VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY DIVADLA

AIR CONDITIONING DESIGN IN THE THEATER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE **Pavlína Vladyková**

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE **Ing. Petr Blasinski, Ph.D.**

SUPERVISOR

BRNO 2023

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav technických zařízení budov
Studentka:	**Pavlína Vladyková**
Vedoucí práce:	**Ing. Petr Blasinski, Ph.D.**
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor:	Pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh vzduchotechniky divadla

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování projektu vzduchotechniky pro vybranou budovu.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb
- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST, vlastní text práce s touto osnovou:

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu

B. Výpočtová část

analýza objektu – rozdělení na funkční celky VZT, 1-2 zařízení zpracovaná v tématech:

tepelné bilance,

průtoky vzduchu, tlakové poměry

distribuce vzduchu,

dimenzování potrubí a tlaková ztráta,

úpravy vzduchu, návrh VZT jednotek (hx diagramy),

útlum hluku

C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: výkresy dvoučarově, půdorysy + řezy (řešené místnosti, strojovna) legenda prvků, 1:50 (1:100) – budou uloženy samostatně jako přílohy, technická zpráva (tabulka místností, tabulka zařízení), položková specifikace, funkční (regulační) schéma

Seznam doporučené literatury a podklady:

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 14. 11. 2022

L. S.

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
vedoucí ústavu

Ing. Petr Blasinski, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Cílem práce je navrhnout vzduchotechnické zařízení do prostoru hlediště a jeviště divadla, aby pokrývalo tepelné zisky, částečně i ztráty. Práce je rozdělena do tří částí – teoretické, výpočtové a projektové. První část pojednává o koncentraci oxidu uhličitého v interiéru. Druhá část obsahuje veškeré potřebné výpočty a samotný návrh vzduchotechnického zařízení v divadle. Třetí část je praktická – obsahuje technickou zprávu, technickou specifikaci a regulační schéma. Součástí této práce jsou také výkresy navržené vzduchotechniky. Postupováno bylo v souladu s aktuálními normami a směrnicemi.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vzduchotechnika, divadlo, distribuce vzduchu, tepelná bilance, oxid uhličitý, tepelné ztráty, tepelné zisky, difuzor pro divadla

PREFACE

The aim of the work is to design an air conditioning system for the auditorium and stage of the theatre that will cover the heat gains and partly the losses. The work is divided into three parts - theoretical, computational and design. The first part deals with the carbon dioxide concentration in the interior. The second part contains all the necessary calculations and design of the air conditioning system in the theatre. The third part is practical - it contains the technical report, technical specification, and control scheme. Drawings of the proposed air conditioning system are also part of this work. The procedure has been carried out in accordance with the applicable standards and guidelines.

KEY WORDS

Air handling, theatre, air distribution, heat balance, carbon dioxide, heat loss, heat gain, theatre diffuser

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VLADYKOVÁ, Pavlína. *Návrh vzduchotechniky divadla.* Brno, 2023. 145 s. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/150282. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických budov. Vedoucí práce Petr Blasinski.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26.5.2023

podpis autora

Pavlína Vladyková

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla srdečně poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Petru Blasinkskému, Ph.D., za cenné rady, trpělivost, ochotu a příkladné vedení mé práce.

OBSAH

ÚVOD 10

1 TEORETICKÁ ČÁST 12

1.1 ÚVOD 12

1.2 CO_2 – OXID UHLIČITÝ 12
1.2.1 POPIS 12
1.2.2 VZNIK CO2 13

1.3 ZDROJE CO_2 V INTERIÉRU 14

1.4 KONCENTRACE CO_2 15
1.4.1 BĚŽNÁ KONCENTRACE 15
1.4.2 ZVÝŠENA KONCENTRACE CO_2 A JEJÍ NÁSLEDKY 16

1.5 MĚŘENÍ CO_2 A PŘÍSTROJE TOMU URČENÉ 17

1.6 NÁVRH OPATŘENÍ 22

1.7 ZÁVĚR 26

2 VÝPOČTOVÁ ČÁST 28

2.1 ANALÝZA OBJEKTU 28
2.1.1 POPIS OBJEKTU 28
2.1.2 ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY 29
2.1.2.1 FUNKČNÍ CELEK Č. 1 29
2.1.2.2 FUNKČNÍ CELEK Č. 2 30
2.1.3 NÁVRHOVÉ PARAMETRY 31
2.1.3.1 VNITŘNÍ NÁVRHOVÉ PODMÍNKY 31
2.1.3.2 VNĚJŠÍ NÁVRHOVÉ PODMÍNKY 32

2.2 TEPELNÉ ZTRÁTY 33
2.2.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA 33
2.2.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT 34
2.2.2.1 TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM 34
2.2.2.2 TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM 36

2.3 TEPELNÉ ZISKY 37

2.4 PRŮTOKY VZDUCHU 41

2.5 DISTRIBUČNÍ PRVKY 44
2.5.1 DISTRIBUČNÍ PRVKY PRO PŘÍVOD VZDUCHU 44
2.5.2 DISTRIBUČNÍ PRVKY PRO ODVOD VZDUCHU 46
2.5.3 SHRNUTÍ DISTRIBUČNÍCH ELEMENTŮ 47

2.6 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ 47
2.6.1 DIMENZOVÁNÍ 49

2.6.2 CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA 50
2.7 VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY 66
2.8 ÚTLUM HLUKU 70
2.9 IZOLACE POTRUBÍ 75
3 PROJEKT 79
3.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA 79
3.2 SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ 88
3.3 SCHÉMA 90
ZÁVĚR 91
4 POUŽITÉ ZDROJE 92
5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ 96
6 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ 98
7 PŘÍLOHY 101
8 VÝKRESOVÉ PŘÍLOHY 101
PŘÍLOHY 103

ÚVOD

Předmětem mé bakalářské práce je návrh vzduchotechniky divadla. Charakter budovy již napovídá skutečnosti, že se zde schází nárazově velké množství lidí, proto je nezbytně nutné jim zajistit optimální vnitřní podmínky. V takovém množství osob a při orientaci hlediště do centrální části budovy s minimem obvodových zdí nelze zajistit dostatek čerstvého vzduchu pouze větráním.

Nucené větrání je pro prostor divadla nezbytnou součástí. Je třeba navrhnout vzduchotechnické zařízení, které nebude rušit návštěvníka esteticky, ani hlukově, ale zároveň poskytne takovou výměnu a úpravu vzduchu, aby byla divákova pozornost upřena pouze na představení, ne na osobní diskomfort.

V první části mé bakalářské práce se zabývám tématem koncentrace oxidu uhličitého v interiéru. Druhá část je již samotný výpočet a návrh vzduchotechnického zařízení. Třetí část je projektová – v této části se nachází technická zpráva a specifikace.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY DIVADLA

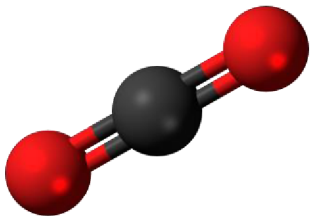
AIR CONDITIONING DESIGN IN THE THEATER

A. Teoretická část

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Úvod

V současné době se o oxidu uhličitém nejvíce mluví v souvislosti se skleníkovými plyny. Výrazně méně se mluví o oxidu uhličitém v souvislosti s jeho koncentrací v interiéru. Na následujících stránkách nejprve vysvětlím, co přesně oxid uhličitý je, k čemu je používání a kde se vyskytuje. Následně popíšu, jaké jsou běžné hladiny oxidu uhličitého v interiéru, odkud se samotný plyn bere a čím se měří. V neposlední řadě navrhnu opatření, jak předcházet komplikacím spojeným s nesprávnou hladinou oxidu uhličitého v interiéru.



Obrázek 1: Molekula oxidu uhličitého [32]

1.2 CO_2 – Oxid uhličitý

1.2.1 Popis

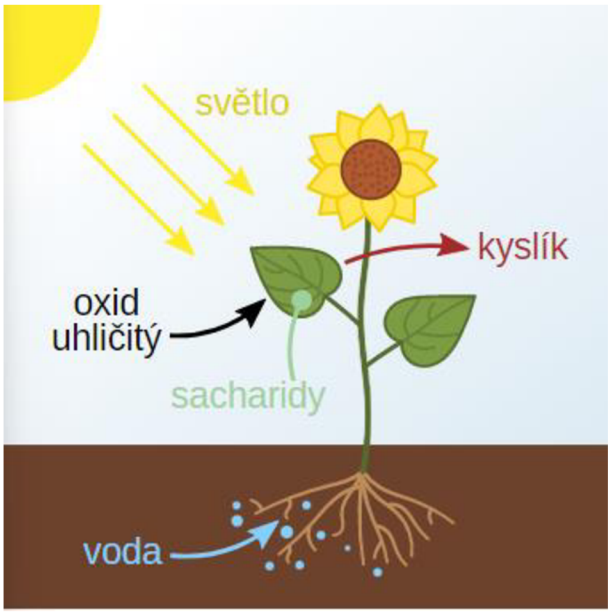
Oxid uhličitý je plyn, který je tvořen 2 atomy kyslíku (O) a atomem uhlíku (C), značíme jej CO2. Nejběžněji se s ním setkáváme jako se součástí vzduchu, který dýcháme. Vzduch, který dýcháme na povrchu planety Země je složen ze 78 % dusíkem, 21 % kyslíkem, 1 % vzácných plynů a 0,04 % právě oxidem uhličitým. Jedná se o bezbarvý plyn, který je v běžné koncentraci bez zápachu. Při ochlazení pod -80 °C plynný CO2 mění své skupenství za vzniku tuhé látky „suchý led“, tento proces se nazývá desublimace. Je přibližně 1,5x hustší než vzduch samotný. Je nehořlavý a jedná se o velmi stabilní látku, která se nerozloží ani při vysokých teplotách. [16] Oxid uhličitý zahrnujeme mezi skleníkové plyny, to znamená, že pomáhá udržovat společně s ostatními skleníkovými plyny průměrnou teplotu na planetě Zemi kolem 15°C a bez jeho výskytu by nebylo možné, aby vznikl život na naší planete v podobě, kterou známe. [2]

Vlastnosti oxidu uhličitého	
Molární hmotnost	44,0095 g/mol
Hustota	1,6 g/cm^3 (pevný), 1,98 kg/m^3 (plynný)
Kritická teplota	31 °C
Kritický tlak	7 390 kPa
Kritická hustota	0,468 g/cm^3
Teplota tání	-78 °C (za normálního tlaku sublimuje)
Teplota varu	-57 °C (pod zvýšeným tlakem)
Rozpustnost ve vodě	1,45 kg/m^3

Obrázek 2: Vlastnosti oxidu uhličitého [19]

1.2.2 Vznik CO2

Oxid uhličitý vzniká z různých spalovacích procesů, při kterých se uhlík z organických látek sloučí s kyslíkem, a vzniká právě CO2. Vzniká také jako odpadní látka při chemických výrobách, jako je například zpracování uhlí, ropy nebo zemního plynu, ale i například z fermentačních procesů. Neopomenutelný vznik oxidu uhličitého je rozhodně dýchání a fotosyntetizující rostliny či bakterie. [17]

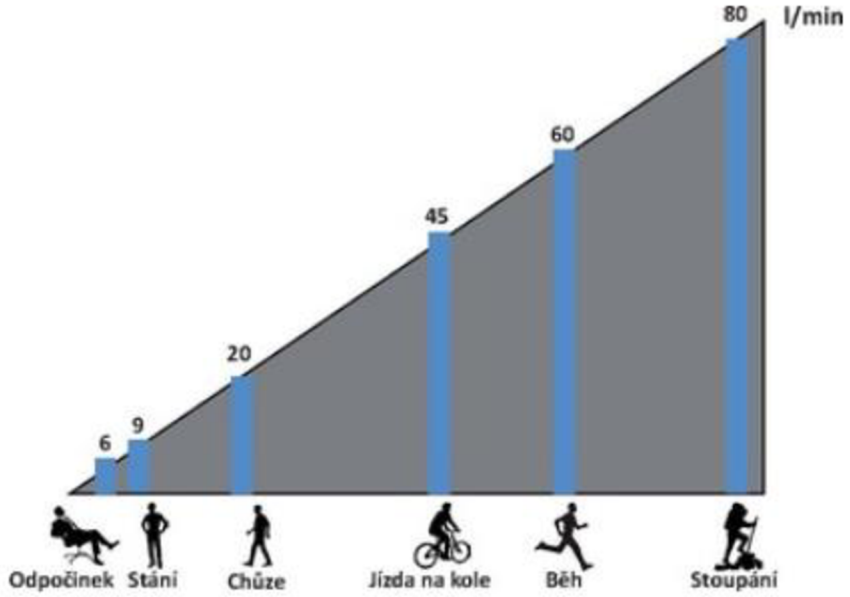


Obrázek 3: Zjednodušený princip fotosyntézy [26]

1.3 Zdroje CO_2 v interiéru

Člověk

Nejběžnějším zdrojem oxidu uhličitého v interiéru je člověk. Člověk vylučuje oxid uhličitý při dýchaní, kdy se organické látky (hlavně cukry) postupně rozkládají až na CO2 a vodu. [2] Běžně dospělý člověk, který je zdravý, přijímá přibližně 250 ml kyslíku a následně ze sebe výdechem vyloučí přibližně 200 ml CO2. Stejných hodnot při dýchání dosahuje např. i velký pes. [19]



Obrázek 4: orientační graf potřeby člověka v závislosti na fyzické aktivitě [23]

Spotřebiče

Jak již bylo zmíněno výše, oxid uhličitý vzniká právě při spalování. Proto neopomenutelným zdrojem tohoto plynu v interiéru jsou plynové spotřebiče, např. plynový sporák. Nicméně u plynového průtokového ohřívače vody je nutné dbát hlavně na únik oxidu uhelnatého (CO), který vzniká nedokonalým spalování.

1.4 Koncentrace CO_2

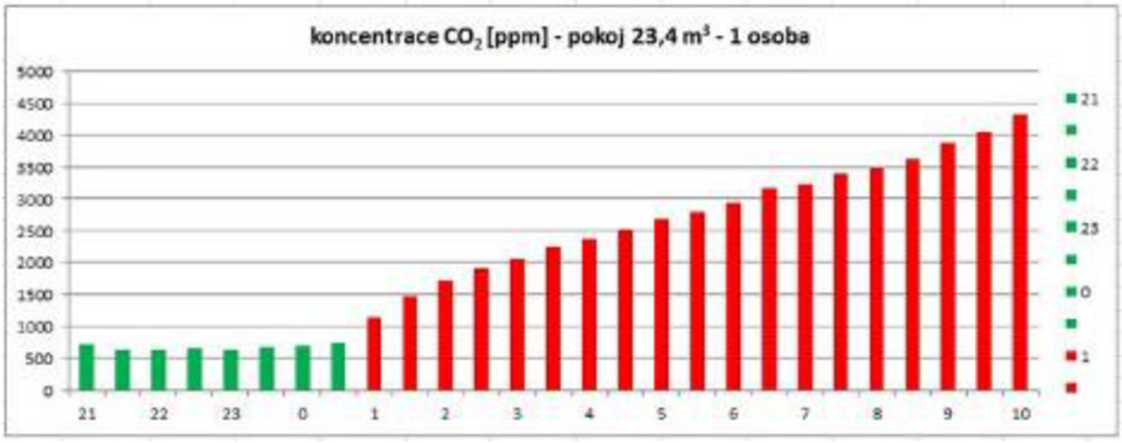
1.4.1 Běžná koncentrace

Koncentrace oxidu uhličitého se vyjadřuje v jednotkách ppm (parts per milion), případně v %, nebo v µg·m-3. Jednotka ppm je však nejčastější a vyjadřuje jednu částici dané látky pro 999 999 dalších částic, nebo jak doslovný překlad napovídá – jedná se o jeden díl v milionu. Mezi výše uvedenými jednotkami platí následující převodní vztah: [19]

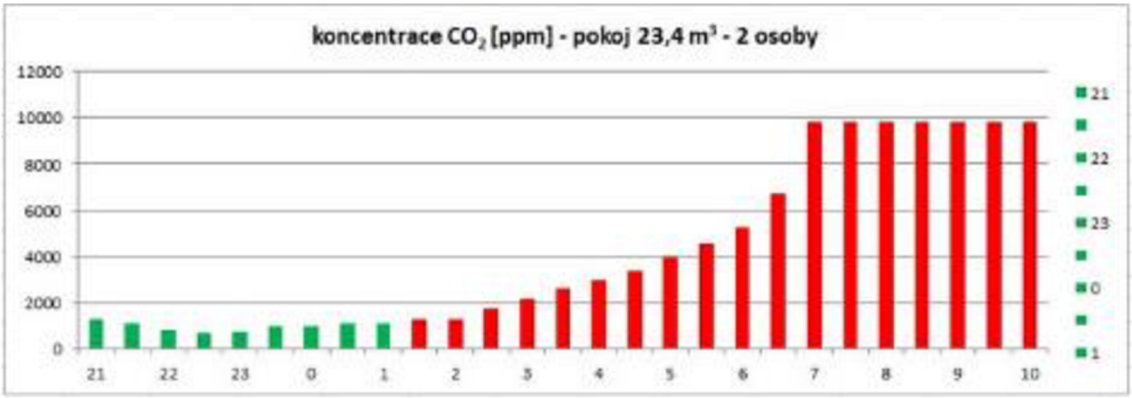
$$1\ 000 \text{ ppm} = 1\ 800\ \mu g \cdot m\text{-}3 = 0{,}1\ \%$$

Běžná koncentrace oxidu uhličité v atmosféře je 370 ppm. Nicméně tato koncentrace se každý rok zvyšuje přibližně o 1 ppm.

Co se týká koncentrace CO2 v interiéru, hodnoty jsou dané vyhláškou č. 20/2012 Sb [14], která hovoří o tom, že větraní obytné místnosti musí být se zajištěnou výměnou vzduchu 25 m^3/h a koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm. Je prokázáno, že ve středně velké ložnici, ve které spí 2 lidé, je ráno hodnota koncentrace oxidu uhličitého kolem 3000 ppm [19]. Znamená to tedy, že čím více osob se nachází v pobytové místnosti, tím větší je potřeba větrání. Obecně uvažovaná hodnota pro vyhovující koncentraci CO2 je 1000 ppm.



Graf 1: Koncentrace oxidu uhličitého 1 osoba [33]



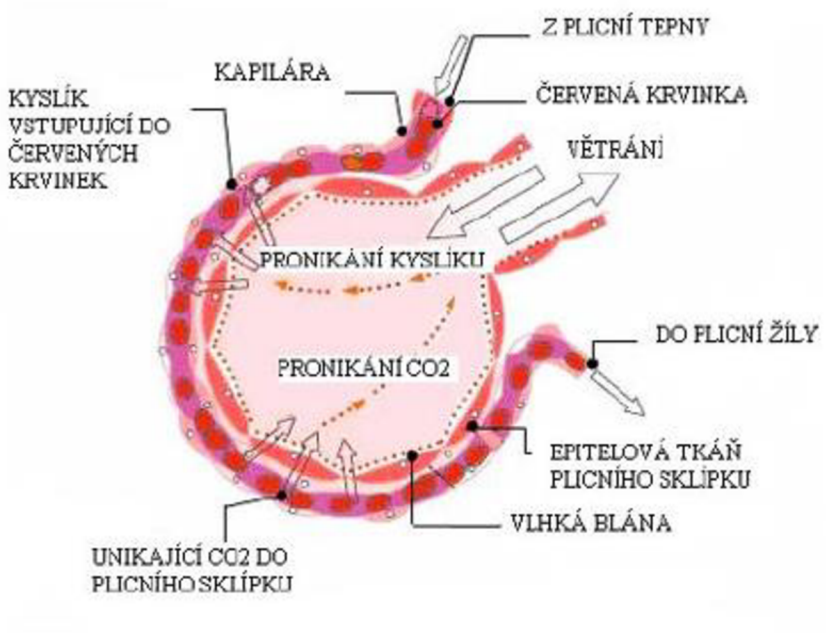
Graf 2: Koncentrace oxidu uhličitého 2 osoby [32]

1.4.2 Zvýšena koncentrace CO_2 a její následky

Pokud se hladina koncentrace CO2 vyšplhá nad cca 1500 ppm, způsobuje člověku dýchací potíže, zasažená osoba pociťuje únavu, malátnost, bolesti hlavy. Běžně říkáme, že takový vzduch s vyšší koncentrací CO2 je „vydýchaný“. Takový stav nicméně nezpůsobí člověku žádné dlouhodobější následky. Pokud by došlo k delšímu působení CO2 v koncentraci desetinásobné oproti normálu, mohlo by v krajních případech dojít u člověka ke křečím, koma a následně i smrti. Takové následky jsou z dosavadních vědeckých poznatků zdůvodněné tím, že se vyšší koncentrací CO2 v krvi změní kyselost, neboli pH krve. Běžně je pH krve zdravého člověka konstantní a právě CO2 může způsobit nerovnováhu, která vede k důsledkům popsaným výše. [2]

Koncentrace CO_2 [ppm]	Účinky
350 – 400	koncentrace ve venkovním ovzduší
700	koncentrace stále vnímaná jako čerstvý vzduch
1000	doporučená nejvyšší hodnota pro vnitřní prostory
1500	maximální hodnota pro obytné prostory stanovená vyhláškou
> 2000	nastávají příznaky únavy, snižování koncentrace, bolesti hlavy
5000	maximální krátkodobá bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000	nevolnost a zrychlený tep
> 15 000	dýchací potíže, při dlouhodobé expozici poškození zdraví
> 25 000	možná ztráta vědomí a smrt

Obrázek 5: Důsledky zvýšené koncentrace oxidu uhličitého na člověka [18]



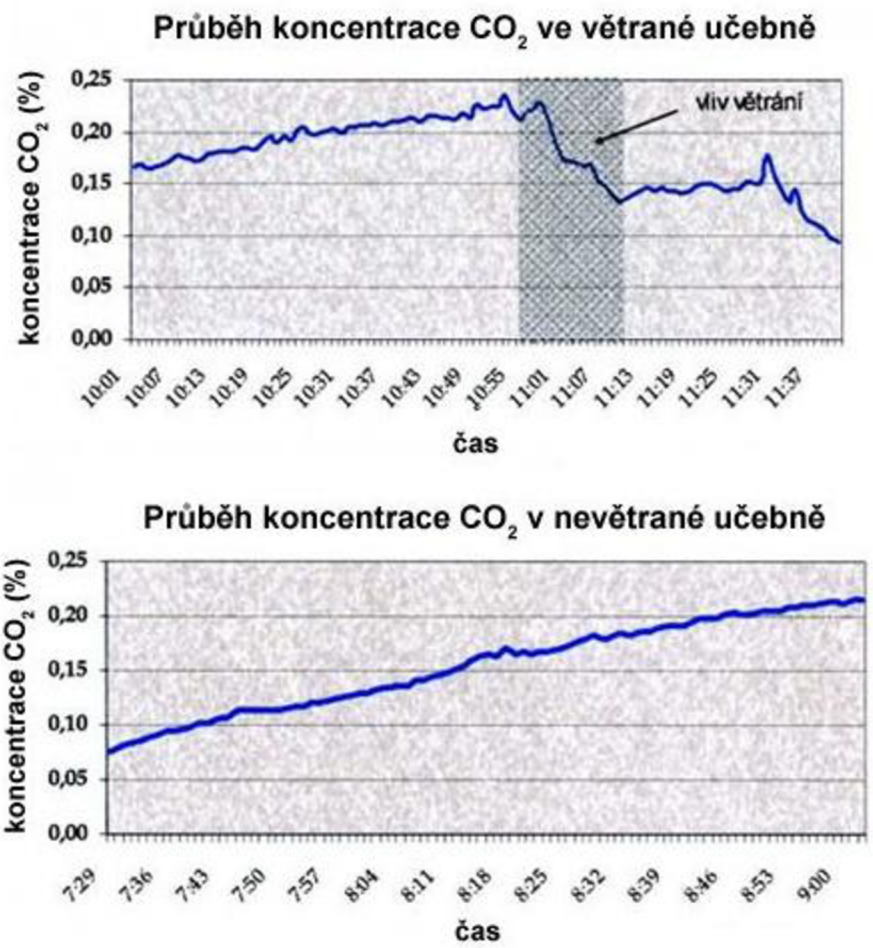
Obrázek 6: Schéma výměny kyslíku a oxidu uhličitého v plicním sklípku [Wohlschlagerová, 2010]

1.5 Měření CO_2 a přístroje tomu určené

Nejlepší prevencí před nebezpečnými důsledky zvýšené koncentrace oxidu uhličitého v interiéru je průběžné měření. Oxid uhličitý měří čidla v klimatizační jednotce nebo kombinované meteostanice, ale nejjednodušší a nejdostupnější je měření přímo měřičem CO_2, které se vyrábějí nástěnné nebo stolní a jsou volně dostupné k prodeji. Některé měřiče jsou vybaveny zvukovou či světelnou signalizací v případě, že hodnota koncentrace CO_2 přesáhne danou mez.

<u>Měření ve školách</u>

Státní zdravotní ústav se zabýval měřením oxidu uhličitého ve školách, kde se často objevuje problém „vydýchaného vzduchu“. Žáci jsou poté nesoustředění, hůře přemýšlí a má to negativní dopad na vyučovací hodinu. Bylo naměřeno, že ze 141 učeben, ve kterých se provádělo měření, ve 48 učebnách byl překročen limit koncentrace oxidu uhličitého. Bohužel u škol hraje velkou roli také hluk z okolí, proto záleží, na kterou stranu je učebna orientovaná, kdy a na jak dlouho se může větrat. Zároveň ale také zjistili, že na koncentraci CO_2 v učebně má vliv například i druh podlahy, z důvodu usazování prachu. [35]



Graf 3: Průběh koncentrace oxidu uhličitého v učebnách [35]

Měření v ložnici

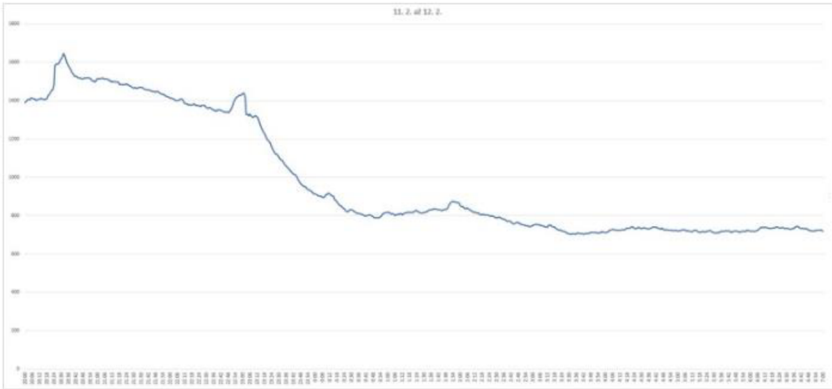
Každý z nás se potkává nejčastěji se zvýšenou koncentrací oxidu uhličitého každou noc v ložnici. Pan Ing. Petr Bohuslávek zveřejnil na stránkách TZB-info výsledky svého pokusu, kdy měřil oxid uhličitý v ložnici za různých podmínek. [34]

Pokus probíhal v zimním období, které je právě z hlediska výměny vzduchu nejproblematičtější. Přirozeně lze větrat, ale s velkými teplenými ztrátami.

- Mikroventilace (*pozn. hodnoty na začátku nejsou relevantní, probíhala kalibrace meřiče)*

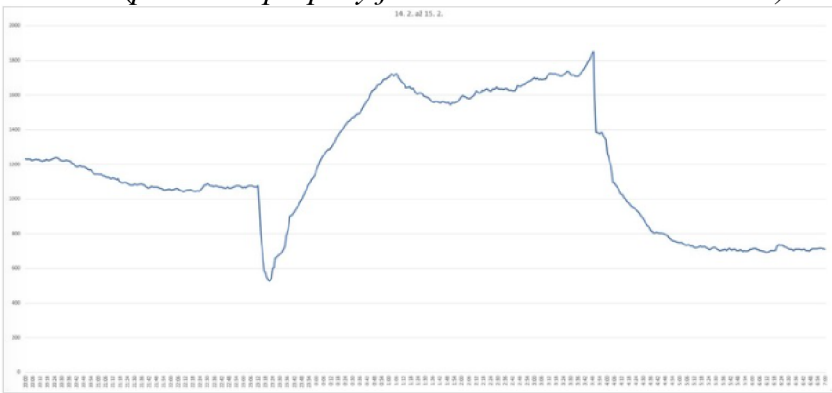
Graf 4: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při mikroventilaci [34]

- Ventilace



Graf 5: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při ventilaci [34]

- Zavřené okno (*pozn. oba propady jsou z důvodu větrání v té době)*



Graf 6: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při zavřeném oknu [34]

Celkové výsledky:

Tabulka 1: Výsledky měření CO_2 v ložnici [34]

Režim přirozeného větrání	Interiérové dveře	Maximální hodnota koncentrace CO_2 [ppm]
Otevřené okno	Otevřené i zavřené	550
Vyklopené okno (ventilačka)	Otevřené i zavřené	700 až 750
Mikroventilace	Otevřené	1060
Mikroventilace	Zavřené	1595
Zavřené okno	Zavřené	1850
Zavřené okno při celodenním pobytu bez větrání (vůbec nejvyšší změřená hodnota)	Otevřené i zavřené	2327

Z celého pokusu vyplývá, že aktuální trend v co nejtěsnějších oknech je sice vhodný na zabránění úniku tepla, ovšem místnost poté vůbec „nedýchá“ a my spíme v diskomfortním mikroklimatu.

Přístroje určené k měření CO2

Přístroje používané k měření CO_2 v objektu lze rozdělit dle

1) Charakteru jejich použití
    a. Přenosné
    b. Stacionární
2) Způsobu měření
    a. Měření okamžité koncentrace
    b. Kontinuální měření

Přístroje k měření CO_2 jsou součástí elektronických přístrojů – klimatizací. Údaje o naměřených hodnotách se zobrazují v číselné podobě na displeji, a zároveň je měřený signál předáván do řídících systémů. Měřiče fungují na 3 principech. *Optický infračervený senzor* vykazuje nejlepší výsledky měření a dlouho životností. Nevýhodou je vysoká cena. *Elektrochemický senzor* je také spolehlivý v naměřených hodnotách, avšak jeho životnost je poměrně krátká. Nejlevnějším

řešením je *polovodičový senzor*, který ale nevykazuje zdaleka takovou přesnost jako předchozí senzory [23]

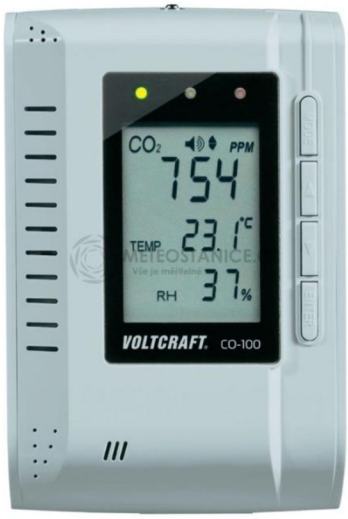
Přístroje k domácímu měření

K měření v domácnostech se používají převážně elektrické měřiče, a to nástěnné, nebo stolní. Jejich citlivost bývá menší než u senzorů v klimatizacích, v domácnostech není třeba měřit hodnotu koncentrace CO2 přesně, pro včasné větrání stačí znát orientační hodnotu. Také lze zakoupit měřič, který má akustickou signalizací, případně LED diodu, které se aktivují při dosažení limitu koncentrace oxidu uhličitého.

Vybrané měřiče kvality vzduchu v interiéru na Českém trhu:

Typ	Popis	Rozsah měření koncentrace CO_2	Poznámka	Cena
Voltcraft CO 60	Nástěnný měřič koncentrace CO_2, teploty a vlhkosti vzduchu	0 – 3000 ppm	–	4 100 Kč
Voltcraft CO 100	Nástěnný měřič koncentrace CO2, teploty a vlhkosti vzduchu	0 – 3000 ppm	Obsahuje spínací relé pro ovládání dalších přístrojů	5 600 Kč
Wöhler CDL 210	Stolní měřič koncentrace CO2, teploty a vlhkosti vzduchu	0 – 6000 ppm	Možnost propojení s PC pomocí USB rozhraní	4 900 Kč

Obrázek 7: příklad domácích měřičů CO_2 na českém trhu [24]



Obrázek 8: Nástěnný měřič Voltcraft CO 100 [27]

1.6 Návrh opatření

Větrání

V dřívějších dobách lidé trávili většinu času venku, a zároveň byly prostory dobře větrány díky přívodu vzduchu do kamen. V současné době tráví lidé většinu času v interiéru, domy se zateplují, mění se okna za velmi dobře těsnící, proto je větrání často nedostatečné [24]. Nicméně větrání lze stále považovat na nejjednodušší způsob regulace koncentrace oxidu uhličitého.

Dle vyhlášky č. 20/2012 Sb. jsou jednoznačně stanoveny požadavky na výměnu vzduchu. V době pobytu osoby v prostoru by měla být výměna venkovního vzduchu 25 m^3/h, případně minimální výměna vzduchu 0,5 h^{-1}.

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h^{-1}]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [$m^3/(h \cdot os)$]	Kuchyně [m^3/h]	Koupelny [m^3/h]	WC [m^3/h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

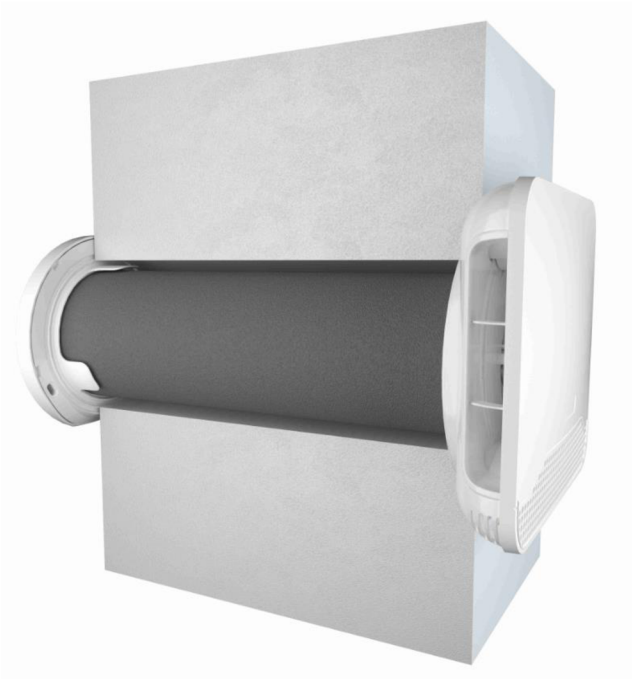
Obrázek 9: Požadavky na větrání obytných budov dle národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665

Větrací štěrbiny

Větrací štěrbina je umístěna na okně a sama se otevírá a zavírám, reguluje se i dle vzdušné vlhkosti nebo dle toho, jestli jsou zrovna v místností lidé. V případě, že v prostoru nelze nainstalovat větrací štěrbiny na okna, alternativou jsou větrací štěrbiny stěnové. [28] Větrací štěrbina lze využít k větrání místnosti do 25 m2. [25]

Obrázek 10: Větrací okenní štěrbina [28]

Obrázek 11: Princip větrací okenní štěrbiny



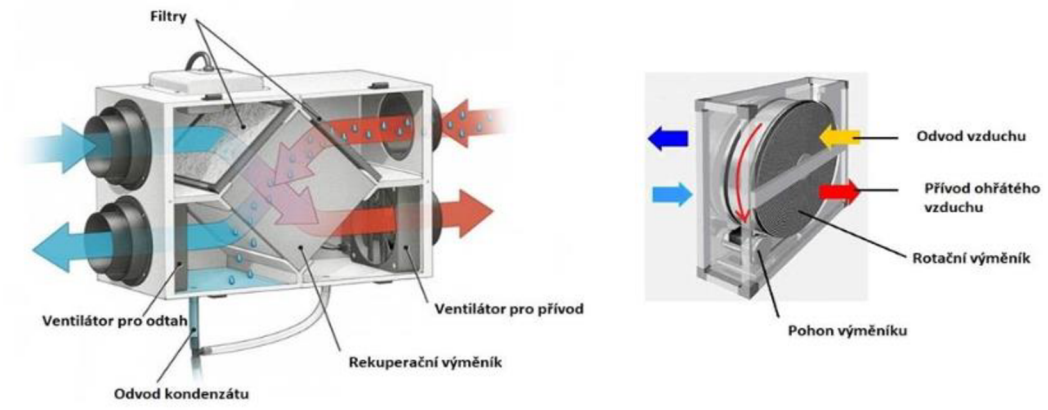
Obrázek 12: Instalace větrací stěnové štěrbiny - řez stěnou

Rekuperace

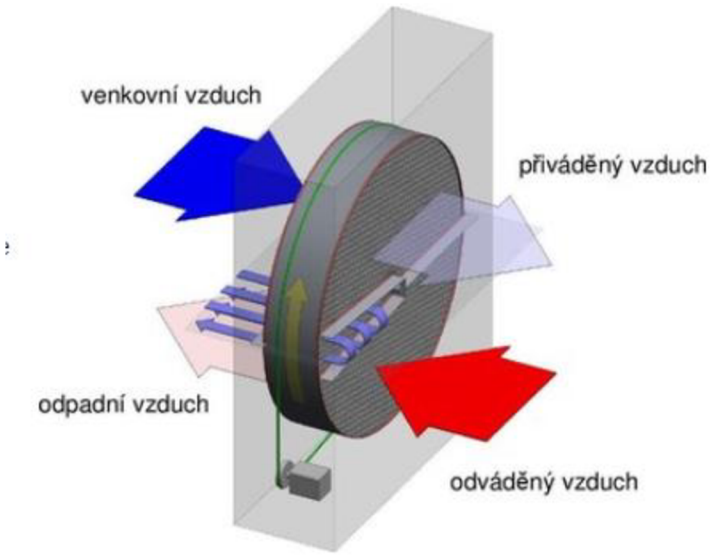
Komplexním a nejjistějším řešením je řízené větrání s rekuperací. Zajišťuje ho rekuperační jednotka, která zajišťuje ohřev a filtrování přiváděného buduchu. Samotná rekuperace probíhá ve výměníku zpětného získávání tepla. Jednotka zajistí kvalitní vzduch pro obyvatele daného prostoru na základě dat získaných z čidel. Existuj dva druhy rekuperačních výměníků – deskový a rotační. Deskový se vyznačuje vysokou účinností (80-90 %), zatímco rotační se vyznačuje stabilní účinností po celý rok a odolností vůči námraze. Pro změnu nevýhodou deskového rekuperačního výměníku je snižování vlhkosti obývaného prostoru, nevýhodou rotačního rekuperačního výměníku je možné míchání proudů vzduchu. [29]

Tabulka 2: Účinnost rekuperace [29]

Účinnost rekuperace			
Deskový rekuperátor		Rotační rekuperátor	
dle ČSN EN308	Standardní	dle ČSN EN308	Standardní
65 – 85 %	75 – 95 %	75 – 85 %	75 – 85 %



Obrázek 13: Deskový rekuperační výměník [30]



Obrázek 14: Princip rotačního rekuperačního výměníku [31]

1.7 Závěr

Oxid uhličitý je nedílnou součástí našeho života v různých situacích, které si ani neuvědomujeme. Nicméně škodlivý může být pro člověka snáz než si myslíme. Každý známe pocit „vydýchaného vzduchu“, který způsobuje právě nadměrné množství oxidu uhličitého. Proto je za potřebí tomuto stavu předcházet.

V dnešní době je již na trhu několik druhů měřičů oxidu uhličitého, který je dostupný každému. Ve většině domácnosti nalezneme v dnešní době domácí meteorologickou stanici, která měří teplotu a vlhkost. Stejně tak by bylo vhodné zpopularizovat měřiče oxidu uhličitého nejen v domácnostech, abychom byli upozorněni na špatnou kvalitu ovzduší a minimálně kvalitu ovzduší navýšili. Prokazatelně by se nám zlepšila kvalita života – člověk by byl méně unavený a lépe by se mu přemýšlelo. Jako nejzasaženějším prostředím vnímám prostředí školy. Místo, které je určené ke vzdělávání, by mělo poskytnou nejoptimálnější podmínky pro učení, mezi které určitě kvalita vzduchu patří.

Ve větších prostorech je již na místě řešení komplexnější než spoléhat na měřiče oxidu uhličitého a větrání. Nejvhodnějším řešením je větrání rekuperací, která se již stává nedílnou součástí nově navržených objektů.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY DIVADLA

AIR CONDITIONING DESIGN IN THE THEATER

B. Výpočtová část

2 VÝPOČTOVÁ ČÁST

2.1 Analýza objektu

2.1.1 Popis objektu

Řešený objekt je stavba pro občanskou vybavenost. Jedná se o budovu divadla. Divadlo má 2 nadzemní podlaží, přičemž nad hledištěm a jevištěm je vyvýšená stropní konstrukce. Objekt je nepodsklepený. Nosné konstrukce jsou z cihelného zdiva Porotherm. Stropní konstrukce jsou zhotoveny z předpjatých betonových panelů. Celý objekt je zastřešen plochou střechou. Do objektu se vstupuje ze severozápadní strany. Za vstupem je umístěno zádveří, ze kterého po obou stranách vedou schodiště do druhého nadzemního podlaží. V prvním podlaží se nachází také šatna, pokladna a bufet. Ostatní místnosti slouží jako provozní. Do hlavního sálu hlediště se vstupuje ze severovýchodní a z jihovýchodní strany místnosti a prostorově jsou přes obě nadzemní podlaží. Hlediště je mírně vyspádováno. V druhém nadzemním podlaží se nachází kanceláře, zkušebna, sklady a strojovna vzduchotechnického zařízení. Ze severozápadní strany hlediště se v druhém nadzemním podlaží nachází kabina zvukaře a osvětlovače, která je od hlediště oddělená proskleným otvorem. Kapacita divadla je přibližně 300 osob.

Tabulka 3: Tabulka místností

ČÍSLO MÍSTNOSTI	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA [m²]
101	HLEDIŠTĚ	183,6
102	JEVIŠTĚ	79,2
103	POKLADNA	34,2
104	KANCELÁŘ	29,4
105	ŠATNA	26,6
106	SKLAD	26,0
107	SCHODIŠTĚ	16,7
108	CHODBA	194,5
109	STROJOVNA	44,69

110	BUFET	26,1
111	BUFET	29,5
112	WC MUŽI	16,7
113	WC ŽENY	16
114	SCHODIŠTĚ	17,1
115	ZÁDVEŘÍ	30,5
116	SCHODIŠTĚ	17,3
201	CHODBA	30,5
202	SCHODIŠTĚ	17,3
203	KANCELÁŘ	34,2
204	SKLAD	29,4
205	ZKUŠEBNA	59,7
206	SCHODIŠTĚ	16,7
207	STROJOVNA	44,7
208	KANCELÁŘ	41,7
209	KANCELÁŘ	29,5
210	WC MUŽI	16,7
211	WC ŽENY	16
212	CHODBA	139,3
213	KABINA ZVUKAŘE A OSVĚTLOVAČE	36,3
214	SCHODIŠTĚ	17,1

2.1.2 Rozdělení na funkční celky

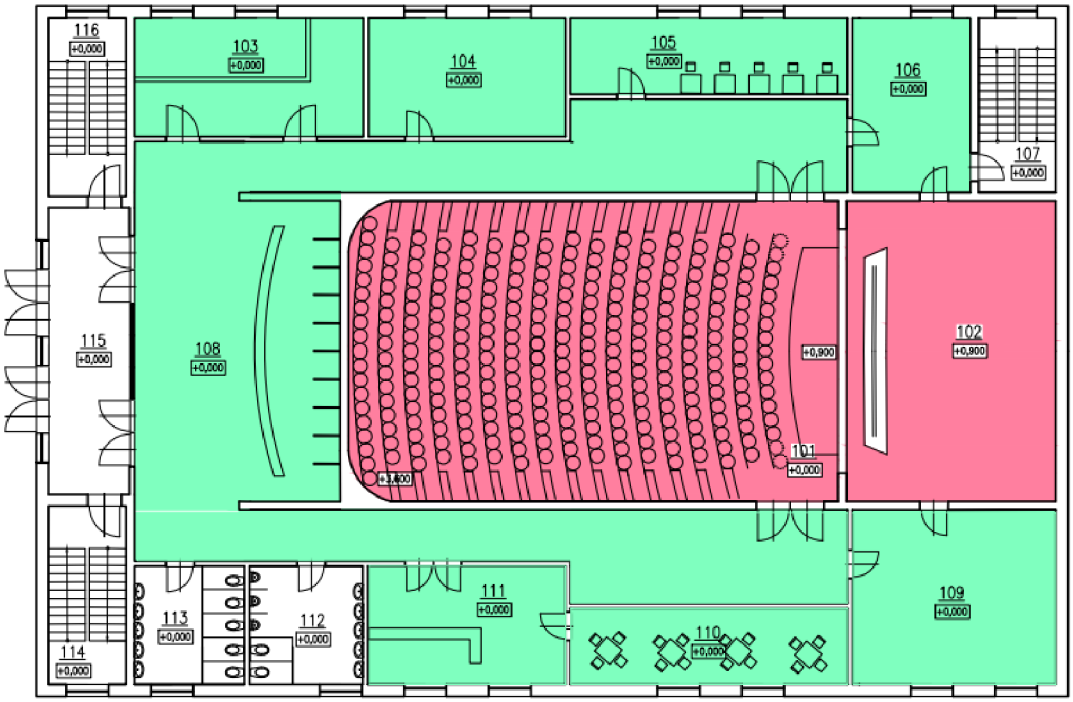
Pro návrh vzduchotechniky divadla byl objekt rozdělen na 2 funkční celky. Prostor byl takto rozdělen s ohledem na účel místností, půdorysné uspořádání a vzhledem k požadavkům na vnitřní prostředí.

2.1.2.1 Funkční celek č. 1

Funkční celek č. 1 zahrnuje prostor hlediště a jeviště. Místnosti hlediště a jeviště jsou převážně propojeny, v některých případech jsou rozděleny dřevěnou, případně textilní oponou. Předpokládá se zde nerovnoměrně rozložený výskyt velkého počtu osob převážně ve večerních hodinách. Zároveň prostory slouží také ke zkouškám

hereckého souboru přes den. Místnosti náležící funkčnímu celku č. 1 budou v létě klimatizovány a v zimě vytápěny.

PŮDORYS 1NP

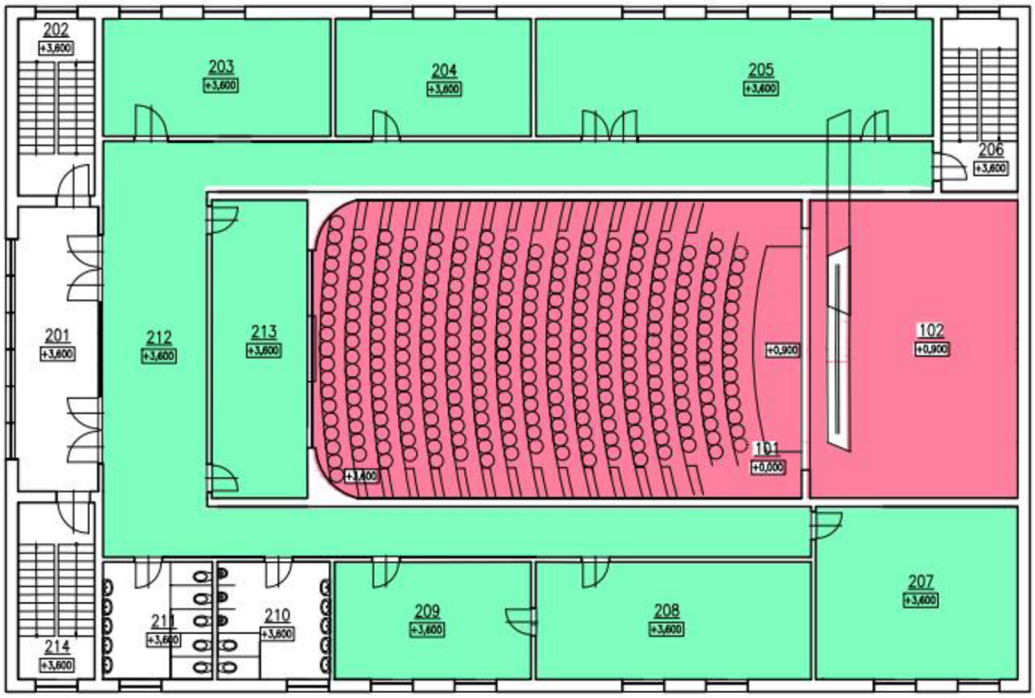


Obrázek 15: Rozdělení objektu do funkčních celků – 1NP

2.1.2.2 Funkční celek č. 2

Do funkčního celku č. 2 náleží ostatní místnosti nezbytné k provozu divadla. V prvním nadzemním podlaží se jedná o chodbu se šatnou, bufet, pokladnu, kancelář, šatnu pro herce a technickou místnost. V druhém nadzemním podlaží se jedná o kanceláře, kabinu zvukaře a osvětlovače, zkušebnu, sklad a strojovnu. Tyto prostory budou pouze větrané.

PŮDORYS 2NP



Obrázek 16: Rozdělení objektu do funkčních celků – 2NP

2.1.3 Návrhové parametry

2.1.3.1 Vnitřní návrhové podmínky

Tabulka 4: Vnitřní návrhové teploty [6]

	zimní období		letní období	
	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]
FUNKČNÍ CELEK 1				
Hlediště	20	50	26	60
Jeviště	20	50	26	60
FUNKČNÍ CELEK 2				
Pokladna	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Šatna	22	50	26	60

Sklad	20	50	26	60
Chodba	20	50	26	60
Strojovna	20	50	26	60
Bufet	20	50	26	60
Bufet	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Sklad	20	50	26	60
Zkušebna	20	50	26	60
Strojovna	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Chodba	20	50	26	60
Kabina zvukaře a osvětlovače	20	50	26	60

2.1.3.2 Vnější návrhové podmínky

- Místo: Chrudim
- Nadmořská výška: 240 m.n.m.
- Průměrný tlak vzduchu: 98,3 kP

Tabulka 5: Vnější návrhové podmínky [7]

Průměrné hodnoty	Teplé období roku	Chladné období roku
Teplota venkovního vzduchu (°C)	33,8	-19,4
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	66,3	-
Absolutní extrémy	Maximum	Minimum
Teplota venkovního vzduchu (°C)	37,3	-23,9
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	76,8	-23,2

2.2 Tepelné ztráty

2.2.1 Součinitel prostupu tepla

Pro potřeby návrhu vzduchotechniky divadla bylo nejprve potřeba zanalyzovat konstrukce. Proto byl nejprve určen součinitel prostupu tepla, který vyjadřuje celkovou výměnu tepla mezi prostory, které odděluje daná konstrukce. Výpočet probíhal dle zjednodušené metody z normy ČSN EN ISO 6946 [9]:

$$\boldsymbol{U = \frac{1}{R_{tot}}} \tag{2.1}$$

přičemž U zde vyjadřuje součinitel prostupu tepla. R_{tot} vyjadřuje odpor při prostupu tepla určený touto rovnicí:

$$\boldsymbol{R_{tot} = R_{si} + R_n + R_{se}} \tag{2.2}$$

kde R_{si} vyjadřuje vnitřní odpor při přestupu tepla, R_{se} značí vnější odpor při přestupu tepla a R_n znázorňuje návrhové tepelné odpory každé vrstvy.

Veličina R označuje odpor pro prostupu tepla stavebního prvku a obecně lze vyjádřit z následujícího vzorce:

$$\boldsymbol{R = \frac{d}{\lambda}} \tag{2.3}$$

kde d značí tloušťku materiálové vrstvy v prvku a λ návrhovou tepelnou vodivost materiálu.

Případně byl součinitel prostupu tepla určen přímo výrobcem (např. v případě oken, dveří).

Tabulka 6: Součinitel prostupu tepla použitých konstrukcí [8]

Ozn.	název	U [W/m²K]	U_n [W/m2K]	U_{rec} [W/m2K]	posouzení
ST1	střecha	0,14	0,24	0,16	vyhovuje
POD1	podlaha na terénu	0,23	0,45	0,30	vyhovuje
SO1	nosná obvodová stěna	0,22	0,30	0,25	vyhovuje
O1	okno vnější	0,71	1,50	1,20	vyhovuje
D1	dveře venkovní	0,80	1,70	1,20	vyhovuje

2.2.2 Výpočet tepelných ztrát

Výpočet tepelných ztrát byl proveden ručně bez použití softwaru tomu určeném, pouze byl využit tabulkový procesor. Výpočet jsem učinila dle ČSN EN 12 831 [5]. Celková tepelná ztráta je vyjádřena sumou vypočítané ztráty prostupem a vypočítané ztráty větráním.

$$\boldsymbol{\Phi_{HL,i}} = \boldsymbol{\Phi_{T,i}} + \boldsymbol{\Phi_{V,i}} \tag{2.4}$$

Kde $\Phi_{HL,i}$ značí návrhový tepelný výkon dané místnosti, $\Phi_{T,i}$ značí tepelnou ztrátu prostupem pro daný prostor $\Phi_{V,i}$ značí tepelnou ztrátu větráním dané místnosti.

2.2.2.1 Tepelné ztráty prostupem

Celková tepelná ztráta se dle výše uvedené normy počítá jako suma měrného tepelného toku prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru, měrného tepleného toku prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí a měrného tepleného toku prostupem do zeminy.

$$\boldsymbol{\Phi_{T,i}} = \left(\boldsymbol{H_{T,ie}} + \boldsymbol{H_{T,ia}} + \boldsymbol{H_{T,ig}}\right) * (\boldsymbol{\theta_{int,i}} - \boldsymbol{\theta_e}) \tag{2.5}$$

Kde $H_{T,ie}$ značí měrný tepelná tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, $H_{T,ia}$ měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního

vytápěného prostoru a $H_{T,ig}$ značí měrný tepelný tok prostupem do zeminy. θ_e značí venkovní výpočtovou teplotu a $\theta_{int,i}$ značí výpočtovou vnitřní teplotu.

Výše zmíněné měrné tepelné toky se vypočítají dle ČSN EN 12 831 [5] Zákony, vyhlášky, normynásledovně:

- $H_{T,ie}$ měrný tepelná tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

$$\boldsymbol{H_{T,ie}} = \mathbf{A_k} * (\mathbf{U_k} + \mathbf{\Delta U_{TB}}) * \mathbf{f_{U,k}} + \mathbf{f_{ie,k}} \tag{2.6}$$

A_k zde značí plochu stavební části

$\mathbf{U_k}$ zde značí součinitel prostupu tepla stavební části

$\mathbf{\Delta U_{TB}}$ zde značí přirážku na vliv tepelných vazeb

$\mathbf{f_{U,k}}$ opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních části a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovení příslušných U-hodnot

$\mathbf{f_{ie,k}}$ teplotní opravný činitel

- $H_{T,ia}$ měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru

$$\boldsymbol{H_{T,ia}} = \mathbf{A_k} * \mathbf{U_k} * \mathbf{f_{ia(\ldots),k}} \tag{2.7}$$

A_k zde značí plochu stavební části

$\mathbf{U_k}$ zde značí součinitel prostupu tepla stavební části

$\mathbf{\Delta U_{TB}}$ zde značí přirážku na vliv tepelných vazeb

$\mathbf{f_{U,k}}$ opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních části a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovení příslušných U-hodnot

$\mathbf{f_{ia(\ldots),k}}$ teplotní opravný činitel

- $H_{T,ig}$ značí měrný tepelný tok prostupem do zeminy

$$H_{T,ig} = \mathbf{f_{\theta ann}} * (\mathbf{A_k} * \mathbf{U}_{equiv,k} * \mathbf{f_{ig,k}} * \mathbf{f_{GW,k}}) \quad (2.8)$$

A_k zde značí plochu stavební části

$\mathbf{U_{equiv,k}}$ zde značí ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zeminou

$\mathbf{f_{ig,k}}$ teplotní orpavný činitel

$\mathbf{f}_{GW,k}$ opravný činitel zohledňující vliv spodní vody

$\mathbf{f_{\theta ann}}$ opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teloty v průběhu roku

2.2.2.2 Tepelné ztráty větráním

Tepelná ztráta větráním se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$\Phi_{V,i} = V_i * \eta_i * \rho_a * c_{p,a} * (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.9)$$

θ_e zde značí venkovní výpočtovou teplotu

$\theta_{int,i}$ značí výpočtovou vnitřní teplotu

V_i zde značí vnitřní objem vytápěného prostoru

η_I zde značí intenzitu větrání vytápěného prostoru

$\rho_a * c_{p,a}$ značí součin hustoty a měrné tepelné capacity vzduchu

Tabulka 7: Celková tepelná ztráta jednotlivých místností

Číslo místnosti	Účel místnosti	Plocha [m²]	Celková tepelná ztráta [W]
101	HLEDIŠTĚ	183,6	5010,8
102	JEVIŠTĚ	79,2	
103	POKLADNA	34,2	962,3
104	KANCELÁŘ	29,4	807,9
105	ŠATNA	26,6	885,7
106	SKLAD	26,0	688,1

108	CHODBA	194,5	3894,5
109	STROJOVNA	44,7	1271,9
110	BUFET	26,1	819,1
111	BUFET	29,5	880,0
203	KANCELÁŘ	34,2	1110,9
204	SKLAD	29,4	935,5
205	ZKUŠEBNA	59,7	1930,2
207	STROJOVNA	44,7	1382,1
208	KANCELÁŘ	41,4	1290,2
209	KANCELÁŘ	29,5	1008,1
212	CHODBA	139,3	3573,5
213	KABINA ZVUKAŘE A OSVĚTLOVAČE	36,3	838,1

Podrobný výpočet tepelných ztrát dle výše zmíněných výpočtu je v Příloze č. 1.

2.3 Tepelné zisky

Vzhledem ke skutečnosti, že vzduchotechnické zařízení bude navrženo pouze v hlavní části budovy – v hledišti a jevišti, byl podrobný výpočet proveden pro tyto dvě hlavní místnosti. Jelikož jsou obě místnosti stále propojeny prázdným otvorem (který lze zakrýt textilní oponou), do výpočtu byly tyto dvě místnosti uvažovány jako jedna.

Výpočet byl proveden pomocí softwaru Teruna v1.5 b.

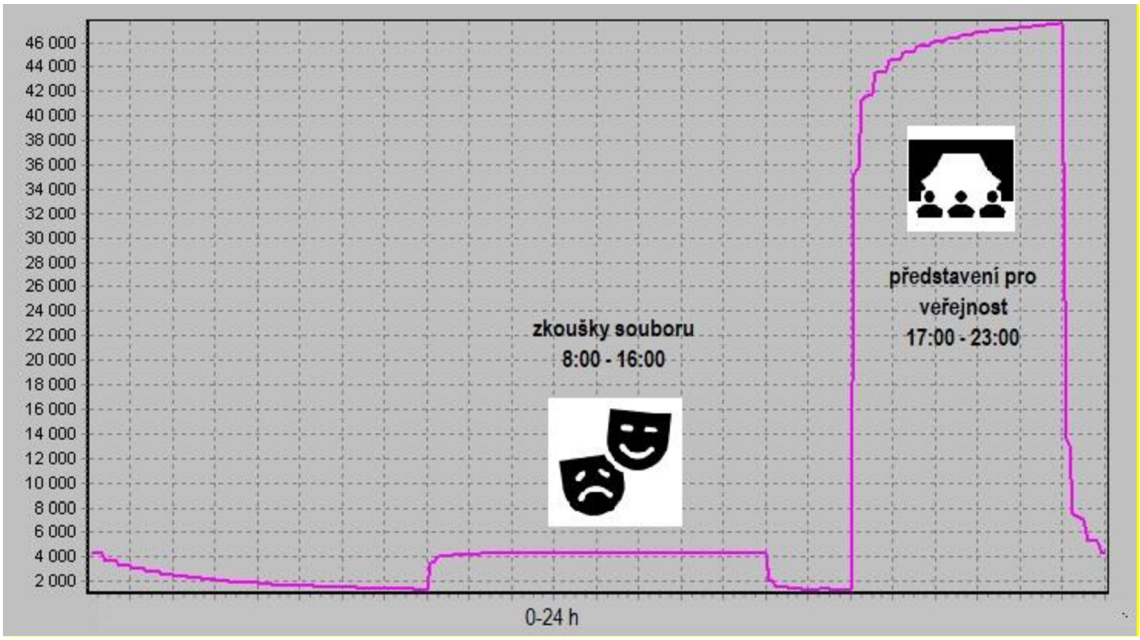
Ostatní místnosti budou pouze odvětrávány. V případě, že by bylo potřeba i v jiných místnostech klimatizovat, bude následně instalována lokální klimatizační jednotka, nicméně řešení lokálních jednotek není předmětem této práce.

Primární pro výpočet tepelných zisků byl počet osob v místnosti a doba provozu.

Tabulka 8: Doba provozu

Číslo místnosti	Účel místnosti	Počet osob	Doba provozu	Zdůvodnění
101	Hlediště	285	17:00 – 23:00	Večerní představení
102	Jeviště	25	17:00 – 23:00	Večerní představení
102	Jeviště	20	8:00 – 16:00	Zkouška hereckého souboru

V následujícím grafu z programu Teruna je graficky znázorněna tepelná zátěž hlediště a jeviště v čase 0:00 - 24:00.



Obrázek 17: Graf tepelné zátěže pro jeviště a hlediště

Výstup z programu Teruna:

VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE

ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

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

********** *ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU* **********

Venkovní stěna

+-----SO1 - SV (82.72m2, 0.44m, 0.1W/mK, 750kg/m3, 1000kJ/kgK)

Venkovní stěna

+-----SO2 - JV (119.81m2, 0.44m, 0.1W/mK, 750kg/m3, 1000kJ/kgK)

Venkovní stěna

+-----SO3 - JZ (82.72m2, 0.44m, 0.1W/mK, 750kg/m3, 1000kJ/kgK)

Venkovní stěna

+-----SO4 - SZ (45m2, 0.44m, 0.1W/mK, 750kg/m3, 1000kJ/kgK)

Venkovní stěna

+-----ST1 (268m2, 0.3m, 0.04W/mK, 2100kg/m3, 1020kJ/kgK)

Symetrická stěna

+-----SN1 - SV (184.52m2, 0.3m, 0.2W/mK, 800kg/m3, 1000kJ/kgK)

Symetrická stěna

+-----SN2 - JZ (184.52m2, 0.3m, 0.2W/mK, 800kg/m3, 1000kJ/kgK)

Symetrická stěna

+-----SN3 - SZ (83.25m2, 0.3m, 0.2W/mK, 800kg/m3, 1000kJ/kgK)

Další akumul. hmota

+-----nábytek (150m2, 1000kg, 800kJ/kgK)

Podlaha

+-----POD1 (268m2, 0.45m, 0.13W/mK, 1900kg/m3, 800kJ/kgK)

********** *VSTUPNÍ ÚDAJE* **********

Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.

Časový krok: 300s

Objem místnosti : 2855m3

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok:NE

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení[1]: 8 - 16h, 280W

Osvětlení[2]: 17 - 23h, 280W

Větrání[1]: 0 - 24h, 120m3/h

Ostatní tepelné zdroje: NE

Odpar vody: NE

Biologická produkce[1]: 8 - 16h, 75kg, počet osob: 20

Biologická produkce[2]: 18 - 23h, 75kg, počet osob: 25

Biologická produkce[3]: 18 - 23h, 75kg, počet osob: 285

Sálavé plochy: NE

********** *VÝSLEDKY* **********

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 23h: Citelné teplo Max= 47579.97W

21.7. 17h: Citelné teplo Min= 1270.66W

21.7. 23h: Vázané teplo=4734.12W Merna Tz = 0W/K

21.7. 23h: Potřeba chladu = 288.64kWh Potřeba tepla = 0kW

Suma potřeby chladu = 288.64kWh

Suma potřeby tepla = 0kWh

2.4 Průtoky vzduchu

Pro návrh a dimenzování konkrétních jednotek a potrubí je kromě tepelné bilance nutné spočítat průtok vzduchu. Průtok vzduchu lze definovat jako množství vzduchu odváděné nebo přiváděné do místnosti. Dostatečný proud vzduchu nám zajišťuje komfortní podmínky pro návštěvníky divadla, ale i pro herce a jiné zaměstnance.

Vzhledem k charakteru budovy počítáme nárazově s výskytem vysokého počtu osob. Kapacita divadla (návštěvníků) je 285 sedících osob, nicméně nesmíme opomenout ani zaměstnance kulturního zařízení.

Pro výpočet průtoků vzduchu bylo zásadní zjistit požadovanou výměnu vzduchu dle hygienických předpisů, navrhované množství odváděného vzduchu za hodinu pro jednu osobu, a zároveň i vodní zisky od osob. Dle normy ČSN EN 15 665 – Z1 [13] je požadavek na intenzitu větrání minimálně 0,3 h^{-1}, nicméně doporučená hodnota pro pobytové místnosti je 0,5 h^{-1}. Co se týká navrhovaného množství odváděného vzduchu za hodinu pro jednu osobu, záleží na aktivitě, kterou v prostoru osoba vykonává. V našem případě většina osob pouze klidně sedí, nevyvíjí žádnou fyzickou aktivitu, proto jsme uvažovali s hodnotu 25 m3.h−1. Stejně tak se dle aktivity osob odvíjí i vodní zisky. V našem případě počítáme do vodních zisku pouze produkci vodní páry od lidí – uvažujeme hodnotu 50 g/h na osobu.

Níže jsou vložené dvě na sebe navazující tabulky, ve kterých jsou uvedené a spočítané důležité veličiny pro následný návrh a dimenzovaní samotného vzduchotechnického zařízení.

Tabulka 9: Proudění vzduchu

ČÍSLO MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA [m^2]	OBJEM [m^3]	POČET OSOB	POŽAD. VÝMĚNA VZDUCHU [h^{-1}]	VZDUCH/OSOBA [m^3/h]	t [°C]	φ [%]	t [°C]	φ [%]	VODNÍ ZISKY [g/h]	TEPELNÉ ZISKY [W]	TEPELNÉ ZTRÁTY [W]
FUNKČNÍ CELEK 1													
101	Hlediště	183,6	1946,2	285	5	25	26	60	20	50	14250	47 580	5010
102	Jeviště	79,2	839,5	25		25	26	60	20	50	1250		
	Σ	262,8	2855,0										
FUNKČNÍ CELEK 2													
103	Pokladna	34,2	107,7	2	1	25	26	60	20	50	100	-	962
104	Kancelář	29,4	92,6	4	1	25	26	60	20	50	200	-	807
105	Šatna	26,6	83,8	-	0,5	25	26	60	22	50	-	-	834
106	Sklad	26,0	81,9	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	688
108	Chodba	194,5	612,7	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	3895
109	Technická místnost	44,7	140,8	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	1272
110	Bufet	26,1	82,2	2	1	25	26	60	20	50	100	-	819
111	Bufet	29,5	92,9	-	1	25	26	60	20	50	-	-	880
203	Kancelář	34,2	107,7	4	1	25	26	60	20	50	200	-	11110
204	Sklad	29,4	92,6	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	935
205	Zkušebna	59,7	188,1	-	1	25	26	60	20	50	-	-	1930
207	Strojovna	44,7	140,8	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	1382
208	Kancelář	41,4	130,4	4	1	25	26	60	20	50	200	-	1290
209	Kancelář	29,5	92,9	4	1	25	26	60	20	50	200	-	1008
212	Chodba	139,3	438,8	-	0,5	25	26	60	20	50	-	-	3573
213	Kabina zvukaře a osvětlovače	36,3	114,3	2	1	25	26	60	20	50	100	-	838

Tabulka 10: Proudění vzduchu

		vnější okrajové podmínky: t_{ez} = -19,4°C; t_{el} = 33,8°C, h_{el} = 66,3 kJ/kg; x_{ez} = 1 g/kg												
MÍSTNOST		PŘÍVOD										Δx	ODVOD	
ČÍSLO MÍSTNOSTI	NÁZEV	HYG. VZD. Z VÝMĚNY [m^3/h]	HYG. VZD. NA SPOTŘEBNÍ JEDNOTKU [m^3/h]	VZD. NA KRYTÍ ZISKŮ [m^3/s]	VZD. NA KRYTÍ ZTRÁT [m^3/s]	ČERSTVÝ VZDUCH [m^3/h]	PŘÍVOD [m^3/s]	PŘÍVOD [m^3/h]	LÉTO [°C]	ZIMA [°C]	VÝMĚNA [h^{-1}]	POTŘEBNÉ ODVLHČENÍ [g/kg]	ODVOD [m^3/h]	ODVOD [m^3/s]
FUNKČNÍ CELEK 1														
101	Hlediště	9730,8	7125	4,97	0,51	7125	**4,97**	**17904,57**	20	23	6,27	3,96	**4,97**	**17904,57**
102	Jeviště	4197,6	625			625			20	23		0,35		
FUNKČNÍ CELEK 2														
103	Pokladna	107,7	50	-	0,51	50	-	-	20	23	-	-	-	-
104	Kancelář	92,6	100	-	0,00	100	-	-	20	23	-	-	-	-
105	Šatna	167,6	-	-	0,00	-	-	-	20	23	-	-	-	-
106	Sklad	41,0	-	-	0,00	-	-	-	20	23	-	-	-	-
108	Chodba	306,3	-	-	0,10	-	-	-	20	23	-	-	-	-
109	Technická místnost	70,4	-	-	0,08	-	-	-	20	23	-	-	-	-
110	Bufet	164,4	50	-	0,09	50	-	-	20	23	-	-	-	-
111	Bufet	185,9	-	-	0,07	-	-	-	20	23	-	-	-	-
203	Kancelář	107,7	100	-	0,40	100	-	-	20	23	-	-	-	-
204	Sklad	46,3	-	-	0,13	-	-	-	20	23	-	-	-	-
205	Zkušebna	376,1	-	-	0,08	-	-	-	20	23	-	-	-	-
207	Strojovna	70,4	-	-	0,09	-	-	-	20	23	-	-	-	-
208	Kancelář	130,4	100	-	1,14	100	-	-	20	23	-	-	-	-
209	Kancelář	92,9	100	-	0,10	100	-	-	20	23	-	-	-	-
212	Chodba	219,4	-	-	0,20	-	-	-	20	23	-	-	-	-
213	Kabina zvukaře a osvětlovače	114,3	50	-	0,14	50	-	-	20	23	-	-	-	-

PŘÍVOD VZDUCHU: 17 904,57 m^3/h; 4,97 m^3/s

ODVOD VZDUCHU: 17 904,57 m^3/h; 4,97 m^3/s

Vzhledem k velké hodnotě přívodu vzduchu a odvodu vzduchu budou navrženy dvě vzduchotechnické jednotky.

PŘÍVOD VZDUCHU: 8 952,3 m^3/h/jednotka; 2,49 m^3/s/jednotka

ODVOD VZDUCHU: 8 952,3 m^3/h/jednotka; 2,49 m^3/s/jednotka

2.5 Distribuční prvky

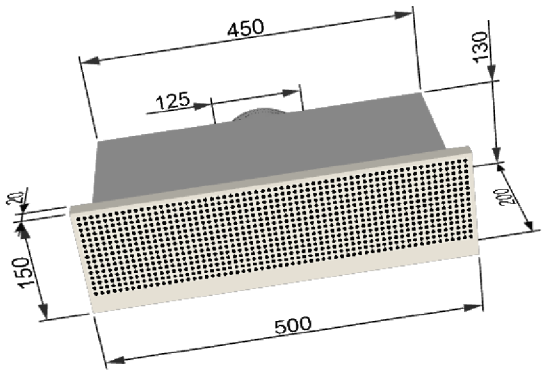
Distribuční prvky určené pro přívod a odvod vzduchu do funkčního celku č. 1 byly navržené pomocí softwaru LindQST. Při navrhování byl brán zřetel převážně na charakter a funkci daného funkčního celku, dále na možnost rozmístění distribučních elementů a v neposlední řadě na objemový průtok vzduchu a akustický výkon.

2.5.1 Distribuční prvky pro přívod vzduchu

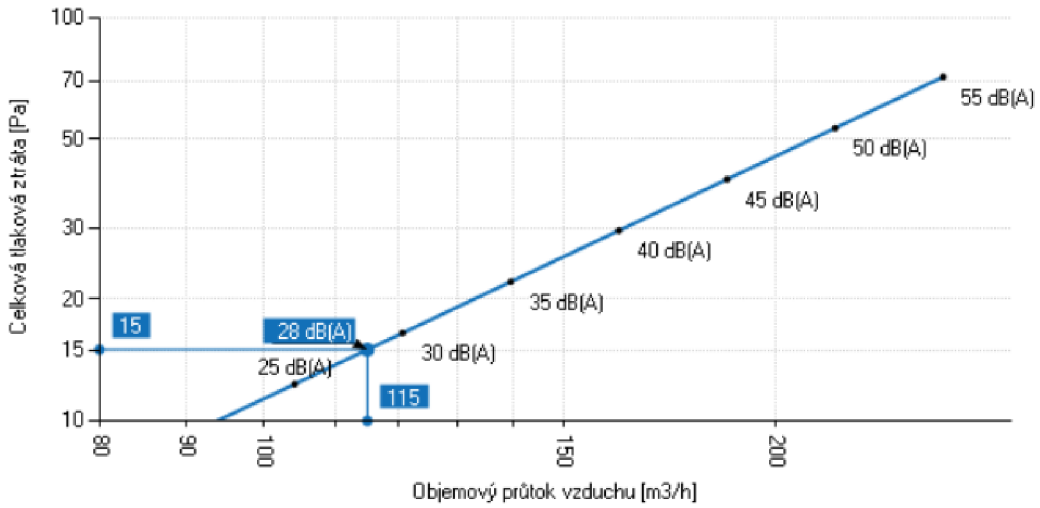
CRU – Difuzor pro divadla

Pro přívod vzduchu do hlediště byly zvolené difuzory určené přímo jako divadelní. Divadelní difuzor CRU (výrobce Lindab) je obdélníkový a je určený pro instalaci pod sedadlo. Napojuje se kruhovým připojením. V našem případě budou jednotlivé difuzory umístěné pod sedadla do jednotlivých stupňů hlediště.

Pro tento distribuční prvek je důležité, aby výstupní rychlost byla tak malá, aby neobtěžovala osoby v blízkosti, přičemž vzdálenost od noh musí být min. 40 cm. Zároveň je při užití tohoto difuzoru podporováno proudění vzduchu směrem vzhůru, a z toho důvodu se redukuje odvod škodlivin z pobytové části přes část dýchací. [3]



Obrázek 18: Divadelní difuzor CRU [20]

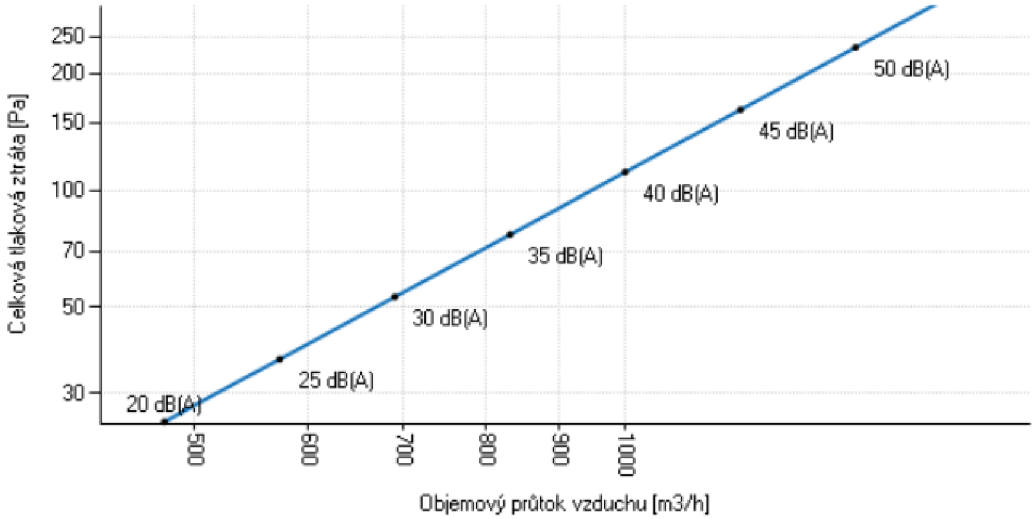


Graf 7: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na obj. průtoku pro jednotku CRU [20]

DAD - Tryska

Pro přívod vzduchu na jeviště byly navrženy regulovatelné dýzy DAD (výrobce Lindab). Tato tryska DAD je vhodná na jeviště z důvodu velkého dosahu, je určena právě pro velké prostory, kterým jeviště nepochybně je. Lze volně otáčet v rozpětí 30°. Umístěné budou trysky DAD symetricky nad boční strany jeviště a nasměrovány budou směrem do jeviště, aby přiváděly vzduch přímo do prostoru, kde se odehrávají samotné kulturní akce, kterým je prostor určen.

Obrázek 19: DAD – Tryska [20]



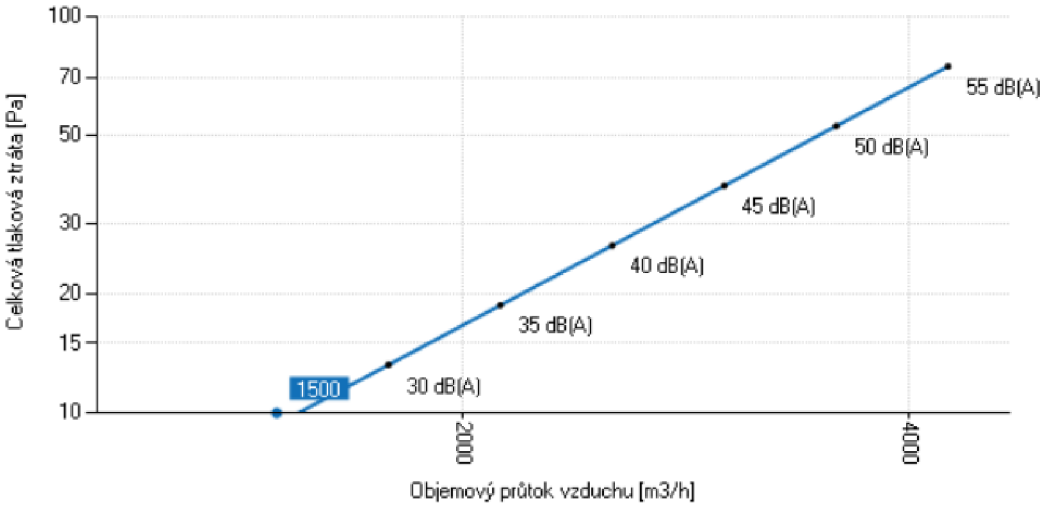
Graf 8: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na objemový průtok trysky DAD [20]

2.5.2 Distribuční prvky pro odvod vzduchu

GS23 – Stropní difuzor

Pro odvod vzduchu z prostoru byly určené stropní difuzory typu GS23 (výrobce Lindab). Tyto čtvercové difuzory s hliníkovou mřížkou budou instalovány s plenum boxy. Umístěné budou pouze v prostoru hlediště, a to po stranách hlediště, aby co nejméně narušovaly estetiku prostoru.

Obrázek 20: Stropní difuzor GS23 [20]



Graf 9: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na objemovém průtoku GS23 [20]

2.5.3 Shrnutí distribučních elementů

Tabulka 11: Shrnutí distribučních elementů

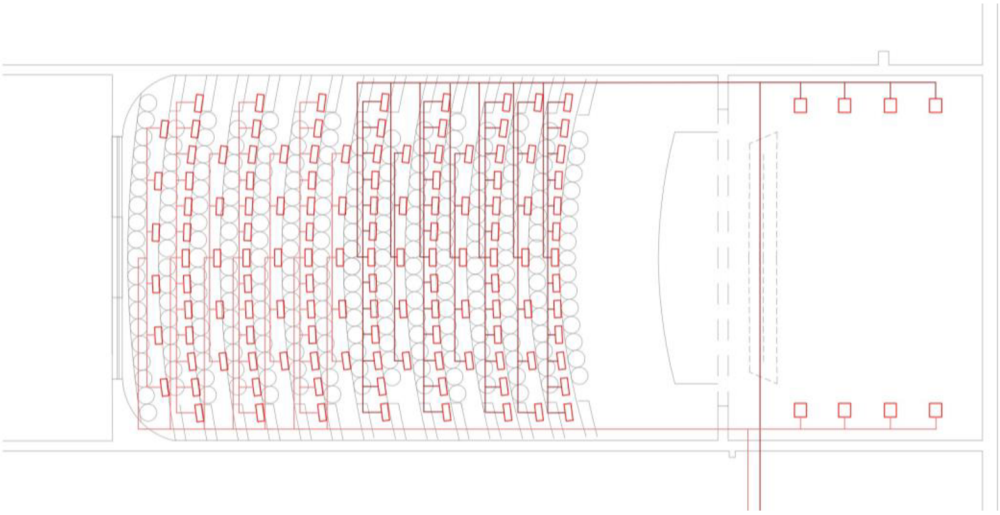
PŘEHLED POUŽITÝCH DISTRIBUČNÍCH ELEMENTŮ													
Č.MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA(m^2)	OBJEM(m^3)	PŘÍVOD/ ODVOD	OZNAČENÍ VÝUSTKY	POČET (Ks)	PRŮTOK NA 1 ELEMENT(m^3/h)	PŘIPOJOVACÍ ROZMĚR	CELK. TEP. ZTRÁTA Δpc	ČELNÍ RYCHLOST wL	AKUST. VÝKON Lwa (dB)	HLADINA AKUST. TLAKU Lpa (dB)	DOSAH (m)
Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a jeviště													
101	Hlediště	183,6	1946										
				P	CRU - Difuzor pro divadla	129	115	⌀125	15	0	28	24	0
				O	GS23 - Stropní difuzory	12	1500	⌀400	9	-	25	21	-
102	Jeviště	79,2	840										
				P	DAD - tryska	8	400	⌀315	18	4,6	<20	<20	17

2.6 Dimenzování potrubí

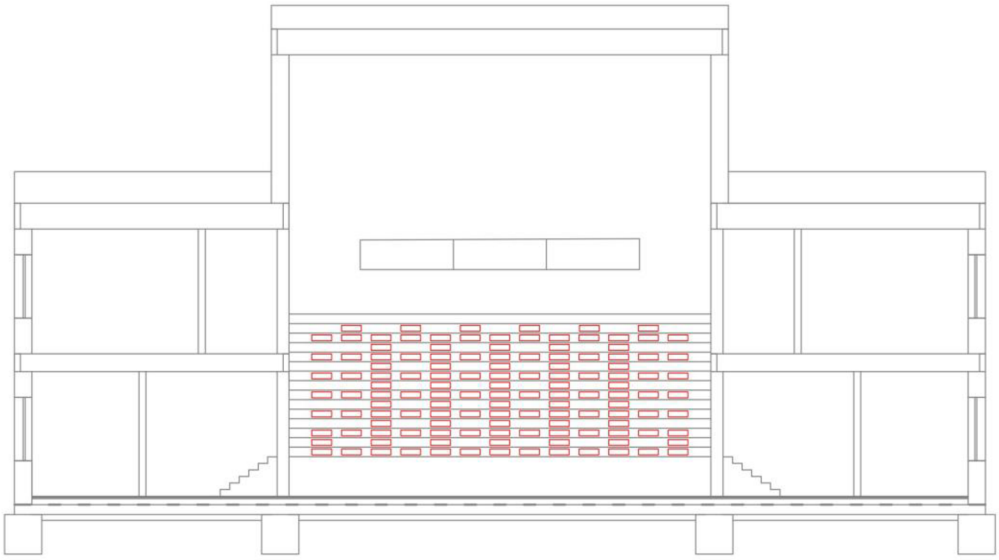
Po navržení distribučních elementů, ale zároveň před samotným dimenzováním, jsem si vypracovala studie rozmístění vzduchotechnických rozvodů a prvků.

Pro přívod vzduchu bylo do jednotlivých stupňů umístěno 129 difuzoru pro divadlo a nad jevištěm byly umístěné dýzy – 4 po obou stranách. Vzduchotechnická jednotka č. 1 obsluhuje rozvody v horní části hlediště a pravou stranu přívodu

vzduchu nad jevištěm, vzduchotechnická jednotka č. 2 zajišťuje rozvody v dolní části hlediště a na levé straně hlediště.

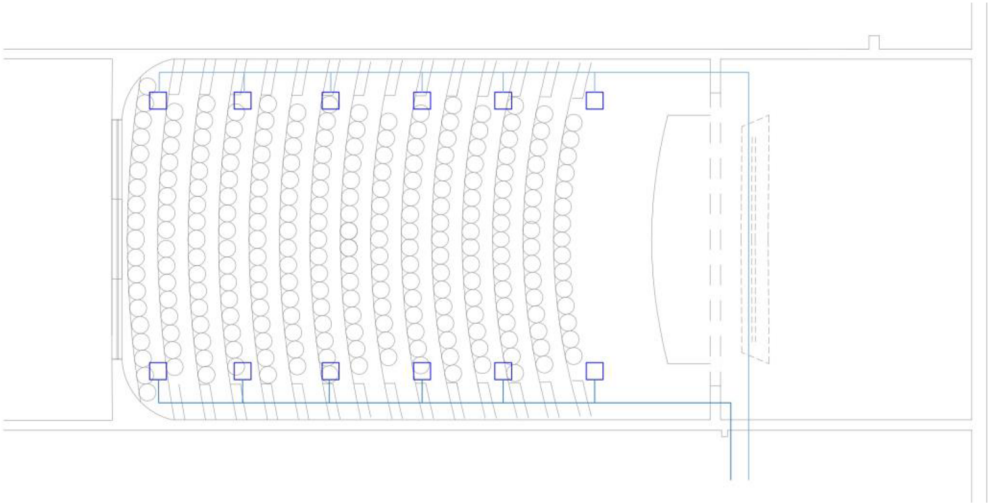


Obrázek 21: Studie rozmístění distribučních elementů pro přívod



Obrázek 22: Pohled na rozmístění distr. elementů pro přívod do jednotlivých stupňů hlediště

Pro odvod vzduchu bylo rozmístěno nad hledištěm celkem 12 stropních difuzorů (6 po obou stranách), přičemž pravou stranu zajišťuje vzduchotechnická jednotka č. 1, levou stranu vzduchotechnická jednotka č. 2.



Obrázek 23: Studie rozmístění distribučních elementů pro odvod

Následně bylo zpracováno dimenzační schéma a byly označené jednotlivé úseky.

2.6.1 Dimenzování

Samotné dimenzování bylo provedeno *metodou poklesu rychlostí* za pomocí rovnice kontinuity:

$$\mathbf{S} = \frac{\boldsymbol{V}}{\boldsymbol{w}} \tag{2.9}$$

kde

S je hledaný obsah průřezu potrubí [m^2]

V je objemový průtok vzduchu [m^2/s]

W je rychlost proudění [m/s]

Objemový průtok v jednotlivých úsecích nám byl znám již po rozvržení distribučních elementů a rychlost byla pro prvotní výpočet určena z doporučených rychlostí (viz tabulka 10). Obecně lze říct, že u strojovny jsem rychlost určila 5 m/s, v hlavním potrubí 4 m/s a u vedlejších vedení 3 m/s.

Veškeré VZT rozvody byly navržené jako obdélníkové kvůli úspoře prostoru. Vzhledem ke skutečnosti, že nejvíce potrubí bude rozvedeno pod stupni hlediště, bylo by z prostorového hlediska kruhové potrubí nehospodárné.

Tabulka 12: Doporučené rychlosti proudění ve vzduchovodech [4]

Druh zařízení		Větrání nebo nízkotlaká klimatizace						Vysokotlaká klimatizace	
Druh budovy		obytná		veřejná		průmyslová			
Doporučená rychlost (m/s)		střední	maxim.	střední	maxim.	střední	maxim.	střední	maxim.
Druh úseku									
potrubí	za ventilátorem (za tlumičem hluku)	5	8,5	7,5	11	10	14	12	20-25
	hlavní stoupačky	3,5-4,5	6	5-6,5	8	6-9	11	8-12	20-25 +)
	odbočky rozvodu v podlaží	3	5	3-4,5	6,5	4-5	9	8-10	12-18 ++)
	přípojky koncových jednotek +++)							2,5-3,5	4-6
	odvod vzduchu	3,5	4,5	4	5,5	5	9	8	17 xxx)

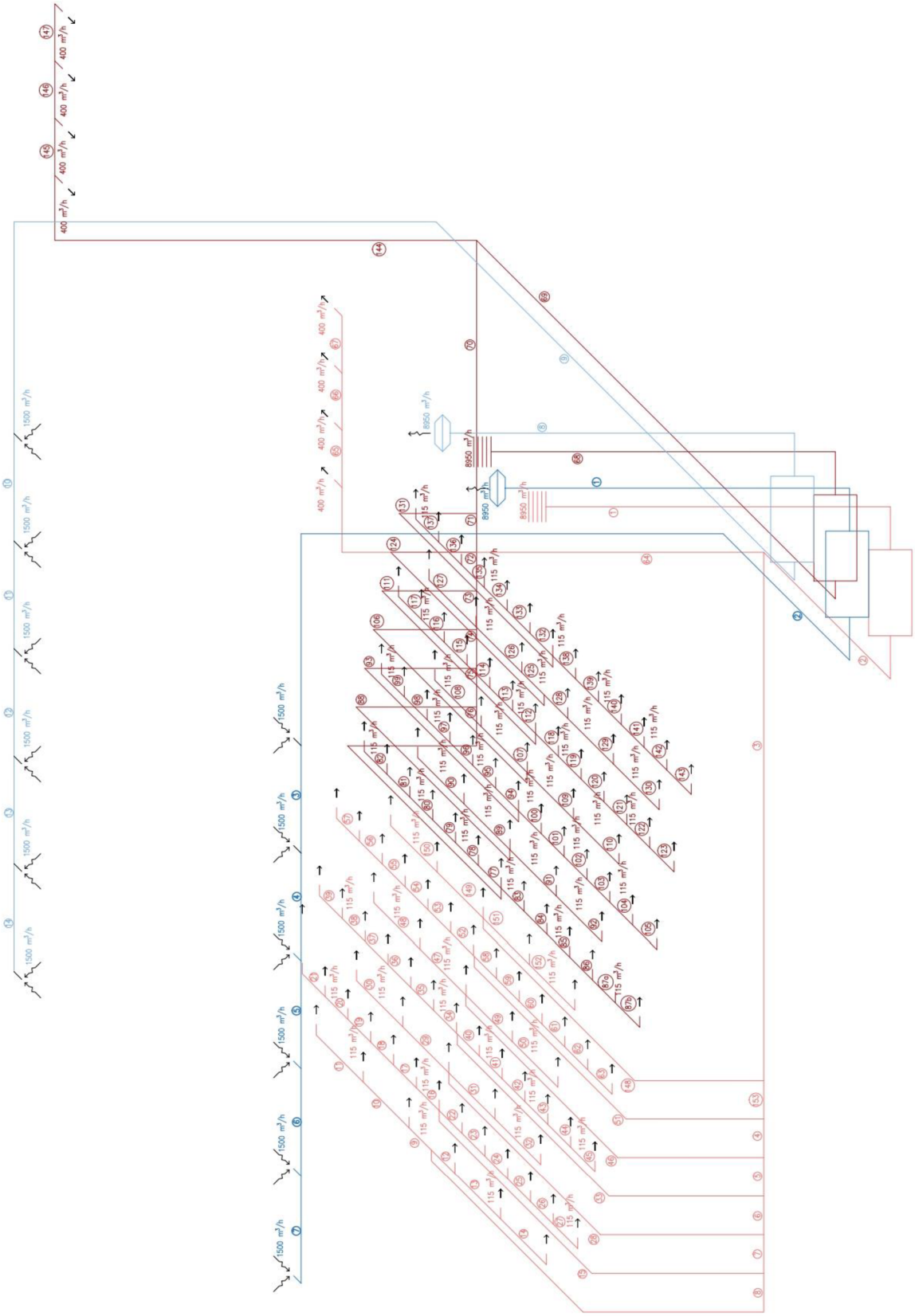
2.6.2 Celková tlaková ztráta

Celková tlaková ztráta byla vypočítána jako součet všech tlakových ztrát na sebe navazujících úseků hlavní větve. Vedlejší větve nejsou do celkové tepelné ztráty započítány.

Do výpočtu jsem zahrnula *tlakové ztráty třením* a *tlakové ztráty místní (vřazenými odpory).* Tlakové ztráty třením závisí na součiniteli tření λ [-], na délce potrubí l [m], na dynamickém tlaku p_d [Pa] a na velikosti styčné plochy. Tlakové ztráty vřazenými odpory závisí především na součiniteli místního odporu ξ (součinitel ξ v sobě zahrnuje vliv tření i vliv deformace rychlostního profilu při průtoku vzduchu) a taktéž na dynamickém tlaku. Součinitele místních odporů byly pro jednotlivé vzduchotechnické prvky učeny dle doporučených hodnot. [3]

Vzhledem ke skutečnosti, že tlakové ztráty nejsou ve všech větvích sbíhající se do jednoho uzle stejné, je nutné doplnit vedlejší větve o regulační klapky.

Obrázek 24: Dimenzační schéma



Tabulka 13: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'$_r$)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - HLAVNÍ VĚTEV																
1	8500	2,361	9,0	5	0,47	710	710	-	0,50	4,7	13,16	0,42	0,9	3,79	11,85	SÁNÍ
2	8500	2,361	6,5	5	0,47	710	710	-	0,50	4,7	13,16	0,42	0,3	2,74	3,95	
3	6900	1,917	12,3	5	0,38	630	630	-	0,40	4,8	13,99	0,50	1,3	6,20	18,19	
153	6325	1,757	1,0	5	0,35	630	630	-	0,45	3,9	9,26	0,31	0,3	0,30	2,78	
4	4830	1,342	1,0	5	0,27	560	500	-	0,28	4,8	13,78	0,59	1,3	0,56	17,91	
5	4255	1,182	1,0	5	0,24	500	500	-	0,25	4,7	13,41	0,61	1,3	0,58	17,43	
6	2760	0,767	1,0	5	0,15	400	400	-	0,16	4,8	13,78	0,78	1,3	0,74	17,91	
7	2185	0,607	1,0	5	0,12	355	355	-	0,13	4,8	13,92	0,89	1,3	0,85	18,09	
8	690	0,192	10,4	4	0,05	250	200	-	0,05	3,8	8,82	0,90	0,93	9,32	8,20	
9	345	0,096	0,9	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	2,78	0,58	14,96	
10	230	0,064	1,7	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,67	8,27	
11	115	0,032	1,7	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,37	8,27	
													Σ	**29,68**	**147,80**	
													Σ	**176,12 Pa**		
														36,50		VÝUSŤ
														12,60		KLAPKY
														80,00		ŽALUZIE
														65,00		TLUMIČ HLUKU
													Σ	**370,22**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
12	345	0,096	0,9	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,48	0,58	7,96	
13	230	0,064	1,7	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,67	8,27	
14	115	0,032	1,7	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,37	8,27	
													Σ	**4,61**	**24,50**	
													Σ	**29,11**		**Pa**

Tabulka 14: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'$_r$)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
15	1495	0,415	9,2	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,93	5,17	15,97	
16	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
17	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
18	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
19	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
20	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
21	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**10,55**	**71,25**	
													Σ	**81,80**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
22	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
23	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
24	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
25	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
26	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
27	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**5,38**	**55,28**	
													Σ	**60,66**		**Pa**

Tabulka 15: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'$_r$)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
28	575	0,16	9,0	4	0,04	200	200	-	0,04	4	9,57	1,09	1,93	9,78	18,46	
29	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29	
30	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63	
													Σ	**14,06**	**43,38**	
													Σ	**57,44**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
31	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,71	1,77	16,59	
32	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,50	8,27	
													Σ	**4,27**	**24,86**	
													Σ	**29,13**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
33	1495	0,415	8,8	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,95	4,95	16,14	
34	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
35	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
36	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
37	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
38	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
39	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**10,32**	**71,42**	
													Σ	**81,74**		**Pa**

Tabulka 16: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'$_r$)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
40	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
41	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
42	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
43	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
44	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
45	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**5,38**	**55,28**	
													Σ	**60,66**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
46	575	0,16	8,6	4	0,04	200	200	-	0,04	4	9,57	1,09	1,95	9,35	18,66	
47	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29	
48	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63	
													Σ	**13,62**	**43,57**	
													Σ	**57,19**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
49	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,71	1,77	16,59	
50	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,50	8,27	
													Σ	**4,27**	**24,86**	
													Σ	**29,13**		**Pa**

Tabulka 17: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'_r)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
51	1495	0,415	8,4	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,95	4,72	16,14	
52	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
53	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
54	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
55	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
56	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
57	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**10,10**	**71,42**	
													Σ	**81,51**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
58	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
59	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
60	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
61	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
62	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
63	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**5,38**	**55,28**	
													Σ	**60,66**		**Pa**

Tabulka 18: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'$_r$)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
148	575	0,16	8,2	4	0,04	200	200	-	0,04	4	9,57	1,09	1,95	8,91	18,66	
149	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29	
150	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63	
													Σ	**13,19**	**43,57**	
													Σ	**56,76**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
151	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	2,71	2,50	16,59	
152	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,77	8,27	
													Σ	**4,27**	**24,86**	
													Σ	**29,13**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
64	1600	0,444	11,3	4	0,11	355	315	-	0,11	4	9,48	0,64	1,6	7,28	15,16	
65	1200	0,333	1,3	3	0,11	355	315	-	0,11	3	5,33	0,36	1,1	0,47	5,86	
66	800	0,222	1,3	3	0,07	315	250	-	0,08	2,8	4,78	0,39	0,7	0,50	3,34	
67	400	0,111	1,3	3	0,04	200	200	-	0,04	2,8	4,63	0,53	0,7	0,68	3,24	
													Σ	**8,93**	**27,61**	
													Σ	**36,55**		**Pa**

Tabulka 19: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'$_r$)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - HLAVNÍ VĚTEV																
68	9420	2,617	9,0	5	0,52	800	710	-	0,57	4,6	12,73	0,38	0,9	3,45	11,46	SÁNÍ
69	9420	2,617	14,2	5	0,52	800	710	-	0,57	4,6	12,73	0,38	0,3	5,45	3,82	9420
70	7820	2,172	6,3	5	0,43	710	630	-	0,45	4,9	14,15	0,48	1,3	3,03	18,40	9420
71	6325	1,757	1,0	5	0,35	630	560	-	0,35	5	14,88	0,57	1,3	0,54	19,34	7820
72	5635	1,565	1,0	5	0,31	560	560	-	0,31	5	14,95	0,61	1,3	0,58	19,43	6325
73	4140	1,15	1,0	5	0,23	500	450	-	0,23	5,1	15,67	0,75	1,3	0,71	20,38	5635
74	3565	0,99	1,0	5	0,20	500	400	-	0,20	5	14,71	0,75	1,3	0,71	19,12	4140
75	2070	0,575	1,0	5	0,12	355	355	-	0,13	4,6	12,49	0,80	1,3	0,76	16,24	3565
76	1495	0,415	9,0	5	0,08	315	250	-	0,08	5,3	16,69	1,35	0,93	12,08	15,52	2070
83	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
84	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
85	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
86	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
87.A	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
87.B	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**32,68**	**198,99**	
													Σ	**231,67**		
														36,50		VÝUSŤ
														12,60		KLAPKY
														80,00		ŽALUZIE
														65,00		TLUMIČ HLUKU
													Σ	**425,77**		**Pa**

Tabulka 20: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'$_r$)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
77	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
78	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
79	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
80	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
81	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
82	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**5,38**	**55,28**	
													Σ	**60,66**		
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
88	575	0,16	7,8	4	0,04	200	200	-	0,04	4	9,57	1,09	1,93	8,48	18,46	
89	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29	
90	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63	
91	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,71	1,77	16,59	
92	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,50	8,27	
													Σ	**17,02**	**68,24**	
													Σ	**85,26**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
89	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29	
90	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63	
													Σ	**4,27**	**24,92**	
													Σ	**29,19**		**Pa**

Tabulka 21: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'_r)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
93	1495	0,415	7,6	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,93	4,27	15,97	
100	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
101	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
102	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
103	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
104	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
105	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**9,65**	**71,25**	
													Σ	**80,90**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
94	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
95	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
96	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
97	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
98	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
99	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**5,38**	**55,28**	
													Σ	**60,66**		**Pa**

Tabulka 22: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'_r)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
106	575	0,16	7,6	4	0,04	200	200	-	0,04	4	9,57	1,09	1,95	8,26	18,66	
109	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,71	1,77	16,59	
110	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,50	8,27	
													Σ	**12,53**	**43,51**	
													Σ	**56,05**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
107	230	0,064	1,8	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	2,66	1,77	16,29	
108	115	0,032	1,8	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,41	2,50	8,63	
													Σ	**4,27**	**24,92**	
													Σ	**29,19**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
111	1495	0,415	7,4	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,95	4,16	16,14	
118	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
119	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
120	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
121	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
122	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
123	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**9,54**	**71,42**	
													Σ	**80,95**		**Pa**

Tabulka 23: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'$_r$)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
112	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
113	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
114	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
115	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
116	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
117	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**5,38**	**55,28**	
													Σ	**60,66**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
124	690	0,192	7,2	4	0,05	250	200	-	0,05	3,8	8,82	0,90	1,95	6,45	17,19	
128	345	0,096	0,9	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,48	0,58	7,96	
129	230	0,064	1,7	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,67	8,27	
130	115	0,032	1,7	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,37	8,27	
													Σ	**11,07**	**41,69**	
													Σ	**52,75**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
125	345	0,096	0,9	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	2,78	0,58	14,96	
126	230	0,064	1,7	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,67	8,27	
127	115	0,032	1,7	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	2,37	8,27	
													Σ	**4,61**	**31,49**	
													Σ	**36,11**		**Pa**

Tabulka 24: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'$_r$)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
131	1495	0,415	7,0	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,27	0,56	1,95	3,93	16,14	
138	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
139	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
140	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
141	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
142	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
143	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**9,31**	**71,42**	
													Σ	**80,73**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
132	690	0,192	1,1	3	0,06	250	250	-	0,06	3,1	5,64	0,51	2,65	0,56	14,95	
133	575	0,16	1,1	3	0,05	250	200	-	0,05	3,2	6,12	0,62	1,35	0,68	8,27	
134	460	0,128	1,1	3	0,04	200	200	-	0,04	3,2	6,12	0,70	1,35	0,77	8,27	
135	345	0,096	1,1	3	0,03	200	160	-	0,03	3	5,38	0,68	1,35	0,75	7,26	
136	230	0,064	1,1	3	0,02	160	125	-	0,02	3,2	6,12	0,98	1,35	1,08	8,27	
137	115	0,032	1,1	3	0,01	100	100	-	0,01	3,2	6,12	1,39	1,35	1,53	8,27	
													Σ	**5,38**	**55,28**	
													Σ	**60,66**		**Pa**
Zařízení č. 1 - PŘÍVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - VEDLEJŠÍ VĚTEV																
144	1600	0,444	11,3	4	0,11	355	315	-	0,11	4	9,48	0,64	1,6	7,28	15,16	
145	1200	0,333	1,3	3	0,11	355	315	-	0,11	3	5,33	0,36	1,1	0,47	5,86	
146	800	0,222	1,3	3	0,07	315	250	-	0,08	2,8	4,78	0,39	0,7	0,50	3,34	
147	400	0,111	1,3	3	0,04	200	200	-	0,04	2,8	4,63	0,53	0,7	0,68	3,24	
													Σ	**8,93**	**27,61**	
													Σ	**36,55**		**Pa**

Tabulka 25: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'_r)	d		d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ	R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm		mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-	Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - ODVOD - VZT JEDNOTKA č.2 - HLAVNÍ VĚTEV																
1	9000	2,5	11,0	5	0,50	800	710	-	0,57	4,4	11,62	0,35	4,8	3,85	55,79	VÝTLAK
2	9000	2,5	20,6	5	0,50	800	710	-	0,57	4,4	11,62	0,35	0,9	7,21	10,46	
3	7500	2,083	3,2	4	0,52	800	710	-	0,57	3,7	8,07	0,24	0,76	0,78	6,13	
4	6000	1,667	3,2	4	0,42	710	630	-	0,45	3,7	8,33	0,28	0,41	0,91	3,42	
5	4500	1,25	3,2	4	0,31	560	560	-	0,31	4	9,53	0,39	0,41	1,24	3,91	
6	3000	0,833	3,2	4	0,21	500	450	-	0,23	3,7	8,23	0,39	0,41	1,26	3,37	
7	1500	0,417	3,2	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,33	0,57	0,41	1,81	3,42	
													Σ	**17,06**	**86,50**	
													Σ	**103,56**		
														7,00		ANEMOSTAT
														12,60		KLAPKY
														40,00		ŽALUZIE
														70,00		TLUMIČ HLUKU
													Σ	**233,16**		**Pa**

Tabulka 26: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí

				HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA		POZNÁMKA
				PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ										
Č.Ú.	V		l	w'	S' (d'_r)	d	d_r	S	w	p_d (Z)	R_1	ξ		R_1 . l	ξ . Pd (Z)	
-	m^3/h	m^3/s	m	m/s	m^2	mm	mm	m^2	m/s	Pa	$Pa.m^{-1}$	-		Pa	Pa	
Zařízení č. 1 - ODVOD - VZT JEDNOTKA č.1 - HLAVNÍ VĚTEV																
8	9000	2,5	11,0	5	0,50	800	710	-	0,57	4,4	11,6	0,35	4,8	3,85	55,79	VÝTLAK
9	9000	2,5	26,2	5	0,50	800	710	-	0,57	4,4	11,6	0,35	0,9	9,17	10,46	
10	7500	2,083	3,2	4	0,52	800	710	-	0,57	3,7	8,07	0,24	0,76	0,78	6,13	
11	6000	1,667	3,2	4	0,42	710	630	-	0,45	3,7	8,33	0,28	0,41	0,91	3,42	
12	4500	1,25	3,2	4	0,31	560	560	-	0,31	4	9,53	0,39	0,41	1,24	3,91	
13	3000	0,833	3,2	4	0,21	500	450	-	0,23	3,7	8,23	0,39	0,41	1,26	3,37	
14	1500	0,417	3,2	4	0,10	355	315	-	0,11	3,7	8,33	0,57	0,41	1,81	3,42	
													Σ	**19,02**	**86,50**	
													Σ	**105,52**		
														7,00		ANEMOSTAT
														12,60		KLAPKY
														40,00		ŽALUZIE
														70,00		TLUMIČ HLUKU
													Σ	**235,12**		**Pa**

2.7 Vzduchotechnické jednotky

Vzhledem k vysoké hodnotě vypočítaného odvodu a přívodu vzduchu byly k teplovzdušnému vytápění a klimatizaci jeviště a hlediště (funkčního celku č. 1) navržené 2 vzduchotechnické jednotky. Nicméně obě budou totožné, pouze servisní přístupy budou mít z odlišné strany. Za pomoci programu AeroCAD od společnosti REMAK byla navržena VZT jednotka jedna, která bude do strojovny v 1NP instalovaná ve dvou soustavách, z toho vyplývá, že všechny komponenty VZT jednotky jsou od výrobce REMAK, a.s. a budou pořízené ve dvou kusech. V rámci návrhu byla respektována norma ČSN EN 1886 (2008) a nařízení komise (EU) č. 1253/2014 Ecodesign.

S ohledem na velikost průtoku vzduchu byla navržena sestavná vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP 13.

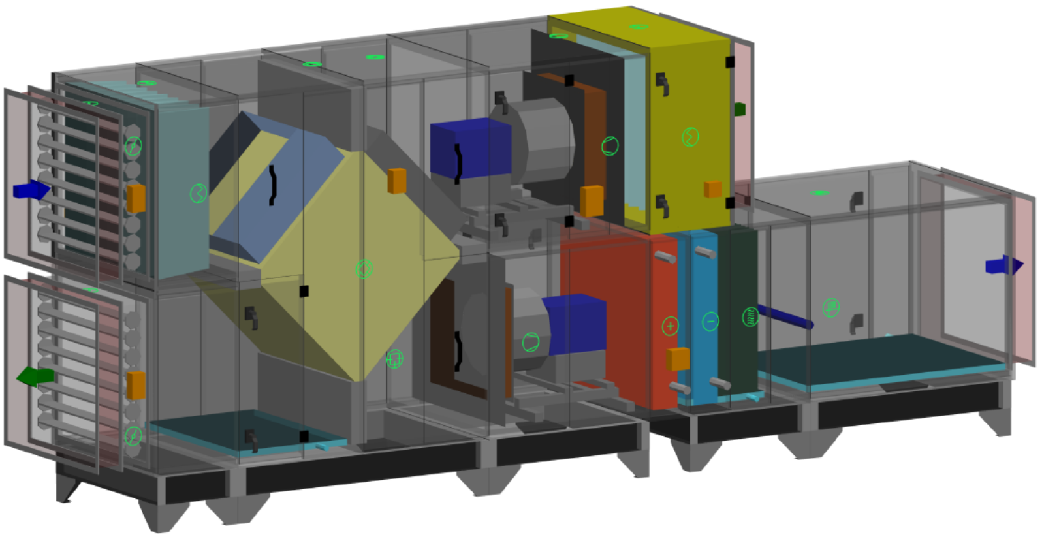
Na přívodní větvi je umístěno (postupně ve směru z exteriéru do interiéru):

- Tlumící vložka
- Klapka uzavírací
- Filtr ISO ePM 10 >60%
- Deskový rekuperátor
- Ventilator
- Ohřívač
- Chladič
- Parní zvlhčovač
- Tlumící vložka

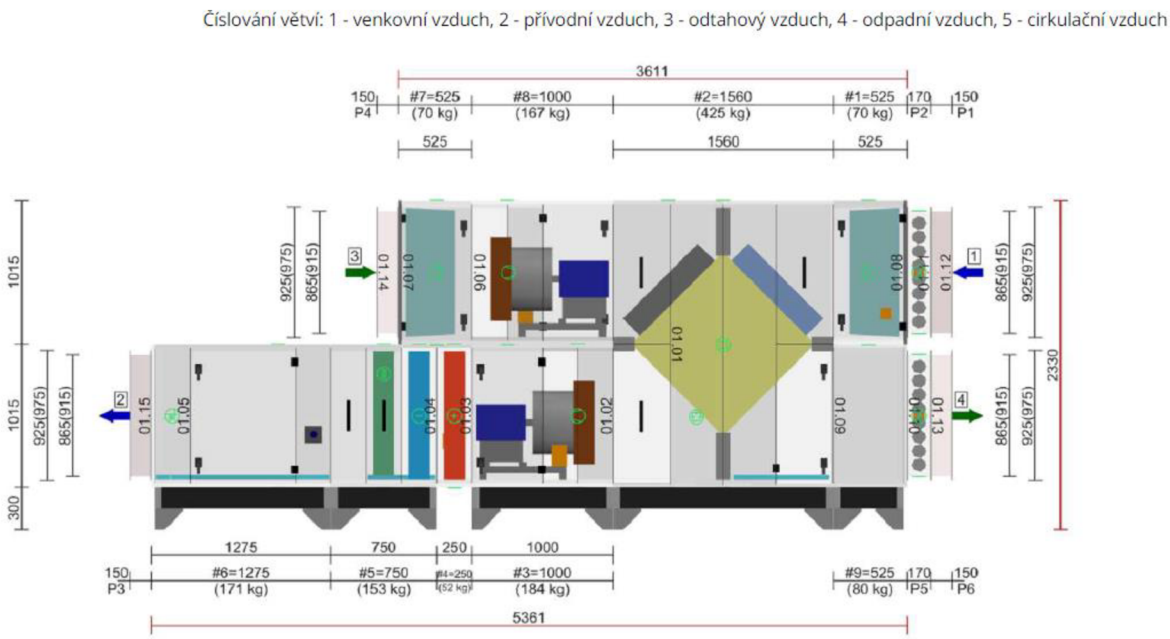
Na odvodní větvi je umístěno (postupně ve směru z interiéru do exteriéru):

- Tlumící vložka
- Filtr ISO Coarse 50%
- Ventilátor
- Deskový rekuperátor (duplicitní s přívodní větví)
- Prázdná schránka
- Klapka uzavírací
- Tlumící vložka

Přesná specifikace je obsažena v příloze č. P.5



Obrázek 25: Navržená VZT jednotka [AeroCAD]



Obrázek 26: Bokorys navržené VZT jednotky [AeroCAD]

ID	
Projekt	[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1
Číslo / Název zařízení	01 / VZT jednotka divadlo
Určení jednotky	Standardní prostředí

STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Model box AMXP3

Základní parametry zařízení		
Druh, rozměr	AeroMaster XP 13	
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne	
Nadmořská výška	240 m	
Hmotnost (+-10%)	1 539 kg	
Umístění VZT jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	9420 m³/h	9420 m³/h
Externí tlaková rezerva	486 Pa	486 Pa
Rychlost v průřezu	2.96 m/s	2.96 m/s
Výkon motoru nominální	4.00 kW	3.00 kW
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)
1. stupeň filtrace	M5 / ISO ePM 10 >60%	G3 / ISO Coarse 50 %
2. stupeň filtrace	-	-
SFP_{vi}	1427 W.m⁻³.s	982 W.m⁻³.s
SFP_{vAHU}	2410 W.m⁻³.s	

Parametry pláště dle EN1886	
Mechanická stabilita	D2(M)
Netěsnost skříně	L1(M)
Netěsnost skříně (reál. jednotka)	L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
Termická izolace	T4(M)
Faktor tepelných mostů	TB3(M)
Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-19.0 -> 3.5 °C	58 %, 20.8 kW	
Směšování	3.5 -> 15.1 °C	70.0 %	
Ohřev	15.1 -> 26.0 °C	34.4 kW	70/39 °C, Voda, 0.4 kPa, 0.98 m³/h, 1 1/2 "
Chlazení	28.4 -> 20.9 °C	25.6 kW	7.0/13 °C, Voda, 1.5 kPa, 3.67 m³/h, 1 1/2 "
Vlhčení	26.0 -> 26.0 °C	25 -> 35 %	25.0 kg/h, 18.8 kW**

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

** Napájení a jištění zvlhčovače není řešeno z ŘJ VCS

Hlukové parametry zařízení

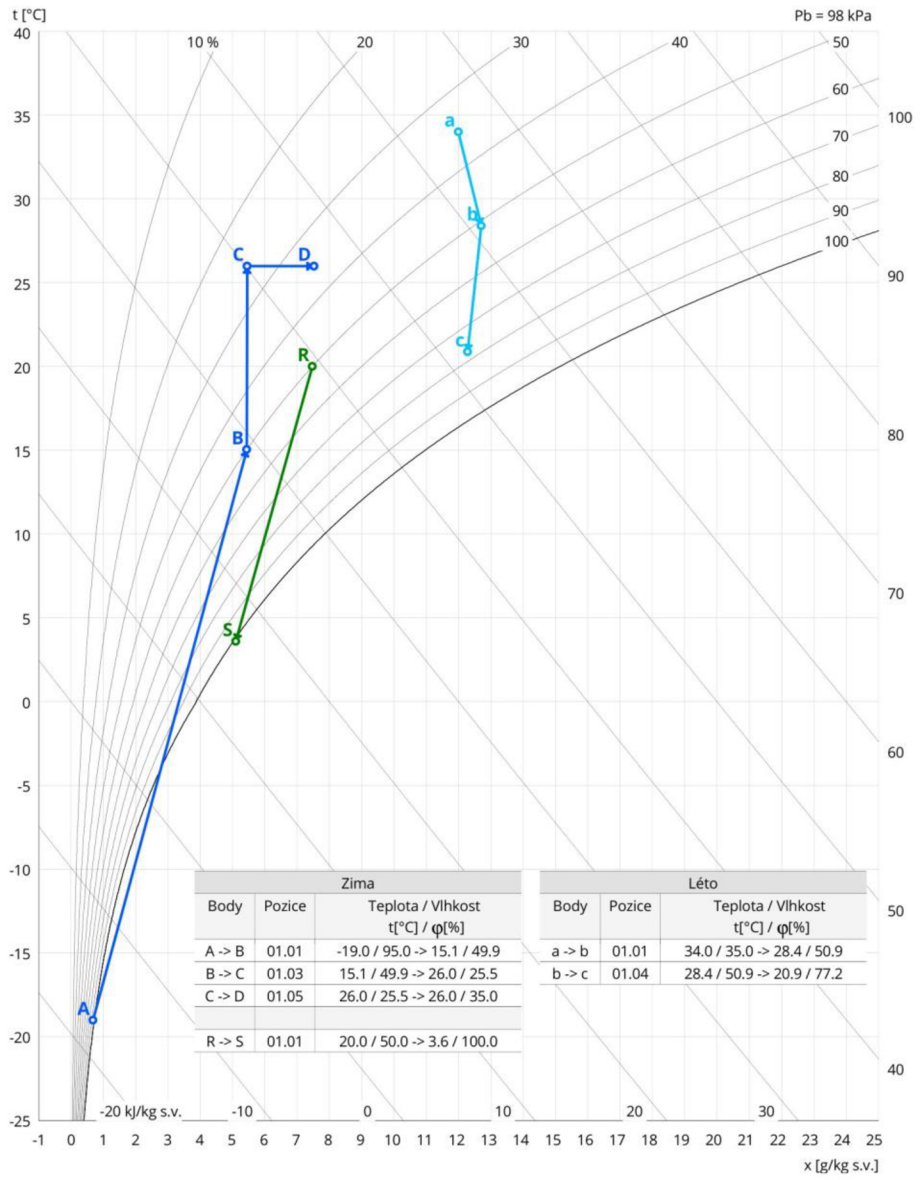
				LwAokt [dB(A)]					ΣLwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	47	55	72	67	67	64	59	59	75
Přívod - výtlak	52	60	78	80	84	78	73	69	87
Přívod - okolí	46	46	62	57	59	54	50	43	65
Odvod - sání	42	57	72	70	69	68	67	68	77
Odvod - výtlak	47	60	74	76	75	71	68	67	81
Odvod - okolí	41	46	59	54	53	47	46	42	61

REMAK Vytvořeno 06.05.2023,14:53 v programu AeroCAD verze 6 . 9 . 75 (14.04.2023), vytisknuto 07.05.2023,00:30 Strana : 2 / 11

Obrázek 27: Titulní strana technické specifikace VZT jednotky [AeroCAD]

ID
Projekt [01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1
Číslo / Název zařízení 01 / VZT jednotka divadlo
Určení jednotky Standardní prostředí

Psychrometrický diagram



Zima		
Body	Pozice	Teplota / Vlhkost t[°C] / φ[%]
A -> B	01.01	-19.0 / 95.0 -> 15.1 / 49.9
B -> C	01.03	15.1 / 49.9 -> 26.0 / 25.5
C -> D	01.05	26.0 / 25.5 -> 26.0 / 35.0
R -> S	01.01	20.0 / 50.0 -> 3.6 / 100.0

Léto		
Body	Pozice	Teplota / Vlhkost t[°C] / φ[%]
a -> b	01.01	34.0 / 35.0 -> 28.4 / 50.9
b -> c	01.04	28.4 / 50.9 -> 20.9 / 77.2

REMAK Vytvořeno 06.05.2023,14:53 v programu AeroCAD verze 6 . 9 . 75 (14.04.2023), vytisknuto 07.05.2023,00:30 Strana : 10 / 11

Obrázek 28: H-X diagram úpravy vzduchu v navržené VZT jednotce [AeroCAD]

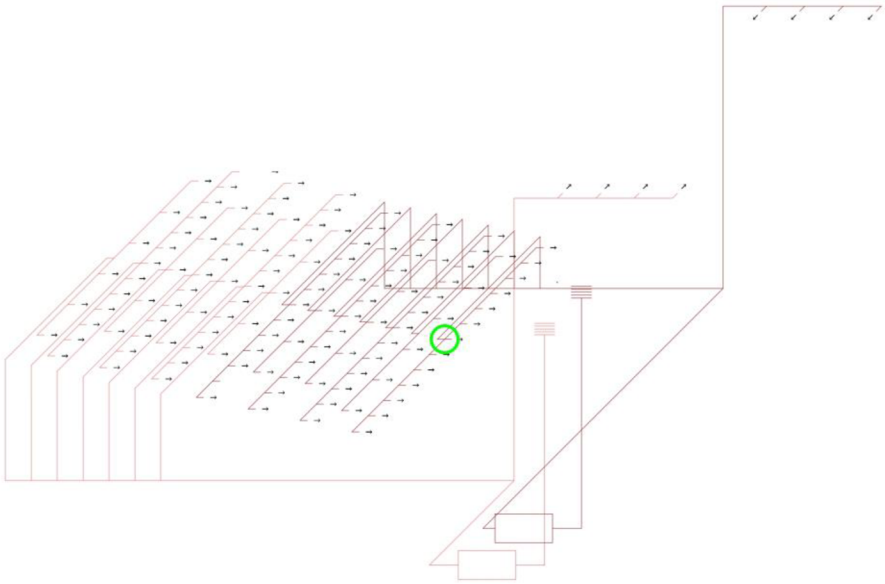
V h-x diagramu VZT jednotky výše je znázorněno mezí body A a B ohřívání a směšování vzduchu v deskovém rekuperátoru, mezi B a C probíhá ohřívání a mezi body

C – D probíhá vlhčení vzduchu ve zvlhčovači na požadovanou vlhkost. Bod R značí vnitřní návrhové podmínky prostoru a bod S označuje kondenzaci v deskovém rekuperátoru. Tyto procesy jsou znázorněné pro zimní období. Pro letní období nám průběh úpravy vzduchu značí světle modrá barva, přičemž mezi body a – b probíhá směšování vzduchu a mezi body b – c ochlazování vzduchu na požadovanou hodnotu.

2.8 Útlum hluku

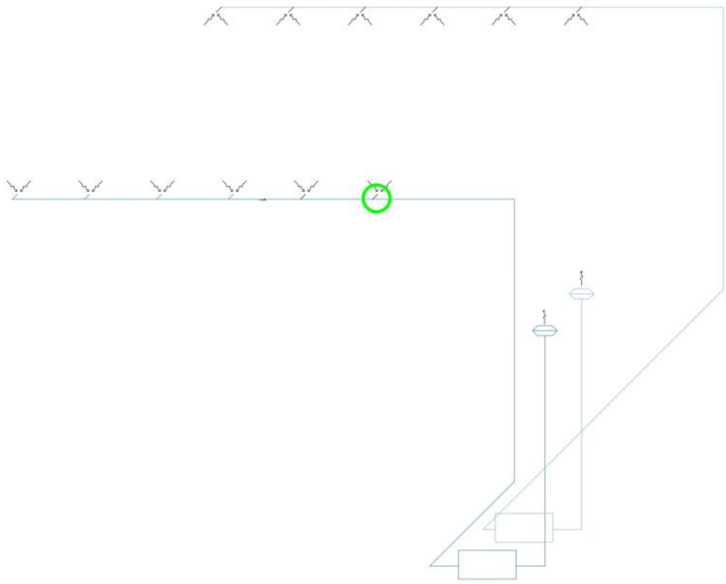
Pro pohodlí nejen diváků divadla, ale i herců je nutné řešit hluk, který vzniká převážně provozem ventilátorů ve vzduchotechnické jednotce. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. hygienický limit akustického tlaku stanovuje velmi obecně, nicméně pro prostor divadla se řídíme hodnotou 40 dB.

Pro posouzení přívodní větve na hluk jsem zvolila distribuční prvek viz schéma níže. Tento distribuční prvek jsem zvolila s ohledem na malou vzdálenost mezi distribučním elementem a osobou v prostoru, a zároveň jsem volila distribuční prvek co nejblíže VZT jednotce.



Obrázek 29: Označení distribučního prvku k posouzení hluku na přívodní větvi

Pro posouzení odvodní větve na hluk jsem zvolila distribuční prvek nejblíže VZT jednotce viz schéma.



Obrázek 30: Označení distribučního prvku k posouzení hluku na odvodní větvi

Následně jsem vypočítala hluk všech vyústek jak přívodního, tak odvodního potrubí.

Tabulka 27: Výpočet hluku přívodních vyústek

Přívodní potrubí - interiér							
L_{wA} (dB/A) / f (Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
Přívod - výtlak L_{vent}	79	81	83	78	75	74	**87,2**
Přirozený útlum							
Rovné potrubí	6,3	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	
Oblouky	3	6	9	9	9	9	
Odbočka z hlavní větve	10	10	10	10	10	10	
Rovné potrubí	3,15	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	
Odbočka k výustce	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	
Ohebné potrubí	6,25	5,13	4	3	3,75	2,25	
Útlum koncovým odrazem	5	2	1	0	0	0	
Hluk ve vyústce L_w	40,1	47,42	49,25	46,25	42,5	43	**53,6**
Vlastní hluk vyústky L_1							**28**
Hluk vystupující z vyústky L_s							**54**
Korekce na počet vyústek K_1							**18**
Hluk všech přívodních vyústek L							**72**

Tabulka 28: Výpočet hluku odvodních vyústek

Odvodní interiér - interiér							
L_{wA} (dB/A) / f (Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
Přívod - výtlak L_{vent}	65	63	63	65	62	54	**70,8**
Přirozený útlum							
Rovné potrubí	6,18	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	
Oblouky	3	6	9	9	9	9	
Odbočka z hlavní větve	0	0	0	0	0	0	
Odbočka k výustce	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	
Ohebné potrubí	10,85	9,1	7	5,25	6,65	3,5	
Útlum koncovým odrazem	5	2	1	0	0	0	
Hluk ve vyústce L_w	32,57	35,41	35,51	40,26	35,86	31,01	**43,9**
Vlastní hluk vyústky L_1							**25**
Hluk vystupující z vyústky L_s							**44**
Korekce na počet vyústek K_1							**8**
Hluk všech přívodních vyústek L							**52**

Součtová hladina aplikací $L_{w,S}$ byla vypočítána na 72 dB.

Z důvodu absorpce hluku pohltivými povrchy jsem spočítala pohltivou plochu A, dle vzorce

$$\mathbf{A} = \alpha * \mathbf{S} \tag{2.10}$$

Kde α značí součinitel zvukové pohltivosti (pro divadlo 0,4) a S plochu ohraničující prostor. Pro prostor divadla se pohltivá plocha rovná

$$\mathbf{A} = \mathbf{0,4} * \mathbf{1172} = \mathbf{468,8}\ \mathrm{m}^2$$

Celková hladina akustického tlaku L_p byla spočítána dle vzorce níže pro případ nejhoršího, ale zároveň nejběžnějšího případu, kdy bude sluchové ústrojí diváka umístěno přibližně 1 m od přívodního distribučního elementu.

$$\boldsymbol{L_p} = \boldsymbol{L_{w,S}} + \mathbf{10}\boldsymbol{log}\left(\frac{\boldsymbol{Q}}{\mathbf{4}*\boldsymbol{\pi}*\boldsymbol{r}^2} + \frac{\mathbf{4}}{\boldsymbol{A}}\right) \tag{2.11}$$

Kde $L_{w,S}$ značí součtovou hladinu aplikací, Q značí směrový činitel, r je vzdálenost posluchače a A pohltivou plochu. Pro dané divadlo se L_p rovná hodnotě 61,4 dB. Vzhledem k maximální přípustné hodnotě 40 dB (+10 dB korekce) je nutné navrhnout tlumiče.

Pro přívodní i odvodní větev byl navržen tlumič hluku v programu od společnosti lindab s názvem LindQST. Navržen byl stejný typ tlumiče, pouze s jinými rozměry. Jedná se o typ SLRS – 4HR přímý tlumič hluku.

Obrázek 31: Tlumič hluku SLRS - 4HR

Aby mohl být na přívodní větvi pouze jeden tlumič hluku, je nutné toto potrubí zvětšit na rozměr 1000 x 1000 mm.

Tabulka 29: Návrh tlumiče hluku na přívodním potrubí

Přívodní potrubí - interiér							
L_{wA} (dB/A) / f (Hz)	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**součet**
Hluk ve vyústce L_w	40,1	47,42	49,25	46,25	42,5	43	**53,6**
Hluk ve vyústce L_w - s tlumičem	18	16	14	10	15	24	**25**
Vlastní hluk vyústky L_1							**25**
Hluk vystupující z vyústky L_s							**25**
Korekce na počet vyústek K_1							**18**
Hluk všech přívodních vyústek L							**43**

Tabulka 30: Parametry tlumiče hluku na přívodním potrubí

Požadavky:			
Objemový průtok vzduchu	qv	9400	m3/h
Šířka		1000	mm
Výška		1000	mm
Délka		2450	mm
Výsledky::			
Čelní rychlost	v	2,6	m/s
Celková tlaková ztráta	Δpt	11	Pa

Tlumič hluku na odvodní potrubí:

Tabulka 31: Návrh tlumiče hluku na odvodním potrubí

Odvodní interiér - interiér							
L_{wA} (dB/A) / f (Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
Hluk ve vyústce L_w	32,57	35,41	35,51	40,26	35,86	31,01	**43,9**
Hluk ve vyústce L_w - s tlumičem	24	22	20	19	22	22	28
Vlastní hluk vyústky L_1							**25**
Hluk vystupující z vyústky L_s							**28**
Korekce na počet vyústek K_1							**8**
Hluk všech přívodních vyústek L							**36**

Tabulka 32: Parametry tlumiče hluku na odvodním potrubí

Požadavky:			
Objemový průtok vzduchu	qv	9400	m3/h
Šířka		800	mm
Výška		710	mm
Délka		2450	mm
Výsledky::			
Čelní rychlost	v	4,6	m/s
Celková tlaková ztráta	Δpt	15	Pa

S navrženými tlumiči hluku vychází hodnota součtové hladiny obou větví $L_{w,S}$ na 43,8 dB. S vlivem pohltivé plochy se hluk v místnosti sníží na 33,25 dB, což vyhovuje požadavkům na hluk.

2.9 Izolace potrubí

Aby nedocházelo ke ztrátám tepla a ke kondenzaci na potrubí, je třeba navrhnout izolaci potrubí. Izolace byla navržena v programu Teruna v1.5 b a byla navržena na přívodní větvi před a za VZT jednotkou a na odvodní větvi taktéž před a za VZT jednotkou.

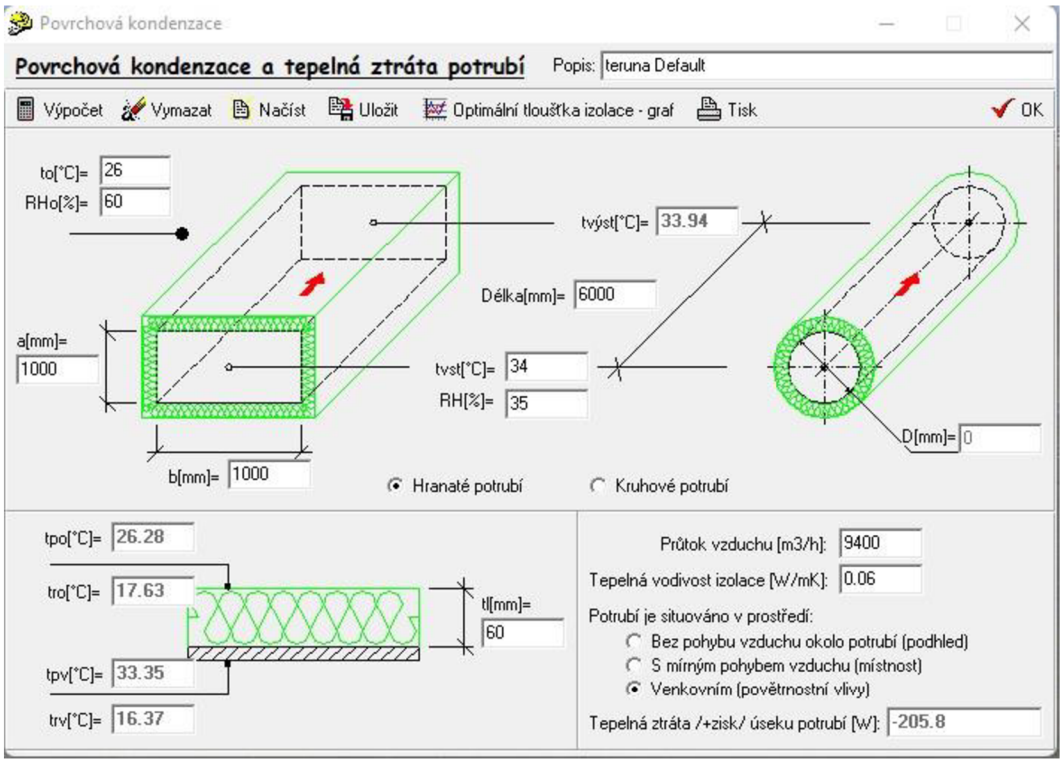
Izolace byla navržena z minerální vaty obalená fólií, na přívodním a odvodním potrubí byla navržena izolace o tloušťce 30 mm, na potrubí sání a výtlaku byla navržena izolace 60 mm.

Tabulka 33: Návrhové parametry pro posouzení izolace

	zimní období		letní období	
MÍSTNOST	**teplota vzduchu [°]**	**relativní vlhkost [%]**	**teplota vzduchu [°]**	**relativní vlhkost [%]**
Strojovna	20	50	26	60
Hlediště + jeviště	20	50	26	60
V POTRUBÍ				
přívod	20	50	26	60
odvod	20	50	26	60
sání	-19	95	34	35
výtlak	3,6	100	26	60

Tabulka 34: Výsledné hodnoty posouzení izolace z programu Teruna

Funkční celek č. 1 - hlediště + jeviště						
		STROJOVNA				**INTERIÉR**
		PŘÍVOD	**ODVOD**	**SÁNÍ**	**VÝTLAK**	**PŘÍVOD**
tl. izolace [mm]		**30**	**30**	**60**	**60**	**30**
LÉTO	**t_{po} [°C]**	26	26	26,28	26	26
	t_{ro} [°C]	17,6	17,6	17,63	17,6	17,6
	t_{pv}[°C]	26	26	33,3	26	26
	t_{rv} [°C]	17,6	17,6	16,37	17,6	17,6
	$t_{výst}$ [°C]	26	26	33,94	26	26
Tepelná ztráta/zisk v p. [W/m]		0	0	-205,8	0	0
ZIMA	**t_{po} [°C]**	20	20	-12,25	19,6	20
	t_{ro} [°C]	9,3	9,3	-17,54	9,27	9,3
	t_{pv}[°C]	80	80	-18,45	4,44	80
	t_{rv} [°C]	9,3	9,3	-19,54	3,6	9,3
	$t_{výst}$ [°C]	20	20	-18,99	3,61	20
Tepelná ztráta/zisk v p. [W/m]		0	0	36,69	50,75	0



Obrázek 32: Ukázka výstupu z programu Teruna

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY DIVADLA

AIR CONDITIONING DESIGN IN THE THEATER

C. PROJEKT

3 PROJEKT

3.1 Technická zpráva

1. Úvod

Projekt vzduchotechniky řeší způsob větrání a úpravy vzduchu v budově divadla. Vzhledem k charakteru budovy – kulturní zařízení, které navštěvuje nárazově velké množství lidí, je zapotřebí odvádět nekvalitní vzduch a přivádět vzduch čerstvý. Tato projektová dokumentace je pro provedení stavby.

1.1. Podklady pro zpracování

Podkladem pro vypracování byly půdorysy a řezy objektu, České technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických komponent.

Normy, vyhlášky:

- *NORMA ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*
- *NORMA ČSN 12 7010 – ZMĚNA Z1 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení*
- *NORMA ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
- *NORMA ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody*
- *NORMA ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepleného výkonu – 4ást 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3*
- *VYHLÁŠKA č. 6/2003 Sb.*
- *VYHLÁŠKA č. 268/2009*
- *NORMA ČSN EN 15 665 – ZMĚNA Z1 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*
- *20/2012 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.*

1.2. Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

- Místo: Chrudim
- Nadmořská výška: 240 m.n.m.
- Průměrný tlak vzduchu: 98,3 kP

Průměrné hodnoty	Teplé období roku	Chladné období roku
Teplota venkovního vzduchu (°C)	33,8	-19,4
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	66,3	-
Absolutní extrémy	**Maximum**	**Minimum**
Teplota venkovního vzduchu (°C)	37,3	-23,9
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	76,8	-23,2

1.3. Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

	zimní období		letní období	
	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]	teplota vzduchu [°]	relativní vlhkost [%]
FUNKČNÍ CELEK 1				
Hlediště	20	50	26	60
Jeviště	20	50	26	60
FUNKČNÍ CELEK 2				
Pokladna	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Šatna	22	50	26	60
Sklad	20	50	26	60
Chodba	20	50	26	60
Strojovna	20	50	26	60
Bufet	20	50	26	60

Bufet	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Sklad	20	50	26	60
Zkušebna	20	50	26	60
Strojovna	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Kancelář	20	50	26	60
Chodba	20	50	26	60
Kabina zvukaře a osvětlovače	20	50	26	60

Projekt se týká divadla, proto pro řešený funkční celek č. 1 je limit hladiny hluku 40 dB. Přes den bude divadlo sloužit většinou pouze pro zkoušky souboru, pro představení bude využíván čas večerní. Předpokládaná doba plného provozu je od 17:00 do 23:00.

2. Základní koncepční řešení

Nucené větrání je navrženo pro shromažďovací prostory jeviště a hlediště. Ostatní prostory umístěné jsou umístěné u obvodového pláště, a proto budou pouze přirozeně větrány. Individuální dochlazování dotčených místností v létě bude řešeno Split jednotkami. Samotné nucené větrání budou zajišťovat dvě totožné klimatizační jednotky umístěné ve strojovně v 1NP. Vlhčení vzduchu je uvažováno.

Pro funkční celek č. 1 je navržena klimatizace, která bude pokrývat tepelnou zátěž hlediště a jeviště a upravovat vlhkost vzduchu. Objem přiváděného vzduchu je totožný jako objem odváděného vzduchu. Pro výpočet bylo jeviště a hlediště uvažováno jako jedna místnost, protože jsou odděleny pouze textilní oponou, a to pouze ve výjimečných situacích.

ČÍSLO MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA [m^2]	OBJEM [m^3]	POČET OSOB	POŽAD. VÝMĚNA VZDUCHU [h^{-1}]	VZDUCH/OSOB A [m^3/h]	t [°C]	φ [%]	t [°C]	φ [%]	VODNÍ ZISKY [g/h]	TEPELNÉ ZISKY [W]	TEPELNÉ ZTRÁTY [W]
FUNKČNÍ CELEK 1													
101	Hlediště	183,6	1946,2	285	5	25	26	60	20	50	14250	47 580	5010
102	Jeviště	79,2	839,5	25		25	26	60	20	50	1250		
	Σ	262,8	2855,0										

Vzduchotechnické jednotky obsluhující funkční celek 1 jsou umístěné ve strojovně, přičemž sání i výtlak je směrováno nad střechu. Vzduchotechnické rozvody přívodu vzduchu do hlediště jsou vedeny pod podlahou a zakončeny jsou difuzory umístěnými do schodišťových stupňů hlediště. Odvod vzduchu z hlediště je řešen rozvody v podhledu a se stropními difuzory. Na jeviště je vzduch pouze přiváděn, a to dýzami umístěnými nad jevištěm. Na vzduchovody budou instalovány regulační klapky, aby zajistily správný průtok vzduchu a požární klapky. Z důvodu požadavku na poměrně tiché prostředí byly instalovány také tlumiče hluku.

3. Popis technického řešení

3.1. Koncepce větracích a klimatizačních zařízení

Zařízení č.1 i zařízení č. 2 jsou navržené jako rovnotlaké. Obě vzduchotechnické jednotky jsou totožné a umístěné ve strojovně v 1NP. Zakončení sání a výtlaku nad střechou je opatřeno protidešťovou žaluzií. Potrubí vedoucí do interiéru je opatřeno tlumiči hluku a také požární klapkou z důvodu rozdílného požárního úseku. Vzduchotechnické rozvody jsou opatřeny tepelnou izolací, v prostoru hlediště a jeviště o tloušťce 30 mm, v prostoru strojovny o tloušťce 60 mm.

Zařízení č. 1 + Zařízení č.2

Obě jednotky umístěné ve strojovně a zajišťující klimatizaci hlediště a jeviště jsou totožné. Dvě jednotky byly navržené z důvodu velkého objemu odváděného i přiváděného vzduchu.

Sestavná jednotka AeroMaster XP výrobce Remak zajišťuje nucené větrání, chlazení, ohřev a zvlhčení funkčního celku č. 1. Jednotka je umístěna na ocelovém rámu.

Na přívodní větvi je umístěno (postupně ve směru z exteriéru do interiéru):

- Tlumící vložka
- Klapka uzavírací
- Filtr ISO ePM 10 >60%
- Deskový rekuperátor

- Ventilator
- Ohřívač
- Chladič
- Parní zvlhčovač
- Tlumící vložka

Na odvodní větvi je umístěno (postupně ve směru z interiéru do exteriéru):

- Tlumící vložka
- Filtr ISO Coarse 50%
- Ventilátor
- Deskový rekuperátor (duplicitní s přívodní větví)
- Prázdná schránka
- Klapka uzavírací

Objem přiváděného i odváděného vzduchu je 9400 m^3/h na jednu VZT jednotku.

V zimním období je venkovní vzduch přiveden do deskového rekuperátoru, kde se přiváděny vzduch ohřívá a následně se dohřeje v ohřívači na požadovanou teplotu. V letním období se venkovní vzduch přivede do deskového rekuperátoru a následně se dochladí v chladiči s eliminátorem kapek.

4. <u>Nároky na energie</u>

K zajištění chodu klimatizačního zařízení je třeba zabezpečit následující zdroje energií:

		VENTILÁTOR				ELEKTŘINA				OHŘEV			CHLAZENÍ			
Novostavba divadla		**přívod/odvod**	**množství vzduchu**	**externí tlak**	**počet**	**elektrický příkon jednotkový**	**elektrický výkon celkem**	**elektrický proud jednotkový**	**napětí/frekvence**	**topný příkon 70/50°C**	**průtok média**	**tlaková ztráta výměníku**	**chladící výkon 7/13°C**	**Průtok média**	**Tlaková ztráta výměníku**	**kondenzát**
Zařízení č. 1 + Zařízení č. 2			m^3/h	Pa	ks	kW	kW	A	V/Hz	kW	kg/s	kPa	kW	kg/s	kPa	kg/hod
1.01	VZT jednotka AeroMAster XP 13															
	přívodní ventilátor	P	9420	931	1	4,06	4,06	8,2	3x400V							
	vodní ohřívač									34,4	0,98	10,4				
	vodní chladič												25,6	3,67	9,4	4,3
	odvodní ventilátor	O	9420	695	1	2,74	2,74	6,3	3x400V							
	výměník ZZT															8
	CELKEM		18840	1626	2	6,8	6,8	14,5	-	34,4	0,98	10,4	25,6	3,67	9,4	12,3

5. Měření a regulace

Navržené systémy VZt budou řízeny a regulovány samostatným systémem měření a regulace – profese MaR:

- Ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- Regulace teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohřívače v zimním období – vlečná regulace (směšování)
- Regulace teploty vzduchu řízením výkonu vodního chladiče v letním období (rozdělování)
- Umístění teplotních a vlhkostních čidel podle požadavku
- Protimrazová ochrana deskového výměníku nastavováním obtokové klapky
- Ovládání uzavíracích klapek na jednotce včetně dodání servopohonů
- Protimrazová ochrana teplovodního výměníku - měření na straně vzduchu i vody. Při poklesnutí teploty: 1) vypnutí ventilátoru, 2) uzavření klapek, 3) otevření třícestného ventilu, 4) spuštění čerpadla
- Signalizace bezporuchového chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku
- Plynulá regulace výkonu ventilátorů frekvenčními měniči na přívodu i odvodu vzhledem k zanášení filtrů a možnosti nastavení vzduchového výkonu zařízení podle potřeby provozu a časového rozvrhu
- Snímání a signalizace zanesení filtrů
- Poruchová signalizace
- Snímání signalizace chodu, poruchy a zapnutí a vypnutí zdroje chladu

Nároky na související profese

5.1. Stavební úpravy

Před začátkem stavebním prací je nutné všechny zásahy do konstrukcí nechat posoudit statika.

- Vytvořit prostupy ve stavebních konstrukcích
- Vytvořit revizní otvory v sádrokartonovém podhledu
- Ve strojovně navrhnout odvodnění podlahy

- Obložit a dotěsnit všechny prostupy vzduchotechnického potrubí

5.2. <u>Silnoproud</u>

- Všechna napojení musí být jištěná
- Napájení respektuje tabulku výkonů výše
- Napojení jednotlivých zařízení musí být koordinováno s profesí MaR, kvůli zabezpečení požadované vazby mezi těmito profesemi

5.3. <u>Vytápění</u>

- Na rozvod topné vody napojí profese ÚT ohřívač VZT jednotky a zajistí taktéž regulační uzly

5.4. <u>Zdravotní technika</u>

- Profese ZTI zabezpečí odvod kondenzátu do odpadního potrubí
- Do strojovny bude umístěna podlahová vpusť

6. Protihluková a protiotřesová opatření

- V sestavné VZT jednotce AeroMAster XP je vloženo několik tlumících vložek, aby zabránily hluku a otřesům způsobených rotačním pohybem při provozu. Veškeré rozvody budou napojeny na ventilatory přes tlumicí vložky. Na přívodu a odvodu vzduchu ve strojovně jsou na každém potrubí umístěné tlumiče hluku.

7. Izolace a nátěry

- Na veškeré VZT rozvody v prostoru hlediště a jeviště bude umístěna kaučuková tepelná izolace o tloušťce 30 mm, na veškeré rozvody ve strojovně bude umístěna tepelná izolace o tloušťce 60 mm. Tepelná izolace je zároveň částečně funkční I jako protihlukové opatření.
- Nátěry jsou předpokládany na viditelných zakončení potrubí and střechou objektu, barvu zvolí investor stavby.

8. Protipožární opatření

- Do vzduchovodu procházející stavební konstrukcí, která slouží zároveň jako ohraničení požárního úseku, bude vřazena požární klapka.
- Po montáži požárních klapek bude provedena revize

9. Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

Vzhledem k charakteru zařízení je nutné provádět pravidelnou údržbu. Vzduchotechnické zařízení musí být pravidelně kontrolováno a čištěno. Do běžné údržby patří prohlídky a konstroly funkce spínačů, stav izolací, apod. O výsledcích zkoušek musí být vedené záznamy. Pravidelné zkoušky prokazují:

- Jistotu chodu stroju
- Bezpečnost provozu
- Funkční spolehlivost
- Plynulost ovládání zařízení

10. Závěr

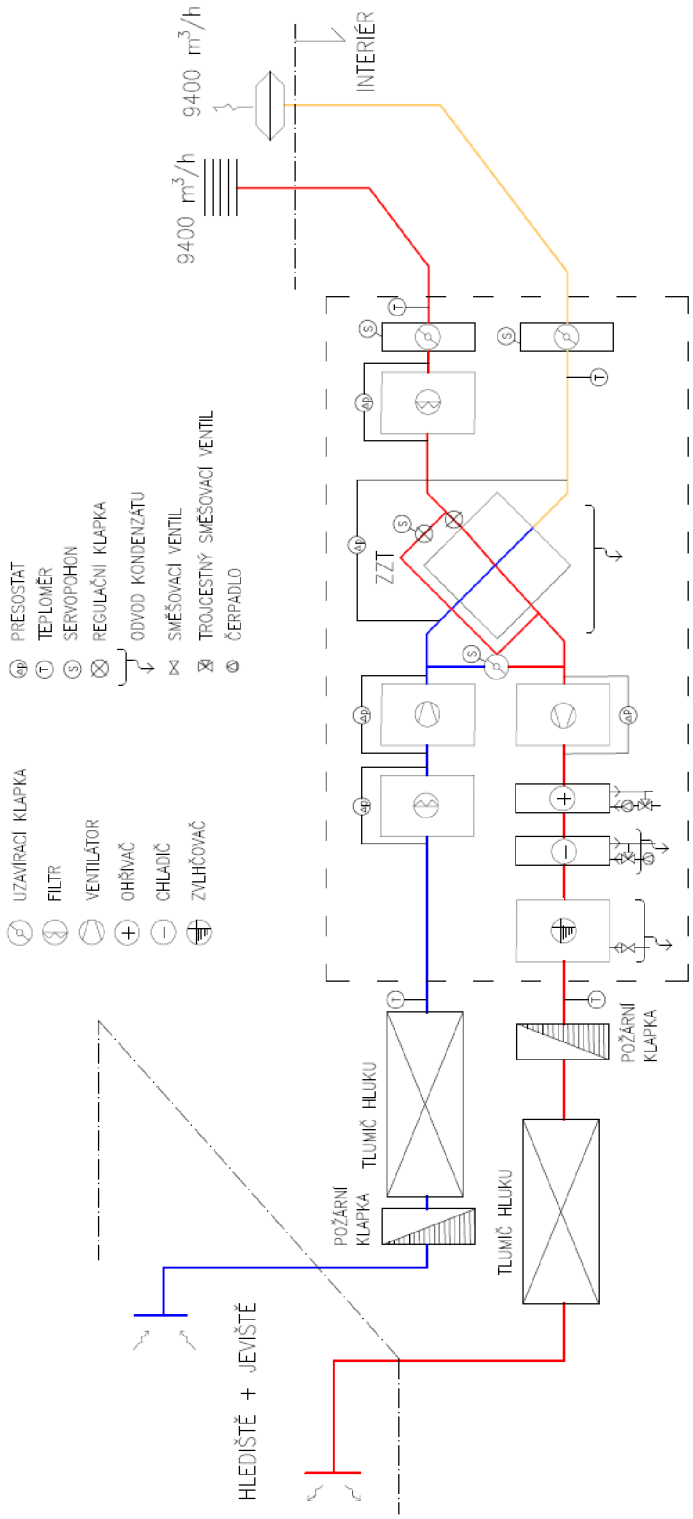
Vzduchotechniké rozvody a jednotky byly navržené dle norem a byly navrženy s ohledem na komfort uživatele. Prostorová náročnost je způsobena velkým objemem přiváděného a odváděného vzduchu. Při realizaci musí být dodrženy veškeré normy a směrnice. Návody na obsluhu a údržbu dodají jednotliví výrobci.

3.2 Specifikace zařízení

TECHNICKÁ SPECIFIKACE VZDUCHOTECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ				
Novostavba Divadla				
Zařízení č. 1 + Zařízení č. 2 - Funkční celel č.1 - Hlediště, jeviště				
OZN	**VÝROBCE**	**NÁZEV (popis)**	**MJ**	**POČET**
1.01	Remak	Sestavná vzduchotechnická jednotka Aero-Master XP 13 ve vnitřním provedení; 9420 m^2/h hmotnost 1539 kg	ks	2
1.01.01	Remak	Tlumicí vložka DV 915-865	ks	10
1.01.02	Remak	Klapka LK 915-865, včetně servopohon NM 24A-SR	ks	4
1.01.03	Remak	Filtr XPNH 13/5 (K), ISO ePM 10 >60%, kapsový; včetněčelního panelu a snímače tlakové diference	ks	2
1.01.04	Remak	Deskový rekuperátor XPMQ 13/BP (FV - 100/W - 96 - Optim), včetně obtokové klapky	ks	2
1.01.05	Remak	Směšování XPMIX 13, včetně směšovací klapky a servopohornu směšování	ks	2
1.01.06	Remak	Ventiáltor XPVP 450-4,0/J4 (IE3), včetně regulace na konstantní průtok CPG-P	ks	2
1.01.07	Remak	Vodní ohřívač XPNC 13/2R, včetně protimrazového čidla a doplňkové protimrazové ochrany	ks	2
1.01.08	Remak	Vodní chladič XPND 13/4R	ks	2
1.01.09	Remak	Eliminátor kapek XPNU 13	ks	2
1.01.10	Remak	Zvlhčovač parní CA-UE 25/105C, vetně čelního panelu a montážní sady panelu	ks	2
1.01.11	Remak	Filtr XPNH 13/3 ISO Coarse 50 %, kapsový; včetně čelního panelu a snímače tlakové diference	ks	2
1.01.12	Remak	Ventiáltor XPVP 500-3,0/J4 (IE3), včetně regulace na konstantní průtok CPG-P	ks	2
1.01.13	Remak	Prázdná sekce, včetně čelního panelu a montážní sady panelu	ks	2
1.02	Soler&Palau	Protidešťová žaluzie TWG, 990x1025 mm	ks	4
1.03	Mandík	Požární klapka PKTM - 120, 1000x1000 mm, provedení s mechanickým ovládáním, požární odolnost EIS 45 D1	ks	2

1.04	Mandík	Požární klapka PKTM - 120, 800x710 mm, provedení s mechanickým ovládáním, požární odolnost EIS 45 D1	ks	2
1.05	Lindab	Tlumič hluku přímý SLRS - 4HR, 1000x1000x2450 mm, kulisový	ks	2
1.21	Lindab	Tlumič hluku přímý SLRS - 4HR, 800x710x2450 mm, kulisový	ks	2
1.06	Mandík	Regulační klapka DRTM 630x630 mm .46	ks	1
1.07	Mandík	Regulační klapka DRTM 200x200 mm .46	ks	5
1.08	Mandík	Regulační klapka DRTM 355x315 mm .46	ks	5
1.09	Mandík	Regulační klapka DRTM 250x250 mm .46	ks	1
1.10	Mandík	Regulační klapka DRTM 315x315 mm .46	ks	6
1.11	Mandík	Regulační klapka DRTM 710x630 mm .46	ks	2
1.12	Lindab	Difuzor pro divadla CRU, určen k instalaci pod sedadla	ks	127
1.13	Lindab	Stropní difuzor GS23, s hliníkovou mřížkou	ks	12
1.14	Lindab	Tryska - dýza DAD, otáčení v rozpětí 30°	ks	8
1.15	Soler&Palau	Ohebná hadice SONOFLEX MO 127	bm	38,1
1.16	Soler&Palau	Ohebná hadice SONOFLEX MO 315	bm	2
1.17	Soler&Palau	Ohebná hadice SONOFLEX MO 407	bm	4
1.18		Čtyřhranné ocelové potrubí sk. I o rozměrech		
		1000x1000 /75 % tvarových dílů	bm	50,2
		800x710 /20 % tvarových dílů	bm	50,6
		710x630 /15 % tvarových dílů	bm	22,9
		630x630 /30 % tvarových dílů	bm	15,5
		560x560 /45 % tvarových dílů	bm	9,8
		560x500 /40 % tvarových dílů	bm	4,5
		500x500 /50 % tvarových dílů	bm	2
		500x400 /35 % tvarových dílů	bm	12
		400x400 /50 % tvarových dílů	bm	0,8
		355x355 /40 % tvarových dílů	bm	5
		355x315 /20 % tvarových dílů	bm	57,5
		315x315 /20 % tvarových dílů	bm	25
		315x250 /25 % tvarových dílů	bm	9
		250x250 /35 % tvarových dílů	bm	24,5
		250x200 /40 % tvarových dílů	bm	19,2
		200x200 /20 % tvarových dílů	bm	42,9
		200x160 /15 % tvarových dílů	bm	11,5
		160x125 /35 % tvarových dílů	bm	16,2
		100x100 /30 % tvarových dílů	bm	26,25
1.19	K-Flex	Tepelná izolace samolepící VZT1 H-DUCT 30 mm PREMIUM	m^2	597,8
1.20	ISOVER	Tepelná izolace ORSTECH LSP H 60	m^2	80,1

3.3 Schéma



Obrázek 33: Regulační schéma

ZÁVĚR

Vzduchotechnika je již nezbytnou součástí našich životů, aniž bychom si to připouštěli. Komfort čerstvého vzduchu o vyhovující teplotě vyžadujeme ve většině interiérů. V budovách občanské vybavenosti tomu není jinak.

Ve své bakalářské práci jsem navrhla vzduchotechnické zařízení pro vybraný objekt divadla. Ačkoliv divadlo samotné zahrnuje i provozní místnosti, jako kanceláře, šatnu, zkušebnu, ve své práci jsem navrhla nucené větrání pouze pro hlediště a jeviště. Svou polohou uprostřed budovy jsou tyto dvě místnosti bez oken odkázány na vzduchotechniku. Bez nuceného větrání by nebylo možné zajistit optimální podmínky nejen pro diváky, ale i pro herce.

Nejprve jsem v první teoretické části řešila téma koncentrace oxidu uhličitého v interiéru, jelikož téma považuji za důležité, ale laickou veřejností je opomíjené.

V druhé výpočtové části jsem spočítala tepelnou bilanci, dimenzovala potrubí, navrhla distribuční elementy a vzduchotechnickou jednotku, a na závěr jsem navrhla protihlukové opatření a tepelnou izolaci.

Z důvodu velkého objemu přiváděného a odváděného vzduchu bylo nutné navrhnout vzduchotechnické jednotky dvě. Při přepočtu přiváděného vzduchu do distribučních elementů ve schodišťových stupních v hledišti vyšla součtová hodnota přivedeného vzduchu v zařízení č. 2 větší než v prvním zařízení z důvodu nemožnosti rozdělit napojení distribučních elementů na dvě zcela stejné poloviny. Dále bylo počítáno při návrhu VZT jednotek s větší hodnotou přivedeného vzduchu. Obě jednotky jsou navrženy jako totožné.

Ve třetí části je přiložena technická zpráva projektu, technická specifikace VZT komponentů a regulační schéma.

Nedílnou součástí mé bakalářské práce jsou 4 výkresy – Půdorys 1NP, Půdorys 2NP, Řez A-A‘ a výkres strojovny.

4 POUŽITÉ ZDROJE

1. *DUFKA, Jaroslav.* Větrání a klimatizace domů a bytů. *Praha: Grada, 2002. Profi & hobby. ISBN 80-247-0222-3.*
2. *NÁTR, Lubomír. Země jako skleník: proč se bát CO_2?. Praha: Academia, 2006. Průhledy (Academia). ISBN 80-200-1362-8.*
3. *MAURER, Karel.* Vzduchotechnická zařízení: pro 3. a 4. ročník SPŠ stavební[sic] studijního oboru TZB. *Vyd. 3., přeprac., (V Sobotáles vyd. 1.). Praha: Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-21-7.*
4. *CHYSKÝ, Jaroslav a Ladislav OPPL.* Větrání a klimatizace. *Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1971. Technický průvodce.*
5. *HORÁKOVÁ, Nikola. Koncentrace CO2 ve vnitřních prostorech. Praha, 2016. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, 3. Lékařská fakulta, Ústav obecné hygieny. Vedoucí práce RNDr. Sylva Rodlová, Ph.D.*

Zákony, vyhlášky, normy směrnice

6. *NORMA ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*
7. *NORMA ČSN 12 7010 – ZMĚNA Z1 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení*
8. *NORMA ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
9. *NORMA ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody*
10. *NORMA ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepleného výkonu – 4ást 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3*
11. *VYHLÁŠKA č. 6/2003 Sb.*
12. *VYHLÁŠKA č. 268/2009*
13. *NORMA ČSN EN 15 665 – ZMĚNA Z1 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*

14. *20/2012 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.* Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění *[online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 02.04.2023]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-20*

Elektronické zdroje

15. *Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť - SZÚ | Oficiální web Státního zdravotního ústavu v Praze.* SZÚ | Oficiální web Státního zdravotního ústavu v Praze *[online]. Copyright © Státní zdravotní ústav 2023 [cit. 23.03.2023]. Dostupné z: https://szu.cz/tema/pracovni-prostredi/faktory-pracovniho-prostredi/fyzikalni/tep-vlhk-mikroklim/mikrokli-pod-vnitr-pract/Obrazové zdroje*

16. *oxid uhličitý.* Chráníme naše životní prostředí. *[online]. Dostupné z: https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/oxid-uhlicity*

17. *Oxid uhličitý a možnosti jeho využití I: fyzikální a chemické vlastnosti a jejich využití v praxi. [online] Dostupné z: https://oze.tzb-info.cz/8492-oxid-uhlicity-a-moznosti-jeho-vyuziti-i*

18. *Oxid uhličitý v domácnosti – Poradme.se. [online]. Dostupné z: http://poradme.se/index.php?title=Oxid_uhli%C4%8Dit%C3%BD_v_dom%C3%A1cnosti*

19. *Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace - Ministerstvo průmyslu a obchodu, Efekt:* [online] Dostupné z: *https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ecs_co2_publikace.pdf*

20. *Distribuční elementy.* Vítejte na stránkách Lindab! *[online]. Copyright © Copyright 2023*

    Dostupné z: https://www.lindab.cz/catalog/vzduchotechnika/distribuni-elementy/?sort=popularity&display=16&page=1

21. *Doporučené rychlosti proudění ve vzduchovodech (m/s) [online] Dostupné z:* https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/121-doporucene-rychlosti-proudeni-ve-vzduchovodech-m-s

22. *272/2011 Sb. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.* Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění *[online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 08.05.2023]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272*

23. *Možnosti měření oxidu uhličitého – měřicí přístroje a čidla*

    [online]. Dostupné z: https://www.vetrani.tzb-info.cz/vnitrni-prostredi/13910-moznosti-mereni-oxidu-uhliciteho-merici-pristroje-a-cidla

24. *Čím doma měřit kvalitu vzduchu a koncetraci CO2? – Nazeleno.cz. Nazeleno.cz – Chytrá řešení pro každého [online]. Copyright © 2018 [cit. 23.05.2023]. Dostupné z: https://www.nazeleno.cz/bydleni/vetrani/cim-doma-merit-kvalitu-vzduchu-a-koncetraci-co2.aspx*

25. *Vydýchaný vzduch může mít doma každý. Vy se ho ale zbavte - Ekolist.cz.* Ekolist.cz: životní prostředí, příroda, ekologie, klima, biodiverzita, energetika, krajina, doprava i cestování *[online]. Copyright © [cit. 23.05.2023]. Dostupné z: https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/vydychany-vzduch-muze-mit-doma-dneska-uz-kazdy-vy-se-ho-ale-zbavte*

26. *Fotosyntéza – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#/media/Soubor:Fotosynt%C3%A9za.svg*

27. *Měřič koncentrace CO2, teploty a vlhkosti, Voltcraft CO-100 - Meteostanice.cz.* :: MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE - TEPLOMĚRY, VLHKOMĚRY, METEOROLOGICKÁ STANICE, METEOSTANICE, DIGITÁLNÍ MULTIMETRY, KLEŠŤOVÉ AMPÉRMETRY, DETEKTORY KOVŮ, DIGITÁLNÍ VÁHY a ZÁVĚSNÉ VÁHY, MINCÍŘE, ZVLHČOVAČE, ODVLHČOVAČE VZDUCHU, VYSOUŠEČE, OUTDOOROVÉ

VYBAVENÍ :: *[online]. Dostupné z: https://www.meteostanice.cz/meric-koncentrace-co2--teploty-a-vlhkosti--voltcraft-co-100/*

28. *Větrací štěrbiny Aereco . Nucené větrání Aereco [online]. Copyright © 2023 Bristec cz, s.r.o. [cit. 25.05.2023]. Dostupné z: https://usporne-vetrani.cz/privodni-sterbiny-pro-privod-vzduchu#stenova*
29. *Vliv oxidu uhličitého (CO2) na kvalitu vnitřního prostředí*

    [online]. Dostupné z: https://www.vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/15831-vliv-oxidu-uhliciteho-co2-na-kvalitu-vnitrniho-prostredi
30. *Rekuperace - VORTEXAIR a.s..* VORTEXAIR a.s. *[online]. Copyright © VORTEXAIR s.r.o., všechna práva vyhrazena. Použít texty, fotografie a obrázky je povoleno jen se souhlasem provozovatele stránek. [cit. 25.05.2023]. Dostupné z: https://www.vortexair.cz/rekuperace*
31. *Moderní rotační výměníky tepla [online]. Dostupné z: https://www.vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15795-moderni-rotacni-vymeniky-tepla*
32. *Oxid uhličitý – Wikipédia. [online]. Dostupné z: https://sk.wikipedia.org/wiki/Oxid_uhli%C4%8Dit%C3%BD*
33. *Měření koncetrace CO2 během spánku v místnosti se zavřeným oknem* | *Nature Systems.* | Nature Systems *[online]. Copyright © 2023, [cit. 26.05.2023]. Dostupné z: https://naturesystems.cz/mereni-koncetrace-co2-behem-spanku-v-mistnosti-se-zavrenym-oknem*
34. *Výsledky měření koncentrace CO2 v ložnici [online]. Dostupné z: https://www.vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/17867-vysledky-mereni-koncentrace-co2-v-loznici*
35. *Varování: Školy nevětrají, děti dýchají oxid uhličitý - Aktuálně.cz.* Zprávy - Aktuálně.cz *[online]. Copyright © [cit. 26.05.2023]. Dostupné z: https://zpravy.aktualne.cz/domaci/varovani-skoly-nevetraji-deti-dychaji-oxid-uhlicity/r~i:article:618973/*

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

Zkratky

VZT - vzduchotechnika

Chemicé názvosloví

CO_2 – oxid uhličitý

Fyzikální veličiny

U – součinitel prostupu tepla [W/m^2*K]

R – tepelný odpor [m^2*K/W]

d – tloušťka materiálové vrstvy v prvku [m]

λ – návrhová tepelná vodivost materiálu [W/m*K]

A – Plocha [m^2]

ΔU_{tb} – přirážka na vliv tepelných vazeb [E/m^2*K]

V – objem [m^3]

n – intenzita větrání [h^{-1}]

θ – výpočtová teplota [°C]

f_x – teplotní opravný činitel [-]¨

$f_{U,k}$ – opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovení příslušných U-hodnot

Φ – tepelná ztráta, tepelný výkon [W]

t – teplota [°C]

x_{ez} – měrná vlhkost přiváděného vzduchu v zimě [g/kg]

S - hledaný obsah průřezu potrubí [m2]

V – objemový průtok vzduchu [m2/s]

w - je rychlost proudění [m/s]

λ – součinitel tření

l – délka [m]

p - tlak

Indexy

tot – totální, celkový

si – vnitřní

se – vnější

n – pořadí n-té vrstvy

k – vztahující se k dané stavební části

i , int– vnitřní, interiérový

e, ext – vnější, externí

build – vztahující se k budově

V – vztahuící se k větrání

T – vztahující se k prostup tepla

ann – roční

equiv – ekvivaletnní

GW – vztahující se k vlivu spodní vody

l – vztahující se k létu

z – vztahující se k zimě

d - dynamický

6 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázky

Obrázek 1: Molekula oxidu uhličitého [32] 12
Obrázek 2: Vlastnosti oxidu uhličitého [19] 13
Obrázek 3: Zjednodušený princip fotosyntézy [26] 13
Obrázek 4: orientační graf potřeby člověka v závislosti na fyzické aktivitě [23] 14
Obrázek 5: Důsledky zvýšené koncentrace oxidu uhličitého na člověka [18] 16
Obrázek 6: Schéma výměny kyslíku a oxidu uhličitého v plicním sklípku [Wohlschlagerová, 2010] 17
Obrázek 7: příklad domácích měřičů CO_2 na českém trhu [24] 21
Obrázek 8: Nástěnný měříč Voltcraft CO 100 [27] 22
Obrázek 9: Požadavky na větrání obytných budov dle národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665 22
Obrázek 10: Větrací okenní štěrbina [28] 23
Obrázek 11: Princip větrací okenní štěrbiny 23
Obrázek 12: Instalace větrací stěnové štěrbiny - řez stěnou 24
Obrázek 13: Deskový rekuperační výměník [30] 25
Obrázek 14: Princip rotačního rekuperačního výměníku [31] 25
Obrázek 15: Rozdělení objektu do funkčních celků – 1NP 30
Obrázek 16: Rozdělení objektu do funkčních celků – 2NP 31
Obrázek 17: Graf tepelné zátěže pro jeviště a hlediště 38
Obrázek 18: Divadelní difuzor CRU [20] 44
Obrázek 19: DAD – Tryska [20] 45
Obrázek 20: Stropní difuzor GS23 [20] 46
Obrázek 21: Studie rozmístění distribučních elementů pro přívod 48
Obrázek 22: Pohled na rozmístění distr. elementů pro přívod do jednotlivých stupňů hlediště 48
Obrázek 23: Studie rozmístění distribučních elementů pro odvod 49
Obrázek 24: Dimenzační schéma 51
Obrázek 25: Navržená VZT jednotka [AeroCAD] 67

Obrázek 26: Bokorys navržené VZT jednotky [AeroCAD] 67
Obrázek 27: Titulní strana technické specifikace VZT jednotky [AeroCAD] 68
Obrázek 28: H-X diagram úpravy vzduchu v navržené VZT jednotce [AeroCAD] 69
Obrázek 29: Označení distribučního prvku k posouzení hluku na přívodní větvi 71
Obrázek 30: Označení distribučního prvku k posouzení hluku na odvodní větvi 71
Obrázek 31: Tlumič hluku SLRS - 4HR 74
Obrázek 32: Ukázka výstupu z programu Teruna 77
Obrázek 33: Regulační schéma 90

Tabulky

Tabulka 1: Výsledky měření CO_2 v ložnici [34] 20
Tabulka 2: Účinnost rekuperace [29] 24
Tabulka 3: Tabulka místností 28
Tabulka 4: Vnitřní návrhové teploty [6] 31
Tabulka 5: Vnější návrhové podmínky [7] 32
Tabulka 6: Součinitel prostupu tepla použitých konstrukcí [8] 34
Tabulka 7: Celková tepelná ztráta jednotlivých místností 36
Tabulka 8: Doba provozu 38
Tabulka 9: Proudění vzduchu 42
Tabulka 10: Proudění vzduchu 43
Tabulka 11: Shrnutí distribučních elementů 47
Tabulka 12: Doporučené rychlosti proudění ve vzduchovodech [4] 50
Tabulka 13: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 52
Tabulka 14: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 53
Tabulka 15: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 54
Tabulka 16: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 55
Tabulka 17: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 56
Tabulka 18: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 57
Tabulka 19: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 58
Tabulka 20: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 59
Tabulka 21: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 60
Tabulka 22: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 61
Tabulka 23: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 62

Tabulka 24: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 63
Tabulka 25: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 64
Tabulka 26: Dimenzování a výpočet tlak. ztrát VZT potrubí 65
Tabulka 27: Výpočet hluku přívodních vyústek 72
Tabulka 28: Výpočet hluku odvodních vyústek 72
Tabulka 29: Návrh tlumiče hluku na přívodním potrubí 74
Tabulka 30: Parametry tlumiče hluku na přívodním potrubí 74
Tabulka 31: Návrh tlumiče hluku na odvodním potrubí 75
Tabulka 32: Parametry tlumiče hluku na odvodním potrubí 75
Tabulka 33: Návrhové parametry pro posouzení izolace 76
Tabulka 34: Výsledné hodnoty posouzení izolace z programu Teruna 76

Grafy

Graf 1: Koncentrace oxidu uhličitého 1 osoba [33] 15
Graf 2: Koncentrace oxidu uhličitého 2 osoby [32] 16
Graf 3: Průběh koncentrace oxidu uhličitého v učebnách [35] 18
Graf 4: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při mikroventilaci [34] 19
Graf 5: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při ventilaci [34] 19
Graf 6: výsledky měření oxidu uhličitého v ložnici při zavřeném oknu [34] 19
Graf 7: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na obj. průtoku pro jednotku CRU [20] 45
Graf 8: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na objemový průtok trysky DAD [20] 46
Graf 9: Graf závislosti tlak. ztráty a akust. výkonu na objemovém průtoku GS23 [20] 47

7 PŘÍLOHY

Příloha č. 1 – Výpočet celkových tepelných ztrát po místnostech

Příloha č. 2 – Technický list distribučního prvku CRU

Příloha č. 3 – Technický list distribučního prvku DAD

Příloha č. 4 – Technický list distribučního prvku GS23

Příloha č. 5 – Technická specifikace navržené VZT jednotky

Příloha č.6 – Technická specifikace navrženého tlumiče hluku na přívodu vzduchu

Příloha č.7 – Technická specifikace navrženého tlumiče hluku na odvodu vzduchu

8 VÝKRESOVÉ PŘÍLOHY

Výkres č. V.1 – Půdorys 1NP, M 1:50
Výkres č. V.2 – Půdorys 2NP, M 1:50
Výkres č. V.3 – Řez A-A‘, M 1:50
Výkres č. V.4 – Strojovna, M 1:50

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VYSOKOŠKOLSKÉ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE

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

V Brně dne 26.5 .2023

podpis autora

Pavlína Vladyková

PŘÍLOHY

Příloha č. 1 – Výpočet celkových tepelných ztrát po místnostech

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
101 + 102	HLEDIŠTĚ + JEVIŠTĚ	20

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	A_k	U_k	ΔU_{TB}	$U_k+\Delta U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
ST1	Střecha	267,9	0,136	0,05	0,186	1	1	49,83
SO1	Nosná obvodová stěna	307,882	0,225	0,05	0,275	1	1	84,67
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**134,50**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	Popis	A_k	U_k	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
SN1	Nosná vntiřní stěna	107,749	0,5	0,15625	8,42
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**8,42**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	Popis	A_k	$f_{\theta ann}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
POD1	Podlaha na terénu	267,9	1,45	0,225	0,1563	1	13,66

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	**Σ**	**13,66**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		134,50
Σ $H_{t,ia}$		8,42
Σ $H_{t,ig}$		13,66
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		156,57
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		5010,286775

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
103	**POKLADNA**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
SO1	Nosná obvodová stěna	21,141	0,224	0,05	0,274	1	1	5,79
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**8,99**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
SN1	Nosná vntiřní stěna	13,23	0,5	0,15625	1,03

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	**Σ**	**1,03**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
POD1	Podlaha na terénu	34,188	1,45	0,225	0,1563	1	1,74
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**1,74**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		8,99
Σ $H_{t,ia}$		1,03
Σ $H_{t,ig}$		1,74
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		11,76
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		376,448463

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
107,6922	0,5	0,34	18,308	32	585,845568

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**
376,448463	585,845568	**962,294031**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
104	**KANCELÁŘ**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
SO1	Nosná obvodová stěna	17,55	0,224	0,05	0,274	1	1	4,81
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**8,00**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**0,00**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
POD1	Podlaha na terénu	29,4	1,45	0,225	0,1563	1	1,50
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**1,50**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$	
Σ $H_{t,ie}$	8,00

Σ $H_{t,ia}$		0,00
Σ $H_{t,ig}$		1,50
Celková ztráta prostupem Σ$H_{t,i}$		9,50
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		304,07715

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**ρ_a*$c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**($\theta_{int,i}$ - θ_e)**	**$H_{V,i}$ * ($\theta_{int,i}$ - θ_e) [W]**
92,61	0,5	0,34	15,744	32	503,7984

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**
304,07715	503,7984	**807,87555**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	**NÁZEV MÍSTNOST**	**VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA**
105	**ŠATNA**	**22**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**U_k+Δ U_{TB}**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
SO1	Nosná obvodová stěna	26,51175	0,224	0,05	0,274	1	1	7,26
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**10,46**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
-	-	-	-	-	-

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	**Σ**	**0,00**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
POD1	Podlaha na terénu	26,5815	1,45	0,225	0,1563	1	1,36
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**1,36**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		10,46
Σ $H_{t,ia}$		0,00
Σ $H_{t,ig}$		1,36
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		11,81
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
22	-12	34
Celková ztráta prostupem (W)		401,6846019

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
83,731725	0,5	0,34	14,234	34	483,9693705

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**
401,6846019	483,9693705	**885,6539724**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	**NÁZEV MÍSTNOST**	**VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA**
106	**SKLAD**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**

SO1	Nosná obvodová stěna	10,9485	0,224	0,05	0,274	1	1	3,00
O1	Okno vnější	2,25	0,71	0	0,71	1	1	1,60
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**4,60**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
SN1	Nosná vntiřní stěna	17,49425	0,5	0,15625	1,37
D3	Dveře interiérové	2,02	1	0,15625	0,32
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**1,68**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
POD1	Podlaha na terénu	25,95705	1,45	0,225	0,1563	1	1,32
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**1,32**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		4,60
Σ $H_{t,ia}$		1,68
Σ $H_{t,ig}$		1,32
	Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$	7,60
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32

Celková ztráta prostupem (W)	243,2945108

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	η_i	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
81,7647075	0,5	0,34	13,9	32	444,8000088

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
243,2945108	444,8000088	**688,0945196**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
108	**CHODBA**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	A_k	U_k	ΔU_{TB}	$U_k+\Delta U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**0,00**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	Popis	A_k	U_k	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
SN1	Nosná vntiřní stěna	13,545	0,5	0,15625	1,06
SN2	Stěna vnitřní nenosná	20,31375	1,05	0,15625	3,33

D3	Dveře interiérové	4,04	1	0,15625	0,63
O2	Okno interiérové	6,969	1,64	0,15625	1,79
D2	Dveře interiérové prosklenné	4,8	1,1	0,15625	0,83
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**7,63**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
POD1	Podlaha na terénu	194,5	1,45	0,225	0,1563	1	9,91
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**9,91**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		0,00
Σ $H_{t,ia}$		7,63
Σ $H_{t,ig}$		9,91
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		17,55
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		561,5336125

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
612,675	0,5	0,34	104,15	32	3332,952

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$

$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
561,5336125	3332,952	**3894,485613**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
109	**TECHNICKÁ MÍSTNOST**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
SO1	Nosná obvodová stěna	37,7415	0,224	0,05	0,274	1	1	10,34
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**13,54**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**0,00**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
POD1	Podlaha na terénu	44,686625	1,45	0,225	0,1563	1	2,28

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	**Σ**	**2,28**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		13,54
Σ $H_{t,ia}$		0,00
Σ $H_{t,ig}$		2,28
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		15,81
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		506,052529

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
140,7735	0,5	0,34	23,931	32	765,80784

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**
506,052529	765,80784	**1271,860369**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	**NÁZEV MÍSTNOST**	**VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA**
110	**BUFET**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
SO1	Nosná obvodová stěna	25,8975	0,224	0,05	0,274	1	1	7,10

O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**10,29**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**0,00**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
POD1	Podlaha na terénu	26,055	1,45	0,225	0,1563	1	1,33
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**1,33**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		10,29
Σ $H_{t,ia}$		0,00
Σ $H_{t,ig}$		1,33
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		11,62
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		371,8114988

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**

82,215	0,5	0,34	13,977	32	447,2496

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
371,8114988	447,2496	**819,0610988**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
111	**BUFET**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
SO1	Nosná obvodová stěna	17,62875	0,224	0,05	0,274	1	1	4,83
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**8,03**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
SN2	Stěna vnitřní nenosná	13,23	1,05	0,15625	2,17
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**2,17**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy

Ozn. konstrukce	Popis	A_k	$f_{\theta ann}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
POD1	Podlaha na terénu	29,505	1,45	0,225	0,1563	1	1,50
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**1,50**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		8,03
Σ $H_{t,ia}$		2,17
Σ $H_{t,ig}$		1,50
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		11,70
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		374,3964113

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
92,94075	0,5	0,34	15,8	32	505,59768

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**
374,3964113	505,59768	**879,9940913**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
203	**KANCELÁŘ**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

Ozn. konstrukce	Popis	A_k	U_k	ΔU_{TB}	$U_k+\Delta U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO1	Nosná obvodová stěna	21,141	0,225	0,05	0,275	1	1	5,81
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
ST1	Střecha	34,188	0,136	0,05	0,186	1	1	6,36
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**15,37**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
SN1	Nosná vntiřní stěna	13,23	0,5	0,15625	1,03
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**1,03**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
-	-	-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**0,00**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		15,37
Σ $H_{t,ia}$		1,03
Σ $H_{t,ig}$		0,00
	Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$	16,40
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**

20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		524,842776

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
107,73	0,5	0,34	18,314	32	586,0512

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**
524,842776	586,0512	**1110,893976**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	**NÁZEV MÍSTNOST**	**VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA**
204	**SKLAD**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
SO1	Nosná obvodová stěna	17,55	0,225	0,05	0,275	1	1	4,83
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
ST1	Střecha	29,4	0,136	0,05	0,186	1	1	5,47
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**13,49**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**0,00**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
-	-	-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**0,00**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		13,49
$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		13,49
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		431,6688

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
92,61	0,5	0,34	15,744	32	503,7984

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**

431,6688	503,7984	**935,4672**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
205	**ZKUŠEBNA**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
SO1	Nosná obvodová stěna	35,7615	0,225	0,05	0,275	1	1	9,83
O1	Okno vnější	9	0,71	0	0,71	1	1	6,39
ST1	Střecha	59,682	0,136	0,05	0,186	1	1	11,10
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**27,33**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
SN1	Nosná vntiřní stěna	13,23	0,5	0,15625	1,03
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**1,03**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
-	-	-	-	-	-	-	-

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	**Σ**	**0,00**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		27,33
Σ $H_{t,ia}$		1,03
Σ $H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		28,36
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		907,483464

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
187,992	0,5	0,34	31,959	32	1022,67648

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**
907,483464	1022,67648	**1930,159944**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	**NÁZEV MÍSTNOST**	**VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA**
207	**STROJOVNA**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
ST1	Střecha	44,686625	0,136	0,05	0,186	1	1	8,31

SO1	Nosná obvodová stěna	28,2915	0,224	0,05	0,274	1	1	7,75
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**19,26**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**0,00**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
-	-	-	-		-		-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**0,00**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
$\Sigma H_{t,ie}$		19,26
$\Sigma H_{t,ia}$		0,00
$\Sigma H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		19,26
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**$\Theta int,i - \Theta e$**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		616,274664

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$

V_i	η_i	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
140,7735	0,5	0,34	23,931	32	765,80784

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
616,274664	765,80784	**1382,082504**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
208	**KANCELÁŘ**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	A_k	U_k	ΔU_{TB}	$U_k+\Delta U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
SO1	Nosná obvodová stěna	26,51175	0,225	0,05	0,275	1	1	7,29
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
ST1	Střecha	41,349	0,136	0,05	0,186	1	1	7,69
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**18,18**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	A_k	U_k	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
-	-	-	-	-	-

Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	**Σ**	**0,00**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
-	-	-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**0,00**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		18,18
Σ $H_{t,ia}$		0,00
Σ $H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		18,18
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		581,652648

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
130,2525	0,5	0,34	22,143	32	708,5736

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**
581,652648	708,5736	**1290,226248**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	**NÁZEV MÍSTNOST**	**VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA**

209	**KANCELÁŘ**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**ΔU_{TB}**	**$U_k+\Delta U_{TB}$**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
SO1	Nosná obvodová stěna	17,62875	0,225	0,05	0,275	1	1	4,85
O1	Okno vnější	4,5	0,71	0	0,71	1	1	3,20
ST1	Střecha	29,505	0,136	0,05	0,186	1	1	5,49
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**13,53**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj					
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$f_{ia(...),k}$**	**$H_{T,ia}$**
SN2	Nenosná vnitřní stěna	13,23	1,05	0,15625	2,17
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**2,17**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**$f_{\theta ann}$**	**$U_{equiv,k}$**	**$f_{ig,k}$**	**$f_{GW,k}$**	**$H_{t,ig}$**
-	-	-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**0,00**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$	
Σ $H_{t,ie}$	13,53
Σ $H_{t,ia}$	2,17

Σ $H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $ΣH_{t,i}$		15,70
$Θ_{int,i}$	**$Θ_e$**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		502,44426

Výpočet tepelných ztrát větráním $Φ_{V,i}$					
V_i	**$η_i$**	**$ρ_a$*$c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**($θ_{int,i}$ - $θ_e$)**	**$H_{V,i}$ * ($θ_{int,i}$ - $θ_e$) [W]**
92,9565	0,5	0,34	15,803	32	505,68336

Návrhový tepelný výkon pro místnost $Φ_{HL,i}$		
$Φ_{T,i}$	**$Φ_{V,i}$**	**$Φ_{HL,i}$ [W]**
502,44426	505,68336	**1008,12762**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	**NÁZEV MÍSTNOST**	**VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA**
212	**CHODBA**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	**Popis**	**A_k**	**U_k**	**$ΔU_{TB}$**	**U_k+Δ U_{TB}**	**$f_{U,k}$**	**$f_{ie,k}$**	**$H_{T,ie}$**
ST1	Střecha	139,3	0,136	0,05	0,186	1	1	25,91
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**25,91**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj

Ozn. konstrukce	Popis	A_k	U_k	$f_{ia(...),k}$	$H_{T,ia}$
SN1	Nosná vntiřní stěna	13,545	0,5	0,15625	1,06
SN2	Stěna vnitřní nenosná	41,85375	1,05	0,15625	6,87
D3	Dveře interiérové	4,04	1	0,15625	0,63
O2	Okno interiérové	6,969	1,64	0,15625	1,79
D2	Dveře interiérové prosklenné	4,8	1,1	0,15625	0,83
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí				**Σ**	**11,17**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy							
Ozn. konstrukce	**Popis**	A_k	$f_{\theta ann}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
-	-	-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**0,00**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		25,91
Σ $H_{t,ia}$		11,17
Σ $H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		37,08
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		1186,454088

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$

V_i	η_i	$\rho_a * c_{p,a}$	$H_{v,i}$	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
438,795	0,5	0,34	74,595	32	2387,0448

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{HL,i}$ [W]
1186,454088	2387,0448	**3573,498888**

OZNAČENÍ MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOST	VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPLOTA
213	**KABINA ZVUKAŘE A OSVĚTLOVAČE**	**20**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí								
Ozn. konstrukce	Popis	A_k	U_k	ΔU_{TB}	$U_k+\Delta U_{TB}$	$f_{U,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
ST1	Střecha	36,295	0,136	0,05	0,186	1	1	6,75
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							**Σ**	**6,75**

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj							
Ozn. konstrukce	Popis	A_k	U_k		$f_{ia(...),k}$		$H_{T,ia}$
-	-	-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**0,00**

Měrný tepelný tok prostupem do zeminy

Ozn. konstrukce	Popis	A_k	$f_{\theta ann}$	$U_{equiv,k}$	$f_{ig,k}$	$f_{GW,k}$	$H_{t,ig}$
-	-	-	-	-	-	-	-
Celkový měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí						**Σ**	**0,00**

Celková ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$		
Σ $H_{t,ie}$		6,75
Σ $H_{t,ia}$		0,00
Σ $H_{t,ig}$		0,00
Celková ztráta prostupem $\Sigma H_{t,i}$		6,75
$\Theta_{int,i}$	**Θ_e**	**Θint,i - Θe**
20	-12	32
Celková ztráta prostupem (W)		216,02784

Výpočet tepelných ztrát větráním $\Phi_{V,i}$					
V_i	**η_i**	**$\rho_a * c_{p,a}$**	**$H_{v,i}$**	**$(\theta_{int,i} - \theta_e)$**	**$H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]**
114,345	0,5	0,34	19,439	32	622,0368

Návrhový tepelný výkon pro místnost $\Phi_{HL,i}$		
$\Phi_{T,i}$	**$\Phi_{V,i}$**	**$\Phi_{HL,i}$ [W]**
216,02784	622,0368	**838,06464**

Příloha č. 2 – Technický list distribučního prvku CRU

lindab | we simplify construction

CRU - Difuzory pro divadla

Projekt: Projekt bez názvu

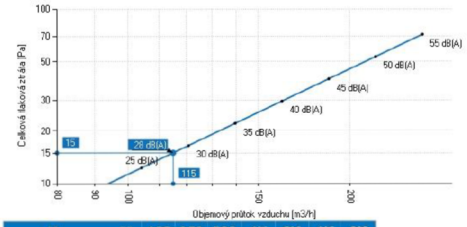
29-04-2023

Požadavky:			
Objemový průtok vzduchu	qv	115	m3/h
Útlum místnosti	Dr	4	dB
Výsledky::			
Čelní rychlost	v	0,0	m/s
Celková tlaková ztráta	Δpt	15	Pa
Akustický výkon	LwA	28	dB(A)
Hladina akustického tlaku	LpA	24	dB(A)
Dosah	L0.2	0,0	m

CRU - Difuzory pro divadla

CRU je obdélníkový difuzorpro instalaci pod sedadla v divadlech, promítacích sálech, atd. Difuzor je vybaven kruhovým připojením. Difuzor lze dovybavit fixním odporem, který bude uzpůsobený správnému objemu a tlaku vzduchu, na základě specifických podmínek v daném místě.

- Kruhové připojení prostřednictvím systému Lindab Safe.
- Difuzor lze dodat s fixním odporem při nastavení specifického tlaku
- Difuzor se nabízí v různých velikostech.



Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Coct	7	-6	-2	2	-11	-21	-33	-28
ΔL	-	-	-	-	-	-	-	-

Objednávací kód

CRU-0-5015	
Funkce	Přívod
Pracovní nastavení	4-mi směry
Barva	RAL 7040

5.4.230418 (Czech Republic)
29.04.2023 14:10:58

Změny vyhrazeny

Lindab

Příloha č. 3 – Technický list distribučního prvku DAD

lindab | we simplify construction

DAD - Trysky

Projekt: Projekt 1

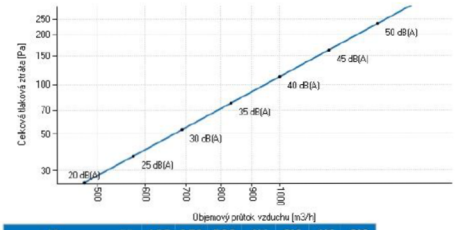
16-04-2023

Požadavky:			
Objemový průtok vzduchu	qv	400	m3/h
Útlum místnosti	Dr	4	dB
Výsledky::			
Čelní rychlost	v	4,6	m/s
Celková tlaková ztráta	Δpt	18	Pa
Akustický výkon	LwA	<20	dB(A)
Hladina akustického tlaku	LpA	<20	dB(A)
Dosah	L0.2	17,0	m

DAD - Trysky

DAD je regulovatelná dýza pro přívod vzduchu vhodná pro ventilaci prostornějších oblastí, kde se požaduje dlouhý profil rozptylu. Dýzu lze volně otáčet v rozpětí 30° v libovolném směru vůči středové oze dýzy. Dýzu lze použít pro ohřátý i chlazený vzduch. Lze ji nainstalovat přímo do kruhového vzduchovodu, na koncový díl, do zdi či na bok potrubí. Dodává se s přírubou se s otvory (DAD-0).

- Flexibilní regulovatelná dýza
- Dlouhý rozptylový profil
- Snadná instalace



Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Coct	16	1	-1	-2	-4	-13	-21	-32
ΔL	0	0	0	0	0	0	0	0

Objednávací kód

DAD-1-315	
Funkce	Přívod
Pracovní nastavení	1-ním směrem

5.4.230321 (Czech Republic)
16.04.2023 14:26:40

Změny vyhrazeny

Lindab

Příloha č. 4 – Technický list distribučního prvku GS23

lindab | we simplify construction

GS23 - Stropní difuzory

Projekt: Projekt 1

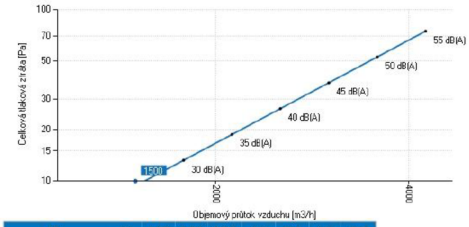
16-04-2023

Požadavky:			
Objemový průtok vzduchu	qv	1500	m3/h
Útlum místnosti	Dr	4	dB
Výsledky::			
Celková tlaková ztráta	Δpt	9	Pa
Akustický výkon	LwA	25	dB(A)
Hladina akustického tlaku	LpA	21	dB(A)

GS23 - Stropní difuzory

GS23 je čtvercový difuzor s hliníkovou mřížkou. GS23 se používá pro odvod vzduchu. Instalace difuzoru GS23-V do plenum boxu typu MB může pomoci dosáhnout stabilního proudění vzduchu do difuzoru a také dosáhnout možnosti individuálního nastavení průtoku vzduchu.
Klapka typu B-E je jedinečná lineární kuželková klapka, která umožňuje využití plné provozní oblasti (0-100%) a umožňuje vyvážení s velkým poklesem tlaku v plenum boxu s nízkým hlukem.
Klapka typu E má rotační klapku pro odvod vzduchu. Používá se pro aplikace, které nevyžadují vysoký vyrovnávací tlak v plenum boxu.

Vysoká kapacita
Lze nainstalovat s plenum boxem s několika možnostmi klapky



Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Coct	7	3	5	-4	-6	-12	-31	-17
ΔL	10	4	6	6	4	3	3	3

Objednávací kód

GS23-H-E-0-400	
Funkce	Odvod
Pracovní nastavení	Odvod

5.4.230321 (Czech Republic)
16.04.2023 14:57:50

Změny vyhrazeny

Lindab®

Příloha č. 5 – Technická specifikace navržené VZT jednotky

REMAK

Název projektu

Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1

Technická specifikace zařízení

Číslo zařízení	Název zařízení	Určení jednotky	Strana
01	VZT jednotka divadlo	Standardní prostředí	2

ID
Vypracoval **Pavlína Vladyková - VUT Brno**
Projekt vytvořen: 06.05.2023,14:53
Tisk: 07.05.2023,00:30

Vytvořeno v programu AeroCAD verze 6.9.75 (14.04.2023), licence ACU004498

Strana : 1 / 11

ID	
Projekt	[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1
Číslo / Název zařízení	01 / VZT jednotka divadlo
Určení jednotky	Standardní prostředí

STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Model box AMXP3

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 13	
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne	
Nadmořská výška	240 m	
Hmotnost (+-10%)	1 539 kg	
Umístění VZT jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	9420 m³/h	9420 m³/h
Externí tlaková rezerva	486 Pa	486 Pa
Rychlost v průřezu	2.96 m/s	2.96 m/s
Výkon motoru nominální	4.00 kW	3.00 kW
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)
1. stupeň filtrace	M5 / ISO ePM 10 >60%	G3 / ISO Coarse 50 %
2. stupeň filtrace	-	-
SFP_{vi}	1427 W.m⁻³.s	982 W.m⁻³.s
SFP_{vAHU}	2410 W.m⁻³.s	

Parametry pláště dle EN1886	
Mechanická stabilita	D2(M)
Netěsnost skříně	L1(M)
Netěsnost skříně (reál. jednotka)	L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
Termická izolace	T4(M)
Faktor tepelných mostů	TB3(M)
Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-19.0 -> 3.5 °C	58 %, 20.8 kW	
Směšování	3.5 -> 15.1 °C	70.0 %	
Ohřev	15.1 -> 26.0 °C	34.4 kW	70/39 °C, Voda, 0.4 kPa, 0.98 m³/h, 1 1/2 "
Chlazení	28.4 -> 20.9 °C	25.6 kW	7.0/13 °C, Voda, 1.5 kPa, 3.67 m³/h, 1 1/2 "
Vlhčení	26.0 -> 26.0 °C	25 -> 35 %	25.0 kg/h, 18.8 kW**

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

** Napájení a jištění zvlhčovače není řešeno z ŘJ VCS

Hlukové parametry zařízení

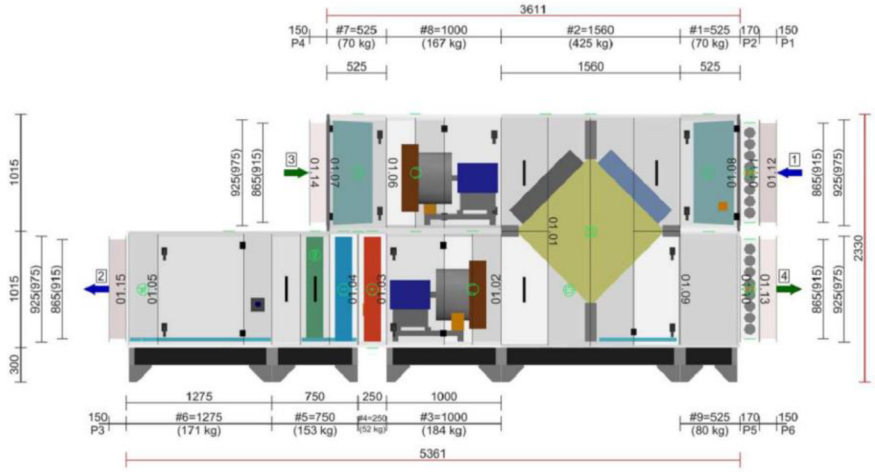
				LwAokt [dB(A)]					ΣLwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	47	55	72	67	67	64	59	59	75
Přívod - výtlak	52	60	78	80	84	78	73	69	87
Přívod - okolí	46	46	62	57	59	54	50	43	65
Odvod - sání	42	57	72	70	69	68	67	68	77
Odvod - výtlak	47	60	74	76	75	71	68	67	81
Odvod - okolí	41	46	59	54	53	47	46	42	61

ID	
Projekt	[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1
Číslo / Název zařízení	01 / VZT jednotka divadlo
Určení jednotky	Standardní prostředí

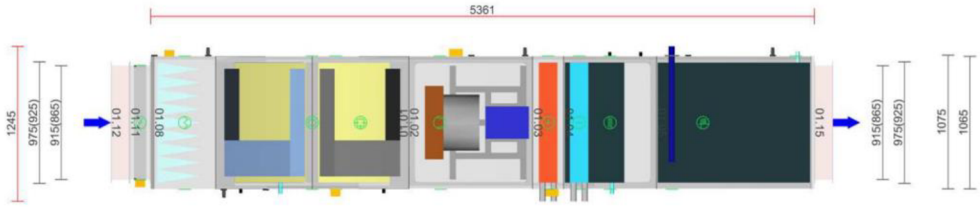
GRAFICKÉ POHLEDY

Bokorys servisní strany

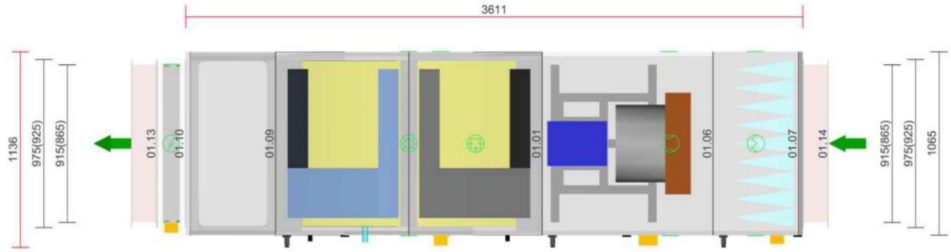
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přívodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



Půdorys přívodní větve



Půdorys odtahové větve



ID	
Projekt	[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1
Číslo / Název zařízení	01 / VZT jednotka divadlo
Určení jednotky	Standardní prostředí

DETAILNÍ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

01.12 Tlumicí vložka	Přívod	DV 915-865
Kód	VDV019186	
Nominální průtok vzduchu	2826 m³/h	

01.11 Klapka	Přívod	LK 915-865
Kód	VLK019186	
Nominální průtok vzduchu	2826 m³/h	
Plocha klapek	0.79 m²	
Třída těsnosti	2	
Počet servopohonů	1 ks	
Kroutící moment serva	10 Nm	

Příslušenství vestavěné

- Servopohon NM 24A-SR, Kód: XPSESN24S, Počet: 1

01.08 Filtr	Přívod	XPNH 13/5 (K)
Kód	XPNH013-S0K5S	
Servisní přístup	Zleva	
Materiál vnitřního pláště	Pozinkovaný plech	
Nominální průtok vzduchu	2826 m³/h	
Tlaková ztráta	117 Pa	
Třída filtrace dle EN 779	M5	
Třída filtrace dle ISO 16890-1	ISO ePM 10 >60%	
Energetická třída	E	
Typ filtru	Kapsový	
Počáteční / Koncová tlaková ztráta	35 / 200 Pa	
Koncová tlaková ztráta podle výrobce	450 Pa	
Koncová tlaková ztráta podle Eurovent	105 Pa	

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - vstup XPK 13/P, Kód: XPKO013RS-P, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP), Kód: MPKO013RS-P, Počet: 1
- Snímač tlakové diference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

Skladba filtru

• Kód AX	**11Z50903054**
• Rozměr vložky (délka × výška × hloubka)	287x287x360 mm
• Třída filtrace	M5
• Počet kapes v jedné vložce	3 ks
• Počet vložek v jedné filtrační vestavbě	**1 ks**
• Kód AX	**11Z50902968**
• Rozměr vložky (délka × výška × hloubka)	287x592x360 mm
• Třída filtrace	M5
• Počet kapes v jedné vložce	3 ks
• Počet vložek v jedné filtrační vestavbě	**1 ks**
• Kód AX	**11Z50903053**
• Rozměr vložky (délka × výška × hloubka)	592x287x360 mm
• Třída filtrace	M5
• Počet kapes v jedné vložce	6 ks
• Počet vložek v jedné filtrační vestavbě	**1 ks**
• Kód AX	**11Z50902964**
• Rozměr vložky (délka × výška × hloubka)	592x592x360 mm
• Třída filtrace	M5
• Počet kapes v jedné vložce	6 ks
• Počet vložek v jedné filtrační vestavbě	**1 ks**

ID	
Projekt	[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1
Číslo / Název zařízení	01 / VZT jednotka divadlo
Určení jednotky	Standardní prostředí

01.01 Deskový rekuperátor	Přívod/Odvod	XPMQ 13/BP (FV - 100/W - 96 - Optim)		
Kód	XPMQ113RS0-L11P201FVFW0I		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	9420 / 9420 m³/h	Teplota / Vlhkost - Přívod		
Tlaková ztráta	18 / 18 Pa	Vstup	-19.0 °C / 95 %	34.0 °C / 35 %
Tlaková ztráta při standardní hustotě	18 / 18 Pa	Výstup	3.5 °C / 14 %	34.0 °C / 35 %
Rychlost v průřezu	1.3 / 1.3 m/s	Teplota / Vlhkost - Odvod		
Materiálové provedení kostky	V - Standard	Vstup	20.0 °C / 50 %	26.0 °C / 60 %
Typ	-	Výstup	3.6 °C / 100 %	26.0 °C / 60 %
Rozteč lamel	7.2 mm	Účinnost	58 %	
Třída účinnosti / Účinnost (EN 13053)	H5 / 49 %	Suchá teplotní účinnost	49 %	
Množství kondenzátu	8.0 kg/h	Výkon	20.8 kW	

Příslušenství vestavěné

- Obtoková klapka LK (PMO), Kód: , Počet: 1

01.01 Směšování	Přívod	XPMIX 13		
Kód	XPMQ113RS0-L11P201FVFW0I		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	17 / - Pa	Vstup	3.5 °C / 14 %	34.0 °C / 35 %
		Výstup	15.1 °C / 50 %	28.4 °C / 51 %
		Poměr cirkul. vzduchu (ICH)	50.0 %	0.0 %
		Poměr cirkul. vzduchu	70.0 %	70.0 %

Příslušenství vestavěné

- Směšovací klapka LK, Kód: , Počet: 1
- Servopohon směšování NM 24A-SR, Kód: XPSESN24S, Počet: 1

01.02 Ventilátor	Přívod	XPVP 450-4,0/J4 (IE3)
Kód	XPVP013RS045OPAS4B40Z1	
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	
Statický tlak	931 Pa	
Celkový tlak	1044 Pa	
Externí tlaková ztráta	486 Pa	
Výkon na hřídeli	3521 W	
Otáčky ventilátoru (n)/(nmax)	2416/2420 1/min	
Požadované otáčky v prac. bodě	100 %	
Účinnost – $\eta_{F.L}$	78 %	
Účinnost – $\eta_{F.sys}$	67 %	
Účinnost – $\eta_{sF.sys}$	60 %	
Elektrický příkon	4.06 kW	
Specifický výkon ventilátoru SFP_v	1427 W.m⁻³.s	
Rychlost v průřezu	0.89 m/s	
Pracovní frekvence	83 Hz	
Pracovní frekvence max.	83 Hz	
Typ ventilátoru	S volným oběžným kolem	
Typ	ER45C-4DN.F7.CR	
Artiklové číslo	130586/2Z41	
Zapojení ventilátoru	Samostatně	
Převod	Přímý	
K-faktor	197	
Diference tlaku na dýze	2286 Pa	
Max. rozsah čidla průtoku vzduchu	10790 m³/h	
Motor		
Třída účinnosti motoru	IE3	

Výkon motoru nom.	4000 W
Jmenovitý proud	8.20 A
Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz
Počet pólů	4
Jištění	Termistory

Poznámka: Ventilátor je navržen se zohledněním systémového efektu (mj. jde o vliv vzdálenosti stěn pláště od ventilátoru na příkon a akustický výkon)

Příslušenství vestavěné
- Regulace na konstantní průtok CPG-P (příprava pro čidlo CPG), Kód: CPG03, Počet: 1

Příslušenství nenamontované
- Regulátor výkonu XPFM 4.0 (IP21, FC051, 3x400V), Kód: XPFMIM403B20, Počet: 1

01.03 Vodní ohřívač	**Přívod**	**XPNC 13/2R**		
Kód	XPNC013-S02		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	82 Pa	Vstup	15.1 °C / 50 %	28.4 °C / 51 %
Rychlost v průřezu	4.2 m/s	Výstup	26.0 °C / 25 %	28.4 °C / 51 %
Teplonosné medium	Voda			
Počet řad	2	Teplotní spád	70 / 39 °C	
Počet okruhů	1			
Rozteč lamel	2.1 mm	Výkon	34.4 kW	
Materiál				
Materiál trubek	Cu	Teplonosné medium		
Materiál lamel	Al	Průtok	0.98 m³/h	
Připojení		Tlaková ztráta	0.4 kPa	
Průměr připojení	1 1/2 "			
Vnitřní objem	7.35 l			
Typ	8.35.CU.11.AL.22.02.0815.21.W.X.X.010.044.R 1 1/2" L			

Příslušenství vestavěné
- Protimrazové čidlo NS 130 R, Kód: XPNS130R, Počet: 1
- Doplňková protimrazová ochrana CAP 3M, Kód: XPNSCAP3, Počet: 1

Příslušenství nenamontované
- Směšovací uzel SUMX 1,6/EU (1), Kód: VSU0416B-, Počet: 1

01.04 Vodní chladič	**Přívod**	**XPND 13/4R**		
Kód	XPND013-S04		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	177 Pa	Vstup	26.0 °C / 25 %	28.4 °C / 51 %
Suchá tlaková ztráta	162 Pa	Výstup	26.0 °C / 25 %	20.9 °C / 77 %
Rychlost v průřezu	4.2 m/s			
Teplonosné medium	Voda	Teplotní spád	7.0 / 13 °C	
Počet řad	4			
Počet okruhů	1	Výkon		25.6 kW
Rozteč lamel	2.1 mm	Množství kondenzátu		4.3 kg/h
Materiál		Teplonosné medium		
Materiál trubek	Cu	Průtok teplonos. média		3.67 m³/h
Materiál lamel	Al	Tlaková ztráta		1.5 kPa
Připojení				
Průměr připojení	1 1/2 "			
Vnitřní objem	12.78 l			
Typ	8.35.CU.11.AL.22.04.0815.21.W.X.X.028.088.R 1 1/2" L			

Poznámka: Ventilátor je navržen na základě mokré tlakové ztráty výměníku.

Příslušenství nenamontované

- Směšovací uzel chladiče SUMX 10/EU (1), Kód: VSU04A0B-, Počet: 1
- Souprava pro odvod kondenzátu XPOO 301, Kód: XPOOS31, Počet: 1

01.04 Eliminátor kapek	Přívod	XPNU 13
Kód	XPNU013-S0	
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	
Tlaková ztráta	16 Pa	

01.05 Zvlhčovač parní	Přívod	CA-UE 25/105C		
Kód	CA-UE0251051C		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	17 Pa	Vstup	26.0 °C / 25 %	20.9 °C / 77 %
Systém distribuce páry	elektrodový	Výstup	26.0 °C / 35 %	20.9 °C / 77 %
Napájecí napětí zvlhčovače	3NPE 400 V, 50 Hz			
Elektrický příkon zvlhčovače	18.8 kW	Parní výkon (požadovaný)	22.2 kg/h	
Délka připojovacích hadic	3 m	Parní výkon (skutečný)	25.0 kg/h	
		Zvlhčovací dráha (minimáln	0.2 m	

Příslušenství vestavěné
- Panel čelní - výstup XPK 13/P, Kód: XPKO013RS-P, Počet: 1, Tlaková ztráta: 1 Pa
- Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP), Kód: MPKO013RS-P, Počet: 1

Příslušenství nenamontované
- Souprava pro odvod kondenzátu XPOO 301, Kód: XPOOS31, Počet: 1

01.15 Tlumicí vložka	Přívod	DV 915-865
Kód	VDV019186	
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	

01.14 Tlumicí vložka	Odvod	DV 915-865
Kód	VDV019186	
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	

01.07 Filtr	Odvod	XPNH 13/3
Kód	XPNH013-S003S	
Servisní přístup	Zleva	
Materiál vnitřního pláště	Pozinkovaný plech	
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	
Tlaková ztráta	103 Pa	
Třída filtrace dle EN 779	G3	
Třída filtrace dle ISO 16890-1	ISO Coarse 50 %	
Typ filtru	Kapsový	
Počáteční / Koncová tlaková ztráta	56 / 150 Pa	
Koncová tlaková ztráta podle výrobce	250 Pa	
Koncová tlaková ztráta podle Eurovent	106 Pa	

Příslušenství vestavěné
- Panel čelní - vstup XPK 13/P, Kód: XPKO013RS-P, Počet: 1, Tlaková ztráta: 1 Pa
- Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP), Kód: MPKO013RS-P, Počet: 1
- Snímač tlakové diference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

Skladba filtru

• Kód AX	**11Z50041846**
• Rozměr vložky (délka × výška × hloubka)	287x897x305 mm
• Třída filtrace	G3
• Počet kapes v jedné vložce	3 ks
• Počet vložek v jedné filtrační vestavbě	**1 ks**

- Kód AX **11Z50041851**
- Rozměr vložky (délka × výška × hloubka) 592x897x305 mm
- Třída filtrace G3
- Počet kapes v jedné vložce 6 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě **1 ks**

01.06 Ventilátor	**Odvod**	**XPVP 500-3,0/J4 (IE3)**
Kód	XPVP013RS050OPAS4B30Z1	
Nominální průtok vzduchu	9420 m³/h	
Statický tlak	625 Pa	
Celkový tlak	695 Pa	
Externí tlaková ztráta	486 Pa	
Výkon na hřídeli	2334 W	
Otáčky ventilátoru (n)/(nmax)	1720/1830 1/min	
Požadované otáčky v prac. bodě	94 %	
Účinnost – $\eta_{F.L}$	78 %	
Účinnost – $\eta_{F.sys}$	66 %	
Účinnost – $\eta_{sF.sys}$	60 %	
Elektrický příkon	2.74 kW	
Specifický výkon ventilátoru SFP_v	982 W.m^{-3}.s	
Rychlost v průřezu	2.96 m/s	
Pracovní frekvence	59 Hz	
Pracovní frekvence max.	63 Hz	
Typ ventilátoru	S volným oběžným kolem	
Typ	ER50C-4DN.E7.CR	
Artiklové číslo	130577/2Z41	
Zapojení ventilátoru	Samostatně	
Převod	Přímý	
K-faktor	252	
Diference tlaku na dýze	1397 Pa	
Max. rozsah čidla průtoku vzduchu	11270 m³/h	
Motor		
Třída účinnosti motoru	IE3	
Výkon motoru nom.	3000 W	
Jmenovitý proud	6.30 A	
Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz	
Počet pólů	4	
Jištění	Termistory	

Poznámka: Ventilátor je navržen se zohledněním systémového efektu (mj. jde o vliv vzdálenosti stěn pláště od ventilátoru na příkon a akustický výkon)

Příslušenství vestavěné
- Regulace na konstantní průtok CPG-P (příprava pro čidlo CPG), Kód: CPG03, Počet: 1

Příslušenství nenamontované
- Regulátor výkonu XPFM 3.0 (IP21, FC051, 3x400V), Kód: XPFMIM303B20, Počet: 1

01.09 Sekce prázdná	**Odvod**	**XPJP 13/S**
Kód	XPJP013RS0-S	
Nominální průtok vzduchu	2826 m³/h	

Příslušenství vestavěné
- Panel čelní - výstup XPK 13/P, Kód: XPKO013RS-P, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP), Kód: MPKO013RS-P, Počet: 1

ID	
Projekt	[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1
Číslo / Název zařízení	01 / VZT jednotka divadlo
Určení jednotky	Standardní prostředí

01.10 Klapka	Odvod	LK 915-865

Kód	VLK019186
Nominální průtok vzduchu	2826 m^3/h
Plocha klapek	0.79 m^2
Třída těsnosti	2
Počet servopohonů	1 ks
Kroutící moment serva	10 Nm

Příslušenství vestavěné

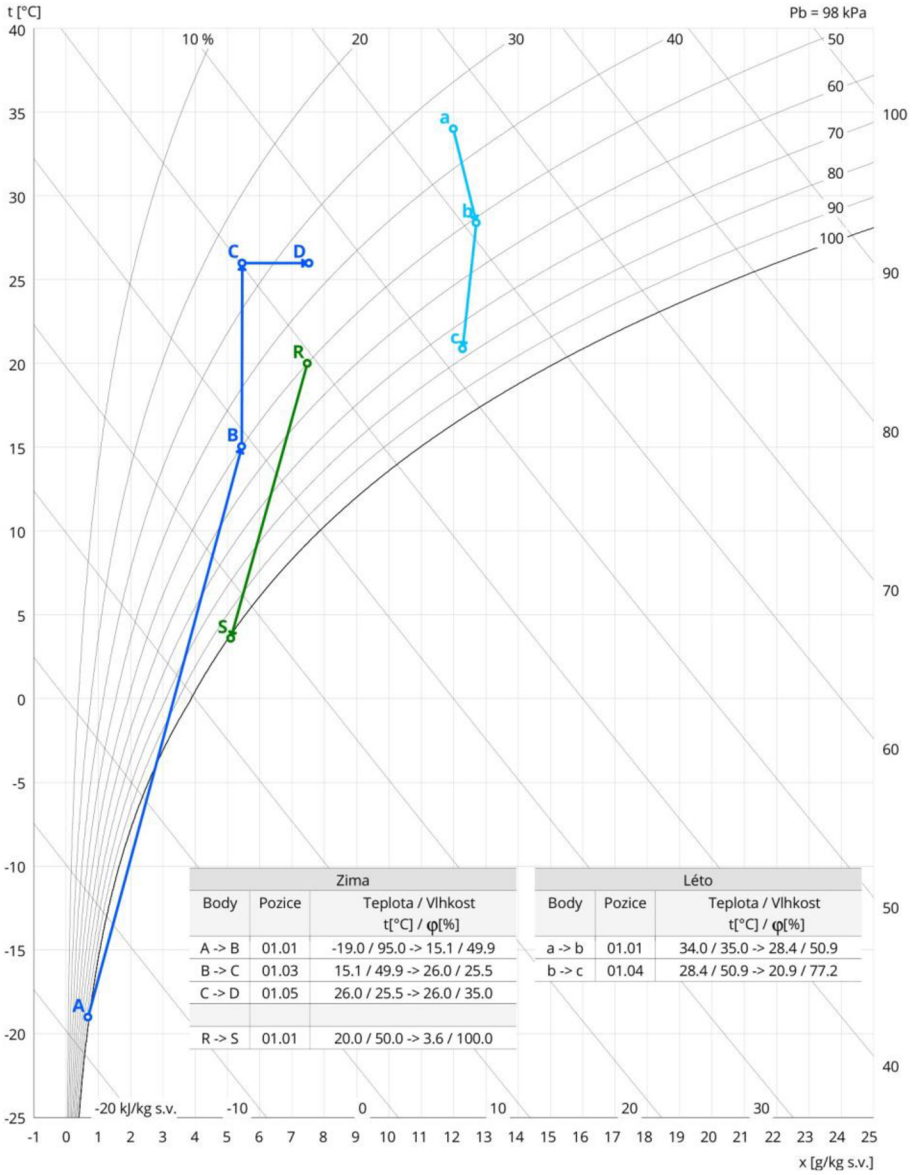
- Servopohon NM 24A-SR, Kód: XPSESN24S, Počet: 1

01.13 Tlumicí vložka	Odvod	DV 915-865

Kód	VDV019186
Nominální průtok vzduchu	2826 m^3/h

ID	
Projekt	[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1
Číslo / Název zařízení	01 / VZT jednotka divadlo
Určení jednotky	Standardní prostředí

Psychrometrický diagram



Zima		
Body	Pozice	Teplota / Vlhkost t[°C] / φ[%]
A -> B	01.01	-19.0 / 95.0 -> 15.1 / 49.9
B -> C	01.03	15.1 / 49.9 -> 26.0 / 25.5
C -> D	01.05	26.0 / 25.5 -> 26.0 / 35.0
R -> S	01.01	20.0 / 50.0 -> 3.6 / 100.0

Léto		
Body	Pozice	Teplota / Vlhkost t[°C] / φ[%]
a -> b	01.01	34.0 / 35.0 -> 28.4 / 50.9
b -> c	01.04	28.4 / 50.9 -> 20.9 / 77.2

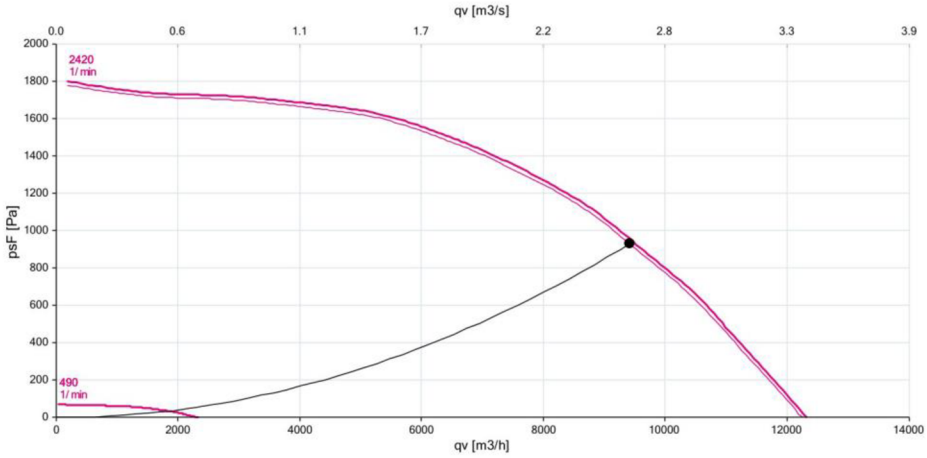
REMAK Vytvořeno 06.05.2023,14:53 v programu AeroCAD verze 6 . 9 . 75 (14.04.2023), vytisknuto 07.05.2023,00:30 Strana : 10 / 11

ID	
Projekt	[01] Bakalářská práce - divadlo - Fční celek 1
Číslo / Název zařízení	01 / VZT jednotka divadlo
Určení jednotky	Standardní prostředí

Charakteristika ventilátorů

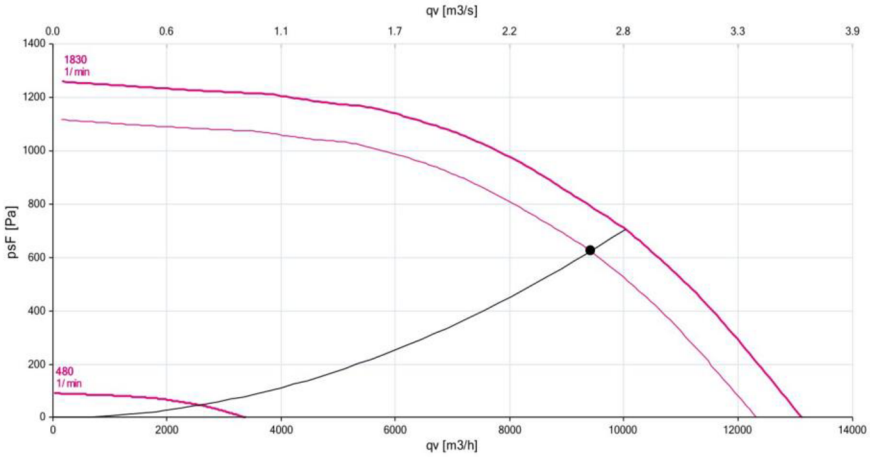
Přívodní větev

Typ	V_n [m³/h]	$\Sigma \Delta p_s$ [Pa]	$\Sigma \Delta p_t$ [Pa]	n [1/min]	U [V]	P [kW]	η [%]
XPVP 450-4,0/J4 (IE3)	9420	931	1044	2416	3NPE 400 V, 50 Hz	4.00	60



Odvodní větev

Typ	V_n [m³/h]	$\Sigma \Delta p_s$ [Pa]	$\Sigma \Delta p_t$ [Pa]	n [1/min]	U [V]	P [kW]	η [%]
XPVP 500-3,0/J4 (IE3)	9420	625	695	1720	3NPE 400 V, 50 Hz	3.00	60



Příloha č.6 – Technická specifikace navrženého tlumiče hluku na přívodu vzduchu

lindab | we simplify construction

SLRS - 4HR přímý tlumič hluku

Projekt: Projekt bez názvu

09-05-2023

Požadavky:			
Objemový průtok vzduchu	qv	9400	m3/h
Šířka		1000	mm
Výška		1000	mm
Délka		2450	mm
Výsledky::			
Čelní rychlost	v	2,6	m/s
Celková tlaková ztráta	Δpt	11	Pa

SLRS - 4HR přímý tlumič hluku

Čtyřhranný přímý tlumič hluku z řady Aerodim. Tlumič SLRS obsahuje kulisy SLRA, které jsou vyrobeny s rámem z pozinkovaného plechu a absorpčního materiálu typu Lindtec. Povrch Lindtec je snadno čistitelný a splňuje požadavky na hygienické provedení.

Díky aerodynamickému tvaru kulis SLRA má tlumič nižší tlakovou ztrátu, větší úzlum hluku a to při menších rozměrech oproti standartním čtyřhranným tlumičům hluku. SLRS je možný v různých délkách s různými vzdálenostmi kulis. Standart je 200mm široká mezera. Pro výpočet tlumiče hluku můžete použít Náš IT program LindQST, kde lze nalézt a optimalizovat nejvhodnější tlumiče hluku dle různých hledisek.

Objednávací kód

SLRS-200-133-1000-1000-2450

Systém Přívod

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Sum	Sum
Hladina akustického výkonu před tlumičem, Lwi	-	-	40	47	49	46	42	43	**53**	**50**
Útlum tlumiče	5	16	36	50	50	50	28	19		
Hladina akustického výkonu, Lw	36	24	18	16	14	10	8	2	**20**	**14**
Hladina akustického výkonu za tlumičem, Lwo	-	-	18	16	14	10	15	24	**25**	**32**
	dB	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB(A)**	**NR**

5.4.230418 (Czech Republic)
09.05.2023 20:15:01

Změny vyhrazeny

Lindab®

Příloha č.7 – Technická specifikace navrženého tlumiče hluku na odvodu vzduchu

lindab | we simplify construction

SLRS - 4HR přímý tlumič hluku

Projekt: Projekt bez názvu

09-05-2023

Požadavky:			
Objemový průtok vzduchu	qv	9400	m3/h
Šířka		800	mm
Výška		710	mm
Délka		2450	mm
Výsledky::			
Čelní rychlost	v	4,6	m/s
Celková tlaková ztráta	Δpt	15	Pa

SLRS - 4HR přímý tlumič hluku

Čtyřhranný přímý tlumič hluku z řady Aerodim. Tlumič SLRS obsahuje kulisy SLRA, které jsou vyrobeny s rámem z pozinkovaného plechu a absorpčního materiálu typu Lindtec. Povrch Lindtec je snadno čistitelný a splňuje požadavky na hygienické provedení.

Díky aerodynamickému tvaru kulis SLRA má tlumič nižší tlakovou ztrátu, větší úzlum hluku a to při menších rozměrech oproti standartním čtyřhranným tlumičům hluku. SLRS je možný v různých délkách s různými vzdálenostmi kulis. Standart je 200mm široká mezera. Pro výpočet tlumiče hluku můžete použít Náš IT program LindQST, kde lze nalézt a optimalizovat nejvhodnější tlumiče hluku dle různých hledisek.

Objednávací kód

SLRS-200-200-800-710-2450

Systém Odvod

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Sum	Sum
Hladina akustického výkonu před tlumičem, Lwi	-	-	33	35	36	40	36	31	**44**	**43**
Útlum tlumiče	4	12	28	46	50	27	15	10		
Hladina akustického výkonu, Lw	42	30	24	22	20	17	15	11	**26**	**21**
Hladina akustického výkonu za tlumičem, Lwo	-	-	24	22	20	19	22	22	**28**	**29**
	dB	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB**	**dB(A)**	**NR**

5.4.230418 (Czech Republic)
09.05.2023 20:29:28

Změny vyhrazeny

Lindab®