠATNA	1,92	316	ŠATNA	3,9	361	SPRCHA	1,25
309	ŠATNA	4,71	317	LABORATOŘ	41,6			



ZÓNA 1 - KLIMATIZACE LABORATOŘÍ VÝCHOD
 ZÓNA 2 - KLIMATIZACE LABORATOŘÍ ZÁPAD
 ZÓNA 3 - NUCENÉ VĚTRÁNÍ STROJOVNY VZT



ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY

PŮDORYS 3.NP

Tabulka místností

Podlaží	Informace o místnosti				Léto		Zima	
	Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]
Zařízení č. 1 - Klimatizace laboratoří								
Zóna 1 - východ								
3.	302	Laboratoř	23,06	59,96	24	50	22	40
3.	303	Laboratoř	10,45	27,17	24	50	22	40
3.	304	Sklad	8,40	21,84	27	50	20	40
3.	305	Laboratoř	31,64	82,26	24	50	22	40
3.	307	Sklad	2,55	6,63	27	50	20	40
3.	308	Šatna	1,92	4,99	24	50	22	40
3.	309	Šatna	4,71	12,25	24	50	22	40
3.	310	Umývárna	14,08	36,61	24	50	22	40
3.	311	Šatna	3,90	10,14	24	50	22	40
3.	325	Materiálová propust	0,50	1,30	24	50	22	40
3.	360	Sprcha	0,94	2,44	24	50	22	40
Zóna 2 - západ								
3.	312	Vstupní chodba	4,42	11,49	24	50	20	40
3.	313	Šatna	1,92	4,99	24	50	22	40
3.	314	Šatna	4,70	12,22	24	50	22	40
3.	315	Manipulační prostor	14,44	37,54	24	50	22	40
3.	316	Šatna	3,90	10,14	24	50	22	40
3.	317	Laboratoř	41,60	108,16	24	50	22	40
3.	319	Sklad	4,44	11,54	27	50	20	40
3.	320	Laboratoř	9,68	25,17	24	50	22	40
3.	321	Sklad	9,37	24,36	27	50	20	40
3.	322	Chodba	2,15	5,59	24	50	20	40
3.	361	Sprcha	1,25	3,25	24	50	22	40
Zóna 3 - strojovna vzduchotechniky								
3.	301	Strojovna VZT	37,65	128,01	27	50	20	40

2. Varianty řešení a jejich posouzení

Společnost BioVendor – Laboratorní medicína a.s. vlastní sedmipodlažní objekt laboratorní budovy v Brně – Řečkovících. Tento objekt odkoupila od předchozího majitele ve značně opotřebeném stavu, a tak budovu v roce 2011 kompletně zrekonstruovala. Předchozí majitel budovu využíval pro stejné účely, budova tedy sloužila pro laboratoře. V roce 1997 byly ve 3.NP objektu vybudovány čisté prostory formou vestavby do stávajícího objektu. Tyto čisté prostory obsluhovala samostatná vzduchotechnická jednotka Weiss Technik umístěná ve strojovně VZT ve 3.NP. BioVendor se vzhledem k hodnotě čistých prostor rozhodl tyto prostory zachovat a z rekonstrukce tak jižní polovinu 3.NP vyloučit. Po několika letech provozu se však ukázalo, že 16 let stará VZT jednotka již není schopna dodržet dnešní přísné parametry čistých prostor a její životnost se blíží ke konci. Z tohoto důvodu se rozhodlo o rekonstrukci vzduchotechniky v daných prostorách. BioVendor však pro svůj provoz čisté prostory nepotřebuje, a tak se v rámci finanční úspory rozhodl, že po stránce vzduchotechniky udělá z čistých prostor klasické laboratoře. Jelikož by ale demontáž stávající vestavby byla nákladná, ponechal vestavbu v původním stavu.



Stávající VZT jednotka Weiss Technik obsluhující čisté prostory

Po důkladné prohlídce řešených prostor, objasnění funkce stávajících systémů vzduchotechniky a vyjasnění požadavků ze strany investora vznikly pro rekonstrukci vzduchotechnických systémů laboratoří společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. dvě technicky proveditelné varianty řešení:

Varianta 1 – napojení na stávající vzduchotechnickou jednotku

V současnosti se v řešené budově nacházejí ve strojovně VZT v 7.NP dvě vzduchotechnické jednotky Remak, každá o průtoku vzduchu $18\,000\text{ m}^3/\text{h}$. Tyto jednotky obsluhují celou laboratorní budovu - každá 3 podlaží. Z toho tedy plyne, že do každého podlaží přivádějí objemový průtok $V_p = 6\,000\text{ m}^3/\text{h}$. Jelikož se polovina 3.NP z rekonstrukce vyloučila, má jednotka obsluhující 1., 2. a 3.NP určitou rezervu. Mimo to se v laboratorní budově mnoho místností s původním účelem dle projektové dokumentace jako laboratoř ve skutečnosti využívá jako kancelář. Proto došlo k přeregulování celého systému vzduchotechniky a stažení otáček ventilátoru pomocí frekvenčních měničů na pouhých 39 % vzduchového výkonu. A proto se nabídla varianta 1, tedy napojit i druhou polovinu 3.NP na stávající VZT jednotku. Ze strojovny v 7.NP vedou od této jednotky 3 vertikální potrubí, každé pro jedno podlaží. Vzhledem k absolutní obsazenosti instalačních šachet není již možné vytvořit pro nově obsluhovaný prostor potrubí čtvrté. Proto by se muselo nové potrubí napojit na stávající potrubí na úrovni podhledu ve 3.NP. Toto potrubí je však dimenzované na maximální průtok $6\,000\text{ m}^3/\text{h}$, jeho rozměry jsou $700 \times 400\text{ mm}$. V případě vyššího průtoku potrubím této dimenze bude překročena rychlost proudění 6 m/s , což je pro budovu tohoto typu nepřijatelné. Do 3.NP po posledním zaregulování systému proudí dle měření $2\,474\text{ m}^3/\text{h}$. Z toho vyplývá, že zbývající průtok, který můžeme použít pro obsluhu jižní poloviny 3.NP je $3\,526\text{ m}^3/\text{h}$. Jednotka navíc není dimenzovaná na úhradu tepelných zisků, nýbrž pouze na chlazení přivodního vzduchu na teplotu interiéru. Proto by bylo nutné do laboratoří instalovat fancoily, které by zajistily úhradu tepelných zisků. Montáži veškerých nových rozvodů by předcházela kompletní demontáž stávajícího systému. Jednočarové řešení varianty 1 (Půdorys 3.NP) je uvedeno v příloze č. 1.

Varianta 2 – nová vzduchotechnická jednotka

Druhou variantou by bylo namísto demontované stávající jednotky do strojovny VZT ve 3.NP instalovat jednotku novou, a to včetně nových potrubních rozvodů. Nově navržená jednotka by svými parametry splňovala nároky na provoz řešených laboratoří. Jednalo by se o novou vzduchotechnickou jednotku Bösch v hygienickém provedení o vzduchovém výkonu $V_p/V_o = 6\,435/6\,160\text{ m}^3/\text{h}$ s přímým

výparníkem dimenzovaným na kompletní úhradu tepelné zátěže. Potrubní rozvod by byl rozdělen na východní a západní část tak, aby bylo možné provozovat každou část laboratoří zvlášť. To by zajišťovaly elektronické regulátory průtoku vzduchu v kooperaci s frekvenčními měniči ventilátorů. Montáži nové jednotky a potrubních rozvodů by předcházela kompletní demontáž stávajícího systému. Jednočarové řešení varianty 2 (Půdorys 3.NP) je uvedeno v příloze č. 2.



V referenční laboratoři východní části jsou instalovány 2 digestoře – tomu je třeba přizpůsobit návrh objemových průtoků vzduchu

Ekonomické posouzení obou variant



Rekonstrukce systémů vzduchotechniky pro 3.NP laboratoří společnosti
BioVendor – Laboratorní medicína a.s.

Porovnání pořizovacích nákladů pro obě varianty

Popis	m.j.	Množství	Varianta 1		Varianta 2		Zdroj
			Jednotková cena [Kč]	Cena celkem [Kč]	Jednotková cena [Kč]	Cena celkem [Kč]	
Ceny dle vypracovaného projektu							
Hlavní zařízení							
Sestavná klimatizační jednotka Bösch - modul a Skladba: tlumicí vložky, uzavírací klapky, 2 x filtr M6, deskový rekuperátor s by-passem, přímý výparník s eliminátorem kapek, vodní ohřivač, parní zvlhčovač, 2 x ventilátor, filtr F9, rám se stavitelnými nohami	ks	1	0	0	616 604	616 604	Cenová nabídka firmy Bösch
Frekvenční měniče FC 102, krytí IP55	ks	2	0	0	24 721	49 443	
Vyvíječ páry Flair Mk5, vč. příslušenství	ks	1	0	0	149 742	149 742	
Koncové a distribuční elementy							
Protidešťová žaluzie sací (1400 x 800 mm)	ks	1	0	0	0	0	Ceník firmy Mandík
Protidešťová žaluzie výtlačná (1250 x 800 mm)	ks	1	0	0	0	0	
Vířivá výúst Mandík VVM 600 C/V/P/24/R	ks	10	3 158	31 580	3 158	31 580	
Vířivá výúst Mandík VVM 600 C/V/P/16/R	ks	7	2 328	16 296	2 328	16 296	
Vířivá výúst Mandík VVM 600 C/V/O/24/R	ks	8	3 113	24 904	3 113	24 904	
Vířivá výúst Mandík VVM 400 C/V/O/16/R	ks	7	2 359	16 513	2 359	16 513	
Talířový ventil Mandík TVPM 100	ks	6	250	1 500	250	1 500	
Talířový ventil Mandík TVPM 80	ks	5	250	1 250	250	1 250	
Talířový ventil Mandík TVOM 125	ks	3	300	900	300	900	
Talířový ventil Mandík TVOM 100	ks	2	250	500	250	500	
Talířový ventil Mandík TVOM 80	ks	2	250	500	250	500	
Potrubí							
Pozinkované potrubí čtyřhranné do obvodu:							
4460/60 % tvarovek	bm	2,4	0	0	2 053	4 927	Ceník firmy Vzduchotechnika a klimatizace CZ Brno
2630/60 % tvarovek	bm	30,7	1 210	37 147	1 210	37 147	
1890/20 % tvarovek	bm	71,0	802	56 942	802	56 942	
1500/50 % tvarovek	bm	6,7	678	4 543	678	4 543	
1200/30 % tvarovek	bm	8,0	518	4 144	518	4 144	
1000/20 % tvarovek	bm	16,5	425	7 013	425	7 013	
850/100 % tvarovek	bm	0,4	421	168	421	168	
650/50 % tvarovek	bm	7,1	294	2 087	294	2 087	
Kruhové SPIRO potrubí:							
Ø 200	bm	1,5	175	525	175	525	Ceník firmy Elektrodesign
Ø 125	bm	0,8	117	351	117	351	
Ø 100	bm	0,4	104	312	104	312	
Ø 80	bm	0,2	90	270	90	270	
Flexibilní zvukově izolační potrubí SONOFLEX:							
Ø 250	bm	22,0	280	6 160	280	6 160	Ceník firmy Elektrodesign
Ø 200	bm	21,0	233	4 893	233	4 893	
Ø 125	bm	4,5	161	725	161	725	
Ø 100	bm	9,8	141	1 382	141	1 382	
Ø 80	bm	10,5	130	1 365	130	1 365	
Přechod ze čtyřhranného na kruhové potrubí:							
200/200 -> Ø 200	ks	2	528	1 056	528	1 056	Ceník firmy Vzduchotechnika a klimatizace CZ Brno
125/125 -> Ø 125	ks	2	528	1 056	528	1 056	
100/100 -> Ø 100	ks	2	528	1 056	528	1 056	
100/100 -> Ø 80	ks	1	528	528	528	528	

Popis	m.j.	Množství	Varianta 1		Varianta 2		Zdroj
			Jednotková cena [Kč]	Cena celkem [Kč]	Jednotková cena [Kč]	Cena celkem [Kč]	
Ostatní							
Elektronický regulátor průtoku vzduchu TROX:							
600 x 300	ks	4	0	0	13 139	52 556	Cenová nabídka firmy TROX
Regulační klapka čtyřhranná:							
140 x 125	ks	1	842	842	842	842	Ceník firmy Mandík
125 x 125	ks	2	842	1 684	842	1 684	
Regulační klapka kruhová:							
Ø 250 se servopohonem	ks	8	2 767	22 136	2 767	22 136	Ceník firmy Mandík
Ø 250	ks	10	759	7 590	759	7 590	
Ø 200	ks	14	715	10 010	715	10 010	
Ø 125	ks	3	651	1 953	651	1 953	
Ø 100	ks	8	639	5 112	639	5 112	
Ø 80	ks	7	629	4 403	629	4 403	
Tlumič hluku kulisový MART v hygienickém provedení:							
1000.500.2000	ks	4	0	0	10 186	40 744	Ceník firmy Mart
630.500.1000	ks	2	0	0	3 116	6 232	
Tepelná izolace ROCKWOOL KLIMAFIX tl. 50 mm	m ²	104,1	0	0	350	36 479	Ceník firmy ROCKWOOL
Tepelná izolace K-FLEX H DUCT tl. 19 mm	m ²	105,7	532	56 232	532	56 232	Ceník firmy Izoltech
Protipožární izolace ISOVER Orstech 65 H	m ²	7,6	190	1 444	190	1 444	Ceník firmy ISOVER
Mezisoučet				337 072 Kč		1 293 798 Kč	
Ceny odhadované (nejsou zahrnuty v projektu, ostatní profese atd.)							
Zařízení oboru TZB							
Kondenzační jednotka (60kW) + Cu rozvody	ks	1	0	0	400 000	400 000	Odhad odborné realizační firmy
Úpravna vody	ks	1	0	0	200 000	200 000	Odhad odborné realizační firmy
Měření a regulace	kpl.	1	120 000	120 000	300 000	300 000	Odhad odborné realizační firmy
Sílnoproud - napájení VZT a KLM	kpl.	1	25 000	25 000	300 000	300 000	Odhad odborné realizační firmy
Napojení zdroje tepla (směšovací okruh)	kpl.	1	0	0	100 000	100 000	Odhad odborné realizační firmy
Zdravotní technika (odvody kondenzátu apod.)	kpl.	1	50 000	50 000	25 000	25 000	Odhad odborné realizační firmy
Fancoily	kpl.	1	250 000	250 000	0	0	Odhad odborné realizační firmy
Rozvody studené vody (Cu)	kpl.	1	300 000	300 000	0	0	Odhad odborné realizační firmy
Zaregulování a uvedení do provozu	kpl.	1	50 000	50 000	10 000	10 000	Odhad odborné realizační firmy
Zařízení mimo obor TZB - stavební úpravy apod.							
Demontáž stávajícího systému	kpl.	1	350 000	350 000	350 000	350 000	Odhad vedoucího práce
Stavební úpravy	kpl.	1	120 000	120 000	120 000	120 000	Odhad odborné realizační firmy
Kazetový podhled	kpl.	1	200 000	200 000	200 000	200 000	Odhad odborné realizační firmy
Sílnoproud - osvětlení	kpl.	1	97 500	97 500	97 500	97 500	Odhad odborné realizační firmy
Mezisoučet				1 562 500 Kč		2 102 500 Kč	
Rezerva 10 %					189 957		339 630
Celkové pořizovací náklady bez DPH				2 089 529 Kč		3 735 928 Kč	

Porovnání provozních nákladů pro obě varianty

Provozní náklady byly stanoveny pomocí výpočtového softwaru Teruna 1.5b. Pro zařízení byl uvažován provozní režim 10 hodin denně, 5 dní v týdnu. Mimo pracovní dobu bude zařízení nečinné.

Varianta 1

Elektrická energie pro výrobu páry:

Roční potřeba páry: 18 541 kg/rok

Parní výkon stávajícího vyvíječe páry Carel heaterSteam UR060: 60 kg/h

Příkon stávajícího vyvíječe páry Carel heaterSteam UR060: 45 kW

Elektrická energie pro výrobu páry: 14 000 kWh

Elektrická energie pro pohon ventilátorů: 12 000 kWh

Elektrická energie pro výrobu studené vody ve VZT jednotce: 1200 kWh

Objemový průtok **Varianta 1** však nezajistí pokrytí tepelných zisků při teplotě přívodního vzduchu 19°C, proto je nutné v prostoru instalovat fancoily, které pokryjí zbývající část tepelných zisků. Tyto fancoily budou napojeny na stávající systém rozvodu chladu, což znamená zvýšení výkonu stávajícího zdroje chladu. Z tohoto důvodu připočteme ještě **1 000 kWh** elektrické energie na výrobu studené vody. Zohlednit musíme ovšem i provoz ventilátorů ve fancoilech. Za předpokladu, že budou v provozu 1 měsíc v roce, to znamená **400 kWh** elektrické energie.

Elektrická energie pro výrobu studené vody: 2 600 kWh

Tepelná energie pro ohřev vzduchu (s uvažováním ZZT): 16 000 kWh

Při výpočtu provozních nákladů bylo uvažováno s reálnými cenami energií, které vycházejí z vyúčtování společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. za rok 2014:

Elektrická energie: 2,3 Kč/kWh

Tepelná energie: 1,2 Kč/kWh

Roční provozní náklady na elektrickou energii: 66 000,- Kč

Roční provozní náklady na ohřev přiváděného vzduchu: 20 000,- Kč

Celkové roční provozní náklady bez DPH: 86 000,- Kč

Varianta 2

Elektrická energie pro výrobu páry:

Roční potřeba páry: 33 835 kg/rok

Parní výkon vyvíječe páry Defensor Mk5 60: 54 kg/h

Příkon vyvíječe páry Defensor Mk5 60: 40,4 kW

Elektrická energie pro výrobu páry: 26 000 kWh

Elektrická energie pro pohon ventilátorů: 24 000 kWh

Elektrická energie pro výrobu studené vody: 2 200 kWh

Tepelná energie pro ohřev vzduchu (s uvažováním ZZT): 45 000 kWh

Při výpočtu provozních nákladů bylo uvažováno s reálnými cenami energií, které vycházejí z vyúčtování společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. za rok 2014:

Elektrická energie: 2,3 Kč/kWh

Tepelná energie: 1,2 Kč/kWh

Roční provozní náklady na elektrickou energii: 121 000,- Kč

Roční provozní náklady na ohřev přiváděného vzduchu: 54 000,- Kč

Celkové roční provozní náklady bez DPH: 175 000,- Kč

Jednotka	Veličina	Varianta 1	Varianta 2
kWh	Elektrická energie pro výrobu páry	14 000	26 000
	Elektrická energie pro pohon ventilátorů	12 000	24 000
	Elektrická energie pro výrobu studené vody	2 600	2 200
	Tepelná energie pro ohřev vzduchu	16 000	45 000
Kč/kWh	Cena elektrické energie	2,3	2,3
	Cena tepelné energie	1,2	1,2
Kč	Roční provozní náklady na elektrickou energii	66 000	121 000
	Roční provozní náklady na tepelnou energii	20 000	54 000
	Celkové roční provozní náklady bez DPH	86 000	175 000

Pozn.: Výsledky výpočtu z programu Teruna 1.5b i se základními vstupními údaji jsou uvedeny na straně 43 – 48. Uvedené hodnoty jsou stanoveny teoretickým výpočtem a mohou se od skutečnosti lišit.

Úpravy vzduchu - Varianta 1			
Výpočtové podmínky	Zima	Léto	Průtok vzduchu
Exteriér			Přívod V_p [m ³ /h]: 3525
Teplota t_e [°C]:	-12	30	Odvod V_o [m ³ /h]: 3250
Entalpie h_e [kJ/kg]:	-9.15	54	Účinnost ZZT[%]: 70
Měrná vlhkost x_e [g/kg]:	1.2	9.28	Ohřev vzduchu
Relativní vlhkost RHe [%]:	87.25	34.02	parním vlhčením [K]: 0.5
Nadmořská výška h [m]:	250		Tlak p [kPa]: 98.28
Interiér			Klimatická oblast
Teplota t_i [°C]:	22	24	Brno
Entalpie h_i [kJ/kg]:	39.42	48.64	
Měrná vlhkost x_i [g/kg]:	6.77	9.59	
Relativní vlhkost RHi [%]:	40	50	
Teplota rosného bodu na chladiči:	Popis:		
<input checked="" type="radio"/> Vodní chladič	10		
<input type="radio"/> Přímý výparník	6		

Bazény

Copyright (c) TRN
www.volny.cz/VirtualWorld

Spotřeba energie pro vzduchotechniku

Provoz v měsících:

- Leden Únor Březen Duben Květen Červen
 Červenec Srpen Zářít Říjen Listopad Prosinec

Počet pracovních dnů v týdnu: 5

Základní provozní režim zařízení od: 6 Do: 16 [hod]

ZZT s účinností [%]: 70

Průtok vzduchu - přívod [m3/h]: 3525

- odvod [m3/h]: 3250

Podíl čerstvého vzduchu [%] v zimě: 100 v létě: 100 Příkon elektromotorů [kW]: 4.14

- Mimo základní režim je zařízení v útlumovém provozu. Je dovolen pokles teploty o [K]: 0
 - snížení vzduchového výkonu na [%]: 100
 - podíl čerstvého vzduchu [%]: 100

- Teplovzdušné vytápění

- teplota přiváděného vzduchu za zimních výpočtových podmínek [°C]: 0

- Chlazení

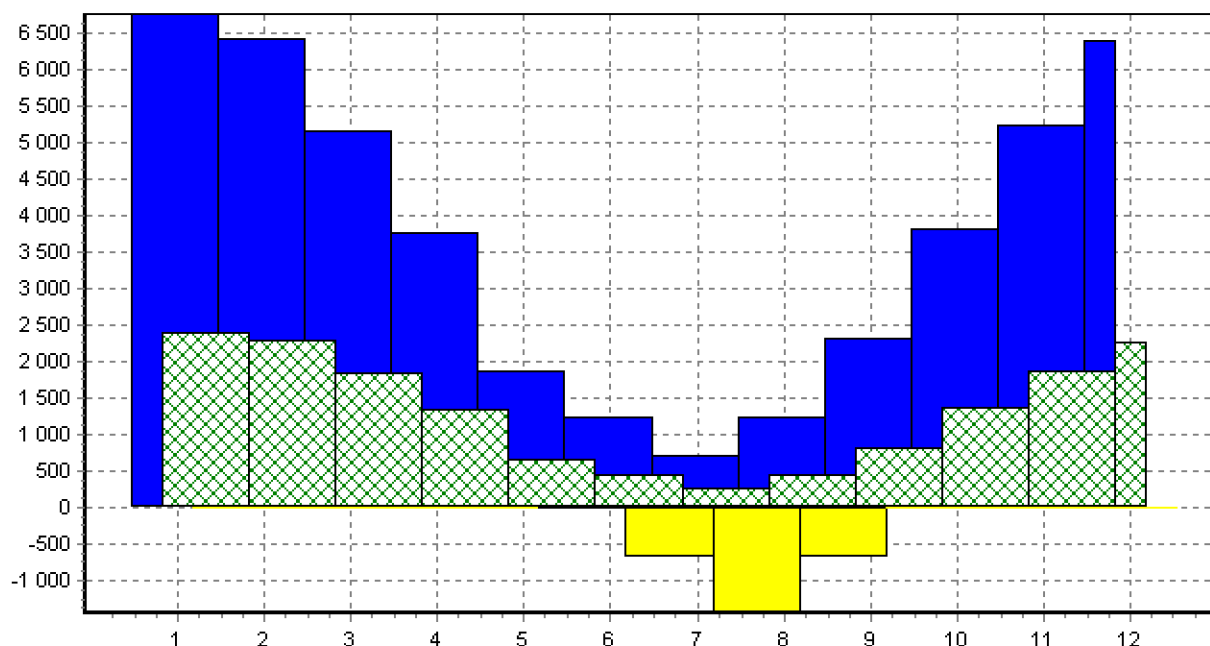
- teplota přiváděného vzduchu za letních výpočtových podmínek [°C]: 19

- Úprava vlhkosti v zimě

Průměrné klimatické podmínky pro ČR

- korekce teploty vzduchu [°C]: 0

Výsledky spotřeby energie pro vzduchotechniku



Roční spotřeba tepla bez ZZT [MWh/rok]:

44.98

Roční spotřeba chladu [MWh/rok]:

-2.88

Roční spotřeba el. energie [MWh/rok]:

11.91

Roční spotřeba tepla se ZZT [MWh/rok]:

15.95

Roční spotřeba páry [kg/rok]:

18540.35

Spotřeba energie pro vzduchotechniku

Provoz v měsících:

- Leden Únor Březen Duben Květen Červen
 Červenec Srpen Zářít Říjen Listopad Prosinec

Počet pracovních dnů v týdnu: 5

Základní provozní režim zařízení od: 6 Do: 16 [hod]

ZZT s účinností [%]: 70

Průtok vzduchu - přívod [m3/h]: 3525

- odvod [m3/h]: 3250

Podíl čerstvého vzduchu [%] v zimě: 100 v létě: 100 Příkon elektromotorů [kW]: 4.14

Mimo základní režim je zařízení v útlumovém provozu. Je dovolen pokles teploty o [K]: 0

- snížení vzduchového výkonu na [%]: 100

- podíl čerstvého vzduchu [%]: 100

Teplovzdušné vytápění

- teplota přiváděného vzduchu za zimních výpočtových podmínek [°C]: 0

Chlazení

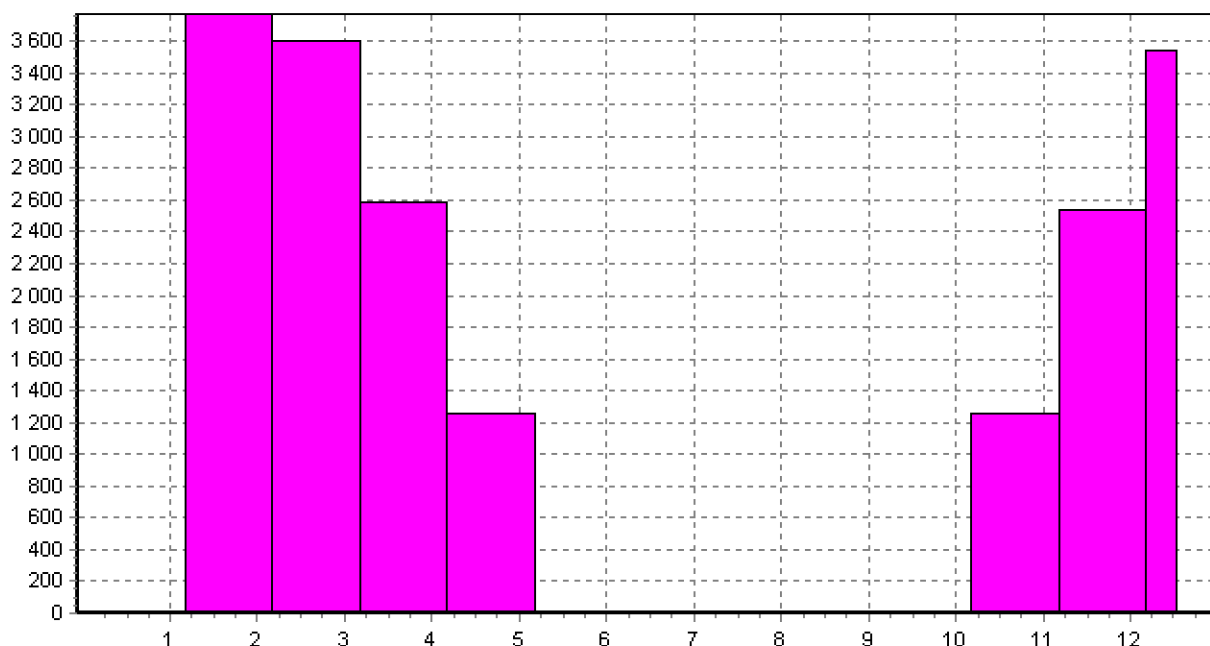
- teplota přiváděného vzduchu za letních výpočtových podmínek [°C]: 19

Úprava vlhkosti v zimě

Průměrné klimatické podmínky pro ČR

- korekce teploty vzduchu [°C]: 0

Výsledky spotřeby energie pro vzduchotechniku



Roční spotřeba tepla bez ZZT [MWh/rok]:

44.98

Roční spotřeba chladu [MWh/rok]:

-2.88

Roční spotřeba el. energie [MWh/rok]:

11.91

Roční spotřeba tepla se ZZT [MWh/rok]:

15.95

Roční spotřeba páry [kg/rok]:

18540.35

Úpravy vzduchu - Varianta 2			
Výpočtové podmínky	Zima	Léto	Průtok vzduchu
Exteriér			Přívod V_p [m ³ /h]: 6435
Teplota t_e [°C]:	-12	30	Odvod V_o [m ³ /h]: 6160
Entalpie h_e [kJ/kg]:	-9.15	54	Účinnost ZZT[%]: 48
Měrná vlhkost x_e [g/kg]:	1.2	9.28	Ohřev vzduchu
Relativní vlhkost RHe [%]:	87.25	34.02	parním vlhčením [K]: 0.5
Nadmořská výška h [m]:	250		Tlak p [kPa]: 98.28
Interiér			Klimatická oblast
Teplota t_i [°C]:	22	24	Brno
Entalpie h_i [kJ/kg]:	39.42	48.64	
Měrná vlhkost x_i [g/kg]:	6.77	9.59	
Relativní vlhkost RHi [%]:	40	50	
Teplota rosného bodu na chladiči:	Popis:		
<input type="radio"/> Vodní chladič 10			
<input checked="" type="radio"/> Přímý výparník 6			

Bazény

Copyright (c) TRN
www.volny.cz/VirtualWorld

Spotřeba energie pro vzduchotechniku

Provoz v měsících:

- Leden Únor Březen Duben Květen Červen
 Červenec Srpen Zářít Říjen Listopad Prosinec

Počet pracovních dnů v týdnu: 5

Základní provozní režim zařízení od: 6 Do: 16 [hod]

ZZT s účinností [%]: 48

Průtok vzduchu - přívod [m3/h]: 6435

- odvod [m3/h]: 6160

Podíl čerstvého vzduchu [%] v zimě: 100 v létě: 100 Příkon elektromotorů [kW]: 8.27

- Mimo základní režim je zařízení v útlumovém provozu. Je dovolen pokles teploty o [K]: 0
 - snížení vzduchového výkonu na [%]: 100
 - podíl čerstvého vzduchu [%]: 100

- Teplovzdušné vytápění

- teplota přiváděného vzduchu za zimních výpočtových podmínek [°C]: 0

- Chlazení

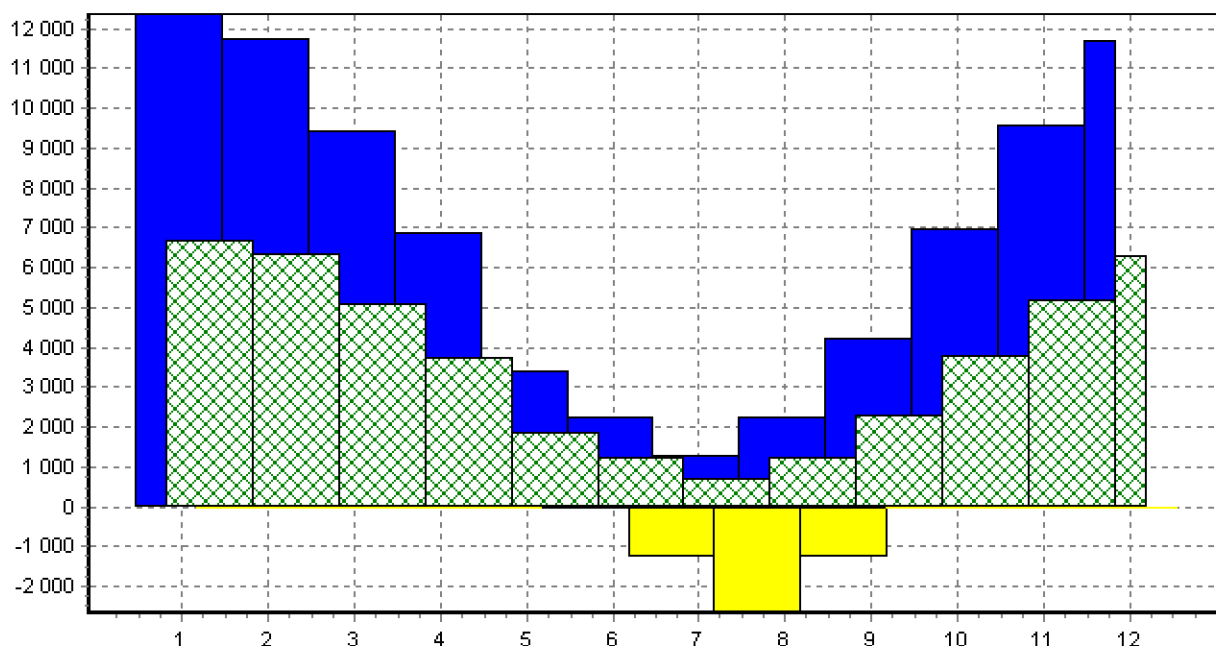
- teplota přiváděného vzduchu za letních výpočtových podmínek [°C]: 19

- Úprava vlhkosti v zimě

Průměrné klimatické podmínky pro ČR

- korekce teploty vzduchu [°C]: 0

Výsledky spotřeby energie pro vzduchotechniku



Roční spotřeba tepla bez ZZT [MWh/rok]:

82.11

Roční spotřeba chladu [MWh/rok]:

-5.26

Roční spotřeba el. energie [MWh/rok]:

23.78

Roční spotřeba tepla se ZZT [MWh/rok]:

44.38

Roční spotřeba páry [kg/rok]:

33834.42

Spotřeba energie pro vzduchotechniku

Provoz v měsících:

Leden Únor Březen Duben Květen Červen
 Červenec Srpen Zářít Říjen Listopad Prosinec

Počet pracovních dnů v týdnu: 5

Základní provozní režim zařízení od: 6 Do: 16 [hod]

ZZT s účinností [%]: 48

Průtok vzduchu - přívod [m3/h]: 6435

- odvod [m3/h]: 6160

Podíl čerstvého vzduchu [%] v zimě: 100 v létě: 100 Příkon elektromotorů [kW]: 8.27

Mimo základní režim je zařízení v útlumovém provozu. Je dovolen pokles teploty o [K]: 0

- snížení vzduchového výkonu na [%]: 100

- podíl čerstvého vzduchu [%]: 100

Teplovzdušné vytápění

- teplota přiváděného vzduchu za zimních výpočtových podmínek [°C]: 0

Chlazení

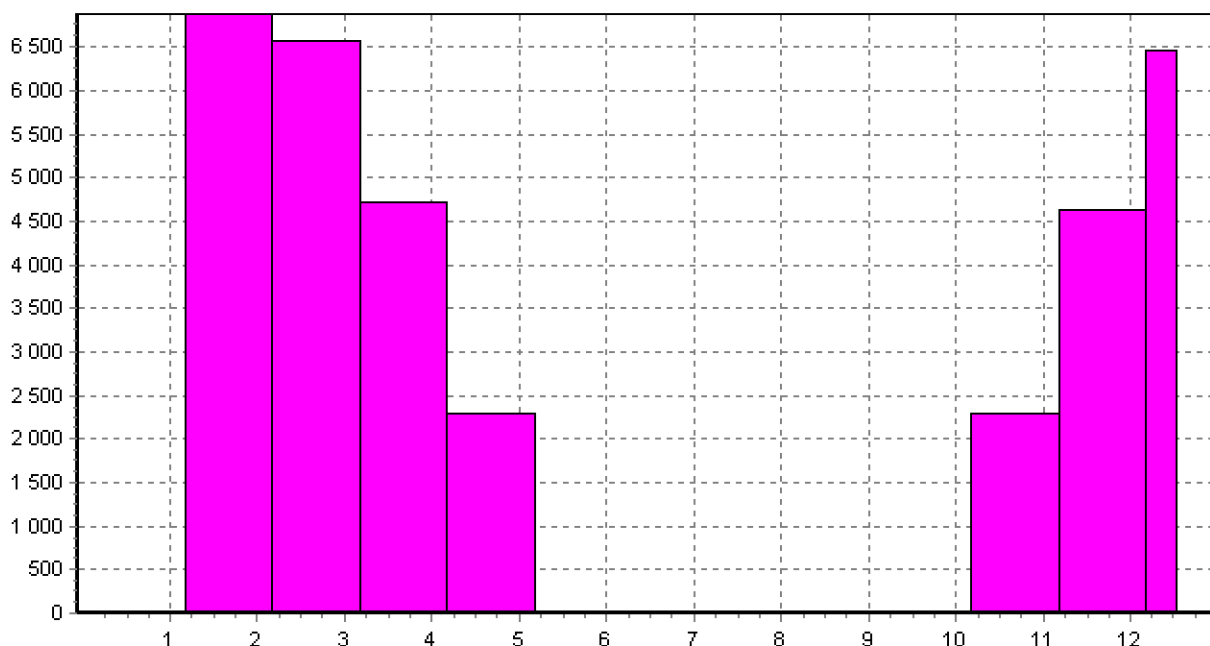
- teplota přiváděného vzduchu za letních výpočtových podmínek [°C]: 19

Úprava vlhkosti v zimě

Průměrné klimatické podmínky pro ČR

- korekce teploty vzduchu [°C]: 0

Výsledky spotřeby energie pro vzduchotechniku



Roční spotřeba tepla bez ZZT [MWh/rok]:

82.11

Roční spotřeba chladu [MWh/rok]:

-5.26

Roční spotřeba el. energie [MWh/rok]:

23.78

Roční spotřeba tepla se ZZT [MWh/rok]:

44.38

Roční spotřeba páry [kg/rok]:

33834.42

Výhody a nevýhody jednotlivých variant

Varianta 1



Výhody

- nižší pořizovací náklady
- nižší provozní náklady
- možnost využití místnosti č. 301 (strojovna VZT) pro jiný účel (sklad, kancelář, apod.)



Nevýhody

- nedostatečný objemový průtok pro zajištění hygienického provozu laboratoří a dodržení požadavků stanovených ČSN EN 14 175 Digestoře!!! Minimální potřebný objemový průtok přiváděného vzduchu je 6 435 m³/h, maximální technicky možný je pro variantu 1 pouze 3 524 m³/h!
- nemožnost provozování východní a západní poloviny laboratoří samostatně, vzduchotechnika by byla v chodu společně s ostatními třemi podlažími laboratorní budovy dle její provozní doby
- nemožnost úspory provozních nákladů v případě, že budou laboratoře neobsazené
- neprůhledné stanovení spotřeby energií pro případ pronajímání laboratoří (energie by byly měřeny společnými měřidly pro celá 3 podlaží a musely by se rozpočítávat nepřesně dle podlahové plochy prostoru)
- zásah do hydrauliky systému vzduchotechniky pro celá tři poschodí (při uvádění do provozu by bylo nutné zaregulovat nejen novou část, ale všechna tři poschodí, což by vedlo k omezení provozu v budově)
- zásah do hydrauliky systému chlazení pro celou budovu (při uvádění do provozu by bylo nutné zaregulovat nejen novou část, ale celý systém obsluhující celou laboratorní budovu)
- hluk od ventilátorů jednotek fancoil, nutných pro dochlazení prostoru v letních měsících

Varianta 2



Výhody

- dostatečný objemový průtok vzduchu pro splnění požadavků norem a platných právních předpisů
- dostatečný chladicí výkon pro pokrytí celé tepelné zátěže – odpadá nutnost instalovat jednotky fancoil a v důsledku toho i hluk od ventilátorů těchto jednotek
- možnost provozovat východní a západní část laboratoří zvláště pomocí regulátorů průtoku vzduchu a frekvenčních měničů ventilátorů a v důsledku toho snížit provozní náklady při obsazení pouze jedné poloviny laboratoří dle požadavku investora
- možnost provozovat laboratoře mimo provozní dobu zbytku laboratorní budovy
- možnost vypnutí vzduchotechniky v případě, že nebudou laboratoře obsazené a v důsledku toho snížit provozní náklady
- průhledné stanovení spotřeby energií samostatným měřením
- při uvádění do provozu není nutno zasahovat do ostatních částí budovy, veškerá činnost bude probíhat pouze v jižní polovině 3.NP



Nevýhody

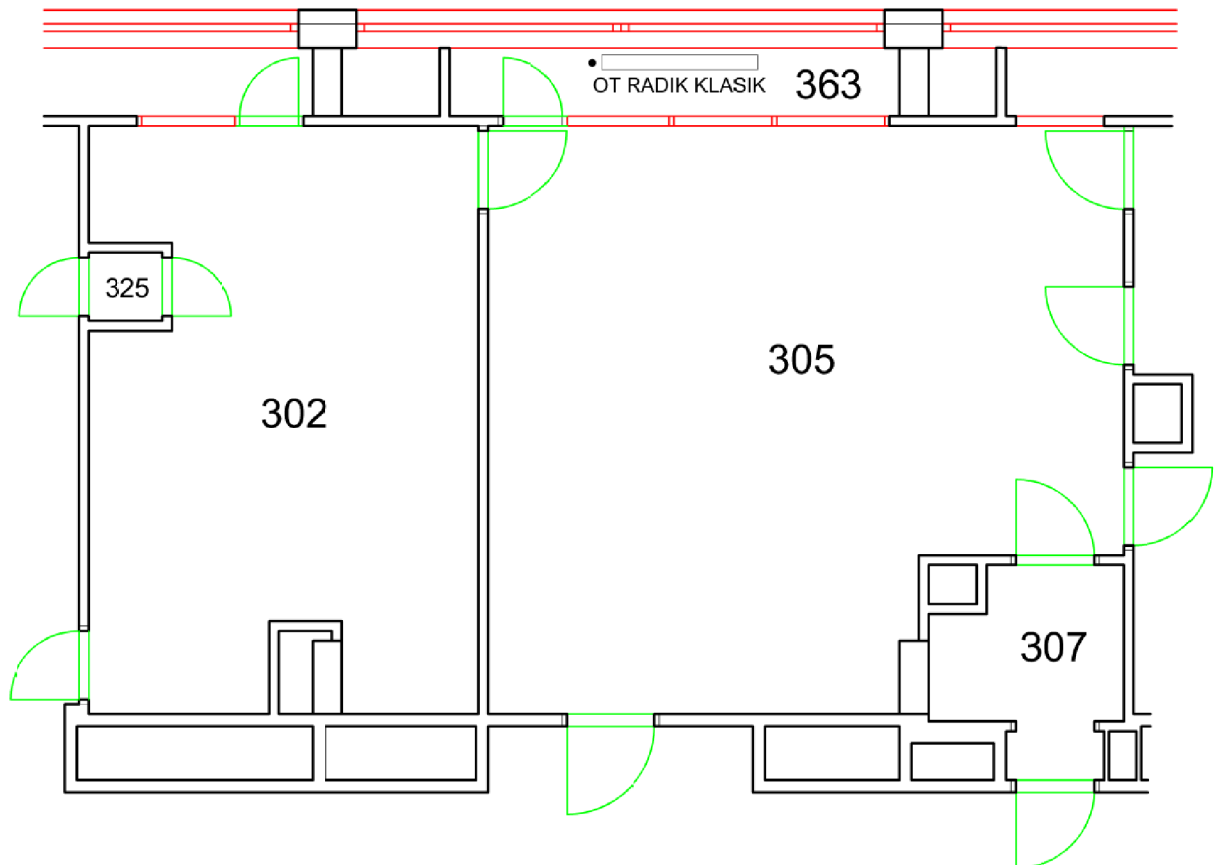
- vyšší pořizovací náklady
- vyšší provozní náklady
- potřeba využít místnost č. 301 jako strojovnu vzduchotechniky

Zhodnocení

Přestože jsou u **Varianty 2** vyšší pořizovací i provozní náklady, nedoporučuji z důvodu nedostatečného objemového průtoku vzduchu realizaci **Varianty 1**. Proto jako jedinou vhodnou možnost navrhuji **Variantu 2**, kterou na základě tohoto hodnocení dále zpracovávám ve stupni prováděcí projektové dokumentace.

3. Tepelné ztráty

Vzhledem k půdorysnému uspořádání řešeného prostoru lze konstatovat, že jeho **tepelné ztráty budou nulové**. Laboratoře se nachází ve 3.NP. Teplota vzduchu v interiéru je shodná ve 2.NP i ve 4.NP. Taktéž teplota vzduchu na chodbě 3.NP je shodná s teplotou interiéru laboratoří. Vestavba laboratoří do původní stavební konstrukce vytváří mezi místnostmi a ochlazovanou obvodovou konstrukcí meziprostor, jenž je vytápěný klasickými deskovými otopnými tělesy. Tento meziprostor tak chrání laboratoře před vnějšími klimatickými vlivy, jak můžeme vidět na výřezu z půdorysu níže.



Výřez půdorysu 3.NP – místnost 305 slouží jako referenční pro zónu 1

4. Tepelné zisky

Okrajové podmínky pro místnost 305:			
Počet osob v místnosti n_L :	5	osob	
Součinitel prostupu tepla vnější stěny U_{st} :	0,23	$W/m^2 \cdot K$	
Plocha vnější stěny (včetně oken a dveří) S_{st} :	15,18	m^2	
Plocha vnější stěny (bez oken a dveří) S_{st} :	4,5	m^2	
Tloušťka vnější stěny d:	0,41	m^2	
Součinitel prostupu tepla vnitřní stěny U_{st} :	2,0	$W/m^2 \cdot K$	
Plocha vnitřní stěny (včetně oken a dveří) S_{st} :	16,91	m^2	
Plocha vnitřní stěny (bez oken a dveří) S_{st} :	10,33	m^2	
Tloušťka vnitřní stěny d:	0,1	m^2	
Orientace oken vůči světovým stranám:	J		
Rozměr oken:	šířka	0,9	m
	výška	1,5	m
	plocha	1,35	m^2
Počet oken n_o :	4	ks	
Součinitel prostupu tepla oken U_o :	2,5	$W/m^2 \cdot K$	
Rozměr dveří:	šířka	0,6	m
	výška	1,97	m
	plocha	1,182	m^2
Rozměr skleněné výplně dveří:	šířka	0,3	m
	výška	1,32	m
	plocha	0,396	m^2
Počet dveří n_d :	1	ks	
Součinitel prostupu tepla dveří U_d :	3,5	$W/m^2 \cdot K$	
Výpočet pro:	den	21	
	měsíc	8	
Maximální intenzita procházející sluneční radiace I_o :	552	W/m^2	
Intenzita difuzní sluneční radiace I_{dif} :	123	W/m^2	
Doba výpočtu τ :	12	h	
Azimutový úhel normály stěny γ :	190	°	
Stínící součinitel s:	0,15	-	
Korekce na čistotu atmosféry c_o :	1	-	
Teplota exteriéru t_e :	30	°C	
Teplota vzduchu v interiéru (pro konvekci) t_{ik} :	41,3	°C	
Teplota interiéru t_i :	24	°C	
Rovnocenná sluneční teplota t_r :	50,2	°C	
Průměrná rovnocenná sluneční teplota t_{rm} :	29,6	°C	

Sluneční deklinace δ :

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

$$\delta = 11,8^\circ$$

Sluneční azimut a :

$$\sin a = \frac{\sin(15\tau) \cdot \cos \delta}{\cosh}$$

$$a = 180,0^\circ$$

Výška slunce nad obzorem h :

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

$$h = 51,8^\circ$$

Velikost osluněné části:**OKNA****Svislý stín:**

$$e_1 = d \cdot \tan |a - \gamma|$$

$$e_1 = 0,12 \text{ m}$$

Vyložení svislého slunolamu d :	0,7	m
Odstup svislého slunolamu f :	1,2	m

Vodorovný stín:

$$e_2 = c \cdot \left| \frac{\operatorname{tgh}}{\cos(a - \gamma)} \right|$$

$$e_2 = 1,55 \text{ m}$$

Vyložení vodorovného slunolamu c :	1,2	m
Odstup vodorovného slunolamu g :	0,9	m

DVEŘE**Svislý stín:**

$$e_1 = d \cdot \tan |a - \gamma|$$

$$e_1 = 0,12 \text{ m}$$

Vyložení svislého slunolamu d :	0,7	m
Odstup svislého slunolamu f :	0,7	m

Vodorovný stín:

$$e_2 = c \cdot \left| \frac{\operatorname{tgh}}{\cos(a - \gamma)} \right|$$

$$e_2 = 1,55 \text{ m}$$

Vyložení vodorovného slunolamu c :	1,2	m
Odstup vodorovného slunolamu g :	1,7	m

Osluněná část okna:

$$S_{oso} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)]$$

$$S_{oso} = 0,768 \text{ m}^2$$

Osluněná část dveří:

$$S_{osd} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)]$$

$$S_{osd} = 0,396 \text{ m}^2$$

Tepelný zisk prosklených částí radiací:

$$Q_{OR} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{dif}] \cdot n \cdot s$$

$$Q_{OR} = 330 \text{ W}$$

Tepelný zisk prosklených částí konvekcí:

$$Q_{OK} = U_o \cdot S_{ok} \cdot (t_{ik} - t_i)$$

$$Q_{OK} = 258 \text{ W}$$

Celkový tepelný zisk prosklených částí:

$$Q_o = Q_{OR} + Q_{OK}$$

$$Q_o = 588 \text{ W}$$

Tepelný zisk neprosklených částí konvekcí:

$$Q_{stk} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot (t_{ik} - t_i)$$

$$Q_{stk} = 405 \text{ W}$$

Tepelný zisk vnějších stěn:											
Stěny lehké ($d < 80 \text{ mm}$)	Stěny středně těžké ($80 \text{ mm} \leq d \leq 450 \text{ mm}$)	Stěny těžké ($d \geq 450 \text{ mm}$)									
$Q_{st} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot (t_r - t_i)$ $Q_{st} = $ <input type="text" value="0"/> W	Fázové posunutí Ψ: $\Psi = 32d - 0,5$ $\Psi = $ <input type="text" value="13"/> hod. $\Rightarrow t_{r,\psi} = $ <input type="text" value="23"/> hod. $t_{r,\psi} = $ <input type="text" value="19,5"/> °C Součinitel zmenšení teplotního kolísání: $m = \frac{1 + 7,6d}{2500^d}$ $m = $ <input type="text" value="0,166"/> $Q_{st} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r,\psi} - t_{rm})]$ $Q_{st} = $ <input type="text" value="4"/> W	$Q_{st} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot (t_{rm} - t_i)$ $Q_{st} = $ <input type="text" value="0"/> W									
Pozn.: tepelný zisk vnějších stěn se v tomto výpočtu nepromítne (je zohledněn při výpočtu výsledné teploty interiéru pro konvekci v simulačním programu Teruna)											
Tepelná produkce lidí: $Q_L = n_L \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i)$ $Q_L = $ <input type="text" value="372"/> W											
Tepelná produkce svítidel: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Počet svítidel n_{sv}:</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td>ks</td> </tr> <tr> <td>Počet trubice v 1 svítidlu n_{tr}:</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td>ks</td> </tr> <tr> <td>Tepelný výkon 1 trubice Q_{tr}:</td> <td style="text-align: center;">18</td> <td>W</td> </tr> </table> $Q_{sv} = n_{sv} \cdot n_{tr} \cdot Q_{tr}$ $Q_{sv} = $ <input type="text" value="576"/> W			Počet svítidel n_{sv} :	8	ks	Počet trubice v 1 svítidlu n_{tr} :	4	ks	Tepelný výkon 1 trubice Q_{tr} :	18	W
Počet svítidel n_{sv} :	8	ks									
Počet trubice v 1 svítidlu n_{tr} :	4	ks									
Tepelný výkon 1 trubice Q_{tr} :	18	W									
Ostatní zdroje tepla: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PC</td> <td style="text-align: center;">150</td> <td>W</td> </tr> <tr> <td>Počet kusů:</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>ks</td> </tr> </table> $Q_{os} = Q_{PC} \cdot n_{PC}$ $Q_{os} = $ <input type="text" value="300"/> W			PC	150	W	Počet kusů:	2	ks			
PC	150	W									
Počet kusů:	2	ks									
Celkový tepelný zisk místnosti č. 305: $Q_{305} = Q_o + Q_{st} + Q_L + Q_{sv} + Q_{os}$ $Q_{305} = $ <input type="text" value="2 241"/> W											

Okrajové podmínky pro místnost 317:			
Počet osob v místnosti n_L :	6	osob	
Součinitel prostupu tepla vnější stěny U_{st} :	0,23	$W/m^2 \cdot K$	
Plocha vnější stěny (včetně oken a dveří) S_{st} :	19,38	m^2	
Plocha vnější stěny (bez oken a dveří) S_{st} :	6,42	m^2	
Tloušťka vnější stěny d :	0,41	m^2	
Součinitel prostupu tepla vnitřní stěny U_{st} :	2,0	$W/m^2 \cdot K$	
Plocha vnitřní stěny (včetně oken a dveří) S_{st} :	19,37	m^2	
Plocha vnitřní stěny (bez oken a dveří) S_{st} :	12,96	m^2	
Tloušťka vnitřní stěny d :	0,1	m^2	
Orientace oken vůči světovým stranám:	J		
Rozměr oken:	šířka	0,9	m
	výška	1,5	m
	plocha	1,35	m^2
Počet oken n_o :	3	ks	
Součinitel prostupu tepla oken U_o :	2,5	$W/m^2 \cdot K$	
Rozměr dveří:	šířka	0,6	m
	výška	1,97	m
	plocha	1,182	m^2
Rozměr skleněné výplně dveří:	šířka	0,3	m
	výška	1,32	m
	plocha	0,396	m^2
Počet dveří n_d :	2	ks	
Součinitel prostupu tepla dveří U_d :	3,5	$W/m^2 \cdot K$	
Výpočet pro:	den	21	
	měsíc	8	
Maximální intenzita procházející sluneční radiace I_o :	552	W/m^2	
Intenzita difuzní sluneční radiace I_{dif} :	123	W/m^2	
Doba výpočtu τ :	12	h	
Azimutový úhel normály stěny γ :	190	$^\circ$	
Stínící součinitel s :	0,15	-	
Korekce na čistotu atmosféry c_0 :	1	-	
Teplota exteriéru t_e :	30	$^\circ C$	
Teplota vzduchu v interiéru (pro konvekci) t_{ik} :	41,3	$^\circ C$	
Teplota interiéru t_i :	24	$^\circ C$	
Rovnocenná sluneční teplota t_r :	50,2	$^\circ C$	
Průměrná rovnocenná sluneční teplota t_m :	29,6	$^\circ C$	

Sluneční deklinace δ :

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

$$\delta = 11,8^\circ$$

Sluneční azimut a :

$$\sin a = \frac{\sin(15\tau) \cdot \cos \delta}{\cos h}$$

$$a = 180,0^\circ$$

Výška slunce nad obzorem h :

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

$$h = 51,8^\circ$$

Velikost osluněné části:**OKNA****Svislý stín:**

$$e_1 = d \cdot \tan |a - \gamma|$$

$$e_1 = 0,19 \text{ m}$$

Vyložení svislého slunolamu d:	1,09	m
Odstup svislého slunolamu f:	2,1	m

Vodorovný stín:

$$e_2 = c \cdot \left| \frac{\operatorname{tgh}}{\cos(a - \gamma)} \right|$$

$$e_2 = 1,55 \text{ m}$$

Vyložení vodorovného slunolamu c:	1,2	m
Odstup vodorovného slunolamu g:	0,9	m

DVEŘE**Svislý stín:**

$$e_1 = d \cdot \tan |a - \gamma|$$

$$e_1 = 0,12 \text{ m}$$

Vyložení svislého slunolamu d:	0,7	m
Odstup svislého slunolamu f:	0,5	m

Vodorovný stín:

$$e_2 = c \cdot \left| \frac{\operatorname{tgh}}{\cos(a - \gamma)} \right|$$

$$e_2 = 1,55 \text{ m}$$

Vyložení vodorovného slunolamu c:	1,2	m
Odstup vodorovného slunolamu g:	1,7	m

Osluněná část okna:

$$S_{oso} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)]$$

$$S_{oso} = 0,768 \text{ m}^2$$

Osluněná část dveří:

$$S_{osd} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)]$$

$$S_{osd} = 0,396 \text{ m}^2$$

Tepelný zisk prosklených částí radiací:

$$Q_{OR} = [S_{os} \cdot l_o \cdot c_0 + (S_o - S_{os}) \cdot l_{dif}] \cdot n \cdot s$$

$$Q_{OR} = 289 \text{ W}$$

Tepelný zisk prosklených částí konvekci:

$$Q_{OK} = U_o \cdot S_{OK} \cdot (t_{ik} - t_i)$$

$$Q_{OK} = 223 \text{ W}$$

Celkový tepelný zisk prosklených částí:

$$Q_o = Q_{OR} + Q_{OK}$$

$$Q_o = 512 \text{ W}$$

Tepelný zisk neprosklených částí konvekci:

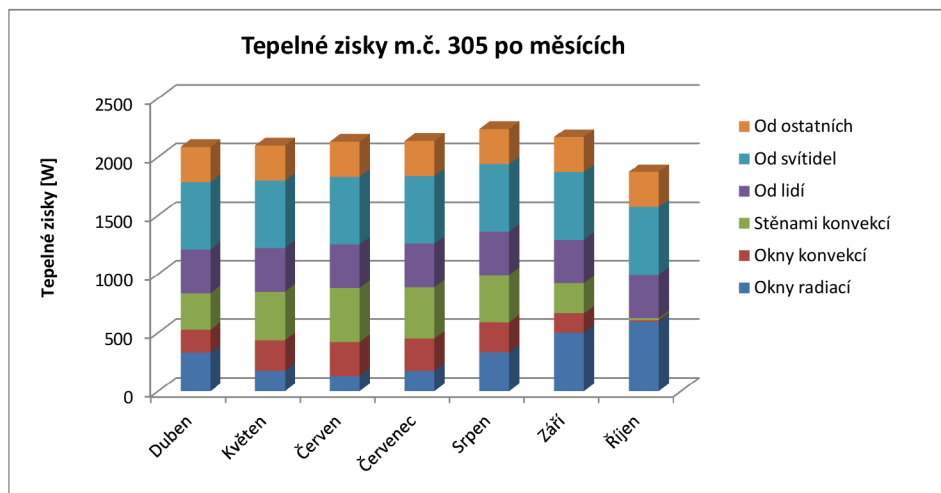
$$Q_{stk} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot (t_{ik} - t_i)$$

$$Q_{stk} = 496 \text{ W}$$

Tepelná zátěž vnějších stěn:		
Stěny lehké (d < 80 mm)	Stěny středně těžké (80 mm ≤ d ≤ 450 mm)	Stěny těžké (d ≥ 450 mm)
$Q_{st} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot (t_r - t_i)$ $Q_{st} = $ <input type="text" value="0"/> W	Fázové posunutí Ψ: $\Psi = 32d - 0,5$ $\Psi = $ <input type="text" value="13"/> hod. => $t_{r,\Psi} = $ <input type="text" value="23"/> hod. $t_{r,\Psi} = $ <input type="text" value="19,5"/> °C	$Q_{st} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot (t_{rm} - t_i)$ $Q_{st} = $ <input type="text" value="0"/> W
	Součinitel zmenšení teplotního kolísání: $m = \frac{1 + 7,6d}{2500^d}$ $m = $ <input type="text" value="0,166"/>	
	$Q_{st} = U_{st} \cdot S_{st} \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r,\Psi} - t_{rm})]$ $Q_{st} = $ <input type="text" value="6"/> W	
Pozn.: tepelná zátěž vnějších stěn se v tomto výpočtu nepromítne (je zohledněna při výpočtu výsledné teploty interiéru pro konvekci v simulačním programu Teruna)		
Tepelná produkce lidí:		
$Q_L = n_L \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i)$ $Q_L = $ <input type="text" value="446"/> W		
Tepelná produkce svítidel:		
Počet svítidel n_{sv} :	<input type="text" value="8"/>	ks
Počet trubíc v 1 svítidlu n_{tr} :	<input type="text" value="4"/>	ks
Tepelný výkon 1 trubice Q_{tr} :	<input type="text" value="18"/>	W
$Q_{sv} = n_{sv} \cdot n_{tr} \cdot Q_{tr}$ $Q_{sv} = $ <input type="text" value="576"/> W		
Ostatní zdroje tepla:		
PC	<input type="text" value="150"/>	W
Počet kusů:	<input type="text" value="3"/>	ks
$Q_{os} = Q_{PC} \cdot n_{PC}$ $Q_{os} = $ <input type="text" value="450"/> W		
Celkový tepelný zisk místnosti č. 317:		
$Q_{305} = Q_o + Q_{stk} + Q_L + Q_{sv} + Q_{os}$ $Q_{305} = $ <input type="text" value="2 480"/> W		

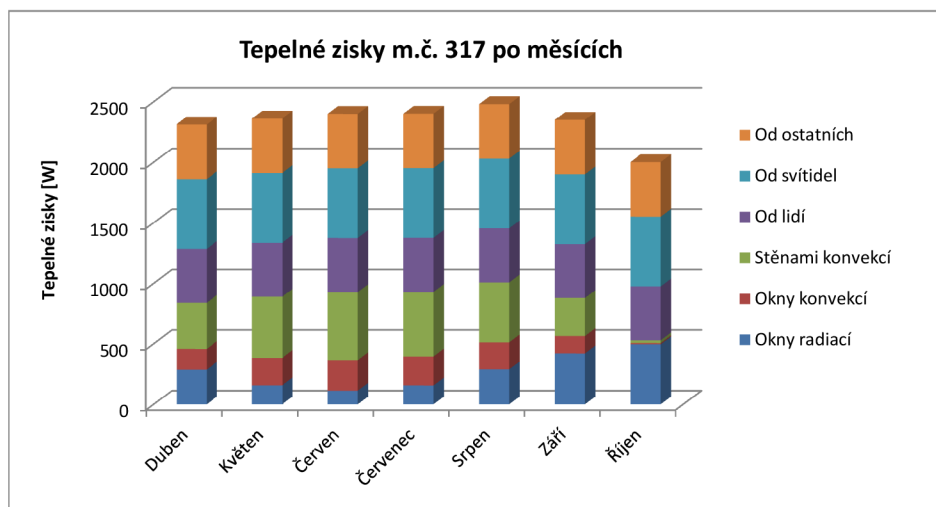
Celkový tepelný zisk m. č. 305 po jednotlivých měsících								
Měsíc	Teplota pro výpočet konvekce [°C]	Tepelné zisky [W]						Celková
		Okny radiací	Okny konvekčí	Stěnami konvekčí	Od lidí	Od svítidel	Od ostatních	
Duben	37,3	327	198	311	372	576	300	2 085
Květen	41,6	175	262	412	372	576	300	2 097
Červen	43,6	130	292	459	372	576	300	2 129
Červenec	42,6	175	277	435	372	576	300	2 135
Srpen	41,3	330	258	405	372	576	300	2 241
Září	35	501	164	258	372	576	300	2 170
Říjen	24,8	593	12	19	372	576	300	1 872

Maximální tepelný zisk m.č. 305 činí 2 241 W



Celkový tepelný zisk m. č. 317 po jednotlivých měsících								
Měsíc	Teplota pro výpočet konvekce [°C]	Tepelné zisky [W]						Celková
		Okny radiací	Okny konvekčí	Stěnami konvekčí	Od lidí	Od svítidel	Od ostatních	
Duben	37,3	286	172	381	446	576	450	2 311
Květen	41,6	157	227	505	446	576	450	2 361
Červen	43,6	113	253	562	446	576	450	2 400
Červenec	42,6	156	240	533	446	576	450	2 402
Srpen	41,3	289	223	496	446	576	450	2 480
Září	35	421	142	315	446	576	450	2 351
Říjen	24,8	495	10	23	446	576	450	2 001

Maximální tepelný zisk m.č. 317 činí 2 480 W



Pozn.: Z důvodu velkého objemu dat jsou zde podrobně uvedeny výpočty tepelných zisků referenčních místností pouze pro nejnepříznivější měsíc. Přehled zisků pro všechny měsíce je uveden v tabulkách výše.

Podrobný výpočet pro všechny měsíce je uložen v archivu autora.

Výstup z výpočtového softwaru Teruna 1.5b – teplota interiéru pro výpočet tepelných zisků konvekce

Výsledná teplota v meziprostoru, potřebná pro výpočet tepelných zisků konvekce, byla stanovována pro jednotlivé měsíce simulací v programu Teruna 1.5b. Uvádím zde výstup pro měsíc s největšími tepelnými zisky. Teploty, se kterými bylo počítáno pro jednotlivé měsíce, jsou uvedeny v přehledu tepelných zisků na předchozí straně. Podrobné výsledky výpočtu pro všechny měsíce jsou z důvodu velkého množství dat uloženy v archivu autora.

SIMULACE TEPELNÉHO MIKROKLIMATU
ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

***** INFORMACE O PROJEKTU *****

***** ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU *****

Venkovní stěna

+-----Ytong 250mm + ETICS 160 mm (6.42m², 0.41m, 0.0999W/mK, 328kg/m³, 1008kJ/kgK)
+-----Okna (12.96m², 0.88W/m²K)

Symetrická stěna

+-----Podlaha (3.99m², 0.3m, 1.1W/mK, 2000kg/m³, 900kJ/kgK)

Symetrická stěna

+-----Strop (3.99m², 0.3m, 1.1W/mK, 2000kg/m³, 900kJ/kgK)

***** VSTUPNÍ ÚDAJE *****

Výpočet proveden pro období od 21.8. do 21.8.

Časový krok: 300s

Objem místnosti : 10.95m³

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok:ANO

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení: NE

Větrání[1]: 0 - 24h, 5m³/h

Ostatní tepelné zdroje: NE

Odpar vody: NE

Biologická produkce: NE

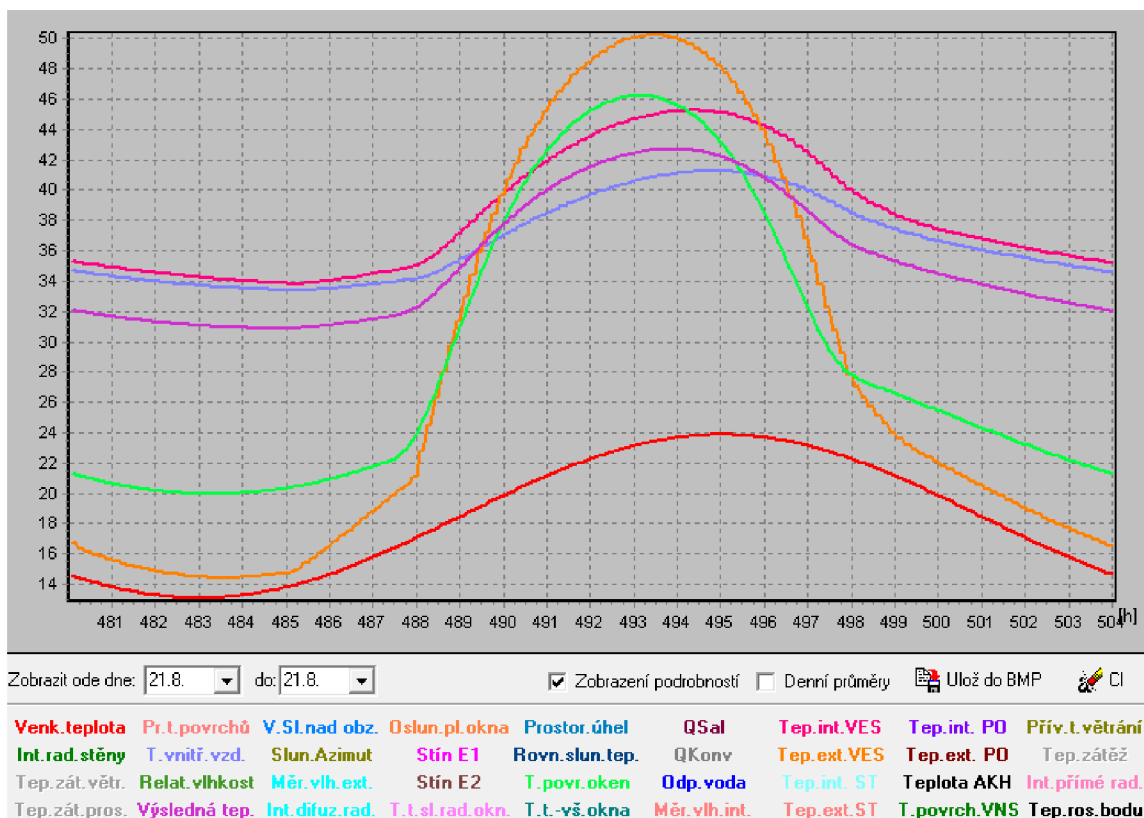
Sálavé plochy: NE

***** VÝSLEDKY *****

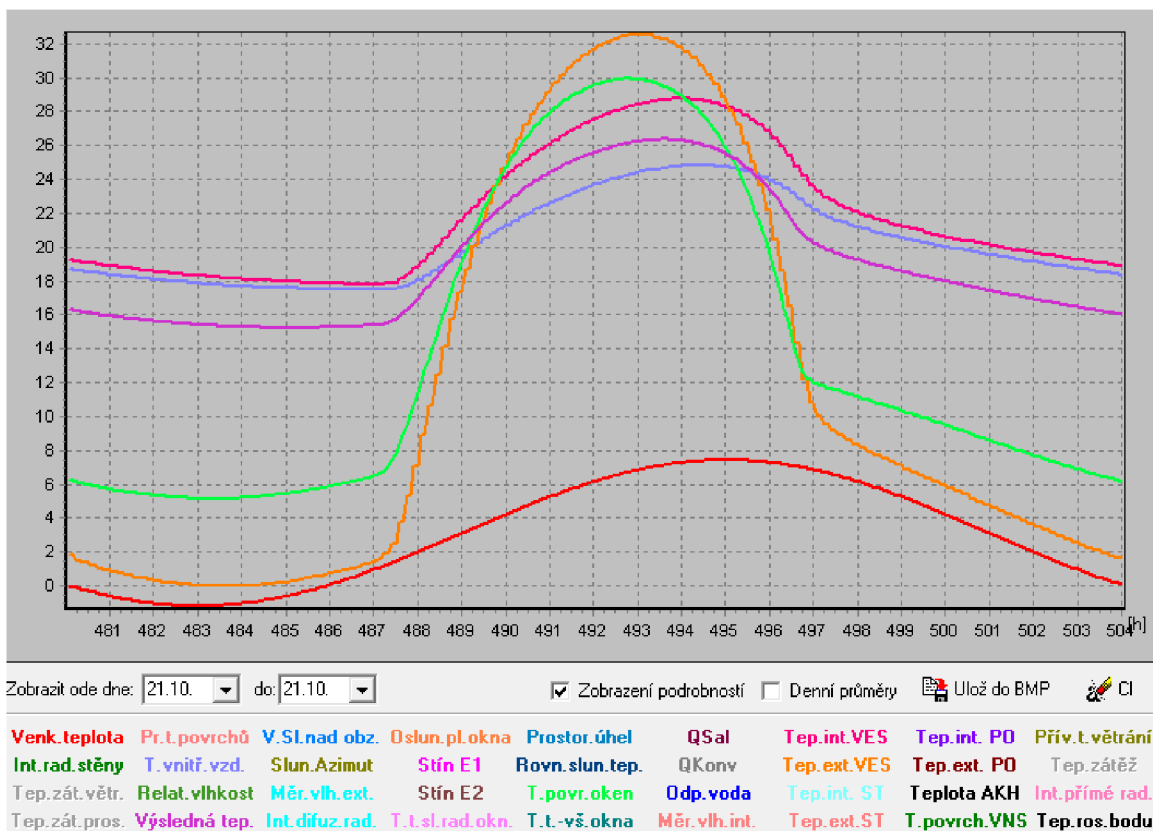
Maxima teploty interiéru:

21.8. 14.92h: MaxTvzd = 41.26°C

Maximální teplota v interiéru pro výpočet konvekce je pro srpen 41,3°C



Do grafického výstupu můžeme zvolit několik veličin najednou. Na tomto grafu vidíme stav pro 21. 8., kdy maximální teplota interiéru vystoupá díky velké ploše prosklení až na 41,3°C (světle modrá křivka), přestože venkovní teplota je ve svém maximum na 24°C (červená křivka)



Pro srovnání – graf pro 21. 10., teplota v interiéru se přes venkovních 8°C vyšplhala až k hranici 25°C

5. Průtoky vzduchu, tlakové poměry

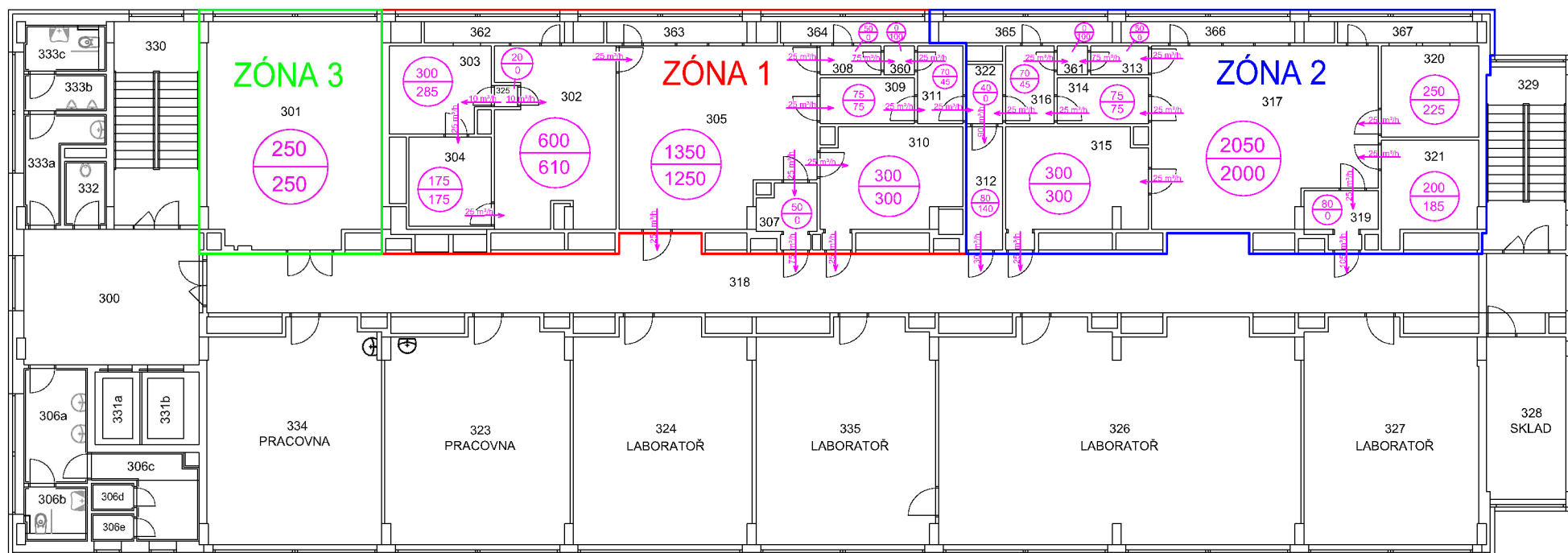
Tabulka průtoků vzduchu v jednotlivých místnostech																		
Podlaží	Číslo místnosti	Název místnosti	Objem [m ³]	Léto		Zima		Tepelná bilance					Přívod			Odvod		
				t _i [°C]	φ _i [%]	t _i [°C]	φ _i [%]	Tepelné zisky [W]	Chladicí výkon [W]	Zbývající chladicí výkon [W]	Tepelné ztráty [W]	Topný výkon [W]	Zbývající topný výkon [W]	Dávka čerstvého vzduchu [m ³ /h]	Letní teplota [°C]	Zimní teplota [°C]	Výměna vzduchu [h ⁻¹]	Množství vzduchu [m ³ /h]
Zařízení č. 1 - Klimatizace laboratoří																		
Zóna 1 - východ																		
3.	302	Laboratoř	59,96	24	50	22	40	-	1 010	-	0	0	0	600	19	22	10,0	610
3.	303	Laboratoř	27,17	24	50	22	40	-	505	-	0	0	0	300	19	22	11,0	285
3.	304	Sklad	21,84	27	50	20	40	-	471	-	0	0	0	175	19	22	8,0	175
3.	305	Laboratoř	82,26	24	50	22	40	2 241	2 273	-31	0	0	0	1350	19	22	16,4	1250
3.	307	Sklad	6,63	27	50	20	40	-	135	-	0	0	0	50	19	22	7,5	0
3.	308	Šatna	4,99	24	50	22	40	-	84	-	0	0	0	50	19	22	10,0	0
3.	309	Šatna	12,25	24	50	22	40	-	126	-	0	0	0	75	19	22	6,1	75
3.	310	Umývárna	36,61	24	50	22	40	-	505	-	0	0	0	300	19	22	8,2	300
3.	311	Šatna	10,14	24	50	22	40	-	118	-	0	0	0	70	19	22	6,9	45
3.	325	Materiálová propust	1,30	24	50	22	40	-	34	-	0	0	0	20	19	22	15,4	0
3.	360	Sprcha	2,44	24	50	22	40	-	0	-	0	0	0	0	19	22	0,0	100
													2 990				2 840	
Zóna 2 - západ																		
3.	312	Vstupní chodba	11,49	24	50	20	40	-	135	-	0	0	0	80	19	22	7,0	140
3.	313	Šatna	4,99	24	50	22	40	-	84	-	0	0	0	50	19	22	10,0	0
3.	314	Šatna	12,22	24	50	22	40	-	126	-	0	0	0	75	19	22	6,1	75
3.	315	Manipulační prostor	37,54	24	50	22	40	-	505	-	0	0	0	300	19	22	8,0	300
3.	316	Šatna	10,14	24	50	22	40	-	118	-	0	0	0	70	19	22	6,9	45
3.	317	Laboratoř	108,16	24	50	22	40	2 480	3 451	-971	0	0	0	2050	19	22	19,0	2 000
3.	319	Sklad	11,54	27	50	20	40	-	215	-	0	0	0	80	19	22	6,9	0
3.	320	Laboratoř	25,17	24	50	22	40	-	421	-	0	0	0	250	19	22	9,9	225
3.	321	Sklad	24,36	27	50	20	40	-	539	-	0	0	0	200	19	22	8,2	185
3.	322	Chodba	5,59	24	50	20	40	-	67	-	0	0	0	40	19	22	7,2	0
3.	361	Sprcha	3,25	24	50	22	40	-	0	-	0	0	0	0	19	22	0,0	100
													3 195				3 070	
Zóna 3 - strojovna vzduchotechniky																		
3.	301	Strojovna VZT	128,0	27	50	20	40	-	926	-	0	0	0	250	16	22	2,0	250
													250				250	
Celkový vzduchový výkon klimatizačního zařízení [m³/h]													6 435				6 160	

Objemové průtoky byly navrženy v souladu s platnými právními předpisy a s ohledem na doporučení ČSN EN 14 175 Digestoře a ČSN EN 12 469 Biotechnologie - Kritéria účinnosti mikrobiologických bezpečnostních boxů. Bylo uvažováno s minimální hodnotou čerstvého vzduchu 50 m³/h na osobu, dále s minimální výměnou vzduchu 7 h⁻¹ pro dostatečné ředění případně se vyskytujících chemických látek a dále s rychlostí proudění vzduchu otevřeným průřezem digestoří min. 0,4 m/s za předpokladu, že při práci v digestořích budou jejich čelní otvory otevřeny maximálně na 50 %. Tento předpoklad je po realizaci nutné sdělit obsluze digestoří!



LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA [m ²]	Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA [m ²]	Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA [m ²]
301	STROJOVNA VZT	37,65	310	UMÝVÁRNA	14,08	319	SKLAD	4,44
302	LABORATOŘ	23,06	311	ŠATNA	3,90	320	LABORATOŘ	9,68
303	LABORATOŘ	10,45	312	VSTUPNÍ CHODBA	4,42	321	SKLAD	9,37
304	SKLAD	8,40	313	ŠATNA	1,92	322	CHODBA	2,15
305	LABORATOŘ	31,64	314	ŠATNA	4,70	325	MATER. PROPUST	0,50
307	SKLAD	2,55	315	MANIPUL. PROSTOR	14,44	360	SPRCHA	0,94
308	ŠATNA	1,92	316	ŠATNA	3,9	361	SPRCHA	1,25
309	ŠATNA	4,71	317	LABORATOŘ	41,6			



ZÓNA 1 - KLIMATIZACE LABORATOŘÍ VÝCHOD

ZÓNA 2 - KLIMATIZACE LABORATOŘÍ ZÁPAD

ZÓNA 3 - VĚTRÁNÍ STROJOVNY VZT

TLAKOVÉ POMĚRY

PŮDORYS 3.NP

6. Návrh distribučních elementů

Laboratoře:

Přívod:

Pro místnosti s objemovým průtokem vzduchu nad 300 m³/h navrhuji vířivé výusti

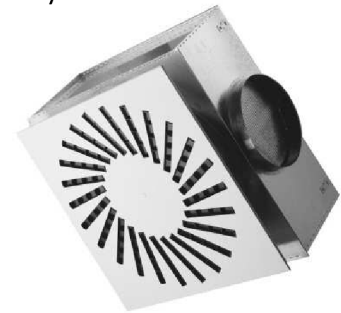
Mandík VVM 600 C/V/P/24/R

Objemový průtok 1 výusti: 200 – 660 m³/h

Efektivní plocha: 0,0295 m²

Tlaková ztráta: 4 - 30 Pa

Akustický výkon: 20 - 40 dB(A)



Pro místnosti s objemovým průtokem vzduchu 150 - 300 m³/h navrhuji vířivé výusti

Mandík VVM 600 C/V/P/16/R

Objemový průtok 1 výusti: 100 – 320 m³/h

Efektivní plocha: 0,014 m²

Tlaková ztráta: 5 - 35 Pa

Akustický výkon: 20 - 40 dB(A)

Pro místnosti s menším objemovým průtokem vzduchu než 150 m³/h navrhuji talířové ventily

Mandík TVPM (80 – 125)

Objemový průtok 1 výusti: 60 – 150 m³/h

Tlaková ztráta: 20 - 50 Pa

Akustický výkon: 25 - 35 dB(A)



Odvod:

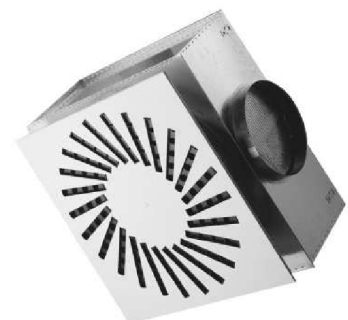
Pro místnosti nad 300 m³/h navrhuji vířivé výusti **Mandík VVM 600 C/V/O/24/R**

Objemový průtok 1 výusti: 200 – 660 m³/h

Efektivní plocha: 0,0295 m²

Tlaková ztráta: 4 - 30 Pa

Akustický výkon: 20 - 40 dB(A)



Pro místnosti s objemovým průtokem vzduchu 150 - 300 m³/h navrhuji vířivé výusti

Mandík VVM 600 C/V/O/16/R

Objemový průtok 1 výusti: 100 – 320 m³/h

Efektivní plocha: 0,014 m²

Tlaková ztráta: 5 - 35 Pa

Akustický výkon: 20 - 40 dB(A)

Pro místnosti s menším objemovým průtokem vzduchu než 150 m³/h navrhuji talířové ventily

Mandík TVOM (80 – 125)

Objemový průtok 1 výusti: 60 – 150 m³/h

Tlaková ztráta: 20 - 50 Pa

Akustický výkon: 25 - 35 dB(A)



č.m.	Objemový průtok [m ³ /h]		Počet ks		Typ		Tlaková ztráta [Pa]		Akustický výkon [dB(A)]	
	přívod	odvod	přívod	odvod	přívod	odvod	přívod	odvod	přívod	odvod
301	250	250	1	1	VVM 600 (16)	VVM 600 (16)	22	22	32	32
302	600	610	2	2	VVM 600 (24)	VVM 600 (24)	7	7	15	15
303	300	285	1	1	VVM 600 (16)	VVM 600 (16)	30	29	37	36
304	175	175	1	1	VVM 600 (16)	VVM 600 (16)	10	10	20	20
305	1350	1250	3	2	VVM 600 (24)	VVM 600 (24)	14	29	27	37
307	50	0	1	0	TVPM 80	-	36	-	25	-
308	50	0	1	0	TVPM 80	-	36	-	25	-
309	75	75	1	1	TVPM 100	TVOM 100	39	39	26	26
310	300	300	1	1	VVM 600 (16)	VVM 600 (16)	30	30	37	37
311	70	45	1	1	TVPM 100	TVOM 80	33	30	24	22
312	80	140	1	1	TVPM 100	TVOM 125	40	40	27	27
313	50	0	1	0	TVPM 80	-	36	-	25	-
314	75	75	1	1	TVPM 100	TVPM 100	39	39	26	26
315	300	300	1	1	VVM 600 (16)	VVM 600 (16)	30	30	37	37
316	70	45	1	1	TVPM 100	TVOM 80	33	30	24	22
317	2050	2000	5	4	VVM 600 (24)	VVM 600 (24)	12	18	25	31
319	80	0	1	0	TVPM 100	-	40	-	27	-
320	250	225	1	1	VVM 600 (16)	VVM 600 (16)	22	16	32	28
321	200	185	1	1	VVM 600 (16)	VVM 600 (16)	14	12	26	23
322	40	0	1	0	TVPM 80	-	43	-	24	-
325	20	0	1	0	TVPM 80	-	79	-	27	-
360	0	100	0	1	-	TVOM 125	-	45	-	25
361	0	100	0	1	-	TVOM 125	-	45	-	25

7. Dimenzování potrubí a tlakové ztráty



Rekonstrukce systémů vzduchotechniky pro 3.NP laboratoří společnosti
BioVendor – Laboratorní medicína a.s.

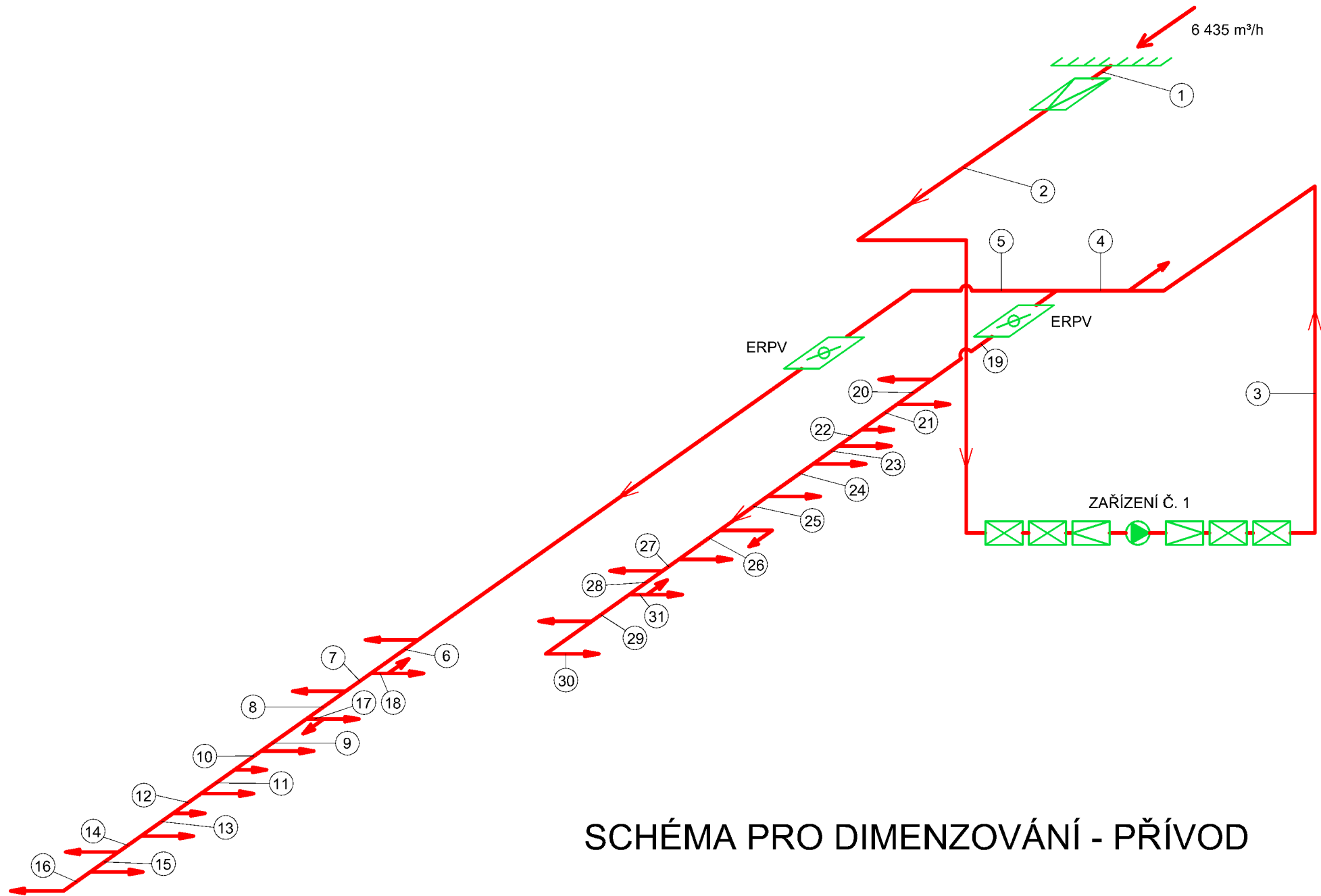


SCHÉMA PRO DIMENZOVÁNÍ - PŘÍVOD

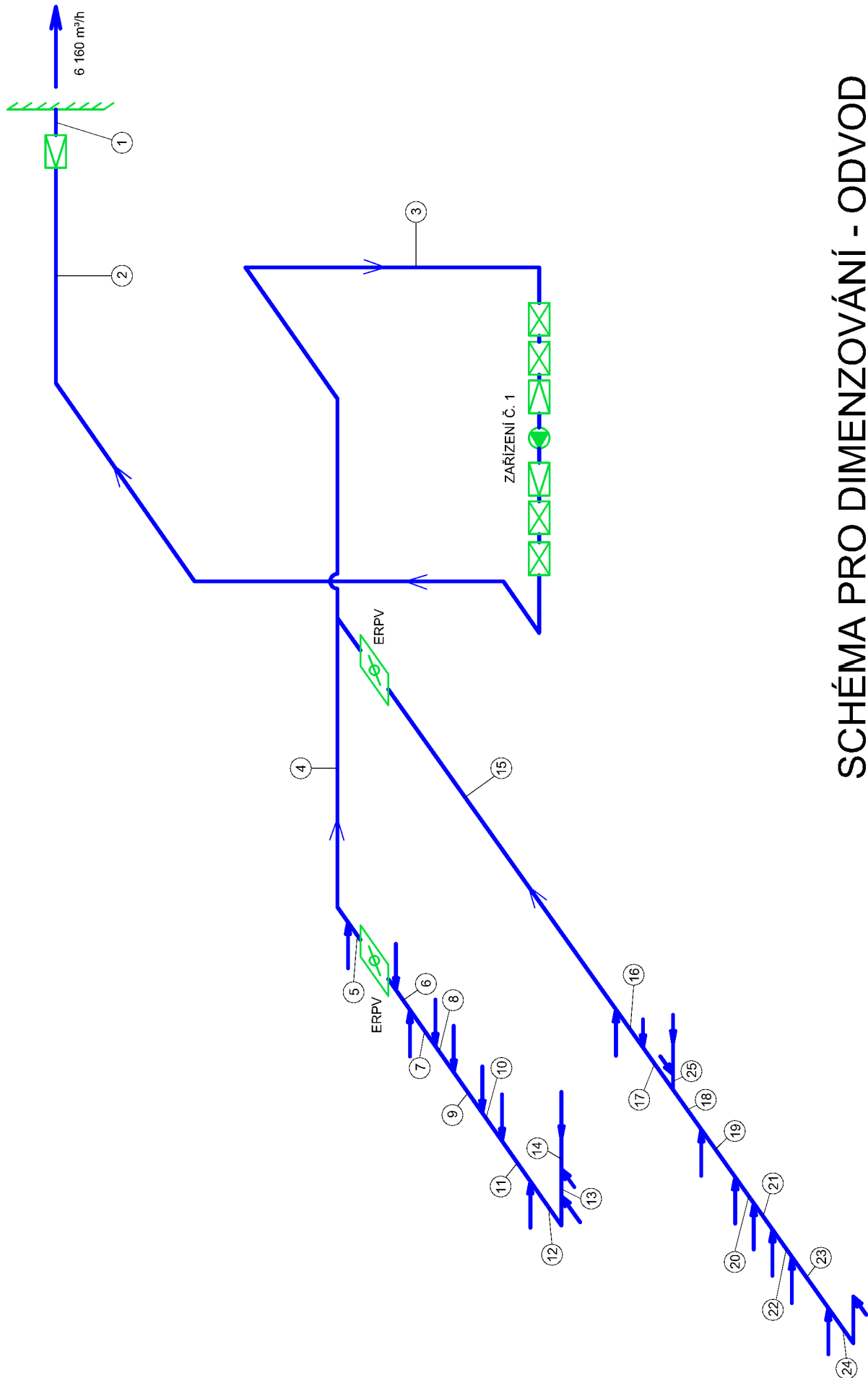


SCHÉMA PRO DIMENZOVÁNÍ - ODVOD

Z VÝKRESU			HODNOTY									TLAKOVÁ ZTRÁTA		POZNÁMKA
Č.Ú.	V	L	PŘEDBĚŽNÉ			SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						Z	Z + R·L	
			v'	S'	d'	A	B	d	v	R	ξ			
-	m ³ ·h ⁻¹	m	m·s ⁻¹	m ²	mm	mm	mm	mm	m·s ⁻¹	Pa·m ⁻¹	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - sání														
1	6435	0,0	2,0	0,894	1067	1400	800	1018	2,44		5,0	17,9	17,9	protidešťová žaluzie
									3,71		0,1	0,8	0,8	přechod
2	6435	13,1	5,0	0,358	675	900	400	554	4,97	0,75	0,0	0,0	9,8	rovné potrubí
									4,97		0,9	13,3	13,3	3 x oblouk
									4,97		0,7	10,4	10,4	vstup do jednotky
													40,0	2 x tlumič hluku
													30,0	požární klapka
Celková tlaková ztráta Δp _z =												122,2	Pa	
Zařízení č. 1 - přívod														
3									4,47		1,0	12,0	12,0	výstup z jednotky
	6435	8,8	5,0	0,358	675	800	500	615	4,47	0,45		0,0	4,0	rovné potrubí
									4,47		0,9	10,8	10,8	3 x oblouk
									4,47		0,3	3,6	3,6	odbočka
4	6185	2,0	5,0	0,344	662	800	450	576	4,77	0,68		0,0	1,4	rovné potrubí
									4,77		0,3	4,1	4,1	odbočka
Σ =												70,3	Pa	
Hlavní větev														
5	3195	22,2	4,5	0,197	501	630	315	420	4,47	0,80		0,0	17,8	rovné potrubí
									4,47		0,3	3,6	3,6	oblouk
	3195	0,4				600	300		4,93				25,0	regulátor průtoku
6									4,47		0,3	3,6	3,6	odbočka
	3115	1,1	4,5	0,192	495	630	315	420	4,36	0,79		0,0	0,9	rovné potrubí
7									4,36		0,3	3,4	3,4	odbočka
	3005	1,3	4,5	0,185	486	630	315	420	4,21	0,65		0,0	0,8	rovné potrubí
8									4,21		0,3	3,2	3,2	odbočka
	2705	2,4	4,5	0,167	461	560	315	403	4,26	0,99		0,0	2,4	rovné potrubí
9									4,26		0,3	3,3	3,3	odbočka
	2580	2,3	4,0	0,179	478	560	315	403	4,06	0,75		0,0	1,7	rovné potrubí
10									4,06		0,3	3,0	3,0	odbočka
	2170	1,2	4,0	0,151	438	500	315	387	3,83	0,69		0,0	0,8	rovné potrubí
11									3,83		0,3	2,6	2,6	odbočka
	1760	1,2	3,5	0,140	422	500	280	359	3,49	0,67		0,0	0,8	rovné potrubí
12									3,49		0,3	2,2	2,2	odbočka
	1350	1,2	3,5	0,107	369	355	280	313	3,77	0,69		0,0	0,8	rovné potrubí
13									3,77		0,3	2,6	2,6	odbočka
	940	1,2	3,5	0,075	308	280	280	280	3,33	0,69		0,0	0,8	rovné potrubí
14									3,33		0,3	2,0	2,0	odbočka
	530	1,0	3,0	0,049	250	200	250	222	2,94	0,70		0,0	0,7	rovné potrubí
15									2,94		0,3	1,6	1,6	odbočka
	450	1,7	2,5	0,050	252	200	250	222	2,50	0,56		0,0	1,0	rovné potrubí
16									2,50		0,3	1,1	1,1	odbočka
	200	3,6	2,0	0,028	188	200	200	200	1,39	0,26		0,0	0,9	rovné potrubí
									1,39		0,3	0,3	0,3	oblouk
Σ =												130,9	Pa	

Z VÝKRESU			HODNOTY									TLAKOVÁ ZTRÁTA		POZNÁMKA
Č.Ú.	V	L	PŘEDBĚŽNÉ			SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						Z	Z + R·L	
			v'	S'	d'	A	B	d	v	R	ξ			
-	m ³ ·h ⁻¹	m	m·s ⁻¹	m ²	mm	mm	mm	mm	m·s ⁻¹	Pa·m ⁻¹	-	Pa	Pa	
Vedlejší větev č. 1														
17	125	0,9	3,0	0,012	121	125	125	125	2,22	1,00		0,0	0,9	rovné potrubí
									2,22		0,3	0,9	0,9	odbočka
												Σ =	1,8	Pa
Vedlejší větev č. 2														
18	110	0,9	3,0	0,010	114	125	125	125	1,96	0,85		0,0	0,8	rovné potrubí
									1,96		0,3	0,7	0,7	odbočka
												Σ =	1,5	Pa
Vedlejší větev č. 3														
19	2990	3,4	4,5	0,185	485	630	315	420	4,19	0,75		0,0	2,6	rovné potrubí
	2990	0,4				600	300		4,61				25,0	regulátor průtoku
									4,19		0,3	3,2	3,2	odbočka
20	2815	0,7	4,5	0,174	470	560	315	403	4,43	1,10		0,0	0,8	rovné potrubí
									4,43		0,3	3,5	3,5	odbočka
21	2515	1,9	4,5	0,155	445	500	315	387	4,44	1,00		0,0	1,9	rovné potrubí
									4,44		0,3	3,5	3,5	odbočka
22	2495	1,3	4,5	0,154	443	500	315	387	4,40	0,99		0,0	1,3	rovné potrubí
									4,40		0,3	3,5	3,5	odbočka
23	2195	1,5	4,0	0,152	441	500	315	387	3,87	0,67		0,0	1,0	rovné potrubí
									3,87		0,3	2,7	2,7	odbočka
24	1895	2,7	3,5	0,150	438	500	315	387	3,34	0,56		0,0	1,5	rovné potrubí
									3,34		0,3	2,0	2,0	odbočka
25	1445	0,7	3,5	0,115	382	355	315	334	3,59	0,67		0,0	0,5	rovné potrubí
									3,59		0,3	2,3	2,3	odbočka
26	995	2,5	3,0	0,092	343	315	315	315	2,79	0,45		0,0	1,1	rovné potrubí
									2,79		0,3	1,4	1,4	oblouk
27	545	1,2	3,0	0,050	254	250	250	250	2,42	0,45		0,0	0,5	rovné potrubí
									2,42			0,0	0,0	odbočka
28	495	1,6	3,0	0,046	242	200	250	222	2,75	0,67		0,0	1,1	rovné potrubí
									2,75		0,3	1,4	1,4	odbočka
29	370	2,5	2,5	0,041	229	180	250	209	2,28	0,67		0,0	1,7	rovné potrubí
									2,28		0,3	0,9	0,9	odbočka
30	70	3,2	2,5	0,008	100	-	-	100	2,48	1,00		0,0	3,2	rovné potrubí
									2,48		0,3	1,1	1,1	oblouk
													33,0	distribuční element
													30,0	regulační klapka
												Σ =	130,6	Pa
Vedlejší větev č. 4														
31	125	0,6	3,0	0,012	121	125	125	125	2,22	1,00		0,0	0,6	rovné potrubí
									2,22		0,3	0,9	0,9	odbočka
												Σ =	1,5	Pa
Celková tlaková ztráta Δp_z =												201,2	Pa	

Z VÝKRESU			HODNOTY									TLAKOVÁ ZTRÁTA		POZNÁMKA
Č.Ú.	V	L	PŘEDBĚŽNÉ			SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						Z	Z + R·L	
			v'	S'	d'	A	B	d	v	R	ξ			
-	m ³ ·h ⁻¹	m	m·s ⁻¹	m ²	mm	mm	mm	mm	m·s ⁻¹	Pa·m ⁻¹	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - výtlač														
1	6160	0,0	2,5	0,684	934	1250	800	976	2,63		4,0	16,6	16,6	protidešťová žaluzie
									3,69		0,1	0,8	0,8	přechod
2	6160	16,4	5,0	0,342	660	900	400	554	4,75	0,80		0,0	13,1	rovné potrubí
									4,75		1,2	16,3	16,3	4 x oblouk
									4,75		0,6	8,1	8,1	3 x přechod
									4,75		1,0	13,6	13,6	výstup z jednotky
												45,0	3 x tlumič hluku	
Celková tlaková ztráta Δp _z =												113,5	Pa	
Zařízení č. 1 - odvod														
3	6160	7,4	5,0	0,342	660	900	400	554	4,75	0,80		0,0	5,9	rovné potrubí
									4,75		0,9	12,2	12,2	3 x oblouk
									4,75		0,7	9,5	9,5	vstup do jednotky
									4,75		0,6	8,1	8,1	odbočka
												40,0	2 x tlumič hluku	
Σ =												75,7	Pa	
Hlavní větev														
4	3090	3,3	4,5	0,191	493	630	315	420	4,33	0,76		0,0	2,5	rovné potrubí
									4,33		0,3	3,4	3,4	oblouk
									4,33		0,6	6,7	6,7	odbočka
5	2840	3,1	4,5	0,175	473	560	315	403	4,47	1,00		0,0	3,1	rovné potrubí
	2840	0,4				600	300		4,38				25,0	regulátor průtoku
									4,47		0,6	7,2	7,2	odbočka
6	2555	0,6	4,5	0,158	448	500	315	387	4,51	0,97		0,0	0,6	rovné potrubí
									4,51		0,6	7,3	7,3	odbočka
7	2380	3,2	4,5	0,147	433	500	315	387	4,20	0,80		0,0	2,6	rovné potrubí
									4,20		0,6	6,3	6,3	odbočka
8	2075	1,4	4,0	0,144	428	450	315	371	4,07	0,69		0,0	1,0	rovné potrubí
									4,07		0,6	6,0	6,0	odbočka
9	1770	2,4	4,0	0,123	396	400	315	352	3,90	0,67		0,0	1,6	rovné potrubí
									3,90		0,6	5,5	5,5	odbočka
10	1145	3,3	3,5	0,091	340	280	315	296	3,61	0,69		0,0	2,3	rovné potrubí
									3,61		0,6	4,7	4,7	odbočka
11	520	4,5	3,0	0,048	248	200	250	222	2,89	0,79		0,0	3,6	rovné potrubí
									2,89		0,6	3,0	3,0	odbočka
12	220	3,6	2,5	0,024	176	200	125	154	2,44	1,00		0,0	3,6	rovné potrubí
									2,44		0,3	1,1	1,1	oblouk
									2,44		0,6	2,2	2,2	odbočka
13	175	0,5	2,5	0,019	157	160	125	140	2,43	1,10		0,0	0,6	rovné potrubí
									2,43		0,6	2,1	2,1	odbočka
14	100	1,1	2,0	0,014	133	125	125	125	1,78	0,67		0,0	0,7	rovné potrubí
													45,0	koncový element
													30,0	regulační klapka
Σ =												177,5	Pa	

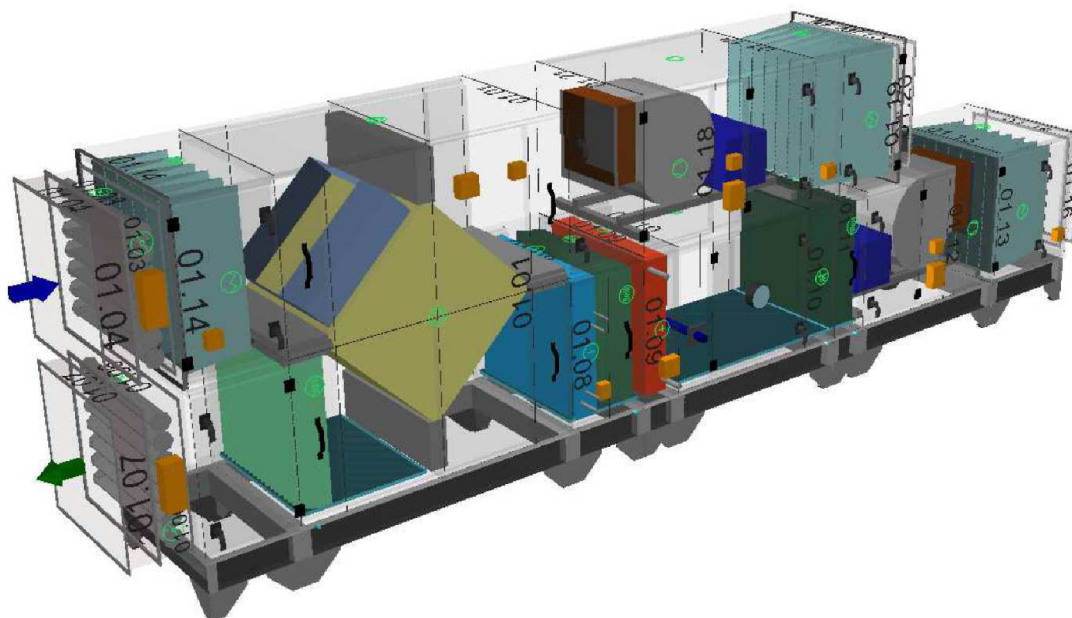
Z VÝKRESU			HODNOTY									TLAKOVÁ ZTRÁTA		POZNÁMKA
Č.Ú.	V	L	PŘEDBĚŽNÉ			SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						Z	Z + R·L	
			v'	S'	d'	A	B	d	v	R	ξ			
-	m ³ ·h ⁻¹	m	m·s ⁻¹	m ²	mm	mm	mm	mm	m·s ⁻¹	Pa·m ⁻¹	-	Pa	Pa	
Vedlejší větev č. 1														
15	3070	23,5	4,5	0,190	491	630	315	420	4,30	0,75		0,0	17,6	rovné potrubí
	3070	0,4				600	300		4,74				25,0	regulátor průtoku
16	2930	2,0	4,0	0,203	509	630	315	420	4,10	0,70		0,0	1,4	rovné potrubí
									4,10		0,6	6,6	6,6	odbočka
17	2885	1,4	4,0	0,200	505	630	315	420	4,04	0,67		0,0	0,9	rovné potrubí
									4,04		0,6	5,9	5,9	odbočka
18	2710	1,0	4,0	0,188	490	560	315	403	4,27	0,99		0,0	1,0	rovné potrubí
									4,27		0,6	6,6	6,6	odbočka
19	2410	3,0	4,0	0,167	462	560	315	403	3,80	0,75		0,0	2,3	rovné potrubí
									3,80		0,6	5,2	5,2	odbočka
20	1910	1,2	3,5	0,152	439	450	315	371	3,74	0,67		0,0	0,8	rovné potrubí
									3,74		0,6	5,0	5,0	odbočka
21	1410	1,2	3,5	0,112	378	355	315	334	3,50	0,67		0,0	0,8	rovné potrubí
									3,50		0,6	4,4	4,4	odbočka
22	910	2,3	3,0	0,084	328	315	250	279	3,21	0,69		0,0	1,6	rovné potrubí
									3,21		0,6	3,7	3,7	odbočka
23	410	2,7	2,5	0,046	241	200	250	222	2,28	0,47		0,0	1,3	rovné potrubí
									2,28		0,6	1,9	1,9	odbočka
24	225	1,7	2,0	0,031	200	200	200	200	1,56	0,31		0,0	0,5	rovné potrubí
									1,56		0,6	0,9	0,9	2 x oblouk
													16,0	distribuční element
													30,0	regulační klapka
												Σ =	145,4	Pa
Vedlejší větev č. 2														
25	175	1,5	3,0	0,016	144	140	125	132	2,78	1,50		0,0	2,3	rovné potrubí
									2,78		0,6	2,8	2,8	odbočka
												Σ =	5,0	Pa
Celková tlaková ztráta Δp _z =												253,2	Pa	
Zařízení č. 1 - celková tlaková ztráta pro přívod vzduchu = 324 Pa														
Zařízení č. 1 - celková tlaková ztráta pro odvod vzduchu = 367 Pa														

8. Návrh vzduchotechnické jednotky




Rekonstrukce systémů vzduchotechniky pro 3.NP laboratoří společnosti
BioVendor – Laboratorní medicína a.s.

Vzhledem kužívanému standardu společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. bylo snahou navrhnout jednotku stejného výrobce. Navržená jednotka Remak AeroMaster XP 10, ve skladbě dle obrázku níže, však rozměrově nevyhovovala pro umístění ve strojovně vzduchotechniky (m. č. 301), neboť její délka přesahovala 6,5 m.



A vzhledem k tomu, že návrhový software AeroCAD firmy Remak v omezené (studentské) verzi neumožňuje modifikaci jednotky tak, aby se rozměrově dala umístit do strojovny (tj. otočit některé komponenty a hrdla směrem nahoru), byla navržena ve spolupráci s firmou Bösch VZT jednotka tohoto výrobce.

Rozměrový výkres, uspořádání a technická výbava navržené VZT jednotky **Bösch modul**  následuje.

GL- .

Projekt: *BioVendor, Brno*
Anlage: *1.01-Klimatizace laboratorni*



BEARBEITET: Datum / Name

19.12.2014 JH

ÄNDERUNG: Datum / Name

Modul: 2,0 \dot{V}_{ZU} 6435 m³/h
 \dot{V}_{AB} 6160 m³/h

Kunde: .

Ausführung: MS 21 RAL: 7035/VZ

Revision: vorne

Werksmontage

Kuben / Stk. 1

modul a

Gew: ~ 1214 KG

Anschlüsse: WT: vorne E: vorne

Ortsmontage

M 1: 25

Küchengerät ja nein

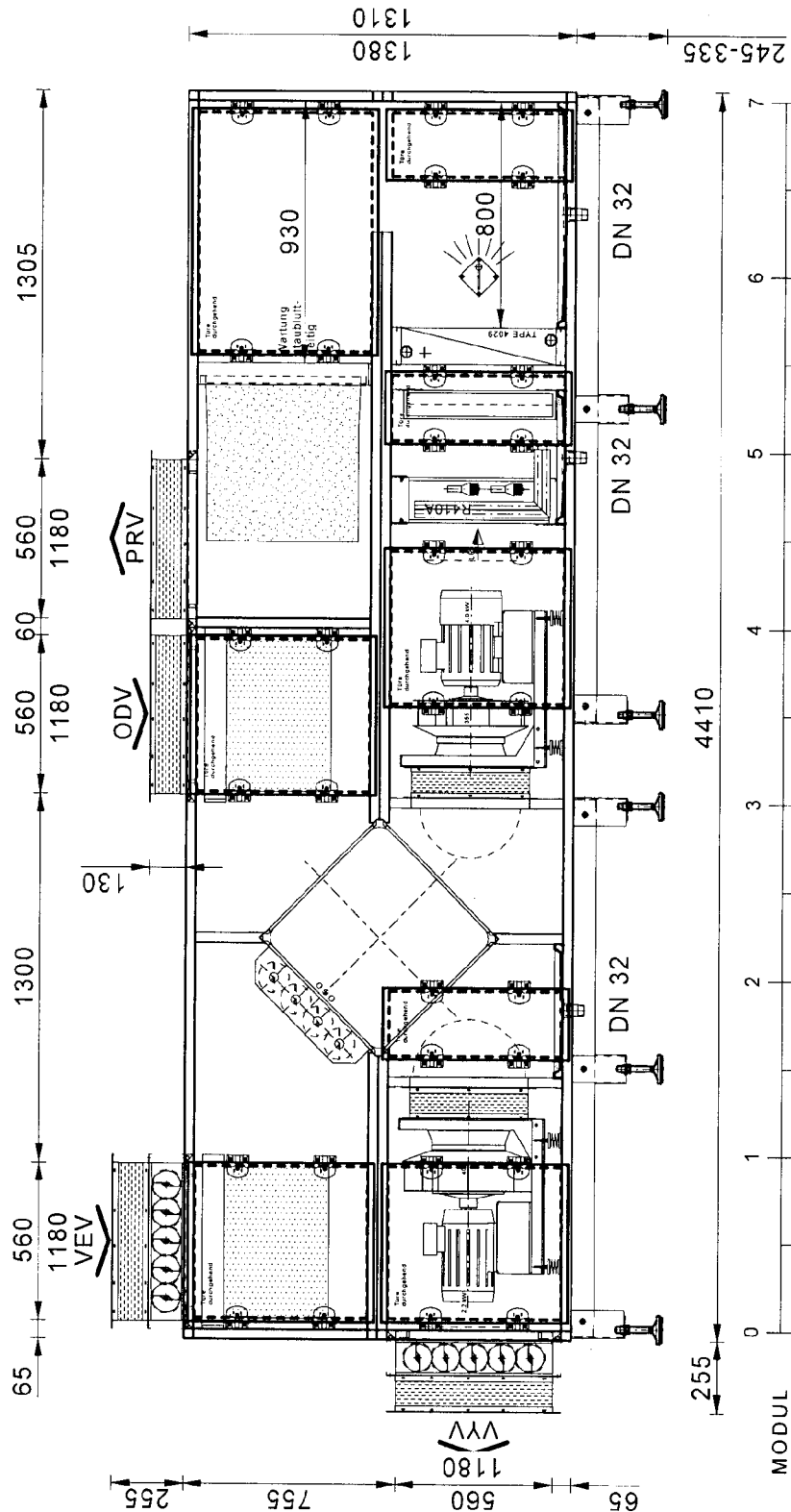
Wetterfest ja nein

Hygieneausführung ja nein

Grundrahmen

montiert lose

modul a
Gehäuse thermisch
entkoppelt
PUR TB2/T2/L1/D1



Projekt: BioVendor, Brno
 systém: 1.01-Klimatizace laboratorní
 Zákazník:
 Položka č. / LV-Pol.: 01

Zařízení pro přívod vzduchu: 6.435 m³/h

Vnitřní instalace Ma 2,00-1,0
 Délka - šířka - výška (cm) 627 - 131 - 69
 Rychlost / třída 2,3 m/s / V5
 Tloušťka / Izolace 35 mm / PU
 Přenos tepla-/ Tepelné mosty T2 / TB2
 Průhyb skříně / Vzduchotěsnost D1 / L1
 SFP (V) třída / hodnota [W/(m³/s)] SFP4 / 1.770
 SFP (E) třída / hodnota [W/(m³/s)] SFP4 / 2.049
 Vnější strana panelu FEZB RAL7035
 Vnitřní strana panelu FEZ
 Podlaha FEZ

Ventilátor, volně rotující oběžné kolo

Průtok vzduchu 6.435 m³/h
 Označení NPA 355
 Vnější tlak / statický (Pa) 324 / 1.146
 Celkový tlak / dynamický (Pa) 1.279 / 133
 Výkon hřídele / Výkonová třída 3,08 kW / P1
 Celková účinnost / static (%) 74,4 / 66,6
 Hluk sání/výtlač dB(A) 88,8 / 91,2
 Systém příkon V / E (kW) 3,17 / 3,66
 Otáčky (U/min) / Faktor K 2.942 / 134
 Pracovní tlak (dp na Vn) 1.349 Pa
 Provozní frekvence 50,5 Hz
 Maximální frekvence 55,1 Hz

Motor

Označení / Počet pólů 112 M / 2
 Energetická třída / Druh krytí IE2 / IP55
 Jmenovitý výkon (kW) 4,00
 Jmenovitý proud (A) 7,36
 jmenovité otáčky (U/min) 2.914
 Napětí (V) / Frekvence (Hz) 3x400 / 50

Revizní dveře s dvojitým závěsem

Příslušenství/provedení/upozornění
 1 Souprava Měřicí odběry DMS -

Deskový výměník

s obtokovou klapkou / Aluminium
 SV - 060/W - 123,7 - BSK28

Zimní provoz:

Průtok venkovního vzduchu 6.435 m³/h
 Tlaková ztráta / Šířka byp. 149 Pa / 27 cm
 Vstup-teplota °C / vlhkost % -15,0 / 90
 Výstup-teplota °C / vlhkost % 4,0 / 21
 Účinnost mokrá / suchá 51,3 / 45,7 %
 Tepelný výkon / mráz omezení 39,7 kW / -19,4 °C
 Třída energetické účinnosti H4

Letní provoz:

Vstup-teplota °C / vlhkost % 32,0 / 45
 Výstup-teplota °C / vlhkost % 28,3 / 56
 Účinnost mokrá / suchá 48,2 / 48,3 %
 Chladicí výkon 7,8 kW
 Příslušenství/provedení/upozornění

Revizní dveře s dvojitým závěsem

Zařízení pro odvod vzduchu: 6.160 m³/h

Vnitřní instalace Ma 2,00-1,0
 Délka - šířka - výška (cm) 255 - 131 - 69
 Rychlost / třída 2,2 m/s / V5
 Tloušťka / Izolace 35 mm / PU
 Přenos tepla-/ Tepelné mosty T2 / TB2
 Průhyb skříně / Vzduchotěsnost D1 / L1
 SFP (V) třída / hodnota [W/(m³/s)] SFP3 / 1.107
 SFP (E) třída / hodnota [W/(m³/s)] SFP3 / 1.202
 Vnější strana panelu FEZB RAL7035
 Vnitřní strana panelu FEZ
 Podlaha FEZ

Ventilátor, volně rotující oběžné kolo

Průtok vzduchu 6.160 m³/h
 Označení NPA 400
 Vnější tlak / statický (Pa) 367 / 677
 Celkový tlak / dynamický (Pa) 754 / 77
 Výkon hřídele / Výkonová třída 1,70 kW / P1
 Celková účinnost / static (%) 75,9 / 68,1
 Hluk sání/výtlač dB(A) 81,5 / 85,1
 Systém příkon V / E (kW) 1,89 / 2,06
 Otáčky (U/min) / Faktor K 2.024 / 173
 Pracovní tlak (dp na Vn) 742 Pa
 Provozní frekvence 70,3 Hz
 Maximální frekvence 76,5 Hz

Motor

Označení / Počet pólů 100 L / 4
 Energetická třída / Druh krytí IE2 / IP55
 Jmenovitý výkon (kW) 2,20
 Jmenovitý proud (A) 4,64
 jmenovité otáčky (U/min) 1.440
 Napětí (V) / Frekvence (Hz) 3x400 / 50

Revizní dveře s dvojitým závěsem

Klapka
 Tlaková ztráta / rychlost (m/s) 5 Pa / 2,6
 Materiál rámu / lamel VZ/AL 125
 Celkový moment / Počet os 4,7 Nm / 1
 Rozměry ŠxH (mm) 1.180 / 560

Pružný nástavec

Rozměry ŠxH (mm) 1.180 / 560
 Příslušenství/provedení/upozornění
 1 Souprava Měřicí odběry DMS -

Zimní provoz:

Průtok odváděného vzduchu 6.160 m³/h
 Tlaková ztráta 152 Pa
 vstup Teplota °C / Vlhkost % 22,0 / 40
 výstup Teplota °C / Vlhkost % 7,3 / 73

Letní provoz:

vstup Teplota °C / Vlhkost % 24,0 / 50
 výstup Teplota °C / Vlhkost % 27,9 / 40

Příslušenství/provedení/upozornění

Odkapová vana

 Material
 provedení / Velikost přípojky

 Nerezová ocel V2A
 ploché / DN 32

Ohřivač H2O / Glykol

 Průtok vzduchu 6.435 m³/h
 Rychlost proudění vzduchu 2,9 m/s
 Topný výkon / max. (kW) 44,2 / 67,6
 Teplota vstupu / výstupu °C 4,0 / 24,0
 Typ média Voda
 Topný spád (°C) 80 / 60
 Tlaková ztráta média 10,2 kPa
 Množství média (l/s) / Jmenovitá 0,53 / 32 DN
 Řady trubek / tlaková ztráta (Pa) 2 / 40
 Rozteč lamel (mm) / Objem (l) 2,1 / 3
 Počet registrů na výšku / šířku 1 / 1 Položka
 Mat.trubek/lamel/rámu CU / AL / FEZ

Revizní dveře s dvojitým závěsem

Přímý výparník

 Průtok vzduchu 6.435 m³/h
 Rychlost proudění vzduchu 3,3 m/s
 Chladicí výkon citelný (kW) 36,8
 Chladicí výkon / maximální (kW) 59,5 / 64,4
 Vstup-teplota °C/vlhkost % 32,0 / 45
 Výstup-teplota °C/vlhkost % 14,0 / 90
 Typ média R410A
 Teplota odpařování 6 °C
 Řady trubek / tlaková ztráta (Pa) 8 / 186
 Rozteč lamel (mm) / Objem (l) 2,5 / 12
 Počet registrů na výšku / šířku 1 / 1 Položka
 Připojení vstup/výstup 28 / 35 DN
 Mat.trubek/lamel/rámu CU / AL / AL
 Dva prosít'ované okruhy, 50+50%

Revizní dveře s dvojitým závěsem

Odkapová vana

 Material
 provedení / Velikost přípojky

 Nerezová ocel V2A
 spádované / DN 32

Odlučovač kapek

Tlaková ztráta 35 Pa

Parní zvlhčovač

 Průtok vzduchu 6.435 m³/h
 Označení resistor
 Zvlhčovací výkon 50 kg/h
 Teplota vstupu vzduchu 22,0 °C
 Absolutní vlhkost in / out (g/kg) 1,3 / 6,57 g/kg
 Počet trysek / -délka trysky (mm) 2 / 1200
 Příkon 14,9 + 22,3 kW
 Jmenovitý proud (A) / Napětí (V) 21,5+32,3 / 3x400

Odkapová vana

 Material
 provedení / Velikost přípojky
 Provedení panely uvnitř:
 Provedení podlahové panely uvnitř:

 Nerezová ocel V2A
 spádované / DN 32
 V2A
 V2A

Kapsový filtr

 Třída filtrace / médium M6-TV-VZ
 Počáteční/koncová tlaková ztráta 90 / 200 Pa
 Projektovaná tlaková ztráta 145 Pa
 Plocha (m²) / rychlost (m/s) 8,4 / 2,6
 výměna na straně čistého vzduchu

Revizní dveře s dvojitým závěsem

Klapka

 Tlaková ztráta / rychlost (m/s) 6 Pa / 2,7
 Materiál rámu / lamel VZ/AL 125
 Celkový moment / Počet os 4,7 Nm / 1
 Rozměry ŠxH (mm) 1.180 / 560

Kapsový filtr

 Třída filtrace / médium M6-TV-VZ
 Počáteční/koncová tlaková ztráta 85 / 200 Pa
 Projektovaná tlaková ztráta 143 Pa
 Plocha (m²) / rychlost (m/s) 8,4 / 2,4
 výměna na straně čistého vzduchu

Revizní dveře s dvojitým závěsem

Pružný nástavec

Rozměry ŠxH (mm) 1.180 / 560

Pružný nástavec
Rozměry ŠxH (mm) **1.180 / 560**

Kapsový filtr

Třída filtrace / médium **F9-TS-2012-VZ**
Počáteční/koncová tlaková ztráta **163 / 300 Pa**
Projektovaná tlaková ztráta **232 Pa**
Plocha (m²) / rychlost (m/s) **13,6 / 2,6**
výměna na straně zaprášeného vzduchu

Revizní dveře s dvojitým závěsem

Pružný nástavec
Rozměry ŠxH (mm) **1.180 / 560**

Odkapová vana

Material **Nerezová ocel V2A**
provedení / Velikost přípojky **ploché / DN 32**
Provedení panely uvnitř: **V2A**
Provedení podlahové panely uvnitř: **V2A**

Akustický výkon

Oktávové	Vedle jednotky	Vstup	Výstup
63 Hz	86,3 dB	77,2 dB	88,3 dB
125 Hz	74,3 dB	73,8 dB	76,3 dB
250 Hz	71,7 dB	79,7 dB	74,3 dB
500 Hz	76,7 dB	84,7 dB	83,3 dB
1000 Hz	73,3 dB	73,5 dB	79,3 dB
2000 Hz	71,3 dB	70,9 dB	76,3 dB
4000 Hz	50,3 dB	67,0 dB	68,3 dB
8000 Hz	38,3 dB	64,9 dB	65,3 dB
Celkem	78,2 dB(A)	83,1 dB(A)	84,2 dB(A)

Akustický tlak v 1 m

(platné jen v případě volného vyzařování)
celkem **70,3 dB(A) 75,2 dB(A) 76,3 dB(A)**

Příslušenství/provedení/upozornění

1 Souprava Nohy jednotky FGV, 150 kg, 245 - 335 mm 210,0 mm mit Höhenverstellung FEZ

1 Souprava Základový rám jednotky UP80 FEZ

Hygienické provedení

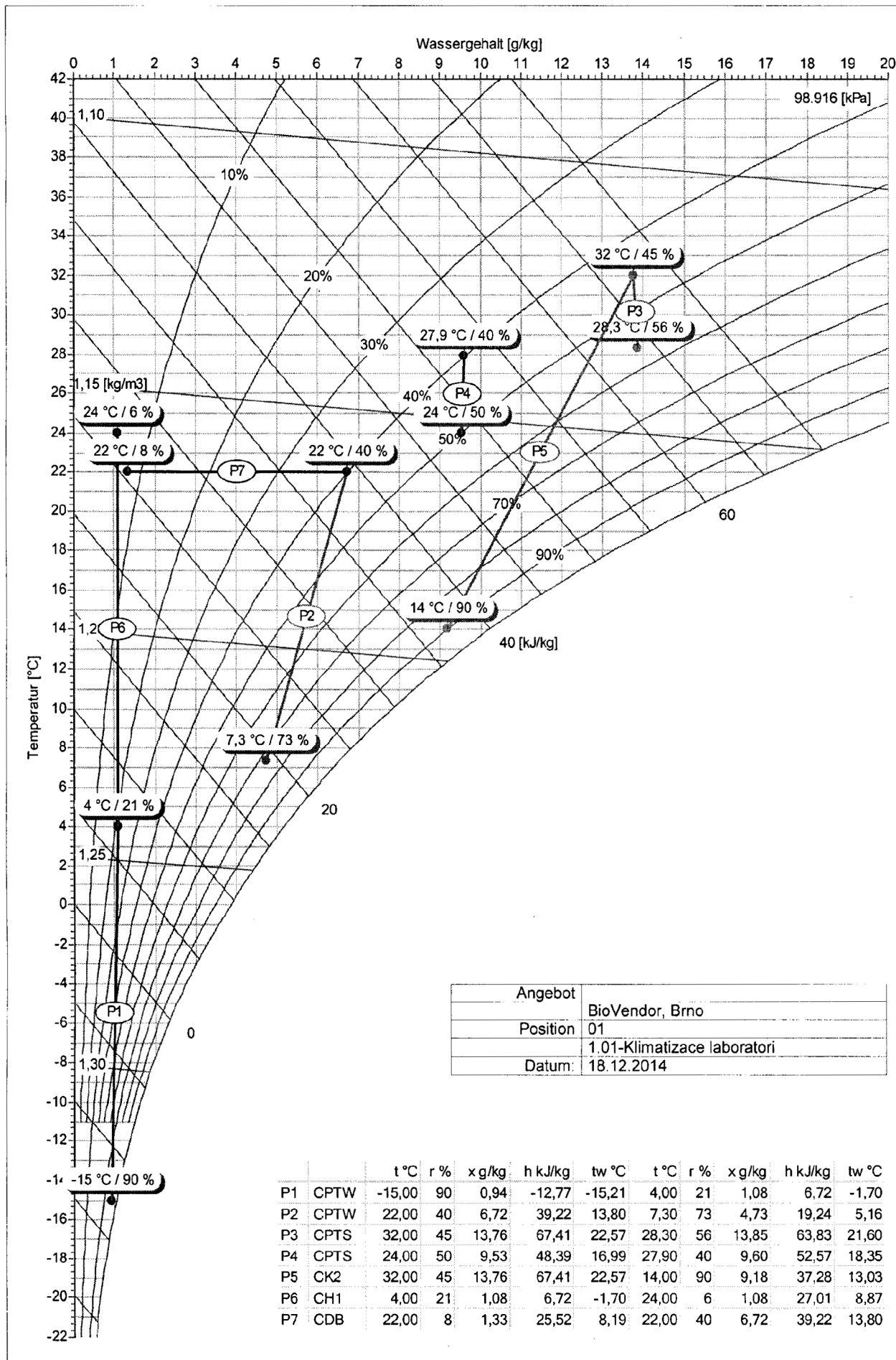
Celková hmotnost **1.214 kg**

Akustický výkon

Oktávové	Vedle jednotky	Vstup	Výstup
63 Hz	74,1 dB	69,0 dB	81,1 dB
125 Hz	74,1 dB	70,2 dB	81,1 dB
250 Hz	73,1 dB	78,0 dB	85,1 dB
500 Hz	67,1 dB	73,9 dB	80,1 dB
1000 Hz	67,1 dB	67,3 dB	80,1 dB
2000 Hz	64,1 dB	65,6 dB	77,1 dB
4000 Hz	47,1 dB	63,1 dB	75,1 dB
8000 Hz	36,1 dB	58,5 dB	73,1 dB
Celkem	71,6 dB(A)	75,3 dB(A)	85,1 dB(A)

Akustický tlak v 1 m

(platné jen v případě volného vyzařování)
celkem **63,7 dB(A) 67,4 dB(A) 77,2 dB(A)**



Angebot	BioVendor, Brno
Position	01
	1.01-Klimatizace laboratorii
Datum:	18.12.2014

9. Útlum zvuku

Zařízení č. 1 - Přívodní potrubí										
ozn.	Veličina	Frekvence [Hz]								součet
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L _w	Hladina akustického výkonu ventilátoru	88,3	76,3	74,3	83,3	79,3	76,3	68,3	65,3	90,4
K _A	Korekce váhového filtru A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
L _w (A)	Hladina akustického výkonu ventilátoru s váhovým filtrem	62,1	60,2	65,7	80,1	79,3	77,5	69,3	64,2	84,2
D _p	Přirozený útlum									
	Rovné potrubí (14 m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Oblouky (3 ks)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Odbočka (2 ks)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Odbočka k výustce	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Flexibilní potrubí Ø 200 mm (1m)	9,0	16,0	21,0	17,5	13,5	10,0	12,5	8,0	
L _{w1}	Hladina akustického výkonu ve výustce	53,1	44,2	44,7	62,6	65,8	67,5	56,8	56,2	70,9
L _{wv}	Hladina akustického výkonu výustky									20,0
L _s	Hladina akustického výkonu z výustky									70,9
K	Korekce na počet výustek	počet výustek = 1								0,0
L	Hladina akustického výkonu všech výustek									70,9

Zařízení č. 1 - Odvodní potrubí										
ozn.	Veličina	Frekvence [Hz]								součet
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L _w	Hladina akustického výkonu ventilátoru	69,0	70,2	78,0	73,9	67,3	65,6	63,1	58,5	80,7
K _A	Korekce váhového filtru A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
L _w (A)	Hladina akustického výkonu ventilátoru s váhovým filtrem	42,8	54,1	69,4	70,7	67,3	66,8	64,1	57,4	75,3
D _p	Přirozený útlum									
	Rovné potrubí (15 m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Oblouky (4 ks)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Odbočka (3 ks)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Odbočka k výustce	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Flexibilní potrubí Ø 200 mm (1m)	9,0	16,0	21,0	17,5	13,5	10,0	12,5	8,0	
L _{w1}	Hladina akustického výkonu ve výustce	33,8	38,1	48,4	53,2	53,8	56,8	51,6	49,4	60,9
L _{wv}	Hladina akustického výkonu výustky									20,0
L _s	Hladina akustického výkonu z výustky									60,9
K	Korekce na počet výustek	počet výustek = 1								0
L	Hladina akustického výkonu všech výustek									60,9

Pozn.: Po konzultaci s vedoucím práce byl přirozený útlum, výjma flexibilního potrubí, z důvodu bezpečnosti výpočtu, zanedbán

$$\begin{aligned} \text{Vliv přívodního i odvodního potrubí } l_{p+0} &= 71,3 \text{ dB} \\ \text{Směrový činitel } Q &= 2 \\ \text{Vzdálenost od výustky k posluchači } r &= 1 \text{ m} \\ \text{Pohltivá plocha místnosti } A &= 4 \text{ m}^2 \\ \text{Hladina akustického tlaku v místě posluchače } l_c &= 72,0 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{Připustná hodnota akustického tlaku v místnosti } l_{p,A} = 45 \text{ dB}$$

72,0 > 45 NEVYHOVUJE

Návrh tlumičů

Zařízení č. 1 - Přívodní potrubí										
ozn.	Veličina	Frekvence [Hz]								součet
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L_{w1}	Hladina akustického výkonu ve výustce - bez tlumiče	53,1	44,2	44,7	62,6	65,8	67,5	56,8	56,2	70,9
	Útlum tlumiče hluku Mart THKU.1000.500.2000 (2 m)	8,0	13,0	23,0	42,0	70,0	64,0	52,0	29,0	
	Vlastní hluk tlumiče	3,0	7,0	11,0	12,0	10,0	5,0	0,0	0,0	
	Útlum tlumiče hluku Mart THKU.630.500.1000 (1 m)	4,0	6,0	13,0	23,0	37,0	34,0	29,0	19,0	
	Vlastní hluk tlumiče	0,0	1,0	3,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
L_{w1}	Hladina akustického výkonu ve výustce - s tlumičem	41,1	25,2	9,7	3,3	0,0	0,0	0,0	8,8	41,2
L_{wy}	Hladina akustického výkonu výustky									20
L_s	Hladina akustického výkonu z výustky									41,3
K	Korekce na počet výustek	počet výustek = 1								0
L	Hladina akustického výkonu všech výustek									41,3

Zařízení č. 1 - Odvodní potrubí										
ozn.	Veličina	Frekvence [Hz]								součet
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L_{w1}	Hladina akustického výkonu ve výustce - bez tlumiče	33,8	38,1	48,4	53,2	53,8	56,8	51,6	49,4	60,9
	Útlum tlumiče hluku Mart THKU.1000.500.2000 (2 m)	8,0	13,0	23,0	42,0	70,0	64,0	52,0	29,0	
	Vlastní hluk tlumiče	1,0	6,0	10,0	11,0	9,0	4,0	0,0	0,0	
L_{w1}	Hladina akustického výkonu ve výustce - s tlumičem	25,8	25,2	25,5	14,1	9,0	4,3	2,8	20,4	30,8
L_{wy}	Hladina akustického výkonu výustky									20
L_s	Hladina akustického výkonu z výustky									31,2
K	Korekce na počet výustek	počet výustek = 1								0
L	Hladina akustického výkonu všech výustek									31,2

Vliv přívodního i odvodního potrubí $L_{p,O} = 41,7$ dB

Směrový činitel $Q = 2$

Vzdálenost od výustky k posluchači $r = 1$ m

Pohltivá plocha $A = 4$ m²

Hladina akustického tlaku v místě posluchače $L_c = 42,3$ dB

Přípustná hodnota akustického tlaku v místnosti $L_{p,A} = 45$ dB

42,3 < 45 VYHOVUJE

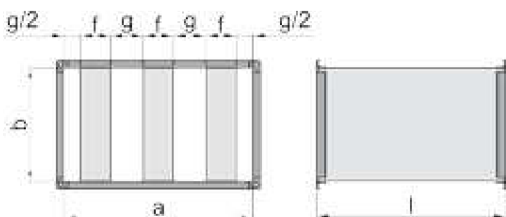
Navrhuji 2 ks tlumiče Mart THKU.1000.500.1000 na přívodní i odvodní potrubí a 1ks tlumiče Mart THKU.630.500.1000 na obě větve přívodního potrubí

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
1.02

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 1000 mm

šířka kulisy:
f = 100 mm

výška tlumiče:
b = 500 mm

počet kulis:
e = 5

délka tlumiče:
l = 2000 mm

průtočná mezera:
g = 100 mm

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 6435 m³/h

hustota vzduchu:
ρ = 1.2 kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

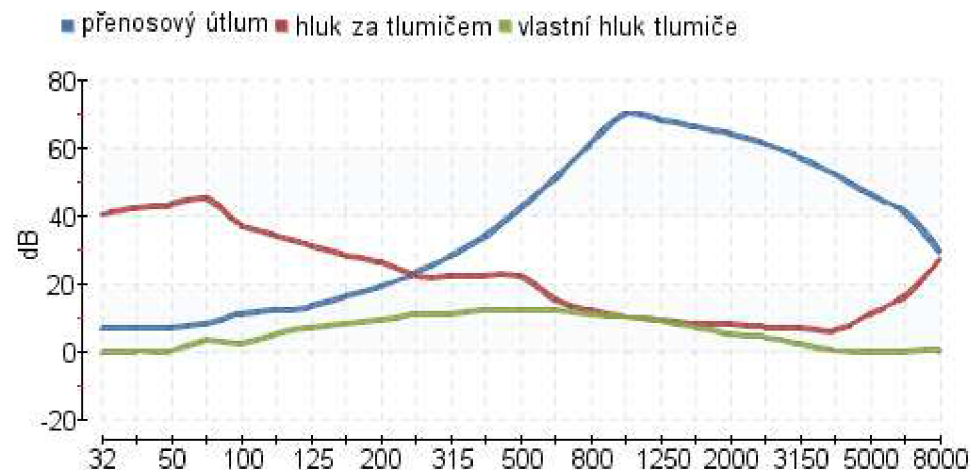
frekvence: **f**
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	47	53	44	45	63	66	68	57	56	71

VÝSLEDNÉ HODNOTY

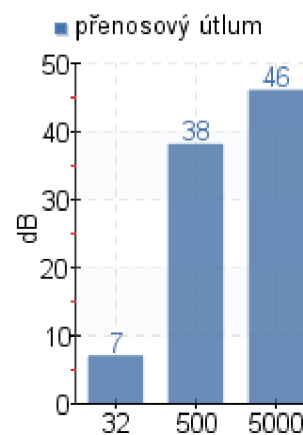
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	7	8	13	23	42	70	64	52	29	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	0	3	7	11	12	10	5	0	0	17	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	40	45	31	22	22	10	8	6	27	46	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	21	Pa
plocha tlumiče:	0.5	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	3.6	m/s
ve volné ploše:	7.2	m/s

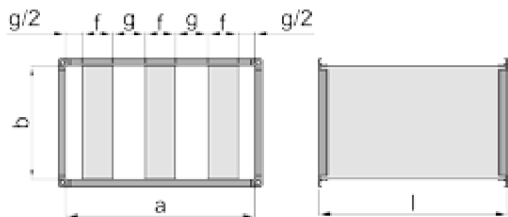
Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
1.02

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 630 mm

šířka kulisy:
f = 100 mm

výška tlumiče:
b = 500 mm

počet kulis:
e = 3

délka tlumiče:
l = 1000 mm

průtočná mezera:
g = 110 mm

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 2990 m³/h

hustota vzduchu:
ρ = 1.2 kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

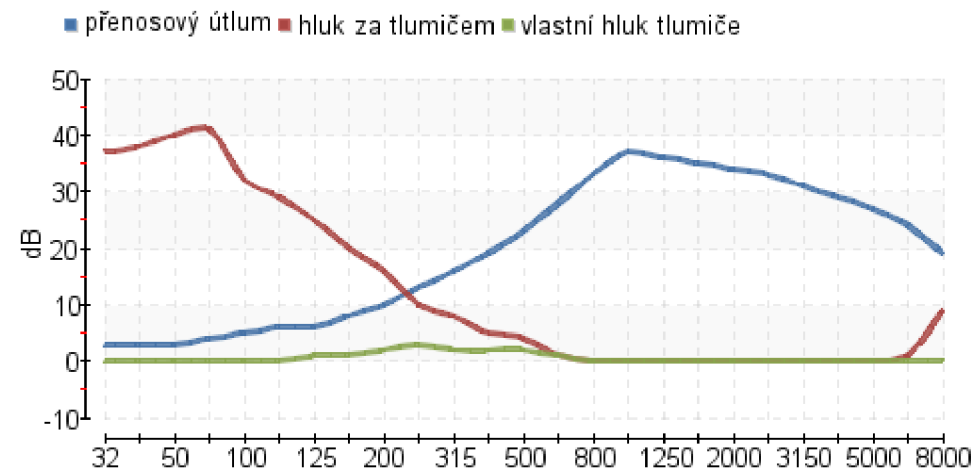
frekvence: **f**
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	40	45	31	22	22	10	8	6	27	46

VÝSLEDNÉ HODNOTY

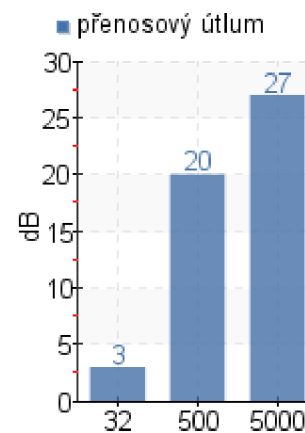
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	3	4	6	13	23	37	34	29	19	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	0	0	1	3	2	0	0	0	0	10	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	37	41	25	10	4	0	0	0	9	43	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	6	Pa
plocha tlumiče:	0.32	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	2.6	m/s
ve volné ploše:	5	m/s

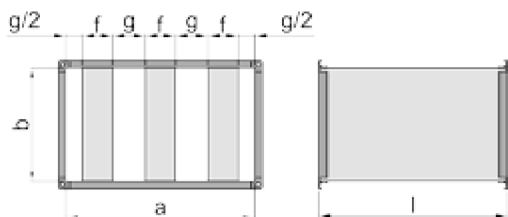
Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
1.02

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 1000 mm

šířka kulisy:
f = 100 mm

výška tlumiče:
b = 500 mm

počet kulis:
e = 5

délka tlumiče:
l = 2000 mm

průtočná mezera:
g = 100 mm

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 6160 m³/h

hustota vzduchu:
ρ = 1.2 kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

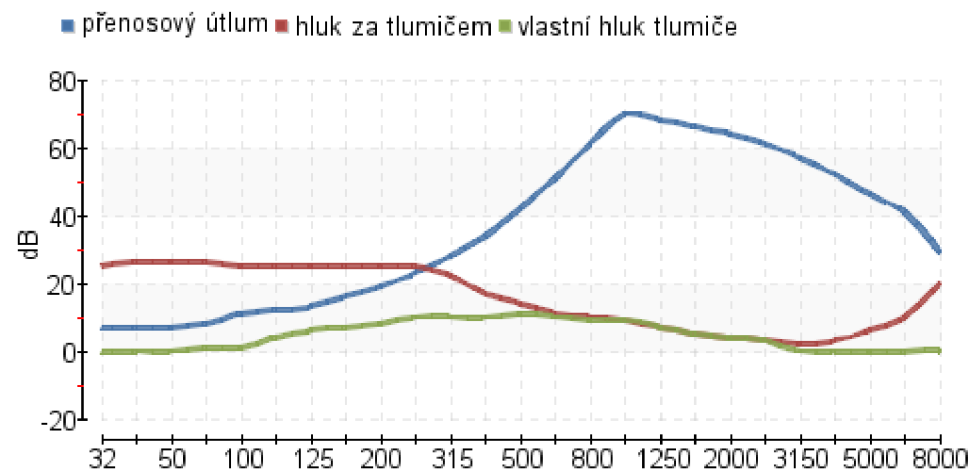
frekvence: **f**
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	32	34	38	48	53	54	57	52	49	61

VÝSLEDNÉ HODNOTY

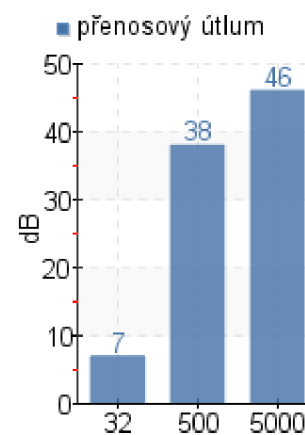
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	7	8	13	23	42	70	64	52	29	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	0	1	6	10	11	9	4	0	0	16	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	25	26	25	25	14	9	4	3	20	32	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	20	Pa
plocha tlumiče:	0.5	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	3.4	m/s
ve volné ploše:	6.8	m/s

Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

Zařízení č. 1 - Sací potrubí										
ozn.	Veličina	Frekvence [Hz]								součet
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L_w	Hladina akustického výkonu ventilátoru	77,2	73,8	79,7	84,7	73,5	70,9	67,0	64,9	87,1
K_A	Korekce váhového filtru A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
$L_w(A)$	Hladina akustického výkonu ventilátoru s váhovým filtrem	51,0	57,7	71,1	81,5	73,5	72,1	68,0	63,8	83,1
D_p	Přirozený útlum									
	Rovné potrubí (13 m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Oblouky (2 ks)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
L_{w1}	Hladina akustického výkonu v žaluzii	51,0	57,7	71,1	81,5	73,5	72,1	68,0	63,8	83,1
L_{wy}	Hladina akustického výkonu žalužie									30
L_s	Hladina akustického výkonu na fasádě									83,1

Pozn.: Po konzultaci s vedoucím práce byl přirozený útlum, z důvodu bezpečnosti výpočtu, zanedbán

Hladina akustického výkonu na fasádě $l_s = 83,1$ dB

Směrový činitel $Q = 2$

Vzdálenost k sousední zástavbě $r = 35$ m

Hladina akustického tlaku v místě posluchače $l_c = 43,9$ dB

Přípustná hodnota akustického tlaku ve venkovním prostoru $l_{p,A} = 40$ dB

43,9 > 40 NEVYHOVUJE

Návrh tlumičů

Zařízení č. 1 - Sací potrubí										
ozn.	Veličina	Frekvence [Hz]								součet
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L_{w1}	Hladina akustického výkonu v žaluzii - bez tlumiče	51,0	57,7	71,1	81,5	73,5	72,1	68,0	63,8	83,1
	Útlum tlumiče hluku Mart THKU.1000.500.2000 (2 m)	8,0	13,0	23,0	42,0	70,0	64,0	52,0	29,0	
	Vlastní hluk tlumiče	3,0	7,0	11,0	12,0	10,0	5,0	0,0	0,0	
L_{w1}	Hladina akustického výkonu v žaluzii - s tlumičem	43,0	44,7	48,1	39,5	10,9	9,8	16,1	34,8	51,0
L_{wy}	Hladina akustického výkonu žalužie									30
L_s	Hladina akustického výkonu na fasádě									51,0

Hladina akustického výkonu na fasádě $l_s = 51,0$ dB

Směrový činitel $Q = 2$

Vzdálenost k sousední zástavbě $r = 35$ m

Hladina akustického tlaku v místě posluchače $l_c = 11,8$ dB

Přípustná hodnota akustického tlaku ve venkovním prostoru $l_{p,A} = 40$ dB

11,8 < 40 VYHOVUJE

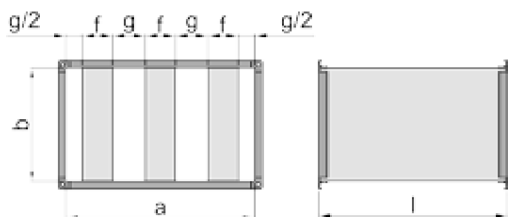
Navrhují 2 ks tlumiče Mart THKU.1000.500.1000 na sací potrubí

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
1.03

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 1000 mm

šířka kulisy:
f = 100 mm

výška tlumiče:
b = 500 mm

počet kulis:
e = 5

délka tlumiče:
l = 2000 mm

průtočná mezera:
g = 100 mm

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 6435 m³/h

hustota vzduchu:
ρ = 1.2 kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

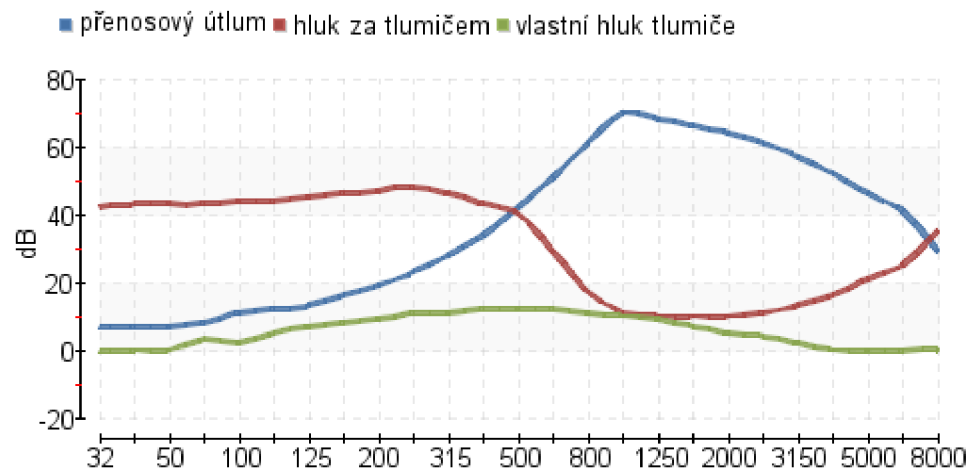
frekvence: **f**
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	49	51	58	71	82	74	72	68	64	83

VÝSLEDNÉ HODNOTY

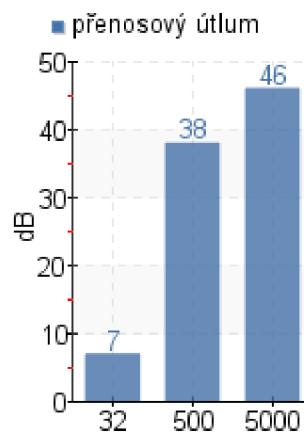
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	7	8	13	23	42	70	64	52	29	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	0	3	7	11	12	10	5	0	0	17	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	42	43	45	48	40	11	10	16	35	52	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	21	Pa
plocha tlumiče:	0.5	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	3.6	m/s
ve volné ploše:	7.2	m/s

Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

Zařízení č. 1 - Výtlačné potrubí										
ozn.	Veličina	Frekvence [Hz]								součet
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L _w	Hladina akustického výkonu ventilátoru	81,1	81,1	85,1	80,1	80,1	77,1	75,1	73,1	89,5
K _A	Korekce váhového filtru A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
L _w (A)	Hladina akustického výkonu ventilátoru s váhovým filtrem	54,9	65,0	76,5	76,9	80,1	78,3	76,1	72,0	85,1
D _p	Přirozený útlum									
	Rovné potrubí (16 m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Oblouky (4 ks)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
L _{w1}	Hladina akustického výkonu v žaluzii	54,9	65,0	76,5	76,9	80,1	78,3	76,1	72,0	85,1
L _{wy}	Hladina akustického výkonu žaluzie									30
L _s	Hladina akustického výkonu na fasádě									85,1

Pozn.: Po konzultaci s vedoucím práce byl přirozený útlum, z důvodu bezpečnosti výpočtu, zanedbán

$$\begin{aligned} \text{Hladina akustického výkonu na fasádě } L_s &= 85,1 \text{ dB} \\ \text{Směrový činitel } Q &= 2 \\ \text{Vzdálenost k sousední zástavbě } r &= 7 \text{ m} \\ \text{Hladina akustického tlaku v místě posluchače } L_c &= 59,9 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{Přípustná hodnota akustického tlaku ve venkovním prostoru } l_{p,A} = 40 \text{ dB}$$

59,9 > 40 NEVYHOVUJE

Návrh tlumičů

Zařízení č. 1 - Výtlačné potrubí										
ozn.	Veličina	Frekvence [Hz]								součet
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L _{w1}	Hladina akustického výkonu v žaluzii - bez tlumiče	54,9	65,0	76,5	76,9	80,1	78,3	76,1	72,0	85,1
	Útlum tlumiče hluku Mart THKU.1000.500.2000 (2 m)	8,0	13,0	23,0	42,0	70,0	64,0	52,0	29,0	
	Vlastní hluk tlumiče	1,0	6,0	10,0	11,0	9,0	4,0	0,0	0,0	
L _{w1}	Hladina akustického výkonu v žaluzii - s tlumičem	46,9	52,0	53,5	34,9	12,6	14,7	24,1	43,0	56,6
L _{wy}	Hladina akustického výkonu žaluzie									30
L _s	Hladina akustického výkonu na fasádě									56,6

$$\begin{aligned} \text{Hladina akustického výkonu na fasádě } L_s &= 56,6 \text{ dB} \\ \text{Směrový činitel } Q &= 2 \\ \text{Vzdálenost k sousední zástavbě } r &= 6 \text{ m} \\ \text{Hladina akustického tlaku v místě posluchače } L_c &= 33,0 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{Přípustná hodnota akustického tlaku v místnosti } l_{p,A} = 40 \text{ dB}$$

33,0 < 40 VYHOVUJE

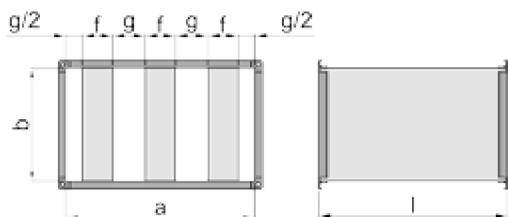
Navrhuji 2 ks tlumiče Mart THKU.1000.500.1000 na výtlačné potrubí

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
1.04

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
 $a = 1000$ mm

šířka kulisy:
 $f = 100$ mm

výška tlumiče:
 $b = 500$ mm

počet kulis:
 $e = 5$

délka tlumiče:
 $l = 2000$ mm

průtočná mezera:
 $g = 100$ mm

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 6160$ m³/h

hustota vzduchu:
 $\rho = 1.2$ kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

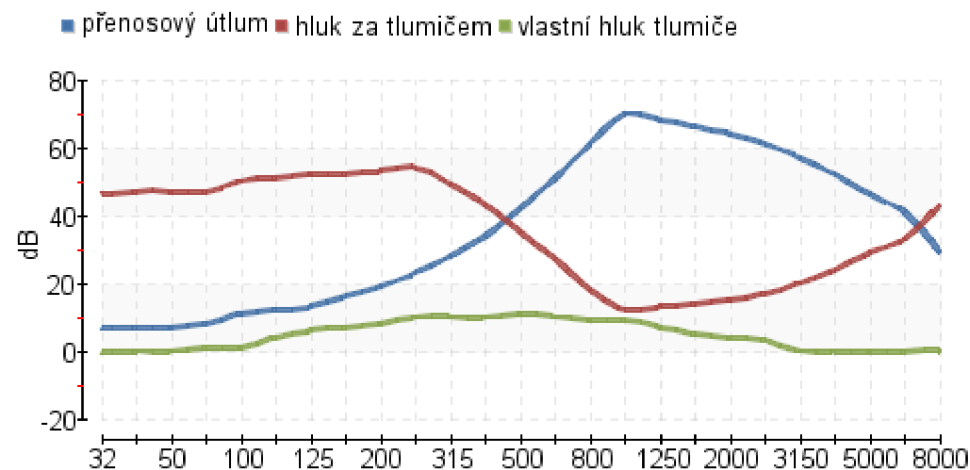
frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	53	55	65	77	77	80	78	76	72	85

VÝSLEDNÉ HODNOTY

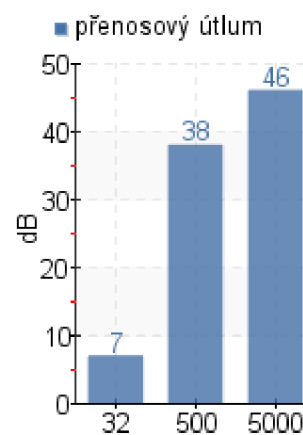
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	7	8	13	23	42	70	64	52	29	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	0	1	6	10	11	9	4	0	0	16	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	46	47	52	54	35	12	15	24	43	57	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	20	Pa
plocha tlumiče:	0.5	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	3.4	m/s
ve volné ploše:	6.8	m/s

Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí $\pm 10\%$.

10. Izolace potrubí

Zařízení č. 1

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Zařízení č. 1: Sání - zima

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o(^{\circ}\text{C}) = 22$
 $\text{RH}_o(\%) = 40$
 $a(\text{mm}) = 400$
 $b(\text{mm}) = 1250$
 $\text{Délka}(\text{mm}) = 2000$
 $\text{tvst}(^{\circ}\text{C}) = -12$
 $\text{RH}(\%) = 95$
 $\text{tv}(\text{mm}) = 50$
 $\text{D}(\text{mm}) = 0$

Hranaté potrubí Kruhové potrubí

$t_{po} (^{\circ}\text{C}) = 14$
 $t_{ro} (^{\circ}\text{C}) = 7.79$
 $t_{pv} (^{\circ}\text{C}) = -10.01$
 $t_{rv} (^{\circ}\text{C}) = -12.57$
riziko kondenzace

Průtok vzduchu [m³/h]: 6435
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.05
 Potrubí je situováno v prostředí:
 Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
 S mírným pohybem vzduchu (místnost)
 Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: 190.89

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Zařízení č. 1: Sání - léto

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o(^{\circ}\text{C}) = 27$
 $\text{RH}_o(\%) = 60$
 $a(\text{mm}) = 400$
 $b(\text{mm}) = 1250$
 $\text{Délka}(\text{mm}) = 2000$
 $\text{tvst}(^{\circ}\text{C}) = 30$
 $\text{RH}(\%) = 35$
 $\text{D}(\text{mm}) = 0$

Hranaté potrubí Kruhové potrubí

$t_{po} (^{\circ}\text{C}) = 27.71$
 $t_{ro} (^{\circ}\text{C}) = 18.57$
 $t_{pv} (^{\circ}\text{C}) = 29.82$
 $t_{rv} (^{\circ}\text{C}) = 12.87$

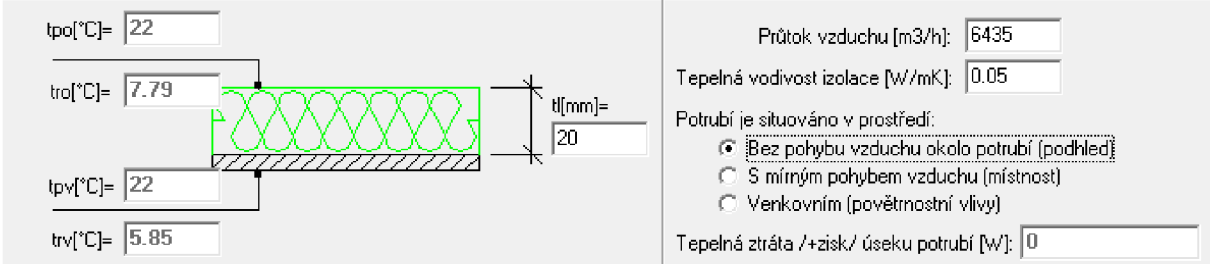
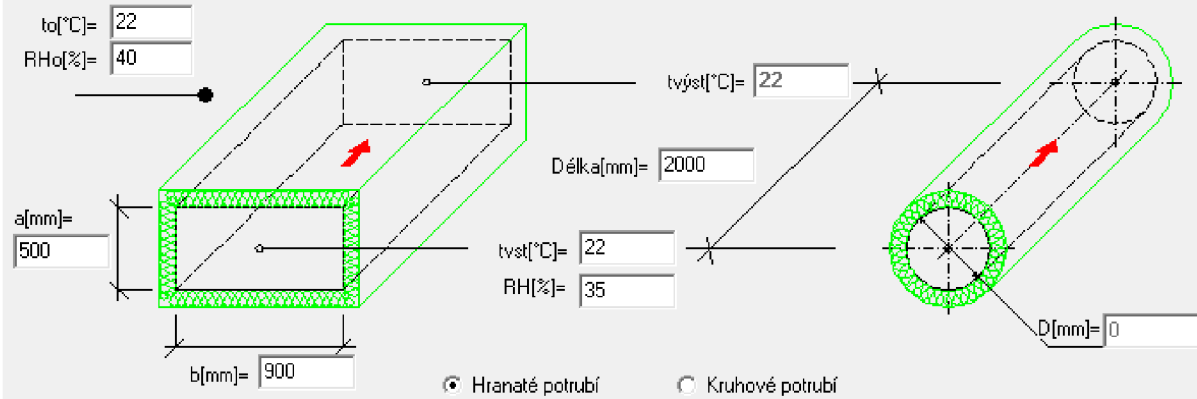
Průtok vzduchu [m³/h]: 6435
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.05
 Potrubí je situováno v prostředí:
 Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
 S mírným pohybem vzduchu (místnost)
 Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -16.84

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí

Popis: Zařízení č. 1: Přívod - zima

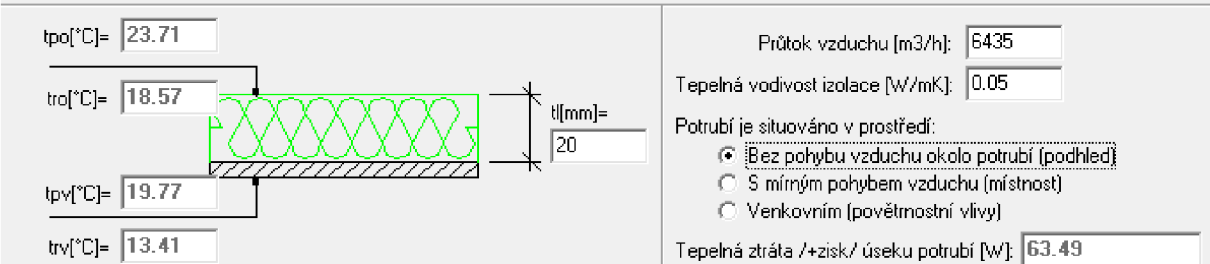
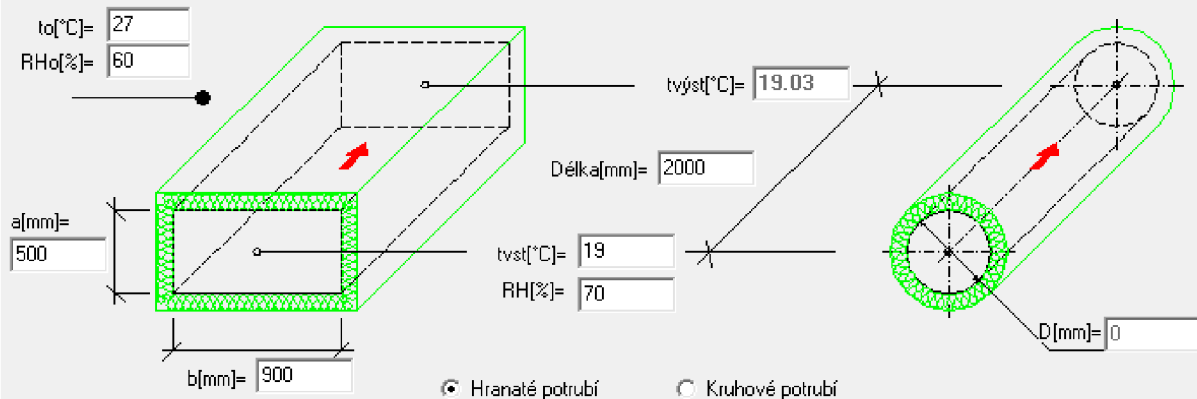
Výpočet
 Vymazat
 Načíst
 Uložit
 Optimální tloušťka izolace - graf
 Tisk
 OK



Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí

Popis: Zařízení č. 1: Přívod - léto

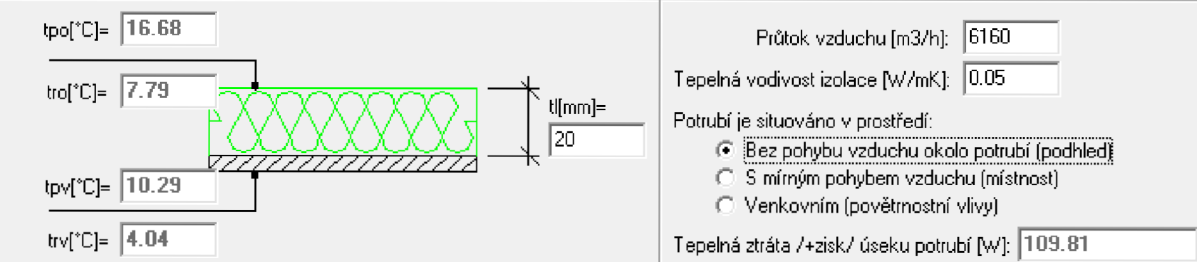
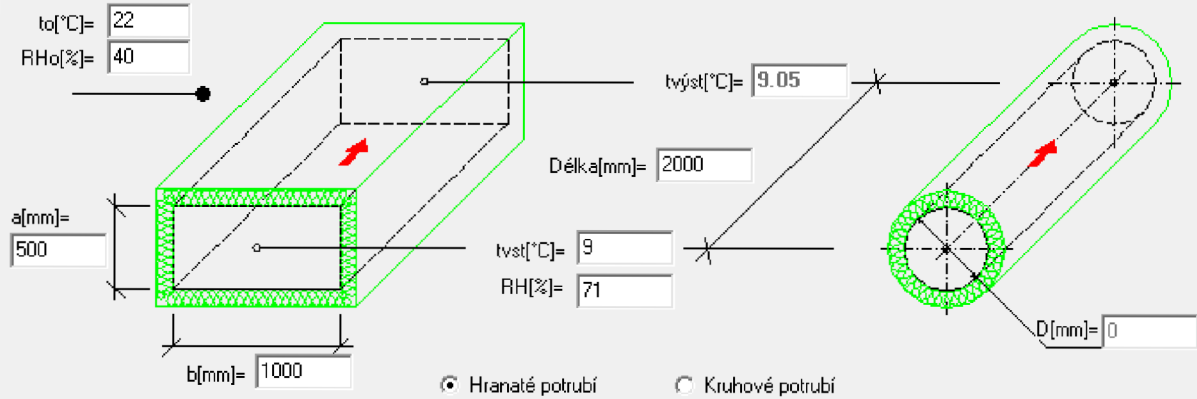
Výpočet
 Vymazat
 Načíst
 Uložit
 Optimální tloušťka izolace - graf
 Tisk
 OK



Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí

Popis: Zařízení č. 1: Výtlač - zima

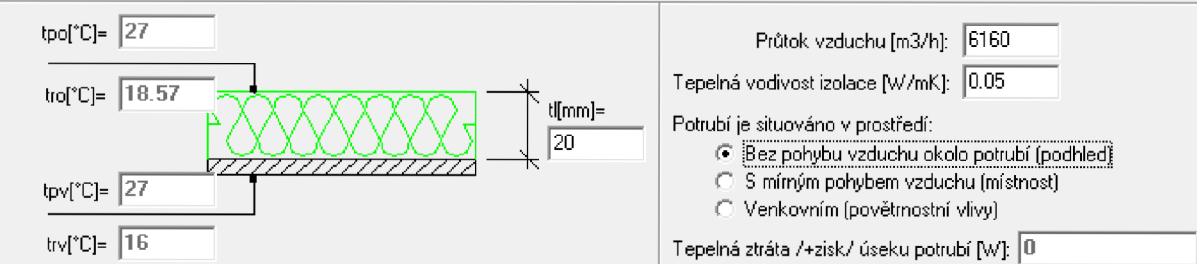
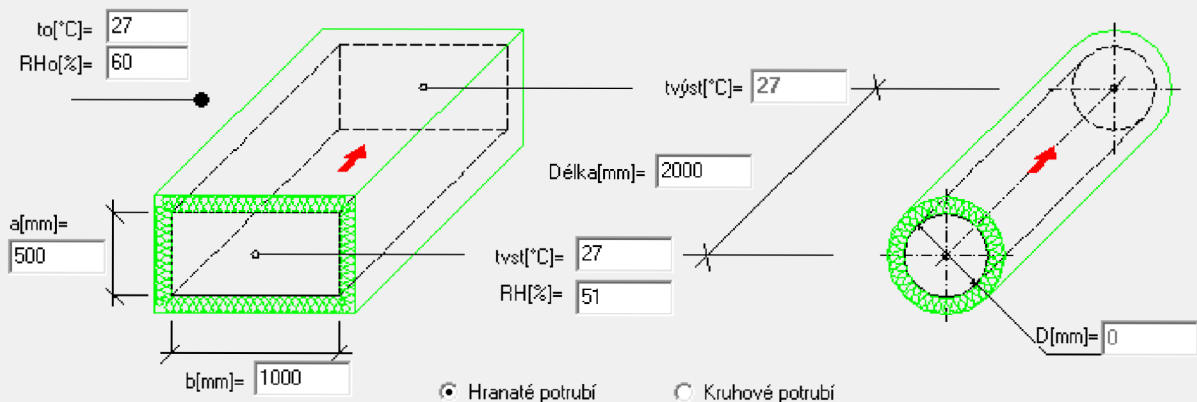
Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK



Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí

Popis: Zařízení č. 1: Výtlač - léto

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK



Sací potrubí bude izolováno tepelnou izolací **ROCKWOOL KLIMAFIX tloušťky 50 mm**, $\lambda = 0,042 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ z důvodu zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti na povrchu potrubí.

Výtlačné potrubí bude izolováno tepelnou izolací **ROCKWOOL KLIMAFIX tloušťky 50 mm**, $\lambda = 0,042 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ z důvodu zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti na povrchu potrubí a z důvodu zabránění šíření hluku do volného prostoru.

Výtlačné potrubí procházející jiným požárním úsekem bude opatřeno protipožární izolací **Isover Orstech 65 H tl. 40 mm**, $\lambda = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ s požární odolností EI 30 S z důvodu zabránění šíření požáru mezi jednotlivými požárními úseky.

Přívodní a odvodní potrubí bude izolováno od jednotky po poslední tlumič hluku na trase tepelnou izolací **ROCKWOOL KLIMAFIX tl. 50 mm**, $\lambda = 0,042 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ z důvodu zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti na povrchu potrubí a z důvodu zabránění šíření hluku do volného prostoru.

Přívodní potrubí od posledního tlumiče hluku až na konec větve bude izolováno tepelnou izolací na kaučukové bázi **K-FLEX H DUCT tl. 19 mm**, $\lambda = 0,038 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ z důvodu zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti na povrchu potrubí.

Odvodní potrubí od posledního tlumiče hluku až na konec větve nebude izolováno.



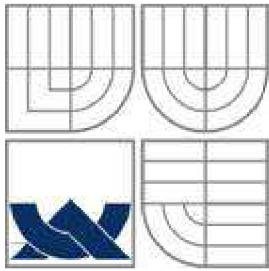
ROCKWOOL KLIMAFIX



K-FLEX H DUCT

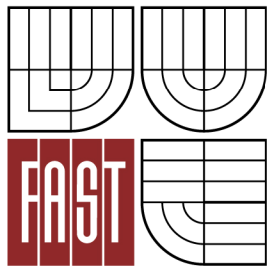


ISOVER ORSTECH 65 H



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ČÁST 2. C – PROJEKT

VARIANTNÍ ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE SYSTÉMŮ VZDUCHOTECHNIKY PROSTORU LABORATOŘÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MICHAL FALTYS

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2015

1. Technická zpráva



Rekonstrukce systémů vzduchotechniky pro 3.NP laboratoří společnosti
BioVendor – Laboratorní medicína a.s.

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název akce: Projektová dokumentace vzduchotechniky laboratoří ve 3.NP

Místo: Brno - Řečkovice

Investor: BioVendor – Laboratorní medicína a.s.

Projektant: Bc. Michal Faltys

Stupeň projektu: Prováděcí projekt

2. ÚVOD

Předmětem této projektové dokumentace pro stavební povolení a realizaci stavby je návrh rekonstrukce systémů vzduchotechniky pro obsluhu jedné poloviny 3.NP laboratorní budovy společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. v Brně – Řečkovících. Návrh je proveden s ohledem na zajištění právními předpisy předepsaných hygienických parametrů a specifických podmínek pro provoz a využití laboratoří bez speciálních požadavků. Dvě největší laboratoře zároveň slouží jako referenční místnosti pro každou polovinu systému. Úkolem technické zprávy je doplnit výkresy o potřebné údaje, které se na výkrese neudávají, proto je nutné při montáži postupovat nejen podle výkresů, ale také podle údajů v technické zprávě a skutečného stavu na stavbě.

2.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování byla projektová dokumentace pro stavební povolení, konkrétně jednotlivé půdorysy a pohledy stavební části a projektová dokumentace stávajících systémů vzduchotechniky. Dále průzkum aktuálního stavu přímo v objektu. V neposlední řadě také platné právní předpisy (zákony, nařízení vlády a prováděcí vyhlášky), české technické normy, německé technické normy a také podklady výrobců vzduchotechnických zařízení:

- Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb
- VDI 6022 – Raumlufttechnik, Raumluftqualität (2011)
- ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)
- ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov (2012)
- ČSN 12 7010 – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (1988)
- ČSN 73 0872 – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením (1996)
- ČSN EN 14 175 – Digestoře (2003)
- ČSN EN 12 469 – Biotechnologie – Kritéria účinnosti mikrobiologických bezpečnostních boxů (2001)
- Návrhový software Teruna 1.5b
- Návrhový software AeroCad
- Návrhový program MartAkustik společnosti Mart s.r.o.
- Katalogové listy výrobců vzduchotechniky (např. Mandík, Remak, Mart, TROX atd.)

2.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Umístění: Brno – Řečkovice

Nadmořská výška: 250 m n. m.

Venkovní výpočtová teplota: léto: + 30°C
zima: - 12°C

3. BUDOVA A JEJÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI

Jedná se o sedmipodlažní objekt, účelem využití laboratorní budova. Objekt není podsklepený, s plochou střechou. Celé 7.NP slouží jako strojovna vzduchotechniky. Vzhledem k umístění řešených prostor v budově byly stanoveny nulové tepelné ztráty. Celková tepelná zátěž řešené části nebyla vzhledem ke koncepci návrhu stanovena, tepelná zátěž referenčních místností je 2 241 W, resp. 2 480 W. Při výpočtu dávky čerstvého vzduchu na počet osob byla uvažována hodnota 50 m³/h. Teplota přiváděného vzduchu byla výpočtem stanovena na 22°C pro zimní období a 19°C pro letní období.

4. ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Při koncepčním řešení rekonstrukce vzduchotechniky byla řešená část rozdělena na 3 zóny dle provozních podmínek. Tyto zóny obsluhuje 1 vzduchotechnická jednotka Bösch modul **a**. Tato jednotka obsluhuje západní i východní stranu laboratoří a současně strojovnu vzduchotechniky. Ve všech prostorách je uvažováno v zimním období nucené větrání a vlhčení, v letním období chlazení a odvlhčování. Na každé větvi potrubí bude osazen elektronický regulátor průtoku vzduchu, který umožní provozování jednotlivých zón nezávisle na sobě v několika provozních režimech. Prostor strojovny vzduchotechniky bude větrán v jakémkoliv provozním režimu, tj. vyústky budou osazeny před regulátory průtoku. Celek pak bude zajišťovat výměnu vzduchu v souladu s právními předpisy platnými na území České republiky.

4.1 Laboratoře východ (zóna 1)

Klimatizace východních laboratoří bude zajišťována kratšími větvemi potrubí, které budou na přívodu i odvodu osazeny elektronickými regulátory průtoku. Uživatel pak bude mít možnost ve vstupním prostoru do laboratoří přepnout referenční místnost, podle které se bude zařízení řídit. V případě, že nebude prostor obsazen, se regulátory průtoku uzavřou a ventilátory sníží svůj výkon pomocí frekvenčních měničů na požadovaný průtok pro zbývající část (zónu 2 a zónu 3). Zařízení je navrženo na pokrytí tepelných ztrát větráním v otopném období a k odvedení tepelných zisků v letním období. Navržené průtoky vzduchu zajišťují v referenční místnosti výměnu vzduchu $n = 16,4 \text{ h}^{-1}$ pro zajištění vhodných podmínek dle vyhlášky č. 6/2003 Sb. a dle ČSN 14 175.

Návrh řešení se řídil těmito hlavními podmínkami:

- laboratoře budou v tlakové kaskádě tak, aby každá místnost byla větrána mírně přetlakově
- výfuk znehodnoceného vzduchu bude vyveden na fasádu objektu tak, aby bylo zamezeno jeho přimíchávání do nasávaného vzduchu
- nejvyšší přípustná hladina akustického tlaku $L_{p,A} = 45 \text{ dB(A)}$

4.2 Laboratoře západ (zóna 2)

Klimatizace západních laboratoří bude zajišťována delšími větvemi potrubí, které budou na přívodu i odvodu osazeny elektronickými regulátory průtoku. Uživatel pak bude mít možnost ve vstupním prostoru do laboratoří přepnout referenční místnost, podle které se bude zařízení řídit. V případě, že nebude prostor obsazen, se regulátory průtoku uzavřou a ventilátory sníží svůj výkon pomocí frekvenčních měničů na požadovaný průtok pro zbývající část (zónu 1 a zónu 3). Zařízení je navrženo na pokrytí tepelných ztrát větráním v otopném období a k odvedení tepelných zisků v letním období. Navržené průtoky vzduchu zajišťují v referenční místnosti výměnu vzduchu $n = 19 \text{ h}^{-1}$ pro zajištění vhodných podmínek dle vyhlášky č. 6/2003 Sb. a dle ČSN 14 175.

Návrh řešení se řídil těmito hlavními podmínkami:

- laboratoře budou v tlakové kaskádě tak, aby každá místnost byla větrána mírně přetlakově
- výfuk znehodnoceného vzduchu bude vyveden na fasádu objektu tak, aby bylo zamezeno jeho přimíchávání do nasávaného vzduchu
- nejvyšší přípustná hladina akustického tlaku $L_{p,A} = 45 \text{ dB(A)}$

4.3 Strojovna vzduchotechniky (zóna 3)

Nucené větrání strojovny vzduchotechniky bude zajištěno jedním přívodním a jedním odvodním distribučním elementem, umístěným tak, aby distribuce vzduchu probíhala za všech provozních režimů (zařazení elementů před regulátory průtoku). Vzhledem k malým objemovým průtokům vzduchu bude větrání zajišťovat jednotka obsluhující laboratoře (se stejnými parametry vzduchu). Zařízení je navrženo na pokrytí minimální výměny vzduchu z hlediska hygienických a provozních požadavků, a to jak pro osoby uvažované v těchto prostorách (obsluha a servis), tak pro zařízení v nich navržených.

Návrh řešení se řídil těmito hlavními podmínkami:

- místnost bude větrána rovnotlance
- výfuk znehodnoceného vzduchu bude vyveden na fasádu objektu tak, aby bylo zamezeno jeho přimíchávání do nasávaného vzduchu
- nejvyšší přípustná hladina akustického tlaku $L_{p,A} = 50 \text{ dB(A)}$

4.4 Energetické zdroje

Elektrická energie

Elektrická energie je nutná pro provoz ventilátorů vzduchotechnické jednotky, oběhových čerpadel topných zařízení a kompresoru chladicího zařízení, dále pro parní vyvíječ a systém měření a regulace.

Tepelná energie

Tepelná energie je potřebná pro ohřev vzduchu ve výměníku ohříváče, jako médium bude sloužit topná voda s teplotním spádem 80/60°C, přípravu bude zajišťovat kaskádový plynový kotel umístěný v plynové kotelně objektu. Pro chlazení vzduchu bude sloužit systém přímého chlazení (kondenzační jednotka), jako médium bude sloužit chladivo R410a o vypařovací teplotě 6°C. Výparník bude umístěn přímo v jednotce, vzduchem chlazený kondenzátor pak ve strojovně VZT v 7.NP objektu. Výkony energetických zdrojů viz samostatná tabulka (příloha této zprávy).

5. POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

5.1 Koncepce větracích a klimatizačních zařízení

Návrh rekonstrukce vzduchotechniky zadané části budovy vychází ze současných stavebních dispozic a požadavků kladených na interní mikroklima jednotlivých místností. Jedná se tedy o prostory, které vyžadují úpravu mikroklimatu z hlediska hygienického, funkčního, či technologického. Rozvody vzduchu jsou navrženy jako nízkotlaký systém. Výměny vzduchu v jednotlivých místnostech jsou navrženy podle výše uvedených hygienických předpisů a zavedených konvencí.

Zařízení č. 1 - Klimatizace laboratoří a strojovny VZT

Pro klimatizaci laboratoří a současně strojovny vzduchotechniky byla navržena sestavná VZT jednotka Bösch modul **a**, zajišťující dvoustupňovou filtraci přiváděného vzduchu (filtry třídy M6 + F9), dále rekuperaci tepla přes deskový výměník, chlazení, vlhčení parou a ohřev vzduchu.

Zařízení bude upravovat vlhkost přiváděného vzduchu v zimě (parní vlhčení) i v létě (mokrý chlazení, odvlhčování). Jednotka bude osazena na betonovém základu a opatřena ocelovým rámem se stavitelnými nohama o výšce 245 – 335 mm pro zajištění odvodu kondenzátu přes zápachovou uzávěrku. Sání čerstvého vzduchu bude přes protidešťovou žaluzii, umístěnou na východní fasádě. Objemový průtok přiváděný do jednotky je 6 435 m³/h. Celková externí tlaková ztráta na přívodu vzduchu činí 324 Pa. Výfuk znehodnoceného vzduchu pak bude na jižní fasádě, rovněž přes protidešťovou žaluzii. Objemový průtok odváděného vzduchu činí 6 160 m³/h. Celková externí tlaková ztráta na odvodu vzduchu činí 367 Pa. K rozvodu upraveného vzduchu do místnosti bude sloužit čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu třídy těsnosti II dle DIN 24194-2. K odvodu znehodnoceného vzduchu bude sloužit čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu třídy těsnosti II dle DIN 24194-2. Jako distribuční elementy pro přívod vzduchu do laboratoří jsou navrženy vířivé výusti Mandík VVM (pro průtoky nad 150 m³/h) a talířové ventily Mandík TVPM (pro průtoky do 150 m³/h). Pro odvod vzduchu z laboratoří jsou navrženy vířivé výusti Mandík VVM (pro průtoky nad 150 m³/h) a talířové ventily Mandík TVOM (pro průtoky do 150 m³/h). Všechny výusti budou opatřeny regulačními prvky. Tyto prvky však budou sloužit jako sekundární, pro přesné doregulování distribučních elementů. Jako primární regulační prvky budou osazeny na všech odbočkách k distribučním elementům regulační klapky, které budou na odvodu v místnostech s digestořemi vybaveny servopohony (v případě chodu digestoře budou odvodní distribuční elementy uzavřeny). Přiváděný vzduch nebude směřován, zařízení tedy bude pracovat se 100 % čerstvého vzduchu. Přívodní potrubí bude za posledním tlumičem hluku tepelně izolováno v tloušťce 19 mm, od jednotky k poslednímu tlumiči v tloušťce 50 mm, sací a výtlačné potrubí bude tepelně izolováno v tloušťce 50 mm. Izolace má za úkol vyloučit kondenzaci vodních par na povrchu potrubí a zároveň omezit ztráty tepla (chlada) a omezit vyzařování hluku do okolního prostředí. Typy izolací jsou podrobně popsány v kapitole 8. této technické zprávy. Na každé větvi přívodního i odvodního potrubí budou osazeny elektronické regulátory průtoku vzduchu, které zajistí možnost provozování jednotlivých zón nezávisle na sobě (režimy: plný provoz, zóna 1, zóna 2). Regulátory průtoku budou osazeny tak, aby bylo umožněno větrání strojovny VZT ve všech provozních režimech, tj. za odbočky k distribučním elementům strojovny.

6. MĚŘENÍ A REGULACE, PROTIMRAZOVÁ OCHRANA

Navržený systém vzduchotechniky bude řízen a regulován samostatným systémem měření a regulace (MaR). Vzhledem k užívanému standardu společnosti BioVendor – Laboratorní medicína a.s. bude instalována MaR Siemens, která bude napojena na centrální řídicí systém pro umožnění dálkového ovládání pomocí PC. Systémem MaR jsou zajišťovány zejména tyto parametry:

- ovládání chodu ventilátorů (frekvenční měniče) a silové napojení těchto zařízení
- přechod zařízení mezi jednotlivými provozními režimy (uzavření regulátorů a snížení výkonu ventilátorů pomocí frekvenčních měničů)
- kvalitativní regulace teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohříváče v zimním období
- kvantitativní regulace teploty vzduchu řízením výkonu kondenzační jednotky v letním období
- řízení protimrazové ochrany deskového výměníku a nechtěné rekuperace (by-pass)
- ovládání uzavíracích klapek na jednotce (oddělení jednotky od venkovního prostoru v případě nečinnosti zařízení)
- protimrazová ochrana teplovodního výměníku (měření na straně vzduchu i vody)
- signalizace chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku (odstavení jednotky v případě poruchy ventilátorů)
- měření a signalizace zanášení filtrů pomocí diferenčního snímače tlaku (změna tlakových ztrát)
- poruchová signalizace
- signalizace požárních klapek na centrální pult EPS

Pozn.: podrobnější popis principu funkce měření a regulace viz funkční schéma a popis MaR

7. PROTIHLUKOVÁ A ANTIVIBRAČNÍ OPATŘENÍ

Všechna potrubí od vzduchotechnické jednotky budou opatřena kulisovými tlumiči hluku, které sníží akustický výkon vydávaný ventilátorem pod maximální přípustnou hranici v dané místnosti a ve venkovním prostředí. Tlumiče budou osazeny ve všech (přívodních i odvodních) trasách vzduchovodů, a to v rozměru předepsaném dle výpočtu. Potrubí bude na jednotku připojeno přes pružné manžety, z důvodu zabránění přenosu vibrací. Na protidešťových žaluziích byla z důvodu hlučnosti snížena rychlost proudění na 2,5 m/s. Všechny mechanické stroje vyvolávající vibrace budou uloženy pružně z důvodu omezení přenosu vibrací do stavebních konstrukcí. Stavitelné nohy jednotek budou podloženy rýhovanou gumou.

8. IZOLACE, ZÁVĚSY A NÁTĚRY

Sací potrubí bude izolováno tepelnou izolací ROCKWOOL KLIMAFIX tloušťky 50 mm, $\lambda = 0,042 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ z důvodu zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti na povrchu potrubí. Výtlačné potrubí bude izolováno tepelnou izolací ROCKWOOL KLIMAFIX tloušťky 50 mm, $\lambda = 0,042 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ z důvodu zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti na povrchu potrubí a z důvodu zabránění šíření hluku do volného prostoru. Výtlačné potrubí procházející jiným požárním úsekem bude opatřeno protipožární izolací Isover Orstech 65 H tloušťky 40 mm, $\lambda = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ s požární odolností EI 30 S z důvodu zabránění šíření požáru mezi jednotlivými požárními úseky. Přívodní a odvodní potrubí bude izolováno od jednotky po poslední tlumič hluku na trase tepelnou izolací ROCKWOOL KLIMAFIX tl. 50 mm, $\lambda = 0,042 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ z důvodu zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti na povrchu potrubí a z důvodu zabránění šíření hluku do volného prostoru. Přívodní potrubí od posledního tlumiče hluku až na konec větve bude izolováno tepelnou izolací na kaučukové bázi K-FLEX H DUCT tl. 19 mm, $\lambda = 0,038 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ z důvodu zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti na povrchu potrubí. Odvodní potrubí od posledního tlumiče hluku až na konec větve nebude izolováno. Tepelná izolace je navržena tak, aby byla vyloučena povrchová kondenzace na povrchu všech potrubních rozvodů. Potrubí bude uchyceno na ocelových závěsech, ukotvených do nosné konstrukce stropu. Vzdálenost mezi jednotlivými závěsy nepřesáhne 2 m. Na nátěry v tomto případě nejsou kladeny žádné nároky, potrubí bude v celém rozsahu zakryto podhledem.

9. PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ

Veškerá potrubí procházející jiným požárním úsekem budou opatřena protipožární izolací Isover Orstech 65 H tl. 40 mm. Navržená izolace je požární odolnosti EI 30 s.

10. NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE

10.1 Stavební úpravy

- demontáž stávajících podhledů a následná montáž podhledů nových
- vytvoření otvorů pro prostupy potrubí a jejich následné uvedení do konečného stavu (dozdění, omítka, malba)
- obložení a dotěsnění prostupů potrubí izolačními hmotami v rámci stavebních úprav
- dotěsnění a oplechování prostupů vzduchotechniky
- zajištění povrchové úpravy podlahy pro bezpečný provoz a její vyspádování pro odvod kondenzátu do kanalizační vpusti
- zřízení revizních otvorů k regulačním klapkám v nerozebíratelných částech podhledů a ve stěnách
- výpomocné stavební práce

10.2. Vytápění

- příprava otopné vody pro výměník ohřivače s teplotním spádem 80/60 °C a její následné přivedení k výměníku zařízení (již je přivedeno do prostoru strojovny VZT)
- demontáž stávajícího regulačního uzlu a montáž nového regulačního uzlu pro teplovodní výměník, včetně napojení
- zaregulování, tlaková a funkční zkouška

10.3 Chlazení

- zajištění přímého chlazení novou kondenzační jednotkou, výparník bude umístěn přímo v jednotce, instalace vzduchem chlazeného kondenzátoru ve strojovně VZT v 7.NP a propojení Cu potrubím, naplnění chladivem R410a
- talková a funkční zkouška

10.4 Zdravotní technika

- odvod kondenzátu přes zápachovou uzávěrku do kanalizace (podlahové vpusti) od všech zařízení, ve kterých vzniká kondenzát (chladič, zvlhčovač, rekuperátor atd.)

10.5 Silnoproud

- připojení všech elektrických spotřebičů a zařízení na elektrickou energii dle potřeby těchto zařízení, požadavky viz tabulka s přehledem výkonů jednotlivých zařízení

10.6 Měření a regulace

- zajištění chodu, regulace a řízení vzduchotechnického zařízení jako celku dle aktuálních požadavků v obsluhovaných místnostech
- podrobný popis funkce MaR viz funkční schéma + popis

11. ZÁVĚR

Navržené vzduchotechnické zařízení splňuje nároky kladené na provoz laboratoří bez speciálních požadavků. V daném prostoru zabezpečí optimální mikroklimatické podmínky pro provádění laboratorních úkonů a splní požadavky právních předpisů platných na území ČR. Před zahájením provozu bude celé zařízení zaregulováno, odzkoušeno a bude proškolená obsluha zařízení. Bude sepsána zpráva o zaregulování a naměření požadovaných objemových průtoků vzduchu dle projektové dokumentace.

Tabulka požadavků na energie pro jednotlivá zařízení

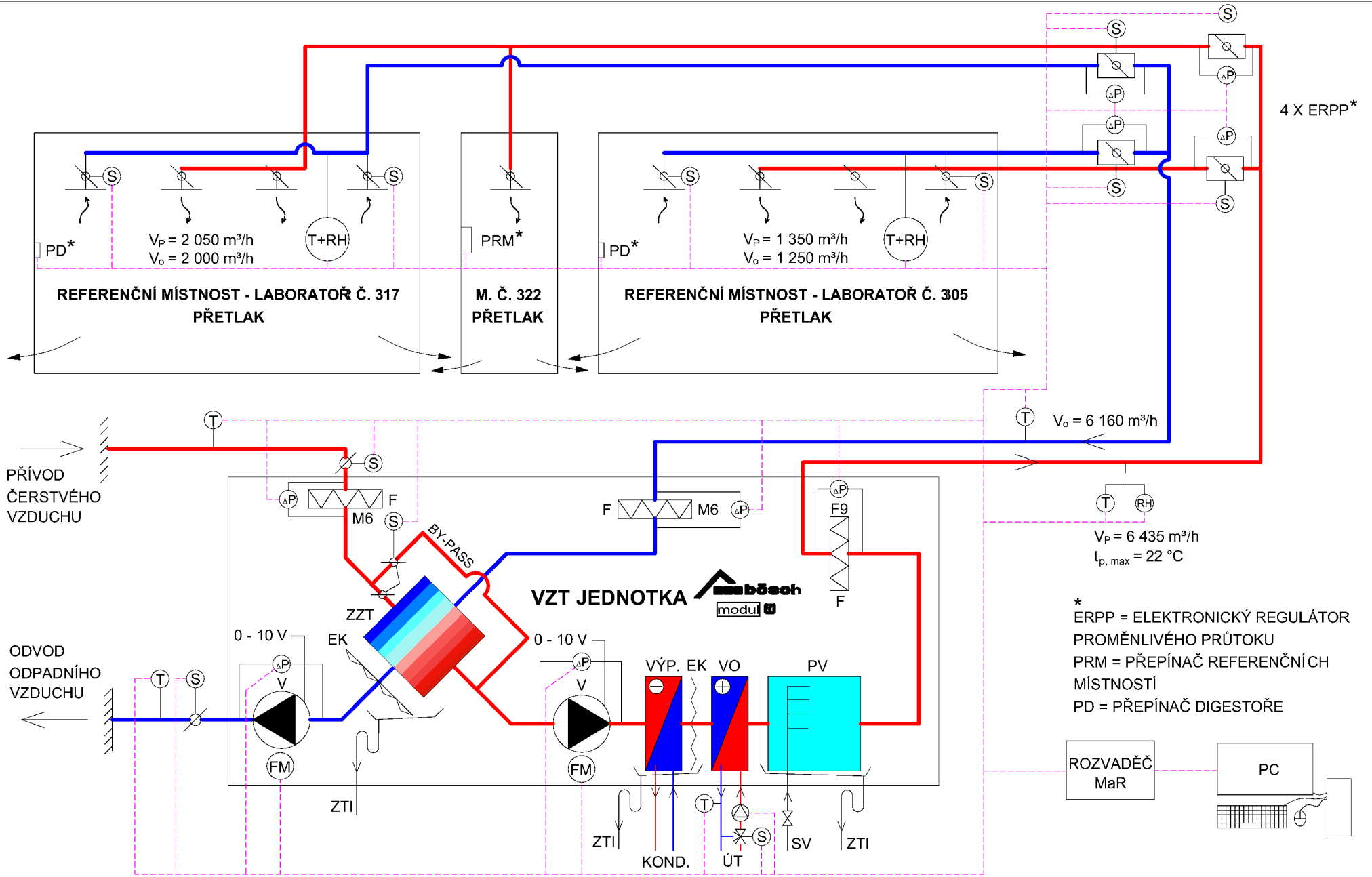
Zařízení	Veličina	Hodnota
Ventilátor přívodní	Průtok vzduchu [m ³ /h]	6435
	Výkon hřídele [kW]	3,08
	Celková účinnost [%]	74,4
	Systém příkon V / E [kW]	3,17 / 3,66
	Frekvence provozní / max. [Hz]	50,5 / 55,1
Motor přívodního ventilátoru	Jmenovitý výkon [kW]	4
	Jmenovitý proud [A]	7,36
	Napětí [V] / Frekvence [Hz]	3 x 400 / 50
Ventilátor odvodní	Průtok vzduchu [m ³ /h]	6160
	Výkon hřídele [kW]	1,7
	Celková účinnost [%]	75,9
	Systém příkon V / E [kW]	1,89 / 2,06
	Frekvence provozní / max. [Hz]	70,3 / 76,5
Motor odvodního ventilátoru	Jmenovitý výkon [kW]	2,2
	Jmenovitý proud [A]	4,64
	Napětí [V] / Frekvence [Hz]	3 x 400 / 50
Deskový rekuperátor	Účinnost zimní mokrá / suchá [%]	51,3 / 45,7
	Tepelný výkon [kW]	39,7
	Účinnost letní mokrá / suchá [%]	48,2 / 48,3
	Chladicí výkon [kW]	7,8
	Obtoková klapka	SV - 060/W - 123,7 - BSK28
Vodní ohřivač	Teplotní spád [°C]	80 / 60
	Průtok média [l/s]	0,53
	Tlaková ztráta média [kPa]	10,2
	Topný výkon / max. [kW]	44,2 / 67,6
Přímý výparník	Teplota vypařování [°C]	6
	Chladicí výkon citelný [kW]	36,8
	Chladicí výkon / max. [kW]	59,5 / 64,4
	Typ média	R410a
Parní zvlhčovač	Parní výkon [kg/h]	50
	Elektrický příkon [kW]	14,9 + 22,3
	Jmenovitý proud [A]	21,5 + 32,3
	Napětí [V]	3 x 400

Pozn.: dále bude nutné na elektrickou energii napojit servopohony elektronických regulátorů průtoku vzduchu (24V), servopohony regulačních a uzavíracích klapek (24V), rozvaděče a ovladače měření a regulace (požadavky sdělí profese MaR)

2. Specifikace prvků

Číslo pozice	Popis	Měrná jednotka	Množství
1. Zařízení č. 1 - Klimatizace laboratoří			
1.1. Hlavní zařízení			
1.1.1.	Sestavná klimatizační jednotka Bösch - modul a Skladba: tlumicí vložky, uzavírací klapky, 2 x filtr M6, deskový rekuperátor s by-passem, přímý výparník s eliminátorem kapek, vodní ohřivač, parní zvlhčovač, 2 x ventilátor, filtr F9, rám se stavitelnými nohami	ks	1
1.2. Koncové a distribuční elementy			
1.2.1.	Protidešťová žaluzie sací (1 400 x 800 mm)	ks	1
1.2.2.	Protidešťová žaluzie výtlačná (1 250 x 800 mm)	ks	1
1.2.3.	Vířivá výust' Mandík VVM 600 C/V/P/24/R	ks	10
1.2.4.	Vířivá výust' Mandík VVM 600 C/V/P/16/R	ks	7
1.2.5.	Vířivá výust' Mandík VVM 600 C/V/O/24/R	ks	8
1.2.6.	Vířivá výust' Mandík VVM 400 C/V/O/16/R	ks	7
1.2.7.	Talířový ventil Mandík TVPM 100	ks	6
1.2.8.	Talířový ventil Mandík TVPM 80	ks	5
1.2.9.	Talířový ventil Mandík TVOM 125	ks	3
1.2.10.	Talířový ventil Mandík TVOM 100	ks	2
1.2.11.	Talířový ventil Mandík TVOM 80	ks	2
1.3. Potrubí			
1.3.1.	Pozinkované potrubí čtyřhranné do obvodu:		
	4460/60 % tvarovek	bm	2,4
	2630/60 % tvarovek	bm	30,7
	1890/20 % tvarovek	bm	71,0
	1500/50 % tvarovek	bm	6,7
	1200/30 % tvarovek	bm	8,0
	1000/20 % tvarovek	bm	16,5
	850/100 % tvarovek	bm	0,4
	650/50 % tvarovek	bm	7,1
1.3.2.	Kruhové SPIRO potrubí:		
	Ø 200	bm	1,5
	Ø 125	bm	0,8
	Ø 100	bm	0,4
	Ø 80	bm	0,2
1.3.3.	Flexibilní zvukově izolační potrubí SONOFLEX:		
	Ø 250	bm	22,0
	Ø 200	bm	21,0
	Ø 125	bm	4,5
	Ø 100	bm	9,8
	Ø 80	bm	10,5
1.3.4.	Přechod ze čtyřhranného na kruhové potrubí:		
	200/200 -> Ø 200	ks	2
	125/125 -> Ø 125	ks	2
	100/100 -> Ø 100	ks	2
	100/100 -> Ø 80	ks	1

Číslo pozice	Popis	Měrná jednotka	Množství
1.4.	Ostatní		
1.4.1.	Elektronický regulátor průtoku vzduchu TROX: 600 x 300	ks	4
1.4.2.	Regulační klapka čtyřhranná:		
	140 x 125	ks	1
	125 x 125	ks	2
1.4.3.	Regulační klapka kruhová:		
	Ø 250 se servopohonem	ks	8
	Ø 250	ks	10
	Ø 200	ks	14
	Ø 125	ks	3
	Ø 100	ks	8
	Ø 80	ks	7
1.4.4.	Tlumič hluku kulisový MART:		
	1000.500.2000	ks	4
	630.500.1000	ks	2
1.4.5.	Tepelná izolace ROCKWOOL KLIMAFIX tl. 50 mm	m ²	104,1
1.4.6.	Tepelná izolace K-FLEX H DUCT tl. 19 mm	m ²	105,7
1.4.7.	Protipožární izolace ISOVER Orstech 65 H	m ²	7,6



FUNKČNÍ SCHÉMA

ZAŘÍZENÍ Č.1 - KLIMATIZACE LABORATOŘÍ

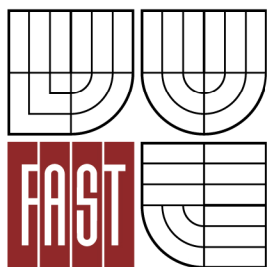
Popis funkce měření a regulace VZT zařízení

- při spuštění jednotky nejprve otevřít klapky do venkovního prostoru na 100 %, teprve následně spustit ventilátory – přívodní i odvodní přes frekvenční měniče po náběhové rampě
- pokud nepřekročí při spuštění jednotky hodnota tlakové difference na ventilátoru 30 Pa, ihned uvést do polohy vypnuto (možná porucha ventilátoru)
- v případě poruchy frekvenčního měniče (přepětí, podpětí apod.) vyhlásit poruchu a ihned uvést do polohy vypnuto
- při vypnuté jednotce uzavřít klapky do venkovního prostoru a otevřít by-passovou klapku na 100 %
- ovládání by-passové klapky na základě teplot (čerstvého vzduchu, přívodního vzduchu, odvodního vzduchu, odpadního vzduchu) – pokud bude venková teplota odlišná od teploty odváděného vzduchu natolik, aby mělo ZZT ekonomicky smysl (tzn. alespoň 5°C), zavřít by-pass a otevřít rekuperátor
- řízení teploty přiváděného vzduchu spojitým ovládáním by-passové klapky
- při poklesu teploty odpadního vzduchu pod 3°C zavřít rekuperátor a otevřít by-pass (riziko zámrazu)
- při vysokých letních teplotách (nad 28°C) otevřít by-pass a zavřít rekuperátor (riziko 100% relativní vlhkosti a následné kondenzace vlhkosti v jednotce a potrubí)
- stoupne-li teplota v interiéru nad 24°C a není-li možné ji již snížit pomocí ZZT, spustit přímé chlazení (regulace výkonu pomocí komunikace čidla teploty za chladičem s venkovní jednotkou)
- klesne-li teplota v interiéru pod 22°C a není-li možné ji již zvýšit pomocí ZZT, otevřít trojcestný ventil do ohříváče a spustit oběhové čerpadlo (regulace výkonu pomocí komunikace čidla teploty za ohříváčem a servopohonem na trojcestném ventilu)
- při poklesu relativní vlhkosti v odvodním potrubí pod 40 % spustit parní vyvíječ (regulace výkonu pomocí komunikace čidel relativní vlhkosti a parním vyvíječem)
- při zvýšení relativní vlhkosti nad 70 % spustit odvlhčování, tj. zchlazení vzduchu o potřebný rozdíl měrné vlhkosti a následné dohřátí na požadovanou přívodní teplotu (regulace výkonu pomocí čidel relativní vlhkosti a teploty na přiváděném a odváděném vzduchu)
- při překročení nastavené tlakové difference na filtrech (obvykle 250 Pa) vyhlásit poruchový stav „zanesené filtry“, ale pokračovat v provozu
- teplotu a vlhkost v místnosti regulovat na základě teplotního a vlhkostního čidla umístěného na odvodním potrubí, dodržovat navrženou teplotu pro léto: 24±1°C a pro zimu: 22±1°C
- při vypnutí jedné zóny laboratoří (pomocí ovladače v místnosti č. 322) zavřít přívodní i odvodní větve do této zóny (elektronické regulátory proměnlivého průtoku) a snížit otáčky pomocí frekvenčních měničů na požadovaný objemový průtok pro zónu druhou



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ČÁST 2. D – EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

MĚŘENÍ KONCENTRACE CO₂ V LABORATOŘI

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MICHAL FALTYS

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2015

1. Úvod

Při stanovování objemových průtoků vzduchu pro klimatizované či nuceně větrané místnosti posuzujeme mnoho aspektů. Mezi nejdůležitější z nich patří hygienická dávka čerstvého vzduchu pro pobyt a pracovní činnost lidí. Pro běžné aplikace se uvažuje pro 1 osobu přívod 50 m^3 čerstvého vzduchu za hodinu. Toto množství má zajistit optimální koncentraci oxidu uhličitého v pobytové místnosti. Určení hodnoty dávky čerstvého vzduchu má kořeny již v roce 1877. Tehdy německý chemik a lékař Max Josef von Pettenkofer stanovil podmínku, že koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřním vzduchu nemá překročit 0,1 % obj. Dodnes je tato hodnota známa jako Pettenkoferovo číslo, ačkoliv dnes se při měření koncentrací CO_2 řídíme spíše jednotkou ppm (z anglického „parts per million“), která vyjadřuje, kolik částic oxidu uhličitého je obsaženo v milionu částic vzduchu. Pettenkoferovu číslu tedy odpovídá koncentrace 1 000 ppm. Ve venkovním prostředí se v současné době pohybuje koncentrace CO_2 okolo 350 ppm v neobydlených oblastech a až více než 500 ppm ve velkých městech.

Pro určení objemového průtoku v laboratořích je však nutné zohlednit ještě další hlediska návrhu, jako např. ředění koncentrace chemických látek, dostatečné množství vzduchu jako teplotonosné látky pro teplovzdušné vytápění a chlazení, dostatečná rychlost proudění čelním průřezem digestoří atd. Proto bývá objemový průtok v laboratoři zpravidla větší než oněch $50 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu. Účelem mého měření bylo tedy ověření, zda objemový průtok navržený pro zkoumanou laboratoř skutečně zajistí požadovanou koncentraci CO_2 a jakým způsobem ji vyšší objemový průtok ovlivní.

2. Použitá měřidla a zařízení

Měřicí přístroj: Control unit Testo 350 - XL · testo 454 + sonda pro měření CO_2

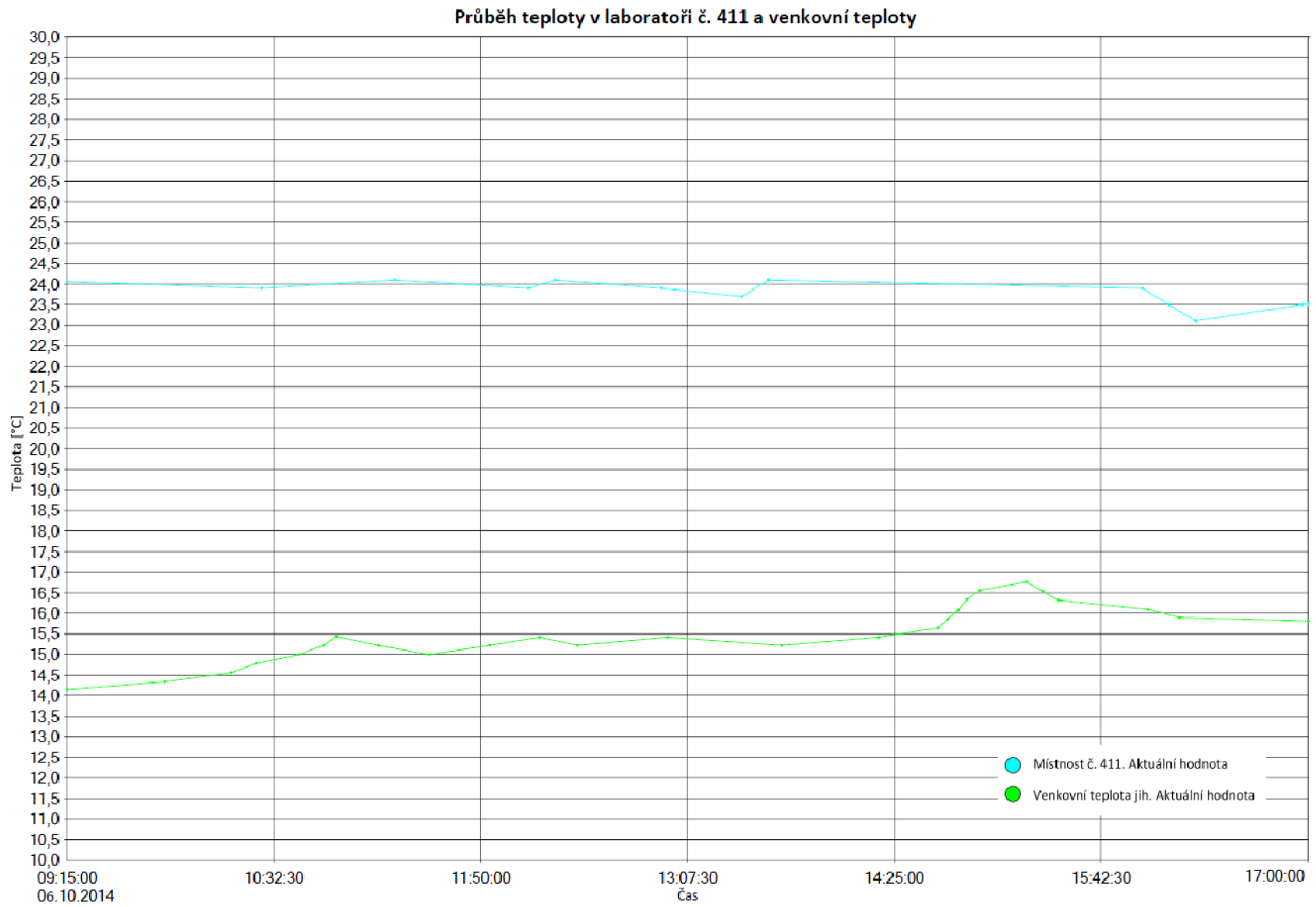
3. Podmínky měření

Teplota vzduchu v interiéru: 24°C
Teplota vzduchu v exteriéru: 15°C
Relativní vlhkost v interiéru: 50 %
Atmosférický tlak: 1 006 hPa

Podrobný průběh teplot interiéru a exteriéru během měření je znázorněn v grafu na následující straně. Graf byl vygenerován v systému měření a regulace Siemens Desigo Insight.



Testo 350 XL · testo 454



Měření probíhalo v laboratoři, která by typem provozu měla odpovídat laboratořím, pro které byla navrhována vzduchotechnika v projektové části této práce. V laboratoři se tedy nepracuje s žádnými zvláště nebezpečnými chemickými látkami, těkavými ani výbušnými látkami. Laboratoř se nachází ve stejné budově, pouze o poschodí výše, tedy ve 4.NP, konkrétně v místnosti č. 411. Umístění měřicího přístroje v místnosti vůči distribučním elementům vzduchotechniky a pracovním místům laborantek jsou znázorněny ve schématu a na fotografiích níže.

Parametry laboratoře č. 411:

Umístění: Brno - Řečkovice

Plocha: 41,09 m²

Světlá výška: 2,95 m

Objem: 121,2 m³

Objemový průtok čerstvého vzduchu: 535 m³/h (naměřeno při regulaci systému v roce 2013)

Výměna vzduchu: 4,4 h⁻¹

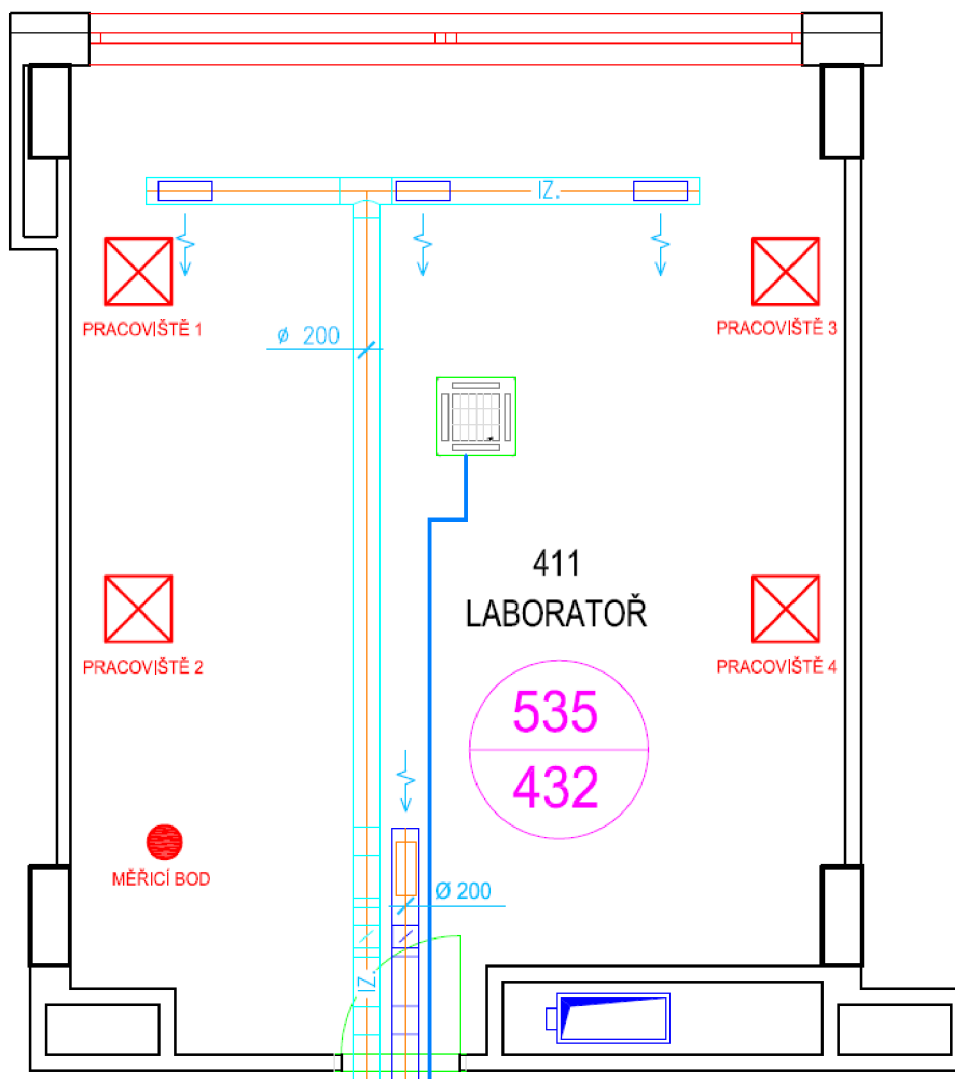
Počet osob v místnosti: 4

Dávka čerstvého vzduchu na osobu: 133 m³/h

4. Prostorová koordinace

Měřidlo bylo umístěno v rohu místnosti tak, aby nebylo přímo ovlivňováno osobou sedící pod měřicí sondou nebo přívodním distribučním elementem vzduchotechniky. Vzhledem k tomu, že se jedná o okrajovou část místnosti, můžeme v okolí sondy předpokládat delší zdržení vzduchu než v místech pracovišť laborantek. Měřicí sonda byla zavěšena 45 cm pod kazetovým podhledem a v horizontální vzdálenosti 2 m od odvodní vyústky.





Půdorys laboratoře č. 411 se zakreslením distribučních elementů VZT, jednotlivých pracovišť a měřicího bodu



Sonda byla zavěšena 45 cm pod stropem



Umístění přívodních distribučních elementů VZT

5. Doba měření

Měření bylo prováděno 6. 10. 2014, zahájeno bylo v 9 hodin a 26 minut. Měření probíhalo až do konce pracovní doby laborantek a ukončeno bylo v 16 hodin a 26 minut. Celkem tedy trvalo 7 hodin. Jednotlivá měření byla zaznamenávána v časovém kroku 180 s. Poté bylo provedeno kratší měření ve venkovním prostoru (cca 1 hodina) za účelem zjištění venkovní koncentrace CO₂. Tímto měřením bylo zjištěno, že venkovní koncentrace CO₂ v Brně – Řečkovících byla 6. 10. 2014 přibližně **400 ppm**.

V návaznosti na toto měření bylo provedeno dodatečné měření koncentrace CO₂ v centru Brna, konkrétně na ulici Rybkova v městské části Veveří. Toto měření probíhalo po dobu 24 hodin od 8. 10. 2014 od 14 hodin a 24 minut do 9. 10. 2014 do 14 hodin a 24 minut. Jednotlivá měření byla zaznamenávána v časovém kroku 600 s. Důvodem tohoto měření bylo poukázat na fakt, že tatáž laboratoř bude vykazovat při stejném způsobu větrání jiné výsledky v závislosti na jejím umístění, jak se lze přesvědčit z grafu v kapitole 6.

6. Výsledky měření

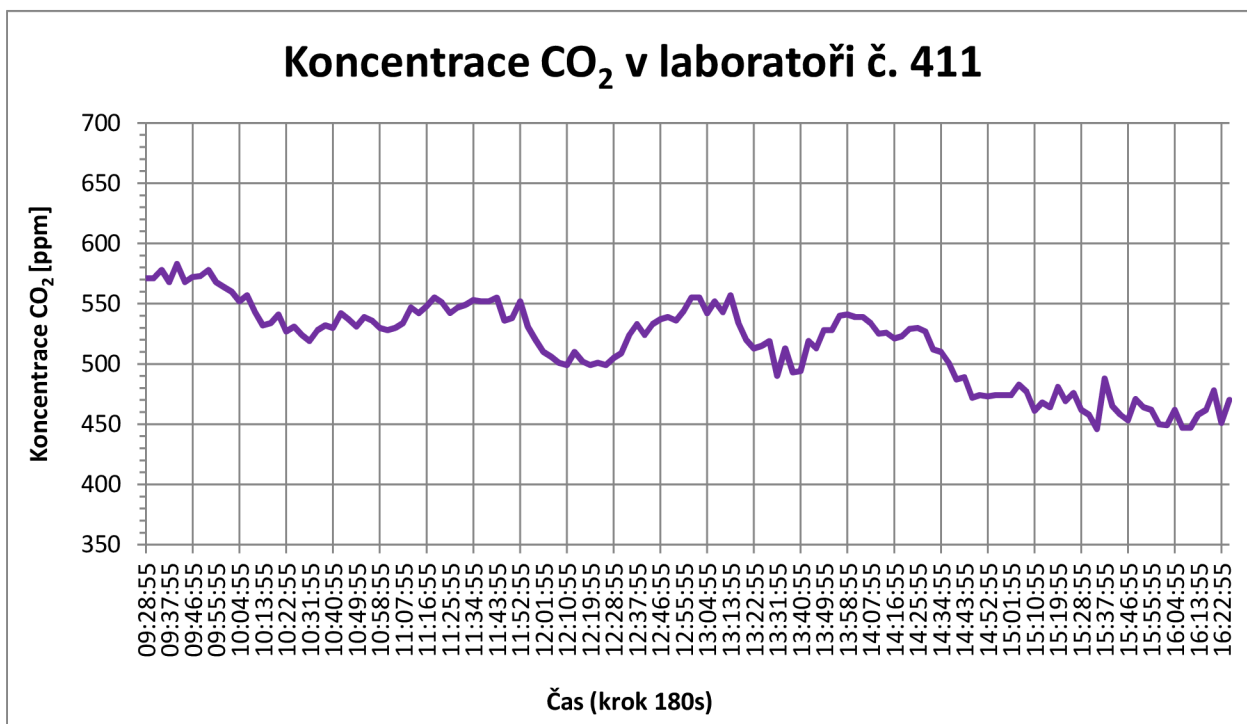
Nejprve bylo vyhodnoceno samotné měření koncentrace CO₂ v laboratoři č. 411. Vzhledem k velkému množství naměřených dat zde uvádím pouze výsledky přenesené do grafické podoby. Pro ilustraci přikládám scan části protokolů, vytištěných přístrojem Testo, se záznamem 20 vybraných hodnot pro každé měření.

0020 06.10.2014 10:16:55	
20	534
21	541
22	527
23	531
24	524
25	519
26	528
27	532
28	530
29	542
30	537
31	531
32	539
33	536
34	530
35	528
36	530
37	534
38	547
39	542

Hodnoty z měření v laboratoři č. 411

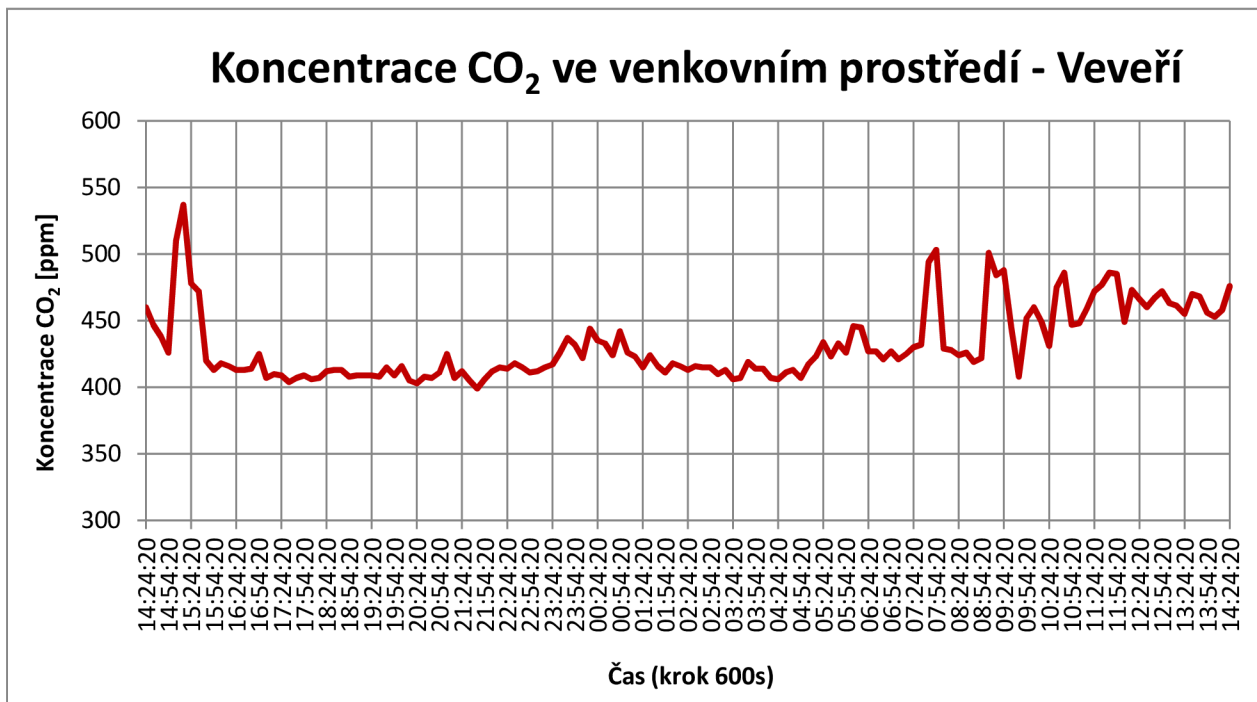
0020 08.10.2014 17:34:20	
20	404
21	407
22	409
23	406
24	407
25	412
26	413
27	413
28	408
29	409
30	409
31	409
32	408
33	415
34	409
35	416
36	405
37	403
38	408
39	407

Hodnoty z venkovního měření na Veveří

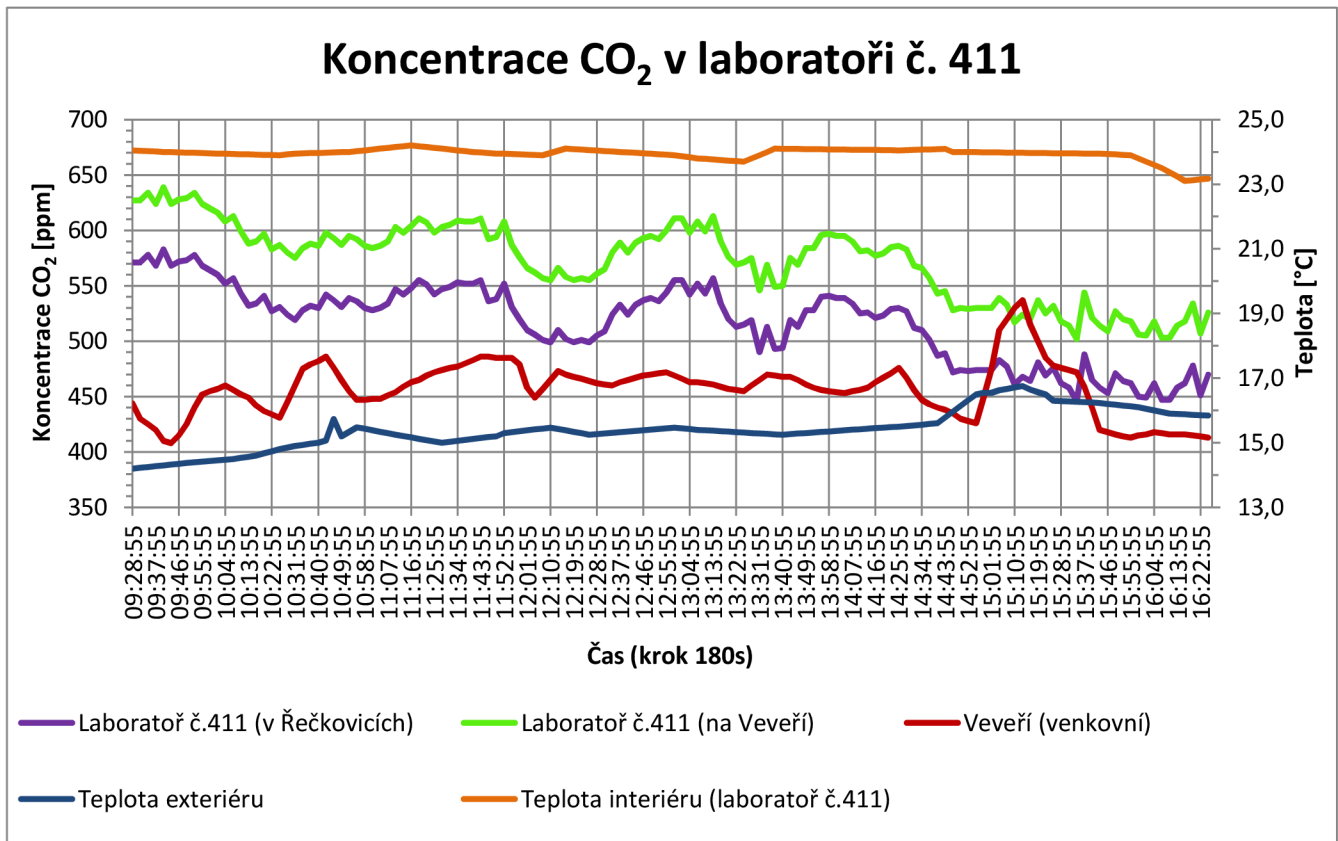


V době zahájení měření (9:26) byly v laboratoři přítomné 3 laborantky. Jedna z nich opustila místnost v 10:00, kdy je na grafu znát mírný pokles hodnot. V 11:00 nově příchozí laborantka ale hodnoty vrátila téměř na stejnou úroveň. Dále je z grafu patrné, že 3 laborantky v 11:45 odešly na oběd. V tu dobu hodnoty prudce klesly. Dvě z nich se vrátily ve 12:20 a opět je patrný růst koncentrace. Třetí se vrátila až ve 12:50, kdy můžeme pozorovat půlhodinové denní maximum při plné obsazenosti místnosti. Další propad hodnot je patrný ve 13:10, kdy jedna z laborantek opět opustila místnost. Větší pokles hodnot je zřejmě způsoben delším otevřením dveří. Ve 14:20 již odcházely dvě z laborantek domů, zde je také patrný pokles hodnot až k hranici 450 ppm, kde se hodnota ustálila až do odchodu poslední laborantky. Z měření tedy vyplývá, že i při obsazenosti místnosti čtyřmi osobami je výměna vzduchu $n = 4,4 \text{ h}^{-1}$ a dávka čerstvého vzduchu $133 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu více než dostačující, neboť koncentrace CO₂ po celou dobu měření nepřekročila 600 ppm, což se dá pro vnitřní prostor označit za více než uspokojivý výsledek.

Následně bylo vyhodnoceno měření ve venkovním prostředí na Veverčí. Toto měření probíhalo ve výšce pěti podlaží z důvodu eliminace výkyvů způsobených projíždějícími automobily. Měření mělo za úkol stanovit rozdíl mezi koncentrací CO₂ ve vnějším prostředí v Brně – Řečkovících a v Brně – Veverčí. Následně byly z naměřených hodnot stanoveny průměry, o jejichž rozdíl se ve výsledném grafu posunula křivka průběhu koncentrací CO₂ ve shodné laboratoři, pouze přemístěné z okraje Brna do jeho centra.



Z tohoto grafu je patrné, že koncentrace oxidu uhličitého je v centru Brna nepatrně vyšší než v jeho okrajových částech. Přes den se hodnota pohybovala mezi 450 a 500 ppm. Vlivem silničního provozu na ulici Rybkova (vedle budovy E areálu VUT FAST) hodnoty v denní době kolísají, zatímco ve večerních a nočních hodinách jsou více ustálené a celkově nižší. Výsledný průměr z celodenního měření ukazuje na hodnotu **456 ppm**, tedy hodnotu **o 56 ppm vyšší**, než v okrajové části Brna.



Výsledný graf spojuje tři předešlé dohromady, tedy teplotu interiéru a exteriéru v době měření, koncentraci oxidu uhličitého v laboratoři č. 411 v Řečkovicích a koncentraci oxidu uhličitého ve venkovním prostředí na Veveří. V grafu však můžeme nalézt ještě jednu křivku – ta kopíruje křivku průběhu koncentrace CO₂ v laboratoři č. 411 v Řečkovicích, je pouze posunuta o rozdíl průměrů venkovních koncentrací mezi Řečkovicemi a Veveřím - tedy o 56 ppm - směrem nahoru. Tato křivka upozorňuje na skutečnost, že **nelze o dostatečnosti či nedostatečnosti objemového průtoku čerstvého vzduchu do interiéru rozhodovat globálně**, nýbrž je třeba vzít v úvahu kvalitu vzduchu, který do klimatizované či větrané místnosti dopravujeme. Může se tak snadno stát, že **stejná dávka čerstvého vzduchu bude na venkově Pettenkoferovo kritérium splňovat, v centru velkých měst už nikoliv**. Zajímavou situaci můžeme v grafu pozorovat v rozmezí od 15:00 do 15:30, kdy venková koncentrace CO₂ na Veveří překročila koncentraci uvnitř laboratoře č. 411, v jednom okamžiku dokonce umístěnou na Veveří, což je teoreticky nesmysl. Tento fakt je způsoben tím, že koncentrace v laboratoři na Veveří je stanovena z průměrné hodnoty, nikoliv z aktuální. Ve skutečnosti by křivka koncentrace v interiéru kopírovala křivku koncentrace vnější a pod její hodnotu se tak nedostala.

7. Závěr

Z výše uvedeného měření můžeme konstatovat, že 4,4 násobná výměna vzduchu v interiéru, při dávce 133 m³/h na osobu, je z hlediska koncentrace CO₂ více než dostatečná. V průměru se pohybovala koncentrace oxidu uhličitého v laboratoři o 150 ppm nad koncentrací venkovní. Při zohlednění faktu, že venkovní koncentrace CO₂ v Brně – Řečkovicích dosahovala hodnoty 400 ppm lze říci, že hodnoty naměřené v interiéru jsou lepší, než na mnoha místech České republiky v exteriéru. Dále naměřené hodnoty potvrzují, že umístění budovy má (mnohdy razantní) vliv na výslednou koncentraci oxidu uhličitého v interiéru. Nesmíme tedy zapomenout, že posuzování objemových průtoků vzduchu je pro každou budovu vždy individuální.

3. Závěr

Výsledkem diplomové práce je zhodnocení provozních, hygienických a ekonomických vlivů na výběr technicky proveditelných variant rekonstrukce systémů vzduchotechniky. Práce se snaží nahlédnutím do praxe nastínit, že při výběru vhodné varianty mají rozhodující vliv u projektanta (odborníka) a investora (laika) velmi rozdílné aspekty. Tedy především fakt, že projektant zastává hledisko technické a hygienické, naproti tomu hlavním hlediskem investora je hledisko ekonomické. Vzhledem k tomu, že investor prozatím nevyjádřil definitivně, ke které z navrhovaných variant se přikloní, byla vybrána pro účel této práce varianta, která je z hygienických důvodů vhodná. Pro tuto variantu byla vypracována realizační projektová dokumentace. Zařízení je projektováno s ohledem na provozní, hygienické a funkční požadavky dle platných právních předpisů.

Přínosem experimentu je ověření dostatečné výměny vzduchu pro zajištění optimální koncentrace oxidu uhličitého v laboratořích.

4. Seznam použitých zdrojů

- [1] HOLLAN, Jan. Proměny Slunce a změna klimatu [online]. 2006, [cit. 2015-01-06]. Slunce jako proměnná hvězda. Dostupné z: <amper.ped.muni.cz>.
- [2] RUBINOVÁ, Olga. VUT FAST, ústav TZB. *CT52 – Technika prostředí*. Přednášky v elektronické podobě. 2013, [cit. 2015-01-06].
- [3] KAŇKA, Jan. Deklinace slunce v průběhu desetiletí. *tzb-info* [online]. 2012, [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <stavba.tzb-info.cz>.
- [4] RUBINA, Aleš, Olga RUBINOVÁ a Pavel UHER. VUT FAST, ústav TZB. *BT02 – TZB III – VZDUCHOTECHNIKA*. Přednášky v elektronické podobě. 2013, [cit. 2015-01-06].
- [5] ZMRHAL, Vladimír. Popis výpočtu tepelné zátěže klimatizovaných prostor podle ČSN [online]. 2015, [cit. 2015-01-06]. Oslunění oken. Dostupné z: <www.users.fc.cvut.cz>.
- [6] SERVIS CLIMAX a.s. [online]. 2015, [cit. 2015-01-06]. Teorie stínění. Dostupné z: <www.climax.cz>.
- [7] Ablak, s.r.o. [online]. 2015, [cit. 2015-01-06]. Izolační dvojskla Interm Plus se zvýšenou tepelnou izolací. Dostupné z: <www.ablak.cz>.
- [8] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1986.
- [9] TFH dřevěné skeletové domy s.r.o. [online]. 2015, [cit. 2015-01-06]. Energie a technologie. Dostupné z: <www.tfh.cz>.
- [10] RUBINA, Aleš. *Vzduchotechnické systémy pro čisté prostory operačních sálů*. 2008. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2008. ISBN 978-80-02-02065-3.
- [11] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2008. vyd. Brno: ERA group spol. s r.o., 2007. ISBN 978-80-7366-091-8.
- [12] *Názvoslovný výkladový slovník z oboru Technika prostředí: česko-německo-anglický*. 2. vyd. Společnost pro techniku prostředí, 2008. ISBN 978-80-02-02081-3.

- [13] HIRŠ, Jiří a Günter GEBAUER. *TZB - VZDUCHOTECHNIKA: Tepelné bilance pro vzduchotechniku*. Brno, 2005. Studijní opory: Modul BT02-05. Vysoké učení technické v Brně.
- [14] RUBINA, Aleš a Olga RUBINOVÁ. Ekonomické hodnocení návrhu vzduchotechnického potrubí. [online]. 2010, roč. 2010, č. 7, s. 3. Dostupné z: <www.topin.cz>.
- [15] RUBINOVÁ, Olga. VUT FAST, ústav TZB. *ATO2 – TZB II a technická infrastruktura*. Přednášky v elektronické podobě. 2012, [cit. 2015-01-06].
- [16] ČSN 73 0540. *Tepelná ochrana budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [17] ČSN EN 14 175. *Digestoře*. Praha: Český normalizační institut, 2003
- [18] Česká republika. Nařízení vlády: o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: *Sbírka zákonů*. 2011, č. 272, 97.
- [19] Česká republika. Nařízení vlády: kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb. In: *Sbírka zákonů*. 2012, č. 93, 37.

5. Seznam použitých zkratk a symbolů

Zn.	Veličina	Základní jednotka
A	pohltivá plocha místnosti	[m ²]
	šířka potrubí	[m]
a	délkový rozměr	[m]
	sluneční azimut	[°]
B	výška potrubí	[m]
b	délkový rozměr	[m]
c	korekční součinitel	[-]
	měrná tepelná kapacita	[J/kg·K]
	vyložení vodorovného slunolamu	[m]
	součinitel současnosti	[-]
	zbytkový součinitel	[-]
D	útlum akustického výkonu	[dB]
d	průměr	[m]
	tloušťka	[m]
	vyložení svislého slunolamu	[m]
e	délka stínu	[m]
f	frekvence	[Hz]
	redukční teplotní činitel	[-]
	odstup okna od svislé části slunolamů	[m]
g	odstup okna od vodorovné části slunolamů	[m]
h	výška slunce nad obzorem	[°]
	výška	[m]
I	intenzita sluneční radiace	[W/m ²]
K	korekce na počet vyústek	[dB]
	korekce váhového filtru	[dB]
L	hladina akustického tlaku/výkonu	[dB]
l	délka	[m]
M	číslo měsíce	[-]
m	součinitel zmenšení teplotního kolísání	[-]
n	intenzita výměny vzduchu	[h ⁻¹]
	počet (osob, dveří, oken atd.)	[-]
O	objem	[m ³]
P	příkon	[W]
Q	tepelný tok	[W]
	směrový činitel	[-]
R	tlakový spád	[Pa/m]
r	vzdálenost akustického zdroje	[m]
S	plocha	[m ²]
s	stínící součinitel	[-]
t	teplota	[°C]

U	součinitel prostupu tepla	[W/m ² ·K]
v	rychlost proudění	[m/s]
V	objemový průtok	[m ³ /s]
x	měrná vlhkost vzduchu	[g/kg]
Z	tlaková ztráta vřazenými odpory	[Pa]
α	sluneční azimut	[°]
γ	azimutový úhel normály stěny	[°]
Δ	konečný rozdíl dvou hodnot	[-]
δ	sluneční deklinace	[°]
η	účinnost	[%]
λ	součinitel tepelné vodivosti	[W/m·K]
ξ	součinitel vřazeného odporu	[-]
ρ	objemová hmotnost, hustota	[kg/m ³]
Σ	součet hodnot	[-]
τ	sluneční čas	[h]
φ	relativní vlhkost vzduchu	[%]
ψ	fázové posunutí teplotních kmitů	[h]

Index	Označení
A	plocha
a	vzduch
c	citelné teplo, koncentrace
d	průměr, difúzní radiace, dveře
e	exteriér
h	horizontální
i	interiér
k	konvekce
L	léto, vzduch
O	objem
o	odvod vzduchu, okno
p	přívod vzduchu, povrch
r	rovnocenná, radiace
Z	zima
dif	difúzní
os	osluněná část
rm	průměrná rovnocenná
r ψ	rovnocenná v době o ψ dřívější
st	stěna

6. Seznam příloh

1. RVL1 - Jednočarové řešení varianty 1 - Půdorys 3.NP
2. RVL2 - Jednočarové řešení varianty 2 - Půdorys 3.NP
3. RVL3 - Půdorys 3.NP
4. RVL4 - Řezy