



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VZDUCHOTECHNIKA DIVADLA

AIR CONDITION OF THEATRE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karel Běťák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL UHER, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Karel Běťák
Název	Vzduchotechnika divadla
Vedoucí práce	Ing. Pavel Uher, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

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

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce s touto osnovou:

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu

B. Výpočtová část

analýza objektu – rozdělení na funkční celky VZT, 2-3 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

j) závěr,

k) seznam použitých zdrojů,

l) seznam použitých zkratk a symbolů,

m) seznam příloh,

n) přílohy - výkresy

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Pavel Uher, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem vzduchotechnického systému pro malé městské divadlo. Vzduchotechnika zajistí pokrytí tepelných zisků a ztrát v divadelním sále a nucené větrání přilehlých prostor s cílem zajistit optimální vnitřní mikroklima. Potřeby herců a diváku zajistí tři vzduchotechnické jednotky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vzduchotechnika, glykolový okruh, kapalinový okruh zpětného získávání tepla, ekodesign, textilní výústka, divadlo.

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the design of air-conditioning system for a small town theater. Ventilation will ensure coverage of heat gains and losses in the theater hall and forced ventilation of adjacent areas will ensure optimum internal microclimate. The needs of actors and viewers will be provided by three air handling units.

KEY WORDS

Air conditioning, glycol circuit, liquid heat recovery circuit, ecodesign, textile diffuser, theatre.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Karel Běťák *Vzduchotechnika divadla*. Brno, 2017. 114 s., 74 s. příl. Bakalářská práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov.
Vedoucí práce Ing. Pavel Uher, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2017

Karel Běťák
autor práce

Touto cestou bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Uhrovi Ph.D. za poskytnutí cenných rad, zkušeností, ochotu a věnovaný čas.

OBSAH

ÚVOD	13
A. TEORETICKÁ ČÁST	15
1 TEORETICKÁ ČÁST	16
1.1 ÚVOD.....	16
1.2 EKODESIGN VE VZDUCHOTECHNICE	16
1.2.1 DEFINICE, ROZDĚLENÍ JEDNOTEK	16
1.2.2 VÝJIMKY	16
1.2.3 POŽADAVKY	17
1.2.3.1 POŽADAVKY NA VĚTRACÍ JEDNOTKY PRO OBYTNÉ BUDOVY	17
1.2.3.2 POŽADAVKY NA VĚTRACÍ JEDNOTKY PRO JINÉ NEŽ OBYTNÉ BUDOVY	18
1.2.4 VÝPOČET TEPELNÉ ÚČINNOSTI	19
1.2.5 MĚRNÝ PŘÍKON VENTILÁTORU VĚTRACÍCH SOUČÁSTÍ SFP_{INT}	19
1.2.6 EKODESIGN A GLYKOLOVÝ OKRUH	20
1.2.7 PRAKTICKÉ DOPADY	21
1.3 ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA GLYKOLOVÝM OKRUHEM	21
1.3.1 ÚČINNOST	23
1.3.2 VÝMĚNÍKY KAPALINOVÉHO OKRUHU	23
1.3.2.1 MATERIÁL VÝMĚNÍKŮ	24
1.3.2.2 NÁVRH VÝMĚNÍKU	25
1.3.3 TEPLONOSNÉ LÁTKY PRO KAPALINOVÝ OKRUH	27
1.3.3.1 GLYKOLOVÉ NEMRZNOUCÍ SMĚSI.....	27
1.3.3.2 ALKOHOLY.....	27
1.3.3.3 SILIKONOVÉ OLEJE	28
1.3.4 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRO KAPALINOVÝ OKRUH	28
1.3.5 REGULACE	29
1.3.6 POUŽITÍ.....	30
1.3.7 PŘÍKLAD REALIZACE	30
B. VÝPOČTOVÁ ČÁST	33
2 VÝPOČTOVÁ ČÁST	34
2.1 ANALÝZA OBJEKTU	34
2.1.1 POPIS OBJEKTU	34
2.1.2 ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY	34
2.1.2.1 POPIS FUNKČNÍCH CELKU	36
2.2 TEPELNÁ BILANCE	36
2.2.1 VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ.....	36
2.2.2 VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO MIKROKLIMATU.....	36
2.2.3 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA.....	37
2.2.4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	37
2.2.5 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE.....	41
2.2.5.1 TEPELNÁ ZÁTĚŽ Z VNĚJŠÍHO PROSTŘEDÍ.....	42
2.2.5.2 TEPELNÁ ZÁTĚŽ Z VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	45

2.2.5.3	VODNÍ ZISKY.....	46
2.2.5.4	CELKOVÁ TEPELNÁ ZÁTĚŽ	46
2.3	STANOVENÍ PRŮTOKU VZDUCHU.....	47
2.3.1	STANOVENÍ DÁVEK VZDUCHU	47
2.3.2	VÝPOČET OBJEMOVÉHO PRŮTOKU VZDUCHU	47
2.4	TLAKOVÉ POMĚRY.....	51
2.5	DISTRIBUCE VZDUCHU	51
2.5.1	NÁVRH DISTRIBUČNÍCH ELEMENTŮ PRO PŘÍVOD VZDUCHU.....	51
2.5.1.1	NÁVRH TEXTILNÍ VYÚSTKY PRO PŘÍVOD VZDUCHU DO MÍSTNOSTI Č. 217 HLEDIŠTĚ A PÓDIUM 51	
2.5.1.2	NÁVRH VÍŘIVÉ VYÚSTKY PRO PŘÍVOD VZDUCHU DO MÍSTNOSTI Č. 202 HALA	54
2.5.1.3	NÁVRH DVEŘNÍ MŘÍŽKY PRO PŘENOS VZDUCHU DO MÍSTNOSTI Č. 212 WC- INVALIDÉ.....	55
2.5.2	NÁVRH DISTRIBUČNÍCH ELEMENTU PRO ODVOD VZDUCHU	55
2.5.2.1	NÁVRH ČTVERCOVÉHO LAMELOVÉHO ANEMOSTATU PRO ODVOD VZDUCHU Z MÍSTNOSTI Č. 217 HLEDIŠTĚ- PÓDIUM.....	55
2.5.2.2	NÁVRH TALÍŘOVÉHO VENTILU PRO ODVOD VZDUCHU Z MÍSTNOSTI Č. 210 WC.....	56
2.6	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ A TAKOVÁ ZTRÁTA POTRUBÍ.....	61
2.6.1	VÝPOČET VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ ZAŘÍZENÍ Č. 1.....	62
2.6.2	VÝPOČET VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ ZAŘÍZENÍ Č. 2 A 3	63
2.6.3	VÝSLEDNÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA POTRUBÍ	66
2.7	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK	66
2.7.1	ZAŘÍZENÍ Č. 1	66
2.7.2	ZAŘÍZENÍ Č. 2	68
2.7.3	ZAŘÍZENÍ Č. 3	69
2.8	ÚPRAVY VZDUCHU	70
2.8.1	VÝPOČET TEPLoty PŘÍVÁDĚNÉHO VZDUCHU	70
2.9	ÚTLUM HLUKU	74
2.9.1	SOUHRN HLADINY AKUSTICKÉHO TLAKU A NAVRŽENÝCH TLUMIČŮ	74
2.9.2	VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU.....	75
2.10	NÁVRH TEPELNÉ ISOLACE POTRUBÍ.....	76
2.11	POŽÁRNÍ Klapky A PROTIPOŽÁRNÍ ISOLACE	76
C. PROJEKT		77
3 PROJEKT		79
3.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA	79
3.1.1	ÚVOD	79
3.1.1.1	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ	79
3.1.1.2	VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ.....	79
3.1.1.3	VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO MIKROKLIMATU	79
3.1.1.4	POPIS OBJEKTU A ROZSAHU PD.....	81
3.1.2	TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI BUDOVY	81
3.1.3	SEZNAM POUŽITÝCH Norem A PŘEDPISŮ.....	82
3.1.4	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ.....	83
3.1.4.1	HYGIENICKÉ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE.....	83
3.1.4.2	TEPELNÁ ZÁTĚŽ V LÉTĚ, TEPELNÁ ZTRÁTA V ZIMĚ, VLHKOSTNÍ ZISKY	84

3.1.4.3	TECHNOLOGICKÉ VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ.....	84
3.1.4.4	ENERGETICKÉ ZDROJE.....	84
3.1.5	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ.....	85
	ZAŘÍZENÍ Č. 1- KLIMATIZACE HLEDIŠTĚ A PÓDIA	85
	ZAŘÍZENÍ Č. 2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ ŠATEN A HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ ÚČINKUJÍCÍCH	86
	ZAŘÍZENÍ Č. 3 NUCENÉ VĚTRÁNÍ PŘEDSÁLÍ A HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ NÁVŠTĚVNÍKŮ	87
3.1.6	NÁROKY NA ENERGIE	88
3.1.7	MĚŘENÍ A REGULACE	88
3.1.8	NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE	88
3.1.8.1	STAVENÍ ČÁST	88
3.1.8.2	ELEKTRO	89
3.1.8.3	ZDRAVOTECHNIKA.....	89
3.1.8.4	VYTÁPĚNÍ.....	89
3.1.8.5	CHLAZENÍ.....	89
3.1.8.6	MĚŘENÍ A REGULACE	90
3.1.9	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	90
3.1.10	OCHRANA PROTI HLUKU A VIBRACÍM	90
3.1.11	IZOLACE A NÁTĚRY.....	90
3.1.12	MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ.....	90
3.1.13	ZÁVĚR.....	92
3.2	TECHNICKÁ SPECIFIKACE.....	97
3.3	FUNKČNÍ SCHÉMATA	102
4	ZÁVĚR.....	105
5	POUŽITÉ ZDROJE	106
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ.....	108
7	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	110
	SEZNAM PŘÍLOH	113
A.	PŘÍLOHY VÝPOČTOVÉ ČÁSTI	113
B.	VÝKRESY	113
	PŘÍLOHY	114

ÚVOD

V této bakalářské práci se seznámíme s návrhem vzduchotechniky v rámci výstavy divadla. Objekt vzniká na základě myšlenky rozšíření Víceúčelového kulturního centra o budovu divadla. Komplex s penzionem, restaurací a sportovním zázemím se nachází v Lipníku nad Bečvou, okres Přerov. Největším prostorem je sál s hlediště, pódiem a balkóny. K sálu přiléhají šatny, hygienická zázemí a reprezentativní prostory.

Protože se může v objektu vyskytovat velký počet osob je nutné zajistit dostatečný přívod čerstvého vzduchu. Jihozápadní fasáda je hojně osazena okny, předpokládáme velké sluneční zisky. V sálu je nutné zajistit vytápění a chlazení. V ostatních prostorách bude brán zřetel na dostatečné provětrání, hygienické požadavky a potřeby osob.

Při návrhu a umístování vzduchotechnických jednotek, jsem narazil na požadavky na ně kladené především na vysokou tepelnou účinnost zpětného získávání tepla s tím spojené velké konstrukční rozměry a problém s jejich umístěním. To mě vedlo k tomu, abych se na ně více zaměřil a shrnul je v této bakalářské práci.

Všechny skutečnosti, požadavky a navržená zařízení shrnu v prováděcí dokumentaci stavby.

A. TEORETICKÁ ČÁST

VZDUCHOTECHNIKA DIVADLA

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Úvod

S rostoucí společností kontinuálně roste spotřeba energie s tím i vyčerpávání neobnovitelných zdrojů, vznik skleníkových plynů. Tendence naší společnosti je úspora této drahocenné energie, to se projevuje jak osobním přístupem, tak i legislativou. Podíl budov na celkové spotřebě energie v zemích EU činí 40 %. [1] Stavebnictví směřuje k výstavbě budov z co nejmenšími náklady na provoz. To co nejvíce přispívá k dodržení těchto závazků, jsou nařízení, doporučení a požadavky státu a Evropské unie. V této teoretické části se zmíním o nařízení Evropské unie „ekodesign“ a zpětným získáváním tepla pomocí glykolového okruhu.

1.2 Ekodesign ve vzduchotechnice

Ekodesignem se rozumí soubor opatření vedoucí ke snížení spotřeby energií. Především vývoj a výrobu výrobku s co nejmenší spotřebou energií. Tyto opatření by neměly omezit či jakkoliv zhoršit funkci a použitelnost daných produktů. Požadavky na výrobky uvádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES. Směrnice definuje „ekodesign“ jako „začlenění environmentálních aspektů do návrhu výrobku s cílem zlepšit vliv výrobku na životní prostředí během celého životního cyklu“. [2]

Požadavky na větrací jednotky definuje Nařízení komise (EU) č. 1253/2014 ze dne 7. června 2014. [3] Nařízení má zásadní vliv na výrobu, uvádění na trh a do provozu. Toto požadavky výrazně ovlivňují návrh větracích jednotek. Vyrobené větrací jednotky budou větší a musí mít vysoce účinné zpětné získávání tepla.

1.2.1 Definice, rozdělení jednotek

Nařízení komise (EU) č. 1253/2014 [3] rozděluje větrací jednotky:

Větrací jednotky pro obytné budovy

Větrací jednotkou se rozumí zařízení, jejíž maximální průtok nepřesahuje $250 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ nebo maximální průtok se pohybuje mezi 250 a $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a výrobce deklaruje požití výhradně pro větrání v obytných budovách

Větrací jednotky pro jiné než obytné budovy

Větrací jednotka, jejíž maximální průtok přesahuje $250 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, a v případě, že se maximální průtok pohybuje mezi 250 a $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, výrobce nedeklaruje použití výhradně pro větrání v obytných budovách

Větrací jednotku pro účely této směrnice se rozumí elektrický pohaněný spotřebič vybavený alespoň jedním oběžným kolem, jedním motorem a skříní určený k nahrazení použitého vzduchu venkovním vzduchem. Další potřebné definice jsou uvedeny v tomto nařízení.

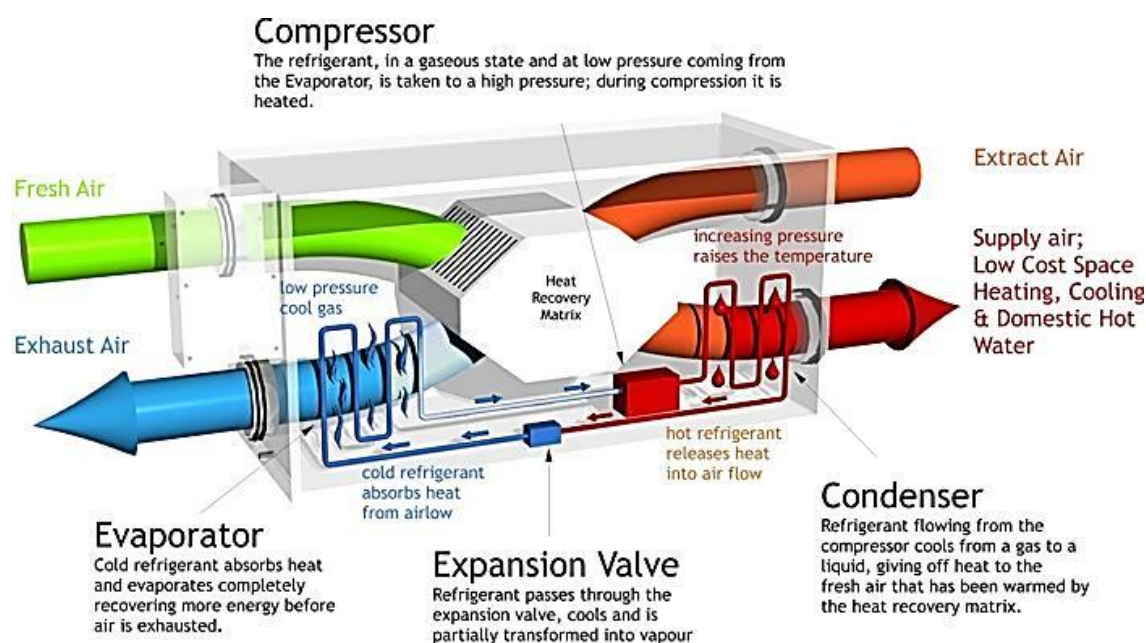
1.2.2 Výjimky

Uvádím demonstrativní výčet větracích jednotek, na které se nařízení nevztahuje:

- jednosměrné i obousměrné větrací jednotky s elektrickým příkonem do 30 W na jeden proud vzduchu,
- jednotky provozované v prostředí s nebezpečím výbuchu,
- provozované pro nouzové použití, krátkodobý provoz a určené pro „požární“ větrání,
- jednotky, které dopravují vzduch přesahující 100 °C,
- jednotky se ZZT pomocí tepelného čerpadla,
- digestoře.

Jako nejzajímavější výjimka je úleva jednotkám „zahrnují výměník tepla a tepelné čerpadlo pro zpětné získávání tepla nebo umožňují, aby přenos nebo odvádění tepla doplňovaly systém zpětného získávání tepla, s výjimkou přenosu tepla pro ochranu před mrazem nebo odmrazování“. [3]

Z toho je patrné, že použitím přímého výparníku a kondenzátoru tepelného čerpadla se vyhne požadavkům na účinnost a výkon zařízení.



Obrázek 1 Systém s integrovaným tepelným čerpadlem [4]

1.2.3 Požadavky

1.2.3.1 Požadavky na větrací jednotky pro obytné budovy

Od 1. ledna 2016:

- specifická spotřeba energie nesmí být vyšší než $0 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,
- bezpotrubní jednotky, včetně větracích jednotek, které mají být vybaveny jedním připojením na potrubí, musí mít maximální $L_{WA} = 45 \text{ dB}$,
- všechny větrací jednotky, s výjimkou jednotek pro duální použití, musí být vybaveny více-rychlostním pohonem nebo pohonem s proměnnými otáčky,
- všechny obousměrné větrací jednotky musí mít tepelný obtok.

Od 1. ledna 2018

- specifická spotřeba energie nesmí být vyšší než $20 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,
- bezpotrubní jednotky, včetně větracích jednotek, které mají být vybaveny jedním připojením na potrubí, musí mít maximální $L_{wA} = 40 \text{ dB}$,
- všechny větrací jednotky, s výjimkou jednotek pro duální použití, musí být vybaveny více-rychlostním pohonem nebo pohonem s proměnnými otáčky,
- všechny obousměrné větrací jednotky musí mít tepelný obtok,
- větrací jednotky s filtrem musí být vybaveny vizuálním signálem upozorňujícím na nutnost výměny filtru.

1.2.3.2 Požadavky na větrací jednotky pro jiné než obytné budovy

Od 1. ledna 2016

- všechny větrací jednotky, s výjimkou jednotek pro duální použití, musí být vybaveny více-rychlostním pohonem nebo pohonem s proměnnými otáčky,
- všechny obousměrné větrací jednotky musí mít systém zpětného získávání tepla
- systém ZZT musí mít zařízení umožňující tepelný obtok,
- minimální tepelná účinnost $\eta_{t_nr\text{vu}}$ všech systému ZZT s výjimkou oběhového systému ZZT obousměrných větracích jednotek musí být 67 %,
- minimální tepelná účinnost $\eta_{t_nr\text{vu}}$ oběhového systému ZZT obousměrných větracích jednotek musí být 63 %,
- minimální účinnost ventilátoru pro jednosměrné větrací jednotky η_{v_u} je $6,2 \% \cdot \ln(P) + 35 \%$, jestliže $P \leq 30 \text{ kW}$ a $56,1 \%$ jestliže $P > 30 \text{ kW}$
- maximální vnitřní měrný příkon ventilátoru větracích součástí $SFP_{\text{int_limit}}$ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$) činí:
 - pro obousměrnou větrací jednotku s oběhovým systémem ZZT:
 - $1700 + E - 300 \cdot q_{\text{nom}}/2 - F$, jestliže $q_{\text{nom}} < 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a
 - $1400 + E - F$, jestliže $q_{\text{nom}} \geq 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
 - pro obousměrnou větrací jednotku s jiným systémem ZZT:
 - $1200 + E - 300 \cdot q_{\text{nom}}/2 - F$, jestliže $q_{\text{nom}} < 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a
 - $900 + E - F$, jestliže $q_{\text{nom}} \geq 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
 - 250 pro jednosměrnou větrací jednotku

Od 1. ledna 2018

- všechny větrací jednotky, s výjimkou jednotek pro duální použití, musí být vybaveny více-rychlostním pohonem nebo pohonem s proměnnými otáčky,
- všechny obousměrné větrací jednotky musí mít systém zpětného získávání tepla,
- systém ZZT musí mít zařízení umožňující tepelný obtok,
- minimální tepelná účinnost $\eta_{t_nr\text{vu}}$ všech systému ZZT s výjimkou oběhového systému ZZT obousměrných větracích jednotek musí být 73 %,
- minimální tepelná účinnost $\eta_{t_nr\text{vu}}$ oběhového systému ZZT obousměrných větracích jednotek musí být 68 %,
- minimální účinnost ventilátoru pro jednosměrné větrací jednotky η_{v_u} je $6,2 \% \cdot \ln(P) + 42 \%$, jestliže $P \leq 30 \text{ kW}$ a $63,1 \%$ jestliže $P > 30 \text{ kW}$,
- maximální vnitřní měrný příkon ventilátoru větracích součástí $SFP_{\text{int_limit}}$ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$) činí:

- pro obousměrnou větrací jednotku s oběhovým systémem ZZT:
 - $1600 + E - 300 \cdot q_{nom}/2 - F$, jestliže $q_{nom} < 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a
 - $1300 + E - F$, jestliže $q_{nom} \geq 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- pro obousměrnou větrací jednotku s jiným systémem ZZT:
 - $1100 + E - 300 \cdot q_{nom}/2 - F$, jestliže $q_{nom} < 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a
 - $800 + E - F$, jestliže $q_{nom} \geq 2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
- 230 pro jednosměrnou větrací jednotku
- pokud je součástí konfigurace filtrační jednotka, je systém řízení výrobku vybaven vizuální nebo zvukovou signalizací, která se aktivuje, pokud tlaková ztráta filtru překročí maximální přípustnou konečnou tlakovou ztrátu.

Nařízení dále ukládá výrobcům, dodavatelům povinnost zveřejňovat informace o větracích jednotkách. Postup ověřování pro účely dohledu nad trhem, výpočet specifické spotřeby energie ...

1.2.4 Výpočet tepelné účinnosti

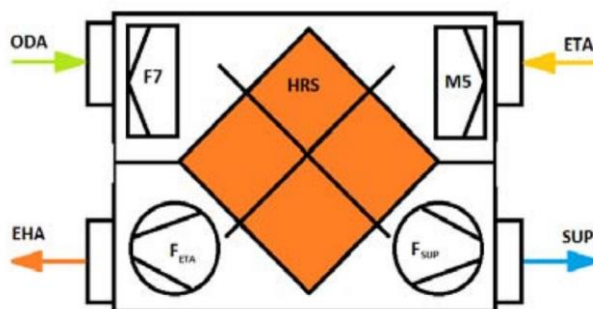
Nařízení nastiňuje výpočet tepelné účinnosti η_{t_nrvu} rovnice (1.1). Výpočet je podmíněn zkouškou. Účinnost se stanovuje za sucha, s vyváženým hmotnostním průtokem, při rozdílu mezi vnitřní a venkovní teplotou 20 K a bez úpravy o tepelný zisk z motorů ventilátoru a vnitřních netěsností. Vypočtená hodnota je tedy bez latentního tepla.

$$\eta_{t_nrvu} = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'} \quad (1.1)$$

kde η_{t_nrvu} – je tepelná účinnost systému zpětného získávání tepla
 t_2'' – je teplota přiváděného vzduchu, který proudí ze systému ZZT do místnosti (°C)
 t_2' – je teplota vnějšího vzduchu (°C)
 t_1' – je teplota odváděného vzduchu, který proudí z místnosti do system ZZT (°C)

1.2.5 Měrný příkon ventilátoru větracích součástí SFP_{int}

Požadavky na ekodesign jednotek jsou mimo jiné založeny na nově zavedeném parametru SFP_{int} . Definice z nařízení 1253/2014 [3]zní: „*vnitřním měrným příkonem ventilátoru větracích součástí (SFP_{int})“ (vyjádřeným v $W/(m^3/s)$) se rozumí poměr mezi vnitřní tlakovou ztrátou větracích součástí a účinností ventilátoru stanovenou pro referenční konfiguraci“ Referenční konfigurací je pak sestava filtr, ventilátor, výměník ZZT.*



Obrázek 2 Referenční konfigurace obousměrné jednotky [5]

Výpočet měrného příkonu větracích součástí SFP_{int} vypočteme dle rov. (1.2). Jedná se o součet měrného příkonu ventilátoru přívodní a odvodní větve jednotky. Interní tlakovou ztrátu $\Delta p_{s_{int}}$ je dána vztahem (1.3) v referenční jednotce je to filtr F7 na přívodu a M5 na odvodu, výměník ZZT a samotná tlaková ztráta skříně. Nelze tedy použít rozdíl statického tlaku Δp_{fan} (1.5) Účinnost ventilátoru η_{fan} zahrnuje i nutný dispoziční tlak pro pokrytí externí tlakové ztráty je vypočtena dle rovnice (1.4). Vypočtená hodnota musí být menší než limit SFP_{int_limit} stanoveny touto směrnici. Blíže vzájemné vztahy vyjadřuje obrázek 3. [5]

$$SFP_{int} = \frac{\Delta p_{s_{int}}^{SUP}}{\eta_{fan}^{SUP}} + \frac{\Delta p_{s_{int}}^{EHA}}{\eta_{fan}^{EHA}} \quad (1.2)$$

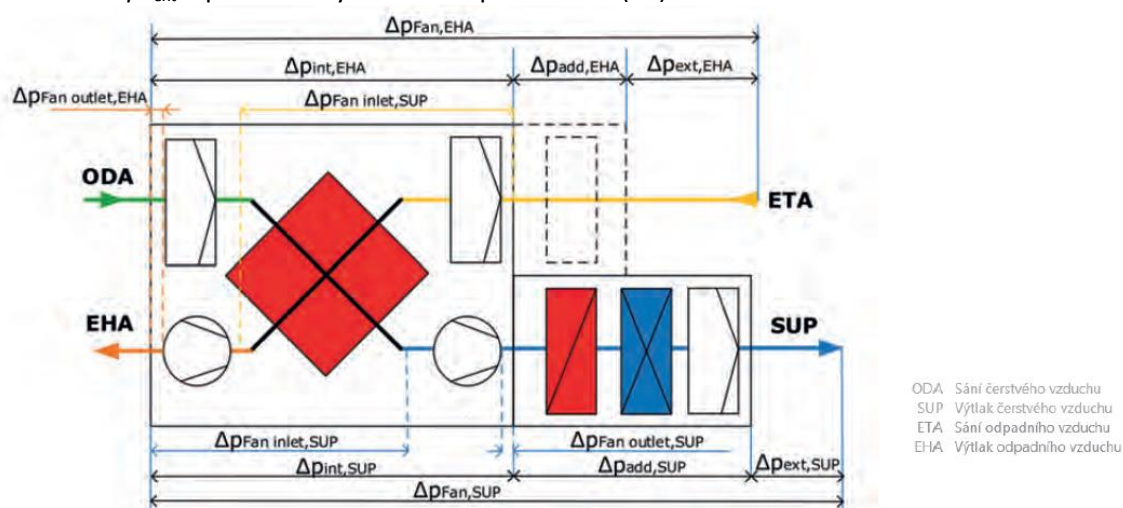
$$\Delta p_{s_{int}} = \Delta p_{fan}^{inlet} + \Delta p_{fan}^{outlet} \quad (1.3)$$

$$\eta_{fan} = q_{nom} \cdot \frac{\Delta p_{fan}}{P} \quad (1.4)$$

$$\Delta p_{fan} = \Delta p_{s_{ext}} + \Delta p_{s_{int}} + \Delta p_{s_{add}} \quad (1.5)$$

$$(1.6)$$

kde SFP_{int} – měrného příkonu větracích součástí ($W \cdot m^{-3} \cdot s^{-1}$)
 q_{nom} – nominální průtok vzduchu deklarovaným výrobcem ($m^3 \cdot s^{-1}$)
 $\Delta p_{s_{int}}$ – interní tlaková ztráta (Pa)
 $\Delta p_{s_{fan}}$ – rozdíl statického tlaku (Pa)
 η_{fan} – účinnost ventilátoru (-)
 $\Delta p_{s_{add}}$ – součet tlakových ztrát z externích zařízení (Pa)
 $\Delta p_{s_{ext}}$ – požadovaný externí dispoziční tlak (Pa)



Obrázek 3 Referenční jednotka včetně externích komponentu [5]

1.2.6 Ekodesign a glykolový okruh

Nařízení č. 1253/2014 [3] zavádí pojem oběhový systém zpětného získávání tepla. Můžeme se ho představit jako systém, kde k přenosu mezi jednotlivými proudy vzduchu je použita pracov-

ní látka. Doslovně je napsáno: „*oběhovým systémem zpětného získávání tepla se rozumí systém zpětného získávání tepla, v němž jsou zařízení pro zpětné získávání tepla na straně odváděného vzduchu a zařízení odvádějící získané teplo do proudu vzduchu na straně přiváděného vzduchu větraného prostoru propojeny prostřednictvím systému přenosu tepla, v němž mohou být obě strany systému zpětného získávání tepla volně umístěny v různých částech budovy*“. [3] Pravděpodobně je tím myšleno zařízení ZZT s lamelovými výměníky a kapalinovým okruhem i ZZT s tepelnými trubicemi. Pro tento druh ZZT nařízení uděluje jisté úlevy a to tepelnou účinnost 63 % tedy o 4 % nižší než pro ostatní systémy ZZT pro rok 2016 a 68 % pro rok 2018.

1.2.7 Praktické dopady

Pro dosažení závazných parametrů vzduchotechnických jednotek vyplývajících z tohoto nařízení bude nutné snížit rychlost protékajícího vzduchu vzduchotechnické jednotkou pod $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, optimálně $1,5\text{--}1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tyto průřezové rychlosti by měly umožnit splnění těchto požadavků při současném stavu techniky. Snížit rychlost můžeme zmenšením průřezové plochy, to vede ke zvětšení celé vzduchotechnické jednotky tedy i ke zvýšení její hmotnosti. Zvýšené rozměry a hmotnosti vedou k zatěžování stavby z hlediska prostoty a únosnosti. Jedině dobře navržená a provedená potrubní síť (tlakové ztráty a netěsnosti) společně s VZT jednotkou může dosáhnout energetických úspor. Rekonstrukce se nevyhnou, stávající jednotka musí být nahrazena zařízením splňující požadavky. [5]

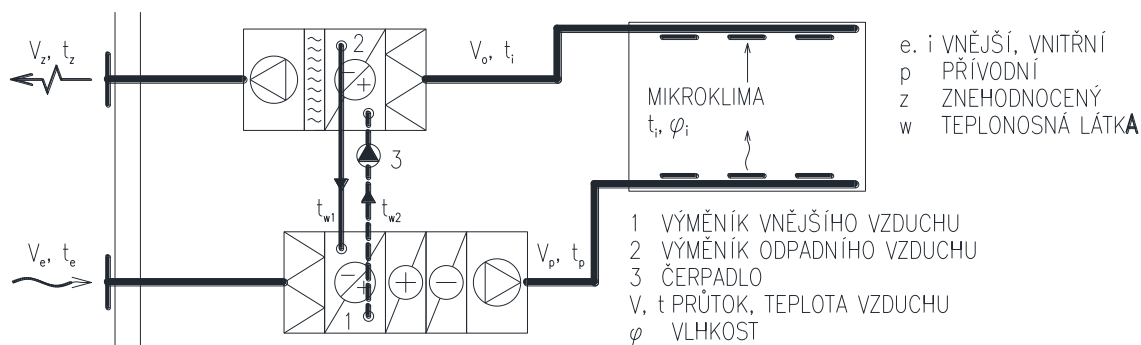
1.3 Zpětné získávání tepla glykolovým okruhem

Přesnější je označení zpětné získávání tepla (ZZT) s lamelovými výměníky a kapalinovým okruhem, neboť jako teplonosná látka může být použita libovolná kapalina s vhodnými vlastnostmi. Jedná se o systém ZZT s přenosem tepla rekuperačními výměníky tepla. Schéma zapojení je patrné z obrázku č. 4.

Zařízení tvoří dva lamelové výměníky v zapojení vzduch-kapalina-vzduch. Výměníky „*musí pracovat ve dvojici, protože jeden je osazen v odváděcím vzduchu větracího zařízení, ve kterém odjímá teplo odváděného vzduchu a druhý v přívodním vzduchu, kde toto teplo zase předá čerstvému přívodnímu vzduchu*“. [6] Proud vzduchu jsou od sebe bezpečně odděleny a nemůže docházet znehodnocování přívodního vzduchu škodlivinami ani přenosu vodní páry (vázané teplo). Oba výměníky jsou navzájem propojeny uzavřeným okruhem s oběhovým čerpadlem a teplonosnou látkou. V části kapalinového okruhu jsou čerpadlo, pojišťovací ventil, expanzní nádoba a regulační prvky. Pro kapalinový okruh platí podmínka, aby byl přenos tepla uskutečňován při turbulentním proudění s hodnotou Reynoldsova čísla $Re > 5000$. [7]

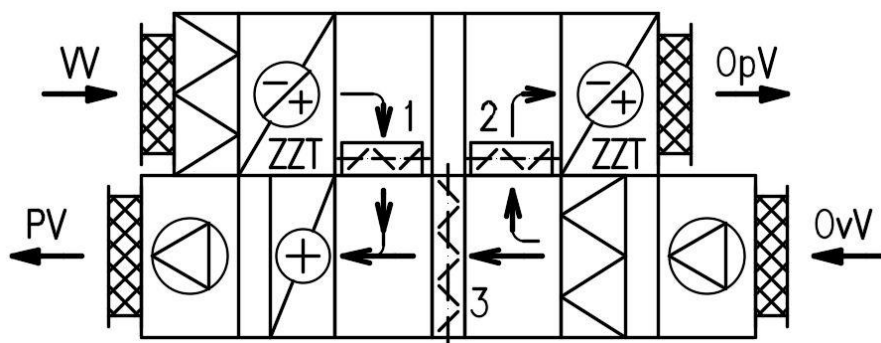
Tyto systémy dovolují napojení na další vzduchotechnické i kapalinové zařízení, tedy i využití získaného tepla jinak než jen na ohřev přiváděného vzduchu.

Ve výměníku napojeném v odpadním vzduchu může v zimní období docházet ke kondenzaci a srážení vodních kapek do proudu vzduchu, proto je vhodné za výměník osadit eliminátor kapek. Nedílnou součástí jsou filtry vzduchu proti zanášení výměníku prachem.

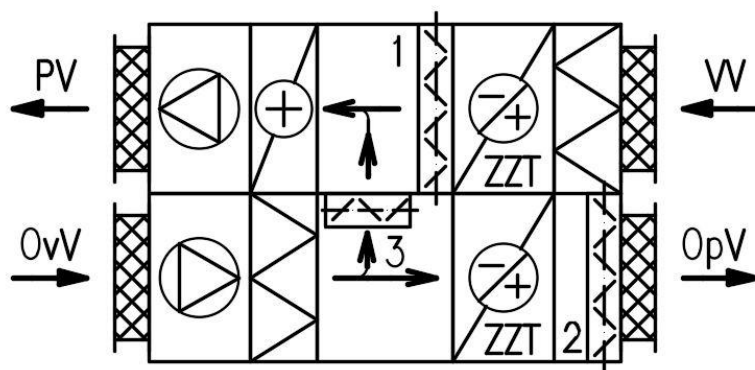


Obrázek 4 Schéma sestavy ZVT s lamelovými výměníky

Uspořádání větracích jednotek se dvěma výměníky pro ZVT a obíhající kapalinou podle obr. 5 a **Obrázek 66** umožňuje rychlé vyhřátí prostoru krátkodobým provozem zařízení jen s oběhovým vzduchem (klapka 3 je úplně otevřená a klapky 1 a 2 jsou uzavřené), Uspořádání na obrázku 7 umožňuje provoz zařízení pouze s čerstvým vzduchem. [8]

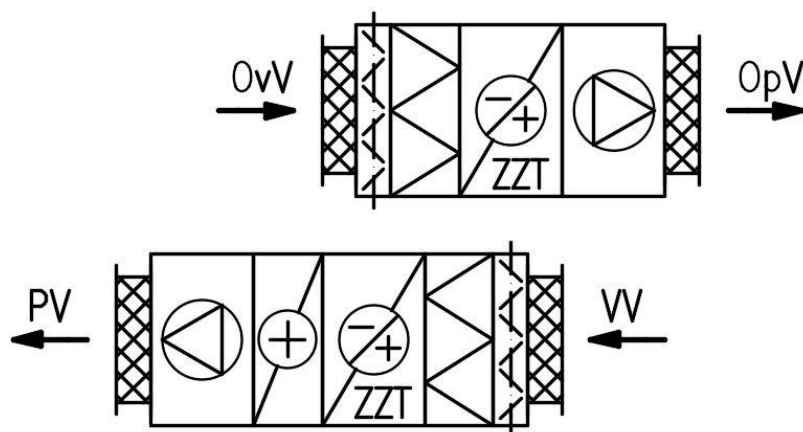


Obrázek 5 Zapojení výměníku ZVT umístěné v horním podlaží



Obrázek 6 Zapojení výměníku ZVT umístěné nad sebou

VV Vnější vzduch
PV Přívodní vzduch
OvV Odváděný vzduch
OpV Odpadní vzduch



Obrázek 7 Zapojení výměníku pro ZT umístěné v oddělených jednotkách pro odvod a přívod vzduchu

Výhody

- Oddělení vzduchových proudů, nedochází tedy k přenosu škodlivin ze znehodnoceného vzduchu do přívodního vzduchu,
- libovolná vzdálenost a libovolné umístění přívodního a odvodního výměníku,
- snížený nárok na prostor pro výměníky,
- možnost vzájemného propojení i několika sekcí a to jak vzduchu odváděného i přiváděného,
- snadná regulace.

Nevýhody

- Možnost využít jen citelné teplo,
- vyšší účinnost je podmíněna větším počtem řad výměníku a zvýšenou rychlostí a tlakovou ztrátou,
- nutnost použít hybné síly čerpadel a tedy zvýšené nároky na obsluhu a údržbu,
- zvýšené náklady na provoz (elektrická energie na pohon čerpadla),
- v důsledku namrzání v zimním období je podstatně snížena účinnost.

1.3.1 Účinnost

Účinnost tohoto zařízení je značně odvislá od počtu použitých řad výměníku. Účinnost běžného systému se pohybuje mezi 30 % až 50 %. Jsou-li použity speciální víceřadé (deset až dvacet řad) konstrukce výměníků s protiproudými vrstvami, může být dosaženo účinnosti 70 až 80%. [9] Dosáhnout vysoké účinnosti až 90 % umožňuje hospodárné využívání chladu z odpadního vzduchu v klimatizovaných budovách, při možnosti využít rozdíl venkovního a odváděného vzduchu 32/26 °C. [10] [11]

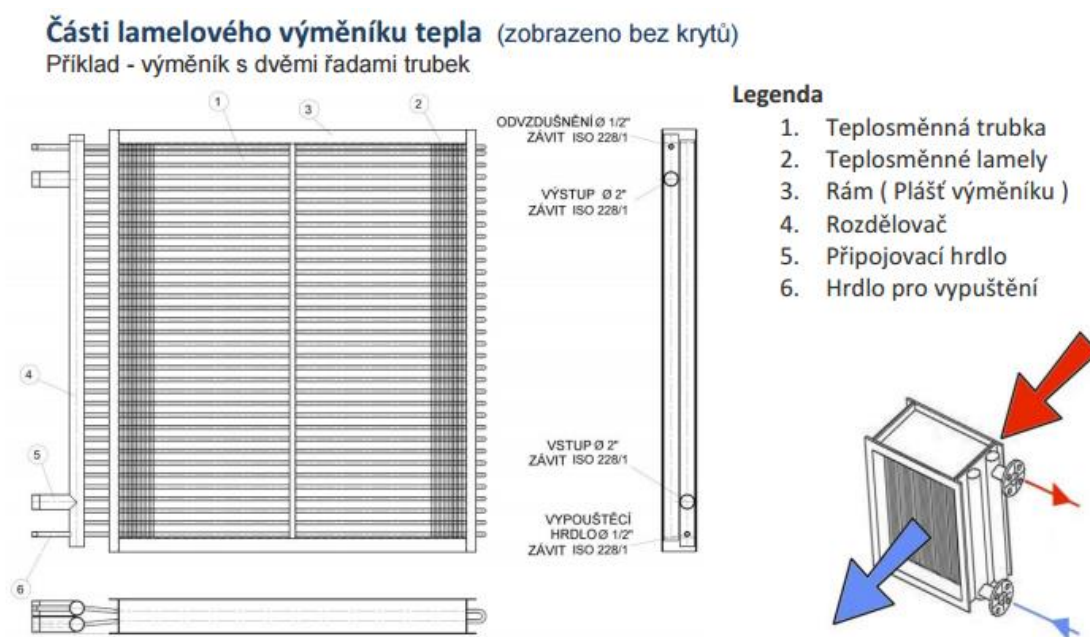
1.3.2 Výměníky kapalinového okruhu

Používají běžné rekuperační lamelové výměníky tepla obdobné pro ohřev a chlazení vzduchu. Z vnější strany jsou obtékány vzduchem. V trubkách proudí teplotně nosná látka. Tlakové ztráty lze korigovat roztečí trubek a lamel. Pro dosažení potřebného výkonu se skládají do více řad.

Základem jejich konstrukce je tzv. baterie. Tvoří je zpravidla měděné trubky o průměru 16 mm. Ty jsou zapájeny do rozváděcích komor – trubkovnic, z nichž každá má hrdlo pro přívod a odvod teplotnosného média. Trubkovnice jsou uvnitř rozděleny ještě přepážkami na několik úseků za účelem vytvoření vodních cest s rychlostí 0,5 až 1 m·s⁻¹ (pro vodu) a dosažení rovnoměrného rozložení toku kapaliny do jednotlivých trubek. Trubkovnice obvykle nesou jednu nebo dvě řady trubek o různém počtu v jedné řadě. Trubky mohou mít různé rozteče a uspořádání. Jednotlivé baterie je možné spojovat vedle sebe, nad sebe a za sebou, a získat tak prvním případem větší průtočnou plochu nebo ve druhém větší stupeň ohřátí.

Lamely zvětšují teplotnosnou plochu a zlepšují předávání tepelného výkonu. Lamely jsou tenké plechové destičky, navlečené na trubky. Zajištění dobrého tepelného toku mezi trubkou a lamelou se dosahuje vyražením otvorů pro trubky v lamelách s asi 2 mm vysokým ohnutým okrajem, prostřednictvím kterého dochází při nalisování na trubku k plošnému dotyku mezi lamelou a trubkou.

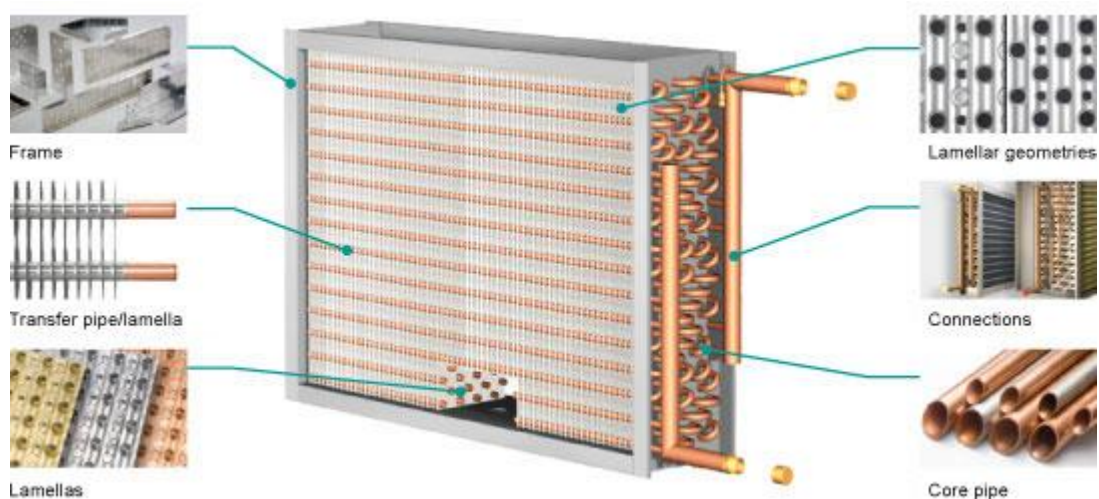
Popsané konstrukce je obvyklá pro vyráběné výměníky, u jednotlivých výrobců se může značně lišit. Konstrukce výměníků musí odpovídat čistotě a charakteru vzduchu, ve kterém je umístěn. Pro silně znečištěný vzduch se mohou použít i výměníky bez žeber, či výměníky z chemicky odolných materiálů.



Obrázek 8 Části lamelového výměníku tepla [12]

1.3.2.1 Materiál výměníků

Nejčastěji se vyrábějí výměníky v kombinaci měděné potrubí hliníkové lamely (označované jako provedení Cu/Al). Dosažení efektivní teplosměnné plochy umožňuje použití vrubovaných lamel. Použití materiálu je odvislé od aplikace.



Obrázek 9 Lamelový výměník [13]

Materiál potrubí

- měď
- ocel
- nerezová ocel
- slitina mědi a niklu

Materiál lamel

- hliník
- měď
- ocel
- pozinkovaná ocel
- hliník s ochranným nátěrem

1.3.2.2 Návrh výměníku

Návrh výměníku vyžaduje určení výstupní teploty za výměníkem a návrh optimálního počtu řad n_{op} . Poměrná změna teploty a výstupní teploty vnějšího vzduchu za výměníkem jsou dány rovnicí (1.7). [14]

$$\frac{\Delta t}{t_i - t_{em}} = \left(1 + \frac{2 \cdot V_v \cdot \rho_v \cdot c_v}{U \cdot n \cdot S_1}\right)^{-1} \quad (1.7)$$

Optimální počet řad n_{op} výměníku je dán vztahem (1.8). [14]

$$n_{op} = V_v \cdot \rho_v \cdot c_v \cdot \left[\sqrt{\frac{2 \cdot (t_i - t_{em}) \cdot \tau_2 \cdot P_2 \cdot 10^{-6}}{U \cdot S \cdot (6,7 \cdot V_v \cdot w^{1,52} \cdot \tau_1 \cdot P_1 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot C \cdot o)}} - \frac{2}{U \cdot S} \right] \quad (1.8)$$

kde

- V_v – průtok vzduchu zařízením ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
- ρ_v – hustota vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
- c_v – měrná tepelná kapacita vzduchu ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- t_i – teplota interiéru ($^{\circ}\text{C}$)
- t_{em} – střední teplota venkovního vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)
- U – součinitel prostupu tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
- S – plocha výměníku (m^2)
- S_1 – plocha 1 řady výměníku (m^2/m^2)
- n – počet řad výměníku
- P_1 – cena elektrické energie ($\text{Kč} \cdot \text{MWh}^{-1}$)
- P_2 – cena tepelné energie ($\text{Kč} \cdot \text{MWh}^{-1}$)

τ_1 – počet hodin provozu vzduchotechniky za rok ($\text{h} \cdot \text{rok}^{-1}$)

τ_2 – počet hodin provozu zařízení ZZT za rok ($\text{h} \cdot \text{rok}^{-1}$)

w – rychlost vzduchu ve výměníku ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

C – investiční náklady na jednu řadu výměníku včetně poměrných nákladů na potrubí a kapalinu (Kč)

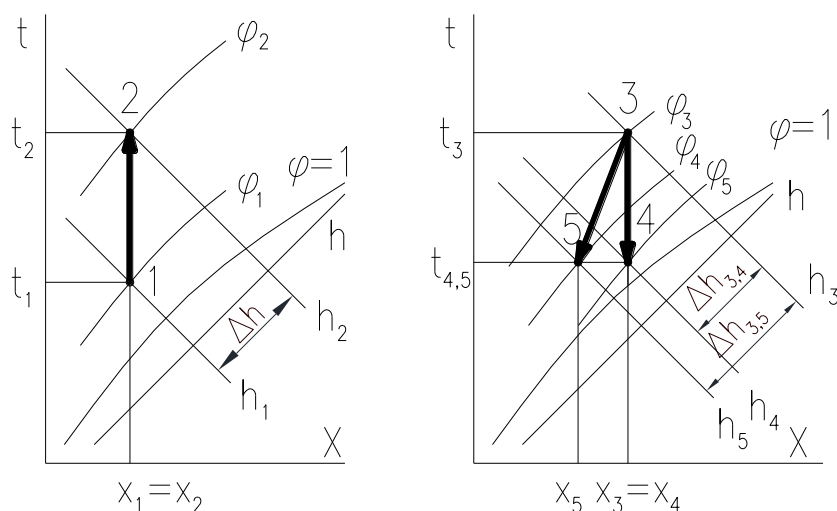
o – odpisy (-)

Tepelný výkon výměníků

Výkon výměníku tepla určíme dle rovnice (1.9) pro ohřev vzduchu naopak výkon výměníku s kondenzačním teplem tedy pro ochlazení vzduchu pod rosný bod a vznik kondenzátu použijeme rovnici (1.10).

$$Q = m_v \cdot c_v \cdot (t_2 - t_1) = V_V \cdot c_v \cdot \rho \cdot (t_2 - t_1) \quad (1.9)$$

$$Q = m_v \cdot (h_3 - h_{4,5}) = V_V \cdot \rho_v \cdot (h_3 - h_{4,5}) \quad (1.10)$$



Obrázek 10 H-x diagramy

Pro velikost teplosměnné plochy S rov. (1.11) je třeba znát střední rozdíl teplot Δt_m rov. (1.12) a součinitel prostupu tepla U rov. (1.13).

$$S = \frac{Q}{U \cdot \Delta t_m} \quad (1.11)$$

$$\Delta t_m = \frac{(t_{w1} - t_1) - (t_{w2} - t_2)}{\ln \frac{t_{w1} - t_1}{t_{w2} - t_2}} \quad (1.12)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} \cdot \frac{S_e}{S_i} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (1.13)$$

kde Q – tepelný výkon výměníku (W)
 m_v – hmotnostní průtok vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)
 V_v – objemový průtok vzduchu ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

c_v – měrná tepelná kapacita vzduchu ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
 ρ_v – hustota vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
 S – teplosměnná plocha (m^2)
 Δt_m – střední rozdíl teplot ($^{\circ}\text{C}$)
 U – součinitel prostupu tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 $t_{1,2}$ – teplota vzduchu v bodě 1, 2 ($^{\circ}\text{C}$)
 $h_{3,4,5}$ – měrná entalpie v bodě 3, 4, 5 ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)
 t_{w1} – vstupní teplota teplotnosné látky ($^{\circ}\text{C}$)
 t_{w2} – výstupní teplota teplotnosné látky ($^{\circ}\text{C}$)
 S_e – vnější plocha lamel (m^2)
 S_i – vnitřní plocha trubek (m^2)
 α_i – součinitel přestupu tepla v trubkách pro ohřev $\alpha_i = 3\,380 w_w^{0,85} (1 + 0,014 \Delta t_w)$, pro chlazení $\alpha_i = 2\,900 w_w^{0,85} (1 + 0,014 \Delta t_w)$, ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 w_w – rychlost kapaliny ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
 α_e – součinitel přestupu tepla na straně vzduchu $\alpha_e = 23,6 w_v^{0,365}$ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 w_v – rychlost proudění vzduchu v nejužším průřezu ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

1.3.3 Teplotnosné látky pro kapalinový okruh

Rozhodujícími vlastnostmi teplotnosných látek jsou:

- měrná hustota ρ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
- měrná tepelná kapacita c ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- tepelná vodivost λ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- kinematická viskozita ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)
- součinitel tepelné roztažnosti β (K^{-1})

Při nižších pracovních teplotách se u nemrznoucí směsi výrazněji mění kinematická viskozita než u vody, významně klesá měrná tepelná kapacita a narůstá měrná hmotnost. [15] Průtočné rychlosti musí být několikanásobně vyšší než pro vodu ($1,2$ až $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), aby bylo zajištěno turbulentní proudění kapaliny.

Jako kapalina zprostředkující přenos tepla se zpravidla používá směs vody a 30 % etylenglykolu. Nejvýhodnější teplotnosnou látkou je obyčejná voda - má největší tepelnou kapacitu, nízkou kinematickou viskozitu. Bohužel má vysoký bod tuhnutí. Používá se v aplikacích, kde nedochází k poklesu teploty pod bod mrazu nebo se musí použít protimrazové zapojení. [8]

1.3.3.1 Glykolové nemrznoucí směsi

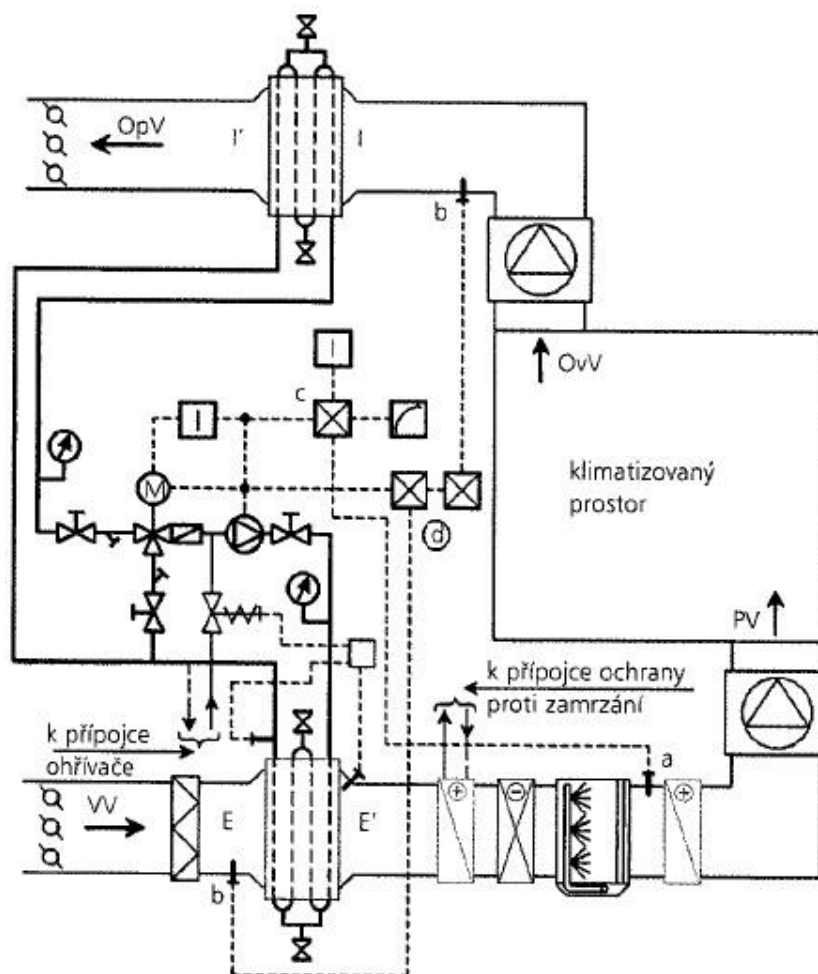
Glykolové nemrznoucí směsi mohou být dvojího druhu: směs etylenglykolu a vody nebo propylenglykolu a vody. Obvyklé koncentrace ředění v rozmezí 10-50 %. Etylenglykol je vysoce jedovatý, proto musí být systém dostatečně těsný. Propylenglykol je netoxický, ale korozivita čisté směsi je významně vyšší, proto je zapotřebí použít inhibitory koroze. Glykolové směsi se vyznačují zhruba o 25 % nižší tepelnou kapacitou a až 6x vyšší viskozitou než u vody. [16]

1.3.3.2 Alkoholy

Metylalkohol a etylalkohol se vyznačují nízkým bodem tuhnutí, nízkým bodem varu nízkou tepelnou kapacitou. Jedná se o těkavé toxické látky. Snadno unikají z uzavřeného okruhu.

1.3.3.3 Silikonové oleje

Silikonové oleje mají nízký bod tuhnutí a velmi vysoký bod varu. Vyznačují se nízkou tepelnou kapacitou a vysokou viskozitou, což vede k vyšším nákladům na energie pro pohon čerpadla.



Obrázek 11 Schéma s výměníky zapojenými do okruhu pro ZTT a s vodou jako nosičem energie a s protimrazovým zapojením [8]

a) snímač teploty vzduchu pro vytápěcí provoz, b) snímač teploty vzduchu pro chladicí provoz, c) regulátory teploty vody pro vytápěcí provoz, d) regulátory teploty vody pro chladicí provoz

1.3.4 Zabezpečovací zařízení pro kapalinový okruh

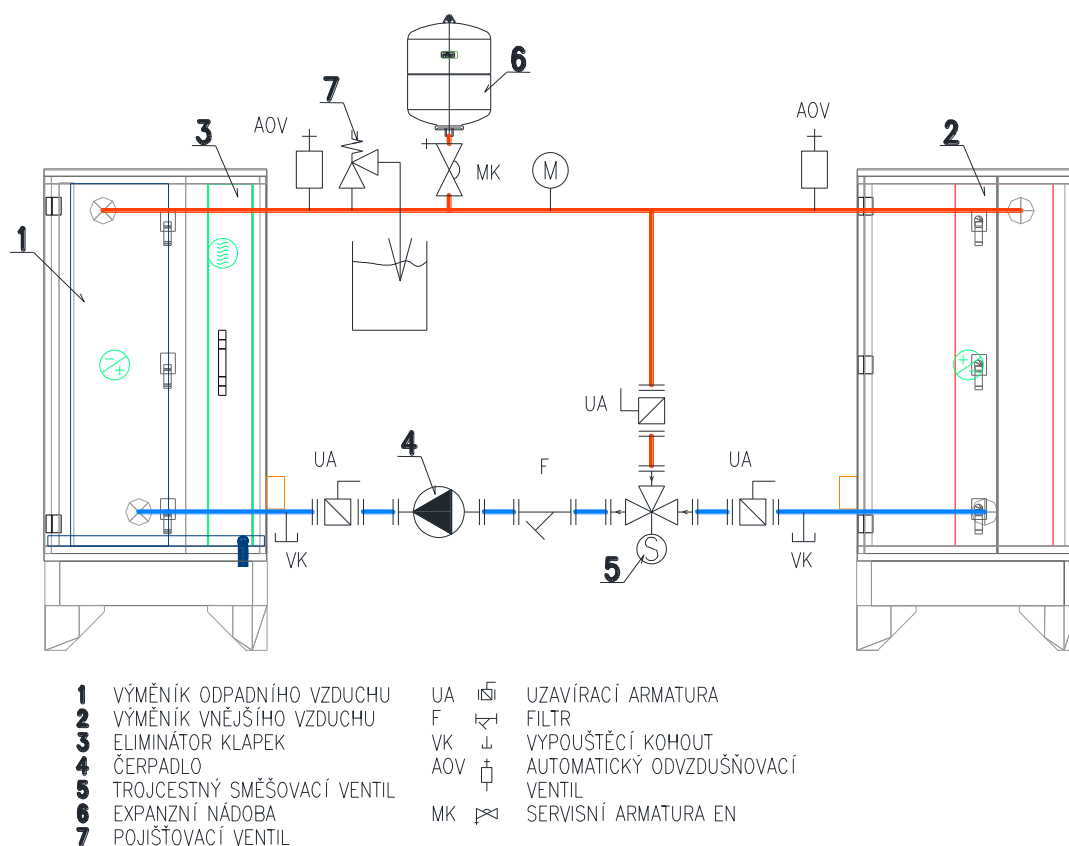
Jako každý uzavřený systém používaný v TZB musí být okruh opatřen pojistným zařízením [17]. Zabezpečovací zařízení tvoří pojistovací ventil a expanzní nádoba. Pro kapalinové okruhy se používají běžné tlakové expanzní nádoby určené pro nemrznoucí kapaliny připojené přes servisní armaturu. Důležitá je odolnost membrány vůči působení glykolu. Při výpočtu nádoby zohledníme vlastnosti látky použité v okruhu – zejména její roztažnost. Pojistný ventil standardně navrhujeme s ohledem na tlakovou odolnost nejslabšího prvku. Měl by být odolný teplotně odolné látky. Vychází se z klasické topenářské metodiky podle [17], stanovuje se průtočný průřez ventilu S_0 dle rovnice (1.14) za předpokladu že nevznikne pára. Vnitřní průměr pojistného potrubí d_v se stanoví ze vztahu (1.15).

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} \quad (1.14)$$

$$d_v = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p} \quad (1.15)$$

kde S_o – průtočný průřez sedla ventilu (mm²)
 Q_p – pojistný výkon (kW)
 α_w – výtokový součinitel pojistného ventilu (-)
 p_{ot} – otevírací přetlak pojistného ventilu (kPa)

Odtok z pojistného ventilu musíme zaústit do sběrné nádoby. Pokud v zařízení dojde k vývinu páry, uvažujeme výpočet dle ČSN 06 0830 [17].



Obrázek 12 Zapojení výměníků v kapalinovém okruhu

1.3.5 Regulace

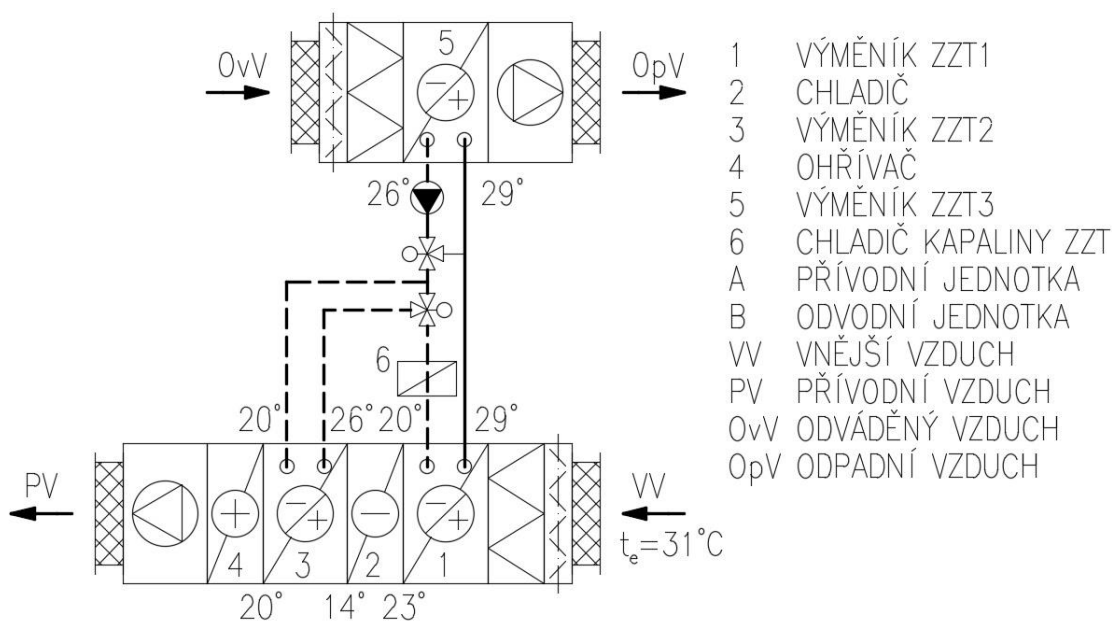
Regulace kapalinového okruhu je potřebná v přechodném a zimním období. Čerpadlo běží na konstantní průtok. Trojcestný ventil a obtok regulují výkon. Teplota nosiče nesmí klesnout pod 0 °C, aby na výměníku v odpadním vzduchu nevznikala námraza, to by mělo za následek zhoršení schopnosti předávat teplo. Při venkovních teplotách pod -5 °C trojcestný ventil vrací část tekutiny do výměníku v odvodní jednotce, tím se zvýší teplota ve výměníku. Výsledkem je snížení zpětného zisku tepla. V letním provozu se ventil úplně otevře.

1.3.6 Použití

- prostory, kde není možná instalace přírodních a odvodních větví u sebe,
- hygienické sestavné klimatizační jednotky,
- dodatečná montáž na stávající zařízení,
- ZZT v průmyslu – znehodnocený odpadní vzduch.

Multifunkční využití: [10]

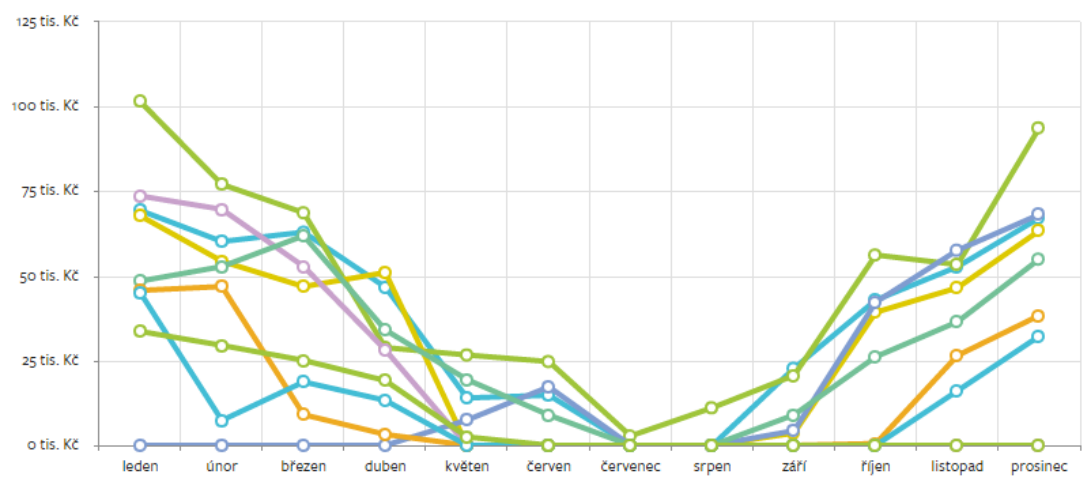
- adiabatické nepřímé chlazení se sprchováním výměníku na straně odpadního vzduchu,
- odvlhčování v zařízení se 100 % venkovního vzduchu např. pro plavecké bazény, kde umožňuje spojit v odvodu všechny prostory s rozdílnými teplotami a vlhkostmi - bazén, šatny, sprchy a vedlejší prostory,
- nízkoteplotní ohřívače např. s chladicí vodou od strojů nebo s dochlazováním vratné vody centralizovaného zásobování teplem, případně vodou ze slunečních kolektorů (voda 40/25, vzduch 20/38 °C),
- chladiče vzduchu v místnostech při větrání zaplavováním k odvodu citelného tepla s teplotami např. vody 18/28 a vzduchu 30/20 °C.



Obrázek 13 Schéma multifunkční sestavy zařízení ZZT - odvlhčení vzduchu

1.3.7 Příklad realizace

Jako názorný příklad uvádím instalaci glykolového okruhu v Národním divadle v Praze. V divadle je čerstvý vzduch nasáván u hladiny vltavské vody a odpadních vzduch pod střechu historické budovy. Pro vzdálenost obou vzduchovodu byl zvolen právě glykolový okruh. Na stránkách <http://www.usporedivadlo.cz/> je přístup k výsledkům kolik systém ZZT dokáže získat energie a jaké jsou dosažené úspory. Obrázek 14 udává úspory v letech 2008-2016 po jednotlivých měsících.



Celkové úspory:

2008	2009	2010	2011
453 430 Kč	565 244 Kč	372 793 Kč	224 275 Kč
2012	2013	2014	2015
197 082 Kč	352 144 Kč	170 289 Kč	132 857 Kč
2016			
109 880 Kč			

Obrázek 14 Graf úspor v národním divadle [18]

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

VZDUCHOTECHNIKA DIVADLA

2 VÝPOČTOVÁ ČÁST

2.1 Analýza objektu

2.1.1 Popis objektu

Objekt, který jsem zvolil pro návrh vzduchotechniky je přístavba divadla ve Víceúčelovém kulturním centru nacházející se ve městě Lipník nad Bečvou v okrese Přerov. Komplex tvoří penzion, restaurace, tenisové kurty zahrada a nově zbudované divadlo. Divadlo bude přistavěno ke stávajícímu penzionu. Nový objekt bude od stávajícího funkčně oddělen. Celé budově dominuje sál s vyvýšeným stropem, pódium, barem a balkóny po obvodě. Vnitřní balkóny jsou propojeny s venkovními, které jsou napojeny na únikové schodiště. Z přízemí je možný přístup do zahrady s jezírkem. Na sál navazují reprezentativní prostoty a zázemí herců. Hlavní vstup směřuje na sever k parkovišti a příjezdové komunikaci. V blízkosti protéká řeka Bečva, okolí je zástavba rodinných domů.

Od parkoviště musíme učinit pár kroku po schodišti, abychom se dostali do vstupního prostoru. Hned od dveří na nás udělá dojem bar s posezením a šatna pro odkládání věcí. Po zdolání tří schůdků se ocitneme v Hale, propojené s hygienickým zázemím s možností vstupu do hlavního sálu. Do sálu vstupujeme netradičně od pódia, máme tedy již od začátku přehled o prostoru, po levici je bar a točité schodiště na balkon, vpravo je schodiště a okna s tmavými závěsy. Jeviště je vyvýšené, ale bez opony. Nejlepší výhled je s prostředního balkonu, kde sídlí i zvukař. Šatny herců jsou převážně vybaveny vlastní koupelnou.

V místě nově budovaného objektu se dříve nacházel starý nepoužívaný sklad. Některé konstrukce budou využity pro novou budovu. Nově budované konstrukce jsou navrženy s keramických tvárnic. Zastřešení sálu tvoří sbíjení vazníky, které nad prostorem vytváří vyvýšeninu tvaru pravidelného lichoběžníku. Strop je zateplen minerální vatou. Ostatní stropy jsou monolitické ze železobetonu se sádkartonovým podhledem. Střecha je z keramických tašek.

2.1.2 Rozdělení na funkční celky

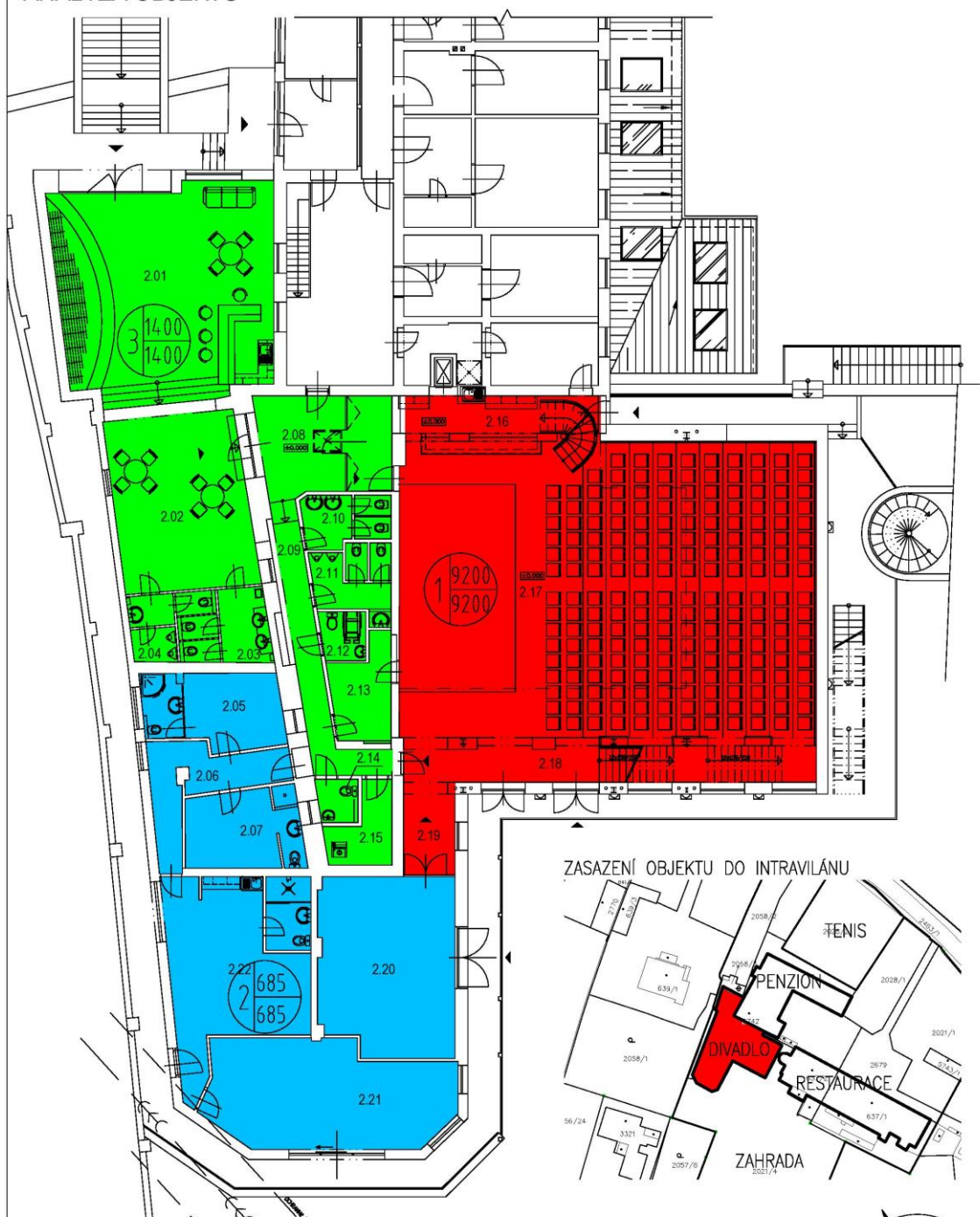
V rámci budovy je nabízen rozdělení do tří funkčních celků. Jsou to prostory s odlišnými požadavky na provoz, kde se vyskytují a stýkají různí účastníci provozu. Jde o samotné návštěvníky, herce a místo, kde se stýkají tyto dvě skupiny. Jedná se tedy o prostor pro návštěvníky, šatny pro herce a divadelní sál s pódium.

Funkční celky v divadle:

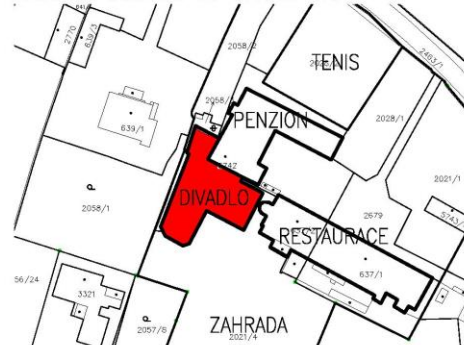
1. Klimatizace hlediště a podia
2. Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících
3. Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků

Pro přísun vzduchu do každého celku bude použita vlastní vzduchotechnická jednotka. Tato zařízení budou pracovat nezávisle na sobě.

ANALÝZA OBJEKTU



ZASAZENÍ OBJEKTU DO INTRAVILÁNU



ZAŘÍZENÍ Č. 1 – KLIMATIZACE HLEDIŠTĚ A PÓDIA

ZAŘÍZENÍ Č. 2 – NUCENÉ VĚTRÁNÍ ŠATEN A HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ ÚČINKUJÍCÍCH

ZAŘÍZENÍ Č. 3 – NUCENÉ VĚTRÁNÍ PŘEDSÁLÍ A HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ NÁVŠTĚVNÍKŮ

ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY

VZDUCHOTECHNIKA DIVADLA
VYPRACOVAL KAREL BĚŤÁK

MEŘÍTKO
1:200

Obrázek 15 Rozdělení na funkční celky

2.1.2.1 Popis funkčních celku

Zařízení č. 1 – Klimatizace hlediště a pódia

Prostor je pomyslně rozdělen do čtyř místností – Bar, Hlediště, pódium, Chodba, Schodiště. Po stranách jsou schodiště vedoucí na balkóny. Předpokládá se velký výskyt osob - maximální kapacita 251. Vzduchotechnika zajistí potřebné mikroklima, v létě chlazení, v zimě vytápění.

Zařízení č. 2 Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících

Soubor místností určený pro vystupující na pódium. Herci mají k dispozici 4 šatny, 3 s vlastním hygienickým zázemím a 1 bez koupelny. K prostoru je zařazen sklad rekvizit, kde bude umístěna podstropní jednotka. Předpokládané obsazení šaten: 2 herci na 1 šatnu. Vzduchotechnická jednotka zaručí nucené větrání místnosti. V zimě přivádí vzduch o teplotě místnosti, v létě bude vzduch schlazen na 27 °C, aby nezvyšoval tepelnou zátěž.

Zařízení č. 3 Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků

Místnosti určené pro návštěvníky s dominujícím vstupem a salónek. Budova disponuje dostatečným hygienickým zázemím, situovaným právě v této části. Toalety budou větrány podtlakově, s úhrnem vzduchu z okolních místností. V zimě přivádí vzduch o teplotě místnosti, v létě bude vzduch schlazen na 27 °C, aby nezvyšoval tepelnou zátěž.

2.2 Tepelná bilance

Vzduchotechnika bude zajišťovat vytápění a chlazení hlediště a pódia. Vytápění zbylých celků zajistí otopná tělesa a podlahové vytápění viz profese vytápění. Vzduchotechnika pokryje tepelnou ztrátu větráním. Tepelná ztráta a zátěž jsou vypočteny pouze pro místnost č. 217 Hlediště a pódium.

2.2.1 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

místo:	Lipník nad Bečvou
nadmořská výška:	250 m. n. m.
normální tlak vzduchu	99,9 kPa

Tabulka 1 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

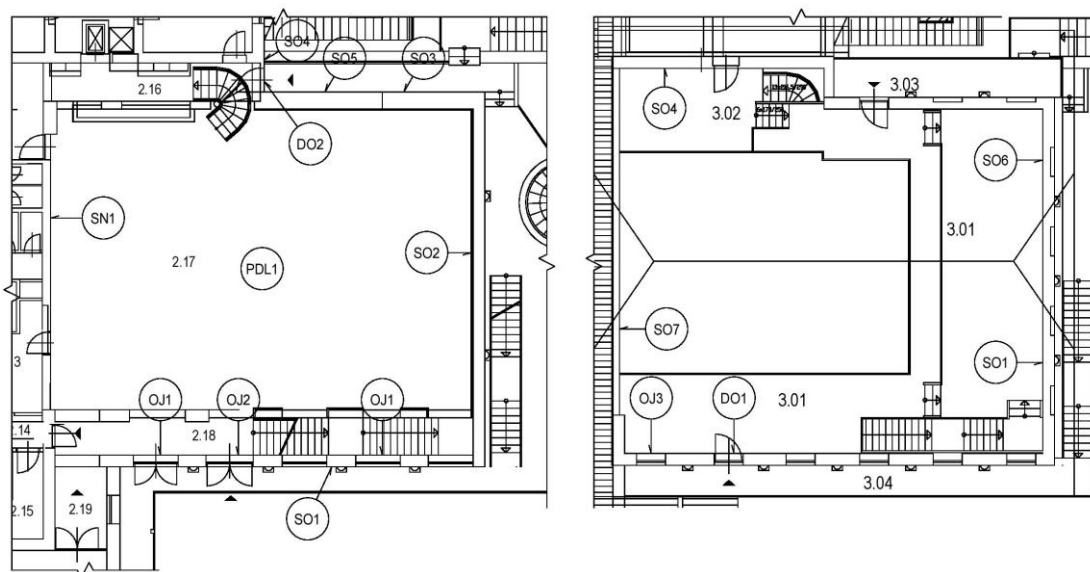
Parametr	LÉTO	ZIMA
Teplota venkovního vzduchu t_e	32 °C	-15 °C
Entalpie vzduchu h_e	66,4 kJ·kg ⁻¹	-
Měrná vlhkost vzduchu x_e	-	0,9

2.2.2 Výpočtové hodnoty vnitřního mikroklimatu

teplotní parametry interiéru:	léto 25 °C, zima 20 °C - hlediště, podium
	léto 27 °C, zima 22 °C - zázemí herců
	léto 27 °C, zima 20 °C - zázemí návštěvníků

2.2.3 Součinitel prostupu tepla

Pro výpočet tepelné bilance jsou použity součinitelé prostupu tepla konstrukcí uvedené ve stavebním řešení.



Obrázek 16 Rozmístění konstrukcí 1NP a 2NP

Tabulka 2 Součinitelé prostupu tepla

Číslo konstrukce	U_k ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Název konstrukce
SO1	0,25	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45)
SO2	0,18	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45+ti)
SO3	0,14	Stěna ochlazovaná (tl. 0,65+ti)
SO4	0,29	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45; st.)
SO5	0,29	Stěna ochlazovaná (tl. 0,65+ti; st)
SO6	0,25	Stěna ochlazovaná (tl. 0,3+ ti)
SO7	0,28	Stěna ochlazovaná (tl. 0,25+ ti)
SN1	0,70	Stěna neochlazovaná
PDL1	0,33	Podlaha na zemině
STR1	0,19	Strop
OJ1	1,35	Okno jednoduché (1,7x 2,17)
OJ2	1,34	Okno jednoduché (1,8x 2,17)
OJ3	1,32	Okno jednoduché (1,1x 1,97)
DO1	1,32	Dveře ochlazované (1,1x 1,97)
DO2	1,35	Dveře ochlazované (1,05x2,95)
DO3	1,50	Dveře ochlazované (0,9x1,97)

2.2.4 Výpočet tepelných ztrát

Tepelné ztráty byly vypočteny dle ČSN EN 12 831 [19]. Výpočet byl proveden ručně, bez použití softwaru k tomu určeném. Výpočet je rozdělen na části tepelné ztráty prostupem a větráním. V tepelné ztrátě větráním se zohlední pouze infiltrace. Podrobný výpočet je uveden v ČSN EN 12 831. [19]

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru

$$\phi_i = \phi_{T,i} \cdot \phi_{v,i} \quad (1.16)$$

kde $\phi_{T,i}$ – návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (W)
 $\phi_{v,i}$ – návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (W)

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (1.17)$$

Tepelná ztráta prostupem tepla přímo do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = \Sigma_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad (1.18)$$

Tepelná ztráta nevytápěným prostorem

$$H_{T,iue} = \Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \quad (1.19)$$

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (1.20)$$

Tepelná ztráta do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

$$H_{T,ij} = \Sigma_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij} \quad (1.21)$$

Tepelná ztráta do přilehlé zeminy

$$H_{T,ig} = (\Sigma_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w \quad (1.22)$$

kde $H_{T,ie}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy ($W \cdot K^{-1}$)
 $H_{T,iue}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem ($W \cdot K^{-1}$)
 $H_{T,ij}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu ($W \cdot K^{-1}$)
 $H_{T,ig}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu ($W \cdot K^{-1}$)
 $\theta_{int,i}$ – výpočtová vnitřní teplota ($^{\circ}C$)
 θ_e – výpočtová venkovní teplota ($^{\circ}C$)
 A_k – plocha stavební části (m^2)
 U_k – součinitel prostupu tepla stavební částí ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
 e_k – korekční činitel vystavení povětrnostních vlivů
 b_u – teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty (-)
 f_{g1} – korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
 f_{g2} – teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou
 $U_{equiv,k}$ – ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
 G_w – korekční činitel zohledňující vliv spodní vody

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (1.23)$$

kde $H_{v,i}$ – součinitel návrhové tepelné ztráty větráním ($W \cdot K^{-1}$)
 $\theta_{int,i}$ – výpočtová vnitřní teplota ($^{\circ}C$)

Tabulka 3 Výpočet tepelné ztráty

Označení místnosti		Název místnosti		Výpočtová teplota $\theta_{int,i}$ (C°)			20
217		Hlediště, Podium					
Výpočtová venkovní teplota θ_e (C°)		-15					
Výpočtová venkovní teplota $\Theta_{m,e}$ (C°)		3,8		Počet dnů v otopném období	231		
Výpočet tepelné ztráty prostupem místnosti č. 217							
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45)	18,73	0,25	0,05	0,3	1,00	5,62
SO6	Stěna ochlazovaná (tl. 0,3+ ti)	4,33	0,25	0,05	0,3	1,00	1,30
DO1	Dveře ochlazované (1,1x 1,97)	2,17	1,32	0	1,32	1,00	2,86
SO4	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45; st.)	28,40	0,29	0,05	0,34	2,00	19,31
DO3	Dveře ochlazované (0,9x1,97)	2,10	1,5	0	1,5	3,00	9,45
SO1	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45)	33,99	0,25	0,05	0,3	1,00	10,20
SO6	Stěna ochlazovaná (tl. 0,3+ ti)	8,67	0,25	0,05	0,3	1,00	2,60
SO1	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45)	36,90	0,25	0,05	0,3	1,00	11,07
OJ3	Okno jednoduché (1,1x 1,97)	2,17	1,32	0	1,32	1,00	2,86
OJ3	Okno jednoduché (1,1x 1,97)	2,17	1,32	0	1,32	1,00	2,86
OJ3	Okno jednoduché (1,1x 1,97)	2,17	1,32	0	1,32	1,00	2,86
OJ3	Okno jednoduché (1,1x 1,97)	2,17	1,32	0	1,32	1,00	2,86
OJ3	Okno jednoduché (1,1x 1,97)	2,17	1,32	0	1,32	1,00	2,86
DO1	Dveře ochlazované (1,1x 1,97)	2,17	1,32	0	1,32	1,00	2,86
SO7	Stěna ochlazovaná (tl. 0,25+ ti)	42,65	0,28	0,05	0,33	1,00	14,08
SO7	Stěna ochlazovaná (tl. 0,25+ ti)	10,92	0,28	0,05	0,33	1,00	3,60
SO1	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45)	10,92	0,25	0,05	0,3	1,00	3,28
SO4	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45; st.)	3,83	0,29	0,05	0,34	1,00	1,30
DO3	Dveře ochlazované (0,9x1,97)	1,80	1,5	0	1,5	1,00	2,70
SO5	Stěna ochlazovaná (0,65+ti;st)	18,74	0,29	0,05	0,34	1,00	6,37
SO3	Stěna ochlazovaná (tl. 0,65+ti)	14,76	0,14	0,05	0,19	1,00	2,80
SO2	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45+ti)	52,95	0,18	0,05	0,23	1,00	12,18
SO1	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45)	33,95	0,25	0,05	0,3	1,00	10,18
OJ1	Okno jednoduché (1,7x 2,17)	3,69	1,35	0	1,35	1,00	4,98
OJ1	Okno jednoduché (1,7x 2,17)	3,69	1,35	0	1,35	1,00	4,98
OJ1	Okno jednoduché (1,7x 2,17)	3,69	1,35	0	1,35	1,00	4,98
OJ1	Okno jednoduché (1,7x 2,17)	3,69	1,35	0	1,35	1,00	4,98
OJ2	Okno jednoduché (1,8x 2,17)	3,91	1,34	0	1,34	1,00	5,23
SO1	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45)	9,95	0,25	0,05	0,3	1,00	2,98
OJ3	Okno jednoduché (1,1x 1,97)	2,17	1,32	0	1,32	1,00	2,86
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							167,07

Tabulka 4 Výpočet tepelné ztráty - pokračování

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Teplota v nevytápěném prostoru $\theta_u(^{\circ}\text{C})$		-6					
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	49,91	0,19	0,05	0,24	0,74	8,90
STR1	Strop	28,98	0,19	0,05	0,24	0,74	5,17
STR1	Strop	103,04	0,19	0,05	0,24	0,74	18,37
STR1	Strop	28,98	0,19	0,05	0,24	0,74	5,17
STR1	Strop	49,91	0,19	0,05	0,24	0,74	8,90
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							46,50

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odlišnýnou teplotou $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)						0,00

Tepelné ztráty zeminou								
Stavební konstrukce								
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PDL1	Podlaha na zemi	211,715	0,18	38,11	1,45	0,46	1	0,67
PDL1	Podlaha na zemi	7,200	0,18	1,30				
PDL1	Podlaha na zemi	14,700	0,18	2,65				
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k})$				42,05				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)					28,22			

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$						241,79
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)		
20	-15	35	241,79	$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ 8 463		

Tepelná ztráta větráním – přirozené větrání				
Objem místnosti V_i (m ³)	Výpočtová v. teplota θ_e	Výpočtová v. teplota $\theta_{int,i}$	Hygienické požadavky	
			n (h ⁻¹)	$V_{min,i}$ (m ³ /h)
1438	-15	20	2	0,00
Počet nechráněných otvorů	Výškový korekční činitel ϵ	Činitel zaclonění e	n_{50}	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ (m3/h)
14	1	0,03	1,0	86,28
Výpočet tepelné ztráty větráním				
max. z $V_{min,i}$, $V_{inf,i}$		$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Náv. tep. ztr. větráním $\Phi_{v,i}$ (W)
86,28		29,34	35	1 027

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost Hlediště, Podium	9 489W
$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i} =$	

2.2.5 Výpočet tepelné zátěže

Výpočet byl proveden podle normy ČSN 73 0548 [20] pro místnost č. 217 Hlediště a pódium. Výpočet byl proveden ručně a pro srovnání také v programu Teruna v1.5b. [21] Okna jsou situována na jihozápad a budou zakryty tmavými závěsy.

Vstupní hodnoty

Rozměr místnosti: délka $l = 13,99 \text{ m}$
 šířka $\bar{s} = 16,80 \text{ m}$
 světlá výška $s.v. = 7,63 \text{ m}$

Teplota v místnosti: $t_i = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
 Venkovní teplota $t_e = 32 \text{ }^\circ\text{C}$
 V okolní místnosti $t_{i2} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$
 Stínící součinitel: 0,3
 Počet osob: 251

Tabulka 5 Parametry oken pro tepelnou bilanci

Okna:

Parametr	Okno OJ1			Okno OJ3		
Počet		5	ks		6	ks
Výška okna	$a =$	2,17	m	$a =$	1,97	m
Šířka okna	$b =$	1,70	m	$b =$	1,10	m
Šířka rámu	$\bar{s}.r. =$	0,13	m	$\bar{s}.r. =$	0,13	m
Výška zasklení	$l_a =$	1,91	m	$l_a =$	1,65	m
Šířka zasklení	$l_b =$	1,44	m	$l_b =$	0,84	m
Odstup od svislé stínící překážky	$f =$	0,13	m	$f =$	0,13	m
Odstup od vodorovné stínící překážky	$g =$	0,13	m	$g =$	0,13	m
Hloubka okna (venkovní nadpraží)	$c =$	0,12	m	$c =$	0,12	m
Hloubka okna (venkovní ostění)	$d =$	0,12	m	$d =$	0,12	m
Plocha okna	$S_{ok1} =$	3,69	m^2	$S_{ok2} =$	2,17	m^2
Plocha zasklení	$S_{o1} =$	2,75	m^3	$S_{o2} =$	1,39	m^3

Součinitel prostupu tepla okna $U_w = 1,35 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$

Okna jsou pouze na jihozápadní fasádě. Dle tabulky č. 10 normy ČSN 73 0548 [20] je maximální intenzita sluneční radiace I_o na JZ fasádu v 15 hodin.

- výška slunce nad obzorem $h = 44^\circ$
- sluneční azimut $\alpha = 246^\circ$
- azimut stěny $\gamma = 207^\circ$
- maximální intenzita procházející sluneční radiace $I_o = 511 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
- intenzita difuzní radiace $I_{diff} = 117 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

2.2.5.1 Tepelná zátěž z vnějšího prostředí

Tepelná zátěž okny

Vodorovný stín e_1

$$e_1 = c \cdot \tan|\alpha - \gamma| \text{ (m)} \quad (1.24)$$

c hloubka okna (venkovní nadpaží)
 α sluneční azimut
 γ azimut stěny

$$e_1 = 0,12 \cdot \tan|246 - 207| = 0,10 \text{ m}$$

Svislý stín

$$e_2 = d \cdot \frac{\tan h}{\cos|\alpha - \gamma|} \text{ (m)} \quad (1.25)$$

d hloubka okna (venkovní ostění)
 h výška slunce od obzoru
 α sluneční azimut
 γ azimut stěny

$$e_2 = 0,12 \cdot \frac{\tan 44}{\cos|246 - 207|} = 0,15 \text{ m}$$

Osluněná část okna

$$S_{OS} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)] \text{ (m}^2\text{)} \quad (1.26)$$

l_a výška zasklení
 l_b šířka zasklení
 f odstup od svislé stínící překážky (šířka rámu)
 g odstup od vodorovné stínící překážky (šířka rámu)

Okno OJ1

$$S_{OS1} = [1,91 - (0,10 - 0,13)] \cdot [1,44 - (0,15 - 0,13)] = 2,76 \text{ m}^2$$

Stín dopadá na rám – započítáme celé zasklení $S_{OS} = 2,75 \text{ m}^2$.

Okno OJ3

$$S_{OS2} = [1,65 - (0,10 - 0,13)] \cdot [0,84 - (0,15 - 0,13)] = 1,38 \text{ m}^2$$

Tepelný zisk sluneční radiací

$$Q_{Or} = [S_{OS} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{OS}) \cdot I_{o \text{ dif}}] \cdot s \text{ (W)} \quad (1.27)$$

S_{OS} osluněný povrch okna (m^2)
 S_o plocha zasklení (m^2)
 I_o celková intenzita sluneční radiace, procházející standartním jednoduchým zasklením ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)
 $I_{o \text{ dif}}$ intenzita difúzní sluneční radiace, procházející standartním jednoduchým zasklením ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)
 c_o korekce na čistotu atmosféry ($c_o = 0,85$)
 s stínící součinitel (-)

Okno OJ1
Jedno okno

$$Q_{Or1/1} = [2,75 \cdot 511 \cdot 0,85 + (2,75 - 2,75) \cdot 117] \cdot 0,3 = 358 \text{ W}$$

Všechna okna

$$Q_{Or1} = 358 \cdot 5 = \mathbf{1\,792 \text{ W}}$$

Okno OJ3
Jedno okno

$$Q_{Or2/1} = [1,38 \cdot 511 \cdot 0,85 + (1,39 - 1,38) \cdot 117] \cdot 0,3 = 180 \text{ W}$$

Všechna okna

$$Q_{Or2} = 180 \cdot 6 = \mathbf{1\,081 \text{ W}}$$

Celkový tepelný zisk sluneční radiací do místnosti

$$Q_{Or} = 1\,792 + 1\,081 = \mathbf{2\,873 \text{ W}}$$

Tepelné zisky oken konvekcí

$$Q_{Ok} = S_{ok} \cdot U_w \cdot (t_e - t_i) \text{ (W)} \quad (1.28)$$

S_{ok} plocha okna (m^2)
 U_w součinitel prostupu tepla okna ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 t_e teplota vnějšího vzduchu pro určenou hodinu (JZ, 15 hodin, $t_e = 54,4^\circ\text{C}$)

Okno OJ1
Jedno okno

$$Q_{Ok1/1} = 3,69 \cdot 1,35 \cdot (54,4 - 25) = 146 \text{ W}$$

Všechna okna

$$Q_{Ok1} = 146 \cdot 5 = \mathbf{732 \text{ W}}$$

Okno OJ3
Jedno okno

$$Q_{Ok2/1} = 2,17 \cdot 1,35 \cdot (54,4 - 25) = 86 \text{ W}$$

Všechna okna

$$Q_{Ok2} = 86 \cdot 6 = \mathbf{516 \text{ W}}$$

Celkový tepelný zisk okny konvekcí

$$Q_{Ok} = 732 + 516 = \mathbf{1\,248 \text{ W}}$$

Celková tepelná zátěž okny

$$Q_O = Q_{Or} + Q_{Ok} \text{ (W)} \quad (1.29)$$

$$Q_O = 2\,873 + 1\,248 = \mathbf{4\,121 \text{ W}}$$

Tepelná zátěž vnějších stěn

Stěny středně těžké

$$Q_s = U_s \cdot S \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] \quad (W) \quad (1.30)$$

U_s	součinitel prostupu tepla stěny ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
S	plocha stěny s odečtenými otvory (m^2)
t_{rm}	průměrná rovnocenná sluneční teplota vnějšího vzduchu za 24 hodin ($^{\circ}C$)
m	součinitel zmenšení teplotního kolísání (-)
$t_{r\psi}$	rovnocenná sluneční teplota v době o ψ dříve
ψ	fázové posunutí teplotních kmitů (h)

Součinitel zmenšení teplotního kolísání

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot \delta}{2 \cdot 500^{\delta}} \quad (-) \quad (1.31)$$

δ tloušťka stěny (m)

Fázové posunutí teplotních kmitů

$$\psi = 32\delta - 0,5 \quad (h) \quad (1.32)$$

δ tloušťka stěny (m)

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot 0,45}{2 \cdot 500^{0,45}} = 0,131$$

$$\psi = 32 \cdot 0,45 - 0,5 = 13,9 \text{ h}$$

$$Q_s = 0,25 \cdot 62,3 \cdot [(30,2 - 25) + 0,131 \cdot (16,83 - 30,2)] = 54 \text{ W}$$

Stěna těžká

$$Q_s = U_s \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) \quad (W) \quad (1.33)$$

U_s	součinitel prostupu tepla stěny ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
S	plocha stěny s odečtenými otvory (m^2)
t_{rm}	průměrná rovnocenná sluneční teplota vnějšího vzduchu za 24 hodin ($^{\circ}C$)

$$Q_s = 0,14 \cdot 15,4 \cdot (27,8 - 25) = 6 \text{ W}$$

V místnosti se nachází celkem 7 různých konstrukcí vnějších stěn. Pro přehlednost neuvádím výpočet tepelné zátěže všech stěn. Výsledky jsou uvedeny v tabulace 6.

Tabulka 6 Výsledky tepelné zátěže stěn

Orientace stěny	Konstrukce	Tepelná zátěž
Stěna středně těžká		(W)
Stěna jihozápadní	SO1	54
Stěna jihovýchodní	SO2	67
	SO6	5
Stěna severovýchodní	SO1	6
	SO6	42
Stěna severozápadní	SO7	309
Stěna těžká		
Stěna severovýchodní	SO3	6
	SO5	143
Celková tepelná zátěž		632

Tepelná zátěž střechou

$$Q_{str} = U_{str} \cdot S_{str} \cdot (t_e - t_i) \quad (W) \quad (1.34)$$

U_{str} součinitel prostupu tepla stěny ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
 S_{str} plocha střechy (m^2)
 t_e teplota vnějšího vzduchu pro určenou hodinu (15 hodin, $t_e = 54,4^\circ C$)

$$Q_{str} = 0,19 \cdot 266,67 \cdot (54,4 - 25) = \mathbf{1\,490\,W}$$

Tepelná zátěž od vnitřních stěn

$$Q_{si} = U_s \cdot S \cdot (t_{io} - t_i) \quad (W) \quad (1.35)$$

U_s součinitel prostupu tepla stěny ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
 S plocha stěny (m^2)
 t_{io} teplota na druhé straně stěny ($^\circ C$)

$$Q_{si} = 0,7 \cdot 106,18 \cdot (28 - 25) = \mathbf{223\,W}$$

2.2.5.2 Tepelná zátěž z vnitřního prostředí

Produkce tepla od lidí

Pro neznalost různorodosti skupiny diváku je výpočet proveden bez ekvivalentního přepočtu na ženy a děti.

$$Q_l = n_l \cdot q_{lm} \quad (W) \quad (1.36)$$

q_{lm} produkce citelného tepla lidmi pro různé teploty a různé činnosti uvedené v tabulce 6 normy ČSN 73 0548 [20]
 n_l počet osob

$$Q_l = 68 \cdot 251 = \mathbf{17\,068\,W}$$

Tepelná produkce svítidel

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s \cdot c_1 \cdot c_2 \text{ (W)} \quad (1.37)$$

- S_s podlahová plocha zmenšená o přirozeně osvětlenou plochu (m^2)
 P_s výkon osvětlení vztážená k podlahové ploše ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)
 c_1 součinitel současnosti používání svítidel (-)
 c_2 zbytkový součinitel (-)

$$Q_{sv} = 184 \cdot 7 \cdot 0,5 \cdot 1 = 644 \text{ W}$$

V průběhu hry se uvažuje pouze s umělým osvětlením. Pro osvětlení jeviště se předpokládá výkon osvětlení 300 W.

Celková produkce tepla svítidel

$$Q_{sv} = 644 + 300 = \mathbf{944 \text{ W}}$$

2.2.5.3 Vodní zisky

$$M_w = n_l \cdot m_{lw} \text{ (g} \cdot \text{h}^{-1}\text{)} \quad (1.38)$$

- m_l produkce vodní páry na jednu osobu pro různé teploty a různé činnosti uvedené v tabulce 6 normy ČSN 73 0548 [20]
 n_l počet osob

$$M_w = 251 \cdot 70 = 17\,570 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} = \mathbf{4,88 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}}$$

2.2.5.4 Celková tepelná zátěž

$$Q_L = Q_{or} + Q_{ok} + Q_s + Q_{si} + Q_l + Q_{sv} \quad (1.39)$$

Tabulka 7 Souhrn tepelné zátěže

Tepelné zisky oken radiací	$Q_{or} =$	2 873 W
Tepelné zisky oken konvekcí	$Q_{ok} =$	1 248 W
Tepelná zátěž vnějších stěn	$Q_s =$	632 W
Tepelná zátěž vnitřních stěn	$Q_{si} =$	223 W
Tepelná zátěž střechou	$Q_{str} =$	1 490 W
Tepelná produkce lidí	$Q_l =$	17 068 W
Tepelná produkce svítidel	$Q_{sv} =$	644 W
Celková tepelná zátěž	$Q_L =$	24 178 W
Tepelná ztráta	$Q_z =$	9 489 W
Vodní zisky	$M_w =$	4,88 g/s

Ruční výpočet tepelné zátěže vyšel a trochu větší než z programu Teruna v1.5b [21]. Vzhledem k nerozvinutému výstupu z programu nemůžu určit, v čem jsou největší rozdíly. Pro další výpočty jsou použity čísla z ručního výpočtu.

2.3 Stanovení průtoku vzduchu

V místnosti, kde se stav vzduchu zhoršuje jen na základě přítomnosti lidí a jiné vlivy nebo zdroje škodlivin nejsou, se průtok čerstvého vzduchu stanoví z tzv. dávek čerstvého vzduchu na osobu. Nebo výpočet objemového průtoku vzduchu vychází se zdrojů škodlivin, pro tento projekt to jsou rozhodující tepelné zisky, ztráty a vodní zisky. Když nerozhodují osoby ani škodliviny stanovíme průtok vzduchu z intenzity výměny vzduchu.

Průtok vzduchu pro zařízení č. 1 Klimatizace hlediště a pódia je vypočten z tepelných bilancí s porovnáním dávky čerstvého vzduchu na osobu. Pro určení průtoků vzduchu v zařízení č. 2 a 3 zázemí herců a návštěvníků rozhodují dávky čerstvého vzduchu a množství odváděného vzduchu na zařizovací předmět.

Průtoky vzduchu pro jednotlivé místnosti jsou vypsány v tabulkách č. Tabulka 10 a Tabulka 11. Z tabulek je patrné, jaké množství vzduchu s danými vlastnostmi se do místnosti přivádí a odvádí.

2.3.1 Stanovení dávek vzduchu

Dávky vzduchu jsou stanoveny na základě doporučení udávané v literatuře. Množství odváděného vzduchu pro hygienické zařízení jsou uvedeny ve vyhlášce č. 6/2003 Sb. [22]

Tabulka 8 Dávky větracího vzduchu na osobu

Místnost	Dávka čerstvého vzduchu
Šatny účinkujících	$50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$
Hlediště, podium	$25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$
Vstup, hala	$30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$

Tabulka 9 Množství odváděného vzduchu pro hygienické zařízení

Místnost	Množství odváděného vzduchu
WC	$50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na 1 mísu
	$30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na 1 umyvadlo
	$25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na 1 pisoár
Sprcha	$35 - 110 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na 1 sprchu

2.3.2 Výpočet objemového průtoku vzduchu

Výpočet objemového průtoku vzduchu, je-li škodlivinou teplo nebo chlad, případně vlhkost. Zařízení č. 1 je navrženo na pokrytí celé tepelné bilance. Jsou vypočteny průtoky vzduchu jak pro léto, tak pro zimu. Pro provoz zařízení je vybrán největší letní průtok a pro zimu vypočten nový zimní rozdíl teplot. Zařízení č. 1 bude celoročně provozováno na konstantní průtok $9\,200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

Objemový zimní průtok

Zimní rozdíl teplot $\Delta t_z = 10^\circ\text{C}$

$$V_{pz} = \frac{Q_z}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_z} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1.40)$$

$$V_{pz} = \frac{9\,489}{1,117 \cdot 1010 \cdot 10} = 0,84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cong 3024 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Objemový letní průtok

Letní rozdíl teplot $\Delta t_l = 8^\circ\text{C}$

$$V_{pl} = \frac{Q_L}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_l} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1.41)$$

$$V_{pl} = \frac{24\,178}{1,117 \cdot 1010 \cdot 8} = 2,54 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cong 9200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Nový zimní rozdíl teplot

$$\Delta t_z = \frac{Q_z}{\rho \cdot c \cdot V_{pl}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1.42)$$

$$\Delta t_z = \frac{9\,489}{1,117 \cdot 1010 \cdot 2,54} = 3,1^\circ\text{C}$$

Tabulka 10 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 1

Zadané hodnoty										Vypočtené hodnoty										
Číslo místnosti		Místnost					Léto		Zima		Tepelná bilance			Přívod			Odvod			
		Plocha (m ²)	Světla výška (m)	Objem (m ³)	Počet osob	Dávka vzduchu na osobu (m ³ h ⁻¹)	Pož. intenzita výměny (h ⁻¹)	Teplota v interiéru (°C)	Relativní vlhkost (%)	Teplota v interiéru (°C)	Relativní vlhkost	Vodní zisky M _w (g·s ⁻¹)	Tepelné zisky Q _L (W)	Tepelná ztráta Q _Z (W)	Čerstvý vzduch V _e (m ³ h ⁻¹)	Přívod V _p (m ³ h ⁻¹)		Léto t _{pL} (°C)	Zima t _{pZ} (°C)	Dosažená výměna n (h ⁻¹)
Název místnosti	A _{pDL} (m ²)							S.V. (m)	V _m (m ³)			u (h ⁻¹)	t _i (°C)	φ _i (%)	t _i (°C)	φ _i (%)				
																				Odvod v létě V _{oL} (m ³ h ⁻¹)
																				V _o (m ³ h ⁻¹)
Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a pódia																				
216	Bar	13,6	3,5	47,6	-	-	-	25	50	20	40	-	-	-	-	-	17	23,1	-	-
217	Hlediště, pódium	184	7,63	1342	251	25	5	25	50	20	40	4,88	24 178	9 489	6 275	9 200	17	23,1	6,12	9 200
218	Chodba, schodiště	27,3	3,5	95,6	-	-	-	25	50	20	40	-	-	-	-	-	17	23,1	-	-
219	Chodba	6,95	2,8	19,5	-	-	-	25	50	20	40	-	-	-	-	-	17	23,1	-	-
Σ													9 200	Σ					9 200	

v létě: Δt_i=8 °C
v zimě: Δt_z=3,1 °C

Δt_i= t_i-t_p
Δt_z= t_p-t_i

Stanovení letního průtoku

$$V_{pl} = \frac{Q_L}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_{kl}} = \frac{24178}{1.177 \cdot 1010 \cdot 8} = 2,54 \text{ m}^3/\text{s} \cong 9200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Teplotní rozdíl pro zimu

$$\Delta t_{kz} = \frac{Q_Z}{\rho \cdot c \cdot V_{pz}} = \frac{9489}{1.2 \cdot 1010 \cdot 2,54} = 3,1 \text{ °C}$$

Tabulka 11 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 2 a 3

Zadané hodnoty										Vypočtené hodnoty										
Místnost										Léto		Zima		Tepelná bilance			Přívod			Odvod
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha (m ²)	Světla výška S.V. (m)	Objem V _m (m ³)	Počet osob	Dávka vzduchu na osobu (m ³ h ⁻¹)	Poř. intenzita výměny n (h ⁻¹)	Teplota v interiéru		Relativní vlhkost		Vodní zisky M _w (g·s ⁻¹)	Tepelné zisky Q _L (W)	Tepelná ztráta Q _Z (W)	Čerstvý vzduch V _e (m ³ h ⁻¹)	Přívod V _p (m ³ h ⁻¹)	Léto t _{pl} (°C)	Zima t _{pZ} (°C)	Dosažená výměna n (h ⁻¹)	Odvod V _o (m ³ h ⁻¹)
								t _i (°C)	φ _i (%)	t _i (°C)	φ _i (%)									
Zařízení č. 2 - Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících																				
		14,8	2,7	40	2	50	0,5	27	50	22	40	-	-	-	100	150	27	22	3,75	150
		11,8	2,7	31,7	-	-	0,5	27	50	20	40	-	-	-	25	25	27	22	0,79	25
		13,4	2,7	36,2	2	50	0,5	27	50	22	40	-	-	-	100	180	27	22	4,98	180
		35,3	2,7	95,3	-	-	0,5	27	50	20	40	-	-	-	50	50	27	22	0,52	50
		36,1	2,7	97,3	2	50	0,5	27	50	22	40	-	-	-	100	100	27	22	1,03	100
		36,4	2,7	98,3	2	50	0,5	27	50	22	40	-	-	-	100	180	27	22	1,83	180
Σ															685	685	Σ		685	
Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků																				
		67,1	3,25	218	15	30	0,5	27	50	20	40	-	-	-	450	450	27	20	2,06	360
		36,9	2,8	103	10	30	0,5	27	50	20	40	-	-	-	300	300	27	20	2,91	200
		8,35	2,8	23,4	-	-	2	27	50	20	40	-	-	-	0	50	27	20	6,8	160
		6	2,8	16,8	-	-	2	27	50	20	40	-	-	-	0	50	27	20	7,7	130
		36,4	2,8	102	-	-	0,5	27	50	20	40	-	-	-	60	300	27	20	2,94	0
		13,8	2,8	38,6	-	-	0,5	27	50	20	40	-	-	-	20	200	27	20	5,18	0
		6,3	2,8	17,6	-	-	2	27	50	20	40	-	-	-	0	0	27	20	25	160
		8,1	2,8	22,7	-	-	2	27	50	20	40	-	-	-	0	0	27	20	22,2	180
		3,4	2,8	9,52	-	-	2	27	50	20	40	-	-	-	0	0	27	20	23,5	80
		8,5	2,8	23,8	-	-	1	27	50	20	40	-	-	-	50	50	27	20	2,1	50
		2,6	2,8	7,28	-	-	2	27	50	20	40	-	-	-	80	0	27	22	0	80
Σ															1400	1400	Σ		1400	

2.4 Tlakové poměry

V rovnotlakém režimu bude pracovat celý funkční celek č. 1 Klimatizace hlediště a pódia, kde se přívod i odvod odehrává v jedné místnosti. Podtlakově budou větrána hygienická zázemí. Režim přetlakového větrání bude v místnostech, z kterých je uhrazován vzduch pro hygienu. Vzduch bude proudit mezi místnosti dveřními mřížkami osazených ve dveřích u podlahy.

2.5 Distribuce vzduchu

V objektech jsou navrženy různé distribuční elementy dle druhu a povahy místností, tak aby vyhovovaly proudění vzduchu tzv. obrazy proudění v letním i zimním období. V místnosti č. 217 Hlediště a pódium jsou navrženy pro přívod vzduchu textilní vyústky a pro odvod lamelové anemostaty. Pro přívod a odvod do ostatních místností jsou navrženy vířivé vyústky, obdélníkové vyústky a talířové ventily.

Výpis všech distribučních elementů použitých v projektu je uveden formou tabulek s dohledanými a vypočtenými parametry na konci této kapitoly.

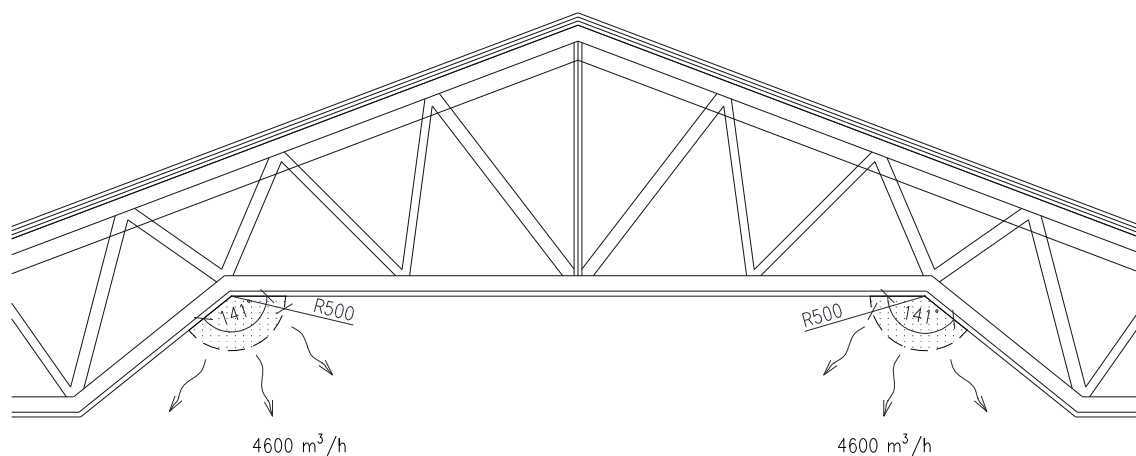
Tabulka 12 Rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně [22]

teplé období roku	$0,16-0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
chladné období roku	$0,13-0,20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

2.5.1 Návrh distribučních elementů pro přívod vzduchu

2.5.1.1 Návrh textilní vyústky pro přívod vzduchu do místnosti č. 217 Hlediště a pódium

Distribuci vzduchu do prostoru hlediště a pódia budou zajišťovat dvě textilní vyústky s rovnoměrnou mikroperforací. Vyústky jsou tvaru kruhové výseče umístěné ve zkosených rozích místnosti. Každá bude do prostoru přivádět $4600 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Vyústky jsou navrženy od firmy Příhoda s.r.o. výpočet zajistila technická podpora firmy ve vlastním softwaru.

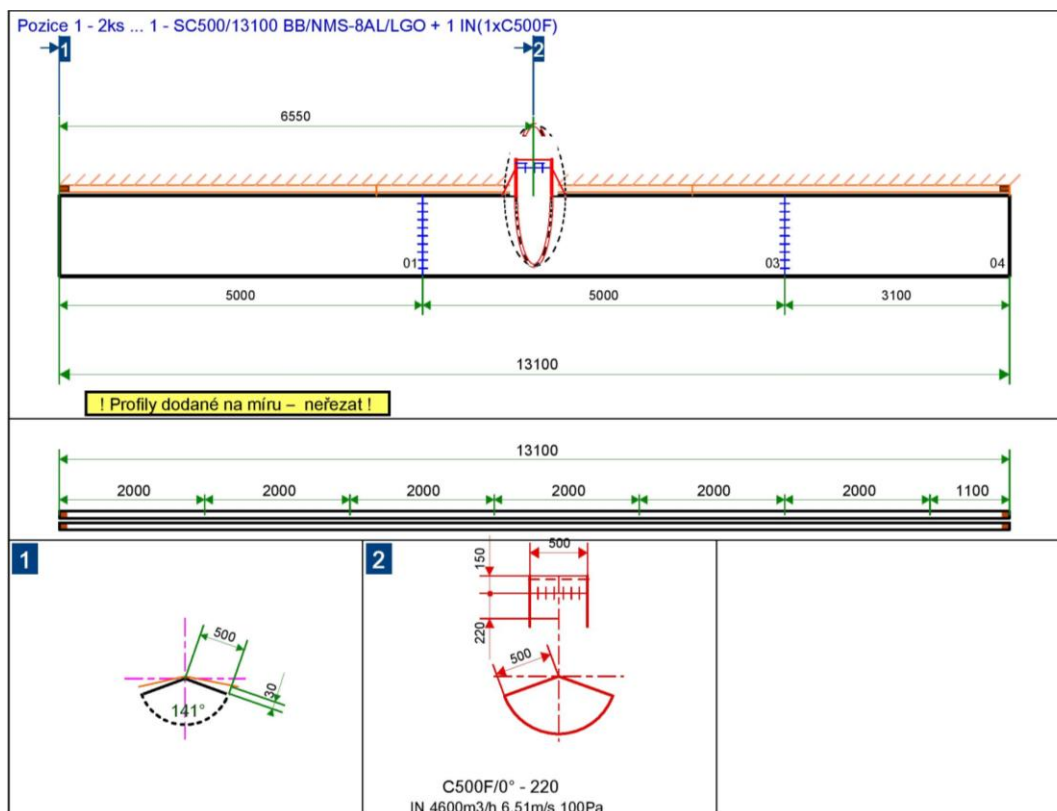


Obrázek 17 Umístění textilních vyústek

Technické řešení 01		Pozice: 1 / 1	
Karel Běťák / BP		Počet kusů : 2	
Vzduchové potrubí šité na míru			
Tvar Výseč kruhu, Rozměr 500 mm, Celková délka 13100 mm, První konec Zaslepení, Druhý konec Zaslepení, 2ks Zip 500, Průtok 4600 m3/h, Použitelný přetlak 100 Pa, Tlaková ztráta třením = 20,3 Pa, Počet vstupů vzduchu 1, 1 Nástavec Kruhový 500, Začátek			
Tkanina NMS - 100% polyester, nekonečné vlákno (multifilament), hmotnost 225 g/m², tloušťka 0,31 mm, prodyšnost 0 m³/h/m² při 120 Pa, pevnost (osnova/útek) 1810/1090 N (ČSN EN ISO 13934-1), požární odolnost - třída B-s1, d0 dle ČSN EN 13501-1+A1: 2010, teplotní odolnost -30 až +110°C, srážlivost (osnova/útek) 0,5/0,5 % při 40°C dle ČSN EN ISO 6330-2000, vhodná pro čisté prostory - třída č. 4 (ČSN EN ISO 14644-1), pratelná v pračce, Provedení "Office", Barva Světle šedá			
Seznam montážního materiálu: 12ks 2000mm Hliníkový profil, 2ks 1100mm Hliníkový profil, 12ks Hliníková spojka profilů přímá, 4ks Napínač v profilu, 1ks Kruhový 500 mm Nerez přípojovací pásek			

Obrázek 18 Technické řešení textilní výústky

Proudění vzduchu tkaninou s mikroperforací vytváří v místnosti zaplavovací proudění. Hladina akustického výkonu L_w je uvedena pro průtok 2 300 m³·h⁻¹, z důvodu umístění přívodu uprostřed vyústky. Pro správnou funkci je požadován přetlak 100 Pa a vyšší rychlost ve vyústce – optimálně 7 m·s⁻¹.



Obrázek 19 Rozměry a tvar textilní výústky

Hladina akustického výkonu v oktávových pásmech

Nabídka č. NA170001

Pozice: 1 / 1



Karel Běťák / BP

Úsek	Rozměr [mm]	Tlak [Pa]	Průtok [m ³ /h]	Rychlost [m/s]
1	500	102,9	2300	2,08

Úsek			fm	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Duct	Li	dB	13	16	15	14	13	12	11	7	0
	Perforace	Li	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mikroperforace	Li	dB	13	13	13	14	14	13	9	2	0
	Lw/m	25	dB	16	18	17	17	16	15	13	8	0

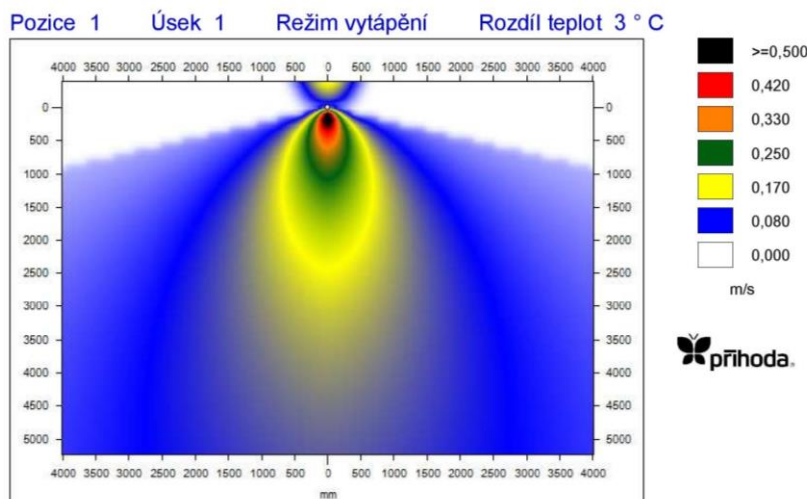
Fabric diffuser is line source with sound power level per meter (Lw/m).

Nástavec In 1/1	42	dB		39	36	33	24	17	9	
-----------------	----	----	--	----	----	----	----	----	---	--

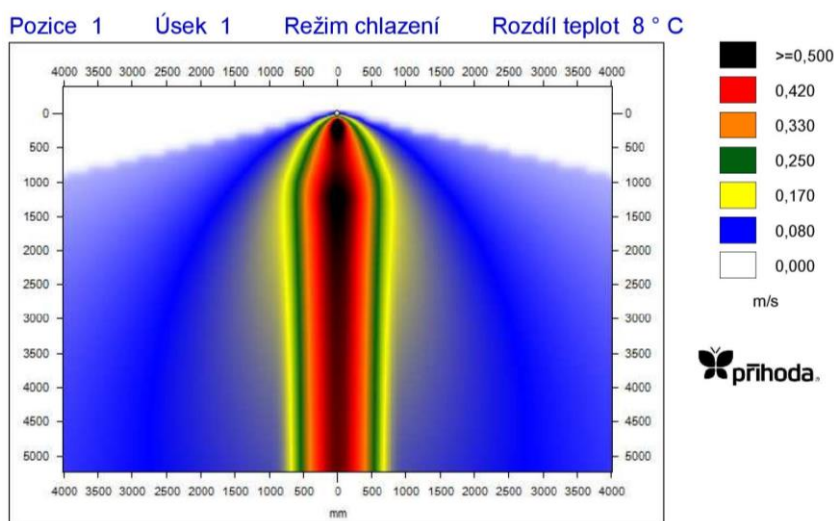
Bend of diffuser is point source with sound power level (Lw).

Obrázek 20 Hladina akustického výkonu textilní vyústky

Dosah proudu a rychlost proudění při vytápění bude dodržena v rozmezí požadovaných rychlostí. V režimu chlazení, podle přiloženého diagramu jsou rychlosti proudění lehce větší, avšak tento obrázek udává proudění ve volném prostoru, proto vzhledem k charakteru místnosti a rozmístění odvodních prvků se dá předpokládat, že proudění vyhoví. Pro určení přesné proudění v místnosti by byla nutná simulace CFD.



Obrázek 21 Dosah proudu režim vytápění

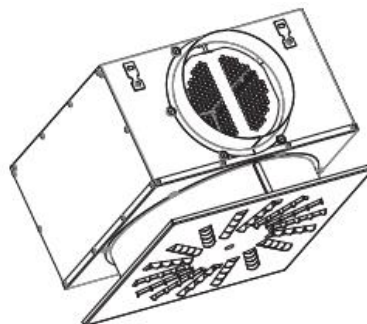


Obrázek 22 Dosah proudu režim chlazení

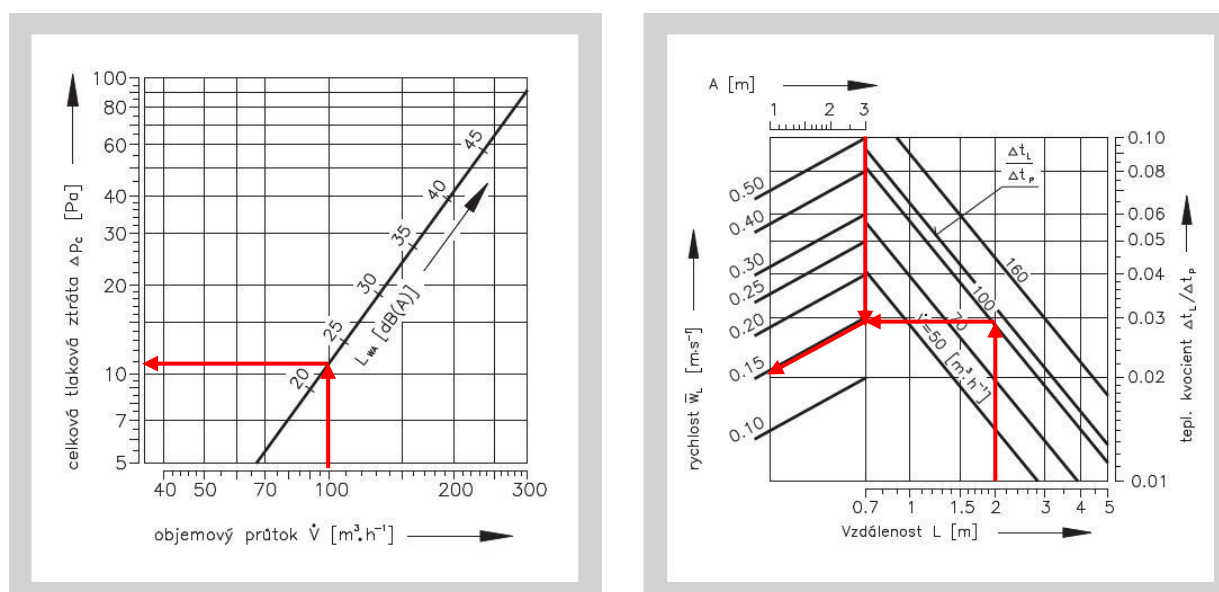
2.5.1.2 Návrh vířivé vyústky pro přívod vzduchu do místnosti č. 202 Hala

Požadavek na přívod vzduchu je $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Jsou navrženy 3 vyústky každá po $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Navrhují vířivé vyústky Mandík VVM 300 C/V/P/8/R s čelní čtvercovou deskou $300 \times 300 \text{ mm}$, s připojovací skříní s vodorovným připojením, s 8 lamelami a regulační klapkou.

Jmenovitý rozměr	300 8 lamel	400, 500, 600, 625 16 lamel	500 24 lamel
$\dot{V}_{\max} [\text{m}^3/\text{h}]$	180	320	420
$\dot{V}_{\min} [\text{m}^3/\text{h}]$	55	100	140
$L_{WA\max} [\text{dB(A)}]$	39	40	39
$L_{WA\min} [\text{dB(A)}]$	<20	<20	<20
$S_{\text{ef}} [\text{m}^2]$	0,007	0,014	0,021



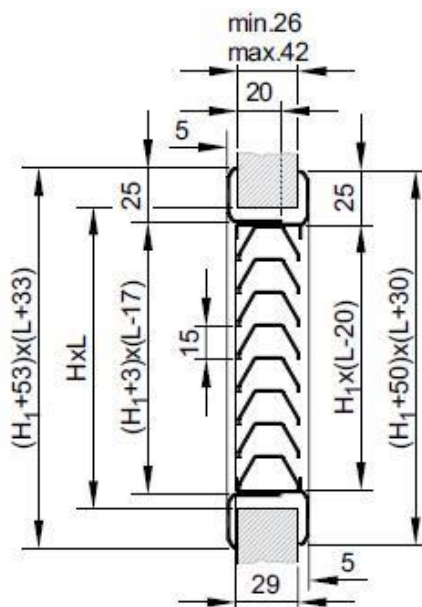
Obrázek 23 Základní rozměry vyústky VVM [23]



Obrázek 24 Tlaková ztráty, akustický výkon a rychlost proudění vyústky Mandík VVM 300 [23]

- výška od stropu $H = 2,8 \text{ m}$
- vzdálenost mezi stropem a zónou $H_1 = 1 \text{ m}$
- vodorovná + svislá vzdálenost $L = 2 \text{ m}$
- objemový průtok $\dot{V} = 100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- efektivní plocha $S_{\text{ef}} = 0,007 \text{ m}^2$
- tlaková ztráty $\Delta p_c = 11 \text{ Pa}$
- akustický výkon $L_{WA} = 23 \text{ dB}$
- rychlost vzduchu prouděním $w_L = 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Požadavek na přenos vzduchu je 80 m³/h a bude zajišťovat proudění vzduchu z chodby do prostoru toalety. Při návrhu je brán zřetel na rychlost proudění vzduchu přes mřížku do 2 m/s. Pro tento účel je navržena dveřní mřížka od firmy Systemair NOVA-D-1- 600x100.



Obrázek 25 Dveřní mřížka

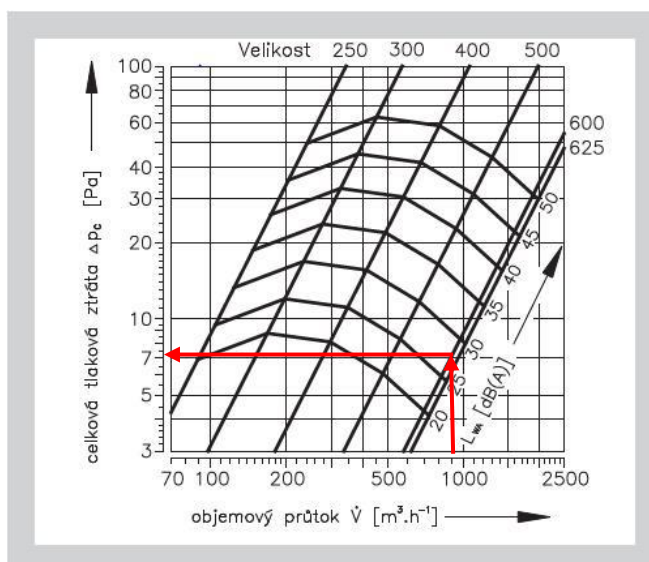
- objemový průtok $V = 80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- efektivní plocha $S_{\text{ef}} = 0,015 \text{ m}^2$
- rychlost vzduchu prouděním $w = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2.5.2.1 Návrh čtvercového lamelového anemostatu pro odvod vzduchu z místnosti č. 217 Hlediště- pódium

Požadavek na odvod vzduchu je $9200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Je navrženo 10 anemostatů každý pro odvod $920 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Navrhují čtvercový lamelový anemostat Mandík ALCM 600 -O/R v provedení se základní čelní čtvercovou deskou $600 \times 600 \text{ mm}$, s přípojovací skříň s vodorovným připojením, s regulační klapkou na přípojovací skříni.

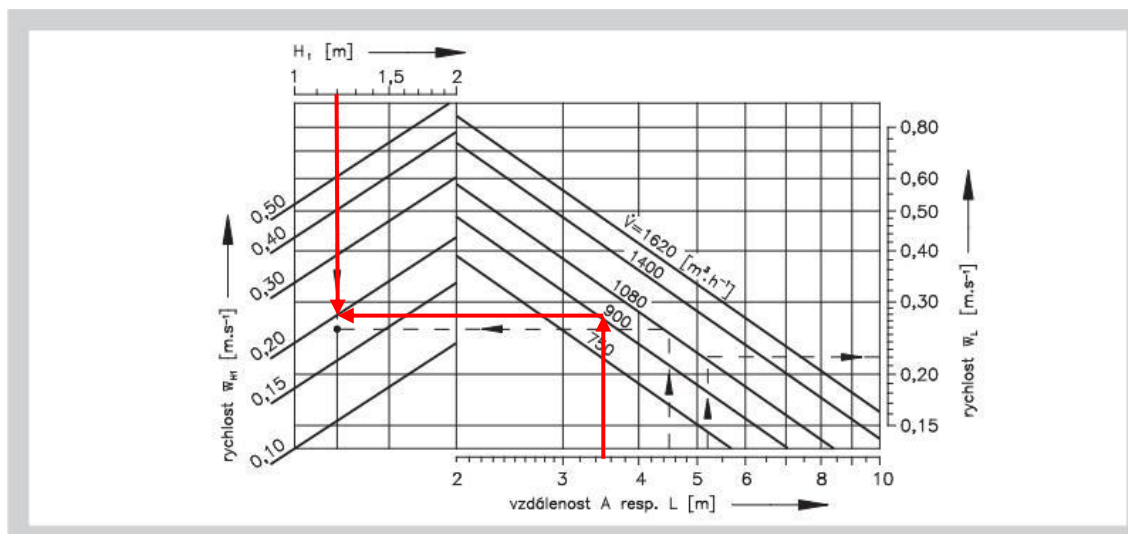
Jmenovitý rozměr	250	300	400	500	600	625
$V_{\max}$ [m³.h⁻¹]	220	310	530	850	1200	1600
$V_{\min}$ [m³.h⁻¹]	70	100	180	300	470	490
L_{WAmax} [dB(A)]	43	43	42	42	42	42
L_{WAmin} [dB(A)]	<15	<15	<15	<15	<15	<15

Obrázek 26 Základní parametry anemostat MANDÍK ALCM [24]



Obrázek 27 Akustické výkony a tlakové ztráty – připojení přes připojovací skříň ODVOD [24]

- objemový průtok $V = 920 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- efektivní plocha $S_{\text{ef}} = 0,1364 \text{ m}^2$
- tlaková ztráty $\Delta p_c = 8 \text{ Pa}$
- akustický výkon $L_{\text{WA}} = 29 \text{ dB}$
- rychlost vzduchu prouděním $W_L = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$



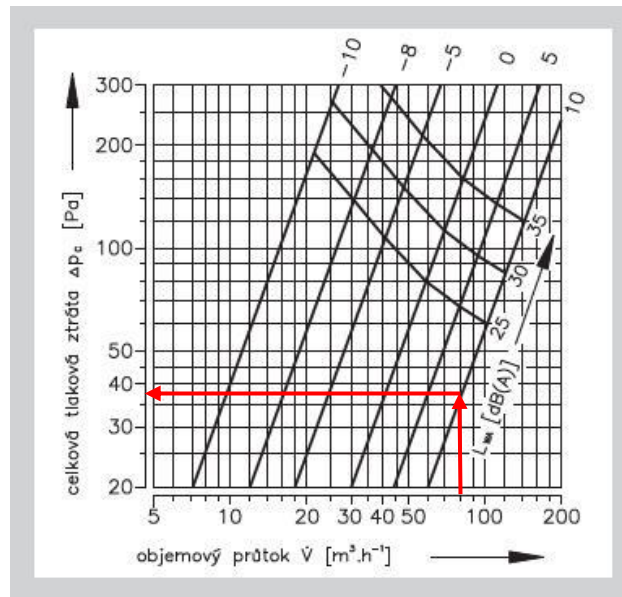
Obrázek 28 Rychlost proudění – velikost 600, provedené čelní desky základní [24]

2.5.2.2 Návrh talířového ventilu pro odvod vzduchu z místnosti č. 210 WC

Požadavek na odvod vzduchu je $160 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Jsou navrženy 2 talířové ventily každý pro odvod $80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Navrhuji talířový ventil Mandík TVOM 100 se vzdálenostní nastavení talířového ventilu od nulové polohy $s = 10$.

Jm. rozměr	80	100	125	150	160	200
$\dot{V}_{\text{max}} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$	60	90	150	200	200	250

Obrázek 29 Základní parametry TVOM



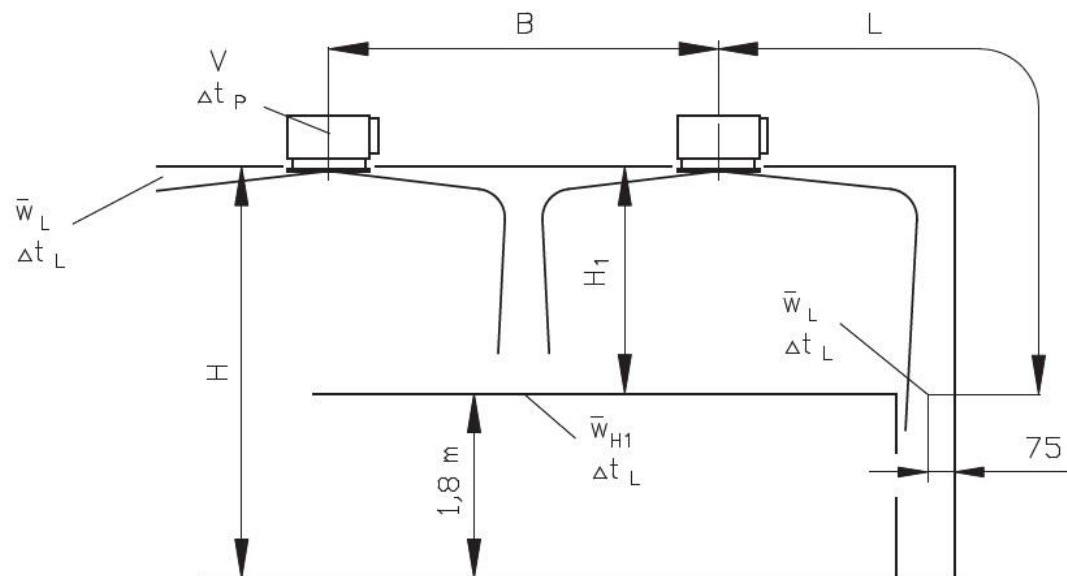
Obrázek 30 Diagram TVOM 100 [25]

- objemový průtok $V = 80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- tlaková ztráty $\Delta p_c = 38 \text{ Pa}$
- akustický výkon $L_{WA} = < 20 \text{ dB}$
- rychlost vzduchu prouděním $W_{H1} = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

- tlaková ztráty $\Delta p_c = 38 \text{ Pa}$

- akustický výkon $L_{WA} = < 20 \text{ dB}$

- rychlost vzduchu prouděním $W_{H1} = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$



Obrázek 31 Veličiny použité ve výpočtu distribučních elementů [23]

$V \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$	objemový průtok vzduchu pro jednu vyústě		
A, B [m]	vzdálenost mezi dvěma vyústěmi		
L [m]	vodorovná + svislá vzdálenost (X + H1)		
X [m]	vzdálenost středu vyústě od stěny		
H [m]	výška od stropu - od 2,6 do 4,0 m	Δt_p [K]	rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu
H ₁ [m]	vzdálenost mezi stropem a zónou pobytu		a teplotou vzduchu v místnosti
H ₂ [m]	vzdálenost mezi podlahou a zónou pobytu	Δt_L [K]	rozdíl mezi teplotou vzduchu v ose proudu
$w_L \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$	střední rychlost proudění vzduchu na stěně		v délce L a teplotou vzduchu v místnosti
$w_{H1} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$	střední rychlost proudění vzduchu mezi	Δp_c [Pa]	celková tlaková ztráta při $\rho = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
	dvěmi vyústěmi ve vzdálenosti H1	L_{WA} [dB(A)]	hladina akustického výkonu

Tabulka 13 Koncové distribuční elementy zařízení č. 1 a 2

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha A_{pdl} (m^2)	Světla výška $S.V.$ (m)	Objem V_m (m^3)	Prívod/Odvod	Označení distribučního elementu	Počet (ks)	Průtok na 1 element V ($m^3 h^{-1}$)	Celková tlaková ztráta Δp_c (Pa)	W_{H2} ($m s^{-1}$)	W_L ($m s^{-1}$)	L_{WA} (dB)	H (m)	H_1 (m)	H_2 (m)
Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a podla															
216	Bar	13,6	3,5	47,6	-										
217	Hlediště, podium	184	7,63	1342	P	Textilní vyústka	2	4600					7,6		2,5
					O	Anemostat lamelový ALCM 600 - /O/-	10	920	7	-	0,2	26	2,7	0,9	1,8
218	Chodba, schodiště	27,3	3,5	95,6	-										
219	Chodba	6,95	2,8	19,5	-										
Zařízení č. 2 - Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících															
205	Šatna- herci	14,8	2,7	40	P	Vířivá vyústka VVM 400 C/V/P/16/R	1	150	8	-	0,16	20	2,7	0,9	1,8
					P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-600x150; $A_v = 0,023$	1	150	-	-	1,8	-	-	-	-
					O	Talířový ventil TVOM 160; $s = 0$	1	150	40	-	0,2	24	2,7	0,9	1,8
206	Chodba	11,8	2,7	31,7	P	Talířový ventil TVPM 80; $s = 0$	1	25	40	-	0,2	22	2,7	0,9	1,8
					O	Talířový ventil TVOM 80; $s = -6$	1	25	30	-	0,2	20	2,7	0,9	1,8
207	Šatna- herci	13,4	2,7	36,2	P	Vířivá vyústka VVM 400 C/V/P/16/R	1	180	11	-	0,16	22	2,7	0,9	1,8
					O	Talířový ventil TVOM 125; $s = 0$	2	90	35	-	0,2	25	2,7	0,9	1,8
220	Sklad	35,3	2,7	95,3	P	Vyústka pro kruh. potrubí VNKM 2 225x75/160/R1	50	50	8	-	-	20	3	1,2	1,8
					O	Vyústka pro kruh. potrubí VNKM 1 225x75/16	1	50	8	-	-	20	3	1,2	1,8
221	Šatna- herci	36,1	2,7	97,3	P	Vířivá vyústka VVM 300 C/V/P/8/R	1	100	12	-	0,16	23	2,7	0,9	1,8
					O	Vířivá vyústka VVM 300 C/V/O/8	1	100	12	-	0,2	23	2,7	0,9	1,8
222	Šatna- herci	36,4	2,7	98,3	P	Vířivá vyústka VVM 400 C/V/P/16/R	1	180	11	-	0,16	22	2,7	0,9	1,8
					P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-500x150; $A_v = 0,019$	1	150	-	-	2,2	-	-	-	-
					O	Talířový ventil TVOM 80; $s = -6$	1	30	48	-	0,2	25	2,7	0,9	1,8
					O	Talířový ventil TVOM 160; $s = 0$	1	150	40	-	0,2	24	2,7	0,9	1,8

Tabulka 14 Koncové distribuční elementy zařízení č. 3

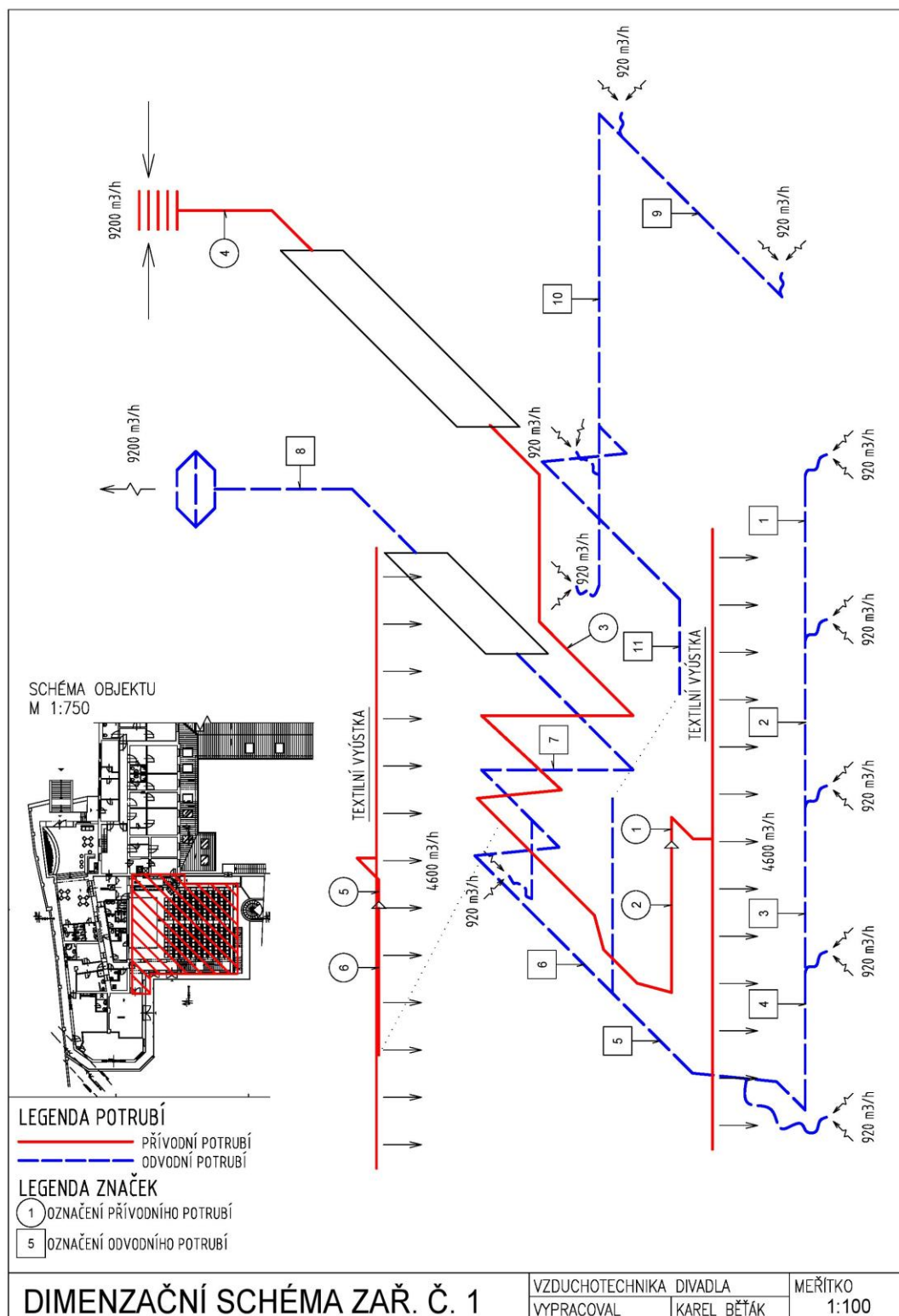
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha A_{pdl} (m^2)	Světla výška S.V. (m)	Objem V_m (m^3)	Přívod/Odvod (-)	Označení distribučního elementu	Počet (ks)	V ($m^3\ h^{-1}$)	Celková tlaková ztráta Δpc (Pa)	W_{H2} ($m\ s^{-1}$)	W_L ($m\ s^{-1}$)	L_{WA} (dB)	Výška od stropu		
													H (m)	H_1 (m)	
Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků															
201	Vstup- šatna	67,1	2,8	188	P	Vířivá vyústka VVM 400 C/V/P/16/R	3	150	8	0,16	0,18	20	3,25	1,00	1,8
					O	Vířivá vyústka VVM 400 C/V/O/16	1	360	20	0,2	0,2	28	2,8	1	1,8
202	Hala	36,9	2,8	103	P	Vířivá vyústka VVM 300 C/V/P/8/R	3	100	11	0,16	0,18	23	2,8	1	1,8
					O	Vířivá vyústka VVM 300 C/V/O/8	1	200	20	0,2	0,2	25	2,8	1	1,8
203	WC- ženy	8,35	2,8	23,4	P	Talířový ventil TVPM 80; s= 6	1	50	35	-	0,2	25	2,8	1	1,8
					P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-600x100; $A_v=0,015$	1	80	-	-	1,5	-	-	-	-
					P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-400x100; $A_v=0,01\ m$	2	80	-	-	2,2	-	-	-	-
					O	Talířový ventil TVOM 100; s= 10	2	80	38	-	0,2	20	2,8	1	1,8
204	WC- muži	6	2,8	16,8	P	Talířový ventil TVPM 80; s= 6	1	50	35	-	0,2	25	2,8	1	1,8
					P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-600x100; $A_v=0,015$	1	80	-	-	2,0	-	-	-	-
					P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-400x100; $A_v=0,01\ m$	2	80	-	-	2,2	-	-	-	-
					O	Talířový ventil TVOM 80; s= 0	1	50	45	-	0,2	25	2,8	1	1,8
					O	Talířový ventil TVOM 100; s= 10	1	80	38	-	0,2	20	2,8	1	1,8
208	Předsálí	36,4	2,8	102	P	Vířivá vyústka VVM 500 C/V/P/24/R	1	300	17	-	0,2	30	2,8	1	1,8
209	Chodba	13,8	2,8	38,6	P	Talířový ventil TVPM 125; s= 6	1	120	45	-	0,2	25	2,8	1	1,8
					P	Talířový ventil TVPM 100; s= 8	1	80	42	-	0,2	28			
210	WC- ženy	6,3	2,8	17,6	P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-600x150; $A_v=0,023$	1	160	-	-	1,9	-	-	-	-
					P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-400x100; $A_v=0,01\ m$	2	80	-	-	2,2	-	-	-	-
					O	Talířový ventil TVOM 100; s= 10	2	80	38	-	0,2	20	0	1	1,8

Tabulka 15 Koncové distribuční elementy zařízení č. 3 - pokračování

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha	Světla výška	Objem	Přívod/ Odvod	Označení distribučního elementu	Počet	Průtok na 1 element	Celková tlaková ztráta	W_{H2} ($m s^{-1}$)	W_L ($m s^{-1}$)	L_{WA} (dB)	Výška od stropu	H_1 (m)	H_2 (m)
		A_{pdl} (m^2)	S.V. (m)	V_m (m^3)				V ($m^3 h^{-1}$)	Δpc (Pa)	W_{H2} ($m s^{-1}$)	W_L ($m s^{-1}$)	L_{WA} (dB)	H (m)	H_1 (m)	H_2 (m)
		(m^2)	(m)	(m^3)	(-)		(ks)	($m^3 h^{-1}$)		($m s^{-1}$)	($m s^{-1}$)	(dB)	(m)	(m)	(m)
Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků - pokračování															
211	WC- muži	8,1	2,8	22,7	P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-600x150; $A_v= 0,023$	1	180	-	-	2,2	-	-	-	-
					P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-400x100; $A_v= 0,01 m$	2	50	-	-	1,4	-	-	-	-
					O	Talířový ventil TVOM 100; $s= 10$	1	80	38	-	0,2	20	2,8	1	1,8
					O	Talířový ventil TVOM 80; $s= 0$	2	50	45	-	0,2	25	2,8	1	1,8
212	WC- Invalidé	3,4	2,8	9,52	P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-600x100; $A_v= 0,015$	1	80	-	-	1,5	-	-	-	-
					O	Talířový ventil TVOM 100; $s= 10$	1	80	38	-	0,2	20	0	1	1,8
213	Sklad elektrotechnik	8,5	2,8	23,8	P	Talířový ventil TVPM 80; $s= 6$	1	50	36	-	0,2	25	2,8	1	1,8
					O	Talířový ventil TVOM 80; $s= 0$	1	50	45	-	0,2	25	2,8	1	1,8
214	WC- Invalidé	2,6	2,8	7,28	P	Dveřní mřížka NOVA-D-1-600x100; $A_v= 0,015$	1	80	-	-	1,5	-	-	-	-
					O	Talířový ventil TVOM 100; $s= 10$	1	80	38	-	0,2	20	2,8	1	1,8

2.6 Dimenzování potrubí a taková ztráta potrubí

Pro výpočet vzduchotechnického potrubí jsem zvolil metodu poklesu rychlostí. V potrubí se volí rychlosti, tak aby tlaková ztráta byla po celé délce vzduchovodů rovnoměrně rozložená. Střední rychlosti ve strojovně volíme okolo $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, v odbočkách a rozvodu v podlaží v rozmezí $3\text{-}4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obrázek 32 Dimenzační schéma zařízení č. 1 Klimatizace hlediště a pódia

2.6.1 Výpočet vzduchotechnického potrubí zařízení č. 1

Tabulka 16 Výpočet VZT potrubí zařízení č. 1

VÝPOČET VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

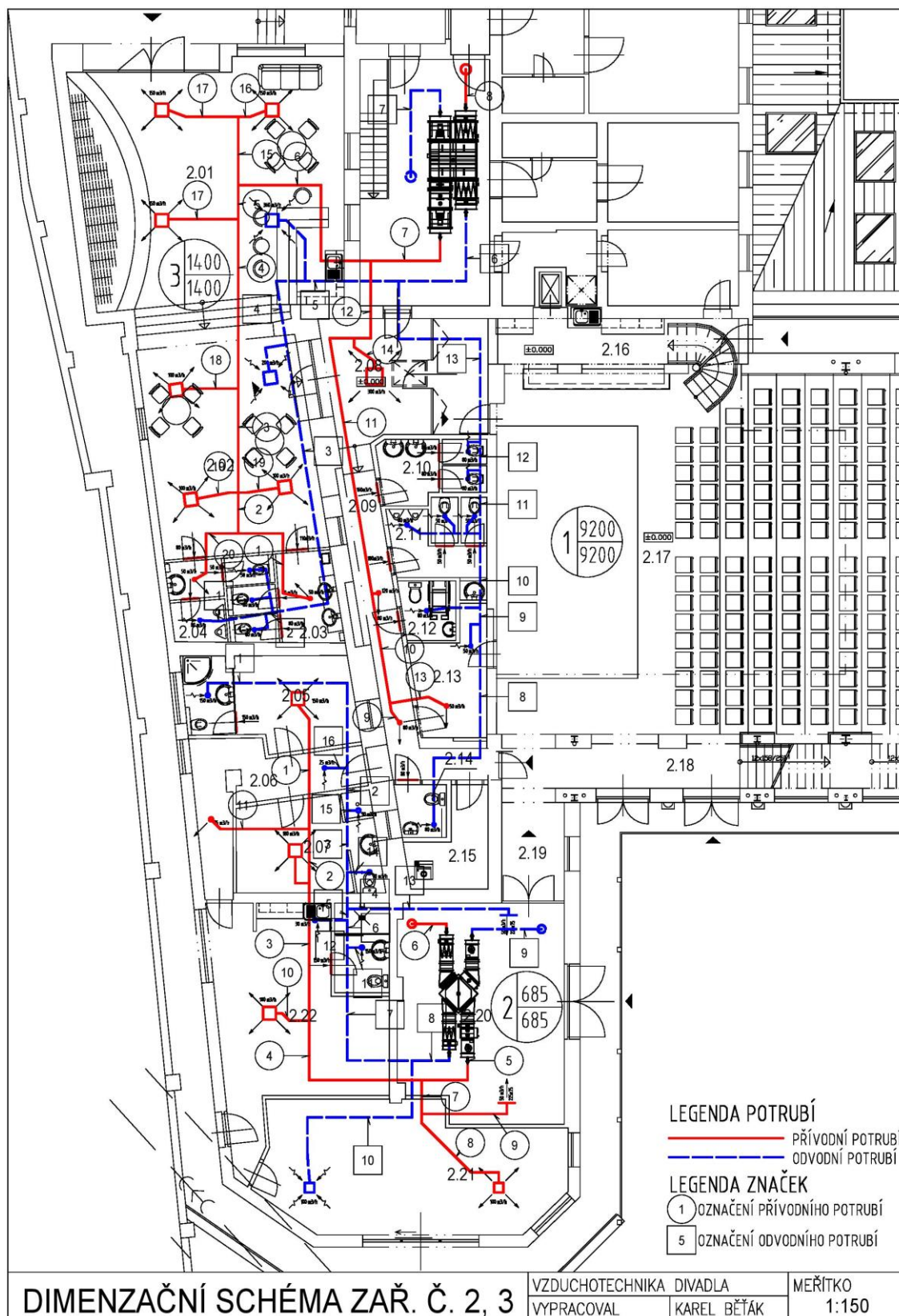
Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a pódia													Vypracoval
Akce:		Vzduchotechnika divadla											Karel Běťák

Z plánu			Hodnoty									Tlaková ztráta			Poznámky
			Předběžné		Skutečné - vypočtené										
č.u.	V	I	v'	S'	d'	d _{axb}	d	S	v	R	ξ	R·L	Z	Z+R·L	
-	(m ³ h ⁻¹)	(m ³ s ⁻¹)	(m)	(ms ⁻¹)	(m ²)	(mm)	(mm)	(m ²)	(ms ⁻¹)	(Pam ⁻¹)	-	(Pa)	(Pa)	(Pa)	

Přívodní potrubí																Zařízení č. 1
1	4600	1,28	2,0	4,0	0,319	638	φ 500	500	0,196	6,51	1,00	1,8	2	45,7	47,7	2x koleno, red.
2	4600	1,28	8,0	4,0	0,319	638	φ 630	630	0,312	4,10	0,26	2,7	2,08	27,2	29,3	4x koleno, red.
3	9200	2,56	11	5,0	0,511	807	1000x630	800	0,503	5,08	0,28	3,3	3,11	51,2	54,3	5x koleno, odbočka
	9200	2,56	3	5,0	0,511	807	1350x710	900	0,636	4,02	0,16	1,2	0,48	11,6	12,1	koleno, 2x redukce
																Σ 131 Pa
																34,5 sání
																121 textilní výústka
																1,8 regulační klapka
																3,2 požární klapka
																32 tlumič hluku
																Celková tlaková ztráta Σ Δp _z 324 Pa
Sání čerstvého vzduchu																
4	9200	2,56	3,5	5,0	0,511	807	800x800	800	0,503	5,08	0,15	0,9	0,53	14,0	14,5	1x koleno, redukce
-	9200	2,56	-	2,5	1,022	1141	800x800	1344	1,419	1,80	-	-	-	-	20,0	Střešní hlavice
																Σ 34,5 Pa
Použita střešní hlavice Lindab LHR 800x 800 volná plocha 1,344 m ²																
Zbývající úseky																
5	4600	1,28	2,0	4,0	0,319	638	φ 500	500	0,196	6,51	1,00	1,8	2	45,7	47,7	2x koleno, red.
6	4600	1,28	2,5	4,0	0,319	638	φ 630	630	0,312	4,10	0,26	0,0	0,65	0,0	0,7	

Odvodní potrubí																Zařízení č. 3
1	920	0,26	5,0	3,0	0,085	329	φ 315	315	0,078	3,28	0,41	0,9	2,05	5,8	7,9	koleno, redukce
2	1840	0,51	3,5	3,5	0,146	431	560x355	435	0,149	3,44	0,30	0,6	1,05	4,3	5,3	odbočka
3	2760	0,77	3,5	4,0	0,192	494	630x400	489	0,188	4,08	0,35	0,9	1,23	9,0	10,2	odbočka, redukce
4	3680	1,02	3,3	4,3	0,238	550	710x450	551	0,238	4,29	0,34	2,1	1,13	23,2	24,3	2x koleno, odb., red.
5	4600	1,28	2,5	4,5	0,284	601	800x500	615	0,297	4,30	0,28	1,5	0,7	16,7	17,4	1x koleno, odb., red.
6	8280	2,30	6,8	4,5	0,511	807	1000x630	800	0,503	4,58	0,24	2,1	1,63	26,4	28,0	2x koleno, odb., red.
7	9200	2,56	9	5,0	0,511	807	1000x630	800	0,503	5,08	0,28	2,4	2,41	37,2	39,6	2x kol., odb., 2x red.
																Σ 133 Pa
																39 výtlač
																7 anemostat
																1,2 regulační klapka
																3,2 požární klapka
																29 tlumič hluku
																Celková tlaková ztráta Σ Δp _z 212 Pa
Výtlač odpadního vzduchu																
8	9200	2,56	4,1	5,0	0,511	807	800x800	800	0,503	5,08	0,28	0,9	1,15	14,0	15,1	1x koleno, redukce
-	9200	2,56	-	2,5	1,022	1141	800x800	1120	0,985	2,59	-	-	-	-	22,0	Výfuková hlavice
																2,0 tlumič hluku
																Σ 39 Pa
Střešní výfuková hlavice rovnostranná 800x 800 mm.																
9	920	0,26	4,2	3,0	0,085	329	φ 315	315	0,078	3,28						
10	1840	0,51	7,2	3,5	0,146	431	560x355	435	0,149	3,44						
11	3680	1,02	12	4,0	0,256	570	710x450	551	0,238	4,29						

2.6.2 Výpočet vzduchotechnického potrubí zařízení č. 2 a 3



Obrázek 33 Dimenzační schéma zařízení č. 2 a 3

Tabulka 17 Výpočet VZT potrubí zařízení č. 2

VÝPOČET VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

Zařízení č. 2 - Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících															Vypracoval	
Akce:		Vzduchotechnika divadla													Karel Běťák	
Z plánu			Hodnoty									Tlaková ztráta			Poznámky	
			Předběžné			Skutečné - vypočtené										
č.u.	V	I	v'	S'	d'	d _{axb}	d	S	v	R	ξ	R·L	Z	Z+R·L		
-	(m³h⁻¹)	(m³s⁻¹)	(m)	(ms⁻¹)	(m²)	(mm)	(mm)	(m²)	(ms⁻¹)	(Pam⁻¹)	-	(Pa)	(Pa)	(Pa)		
Přívodní potrubí															Zařízení č. 2	
1	150	0,04	4,5	3,0	0,014	133	φ 200	200	0,031	1,33	0,14	0,9	0,63	0,95	1,6	koleno, redukce
2	175	0,05	1,7	3,0	0,016	144	φ 200	200	0,031	1,55	0,21	0,6	0,35	0,86	1,2	redukce, odbočka
3	355	0,10	4,3	3,5	0,028	189	φ 200	200	0,031	3,14	0,64	0,6	2,77	3,55	6,3	redukce, odbočka
4	535	0,15	5,4	4,0	0,037	217	φ 225	225	0,040	3,74	0,80	2,1	4,35	17,6	22,0	3x koleno, odbočka
5	685	0,19	2,2	5,0	0,038	220	φ 225	225	0,040	4,79	1,00	1,2	2,2	16,5	18,7	koleno, red., odboč
																Σ 49,7 Pa
																8 vířivá vyústka
																5 regulační klapka
																1 tlumič hluku
																44,2 sání
																Celková tlaková ztráta Σ Δp _z 108 Pa
Sání čerstvého vzduchu																
6	685	0,19	2,4	5,0	0,038	220	φ 250	250	0,049	3,88	0,72	1,5	1,69	13,5	15,2	2x koleno, redukce
-	685	0,19	-	2,5	0,076	311	φ 250	250	0,125	1,52	-	-	-	-	29	střešní hlavice
Použita střešní hlavice Lindab VHL φ 250 volná plocha 0,125 m².																Σ 44,2 Pa
7	150	0,04	1,0	3,0	0,014	133	φ 160	160	0,020	2,07						Zbývající useky
8	100	0,03	4,0	3,0	0,009	109	φ 160	160	0,020	1,38						
9	50	0,01	3,2	3,0	0,005	77	φ 125	125	0,012	1,13						
10	180	0,05	1,4	3,0	0,017	146	φ 200	200	0,031	1,59						
11	25	0,01	3,2	3,0	0,002	54	φ 80	80	0,005	1,38						
Odvodní potrubí															Zařízení č. 2	
1	150	0,042	7,6	3	0,01	133	φ 160	160	0,02	2,07	0,45	0,6	3,42	1,55	4,97	1xkoleno
2	175	0,049	1,7	3	0,02	144	φ 160	160	0,02	2,42	0,55	0,9	0,94	3,16	4,09	odb., redukce
3	265	0,074	0,8	3	0,02	177	φ 180	180	0,03	2,89	0,64	0,9	0,51	4,52	5,03	odb., redukce
4	355	0,099	1,9	3,5	0,03	189	φ 200	200	0,03	3,14	0,63	0,6	1,2	3,55	4,74	odbočka
5	405	0,113	1,2	4	0,03	189	φ200	200	0,03	3,58	0,82	0,6	1,02	4,62	5,63	odbočka
6	435	0,121	0,6	4	0,03	196	φ 200	200	0,03	3,85	0,91	0,9	0,55	7,99	8,53	odb., redukce
7	585	0,163	4,9	4,5	0,04	214	φ 225	225	0,04	4,09	1	2,4	4,85	24,1	28,9	odb., 3x koleno
8	685	0,19	1	5	0,04	220	φ 225	225	0,04	4,79	1,25	0,9	1,19	12,4	13,6	odbočka, red,
	685	0,19	0,6	5	0,04	220	400x200	267	0,06	3,40	0,57	0,6	0,31	4,16	4,47	koleno
																Σ 79,9 Pa
																40 výtlač
																40 talířový ventil
																5 tlumič hluku
																Celková tlaková ztráta Σ Δp _z 165 Pa
Výtlač odpaního vzduchu																
9	685	0,19	3,3	5	0,04	220	φ 250	250	0,05	3,88	0,7	0,9	2,38	8,11	10,5	1x koleno, redukce
	686	0,19	0,6	5	0,04	220	400x200	267	0,06	3,40	0,6	0,6	0,31	4,17	4,48	koleno
-	685	0,19	-	2,5	0,08	311	φ 250	250	0,27	0,70	-	-	-	-	25	střešní hlavice
Použita výfuková hlavice Lindab HN φ 250 volná plocha 0,27 m².																Σ 40 Pa
10	100	0,028	7,9	3	0,01	109	φ 160	160	0,02	1,38						Zbývající úseky
11	150	0,042	1	3	0,01	133	φ 160	160	0,02	2,07						
12	30	0,008	1,5	3	0	59	φ 80	80	0,01	1,66						
13	50	0,014	5,2	3	0	77	φ 150	150	0,02	0,79						
14	90	0,025	1	3	0,01	103	φ 125	125	0,01	2,04						
15	90	0,025	1	3	0,01	103	φ 125	125	0,01	2,04						
16	25	0,007	1	3	0	54	φ 80	80	0,01	1,38						

Tabulka 18 Výpočet VZT potrubí zařízení č. 3

VÝPOČET VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ

Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků												Vypracoval
Akce: Vzduchotechnika divadla												Karel Běťák

Z plánu			Hodnoty								Tlaková ztráta			Poznámky	
			Předběžné			Skutečné - vypočtené									
č.u.	V	I	v'	S'	d'	d _{axb}	d	S	v	R	ξ	R·L	Z	Z+R·L	
-	(m ³ h ⁻¹)	(m ³ s ⁻¹)	(m)	(ms ⁻¹)	(m ²)	(mm)	(mm)	(m ²)	(ms ⁻¹)	(Pam ⁻¹)	-	(Pa)	(Pa)	(Pa)	

Přívodní potrubí																Zařízení č. 3	
1	50	0,01	4,0	3,0	0,005	76,8	φ 80	80	0,005	2,76	1,21	0,9	4,89	4,1	9,0	1x koleno, redukce	
2	100	0,03	1,3	3,5	0,008	101	φ 100	100	0,008	3,54	2,10	1,3	2,65	9,8	12,4	redukce, rozbočka	
3	300	0,08	3,3	3,5	0,024	174	φ 180	180	0,025	3,27	0,85	0,9	2,81	5,8	8,6	2x odbočka, red.	
4	400	0,11	5,2	4,0	0,028	188	φ 200	200	0,031	3,54	0,80	0,6	4,19	4,5	8,7	odbočka, redukce	
5	550	0,15	1,0	4,0	0,038	221	250x200	222	0,039	3,95	0,92	0,6	0,92	5,6	6,5	odbočka, redukce	
6	850	0,24	6,5	4,5	0,052	258	355x200	256	0,051	4,59	0,87	1,6	5,66	19,6	25,2	2xkoleno,rozbočka	
7	1400	0,39	2,0	5,0	0,078	315	450x250	321	0,081	4,81	0,77	1,2	1,54	16,6	18,2	koleno, 2x redukce	
															Σ	89 Pa	
																44,3	sání
																35,0	talířový ventil
																9,2	požární klapky
																8,0	tlumič hluku
										Celková tlaková ztráta				Σ Δp,		185 Pa	

Sání čerstvého vzduchu																	
8	1400	0,39	4,5	5,0	0,078	315	φ 315	315	0,078	4,99	0,17	0,9	0,83	13,4	14,3	1x koleno, redukce	
-	1400	0,39	-	2,5	0,156	445	φ 315	315	0,182	2,14	-	-	-	-	30,0	střešní halvice	
Použita střešní hlavice Lindab VHL φ 315 volná plocha 0,182 m ² .															Σ	44,3	Pa

Použita střešní hlavice Lindab VHL φ 315 volná plocha 0,182 m².

Vedlejší větve č.1																	
9	80	0,02	0,7	3,0	0,007	97,1	φ 100	100	0,008	2,83	1,26	0,9	0,83	4,3	5,2	koleno, redukce	
10	130	0,04	4,0	3,5	0,010	115	φ 125	125	0,012	2,94	1,06	0,6	4,24	3,1	7,4	odbočka, redukce	
11	250	0,07	8,3	3,5	0,020	159	φ 160	160	0,020	3,45	0,98	1,2	8,13	8,6	16,7	1x koleno, odb., red.	
12	550	0,15	3,4	4,0	0,038	221	φ225	225	0,040	3,84	0,92	3,9	3,13	34,5	37,7	6x koleno, odbočka	
																Σ Δp_{z1}	67 Pa
13	50	0,01	1,8	3,0	0,005	76,8	φ 80	80	0,005	2,76							
14	300	0,08	1,2	3,0	0,028	188	φ 200	200	0,031	2,65							
15	300	0,08	2,2	3,0	0,028	188	φ 200	200	0,031	2,65							
16	150	0,04	0,9	3,0	0,014	133	φ 200	200	0,031	1,33							
17	150	0,04	2,4	3,0	0,014	133	φ 200	200	0,031	1,33							
18	100	0,03	1,8	3,0	0,009	109	φ 160	160	0,020	1,38							
19	100	0,03	1,5	3,0	0,009	109	φ 160	160	0,020	1,38							
20	50	0,01	2,8	3,0	0,005	76,8	φ 80	80	0,005	2,76							

Odvodní potrubí																	
1	80	0,02	2,1	3,0	0,007	97,1	φ 100	100	0,008	2,83	1,24	0,6	2,6	2,9	5,5	redukce	
2	160	0,04	0,3	3,5	0,013	127	φ 125	125	0,012	3,62	1,52	0,9	0,38	7,1	7,5	odbočka, redukce	
3	290	0,08	10	4,0	0,020	160	φ 160	160	0,020	4,01	1,29	1,5	12,9	14,4	27,3	koleno, odbo., red.	
4	490	0,14	2,9	4,2	0,032	203	φ 200	200	0,031	4,33	1,13	1,5	3,32	16,9	20,2	1x koleno, odb., red.	
5	850	0,24	3,0	4,5	0,052	258	355x200	256	0,051	4,59	0,95	0,9	2,85	11,4	14,2	odbočka, redukce	
6	1400	0,39	4,4	5,0	0,078	315	450x250	321	0,081	4,81	0,82	1,2	3,61	16,6	20,2	koleno, 2x redukce	
															Σ	95 Pa	
																69,5	výtlač
																38,0	talířový ventil
																2,0	regulační klapka
																9,2	požární klapka
																1,0	tlumič hluku
										Celková tlaková ztráta				Σ Δp _z	215 Pa		

Tabulka 19 Výpočet VZT potrubí zařízení č. 3 - pokračování

Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků															Vypracoval		
Akce:		Vzduchotechnika divadla													Karel Běťák		
Z plánu			Hodnoty									Tlaková ztráta			Poznámky		
			Předběžné			Skutečné - vypočtené											
č.u.	V		I	v'	S'	d'	d _{axb}	d	S	v	R	ξ	R·L	Z	Z+R·L	Pokračování	
-	m ³ /h	m ³ /s	m	m/s	m ²	mm	mm	mm	m ²	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa		
Výtlač odpadního vzduchu																	
7	1400	0,39	6,9	5,0	0,078	315	φ 315	315	0,078	4,99	0,17	2,1	1,17	31,4	32,5	3x koleno, redukce	
-	1400	0,39	-	2,5	0,156	445	φ 315	315	0,450	0,86	-	-	-	-	37,0	střešní hlavice	
Použita výfuková hlavice Lindab HN φ 315 volná plocha 0,45 m ² .														Σ	69,5	Pa	
Vedlejší větev č.1																	
8	80	0,02	7,1	3,0	0,007	97	φ 100	100	0,008	2,83	1,26	1,5	8,95	7,21	16,2	2x koleno, redukce	
9	130	0,04	1,2	3,5	0,010	115	φ 125	125	0,012	2,94	1,06	0,9	1,27	4,68	5,95	odbočka, redukce	
10	210	0,06	2,8	3,5	0,017	146	φ 160	160	0,020	2,90	1,02	0,9	2,86	4,55	7,4	odbočka, redukce	
11	390	0,11	1,5	4,0	0,027	186	φ 200	200	0,031	3,45	0,76	0,6	1,14	4,28	5,42	odbočka	
12	470	0,13	1,0	4,0	0,033	204	φ 200	200	0,031	4,16	1,06	0,9	1,06	9,33	10,4	odbočka, redukce	
13	550	0,15	1,0	4,5	0,034	208	φ 225	225	0,040	3,84	1,06	3,0	1,1	26,6	27,7	4x koleno, odbočka	
Σ Δp _{z1}															73		Pa

2.6.3 Výsledná tlaková ztráta potrubí

Tabulka 20 Stručná tabulka s externí tlakovou ztrátou pro návrh VZT jednotek

Stručná tabulka s externí tlakovou ztrátou pro návrh VZT jednotek	
Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a pódia	
Přívodní potrubí	324 Pa
Odvodní potrubí	212 Pa
Zařízení č. 2 - Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících	
Přívodní potrubí	108 Pa
Odvodní potrubí	165 Pa
Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků	
Přívodní potrubí	185 Pa
Odvodní potrubí	215 Pa

2.7 Návrh vzduchotechnických jednotek

Pro větrání divadla byly zvoleny sestavné vzduchotechnické jednotky společnosti REMAK a.s., sídlící v Rožnově pod Radhoštěm. Návrh a výpočet vzduchotechnických jednotek byl proveden za pomoci softwaru AeroCAD, který je volně ke stažení na internetových stránkách společnosti. [26] Sání čerstvého vzduchu je ve všech případech realizováno z prostoru střechy, proto je v létě uvažováno s výpočtovou teplotou vzduchu $t_{eL} = 35\text{ °C}$.

Podrobná specifikace zařízení je uvedena v příloze A. 4.

2.7.1 Zařízení č. 1

Zařízení č. 1 obsluhuje hlediště a pódium. Zařízení musí hospodařit s průtokem $9\,200\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ vzduchu, s externí tlakovou ztrátou na přívodu 324 Pa a na odvodu 212 Pa. V zimním období bude schopné vytopit prostor na 20 °C a v létě schladit na 25 °C . Pro tento účel je zvolena modelová řada AeroMaster XP 22 od společnosti REMAK a. s.

Jednotka je umístěna ve strojovně vzduchotechniky v podkroví přilehlého penzionu místnost č. 305. S ohledem na prostor strojovny byla zvolena jednotka se systémem ZZT složeného z glykolového okruhu (účinnost 46%, maximální výkon 55,7 kW). Výhodou tohoto systému je možnost oddělení přívodní a odvodní jednotky. Součástí je komora pro parní vlhčení, umožňující zvlhčení na relativní vlhkost $\varphi_i = 24\%$, pro dovlhčení na $\varphi_i = 40\%$ se uvažuje vlhkostních zisků od lidí. Filtrace je zvolená ve složení filtru F7 na přívodu a M5 na odvodu.

Problémem této VZT jednotky je zpětné získávání tepla, které zabezpečuje glykolový okruh. Okruh má teplotní účinnost 46 % a nesplňuje náročné požadavky ekodesign pro „oběhový systém zpětného získávání tepla“ s teplotní účinností 63 %. Tato účinnost není technicky dosažitelná, i když je zvolen osmiřadý výměník. Dosáhnout požadované účinnosti bychom se mohli pokusit vložením externího výměníku do kapalinového okruhu, který by do něj dodával teplo nejlépe s nějakého obnovitelného zdroje energie. V této bakalářské práci s tím není uvažováno. Tím se však jen docílí splnění „požadavku ekodesign“ nikoli zvýšení účinnosti předání tepla. Další možností je do VZT jednotky zakomponovat tepelné čerpadlo, abychom se vyhnuli posuzování zařízení.

Tabulka 21 Parametry vzduchu z. č. 1

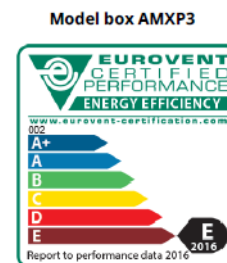
Parametr	ZIMA	LÉTO
	(°C)	(°C)
Teplota v místnosti t_i	20	25
Teplota přívodního vzduchu t_p	23,1	17

Základní parametry zařízení		
Druh, rozměr	AeroMaster XP 22	
Typ řídicího systému	VCS (Climatix)	
Hmotnost (+/-10%)	2 264 kg	
Umístění jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	9200 m³/h	9200 m³/h
Externí tlaková rezerva	324 Pa	212 Pa
Rychlost v průřezu	1.65 m/s	1.65 m/s
Příkon ventilátorů	2.89 kW	2.12 kW
1. stupeň filtrace	F7	M5
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _i	1094 W.m ⁻³ .s	803 W.m ⁻³ .s
Parametry pláště dle EN1886		
Celkový příkon jednotky	38.77 kW	Mechanická stabilita D2(M)
Napájecí napětí	3×400V+N+PE 50Hz	Netěsnost skříně L2(M)
Celkový proud I _{max}	37 A	Termická izolace T3(M)
		Faktor tepelných mostů TB3(M)
SFP _{AHU}	1963 W.m ⁻³ .s	Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)
Nejdůležitější parametry vybraných komponentů		
	Na straně vzduchu	Na straně média
Zpětný zisk tepla	-15,0 → 1,2 °C	46 %
Ohřev	1,2 → 23,1 °C	70,5 kW
Chlazení	35,0 → 17,0 °C	58,5 kW
Vlhčení	23,1 → 23,1 °C	6 → 24 %

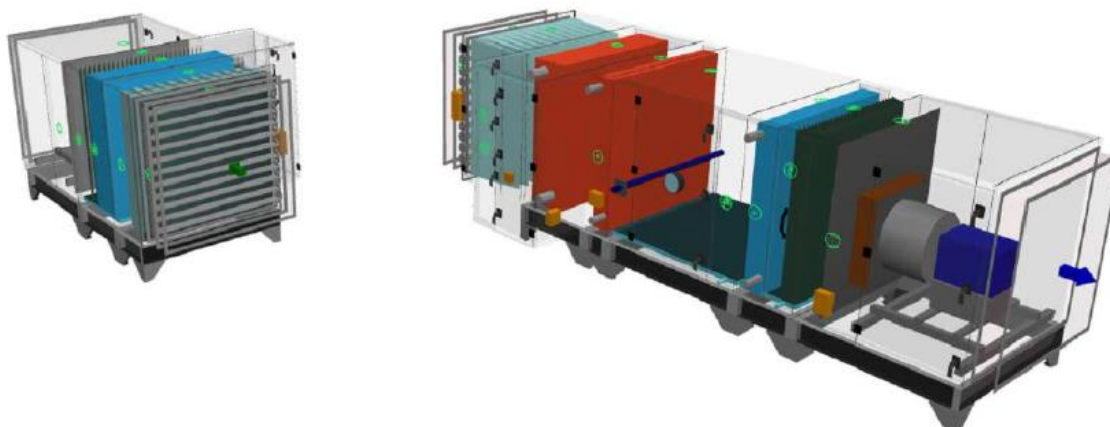
Model box AMXP3



Obrázek 34 Základní parametry zařízení č. 1



Zdrojem páry pro vlhčení bude elektrodový parní zvlhčovač HYGROMATIK HyLine 45 B s parním výkonem $45 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ umístěný ve strojovně VZT jednotky č. 1.



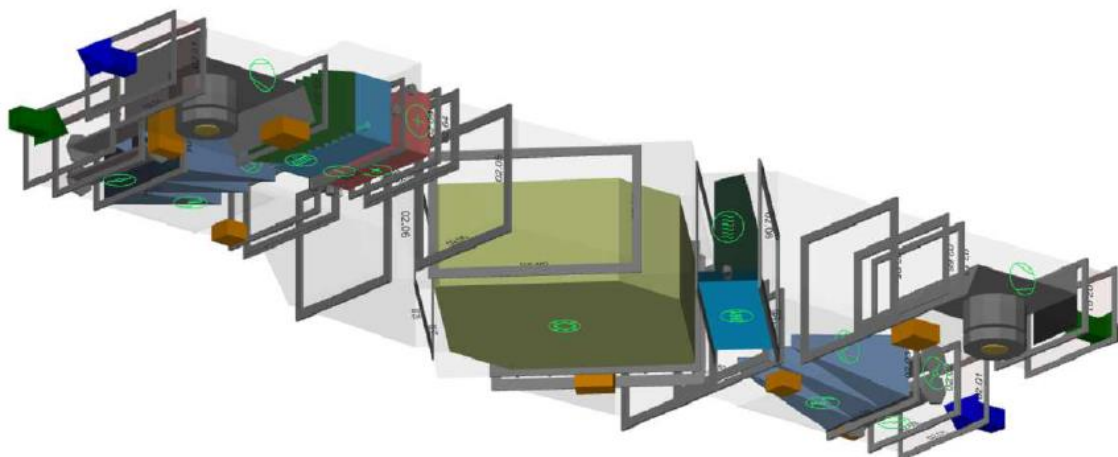
Obrázek 35 Vzduchotechnická jednotka zařízení č. 1

2.7.2 Zařízení č. 2

Zařízení č. 2 - Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících. Jak název napovídá, zařízení řídí větrání v šatnách herců. Do prostoru přivádí a odvádí $685 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. VZT jednotka ohřeje v zimě vzduch na teplotu v místnosti a v létě schladí venkovní vzduch na 27°C . Pro tento účel je zvolena modelová řada Vento 40-20. Jednotka bude namontována pod strop místnosti č. 220 Sklad. Zařízení negarantuje výslednou teplotu v místnosti v letním období.

Základní parametry zařízení			
Druh, rozměr	Vento 40-20		
Typ řídicího systému	VCS (Climatix)		
	Webové ovládání; bez mobilní aplikace		
Hmotnost (+/-10%)	227 kg		
Umístění jednotky	Vnitřní		
Materiálové provedení			
Vnější plášť	Pozinkovaný plech		
Vnitřní plášť	-		
	Přívod	Odvod	
Průtok vzduchu	685 m³/h	685 m³/h	
Externí tlaková rezerva	108 Pa	165 Pa	
Rychlost v průřezu	2.38 m/s	2.38 m/s	
Příkon ventilátorů	0.14 kW	0.14 kW	
1. stupeň filtrace	M5	M5	
2. stupeň filtrace	-	-	
SFP _i	725 W.m³.s	731 W.m³.s	
Parametry pláště dle EN1886			
Celkový příkon jednotky	0.28 kW	Mechanická stabilita	-
Napájecí napětí	1×230V+N+PE 50Hz	Netěsnost skříně	-
Celkový proud I _{max}	4 A	Termická izolace	-
		Faktor tepelných mostů	-
SFP _{AHU}	1456 W.m³.s	Netěsnost mezi filtrem a rámem	-
Nejdůležitější parametry vybraných komponentů			
	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-15.0 → 15.7 °C	83 %	
Ohřev	15.7 → 22.0 °C	1.4 kW	70/29 °C, Voda, 0.0 kPa, 0.03 m³/h
Chlazení	35.0 → 27.0 °C	1.7 kW	6/12 °C, Voda, 0.6 kPa, 0.24 m³/h

Obrázek 36 Základní parametry zařízení č. 2



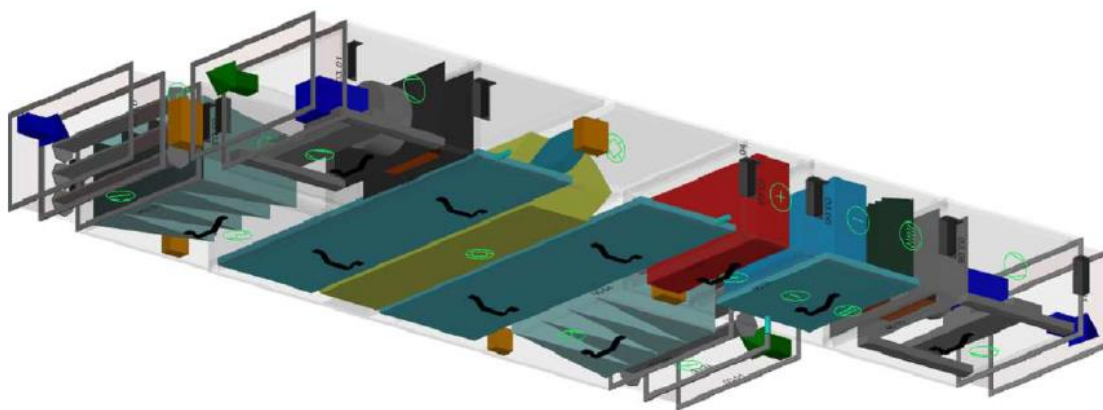
Obrázek 37 Sestava vzduchotechnické jednotky Vento 40-20

2.7.3 Zařízení č. 3

Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků. Toto zařízení především zajišťuje odvod vzduchu z hygienického zázemí a větrá vstupní halu. Do prostoru přivádí $1\,400\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. VZT jednotka v zimě ohřeje vzduch na teplotu v místnosti a v létě schladí venkovní vzduch na 27 °C . Pro tento účel je zvolena modelová řada AeroMaster FP 2.7. VZT jednotka bude instalována v přilehlém penzionu pod stropem chodby. Zařízení negarantuje výslednou teplotu v místnosti v letním období.

Základní parametry zařízení			
Druh, rozměr	AeroMaster FP 2.7		
Typ řídicího systému	VCS (Climatix)		
Hmotnost (+/-10%)	392 kg		
Umístění jednotky	Vnitřní		
Materiálové provedení			
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)		
Vnitřní plášť	-		
	Přívod	Odvod	
Průtok vzduchu	1400 m³/h	1400 m³/h	
Externí tlaková rezerva	185 Pa	215 Pa	
Rychlost v průřezu	2.06 m/s	2.06 m/s	
Příkon ventilátorů	0.44 kW	0.37 kW	
1. stupeň filtrace	M5	M5	
2. stupeň filtrace	-	-	
SFP _i	1089 W.m ⁻³ .s	924 W.m ⁻³ .s	
Parametry pláště dle EN1886			
Celkový příkon jednotky	0.81 kW	Mechanická stabilita	D1(M)
Napájecí napětí	1×230V+N+PE 50Hz	Netěsnost skříně	-
Celkový proud I _{max}	25 A	Termická izolace	T3(M)
		Faktor tepelných mostů	TB2(M)
SFP _{AHU}	2084 W.m ⁻³ .s	Netěsnost mezi filtrem a rámem	-
Nejdůležitější parametry vybraných komponentů			
	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-15.0 -> 15.1 °C	86 %	
Ohřev	15.1 -> 20.0 °C	2.3 kW	70/50 °C, Voda, 0.4 kPa, 0.10 m³/h
Chlazení	35.0 -> 27.0 °C	3.5 kW	6/15 °C, Voda, 0.7 kPa, 0.35 m³/h

Obrázek 38 Základní parametry zařízení č. 3



Obrázek 39 Sestava vzduchotechnické jednotky AeroMaster FP 2.7

2.8 Úpravy vzduchu

2.8.1 Výpočet teploty přiváděného vzduchu

Výpočet teploty přiváděného vzduchu, který proudí za systémem ZZT do místnosti. Podrobný výpočet a změny stavu vzduchu jsou uvedeny v h-x diagramu.

$$\frac{\eta}{100} = \frac{t_1 - t_e}{t_i - t_e} \quad (-) \quad (1.43)$$

$$t_1 = t_e + \frac{\eta}{100} \cdot (t_i - t_e) \quad (^\circ\text{C}) \quad (1.44)$$

η	tepelná účinnost systému ZZT (%)
t_1	teplota přiváděného vzduchu, který proudí za systémem ZZT do místnosti ($^\circ\text{C}$)
t_i	teplota v interiéru ($^\circ\text{C}$)
t_e	teplota exteriéru ($^\circ\text{C}$)

Zařízení č. 1

$$t_1 = (-15) + \frac{46}{100} \cdot (20 - (-15)) = 1,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Zařízení č. 2

$$t_1 = (-15) + \frac{83}{100} \cdot (22 - (-15)) = 15,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Zařízení č. 3

$$t_1 = (-15) + \frac{86}{100} \cdot (20 - (-15)) = 15,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Název akce:

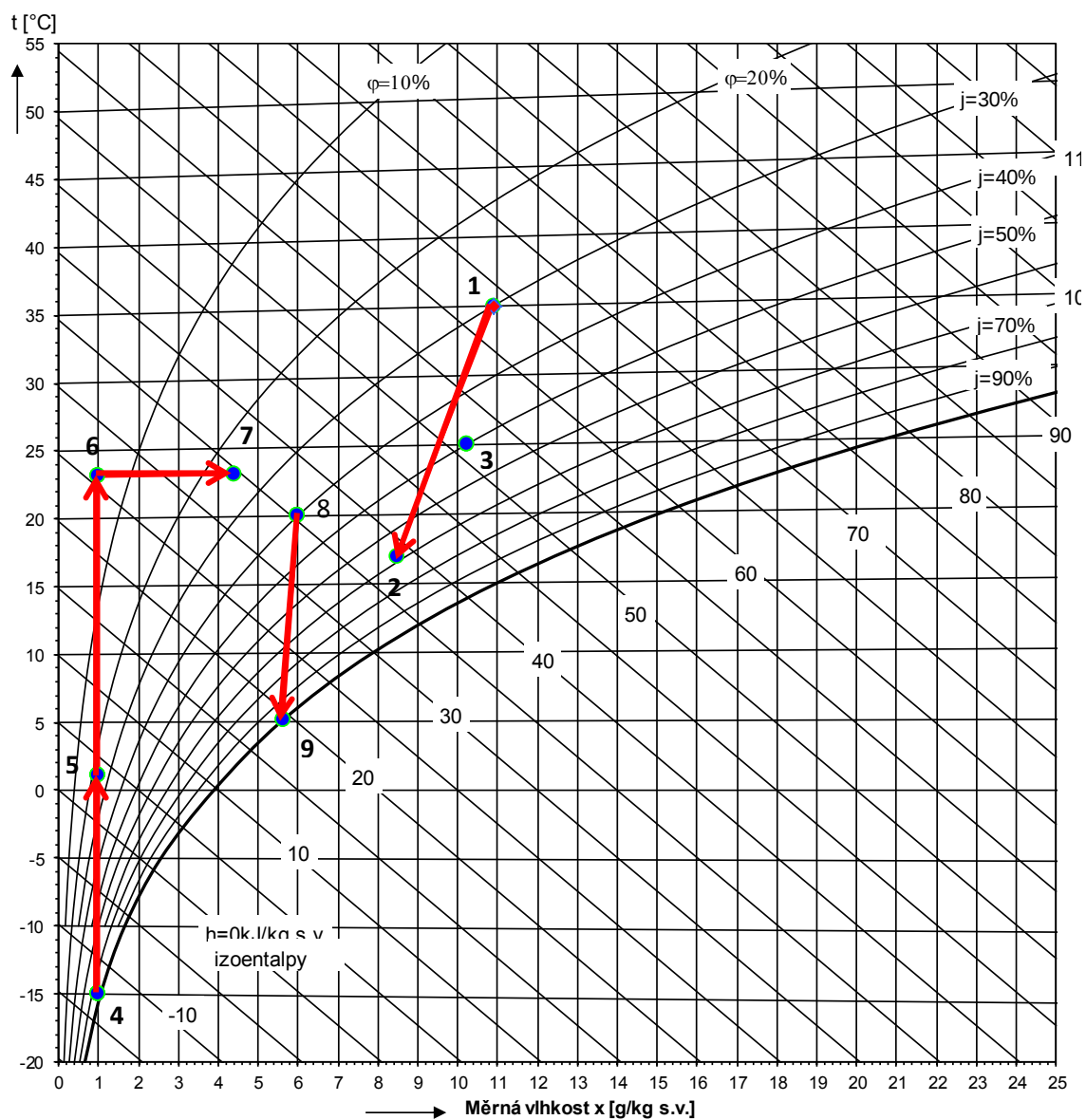
Zařízení č. 1 Klimatizace hlediště a pódia

Povrchová teplota chladiče: 9 °C

Tlak vzduchu: 98,1 kPa

Max. vlhkost při úpravách: 100 %

Číslo stavu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Popis stavu		LÉTO	Prívod	interier	ZIMA	bod 1	ohřev	vlhčení	interier	bod 2	
Teplota	t °C	35,0	17,0	25,0	-15,0	1,1	23,1	23,1	20,0	5,1	
rel.vlhkost	j %	30%	68%	50%	95%	24%	6%	24%	40%	100%	
měr. vlhkost	x g/kg s.v.	10,9	8,5	10,2	1,0	1,0	1,0	4,4	6,0	5,6	
entalpie	h kJ/kg s.v.	63,3	38,6	51,3	-12,7	3,6	25,9	34,5	35,4	19,3	
tep.vlh. teploměru	tv °C	21,3	13,4	17,8	-15,0	-3,5	8,2	12,02	12,21	5,13	
hustota	r kg/m3	1,10	1,17	1,14	1,32	1,25	1,15	1,2	1,2	1,2	
Skut. průtok	Vs m3/h	10 130	9 501	0	8 353	8 874	9 586	9 639	9 562	9 072	
Norm. průtok	Vn m3/h	9 200	9 200	0	9 200	9 200	9 200	9 200	9 200	9 200	
Předaný výkon	P kW		-75,8			50,0	68,3	26,6		-49,4	
Odpařené vody	qw kg/h		-26,8			0,0	0,0	37,6		-4,0	



Obrázek 40 H-x diagram zařízení č. 1

Název akce:

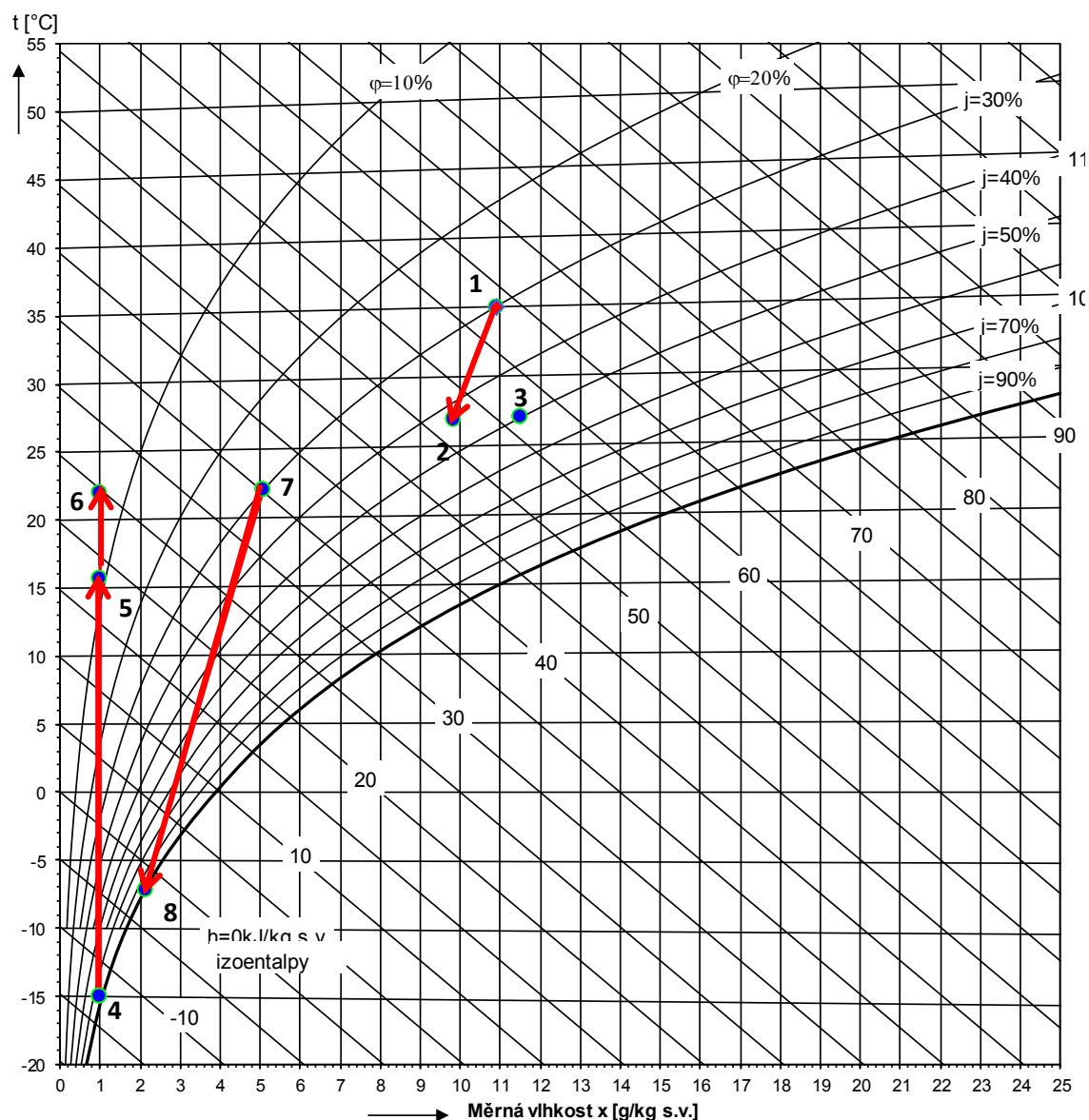
Zařízení č. 2 - Nucené větrání šaten a hygienického zázemí

9 °C

Tlak vzduchu: 98,1 kPa

Max. vlhkost při úpravách: 100 %

Číslo stavu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Popis stavu		LÉTO	Chlazení	Interier	ZIMA	bod 1	ohřev	interier	bod2		
Teplota	t °C	35,0	27,0	27,0	-15,0	15,7	22,0	22,0	-7,1		
rel.vlhkost	j %	30%	43%	50%	95%	9%	6%	30%	100%		
měr. vlhkost	x g/kg s.v.	10,9	9,8	11,5	1,0	1,0	1,0	5,1	2,1		
entalpie	h kJ/kg s.v.	63,3	52,3	56,7	-12,7	18,4	24,8	35,1	-1,9		
tep.vlh. teploměru	tv °C	21,3	18,1	19,4	-15,0	4,7	7,8	12,09	-7,12		
hustota	r kg/m3	1,10	1,13	1,13	1,32	1,18	1,16	1,2	1,3		
Skut. průtok	Vs m3/h	754	733	0	622	696	711	0	0		
Norm. průtok	Vn m3/h	685	685	0	685	685	685	0	0		
Předaný výkon	P kW		-2,5			7,1	1,5		0,0		
Odpařené vody	qw kg/h		-0,9			0,0	0,0		0,0		

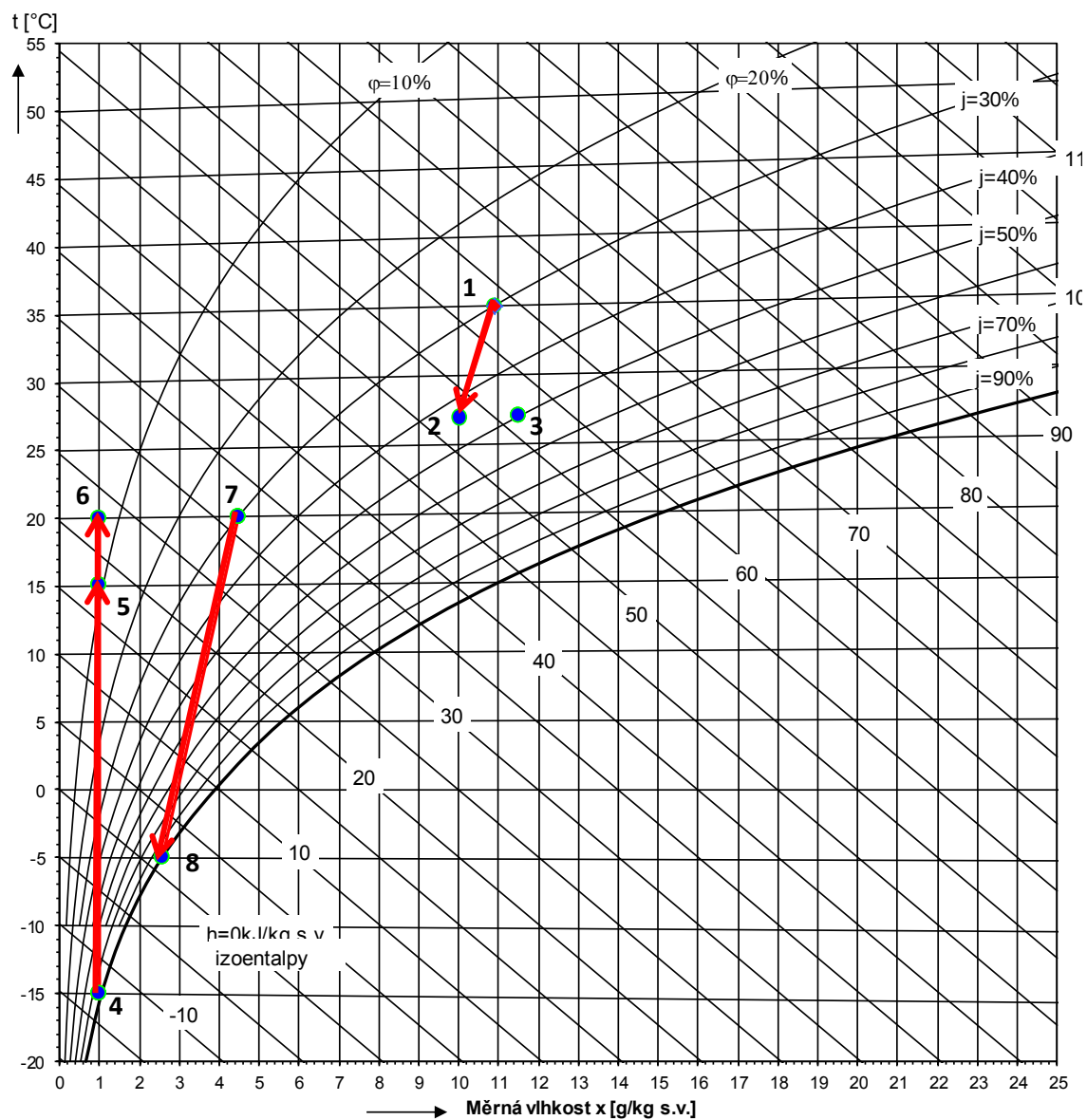


Obrázek 41 H-x diagram zařízení č. 2

Název akce: **Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí** Prchová teplota chladiče: **10,5 °C**

Tlak vzduchu: **98,1 kPa** Max. vlhkost při úpravách: **100 %**

Číslo stavu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Popis stavu		LÉTO	Prívod	interier	ZIMA	bod 1	Prívod	interier	bod 2		
Teplota	t °C	35,0	27,0	27,0	-15,0	15,1	20,0	20,0	-4,9		
rel.vlhkost	j %	30%	44%	50%	95%	9%	7%	30%	100%		
měr. vlhkost	x g/kg s.v.	10,9	10,0	11,5	1,0	1,0	1,0	4,5	2,6		
entalpie	h kJ/kg s.v.	63,3	52,8	56,7	-12,7	17,8	22,7	31,6	1,5		
tep.vlh. teploměru	tv °C	21,3	18,2	19,4	-15,0	4,4	6,9	10,68	-4,89		
hustota	r kg/m3	1,10	1,13	1,13	1,32	1,18	1,16	1,2	1,3		
Skut. průtok	Vs m3/h	1 541	1 499	0	1 271	1 419	1 444	0	0		
Norm. průtok	Vn m3/h	1 400	1 400	0	1 400	1 400	1 400	0	0		
Předaný výkon	P kW		-4,9			14,2	2,3		0,0		
Odpařené vody	qw kg/h		-1,5			0,0	0,0		0,0		



Obrázek 42 H-x diagram zařízení č. 3

2.9 Útlum hluku

Pro zamezení šíření hluku od vzduchotechnických jednotek a zajištění pohody v chráněných vnitřních prostorech a chráněných vnějších prostorech bylo provedeno posouzení s hygienickými limity z nařízení vlády č. 272/2011 [27] na základě něj byly navrženy opatření. Posuzuje se distribuční element nejbližší vzduchotechnické jednotce.

Při návrhu distribučních elementů bylo hleděno na to, aby jejich vlastní hladina akustického tlaku L_{WA} nepřekročila 40 dB. Všechny distribuční elementy vyjma textilních vyústek jsou napojeny pomocí zvukově tlumící ohebné hadice. V případě nedostatečného přirozeného útlumu hluku jsou navrženy tlumiče.

Pro útlum hluku v kruhovém potrubí jsou zvoleny tlumiče hluku GD provedení s děrovaným plechem firmy Greif-akustika, s.r.o.. Pro čtyřhranné potrubí kulisové tlumiče THKU s náběhovými i odtokovými hranami firmy Mart s.r.o.. Kulisy jsou vyrobeny z minerální vaty s kaširovaným povrchem šířky 100 mm.

Tabulka 22 Maximální hladina akustického tlaku L_{WA}

Místnost	Maximální hladina akustického tlaku (A)
Hlediště, podium	40 dB (A)
Šatna - herci	40 dB (A)
Hygienické zázemí	50 dB (A)

2.9.1 Souhrn hladiny akustického tlaku a navržených tlumičů

Tabulka 23 Přehled hladiny akustického tlaku L_{WA} a použitých tlumičů

Přehled zvolených tlumičů				
	Hladina akustického tlaku v místě posluchače L_s	Hladina akustického tlaku v místě posluchače s tlumičem hluku L_s	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti $L_{p,A}$	Navržený tlumič hluku
	[dB]	[dB]	[dB]	
Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a pódia				
Přívodní potrubí	58	39	40	THKU 1350x710x1000
Odvodní potrubí	42	28	40	THKU 1050x630x1000
Sání čerstvého vzduchu	37	-	50	nenavržen
Výtlač odpadního vzduchu	58	43	50	THKU 800x800x1000
Zařízení č. 2 - Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících				
Přívodní potrubí	48	24	40	GD 224 - 1000
Odvodní potrubí	24	-	40	nenavržen
Sání čerstvého vzduchu	22	-	50	nenavržen
Výtlač odpadního vzduchu	46	25	50	GD 250 - 1000
Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků				
Přívodní potrubí	50	27	50	THKU 450x250x1000
Odvodní potrubí	33	-	50	nenavržen
Sání čerstvého vzduchu	28	-	50	nenavržen
Výtlač odpadního vzduchu	50	32	50	GD 315 - 1000

2.9.2 Výpočet útlumu hluku

Výpočet byl proveden běžně používanými vzorci pro výpočet útlumu hluku uvedených v literatuře a za pomoci programu excel. Uvádím výpočet útlumu u zařízení č. 1 v přívodním potrubí. Hladina akustického tlaku v místě posluchače $L_{so} = 39$ dB je nižší než předepsaná hladina akustického tlaku v místnosti $L_{p,A} = 40$ db. Výpočet ostatních větví je uveden příloze A. 2.

Tabulka 24 Výpočet útlumu hluku v přívodním potrubí zařízení č. 1

Útlum hluku - přívodní potrubí											
Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a pódia											
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L_{vv}	Hluk ventilátoru										
L_{vv}	42	0	47	60	79	81	83	78	75	74	87
K_a	Hladina akustického výkonu tlumiče	0	2	8	12	14	12	7	2	0	19
L_{vv}	součet	3	47	60	79	81	83	78	75	74	87
D_p	Přirozený útlum										
	Rovné potrubí 1000x630, 12 m	5,4	4,1	2,9	1,6	0,4	-0,9	-2,2	-3,4	-4,7	11
	Kolena (1 ks)	0,9	0,7	0,5	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	12
	Rovné potrubí $\phi 500$, 2 m	0,9	0,7	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	10
	Kolena (8 ks)	0,0	0,0	0,0	8,0	16,0	24,0	24,0	24,0	24,0	30
	Odbočka z hlavní větve($S_i=0,31$, $?S_i=0,94$)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	14
	Ohebné potrubí	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10
	Útlum koncovým odrazem	15,8	10,6	5,9	2,5	0,8	0,2	0,1	0,0	0,0	18
	útlum tlumič hluku THKU	7,0	8,0	13,0	23,0	42,0	70,0	64,0	52,0	29,0	71
	útlum tlumiče hluku 2										10
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve výústce	0	18	32	38	15	0	0	0	18	39
L_w	Hladina akustického výkonu výústky	16	18	17	17	16	15	13	8	0	25
	Hladina akustického výkonu nástavce	0	0	39	36	33	24	17	9	0	42
K	Korekce na počet výústek						počet výústek:			2	3
L_s	Hladina akustického výkonu všech výústek										46
Q	směrový činitel										4
r	vzdálenost od výústky k posluchači										1,5
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m ²)					1093	pohltivost (-)		0,2	219
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										39
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										40

2.10 Návrh tepelné izolace potrubí

Návrh tepelné izolace proti zabránění kondenzace v potrubí a úniku tepla z potrubí jsem provedl v programu Teruna v1.5b [21]. Tepelnou izolací bude opatřeno přívodní i odvodní potrubí zařízení č. 1, potrubí prochází mezi střešními vazníky, kde je uvažována teplota v zimě -9 °C a všechna potrubí nasávající vzduch z exteriéru. Připojovací skříň anemostatů umístěna mezi vazníky bude rovněž izolována. Tepelnou izolací budou izolovány i pružné manžety VZT jednotek. Ostatní potrubí izolováno nebude, protože v potrubí proudí vzduch o stejné teplotě jako v interiéru.

Je navržena izolace z kamenné vlny hydrofobizovaná v celém objemu, s polepem hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou tloušťky 40 mm. Součinitel tepelné vodivosti λ bude nejméně $0,038\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Použitím této tepelné izolace o tloušťce 40 mm nebude docházet ke kondenzaci vlhkosti v potrubí ani na jejím povrchu. Z výpočtu vyplývá, že nedojde v celé délce potrubí k ochlazení ani ohřátí vzdušiny o víc než 1 °C v přívodním potrubí při návrhových podmínkách.

2.11 Požární klapky a protipožární izolace

Návrh vzduchotechniky respektuje rozdělení objektu na požární úseky. Potrubí zbytečně neprochází požárně dělicími konstrukcemi. K zachování a neporušení požárních úseků jsou použity požární klapky MANDÍK PKTM 90 v provedení s mechanickým ovládáním s tepelnou tavnou pojistnou a signalizací polohy. Požární odolnost EI90. Požární klapky jsou zabudovány mimo stěnovou konstrukci.

Klapky umístěné mimo stěnovou konstrukci musí být doizolovány minerální vlnou. Pro tento účel musí být použita dle podkladu požárních klapek minerální vlna s požární odolností EI 60, o min. objemové hmotnosti $66\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, tloušťky 80 mm viz projekční podklady. Takto vytvořený prostup splňuje požární odolnost EI 60.

C. PROJEKT

VZDUCHOTECHNIKA DIVADLA

STAVEBNÍK: **BOHUSLAV KOZELKA**, Zahradní 11, 695 01 Hodonín

NÁZEV STAVBY: **VÍCEÚČELOVÉ KULTURNÍ ZAŘÍZENÍ**

MÍSTO STAVBY: **LIPNÍK NAD BEČVOU**
kat. území Lipník nad Bečvou, parc. č. 2021/3

DRUH DOKUMENTACE: **DOKUMENTACE PRO PROVÁDĚNÍ STAVBY**

OBJEKT: **SO 01 DIVADLO**

TECHNICKÁ ZPRÁVA

D.1.4 TECHNIKA PROSTŘEDÍ STAVEB VZDUCHOTECHNIKA

SEZNAM DOKUMENTACE:

D.1.4.01	TECHNICKÁ ZPRÁVA
D.1.4.02	TECHNICKÁ SPECIFIKACE
D.1.4.03	PŮDORYS 1NP
D.1.4.04	PŮDORYS 2NP
D.1.4.05	ŘEZ A-A'
D.1.4.06	ŘEZ B-B'
D.1.4.07	ŘEZ C-C'
D.1.4.08	ŘEZ D-D'
D.1.4.09	ŘEZ E-E'
D.1.4.10	ŘEZ F-F'
D.1.4.11	ŘEZ G-G', ŘEZ H-H', ŘEZ CH-CH'
D.1.4.12	ŘEZ I-I', ŘEZ J-J'

3 PROJEKT

3.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1.1 ÚVOD

Předmětem řešení této prováděcí projektové dokumentace stavby je vypracování vzduchotechnického systému v rámci rozšíření Víceúčelového kulturního zařízení v Lipníku nad Bečvou o objekt Divadla, tak aby bylo zajištěno potřebné mikroklima a množství vzduchu k pokrytí tepelných ztrát a zisků.

3.1.1.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování této PD byla stavební dokumentace s půdorysy a řezy stavební části objektu, dokumentace pro stavební povolení, uživatelem dané požadavky na obsluhu jednotlivých místností. Dále pak podklady od použitých zařízení a koncových elementů.

3.1.1.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

místo:	Lipník nad Bečvou
nadmořská výška:	250 m. n. m.
normální tlak vzduchu:	99,9 kPa
výpočtová teplota vzduchu	35 °C

Tabulka 25 Parametry vnějšího vzduchu

Parametr	LÉTO	ZIMA
Teplota venkovního vzduchu t_e	32 °C	-15 °C
Entalpie vzduchu h_e	66,4 kJ·kg ⁻¹	-
Měrná vlhkost vzduchu x_e	-	0,9

Poznámka: Pro výpočet vodního chladiče VZT jednotky byla zvolena výpočtová teplota vzduchu v letním období 35 °C a relativní vlhkost 30 % z důvodu nasávání vzduchu z prostoru střechy.

3.1.1.3 Výpočtové hodnoty vnitřního mikroklimatu

teplotní parametry interiéru:	léto 25 °C, zima 20 °C - hlediště, podium
	léto 27 °C, zima 22 °C - zázemí herců
	léto 27 °C, zima 20 °C - zázemí návštěvníků

Pro zajištění výsledných požadovaných teplot pro zázemí návštěvníků a herců je v zimním období uvažováno pokrytí tepelné ztráty prostupem otopnými tělesy nebo podlahovým vytápěním. Vzduchotechnika zaručí pokrytí tepelné ztráty větráním. V letním období zajistí zchlazení venkovního vzduchu na 27,0 °C. Výsledná letní teplota v těchto prostorech nebude garantována. Vzduchotechnická jednotka pro hlediště a podium bude pokrývat celou tepelnou ztrátu a tepelnou zátěž. V zimě je pro dovlhčení na požadovanou vlhkost počítáno s vodní párou od lidí. Rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně bude dodržena v rozmezí:

Tabulka 26 . Rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně

teplé období roku	0,16-0,25 m·s ⁻¹
chladné období roku	0,13-0,20 m·s ⁻¹

Ochrana zdraví proti hluku a vibracím

Hluk v chráněném vnitřním prostoru staveb a ve vnějším prostoru v denní době nepřesáhne maximální hladinu akustického tlaku. Vzhledem k charakteru obsluhovaného prostoru není uvažováno s provozem zařízení v noční době.

Tabulka 27 Maximální hladina akustického tlaku

Místnost	Maximální hladina akustického tlaku (A)
Hlediště, podium	40 dB (A)
Šatna - herci	40 dB (A)
Hygienické zázemí	50 dB (A)

Tabulka 28 Tabulka místností

Č. M.	Název místnosti	Plocha	Výsledná vnitřní teplota		Relativní vlhkost	
			LÉTO	ZIMA	LÉTO	ZIMA
			t_{gL}	t_{gZ}	φ_{iL}	φ_{iZ}
		(m ²)	(°C)	(°C)	(%)	(%)
201	Vstup-šatna	67,10	N	20,0 ± 2,0	N	N
202	Hala	36,85	N	20,0 ± 2,0	N	N
203	WC -ženy	8,35	N	20,0 ± 2,0	N	N
204	WC- muži	6,00	N	20,0 ± 2,0	N	N
205	Šatna- herci	14,80	N	22,0 ± 1,0	N	N
206	Chodba	11,75	N	20,0 ± 2,0	N	N
207	Šatna- herci	13,40	N	22,0 ± 1,0	N	N
208	Předsálí	36,40	N	20,0 ± 2,0	N	N
209	Chodba	18,80	N	20,0 ± 2,0	N	N
210	WC	6,30	N	20,0 ± 2,0	N	N
211	WC -ženy	8,10	N	20,0 ± 2,0	N	N
212	WC- muži	3,40	N	20,0 ± 2,0	N	N
213	WC- tělesně postižení	8,50	N	20,0 ± 2,0	N	N
214	Sklad elektro-techniky	2,60	N	20,0 ± 2,0	N	N
215	Kotelna	5,00	N	20,0 ± 2,0	N	N
216	Bar	13,60	24,5 ± 1,5	20,0 ± 1,0	50	40
217	Hlediště podium	184,00	24,5 ± 1,5	20,0 ± 1,0	50	40
218	Chodba, schodiště	27,30	24,5 ± 1,5	20,0 ± 1,0	50	40
219	Chodba	6,95	24,5 ± 1,5	20,0 ± 1,0	50	40
220	Sklad	35,30	N	20,0 ± 2,0	N	N

221	Šatna- herci	36,05	N	22,0 ± 1,0	N	N
222	Šatna- herci	36,40	N	22,0 ± 1,0	N	N
301	Balkon vnitřní	100,85	N	20,0 ± 2,0	N	N
302	Balkon vnitřní	19,80	N	20,0 ± 2,0	N	N
303	Balkon venkovní	13,05	-	-	-	-
304	Balkon venkovní	21,40	-	-	-	-
305	Strojovna VZT	61,60	N	10 ± 2	N	N

N - negarantováno

3.1.1.4 Popis objektu a rozsahu PD

Víceúčelové kulturní zařízení je souhrn objektů s restaurací, penzionem, sportovním zázemím a nově budovaným divadlem. Budova divadla je přistavena ke stávajícímu objektu penzionu. Objekt divadla je dvoupodlažní s přízemní přístavbou. Vstup je situován severně k příjezdové komunikaci. V západní části přízemí jsou prostory pro účinkující a návštěvníky, kde dominuje vstup a hala. V severovýchodní části se rozléhá dvoupodlažní prostor sálu se třemi balkóny.

Divadelní sál je především zamýšlen pro večerní představení, ale i například pro představení pro školní děti v průběhu dne. Pořádání různých přednášek a koncertů.

Tabulka 29 Předpokládaná provozní doba jednotlivých prostor

Druh prostor	Využívání	Stupeň využití
Hlediště	9.00-12.00	5%
	17.00-22.00	100%
Šatny	7.00-9.00	100%
	15.00-17.00	100%
	17.00-22.00	50%
	22.00-23.00	100%
Reprezentační prostory	16.00-17.00	100%
	17.00-22.00	10-50%
	22.00-22.30	100%

3.1.2 Tepelně technické vlastnosti budovy

Tepelně technické vlastnosti jsou uvedeny pro budovu sálu. Vlastnosti přístavby v tomto projektu nejsou zmíněny. Zdivo je z keramických tvárnic, tloušťka zdiva je v celém objektu proměnná. Stropní konstrukcí tvoří sádkokarton a minerální vlna tl. 200 mm, nad vazníky je izolace tl. 50 mm. Podlaha je izolována polystyrenem tl. 100 mm. Okna a dveře jsou jednoduchá s izolačním dvojsklem.

Tabulka 30 Součinitelé stavebních konstrukcí

Číslo konstrukce	$U_k (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})$	Název
SO1	0,25	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45)
SO2	0,18	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45+ti)
SO3	0,14	Stěna ochlazovaná (tl. 0,65+ti)
SO4	0,29	Stěna ochlazovaná (tl. 0,45; st.)
SO5	0,29	Stěna ochlazovaná (0,65+ti;st)
SO6	0,25	Stěna ochlazovaná (tl. 0,3+ ti)
SO7	0,28	Stěna ochlazovaná (tl. 0,25+ ti)
SN1	0,70	Stěna neochlazovaná
PDL1	0,33	Podlaha na zemině
STR1	0,19	Strop
OJ1	1,35	Okno jednoduché (1,7x 2,17)
OJ2	1,34	Okno jednoduché (1,8x 2,17)
OJ3	1,32	Okno jednoduché (1,1x 1,97)
DO1	1,32	Dveře ochlazované (1,1x 1,97)
DO2	1,35	Dveře ochlazované (1,05x2,95)
DO3	1,5	Dveře ochlazované (0,9x1,97)

3.1.3 Seznam použitých norem a předpisů

Návrh, montáž a provoz systému je v souladu s příslušnými bezpečnostními předpisy a protipožárními předpisy a normami platnými na území České republiky, přitom implicitní hodnoty údajů ve výpočtech dále uvažovaných, jakož i výpočtové metody jsou převzaty zejména z obecně závazných předpisů a norem:

- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky vnitřního prostředí
- Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb ze znění pozdějších předpisů
- ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- ČSN 73 05 40-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu
- ČSN 01 3154 Technické výkresy - Instalace - Vzduchotechnika, klimatizace
- ČSN 12 7010/Z1 Vzduchotechnická zařízení - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení - Obecná ustanovení
- ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN 38 3350 Zásobování teplem, všeobecné zásady

3.1.4 Základní koncepční řešení

K zajištění všech požadavků, které jsou na profesi vzduchotechnika kladeny, byly navrženy standartní nízkotlaké systémy. Vzduchotechnická zařízení byla dimenzována tak, aby splnila potřebné hygienické požadavky, normy a oborové zvyklosti (minimální potřebná dávka čerstvého vzduchu na osobu, potřebná doporučená intenzita větrání, dostatečná filtrace čerstvého vzduchu).

Objekt je rozdělen na tři funkční celky se svou vlastní vzduchotechnickou jednotkou, které se skupují místnosti s podobným charakterem a to následovně:

1. Klimatizace hlediště a podia
2. Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících
3. Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků

Nucené větrání je navrženo pro shromažďovací prostory a šatny herců, které bude zajišťovat pokrytí tepelných ztrát větráním a v létě zchlazení přiváděného vzduchu na předpokládanou teplotu interiéru. Úplná klimatizace je uvažována v hledišti a v prostorech k němu přímo přilehlých, tudíž budou eliminovány tepelné ztráty, zisky i vlhkostní zátěž. Všechny prostory hygienického zázemí budou řešeny podtlakovým větráním a úhradou vzduchu z okolních místností. Hlavní prostor bude fungovat jako rovnotlaký systém. U všech zařízení jsou navrženy systémy zpětného získávání tepla.

Provoz VZT zařízení bude řízen samostatným systémem MaR. Výroba studené vody bude zajišťovat strojní chlazení viz profese chlazení. VZT jednotky budou umístěny v samostatné strojovně nebo přímo pod stopem některé z místností. Zdroj páry bude ve strojovně VZT.

3.1.4.1 Hygienické větrání a klimatizace

Větrání bude navrženo v souladu s hygienickými předpisy.

Tabulka 31 Dávky větracího vzduchu na osobu

Místnost	Dávka čerstvého vzduchu
Šatny účinkujících	$50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$
Hlediště, podium	$25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$
Vstup, hala	$30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}$

Tabulka 32 Množství odváděného vzduchu pro hygienické zařízení

Místnost	Množství odváděného vzduchu
WC	$50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na 1 mísu
	$30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na 1 umyvadlo
	$25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na 1 pisoár
Sprcha	$35 - 110 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na 1 sprchu

- podtlakové větrání je navrženo v hygienických zázemích
- přetlakové větrání je navrženo pro místnosti, z kterých je uhrazován vzduch pro podtlakové větrání hygienických zařízení
- rovnotlaké větrání je navrženo v hlavním sále
- je navržena jednostupňová filtrace třídy M5 (podstropní jednotky) a F7 (stacionární jednotka) pro přívod vzduchu
- na odvodu je navržena jednostupňová filtrace třídy M5 pro všechny jednotky
- vzduchotechnika zajistí vytápění a zároveň v létě pokrytí tepelných zisků v sále
- vytápění ostatních místností zajistí profese vytápění

3.1.4.2 Tepelná zátěž v létě, tepelná ztráta v zimě, vlhkostní zisky

Tepelná ztráta, tepelné zisky a vlhkostní zisky jsou vypočteny pro funkční celek Klimatizace hlediště a podia. Výpočet tepelné zátěže je proveden pro maximální sluneční intenzitu v 15.00 hodin. Okna jsou orientována na jihozápad. Zastínění bude formou tmavých závěsů s uvažovaným stínícím součinitelem $s = 0,3$.

Tabulka 33 Tabulka vstupních parametrů

Druh prostoru	Obsazenost	Vnitřní tepelná zátěž		Osoby	Vodní zisky
		Osvětlení	El. vybavení		
Hlediště, podium	251 osob	$7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	300 W	68 W/os.	$70 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} \text{ os.}$

Tabulka 34 Tabulka výsledů tepelné zátěže

Tepelná ztráta	9 489 W
Tepelný zisk	24 178 W
Vlhkostní zisky	$4,88 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$

3.1.4.3 Technologické větrání a chlazení

V objektu se nevyskytují nároky na technologické větrání a chlazení.

3.1.4.4 Energetické zdroje

Elektrická energie

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů VZT a parní vyvíječ – soustava 3NPE 400 V, 50 Hz; 1NPE 230 V, 50 Hz

Tepelná energie

Pro ohřev vzduchu v tepelných výměnících vzduchotechnických jednotek bude sloužit topná voda s teplotním spádem 70/50 °C vyráběná v plynových kotlích. Napojení vodních ohříváčů bude přes regulační uzly. Napojení výměníku a dodávku regulačních uzlů zajistí profese vytápění.

Chlazení venkovního vzduchu ve výměnících VZT jednotek bude zajištěno centrálním zdrojem chladu. Dodávku tohoto zařízení a napojení na vodní chladiče zajistí profese chlazení.

3.1.5 Popis technického řešení

Vzduchotechnické zařízení bude sloužit pro tvorbu a udržení vhodného interního mikroklimatu v objektu podle požadavku na vnitřní prostředí. VZT jednotky budou umístěny v samostatné strojovně nebo přímo pod stopem některé z místnosti. Kondenzační vany vzduchotechnických jednotek budou napojeny na kanalizaci přes zápachovou uzávěrku.

Všechny navržené systémy VZT budou nízkotlaké. Vzduchotechnické systémy jsou navrženy tak, aby výměna vzduchu vyhovovala hygienickým, funkčním a technologickým požadavkům. Všechny jednotky budou ve vnitřním provedení a na přívodu vzduchu do jednotky budou osazeny regulační klapky.

Doprava vzduchu bude realizována potrubím čtyřhranným i kruhovým typu Spiro. Sání čerstvého vzduchu bude izolováno vždy kvůli zamezení kondenzace, přívodní a odvodní potrubí bude izolováno jen v případech s rozdílnou teplotou v potrubí a prostoru, kde je potrubí vedeno.

Distribuční prvky pro přívod a odvod vzduchu jsou zvolené dle účelu a výšky místností – v úseku jeviště a hlediště to jsou textilní vyústky pro přívod vzduchu a lamelové anemostaty pro odvod. V hygienickém zázemí budou použity talířové ventily. Ve zbývajících místnostech vířivé vyústky. Všechny distribuční elementy vyjma textilních vyústek budou připojeny přes regulační klapky a ohebné hadice SONOFLEX MO.

Sání a výtlak vzduchu bude přes střechu objektu. Pro přívod budou použity střešní hlavice Lindab VHL a LHR. Pro odvod výfuková hlavice Lindab HN a rovnostranná výfuková hlavice Mart DFH. Vzdálenost a charakter střešních prvků zajistí, aby nedocházelo k nasávání odpadního vzduchu. Střešní prvky budou instalovány min. 500 mm nad úroveň střechy.

Navržená vzduchotechnická zařízení jsou rozdělena do následujících funkčních celků:

Zařízení č. 1- Klimatizace hlediště a pódia

Prostor hlediště a pódia bude větrán centrálně upravovaným vzduchem pomocí vzduchotechnické jednotky REMAK Aeromaster XP 22, která je umístěna ve strojovně vzduchotechniky v podkroví přilehlého penzionu místnost č. 305. S ohledem na prostor strojovny byla zvolena jednotka se systémem ZZT složeného z glykolového okruhu (účinnost 46%, maximální výkon 55,7 kW). Výhodou tohoto systému je možnost oddělení přívodní a odvodní jednotky. Dimenzování vzduchového výkonu je provedeno s ohledem na počet osob a tepelnou bilanci. Předpokladem je obsazenost prostoru maximálně 251 osobami, včetně herců. Rozhodujícím faktorem pro množství přiváděného vzduchu je letní tepelná zátěž činící $Q_L = 24\,178\text{ W}$. Vzduchový výkon tedy činí $9\,200\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Jednotka bude ve složení na přívodu: regulační klapka, filtr F7, výměník glykolového okruhu, vodní ohřívač, parní zvlhčovač, vodní chladič, eliminátor kapek a ventilátor. Na odvodu: regulační klapka, filtr M5, výměník glykolového okruhu, eliminátor, kapek a ventilátor. Jednotka bude na potrubí napojena přes tlumící vložky, které zamezí šíření vibrací do potrubí. V zimním období bude vzduch ohříván na $23,1 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, v letním období bude chlazen na $17 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Parní zvlhčovač bude vlhčit na relativní vlhkost $\varphi_i = 24 \text{ } \%$ pro dovhlčení na $\varphi_i = 40 \text{ } \%$ se uvažuje vlhkostních zisků od lidí.

Větrání prostoru je zvoleno zaplavovacím způsobem. Strop místnosti tvoří soustava vazníků, která nad prostorem vytváří pravidelný lichoběžník, který ve středu zvětšuje prostor. Oba rohy vyplňují dvě textilní vyústky s rovnoměrnou mikroperforací tvaru kruhové výseče průměru 500 mm a délkou 13 100 mm firmy Příhoda s.r.o.. Přívod vzduchu do vyústky je seshora uprostřed kruhovým nástavce průměru 500 mm. Každá vyústka do prostoru přivádí $4\,600 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. Svým tvarem zůstává stabilní i za stavu, kdy vzduchotechnické zařízení je mimo provoz. Odvod vzduchu bude realizován ze sníženého prostoru po okrajích místnosti nad balkóny. Koncovým vzduchotechnickým elementem pro odvod vzduchu bude čtvercový lamelový anemostat MANDÍK ALCM velikosti 600 mm s čelní výtokovou plochou z pevných profilovaných lamel v základním provedení. Připojení přes připojovací skříň pro vodorovné připojení kruhovým hrdel bez regulační klapky. Anemostaty budou na potrubí připojeny přes ohebnou hadici a regulační klapku.

Na rozmezí strojovny a sálu jsou do potrubí vsazeny požární klapky a doizolovány protipožární izolací.

Potrubí je zvoleno převážně čtyřhranné, pouze dopojení některých koncových elementů je řešeno potrubím Spiro. Potrubí mezi vazníky je nutno montovat před položením střešního pláště. Přívodní i odvodní potrubí bude izolováno tepelnou izolací z kamenné vlny tloušťky 40 mm včetně tlumících vložek.

Sání a výtlač vzduchu bude přes střechu objektu. Pro přívod budou použity střešní hlavice Lindab LHR. Pro odvod rovnostranná výfuková hlavice Mart DFH.

Teplotu ve strojovně zajistí v zimě profese vytápění a to minimálně $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Systém je navržen jako rovnotlaký vzhledem k ostatním prostorům. Ovládání a regulaci zajistí profese MaR (blíže samostatná kapitola).

Zařízení č. 2 Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících

Prostor zázemí účinkujících bude větrán centrálně upravovaným vzduchem pomocí vzduchotechnické jednotky REMAK Vento 40-20, která je umístěna pod stropem místnosti č. 220 Sklad. Dimenzování vzduchového výkonu je provedeno s ohledem na počet osob, dávku na zařizovací předmět a výměnu vzduchu. Vzduchový výkon tedy činí $685 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$.

Jednotka bude ve složení na přívodu: regulační klapka, filtr M5, deskový rekuperátor, vodní ohřívač, vodní chladič, eliminátor kapek a ventilátor. Na odvodu: regulační klapka, filtr M5,

deskový rekuperátor, eliminátor, klapka a ventilátor. Jednotka bude na potrubí napojena přes tlumící vložky, které zamezí šíření vibrací do potrubí. V zimním období bude vzduch ohříván na 22 ± 1 °C, v letním období bude chlazen na 27 ± 1 °C. Toto zařízení umožní schlazení letního přiváděného venkovního vzduchu nikoliv eliminací celkové tepelné zátěže.

Přívod vzduchu bude zajištěn v šatnách herců vířivými vyústkami, na chodbě talířovým ventilem, ve skladu obdélníkovou vyústkou do kruhového potrubí. Odvod vzduchu bude u šaten řešen podtlakově odvodem talířovými ventily z koupelen přes dveřní mřížky. V šatně bez koupelny místnost č. 221 bude přívod i odvod vířivými vyústkami. Všechny distribuční elementy budou na potrubí připojeny přes ohebnou hadici a regulační klapku. Dveřní mřížky budou instalovány 200 mm od spodní hrany dveří.

Rozvod vzduchu bude ze Spiro potrubí pouze kolena a přechody u VZT jednotky jsou čtyřhranné. Potrubí izolováno nebude.

Sání a výtlač vzduchu bude přes střechu objektu. Pro přívod budou použity střešní hlavice Lindab VHL. Pro odvod výfuková hlavice Lindab HN.

Zařízení č. 3 Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků

Prostor zázemí návštěvníků bude větrán centrálně upravovaným vzduchem pomocí vzduchotechnické jednotky REMAK FP 2.7, která je umístěna pod stropem chodby v budově penzionu. Dimenzování vzduchového výkonu je provedeno s ohledem na počet osob, dávku na zařizovací předmět a výměnu vzduchu. Vzduchový výkon tedy činí $1\,400\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Jednotka bude ve složení na přívodu: regulační klapka, filtr M5, deskový rekuperátor, vodní ohříváč, vodní chladič, eliminátor kapek a ventilátor. Na odvodu: regulační klapka, filtr M5, deskový rekuperátor, eliminátor, klapka a ventilátor. Jednotka bude na potrubí napojena přes tlumící vložky, které zamezí šíření vibrací do potrubí. V zimním období bude vzduch ohříván na 20 ± 1 °C, v letním období bude chlazen na 27 ± 1 °C. Toto zařízení umožní schlazení letního přiváděného venkovního vzduchu nikoliv eliminací celkové tepelné zátěže.

Přívod vzduchu bude v reprezentativních místnostech zajištěn vířivými vyústkami, na chodbě vířivou vyústkou a talířovými ventily. Odvod vzduchu ve vstupu a hale bude přes vířivé vyústky. Všechny prostory hygienického zázemí budou opatřeny odvodními talířovými ventily a dveřními mřížkami, ty zajistí podtlakovým větráním a úhradou vzduchu z okolních místností. Všechny distribuční elementy budou na potrubí připojeny přes ohebnou hadici a regulační klapku. Dveřní mřížky budou instalovány 200 mm od spodní hrany dveří.

Potrubí je zvoleno v kombinaci čtyřhranného a kruhového potrubí Spiro. Izolováno nebude.

Sání a výtlač vzduchu bude přes střechu objektu. Pro přívod budou použity střešní hlavice Lindab VHL. Pro odvod výfuková hlavice Lindab HN.

3.1.6 Nároky na energie

Nároky a energie pro VZT jednotky a ostatní zařízení jsou uvedené podrobně v tabulce výkonu zařízení, která je přílohou této technické zprávy a je její nedílnou součástí.

3.1.7 Měření a regulace

Navržený systém VZT bude řízený a regulovaný samostatným systémem měření a regulace – profese MaR:

- Ovládaní chodu ventilátor, 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 – vlečná regulace (směšování),
- regulace glykolového okruhu zpětného získávání tepla, udržení teplot v okruhu odpadního výměníku nad 0 °C – protimrazová ochrana,
- umístění teplotních a vlhkostních čidel dle požadavků,
- protimrazová ochrana deskového výměníku nastavením obtokové klapky,
- ovládaní 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 klapky, 3. otevření třicestného ventilu, 4. spuštění čerpadla,
- signalizace bezporuchového chodu ventilátoru pomocí diferenčního snímače tlaku,
- plynulá regulace výkonu ventilátorů frekvenčními měniči na přívodu i odvodu vzhledem k zanášení filtru a možnosti nastavení vzduchového výkonu zařízení podle potřeby provozu a časového rozvrhu,
- snímání signalizace zanesení filtrů,
- poruchová signalizace,
- snímání signalizace chodu, poruchy a vypnutí zdroje tepla a chladu.

3.1.8 Nároky na související profese

3.1.8.1 Stavení část

V rámci stavebních profesí je nutno zajistit:

- Zřízení strojovny v podkrovní penzionu, zateplení střechy a další související stavební úpravy – zhotovení požárně-dělicí příčky, zabudování protipožárních dveří ...,
- zhotovení prostupů pro trasy vzduchovodů a potrubí, tyto otvory budou o 50 mm symetricky větší na každou stranu, než je jmenovitý rozměr,
- umožnit montáž VZT potrubí mezi vazníky před instalací střešního pláště
- vzduchovody procházející střechou je nutné oplechovat proti zatékání,
- po montáži utěsnit prostory mezi prostupujícím potrubím a stavební konstrukcí. Provedení tohoto utěsnění bude po požární stránce ve stejné kvalitě jako stěna, kterou potrubí

prochází, uložení potrubí bude provedeno jako pružné, tak aby se chvění a vibrace nepřenášely do stavební konstrukce,

- zajistit přístup k požárním klapkám, regulačním klapkám, ventilátorům, filtrům apod. tak, aby byla možná údržba a pravidelný servis,
- viditelné označení požárních klapek,
- připravit dveře v hygienickém zázemí pro osazení dveřních mřížek,
- zajistit řádné osvětlení pro montáž, údržbu a servis apod.

3.1.8.2 Elektro

Silnoprúd

V rámci montáže silových rozvodů je nutno zajistit přívod elektrické energie k VZT zařízením v příkonech uvedených v tabulce výkonů, která je nezbytnou přílohou této technické zprávy. Dále je nutné provést napojení vodivých dílů čnicích nad střechu objektu na bleskosvodný rozvod, případně uzemnit zařízení VZT.

Slaboprúd

V rámci montáže slaboproudých rozvodů je nutno zajistit např.: napojení požárních klapek (jsou-li spouštěny externě), případně další funkce související zejména s EZS (elektronický zabezpečovací systém) a EPS (elektro požární signalizace).

3.1.8.3 Zdravotechnika

V rámci zdravotní techniky bude nutno z hlediska VZT zajistit zejména:

- Přívod pitné vody do jednotlivých strojoven vzduchotechniky,
- napojení parních zvlhčovačů na vodovod a kanalizaci,
- odvod kondenzátu z chladičů a kondenzačních van klimatizačních jednotek ve strojovnách VZT,
- podlahové vpusti ve strojovně VZT zařízení č. 1.

3.1.8.4 Vytápění

Profese vytápění zajistí přívod otopné vody k VZT zařízení s teplovodním výměníkem. Přivedený výkon musí odpovídat požadavku, uvedenému v tabulce zařízení, která je nezbytnou přílohou technické zprávy. Doporučená regulace vodního výměníku je kvalitativní se směšovací armaturou.

Voda musí být chemicky i mechanicky upravena tak, aby nedocházelo k mechanickému zanášení výměníků produkty koroze ani k usazování vodního kamene ve výměníku.

7Také zajistí temperování strojovny VZT jednotky zařízení č. 1 na 10 °C.

3.1.8.5 Chlazení

Profese chlazení zajistí přívod chladicí vody k VZT zařízení s chladičem vzduchu. Přivedený výkon musí odpovídat požadavku, uvedenému v tabulce zařízení, která je nezbytnou přílohou technické zprávy. Doporučená regulace vodního výměníku je kvalitativní se směšovací armaturou.

Voda musí být chemicky i mechanicky upravena tak, aby nedocházelo k mechanickému zanášení výměníků produkty koroze ani k usazování vodního kamene ve výměníku.

3.1.8.6 Měření a regulace

V rámci automatické regulace je nutno zajistit funkce, nezbytné pro chod VZT zařízení. Viz popis v odstavci 1.6 Měření a regulace.

3.1.9 Protipožární opatření

V zásadě budou do vzduchovodů procházejících požárně dělící konstrukcí vřazeny požární klapky. Celý prostor Divadla tvoří jeden požární úsek, který sousedí s požárním úsekem penzionu. Samostatné požární úseky tvoří strojovny pro zařízení č. 1 a 3 nacházející se v penzionu. Požární klapky budou umístěny právě v těchto strojovnách mimo stěnovou konstrukci, proto musí být až ke stěně doizolovány protipožární izolací. Požární klapky budou v provedení s mechanickým ovládáním s tepelnou tavnou pojistkou a signalizací polohy.

3.1.10 Ochrana proti hluku a vibracím

Do rozvodných tras potrubí budou vloženy tlumiče hluku do všech přírodních větví větracího vzduchu a do výtlačných tras odpadního vzduchu (exteriér).

Veškeré stoje, v kterých vznikají vibrace, budou pružně uloženy. Veškeré vzduchovody napojeny na VZT jednotky napojeny přes tlumící vložky.

3.1.11 Izolace a nátěry

Jsou navrženy izolace tepelné a protipožární. Jako tepelná izolace budou použity desky z minerální vlny, hydrofobizované, s hliníkovou folií a s minimálním součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,38 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Jako protipožární izolace budou použity desky z minerální vlny s požární odolností EI 60 o min. objemové hmotnosti $66 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ tloušťky 80 mm.

Tepelnou izolací bude opatřeno přírodní i odvodní potrubí zařízení č. 1 a všechna potrubí nasávající vzduch z exteriéru. Tepelnou izolací budou také izolovány pružné manžety VZT jednotek a připojovací skříň anemostatů umístěna mezi vazníky. Ostatní potrubí izolováno nebude.

Zařízení bude povrchově opatřeno povrchovou úpravou už z výroby. Pozinkované potrubí ve vnitřním prostředí již nebude dále upravováno, ve vnějším prostředí bude opatřeno lakem.

3.1.12 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

Pokyny pro montáž

Veškeré instalace musí být provedeny podle platných předpisů a norem. Před zahájením montážních prací musí být všichni pracovníci prokazatelně seznámeni s bezpečnostními předpisy (bezpečnost práce, požární ochrana, apod.), s povinností tyto předpisy dodržovat a používat ochranné prostředky. Prováděním prací smí být pověřováni jen pracovníci, kteří jsou pro dané práce vyučeni nebo zaškoleni. Při realizaci je nutné dodržovat stanovené technické a technologické postupy, které jsou stanovené příslušnými normami a montážními předpisy výrobců.

Požadavky na montáž:

- požadavek na dodržení pokynů pro montáž jednotlivých strojů a elementů,
- požadavek na přesné umístění, upevnění a provedení (podložení pryží) závěsů potrubí,
- požadavek na správné provedení spojů vzduchovodů,
- požadavek na překlenutí tlumících vložek a pryžových izolátorů pružným vodivým spojem,
- požadavek na izolaci vzduchovodů v místech průchodu zdí, z důvodu zabránění šíření vibrací.

Uvedení do provozu

Na závěr montážních prací se provádí dohodnuté zkoušky. Jedná se o zaregulování systému a činnosti na které navazují komplexní zkoušky. V rámci zkoušek se zejména hodnotí výkon zařízení a měří hluk. Měření hluku se provádí jak v objektu, tak i vně objektu jako průkaz dodržení maximálně povolených hodnot podle hygienických předpisů.

Komplexními zkouškami se rozumí prokázání schopnosti zařízení trvalého, bezporuchového a bezpečného provozu. Prokazuje se komplexní funkční spolehlivost větrání, ohřevu, chlazení, vlhčení atd. Smyslem komplexních zkoušek není prokazovat dosahování provozních a mikroklimatických parametrů za všech venkovních klimatických podmínek, ale především funkčnost zařízení jako celku. Rozsah, náplň a podmínky komplexního vyzkoušení však nejsou taxativně stanoveny a většinou jsou zformulovány ve smlouvě o dílo. Mezi dohodnuté zkoušky patří například:

- zkouška chodu a zaregulování výkonových parametrů (průtoku vzduchu),
- měření a kontrola mikroklimatických parametrů,
- zkouška těsnosti vzduchovodů,
- zkouška funkce systému MaR,
- zkouška obrazů proudění vzduchu,
- zkouška přetlaku nebo podtlaku ve větraných místnostech.

Po ukončení komplexního vyzkoušení se vyhotoví dokumentace (protokol) se zhodnocením a konstatováním, že je dílo řádně provedeno, bylo dosaženo projektovaných parametrů, zařízení je funkční a je ve smyslu smlouvy připraveno k předání a převzetí.

Pokyny pro obsluhu a údržbu

- obsluhu a údržbu veškerého zařízení je třeba provádět podle průvodní dokumentace výrobce,
- pravidelně je třeba provádět předepsané revize zařízení,
- obsluha zařízení bude spočívat v jeho spuštění nebo vypnutí dle potřeby. Při provozu větracího zařízení pracuje automaticky a nevyžaduje jiné obsluhy,
- doporučuje se vést provozní knihy jednotlivých zařízení o prohlídkách, opravách, revizích a dalších kontrolních činnostech.

Běžná údržba spočívá zejména v pravidelném čištění, případně výměně, vložek filtrů větrací jednotky. Interval výměny nebo regenerace všech filtračních vložek je závislý na době a intenzitě větrání i na stupni znečištění vzduchu a je třeba jej vysledovat na zařízení ve skutečném provozu. Pro údržbu vzduchotechnických zařízení musí být určen pracovník, teoreticky a prakticky zaškolený. Provozní řád zpracuje uživatel společně s dodavatelem zařízení.

3.1.13 Závěr

Výsledkem projektu je zpracování dokumentace pro provádění stavby Divadla v areálu Víceúčelového kulturního zařízení v Lipníku nad Bečvou. Byla navržena tři VZT zařízení pro větrání hlediště, zázemí herců a zázemí návštěvníků. Zařízení pro hlediště bude pokrývat tepelnou ztrátu a zátěž prostoru.

Zařízení vzduchotechniky je navrženo tak, aby při řádném provozu a dodržení podmínek provozu neohrožovalo zdraví. Vzduchotechnické zařízení je navrženo v souladu hygienickými, bezpečnostními a protipožárními předpisy a vyhláškami platné na území české republiky.

Přílohy technické zprávy

Tabulka 35 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 1

Tabulka 36 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 2 a 3

Tabulka 37 Tabulka výkonů zařízení č. 1

Tabulka 38 Tabulka výkonů zařízení č. 2 a 3

Tabulka 35 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 1

Zadané hodnoty										Vypočtené hodnoty									
Místnost		Léto		Zima		Tepelná bilance			Přívod			Odvod							
		Teplota v interiéru (°C)	Relativní vlhkost	Teplota v interiéru (°C)	Relativní vlhkost	Vodní zisky M_w (g·s ⁻¹)	Tepelné zisky Q_L (W)	Tepelná ztráta Q_Z (W)	Čerstvý vzduch V_e (m ³ h ⁻¹)	Přívod V_p (m ³ h ⁻¹)	Léto t_{pL} (°C)		Zima t_{pZ} (h ⁻¹)	Dosažená výměna					
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha (m ²)	Světla výška S.V. (m)	Objem V_m (m ³)	Počet osob (-)	Dávka vzduchu na osobu (m ³ h ⁻¹)	Pož. intenzita výměny n (h ⁻¹)	Teplota v interiéru (°C)	Relativní vlhkost	Teplota v interiéru (°C)	Relativní vlhkost	Čerstvý vzduch V_e (m ³ h ⁻¹)	Přívod V_p (m ³ h ⁻¹)	Léto t_{pL} (°C)	Zima t_{pZ} (h ⁻¹)	Dosažená výměna	Odvod v létě V_{ol} (m ³ h ⁻¹)		
		A_{pLi} (m ²)	S.V. (m)	V_m (m ³)			n (h ⁻¹)	t_i (°C)	ϕ_i (%)	t_i (°C)	ϕ_i (%)	M_w (g·s ⁻¹)	Q_L (W)	Q_Z (W)		n (h ⁻¹)	V_o (m ³ h ⁻¹)		
Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a pódia																			
216	Bar	13,6	3,5	47,6	-	-	-	25	50	20	40	-	-	17	23,1	-	-		
217	Hlediště, pódium	184	7,63	1342	251	25	5	25	50	20	40	4,88	24,178	9 489	17	23,1	6,12	9 200	
218	Chodba, schodiště	27,3	3,5	95,6	-	-	-	25	50	20	40	-	-	-	17	23,1	-	-	
219	Chodba	6,95	2,8	19,5	-	-	-	25	50	20	40	-	-	-	17	23,1	-	-	
												Σ	9 200					Σ	9 200

Tabulka 36 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 2 a 3

Zadané hodnoty										Vypočtené hodnoty																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		Místnost					Léto		Zima		Tepelná bilance				Přívod			Odvod																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Plocha (m ²)	Světla výška S.V. (m)	Objem V _m (m ³)	Počet osob	Dávka vzduchu na osobu (m ³ h ⁻¹)	Pož. intenzita výměny n (h ⁻¹)	t _i (°C)	Relativní vlhkost φ _i (%)	t _i (°C)	Teplota v interiéru φ _i (%)	Vodní zisky M _w (g·s ⁻¹)	Q _L (W)	Tepelné zisky	Tepelná ztráta Q _Z (W)	Čerstvý vzduch V _e (m ³ h ⁻¹)	V _p (m ³ h ⁻¹)		t _{pl} (°C)	Zima t _{pZ} (°C)	Dosažená výměna n (h ⁻¹)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

Tabulka 37 Tabulka výkonů zařízení č. 1

Zařízení č. / Pozice	DIVADLO	Ventilátor		Elektrická energie			Ohřev				Chlazení			Vlhčení	Množství kondenzátu	
		Množství vzduchu	Externí tlak	Elektrický příkon	Elektrický proud	Napětí/ frekvence	Teplotní spád	Topný výkon	Průtok topné vody	Tlaková ztráta výměníku	Teplotní spád	Chladicí výkon	Průtok chladicí vody			Tlaková ztráta výměníku
		V		P	I	U/f	t_1/t_2 (°C)	Q_t (kW)	m_t (m ³ ·h ⁻¹)	Δp_t (kPa)	t_1/t_2 (°C)	Q_{ch} (kW)	m_{ch} (m ³ ·h ⁻¹)	Δp_{ch} (kPa)	Q_{par} (kg·h ⁻¹)	m_c (kg·h ⁻¹)
		(m ³ ·h ⁻¹)	(Pa)	(kW)	(A)	(V/Hz)					(°C)		(m ³ ·h ⁻¹)	(kg·h ⁻¹)		
Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a pódia																

Tabulka 38 Tabulka výkonů zařízení č. 2 a 3

Zařízení č. / Pozice	DIVADLO	Ventilátor		Elektrická energie			Ohřev				Chlazení			Vlhčení	Množství kondenzátu	
		Množství vzduchu	Externí tlak	P	I	U/f	Teplotní spád	Topný výkon	Průtok topné vody	Tlaková ztráta výměníku	Teplotní spád	Chladicí výkon	Průtok chladicí vody			Tlaková ztráta výměníku
		V	(Pa)	(kW)	(A)	(V/Hz)	t ₁ /t ₂ (°C)	Q _t (kW)	m _t (m ³ ·h ⁻¹)	Δp _t (kPa)	t ₁ /t ₂ (°C)	Q _{ch} (kW)	m _{ch} (m ³ ·h ⁻¹)	Δp _{ch} (kPa)	Q _{par} (kg·h ⁻¹)	m _c (kg·h ⁻¹)
Zařízení č. 2 - Nucené větrání šaten a hygienického zázemí účinkujících																
2.	Vzduchotechnická jednotka REMAK Vento 40-20; 685 m3/h															
	Deskový rekuperátor HRZT 61-35/9Z/BP-X-D-EK; účinnost 83 %							6,7								
	Vodní ohřívač VO 40.20/2R; 2 řady						70/29	1,4	0,03	0						
	Vodní chladič VV40-40/2R; 2 řady										6/12	1,7	0,24	0,6		0,0
	Ventilátor RE 40.20/22-SE, přívod	685	108	0,17	1,4	230/50										
2.13	Ventilátor RE 40.20/22-SE, odvod	685	165	0,17	1,4	230/50										
Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků																
3.	Vzduchotechnická jednotka REMAK AeroMaster FP 2.7; 1400 m3/h															
	Deskový rekuperátor FPSZ 2.7/BP; účinnost 86 %							7,4								
	Vodní ohřívač FPVC 2.7/1R; 1 řady						70/50	2,3	0,1	0,4						
	Vodní chladič FPVD 2.7/3RL; 3 řady										6/15	3,5	0,35	0,7		0,0
	Ventilátor FPVA 220-0,55/12, přívod	1400	185	0,44	1,28	400/50										
3.09	Ventilátor FPVA 220-0,55/12, odvod	1400	215	0,37	1,28	400/50										

3.2 TECHNICKÁ SPECIFIKACE

D.1.4.02 TECHNICKÁ SPECIFIKACE

VÍCEÚČELOVÉ KULTURNÍ ZAŘÍZENÍ

SO 01 DIVADLO

Lipník nad Bečvou

D.1.4 TECHNIKA PROSTŘEDÍ STAVEB

VZDUCHOTECHNIKA

Zařízení č. 1 - Klimatizace hlediště a pódia			
Pozice	Popis	MJ	množství
1.	Vzduchotechnická jednotka REMAK AeroMaster XP 22 ; 9200 m ³ /h; řídicí systém VCS; ZT: glykolový okruh; hmotnost 2262 kg; 38,77 kW 3x400V+N+PE 50Hz, 37 A;	kpl	1
1.01	Tlumič vložka DV 1220x1170 mm	ks	4
1.02	Klapka LK 1220-1170	ks	2
1.03	Filtr XPNH 22/7 ECOD, kapsový, F7, přívod	ks	1
1.04	Filtr XPNH 22/5 (K) ECOD, kapsový, M5, odvod	ks	1
1.05	Glykolový okruh XPNC 22/8R, přívodní část, 8 řad, účinnost 46%, připojení 3"	ks	1
1.06	Glykolový okruh XPND 22/8R, odvodní část, 8 řad, účinnost 46%, připojení 3"	ks	1
1.07	Vodní ohřívač XPNC 22/2R, 2 řady, výkon 70,5 kW, teplotní spád 70/39°C, připojení 2", průtok 1,97 m ³ /h, tlaková ztráta 0,4 kPa	ks	1
1.08	Zvlhčovač parní CA-UE 35/125C, el. příkon zvlhčovače 26,3 kW, parní výkon 35 kg/h, napájecí napětí 3NPE 400 V, 50 Hz	ks	1
1.09	Vodní chladič XPND 22/4R, 4 řady, výkon 58,5 kW, teplotní spád 6/12 °C, připojení 2", tlaková ztráta 2,9 kPa, hmotnostní průtok 7,77 m ³ /h	ks	1
1.10	Eliminátor Klapka XPNU 22	ks	2
1.11	Ventilátor XPVP 500-5,5/J4 (IE2) - přívod; EC motor; výkon 5,5 kW, el. příkon 2,92 kW, 3NPE 400 V, 50 Hz	ks	1
1.12	Ventilátor XPVP 500-4,0/J4 (IE2) - odvod; EC motor; výkon 4,0 kW, el. příkon 2,28 kW, 3NPE 400 V, 50 Hz	ks	1
1.13	Elektrodový parní zvlhčovač HYGROMATIK HyLine 45 B; vyvíječ páry pro VZT; parní výkon max 45 kg·h ⁻¹ ; el. připojení 33,8 kW/ 48,8 A; parní tryska 2 ks DN 40; š/v/h 634/785/404 mm	ks	1
1.14	Oběhové čerpadlo glykolového okruhu GRUNDFOS MAGMA3 65-120 F; DN 65; PN 10 bar; čerpaná kapalina 30 % ethylenglykol, Průtok Q= 34,3 m ³ ·h ⁻¹ ; dopravní výška H= 41,32 kPa; hmotnost 23,8 kg; příkon 16-769 W; el. proud 0,18-3,38 A; napětí 230 V; 50 Hz	ks	1
1.15	Požární klapka MANDÍK PKTM 90-C/ 1000x630/375-.11, provedení s mechanickým ovládáním s tepelnou tavnou pojistkou a signalizací polohy, požární odolnost EIS 90 s výztužným rámem VRM 1000x630	ks	2
1.16	Tlumič hluku Mart TKHU.1050.630.1000-3 6x KTH.100.630.1000	ks	1
1.17	Tlumič hluku Mart TKHU.1350.710.1000-3 9x KTH.100.710.1000	ks	1
1.18	Tlumič hluku Mart TKHU.800.800.1000-3 2x KTH.100.800.1000	ks	1
1.19	Střešní čtyřhraná hlavice s žebry Lindab LHR S 800 800 1 LS, volná plocha 1,344 m ²	ks	1
1.20	Výfuková hlavice rovnostraná Mart DFH 800x800	ks	1
1.21	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 315 S -.01	ks	10

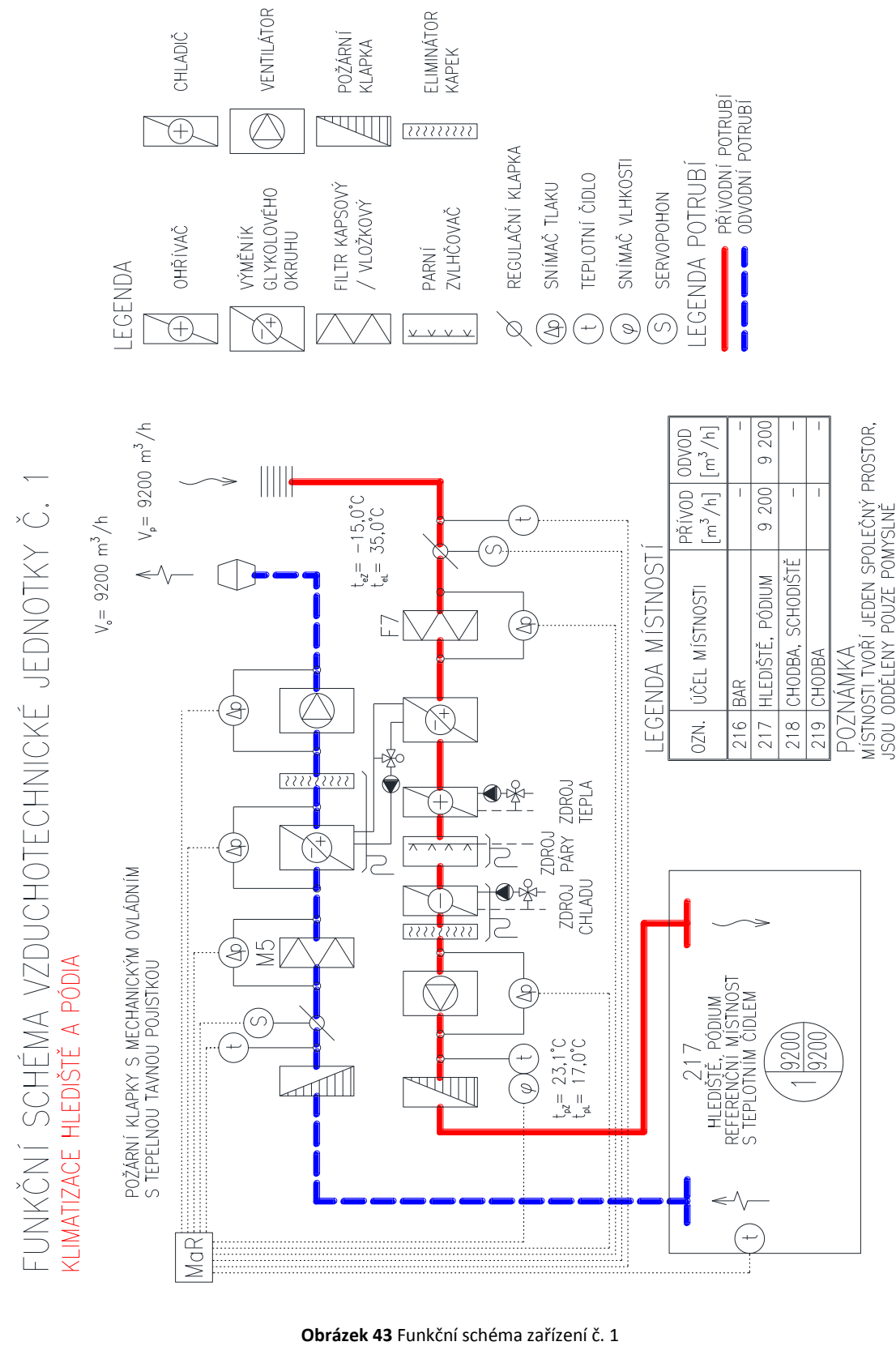
1.22	Textilní vyústka firmy Příhoda s.r.o, tvar výseč kruhu o poloměru 141°, rozměr 500 mm, rovnomerná mikroperformance, tkanina NMS- 100% polyester, celková délka 13100 mm, první/druhý konec zaslepení, průtok 4600 m ³ /h, použitelný přetlak 100 Pa, tlaková ztráta třením = 20,3 Pa	ks	2
1.23	Anemostat lamelový čtvercový MANDÍK ALCM 600 -/O/- s připojovací skříní	ks	10
	3 cestný regulační ventil Hydronics 3FGB, DN 65; Kvs = 63; PN 16; pracovní zdvih 25 mm, včetně servopohonu	ks	1
	Expanzní nádoba REXLEX S 18/10; G 3/4"; objem 18 litrů; 10 bar, včetně servisní armatury	ks	1
	Ocelové potrubí bezešvé 89,0x3,6	bm	10
	Rohový pojišťovací ventil 3/4"	ks	1
	Automatický odvzdušňovací ventil 1/2"	ks	2
	Mezipřírubová uzavírací klapka DN 80	ks	3
	Filtr přírubový DN 80	ks	1
	Vypouštěcí kulový kohout 1/2"	ks	2
	Ohebné hadice SONOFLEX MO s tepelnou a hlukovou izolací z vrstvy ekologické nedráždivé minerální vaty tloušťky 25 mm, 16 kg/m ³ , parozábrana – zpevněný Al laminát		
	φ 315	bm	18
	Spiro potrubí z pozinkovaného plechu sk. I, třída těsnosti D, včetně tvarovek		
	φ 315 mm / 0 % tvarovek	bm	5
	φ 500 mm / 85 % tvarovek	bm	4
	φ 630 mm / 35% tvarovek	bm	12
	Čtyřhrané potrubí z pozinkovaného plechu sk. I, třída těsnosti D, včetně tvarovek		
	do obvodu 5600 mm / 100 % tvarovek	bm	3
	do obvodu 4460 mm / 100 % tvarovek	bm	4
	do obvodu 3500 mm / 30 % tvarovek	bm	30
	do obvodu 2630 mm / 45 % tvarovek	bm	26
	do obvodu 1890 mm / 37% tvarovek	bm	16
	do obvodu 1500 mm / 35 % tvarovek	bm	2
	Tepelná izolace vzduchotechnického potrubí - Desky Techrock 60 ALS z kamenné vlny (minerální plsti) pojená organickou pryskyřicí, hydrofobizovaná v celém objemu, s polepem hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS). Tloušťka hliníkové fólie je 18–22 μm.; tloušťka 40 mm; objemová hmotnost 60 kg·m ⁻³ ; součinitel tep. vodivosti λ= 0,035 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	m ²	2040
	Protipožární izolace vzduchotechnického potrubí - Desky Techrock 80 ALS z kamenné vlny (minerální plsti) pojená organickou pryskyřicí, hydrofobizovaná v celém objemu, s polepem hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS). Tloušťka hliníkové fólie je 18–22 μm.; tloušťka 80 mm; objemová hmotnost 80 kg·m ⁻³ ; součinitel tep. vodivosti λ= 0,034 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	m ²	5
Zařízení č. 2 - Nucené větrání šaten a hygienického zázemí učinkujících			
Pozice	Popis	MJ	množství
2.	Vzduchotechnická jednotka REMAK Vento 40-20 ; 685 m ³ /h; řídicí systém VCS; ZTZ: deskový rekuperátor; hmotnost 227 kg; 0,28 kW; 1×230V+N+PE 50Hz; 4 A	kpl	1
2.01	Tlumič vložka DV 400x200 mm	ks	4
2.02	Klapka LKSF 40-20/230	ks	2

2.03	Filtr KF5 40-20 ECOD, kapsový, M5, přívod	ks	1
2.04	Filtr KF5 40-20 ECOD, kapsový, M5, odvod	ks	1
2.05	Přechod čtyřhranný 400x350-400x200/216	ks	4
2.06	Oblouk čtyřhranný 610x350-400x350/ 45°	ks	4
2.07	Deskový rekuperátor HRZT 61-35/9Z/BP-X-D-EK; účinnost 83 %; 6,7 kW	ks	1
2.08	Eliminátor kapek EK 61-35	ks	1
2.09	Vodní ohřívač VO 40.20/2R; 2 řady, výkon 1,4 kW, teplotní spád 70/29°C, připojení 1" , průtok 0,03 m ³ /h, tlaková ztráta 0,01 kPa	ks	1
2.10	Vodní chladič VV40-40/2R; 2 řady, výkon 1,7 kW, teplotní spád 6/12 °C, připojení 1", tlaková ztráta 0,6 kPa, hmotnostní průtok 0,24 m ³ /h	ks	1
2.11	Eliminátor kapek EK 40-20	ks	1
2.12	Ventilátor RE 40.20/22-SE, přívod; EC motor, el. příkon 170 W, 1NPE 230 V, 50 Hz, 1,4 A	ks	1
2.13	Ventilátor RE 40.20/22-SE, odvod, EC motor, el. příkon 170 W, 1NPE 230 V, 50 Hz, 1,4 A	ks	1
2.14	Kruhový tlumič hluku GD 250-1000.0 firmy Greif-akustika, s.r.o., vnitřní průměr 250 mm, vnější průměr 450, délka 1000 mm, délka nátrubku 50 mm	ks	1
2.15	Kruhový tlumič hluku GD 224-1000.0 firmy Greif-akustika, s.r.o., vnitřní průměr 224 mm, vnější průměr 400, délka 1000 mm, délka nátrubku 50 mm	ks	1
2.16	Střešní hlavice Lindab VHL 250-400, průměr 250 mm, volná plocha 0,125 m ²	ks	1
2.17	Střešní výfuková hlavice Lindab HN 250, průměr 250 mm	ks	1
2.18	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 80 S -.01	ks	3
2.19	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 125 S -.01	ks	2
2.20	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 160 S -.01	ks	6
2.21	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 200 S -.01	ks	3
2.22	Vyúst s vířivý výtokem vzduchu MANDÍK VVM 300 C/V/P/8/R	ks	1
2.23	Vyúst s vířivý výtokem vzduchu MANDÍK VVM 300 C/V/O/8/	ks	1
2.24	Vyúst s vířivý výtokem vzduchu MANDÍK VVM 400 C/V/P/16/R	ks	3
2.25	Talířový ventil MANDÍK TVPM 80 pro přívod vzduhu	ks	1
2.26	Talířový ventil MANDÍK TVOM 80 pro odvod vzduhu	ks	2
2.27	Talířový ventil MANDÍK TVOM 125 pro odvod vzduhu	ks	2
2.28	Talířový ventil MANDÍK TVOM 160 pro odvod vzduhu	ks	2
2.29	Vyústka pro kruhové potrubí VNKM 2 225x75/160/R1	ks	1
2.30	Vyústka pro kruhové potrubí VNKM 1 225x75/160/	ks	1
2.31	Dveřní mřížka Systemair NOVA-D-1-500x150-UR2; volná plocha A _v = 0,019m ²	ks	1
2.32	Dveřní mřížka Systemair NOVA-D-1-600x150-UR2; volná plocha A _v = 0,023m ²	ks	1
	Ohebné hadice SONOFLEX MO s tepelnou a hlukovou izolací z vrstvy ekologické nedráždivé minerální vaty tloušťky 25 mm, 16 kg/m ³ , parozábrana – zpevněný Al laminát		
	φ 80	bm	4
	φ 125	bm	3
	φ 160	bm	5
	φ 200	bm	5
	Spiro potrubí z pozinkovaného plechu sk. I, třída těsnosti C, včetně tvarovek		
	φ 80 / 9 % tvarovek	bm	4
	φ 125 / 100 % tvarovek	bm	1
	φ 160 / 11 % tvarovek	bm	32
	φ 180 / 35 % tvarovek	bm	1
	φ 200 / 12 % tvarovek	bm	16

	φ 225 / 24 % tvarovek	bm	15
	φ 250 / 15 % tvarovek	bm	7
	Čtyřhrané potrubí z pozinkovaného plechu sk. I, třída těsnosti C, včetně tvarovek		
	do obvodu 1500 mm / 100 % tvarovek	bm	5
	Tepelná izolace vzduchotechnického potrubí - Desky Techrock 60 ALS z kamenné vlny (minerální plsti) pojená organickou pryskyřicí, hydrofobizovaná v celém objemu, s polepem hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS). Tloušťka hliníkové fólie je 18 – 22 μm.; tloušťka 40 mm; objemová hmotnost 60 kg·m ⁻³ ; součinitel tep. vodivosti λ= 0,035 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	m ²	2
Zařízení č. 3 - Nucené větrání předsálí a hygienického zázemí návštěvníků			
Pozice	Popis	MJ	množství
3	Vzduchotechnická jednotka REMAK AeroMaster FP 2.7 ; 1400 m ³ /h; řídicí systém VCS; ZZT: deskový rekuperátor; hmotnost 392 kg; 0,81 kW; 1×230V+N+PE 50Hz; 25 A	kpl	1
3.01	Tlumič vložka DV 650-320	ks	4
3.02	Klapka LK 650-320	ks	2
3.03	Filtr FPVH 2,7/5 ECOD, kapsový, M5, přívod, odvod	ks	2
3.04	Deskový rekuperátor FPSZ 2.7/BP; účinnost 86 %; 7,4 kW	ks	1
3.05	Vodní ohřívač FPVC 2.7/1R; 1 řadý, výkon 2,3 kW, teplotní spád 70/50 °C, připojení 1", průtok 0,1 m ³ /h, tlaková ztráta 0,4 kPa	ks	1
3.06	Vodní chladič FPVD 2.7/3RL; 3 řady, výkon 3,5 kW, teplotní spád 6/15 °C, připojení 1", tlaková ztráta 0,7 kPa, hmotnostní průtok 0,35 m ³ /h	ks	1
3.07	Eliminátor kapek FPVU 2.7/L	ks	1
3.08	Ventilátor FPVA 220-0,55/J2, přívod; EC motor, el. příkon 0,44 kW, 3NPE 400 V, 50 Hz, 1,28 A	ks	1
3.09	Ventilátor FPVA 220-0,55/J2, odvod; EC motor, el. příkon 0,37 kW, 3NPE 400 V, 50 Hz, 1,28 A	ks	1
3.10	Tlumič hluku Mart TKHU.450.250.1000-3 2x KTH.100.250.1000	ks	1
3.11	Kruhový tlumič hluku GD 315-1000.0 firmy Greif-akustika, s.r.o., vnitřní průměr 315 mm, vnější průměr 500, délka 1000 mm, délka nátrubku 50 mm	ks	1
3.12	Požární klapka MANDÍK PKTM 90-C/ 450x250/375-.11, provedení s mechanickým ovládáním s tepelnou tavnou pojistkou a signalizací polohy, požární odolnost EIS 90	ks	2
3.13	Střešní hlavice Lindab VHL 315-450, průměr 315 mm, volná plocha 0,182 m ²	ks	1
3.14	Střešní výfuková hlavice Lindab HN 315, průměr 315 mm	ks	1
3.15	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 80 S -.01	ks	7
3.16	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 100 S -.01	ks	9
3.17	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 125 S -.01	ks	1
3.18	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 160 S -.01	ks	4
3.19	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 200 S -.01	ks	5
3.20	Regulační klapka kruhová MANDÍK RKKM 225 S -.01	ks	2
3.21	Vyúst s vířivý výtokem vzduchu MANDÍK VVM 300 C/V/P/8/R	ks	3
3.22	Vyúst s vířivý výtokem vzduchu MANDÍK VVM 300 C/V/O/8	ks	1
3.23	Vyúst s vířivý výtokem vzduchu MANDÍK VVM 400 C/V/P/16/R	ks	3
3.24	Vyúst s vířivý výtokem vzduchu MANDÍK VVM 400 C/V/O/16	ks	1
3.25	Vyúst s vířivý výtokem vzduchu MANDÍK VVM 500 C/V/P/24/R	ks	1

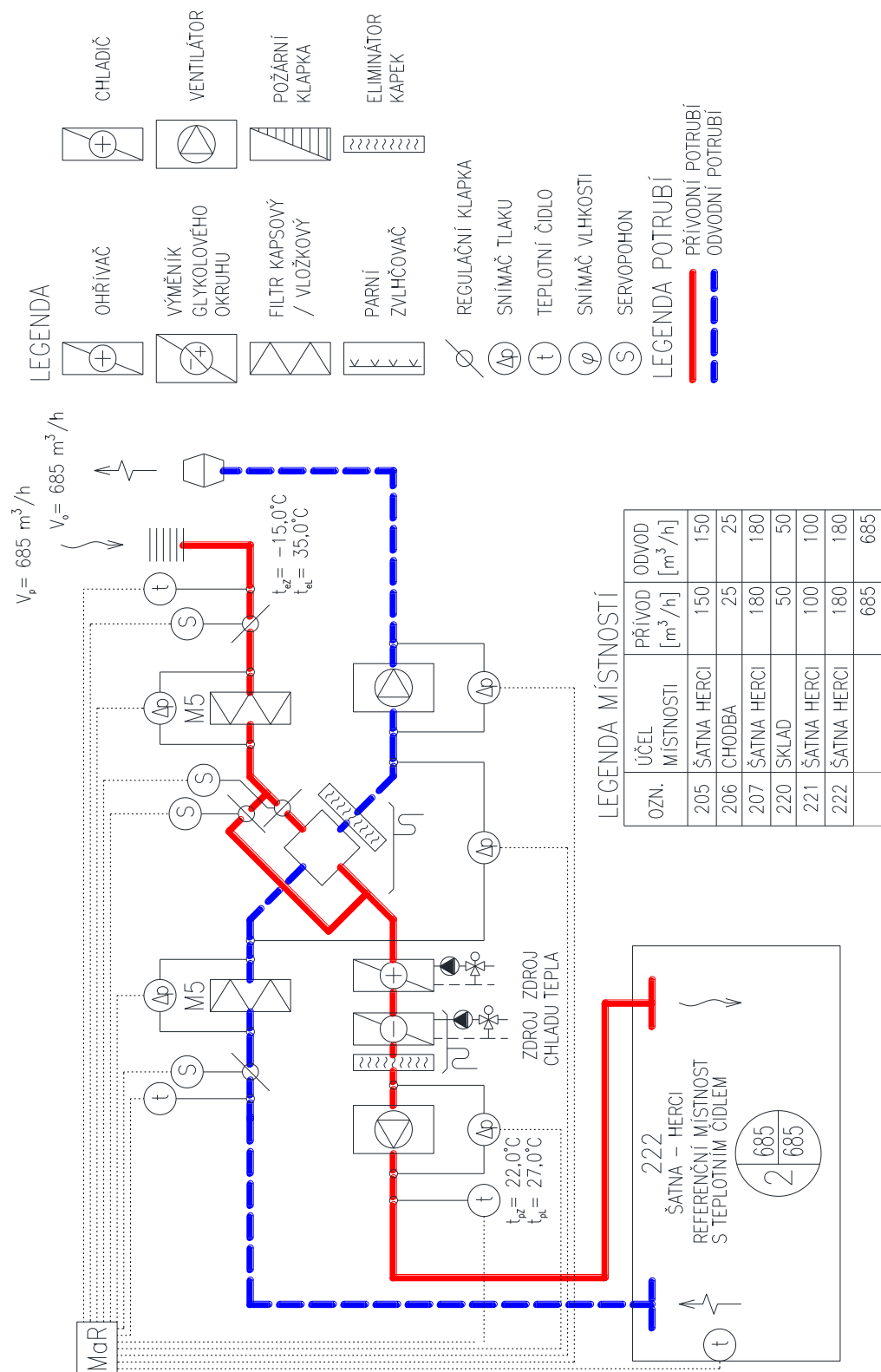
3.26	Talířový ventil MANDÍK TVPM 80 pro přívod vzduhu	ks	3
3.27	Talířový ventil MANDÍK TVPM 100 pro přívod vzduhu	ks	1
3.28	Talířový ventil MANDÍK TVPM 125 pro přívod vzduhu	ks	1
3.29	Talířový ventil MANDÍK TVOM 80 pro odvod vzduhu	ks	4
3.30	Talířový ventil MANDÍK TVOM 100 pro odvod vzduhu	ks	8
3.31	Dveřní mřížka Systemair NOVA-D-1-500x100-UR2; volná plocha $A_v = 0,01\text{m}^2$	ks	8
3.32	Dveřní mřížka Systemair NOVA-D-1-600x100-UR2; volná plocha $A_v = 0,015\text{m}^2$	ks	4
3.33	Dveřní mřížka Systemair NOVA-D-1-600x150-UR2; volná plocha $A_v = 0,023\text{m}^2$	ks	2
	Ohebné hadice SONOFLEX MO s tepelnou a hlukovou izolací z vrstvy ekologické nedráždivé minerální vaty tloušťky 25 mm, 16 kg/m^3 , parozábrana – zpevněný Al laminát		
	φ 80	bm	9
	φ 100	bm	10
	φ 125	bm	2
	φ 160	bm	5
	φ 200	bm	6
	Spiro potrubí z pozinkovaného plechu sk. I, třída těsnosti C, včetně tvarovek		
	φ 80 / 12 % tvarovek	bm	8
	φ 100/ 15 % tvarovek	bm	15
	φ 125/ 22 % tvarovek	bm	7
	φ 140 / 51 % tvarovek	bm	0,5
	φ 160/ 8 % tvarovek	bm	27
	φ 180/ 10 % tvarovek	bm	4
	φ 200/ 14 % tvarovek	bm	15
	φ 225/ 42 % tvarovek	bm	13
	φ 315/ 36 % tvarovek	bm	12
	Čtyřhrané potrubí z pozinkovaného plechu sk. I, třída těsnosti C, včetně tvarovek		
	do obvodu 2630 mm / 100 % tvarovek	bm	3
	do obvodu 1500mm / 49 % tvarovek	bm	19
	do obvodu 1050 mm / 75 % tvarovek	bm	3
	Tepelná izolace vzduchotechnického potrubí - Desky Techrock 60 ALS z kamenné vlny (minerální plsti) pojená organickou pryskyřicí, hydrofobizovaná v celém objemu, s polepem hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS). Tloušťka hliníkové fólie je 18 – 22 μm.; tloušťka 40 mm; objemová hmotnost $60\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; součinitel tep. vodivosti $\lambda = 0,035\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	m^2	2
	Protipožární izolace vzduchotechnického potrubí - Desky Techrock 80 ALS z kamenné vlny (minerální plsti) pojená organickou pryskyřicí, hydrofobizovaná v celém objemu, s polepem hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS). Tloušťka hliníkové fólie je 18 – 22 μm.; tloušťka 80 mm; objemová hmotnost $80\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; součinitel tep. vodivosti $\lambda = 0,034\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	m^2	3

3.3 Funkční schémata



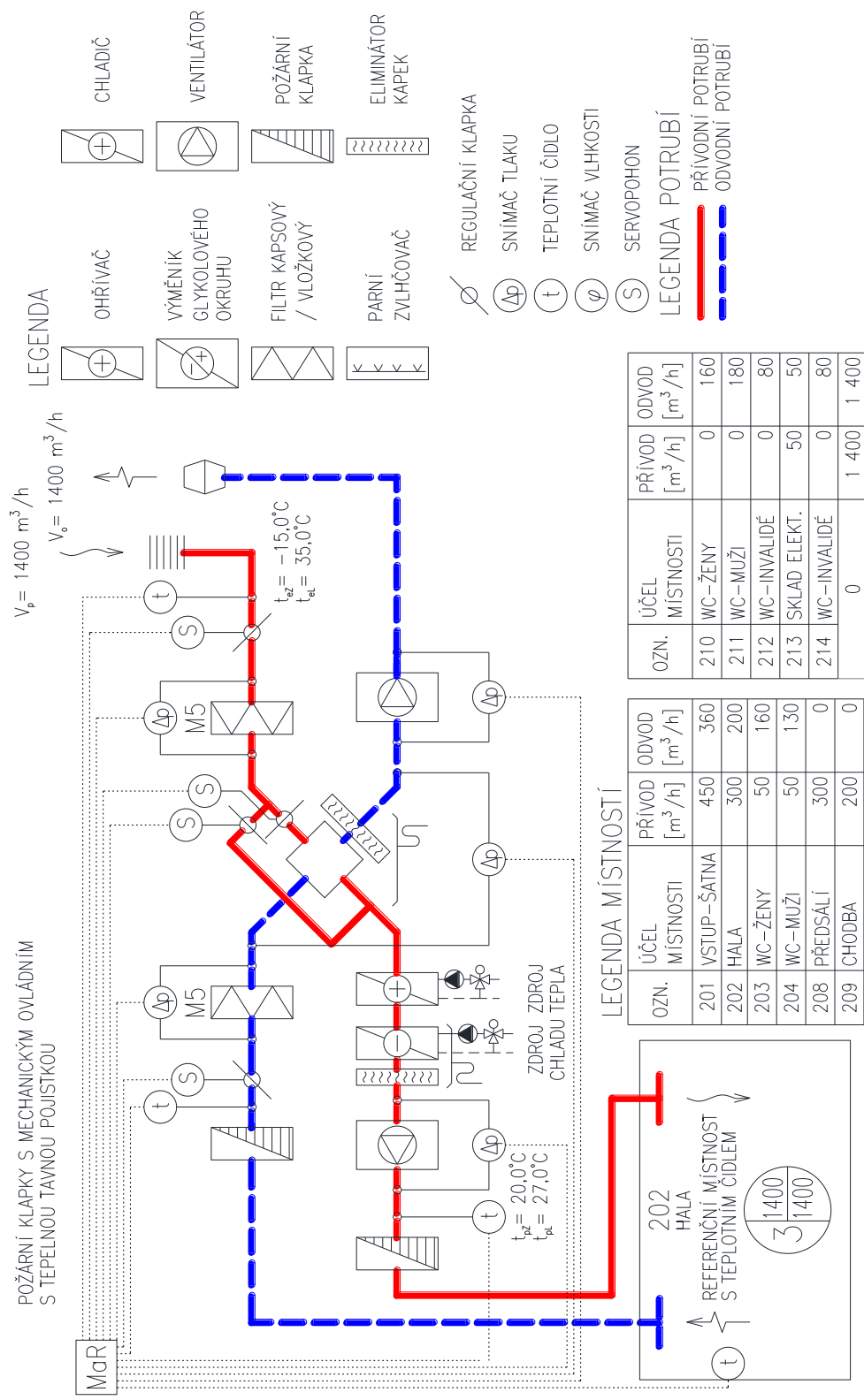
Obrázek 43 Funkční schéma zařízení č. 1

FUNKČNÍ SCHÉMA VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY Č. 2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ ŠÁTEN A HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ ÚČINKUJÍCÍCH



Obrázek 44 Funkční schéma zařízení č. 2

FUNKČNÍ SCHÉMA VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY Č. 3 NUCENÉ VĚTRÁNÍ PŘEDSÁLÍ A HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ NÁVŠTĚVNÍKŮ



Obrázek 45 Funkční schéma zařízení č. 3

4 ZÁVĚR

Výsledkem bakalářské práce je zpracovaná prováděcí dokumentace stavby profese vzduchotechnika. Navržená vzduchotechnická zařízení zajišťují potřebné mikroklima v budově. V objektu jsou navrženy tři vzduchotechnické jednotky, každá obsluhující jeden funkční celek. Zařízení č. 1 obsluhuje sál a zajišťuje plnou klimatizaci. Zařízení č. 2 udržuje požadovaný stav v šatnách herců. Zařízení č. 3 větrá zázemí a hygienické prostory určené pro návštěvníky. Vzduchotechnické jednotky bylo vhodné umístit do již stávajících objektu.

V divadelním sále převládají tepelné zisky od lidí, právě od nich se odvíjí vzduchový výkon pro větrání sálu. Čerstvý vzduch na osobu a tepelná ztráty jsou také důležitým faktorem, ale nehrají hlavní roli. Jednotka je v odděleném provedení se ZZT s glykolovým okruhem, kvůli využití půdy pro strojovnu vzduchotechniky.

Zařízení č. 2 a 3 jsou podstropní jednotky, které neeliminují tepelnou bilanci.

Podotýkám, že i glykolový okruh zpětného získávání tepla musí splnit náročné požadavky na teplotní účinnost předepsanou směrnici „ekodesign“. Zatím je splnění požadavku náročné, ale věřím, že do budoucna přijde technologie umožňující vysoké využití zpětného zisku bez zvýšených nákladů na provoz.

Práce byla zpracována podle aktuálních příslušných zákonů, nařízení, vyhlášek, norem a projektčních doporučení.

5 POUŽITÉ ZDROJE

1. **BÁČOVÁ, Marie.** Nová evropská směrnice o energetické náročnosti budov. *Časopis stavebnictví*. [Online] 08 2010. [Citace: 06. 05 2017.] http://www.casopisstavebnictvi.cz/nova-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov_N3707.
2. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2009/125/ES. *o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie*. 2009.
3. NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1253/2014. *kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign větracích jednotek*. 2014.
4. How a Combined Heat Recovery and Air-Source Heat Pump Works. *Total Home*. [Online] [Citace: 10. 5. 2017.] <http://www.genvex.co.uk/solution.asp>.
5. **PUMP, Otakar a CIFRINEC, Ivan.** Nařízení evropské komise č. 1253/2014 – přísné podmínky pro výrobce vzduchotechnických. *Klimatizace*. 2015.
6. **MAURER, Karel.** *Vzduchotechnická zařízení: pro 3. a 4. ročník SPŠ stavební[sic] studijního oboru TZB*. Praha : Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-21-0.
7. **CHYSKÝ, Jaroslav a HEMZAL, Karel.** *Větrání a klimatizace*. Brno : BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901574-0-8 .
8. **SZÉKYOVÁ, Marta, FERSTL, Karol a NOVÝ, Richard.** *Větrání a klimatizace*. Bratislava : JAGA GROUP, s. r. o., 2006. ISBN 80-8076-037-3.
9. **LAIN, Miloš.** Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II). *TZB.info.cz*. [Online] 20. 11. 2006. [Citace: 6. 5. 2017.] <http://www.tzb-info.cz/3688-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-ii>.
10. **HEMZAL, Karel.** ZT - známé principy v nových aplikacích. *TZB-info.cz*. [Online] 11. 04 2005. [Citace: 06. 05 2017.] <http://www.tzb-info.cz/2453-zt-zname-principy-v-novych-aplikacich>.
11. **Gebauer, Günter, Rubinová, Olga a Horhá, Helena.** *Vzduchotechnika*. Brno : ERA group, spol. s r.o., 2007. str. 262. ISBN: 978-7366-091-8.
12. VÝMĚNÍK TEPLA S TEPLSMĚNNÝMI LAMELAMI - pro vzduchotechniku, chlazení kapalin typ GL. *Vosmik E&C*. [Online] [Citace: 7. 5. 2017.] <http://www.vosmik-vymeniky.cz/data/GL-rev5-cz.pdf>.
13. Our experience ensures your success. *POLAR KÄLTETECHNIK*. [Online] 2012. [Citace: 6. 5. 2017.] <http://www.polarkaeltetchnik.de/en/products/customized-products/general-product-information/>.
14. **HIRŠ, Jiří a GEBAUER, Günter.** *VZDUCHOTECHNIKA V PŘÍKLADECH – 1*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. 80-7204-486-9.

15. **RÁŽ, J. V.** Fyzikální vlastnosti nemrznoucích směsí a navrhování soustav. *TZB-info.cz*. [Online] 1. 11. 2010. [Citace: 8. 5. 2017.] <http://vytapani.tzb-info.cz/6899-fyzikalni-vlastnosti-nemrznoucich-smesi-a-navrhovani-soustav>.
16. **MATUŠKA, Tomáš.** Teplonosné látky pro kapalinové solární soustavy. *TZB-info.cz*. [Online] 17. 7. 2006. [Citace: 8. 5. 2017.] <http://www.tzb-info.cz/3418-prvky-solarnich-soustav-i>.
17. **ČSN 06 0830** Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení. 2014.
18. Úspory energie v Národním divadle. *Úsporné divadlo*. [Online] 2012. [Citace: 13. 5. 2017.] <http://www.usporedivadlo.cz/nase-vysledky/technologicka-zarizeni/zpetne-ziskavani-tepla#dosazene-uspory-zzt/1>.
19. **ČSN EN 12 831** Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. 2005.
20. **ČSN 73 0548** Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. 1986.
21. **TECHNIKA BUDOV. Teruna v 1.5b.** [Online] [Citace: 16. 5. 2017.] <http://www.technikabudov.cz/software/>.
22. Vyhláška č. 6/2003 Sb. *Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb*. 2003.
23. **MANDÍK. Vyústě s vířivým výtokem vzduchu VVM.** [Online] [Citace: 13. 2. 2017.] <http://mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/anemostaty/vvm>.
24. **MANDÍK. Anemostat lamelový ALCM.** [Online] [Citace: 13. 2. 2017.] <http://mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/anemostaty/alcm>.
25. **MANDÍK. Talířový ventil TVOM, TVPM.** [Online] [Citace: 13. 2. 2017.] <http://mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/dyzy-a-ventily/tvom,-tvpm>.
26. **REMAK. AeroCAD.** [Online] <http://www.remak.eu/cs/aerocad>.
27. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. *Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. 2011.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

Zkratky

Č. u.	číslo úseku
E	bonusový koeficient za vyšší dosaženou účinnost
EHA	výtlač odpadního vzduchu
ETA	sání odpadního vzduchu
F	korekční koeficient za menší filtrační třídu
H	součinitel tepelné ztráty
l	délka (m)
ODA	sání čerstvého vzduchu
OpV	odpadní vzduch
OvV	odváděný vzduch
PV	přívodní vzduch
Re	Reynoldsovo číslo
SFP	měrný příkon ventilátoru
SUP	výtlač čerstvého vzduchu
s. v.	světlá výška
š	šířka (m)
VV	vnější vzduch
ZZT	zpětné získávání tepla

Fyzikální veličiny

c	měrná tepelná kapacita ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
d	průměr potrubí (mm)
h	měrná entalpie ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)
L	hladina akustického tlaku (dB)
m	hmotnostní průtok ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)
n	násobnost výměny vzduchu (h^{-1})
p	tlak (Pa)
P	jmenovitý elektrický příkon (W)
q	jmenovitý průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
Q	tepelný výkon (W)
R	měrná tlaková ztráty ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$)
S	plocha (m^2)
t	čas (s), teplota ($^{\circ}\text{C}$)
U	součinitel prostupu tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
v	rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
V	objemový průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$); ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
x	měrná vlhkost ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Z	tlaková ztráta místními odpory (Pa)
α	součinitel přestupu tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

ε – efektivita [-]
 λ – tepelná vodivost ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
 ξ – součinitel vřazených odporů (-)
 ρ – hustota ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
 η – účinnost (-)
 Θ – teplota ($^{\circ}\text{C}$)
 φ – relativní vlhkost (%)

Indexy

add součet
c – škodliviny
diff difuzní
e exteriér
ext externí
fan statický
i – interiér
int interní
k konstrukce
l letní
L letní
limit limitní
m střední
nom nominální
o – odvodní / odpadní
p – přívod / pojistný
pdl – podlaha
str střecha
t teplotní
u nevytápěný prostor
v vzduch
w teplonosná látka
w okno
z znehodnocený
z zimní

7 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Seznamy obrázků tabulek a grafů se generují automaticky podle titulků v textu.

Obrázky

Obrázek 1 Systém s integrovaným tepelným čerpadlem [4]	17
Obrázek 2 Referenční konfigurace obousměrné jednotky [5]	19
Obrázek 3 Referenční jednotka včetně extérních komponentu [5].....	20
Obrázek 4 Schéma sestavy ZZT s lamelovými výměníky	22
Obrázek 5 Zapojení výměníku ZZT umístěné v horním podlaží	22
Obrázek 6 Zapojení výměníku ZZT umístěné nad sebou	22
Obrázek 7 Zapojení výměníku pro ZZT umístěné v oddělených jednotkách pro odvod a přívod vzduchu	23
Obrázek 8 Části lamelového výměníku tepla [12]	24
Obrázek 9 Lamelový výměník [13]	25
Obrázek 10 H-x diagramy	26
Obrázek 11 Schéma s výměníky zapojenými do okruhu pro ZZT a s vodou jako nosičem energie	28
Obrázek 12 Zapojení výměníků v kapalinovém okruhu	29
Obrázek 13 Schéma multifunkční sestavy zařízení ZZT - odvlhčení vzduchu.....	30
Obrázek 14 Graf úspor v národním divadle [18].....	31
Obrázek 15 Rozdělení na funkční celky	35
Obrázek 16 Rozmístění konstrukcí 1NP a 2NP	37
Obrázek 17 Umístění textilních vyústek	51
Obrázek 18 Technické řešení textilní vyústky	52
Obrázek 19 Rozměry a tvar textilní vyústky	52
Obrázek 20 Hladina akustického výkonu textilní vyústky	53
Obrázek 21 Dosah proudu režim vytápění.....	53
Obrázek 22 Dosah proudu režim chlazení	53
Obrázek 23 Základní rozměry vyústky VVM [23]	54
Obrázek 24 Tlaková ztráty, akustický výkon a rychlost proudění vyústky Mandík VVM 300 [23]	54
Obrázek 25 Dveřní mřížka	55
Obrázek 26 Základní parametry anemostat MANDÍK ALCM [24]	55
Obrázek 27 Akustické výkony a tlakové ztráty – připojení přes připojovací skříň ODVOD [24] .	56
Obrázek 28 Rychlost proudění – velikost 600, provedené čelní desky základní [24]	56
Obrázek 29 Základní parametry TVOM.....	56
Obrázek 30 Diagram TVOM 100 [25]	57
Obrázek 31 Veličiny použité ve výpočtu distribučních elementů [23].....	57
Obrázek 32 Dimenzační schéma zařízení č. 1 Klimatizace hlediště a pódia	61
Obrázek 33 Dimenzační schéma zařízení č. 2 a 3.....	63
Obrázek 34 Základní parametry zařízení č. 1	67
Obrázek 35 Vzduchotechnická jednotka zařízení č. 1	68
Obrázek 36 Základní parametry zařízení č. 2	68

Obrázek 37 Sestava vzduchotechnické jednotky Vento 40-20.....	69
Obrázek 38 Základní parametry zařízení č. 3.....	69
Obrázek 39 Sestava vzduchotechnické jednotky AeroMaster FP 2.7.....	70
Obrázek 40 H-x diagram zařízení č. 1.....	71
Obrázek 41 H-x diagram zařízení č. 2.....	72
Obrázek 42 H-x diagram zařízení č. 3.....	73
Obrázek 43 Funkční schéma zařízení č. 1	102
Obrázek 44 Funkční schéma zařízení č. 2	103
Obrázek 45 Funkční schéma zařízení č. 3	104

Tabulky

Tabulka 1 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů	36
Tabulka 2 Součinitelé prostupu tepla	37
Tabulka 3 Výpočet tepelné ztráty	39
Tabulka 4 Výpočet tepelné ztráty - pokračování	40
Tabulka 5 Parametry oken pro tepelnou bilanci	41
Tabulka 6 Výsledky tepelné zátěže stěn	45
Tabulka 7 Souhrn tepelné zátěže.....	46
Tabulka 8 Dávky větracího vzduchu na osobu.....	47
Tabulka 9 Množství odváděného vzduchu pro hygienické zařízení.....	47
Tabulka 10 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 1	49
Tabulka 11 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 2 a 3	50
Tabulka 12 Rychlost proudění vzduchu v obytné zóně [22]	51
Tabulka 13 Koncové distribuční elementy zařízení č. 1 a 2	58
Tabulka 14 Koncové distribuční elementy zařízení č. 3	59
Tabulka 15 Koncové distribuční elementy zařízení č. 3 - pokračování	60
Tabulka 16 Výpočet VZT potrubí zařízení č. 1.....	62
Tabulka 17 Výpočet VZT potrubí zařízení č. 2.....	64
Tabulka 18 Výpočet VZT potrubí zařízení č. 3.....	65
Tabulka 19 Výpočet VZT potrubí zařízení č. 3 - pokračování.....	66
Tabulka 20 Stručná tabulka s externí tlakovou ztrátou pro návrh VZT jednotek	66
Tabulka 21 Parametry vzduchu z. č. 1	67
Tabulka 22 Maximální hladina akustického tlaku L_{wa}	74
Tabulka 23 Přehled hladiny akustického tlaku L_{WA} a použitých tlumičů	74
Tabulka 24 Výpočet útlumu hluku v přírodním potrubí zařízení č. 1	75
Tabulka 25 Parametry vnějšího vzduchu	79
Tabulka 26 . Rychlost proudění vzduchu v obytné zóně	80
Tabulka 27 Maximální hladina akustického tlaku.....	80
Tabulka 28 Tabulka místností	80
Tabulka 29 Předpokládaná provozní doba jednotlivých prostor.....	81
Tabulka 30 Součinitelé stavebních konstrukcí.....	82
Tabulka 31 Dávky větracího vzduchu na osobu.....	83

Tabulka 32 Množství odváděného vzduchu pro hygienické zařízení.....	83
Tabulka 33 Tabulka vstupních parametrů	84
Tabulka 34 Tabulka výsledů tepelné zátěže.....	84
Tabulka 35 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 1	93
Tabulka 36 Tabulka průtoku vzduchu zařízení č. 2 a 3.....	94
Tabulka 37 Tabulka výkonů zařízení č. 1.....	95
Tabulka 38 Tabulka výkonů zařízení č. 2 a 3	96

Grafy

Nepoužity.

SEZNAM PŘÍLOH

A. Přílohy výpočtové části

A.1 Technické řešení textilní vyústky

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ
DOSYHY PROUDU
HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU

A.2 Výpočet útlumu hluku

VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V PŘÍVODNÍM POTRUBÍ ZAŘÍZENÍ Č. 1
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V ODVODNÍM POTRUBÍ ZAŘÍZENÍ Č. 1
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V POTRUBÍ SÁNÍ ČERSTVÉHO VZDUCHU ZAŘÍZENÍ Č. 1
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V POTRUBÍ VÝTLAKU ODPADNÍHO VZDUCHU ZAŘÍZENÍ Č. 1
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V PŘÍVODNÍM POTRUBÍ ZAŘÍZENÍ Č. 2
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V ODVODNÍM POTRUBÍ ZAŘÍZENÍ Č. 2
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V POTRUBÍ SÁNÍ ČERSTVÉHO VZDUCHU ZAŘÍZENÍ Č. 2
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V POTRUBÍ VÝTLAKU ODPADNÍHO VZDUCHU ZAŘÍZENÍ Č. 2
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V PŘÍVODNÍM POTRUBÍ ZAŘÍZENÍ Č. 3
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V ODVODNÍM POTRUBÍ ZAŘÍZENÍ Č. 3
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V POTRUBÍ SÁNÍ ČERSTVÉHO VZDUCHU ZAŘÍZENÍ Č. 3
VÝPOČET ÚTLUMU HLUKU V POTRUBÍ VÝTLAKU ODPADNÍHO VZDUCHU ZAŘÍZENÍ Č. 3

A.3 Tlumiče hluku Mart

THKU 1350x710x1000
THKU 1050x630x1000
THKU 800x800x1000
THKU 450x250x1000

A.4 Výstup z programu AeroCAD

VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA Č. 1
VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA Č. 2
VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA Č. 3

B. Výkresy

ČÍSLO VÝKRESU	NÁZEV VÝKRESU
D.1.4.03	PŮDORYS 1NP
D.1.4.04	PŮDORYS 2NP
D.1.4.05	ŘEZ A-A'
D.1.4.06	ŘEZ B-B'
D.1.4.07	ŘEZ C-C'
D.1.4.08	ŘEZ D-D'
D.1.4.09	ŘEZ E-E'
D.1.4.10	ŘEZ F-F'
D.1.4.11	ŘEZ G-G', ŘEZ H-H', ŘEZ CH-CH'
D.1.4.12	ŘEZ I-I', ŘEZ J-J'

PŘÍLOHY

A. Přílohy výpočtové části

A.1 Technické řešení textilní vyústky

A.2 Výpočet útlumu hluku

A.3 Tlumiče hluku Mart

A.4 Výstupy z programu AeroCAD