



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VZDUCHOTECHNIKA MULTIFUNKČNÍHO SÁLU

AIRCONDITION OF MULTIFUNCTIONAL HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ ŽÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL UHER, Ph. D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

DOKLADOVÁ ČÁST

VZDUCHOTECHNIKA MULTIFUNKČNÍHO SÁLU AIRCONDITION OF MULTIFUNCTIONAL HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ ŽÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL UHER, Ph. D.

BRNO 2014



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	Jiří Žák
Název	Vzduchotechnika multifunkčního sálu
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Pavel Uher, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013




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

Podklady a literatura

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

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

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

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, prohlášení o shodě, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na přední straně desek, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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


Ing. Pavel Uher, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zpracována pro návrh vzduchotechnického zařízení pro objekt multifunkčního sálu v Brně. Do zadaného objektu je navrženo teplovzdušné vytápění a klimatizace. Teoretická část je zaměřena na problematiku zpětného získávání tepla. Projektová část obsahuje vypracovaný projekt k realizaci vzduchotechnických zařízení pro kinosál a foyer s hygienickým zázemím, první zařízení je pro klimatizování a druhé pro teplovzdušné vytápění.

Klíčová slova

Klimatizace, teplovzdušné větrání, teplovzdušné vytápění, tepelná bilance, zpětné získávání tepla, úprava vzduchu, distribuční prvky, proudění vzduchu, tlak, dimenzování potrubí, útlum hluku, přirozené větrání.

Abstract

This thesis is developed for the design of air conditioning equipment for multifunctional hall in Brno. The specified object is designed hot-air heating and air conditioning. The theoretical part focuses on the problems of return gainig heat. Project part project has developed to implement the air conditioning equipment for screening room and foyer with toilets, first mechanism is for air condition and second mechanism is for hot air-heating.

Keywords

Air conditioning, hot air-ventilation, hot air-heating, thermal balance, backward heat retrieval, air preparation, distribution units, air flow, pressure, sizing pipeline, noise reducting, natural ventilation.

Bibliografická citace VŠKP

Žák Jiří. Vzduchotechnika multifunkčního sálu. Brno, 2014.

Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební. Ústav technického zařízení budov.

Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Uher, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne

Podpis bakaláře

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy vysokoškolské kvalifikační práce

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

V Brně dne 30. 5. 2014

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat především svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Uherovi za velice vstřícné jednání, které se mi z jeho strany dostávalo a pomoc při řešení problematiky týkající se této práce.

Dále bych chtěl poděkovat profesorům, kteří mi předávali informace a vědomosti za celou dobu mého studia.

A v neposlední řadě velký dík patří mé rodině, která mě ve studiu podporovala.

ÚVOD	12
A. TEORETICKÁ ČÁST	13
A.1 ÚČEL ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA A JEHO PRINCIP	14
A.2 VÝMĚNÍKY PRO ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA	15
A.2.1 DESKOVÉ VÝMĚNÍKY	15
A.2.2 LAMELOVÉ VÝMĚNÍKY S KAPALINOVÝM OKRUHEM	17
A.2.3 TEPELNÉ TRUBICE	19
A.2.4 REGENERAČNÍ VÝMĚNÍKY	20
A.2.5 TEPELNÁ ČERPADLA	24
A.3 NÁVRH A OBECNÝ POSTUP PŘI NÁVRHU ZZT	30
A.4 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZAŘÍZENÍ ZZT	31
B. VÝPOČTOVÁ ČÁST	33
B.1 ANALÝZA OBJEKTU	34
B.2 TEPELNÁ BILANCE DÍLČÍCH ČÁSTÍ BUDOV	36
B.2.1 FOYER A BAR	36
B.2.2 KINOSÁL	41
B.3 TEPELOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ FOYER A BARU	44
B.3.1 NÁVRHOVÉ HODNOTY:	44
B.3.2 STANOVENÍ PRŮTOKU VZDUCHU	44
B.3.3 DISTRIBUČNÍ PRVKY	45
B.3.4 REGULAČNÍ PRVKY	56
B.3.5 VZDUCHOTECHNICKÉ POTRUBÍ	57
B.3.6 TLAKOVÉ ZTRÁTY	62
B.3.7 NÁVRH VZT JEDNOTKY REMAK	64
B.3.8 TLUMENÍ HLUKU	66
B.3.9 TEPELNÁ IZOLACE	74
B.4 KLIMATIZACE KINOSÁLU	77
B.4.1 NÁVRHOVÉ HODNOTY	77
B.4.2 STANOVENÍ PRŮTOKU VZDUCHU	77
B.4.3 DISTRIBUČNÍ PRVKY	78
B.4.4 REGULAČNÍ PRVKY	83
B.4.5 PROTIPOŽÁRNÍ PRVKY	84
B.4.6 VZDUCHOTECHNICKÉ POTRUBÍ	86
B.4.7 TLAKOVÉ ZTRÁTY	90
B.4.8 NÁVRH VZT JEDNOTKY REMAK	92
B.4.9 TLUMENÍ HLUKU	95
B.4.10 TEPELNÁ IZOLACE	106
C. PROJEKTOVÁ ČÁST	109
C.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA	110
C.1.1 ÚVOD	110
C.1.2 ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	110
C.1.3 POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ	111
C.1.4 NÁROKY NA ENERGIE	113
C.1.5 MĚŘENÍ A REGULACE	113
C.1.6 NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE	113

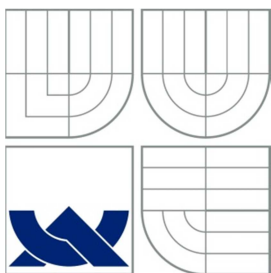
C.1.7	PROTIHLUKOVÁ A PROTIOTŘESOVÁ OPATŘENÍ	114
C.1.8	IZOLACE A NÁTĚRY	114
C.1.9	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	115
C.1.10	MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ.....	115
C.1.11	ZÁVĚR	115
C.2	TABULKA MÍSTNOSTÍ	116
C.3	FUNKČNÍ SCHÉMATA ZAPOJENÍ.....	117
C.4	SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ.....	119
C.4.1	FOYER A BAR	119
C.4.2	KINOSÁL	120
C.4.3	ZÁVĚR	121

ÚVOD

Tématem mojí bakalářské práce je vzduchotechnika multifunkčního sálu. Snahou této práce je navrhnout vzduchotechnický systém, který by zabezpečil hygienické a provozní požadavky na vnitřní mikroklima prostor v tomto objektu. Řešený objekt se nachází v Brně, a tudíž jsou výpočty vztaženy pro klimatické podmínky pro lokalitu Brna. Zadaný objekt obsahuje dvě nadzemní podlaží. V prvním nadzemním podlaží se vstupní hala a k ní přidružené foyer s barem, kinosál, šatny, sklady a hygienická zázemí. Ve druhém nadzemním podlaží se nachází nahrávací studio, prostory k provozu kinosálu (promítárna, místnost zvukaře apod.), strojovna VZT/ÚT a sociální zázemí. Konstrukce budovy je zděná, založena na ŽB pásech, střešní konstrukce je plochého provedení o sklonu 4%.

V teoretické části mojí práce se zabývám problematikou zpětného získávání tepla (ZZT) ve vzduchotechnických zařízeních. Cílem této části je popsat účel a princip ZZT, systémy a zařízení pro ZZT, ekonomické hodnocení a postup pro návrh zařízení. ZZT je zakomponováno i projektové části a to v obou vzduchotechnických jednotkách řešených prostor objektu.

V projektové části je podrobněji řešena úprava mikroklimatu v prostoru kinosálu, foyer a baru s přílehlými sociálními prostory. V kinosálu byla navržena klimatizace, která má zajišťovat vnitřní mikroklima jak v létě, tak i přes zimní období. Foyer a bar je řešen ve formě teplovzdušného vytápění, kde je upravený vzduch přiváděn a znehodnocený vzduch je odváděn z sociálního zázemí, které je spojeno s foyer chodbou.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

A. TEORETICKÁ ČÁST

Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice

VZDUCHOTECHNIKA MULTIFUNKČNÍHO SÁLU

AIRCONDITION OF MULTIFUNCTIONAL HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ ŽÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL UHER, Ph. D.

BRNO 2014

A.1 Účel zpětného získávání tepla a jeho princip

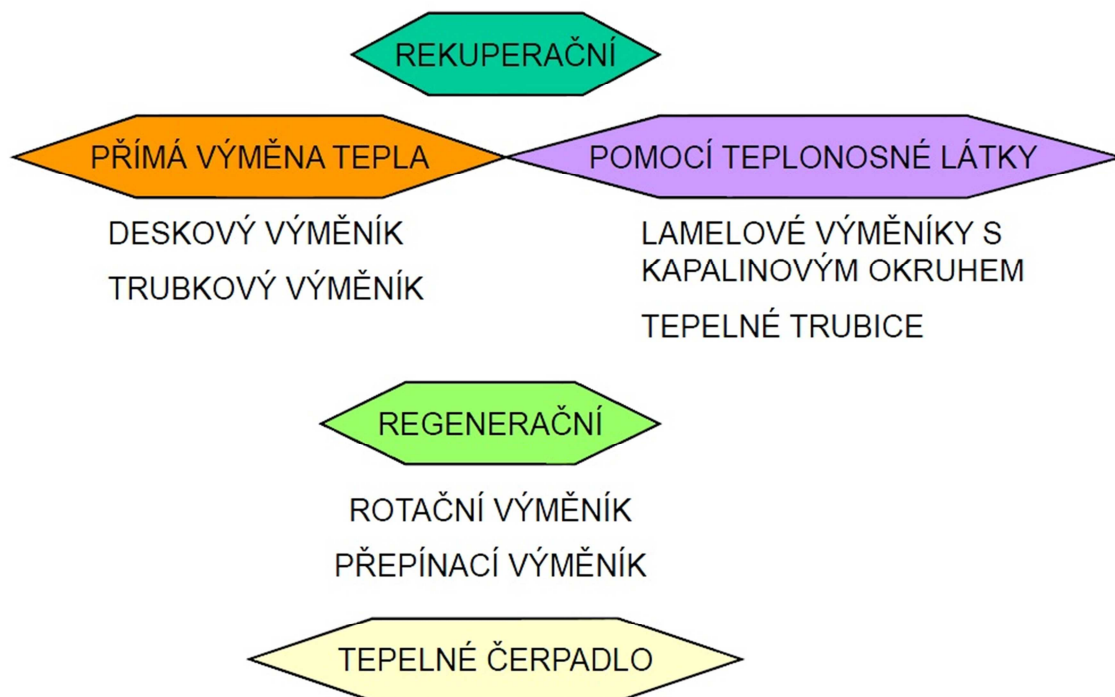
Zpětné získávání tepla bývá dnes nedílnou součástí většiny vzduchotechnických systému, jelikož v dnešní době je snaha stále více minimalizovat energetickou náročnost zařízení z důvodu ekonomických, ale i ekologických faktorů a z důvodu péče o životní prostředí. Tyto důvody jsou zohledněny v ČSN 73 0540, kde je zavedena povinnost za určitých podmínek vybavovat vzduchotechnická zařízení zařízením pro zpětné získávání tepla s účinností nejméně 60%.

Pokud je u novostaveb z hygienických a provozních důvodů celková intenzita větrání v budově větší než $n = 1 \text{ h}^{-1}$ po dobu nejméně 8 hodin denně. Doporučuje se osazení účinného zařízení pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu, s ověřením účinnosti zpětného získávání tepla nejméně 60%. Pokud nelze takové zařízení prokazatelně použít, doporučuje se v rámci energetické bilance budovy provést taková opatření, která zajistí nejméně shodné snížení potřeby tepla na provoz budovy, je-li to v konkrétních podmínkách možné. [ČSN 73 0540 - 7.2]

Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice je založeno na využívání tepelné energie odváděného (znečištěného) vzduchu, která se předá vzduchu přiváděnému do vzduchotechnické jednotky a dále do prostoru, kde dochází k výměně vzduchu. Docílí se tomu užitím výměníků, ve kterých předává teplo **přímo** ve formě vzduch-vzduch nebo **prostřednictvím pomocné teponosné látky** užitím výměníků s kapalinovým okruhem.

Zařízení ZZT je možná rozdělit do tří skupin dle přenosu tepla na:

- **regenerační** - přenášejí jak citelné teplo, tak teplo vázané
- **rekuperační** - přenáší teplo citelné
- **tepelné čerpadlo** - přenáší teplo citelné



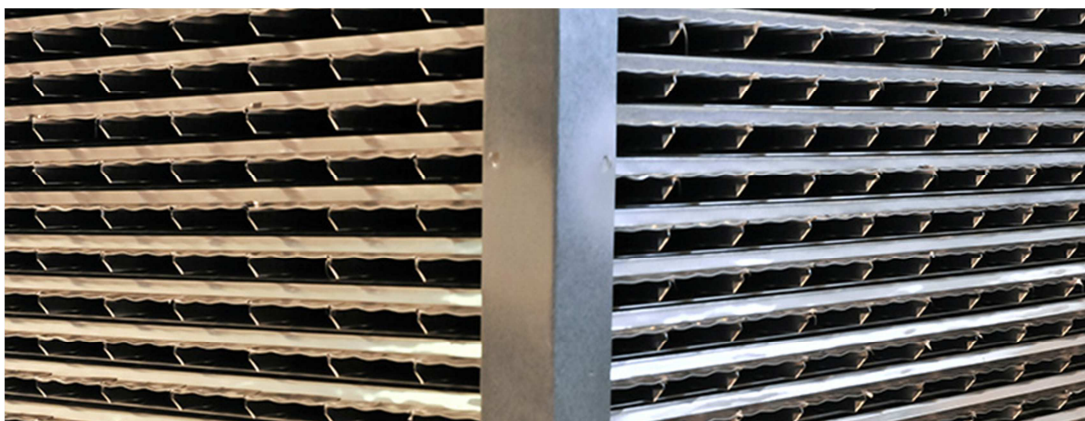
Zařízení sloužící k ZZZ v dnešní době bývá standartní součástí sestavných vzduchotechnických jednotek, ale mohou se i sestavit ze samostatných prvků.

A.2 Výměníky pro zpětné získávání tepla

A.2.1 Deskové výměníky

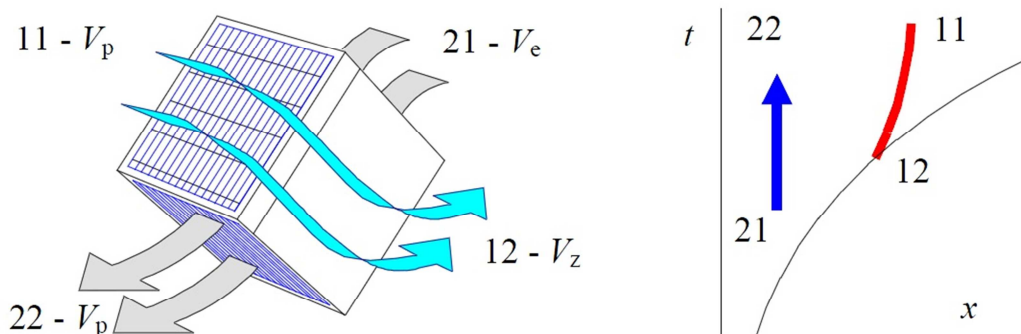
Jedná se o nejvíce užívaný typ výměníku pro ZZT, jehož hlavní výhodou je zpětné získávání tepla při dokonalém oddělení proudů vzduchu, a tím pádem je vhodný i do takových prostředí kde se pracuje s odpadním vzduchem obsahující škodlivé látky. Nedochází tedy k znečištění přívodního vzduchu. Výměník tvoří soustava teplosměnných desek, mezi kterými proudí teplý a chladný vzduch. Teplo je tedy předávané ve formě vzduch - vzduch.

Výměník je vyroben z hliníkových materiálů, pozinkovaného plechu, nerezové oceli nebo plastů a přenáší pouze citelné teplo. Vyrábí se však i méně obvyklé deskové výměníky, které se nazývají také výměníky entalpické. Ty jsou vyrobeny z upraveného papíru, který kromě tepla přenáší i vlhkost a dosahuje účinnosti až 85% citelného tepla a 50% vázaného tepla. I když dochází v tomto případě k přenosu vodní páry, nedochází však k přenosu plynů či bakterií a přívodní vzduch si zachovává stále stejnou kvalitu jako před vstupem do rekuperačního zařízení.



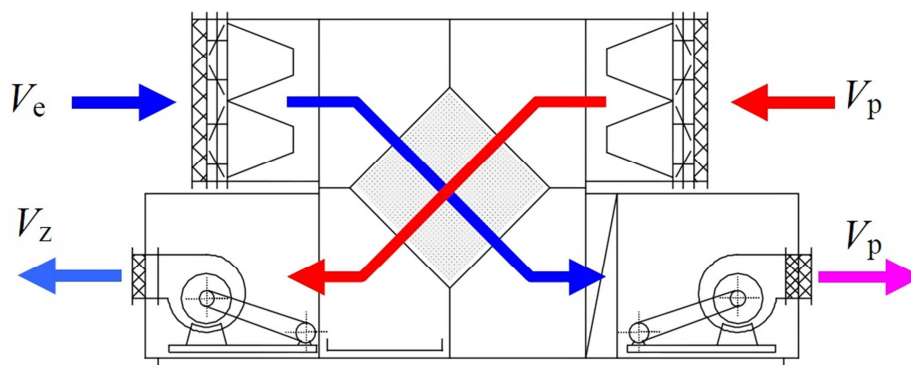
A.2.1 Teplosměnné desky deskového výměníku

Účinnost výměníku je závislá na vlhkosti vzduchu, který proudí výměníkem a míře kondenzace vodní páry na straně odpadního vzduchu. Kondenzace ovlivňuje účinnost výměníku až o 20%. Jednoduchý deskový výměník dosahuje účinnosti 45-55%, při malých průtocích vzduchu může dosahovat i hodnot přes 60%. Dvojitý výměník má účinnost i kolem 80%.



A.2.2 Schéma tepelných výměn deskového výměníku

Na obrázku A.2.2 je zobrazena výměna tepla mezi přívodním a odvodním vzduchem. Vzduch nasáván z exteriéru je přiváděn do deskového výměníku, kde dojde k předání tepla od odvodního vzduchu pomocí teplosměnné plochy. Vzduch z exteriéru je tedy teplejší o hodnotu X a vzduch z interiéru je ochlazen o hodnotu Y, jak je patrné na h-x diagramu.



A.2.3 Schéma klimatizační jednotky s deskovým výměníkem

Návrh deskových výměníků vychází z obecné teorie přenosu tepla. Z důvodů proměnných vstupních hodnot se aplikují zjednodušené algoritmy nebo se využívá podkladů výrobců udávající teplotní účinnost ψ .

Teplota výstupního vzduchu z výměníku se dá spočítat pomocí vztahu uvedeném v rovnici (1.1)

$$t'_e = t_e + \psi \cdot \frac{V_o}{V_e} \cdot (t_o - t_e) \quad (1.1)$$

Tepelný výkon výměníku je dán vztahem v rovnici (1.2)

$$Q = V_o \cdot \rho \cdot c \cdot (t_o - t'_e) \quad (1.2)$$

kde: t'_e - teplota výstupního vzduchu V_o - vstupní průtok vzduchu

t_e - teplota venkovního vzduchu V_e - venkovní průtok vzduchu

t_o - teplota vstupního vzduchu ψ - teplotní účinnost

ρ - hustota vzduchu c - měrná tepelná kapacita vzduchu

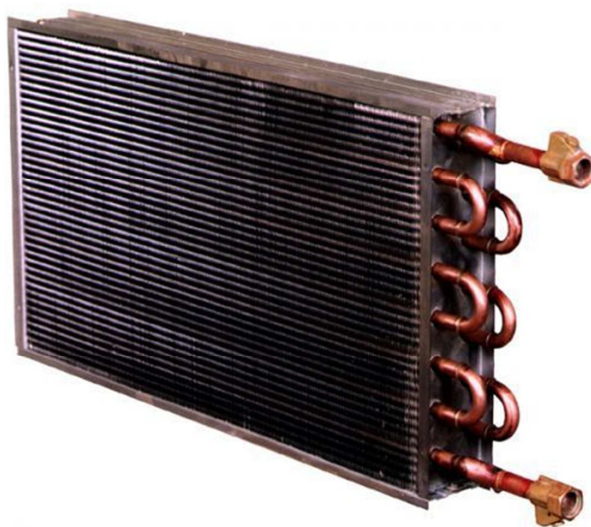
Deskové výměníky není možné vypnout či regulovat, jelikož neobsahují žádné mechanicky pohyblivé části. V letním období kdy je rozdíl teplot mezi návrhovou teplotou interiéru a exteriérem daleko menší než je tomu v období zimním není většinou vhodné výměník udržovat v provozu, a tak se výměník vybavuje obtokem s uzavírací klapkou, který zajistí průtok přiváděného vzduchu mimo výměník. v zimním období dochází ke kondenzaci vodních par na stěnách výměníku a tak je nutné výměník vybavit zápchovou uzavěrkou přes kterou je kondenzát od-

váděn do kanalizace. V případě teplot pod bodem mrazu dochází k namrzání vlhkosti ve výměníku a ke vzniku námrazy, která má negativní vliv na funkci přenosu tepla mezi přívodním a odvodním vzduchem. V extrémních případech může dojít až k poškození výměníku. Proto je potřeba tomuto jevu předcházet a zabezpečit taková opatření, která vznik námrazy a jejímu účinku na výměník budou co nejefektivněji předcházet. Jednou z možností je dočasné uzavření přívodu venkovního vzduchu a využití tepla odváděného vzduchu k ohřátí výměníku. Další možností je cirkulační režim, kdy je odpadní vzduch přiváděn do výměníku místo vzduchu venkovního. Výměník může být také vybaven elektrickým ohřevem kritických částí, které mohou podléhat namrzání, či lze užít přehřevu venkovního vzduchu na teplotu, která vyloučí vznik námrazy.

Nevýhodou deskových výměníků však je jejich obtížná čistitelnost vzhledem k jejich konstrukci, a tak nejsou zrovna nejvhodnějším řešením pro provoz s vyšším stupněm znečištěného odpadního vzduchu.

A.2.2 Lamelové výměníky s kapalinovým okruhem

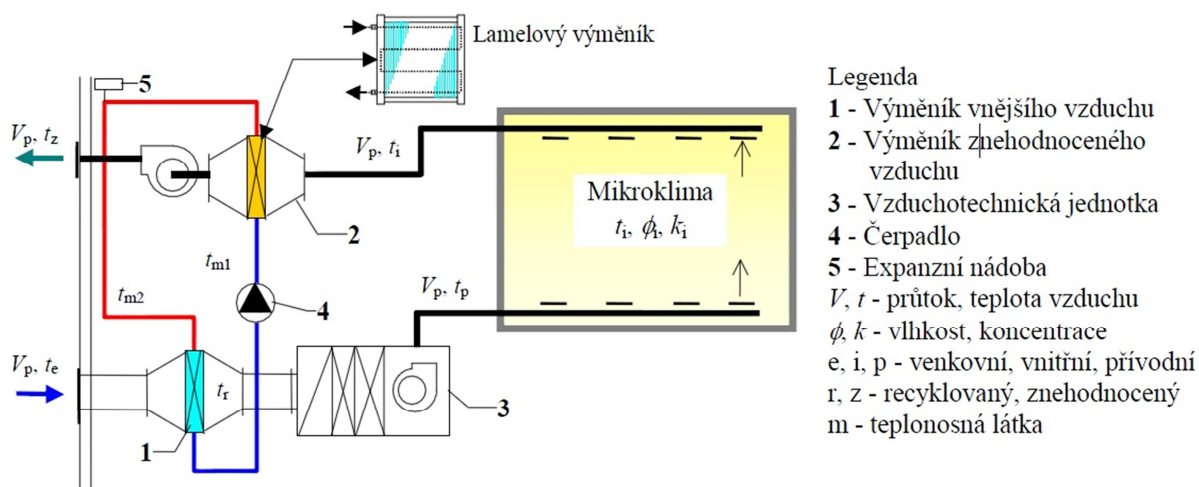
Lamelové výměníky nejsou zdaleka tak využívané jako výměníky deskové. Jejich využití je v takových případech, kdy přívodní o odvodní vzduch není veden ve vzájemné blízkosti a je nemožné aplikovat výměník, který využívá proudů vzduchu jdoucích v jedné vzduchotechnické jednotce vedle sebe. Proudů vzduchu tedy mohou být od sebe vzdáleny a k přenosu tepla se využívá teplotonosná látka, kterou je nejčastěji voda s přídavkem glykolu. V sestavě se tedy nevyužívá systému k přenosu tepla vzduch - vzduch, ale vzduch - kapalina - vzduch (VKV).



A.2.4 Lamelový výměník

Skladba systému je složitější a je využito více zařízení k provozu kapalinového okruhu. Jeden výměník je na přívodu vzduchu, druhý je na odvodní větví a jsou propojeny potrubím, na kterém je zapotřebí k zajištění oběhu kapaliny oběhové čerpallo. Dále je součástí systému uzavřená expanzní nádoba k zabránění zvětšení tlaku v soustavě vlivem změny teploty a regulační zařízení. Dále je možné propojení více jednotek do jednoho společného okruhu.

Výhoda tohoto zařízení jsou oproti jiným zařízením pro ZTZ menší pořizovací náklady a možnost vést vzduchovody v libovolné vzdálenosti od sebe.



A.2.5 Schéma lamelových výměníků s kapalinovým okruhem

Poměrná změna teploty a výstupní teplota vnějšího vzduchu za výměníkem

$$\frac{\Delta t}{t_i - t_{em}} = 1 + \frac{2 \cdot V_v \cdot \rho_v \cdot c_v}{k \cdot n \cdot S_1} \quad (1.3)$$

$$t''_e = t_{em} + \Delta t \cdot (t_i - t_{em}) \quad (1.4)$$

Optimální počet řad za výměníkem

$$n_{op} = V_v \cdot \rho_v \cdot c_v \cdot \left[\sqrt{\frac{2 \cdot (t_i - t_{em}) \cdot \tau_2 \cdot P_2 \cdot 10^{-6}}{k \cdot S \cdot (6,7 \cdot V_v \cdot w^{1,52} \cdot \tau_1 \cdot P_1 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot C \cdot o)}} - \frac{2}{k \cdot S} \right] \quad (1.5)$$

kde: Δt - teplotní rozdíl $t_i - t_{em}$

V_v - průtok vzduchu zařízením

t_i - teplota interiéru

V_e - venkovní průtok vzduchu

t_{em} - střední teplota venkovního vzduchu

S_1 - plocha 1Ř výměníku

ρ - hustota kapaliny

τ_1 - počet hodin provozu vzduchotechniky

c - měrná tepelná kapacita

τ_2 - počet hodin provozu ZTZ

Δt - teplotní rozdíl $t_i - t_{em}$

P_1 - cena elektrické energie

t_i - teplota interiéru

P_2 - cena tepelné energie

k - součinitel prostupu tepla

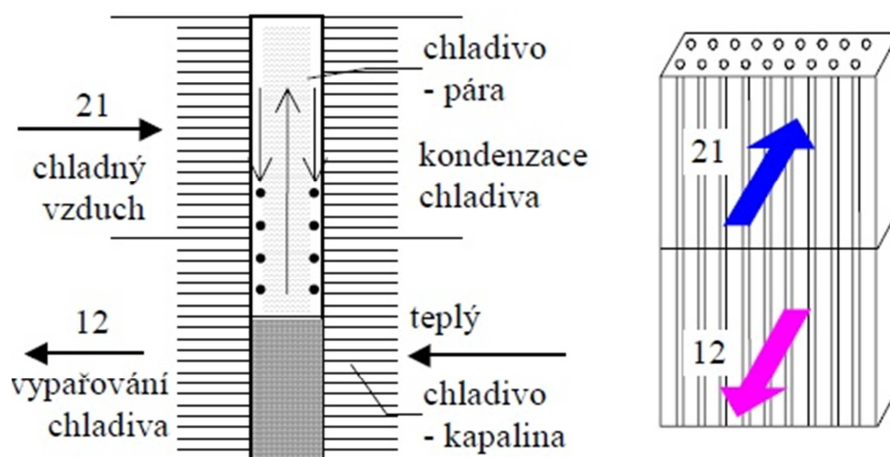
S - plocha výměníku

Nejčastěji se používají víceřadé výměníky, jelikož počet řad výrazně ovlivňuje efektivitu tohoto zařízení. Můžeme dosahovat až účinnosti 90%.

Tento systém zpětného získávání tepla se hojně využívá u silně znečištěného vzduchu, jelikož je možné užití výměníku bez žebrování či z chemicky odolných materiálů. Užití tento systém je možné i v prostředí obsahující škodliviny, protože nehrozí riziko přenosu z odvodního vzduchu do vzduchu přírodního.

A.2.3 Tepelné trubice

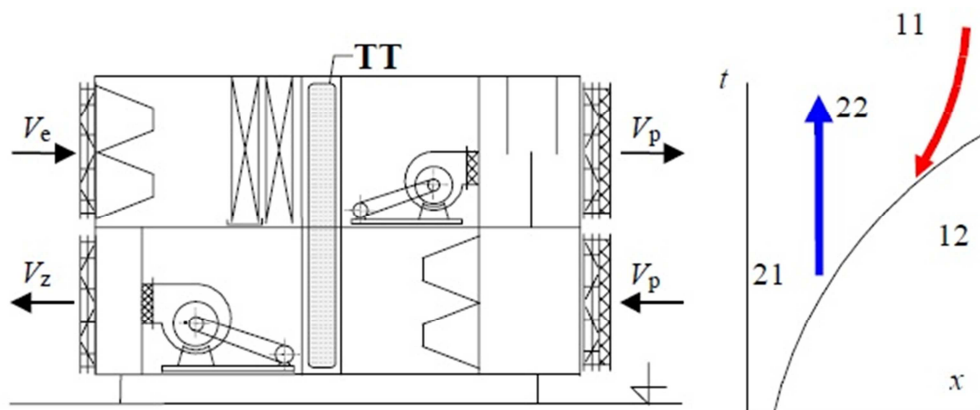
Systém zpětného získávání tepla pomocí tepelných trubic pracuje na principu vypařování a kondenzace chladiva v uzavřených trubicích. Jedná se o tzv. termosifon, jehož spodní polovina leží na straně odváděného (teplého) vzduchu kde dochází k vypařování chladiva, které trubicí stoupa vzhůru až do prostoru kde proudí vzduch přiváděný (studený), který odebrá teplo zahřátému chladivu ve formě páry. Chladivo po předání tepla kondenzuje a stéká zpět do spodní části, kde dochází k opakování celého cyklu. Je tedy nutné ke správnému chodu systému zvolit takové chladivo, které se bude při uvažované teplotě odvodního vzduchu vypařovat a při teplotě přiváděného vzduchu kondenzovat.



A.2.6 Schéma funkce tepelných trubíc

Chladivo proudí v trubici pomocí gravitačních nebo kapilárních sil v závislosti na provedení trubíc. Vertikální trubice pracují na gravitačním principu pohybu chladiva. Na kapilárním principu pracují trubice ve vodorovné poloze. Trubice bývají opatřeny žebrováním z důvodu zvětšení teplosměnné plochy.

Tepelné trubice se dají použít i u odvodního vzduchu, který je zatížen škodlivinami, jako jsou například prach, pachy, zárodky, tukem, olejem apod. Čištění výměníku je daleko snadnější, než tomu je u výměníku deskového.

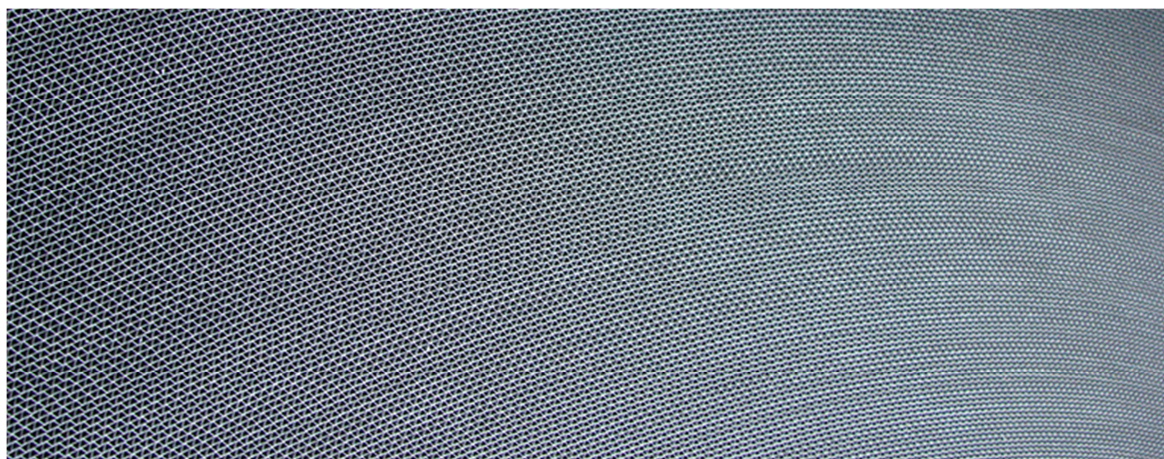


A.2.7 Osazení tepelných trub v klimatizační jednotce s hx diagramem

A.2.4 Regenerační výměníky

Tento typ výměníku dosahuje maximální účinnosti předávání tepla, protože zde dochází k předávání tepla citelného, ale i vázaného ve formě vlhkosti a díky velké teplosměnné ploše výměníku. K přenosu tepla využívá akumulační hmoty, kterou zpravidla tvoří vlnitý hliníkový plech, plast nebo papír.

Princip fungování výměníku je podobný jako u ostatních výměníků pro zpětné získávání tepla. Akumulační hmota je ohřívána pomocí odvodního vzduchu a ochlazována pomocí vzduchu přívodního, který hmotě odebírá teplo. Dochází zde však ke kontaktu odvodního vzduchu s přívodním a tedy k možnému míšení se škodlivinami, které mohou být obsaženy v odvodním vzduchu. Nejsou tedy vhodnou variantou do znečištěných provozů.



A.2.8 Struktura akumulační hmoty regeneračního výměníku

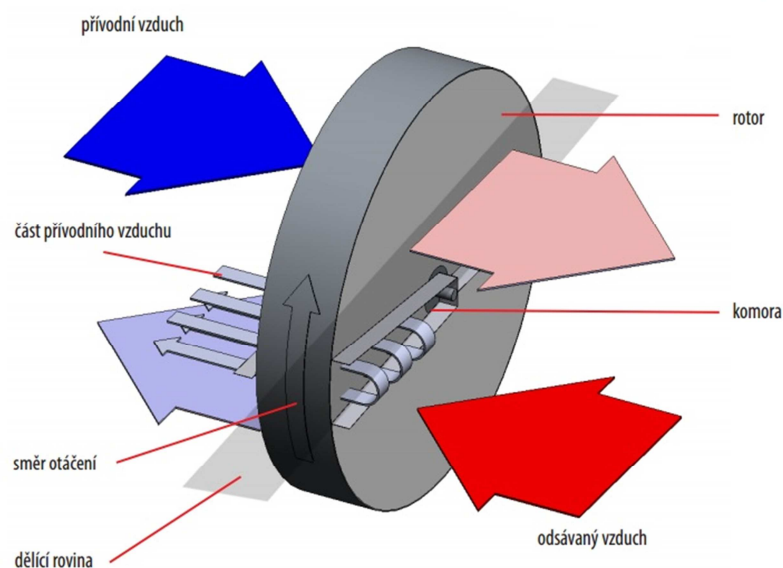
Regenerační výměníky se vyrábí ve dvou provedeních:

- Rotační
- Přepínací

A.2.4.1 Rotační výměníky

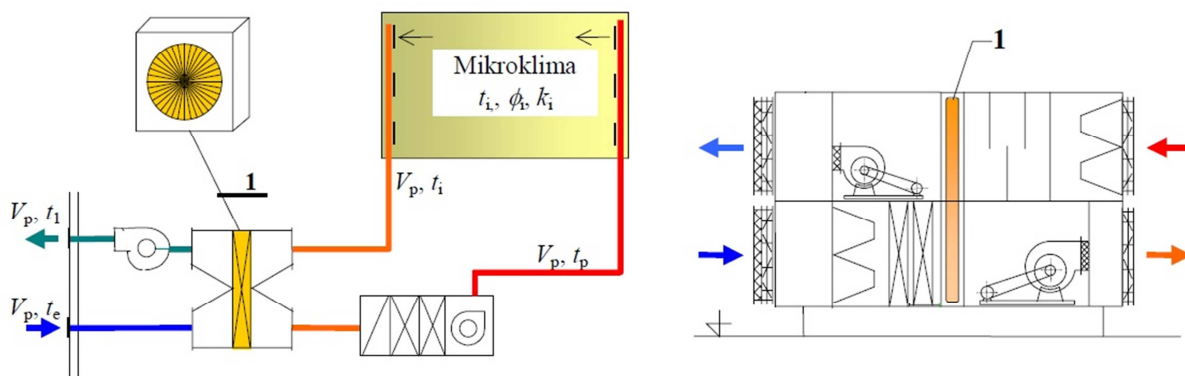
Akumulační hmota výměníku je navinuta do tvaru kotouče, který se otáčí kolem své osy v rámu výměníku. Rotor je rozdělen na dvě poloviny, buď svisle nebo vodorovně v závislosti na poloze

proudění proudů odvodního a přívodního vzduchu. Jednou polovinou proudí vzduch odváděný (teplý) a druhou vzduch přiváděný (studený).



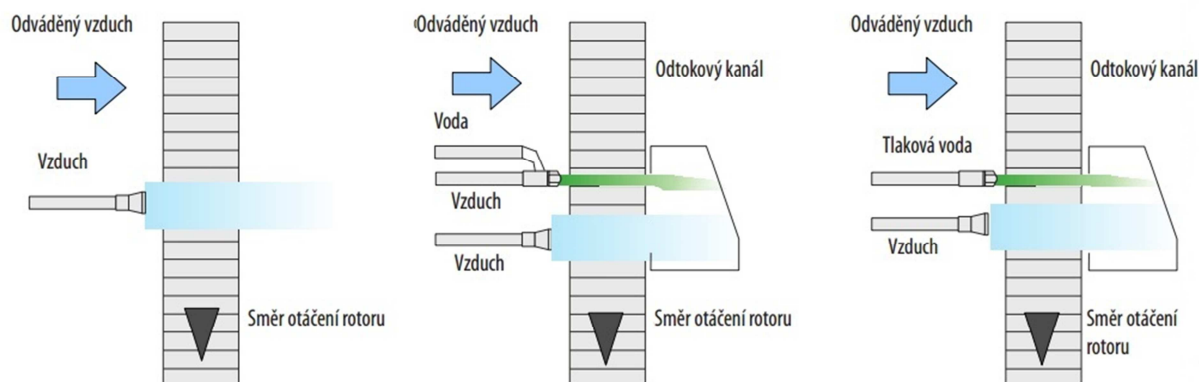
A.2.9 Schéma proudění vzduchu a předávání tepla v rotačním výměníku

Ve výměníku je potřeba udržovat mírný přetlak přívodního vzduchu oproti vzduchu odváděnému z důvodu zamezení pronikání odváděného vzduchu netěsnostmi okolo rotoru a pro správnou funkci pročištění rotoru pomocí tzv. čistící zóny. Čistící zóna je profukována proudem přívodního vzduchu, čímž se minimalizuje přenos odpadního vzduchu do přívodního pásma vzduchu a následné distribuci zpět do interiéru. Čistící zóna je zřetelná na obrázku A 2.4.2.



A.2.10 Schéma umístění rotačního výměníku v klimatizační jednotce

Pohon rotačního výměníku zajišťuje elektromotor, který pomocí řemenu otáčí akumulační plochou. Otáčky se pohybují v rozmezí cca. 10 - 20 ot./minutu, ale je možné je i plynule regulovat a řídit pomocí regulační techniky a snímače otáček. Výměník se čistí pomocí talkového vzduchu nebo pomocí vody a dosoušení vzduchem.



A.2.11 Možnosti čištění rotačního výměníku

Oddělení proudů vzduchu se realizuje pomocí těsnění v podobě dotykových kartáčků nebo pomocí plstě, jejichž vzdálenost od rotoru se natavuje pomocí držáku. Netěsnost oddělení proudů tvoří 5% objemového průtoku vzduchu.



A.2.12 Těsnění realizované pomocí dotykových kartáčků

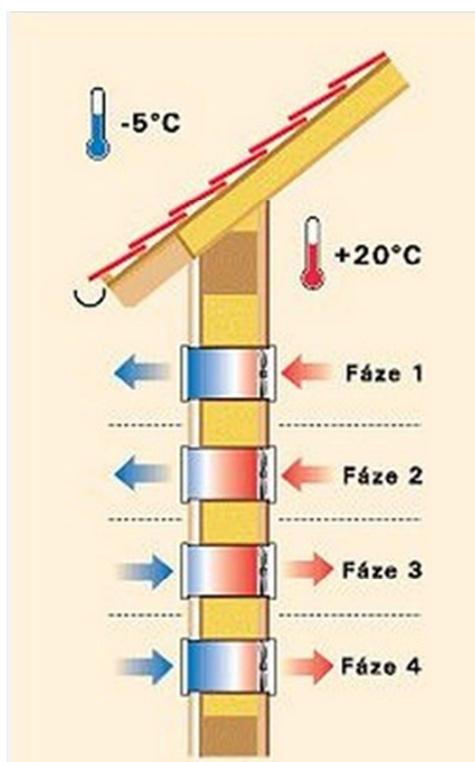
A.2.4.2 Přepínací výměníky

Přepínací výměníky se od rotačních výměníků liší tím, že nedochází k posunu či rotaci akumulční hmoty, nýbrž ke střídání proudů vzduchu. Výměník obsahuje akumulční hmotu podobné konstrukce a materiálu jako je tomu u výměníku rotačního a je opatřen klapkami, které přepínají přiváděný a odváděný vzduch střídavě. Odváděný vzduch hmotu zahřeje a následné přepnutí na vzduch přívodní akumulční materiál opět ochladí. Tento proces se neustále opakuje.

Tento princip se využívá také v letních měsících jako pasivní chlazení. V chladnějších večerních hodinách mohou být místnosti větrány při vyřazení rekuperace k zajištění požadovaného vnitřního mikroklimatu.

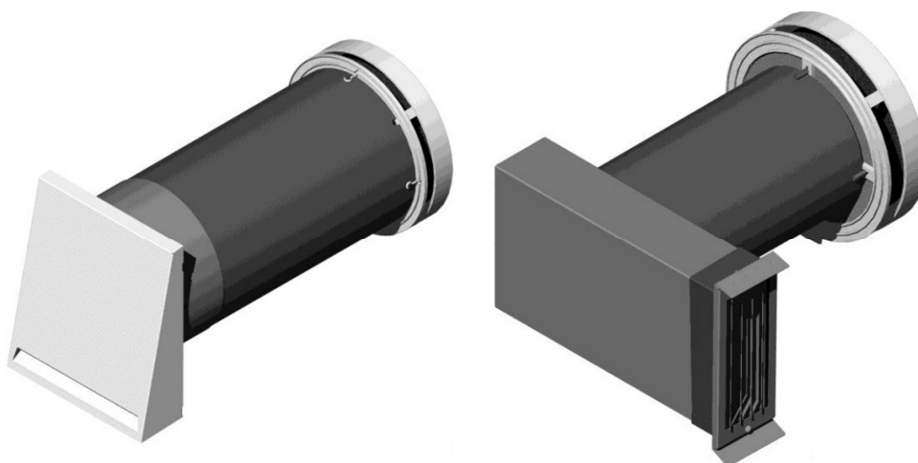


A.2.13 Schéma funkce přepínacích regeneračních výměníků



- **Fáze 1:** Teplý, ale méně kvalitní vzduch z místnosti je vysáván zevnitř ven. Teplo z vysávaného vzduchu odebírá keramický High-Tech akumulátor. (rekuperace - zpětné získávání tepla)
- **Fáze 2:** Po 70 sekundách je akumulátor nabitý. Regulátor dá pokyn ventilátoru na změnu otáček.
- **Fáze 3:** Ventilátor nasává zvenku studený čerstvý vzduch. Ten prochází skrz teplem naakumulovaný High-Tech akumulátor, přebírá na sebe teplo a při výstupu dovnitř má téměř stejnou teplotu jaká je v místnosti.
- **Fáze 4:** Po 70 sekundách je zásobník tepla vybitý, regulátor předá pokyn ventilátoru na změnu otáček a systém se dostává znovu do fáze-1.

A.2.14 Rozdělení práce přepínacího výměníku do jednotlivých fází



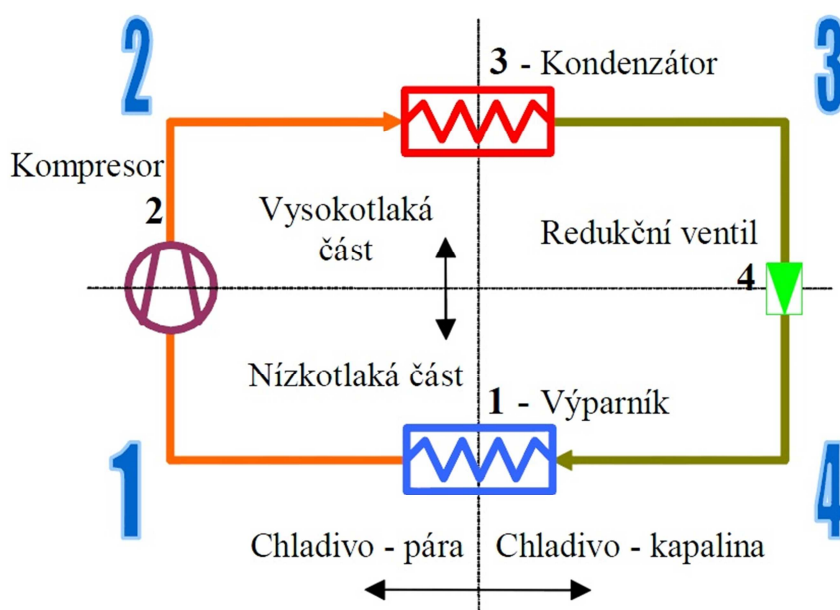
A.2.15 Přepínací výměníky firmy inVERTen v provedení přímém a zalomeném

A.2.5 Tepelná čerpadla

Jedná se o zařízení, které využívá k přenosu tepla chladicí kapalinu. Přenos tepla probíhá při skupenských změnách kapaliny v důsledku teplot a změny tlaku v soustavě. Jde o investičně nejnáročnější systém zpětného získávání tepla, vzhledem ke konstrukci a nutnosti pohonu kompresoru čerpadla.

Systém se skládá z chladicího potrubí, na kterém jsou umístěny tyto čtyři zařízení:

- **kondenzátor**
- **výparník**
- **kompresor**
- **expanzní ventil**

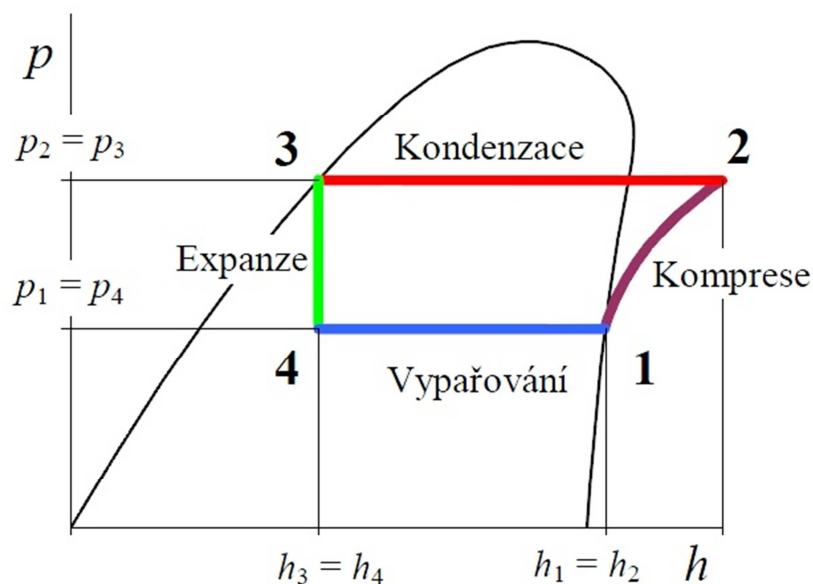


A.2.16 Schéma funkce tepelného čerpadla

V okruhu tepelného čerpadla cirkuluje chladicí kapalina, která v průběhu procesu mění své skupenství za změny teploty a tlaku v soustavě. Kompresor zajišťuje cirkulaci chladiva a zvyšuje tlak v soustavě, který zapříčiní i zvýšení teploty chladiva. Zahřáté chladivo v plynném stavu postupuje do kondenzátoru, ve kterém odevzdá získané teplo do okolního prostředí. Dojde k jeho ochlazení a ke změně skupenství z plynného do kapalného. Z kondenzátoru zkapalněné chladivo postupuje skrze expanzní (redukční) ventil za náhlého snížení tlaku a teploty. Ve výparníku o nízkém tlaku chladivo předává chlad do okolního prostředí a přejímá z něj teplo. Dochází zde ke zvýšení teploty chladiva a to přechází z kapalného stavu na stav plynný. Z výparníku chladivo jde opět přes kompresor a celý cyklus se neustále opakuje.

Celý systém pracuje na principu obráceného Carnotova cyklu. Carnotův cyklus označuje vratný kruhový děj ideálního tepelného stroje, který se skládá ze dvou izotermických a dvou adiabatických dějů.

Tyto děje lze popsat na Molierovu diagramu chladiva.



A.2.17 Molierův diagram a práce tepelného čerpadla

- Kondenzace = izotermická komprese
- Kompresa = adiabatická komprese
- Vypařování = izotermická expanze
- Expanze = adiabatická expanze

Topný/chladicí faktor oběhu (COP - Coefficient Of Performance) je definován jako poměr topného/chladicího výkonu a příslušné práce (energie) potřebné k provozu systému viz.)1.3)

$$\varepsilon = \frac{Q_o}{P_c} \quad (1.6)$$

Příkon kompresoru

$$P_c = m. (h_2 - h_1) \quad (1.7)$$

Výkon kondenzátoru

$$Q_k = m. (h_2 - h_3) \quad (1.8)$$

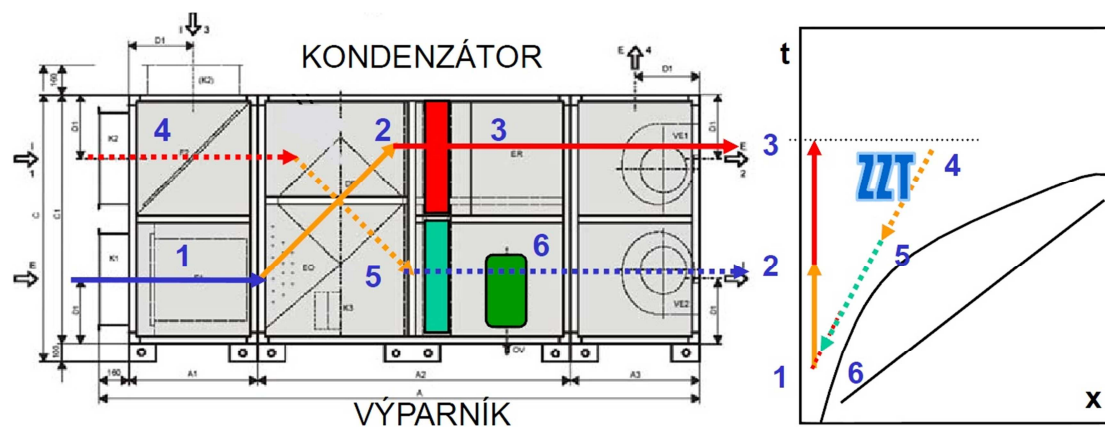
Výkon výparníku

$$Q_o = m. (h_1 - h_4) \quad (1.9)$$

Hmotnostní průtok chladiva

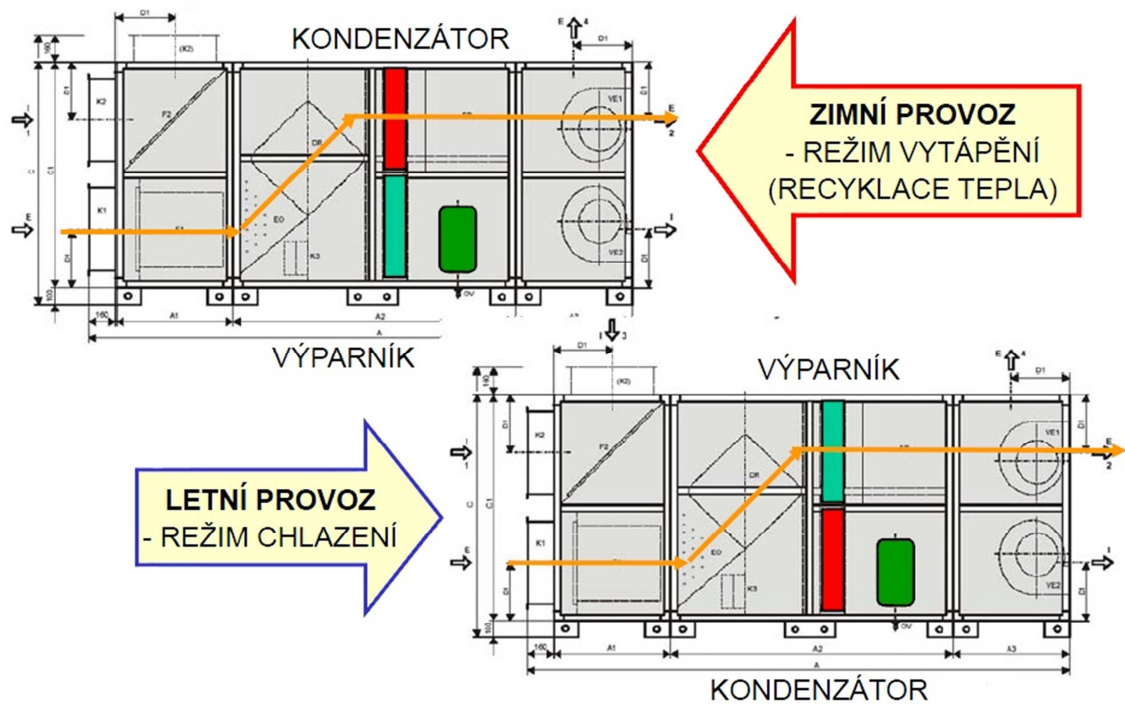
$$m = \frac{Q_o}{(h_1 - h_4)} \quad (1.10)$$

Je možné před tepelné čerpadlo umístit ještě například deskový výměník, který zpětné získávání tepla ještě více zefektivní.



A.2.18 Schéma deskového výměníku v kombinaci s tepelným čerpadlem

Tepelná čerpadla jsou využívány celoročně, jelikož je možné užití reverzního chodu, tedy přepnutí oběhu chladicí látky. Z výparníku se stane kondenzátor a naopak.



A.2.19 Schéma tepelného čerpadla s reverzním chodem

A.2.5.1 Chladiva

V systému jsou k přenosu tepla užívána chladiva, která v dnešní době musí splňovat požadavky vlivu na životní prostředí a to jsou ODP a GWP

- **ODP** (Ozone Depleting Potential) - v dnešní době musí mít všechna chladiva ODP rovno 0
- **GWP** (Global Warming Potential) - potenciál způsobování globálního oteplování

Označování chladiv probíhá dle normy ISO:

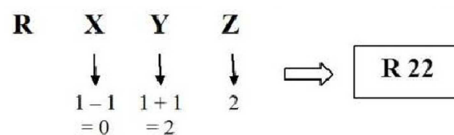
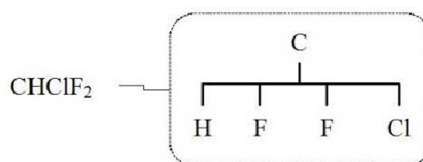
Halogenové uhlovodíky

R	X	Y	Z
	↓	↓	↓
	C - 1	H + 1	F

X = značí počet atomů uhlíku mínus jeden

Y = značí počet atomů vodíku plus jeden

Z = značí počet atomů fluoru



A.2.20 Příklad označování chladiva

Směs chladiv

- azeotropní - značení směsi **R 5 X Y a výše**
- roztok se chová jako jednosložkový, má stejné složení páry i kapaliny
- zeotropní - značení směsi **R 4 X Y a výše**
- roztok se nechová jako jednosložkový, obsah látek ve vroucí kapalině a syté páře se mění s teplotou

Ostatní chladiva

Značení těchto chladiv je **R 7 X Y**, kde XY je zaokrouhlená molová hmotnost.

Tvrdé freony (CFC)

Regulované látky	Látka		Skupina	ODP	GWP
	Chladiva CFC				
	R11	CFC ₃	Skupina I	1,0	4000
	R12	CF ₂ Cl ₂		1,0	8500
	R113	C ₂ F ₃ Cl ₃		0,8	
	R114	C ₂ F ₄ Cl ₂		1,0	
	R115	C ₂ F ₅ Cl		0,6	
	R13	CF ₃ Cl	Skupina II	1,0	
	Směsi obsahující CFC chladiva				
	R500	R12 / R152a		0,605	
	R502	R22 / R115		0,221	16200
	R503	R23 / R13		0,599	

A.2.21 Tabulka chladiv CFC a jejich směsí

Mají v molekule pouze uhlíkový atom a všechny a všechny vodíkové jsou nahrazeny chlorem a fluorem. Výroba a dovoz těchto chladiv je zakázán.

Měkké freony (HCFC)

Regulované látky *	Látka		Skupina	ODP	GWP
	Chladiva HCFC				
	R22	CHF ₂ Cl	Skupina VIII	0,055	1700
	R123	C ₂ HF ₃ Cl ₂		0,020	
	R124	C ₂ HF ₄ Cl		0,022	620
	R142b	CH ₃ CF ₂ Cl		0,065	2400
	Směsi obsahující HCFC chladiva				
	R401A	R22 / R152a / R124	53 / 13 / 34%	0,037	1130
	R401B	R22 / R152a / R124	61 / 11 / 28%	0,040	1220
	R402A	R22 / R125 / R290	38 / 60 / 2%	0,021	2690
R402B	R22 / R125 / R290	60 / 38 / 2%	0,033	2310	
R403A	R22 / R218 / R290	75 / 20 / 5%	0,040	2520	
R403B	R22 / R218 / R290	56 / 39 / 5%	0,031	4310	
R408A	R22 / R143a / R125	47 / 46 / 7%	0,026	3020	
R409A	R22 / R142b / R124	60 / 15 / 25%	0,048	1540	
R409B	R22 / R142b / R124	65 / 10 / 25%	0,050	1270	

A.2.22 Tabulka chladiv HCFC a jejich směsí

Fluorované uhlovodíky mají v molekule atom vodíku.

Od 1.1. 2004 zákaz použití látek HCFC ve všech nových zařízeních.

Od 1.1. 2010 zákaz použití nových látek HCFC (nově vyrobeného chladiva) pro údržbu a servis stávajících zařízení. Smí se používat jen staré recyklované, nebo regenerované látky HCFC.

Od 1.1. 2015 zákaz používání zařízení s těmito HCFC látkami.

Alternativní HFC

Jedná se o běžně používaná chladiva, která splňují ODP rovno 0

F - plyny	Látka		ODP	GWP
	Chladiva HFC			
	R23	CHF ₃	0	12000
	R32	CH ₂ F ₂	0	550
	R125	C ₂ HF ₅	0	3400
	R134a	CH ₂ FCF ₃	0	1300
	R152a	C ₂ H ₄ F ₂	0	120
	R143a	C ₂ H ₃ F ₃	0	4300
	R227ea	C ₃ HF ₇	0	3500
	R236fa	C ₃ H ₂ F ₆	0	9400

F - plyny	Směsi obsahující HFC chladiva			
	R404A	R125 / R134a / R143a	44 / 4 / 52%	0 3780
	R407A	R32 / R125 / R134a	20 / 40 / 40%	0 1990
	R407B	R32 / R125 / R134a	10 / 70 / 20%	0 2700
	R407C	R32 / R125 / R134a	23 / 25 / 52%	0 1650
	R410A	R32 / R125	50 / 50%	0 1980
	R417A	R125 / R134a / R600	46,6 / 50,0 / 3,4%	0 2240
	R422D	R125 / R134a / R600	65,1 / 31,5 / 3,4%	0 2620
	R427A	R32 / R125 / R143a / R134a	15 / 25 / 10 / 50%	0 2010
	R437A	R134a / R125 / R600 / R601	78,5 / 19,5 / 1,4 / 0,6%	0 1680
	R507	R125 / R143a	50 / 50%	0 3300
	R508A	R23 / R116	39 / 61%	0 11940
	R508B	R23 / R116	46 / 54%	0 11950

A.2.23 Tabulka chladiv HFC a jejich směsí

Přírodní plyny

Přírodní chladiva	Látka			ODP	GWP
	R170	Ethan	C_2H_6	0	3
	R290	Propan	C_3H_8	0	3
	R600a	Isobutan	$CH(CH_3)_2CH_3$	0	3
	R717	Amoniak (čpavek)	NH_3	0	0
	R744	Oxid uhličitý	CO_2	0	1
	R1270	Propylen	C_3H_6	0	3

A.3 Návrh a obecný postup při návrhu ZZT

Při návrhu zařízení zpětného získávání tepla se zohledňuje fyzikální, provozní a ekonomická problematika. V rámci fyzikálního řešení se jedná zejména o nestacionární výměnu tepla, vliv látky při proměnných teplotách a režimech provozu, podoba teplosměnné plocha a čistota jejího povrchu. Provozní aspekt řeší režim provozu vzduchotechnického zařízení a dobu provozu samostatného ZZT. Ekonomickou stránkou se myslí investiční a provozní náklady spojené s provozem ZZT a návratnost investic.

Obecný postup při návrhu zařízení ZZT

- 1.) **Kritéria užití ZZT** - výchozím stanoviskem pro návrh ZZT je ČSN 73 0540-2, která byla zmíněná a odcitovaná v úvodní části této práce
- 2.) **Specifikace vstupních hodnot** - jedná se o průtok vzduchu, průměrné venkovní teploty, roční dobu provozu vzduchotechnického systému, dobu provozu ZZT, ceny tepla a elektrické energie, pořizovací cena zařízení, odpisy, náklady na opravu a údržbu

3.) **Volba reálných variant** - varianty zařízení pro zpětné získávání tepla jsou specifikovány výše v kapitole A.2

4.) **Návrh tepelných prvků** - jedná se o určení velikosti výměníku, teploty na výstupu z výměníku a tlakové ztráty způsobené tímto zařízením

5.) **Ekonomické hodnocení** - ekonomické hodnocení je podrobněji řešeno v kapitole A.4

6.) **Výběr optimální varianty** - zhodnotí se ekonomické aspekty navrhovaných zařízení, jejich vhodnost a lepší využitelnost pro daný případ

7.) **Podrobný návrh** - navrhují se veškeré technické prvky celého zařízení

8.) **Regulace** - posledním bodem je vyřešení otázky regulace, ovládání provozu a protimrazové ochrany

V dnešní době se pro návrh zařízení ZTZ využívá programových řešení. Dále se využívá výrobcí udávaná hodnota účinnosti výměníku η .

A.4 Ekonomické hodnocení zařízení ZTZ

Zařízení pro ZTZ je má za účel využívání odpadního vzduchu a jeho tepla k ohřevu vzduchu vnějšího. Má tedy za úkol šetřit náklady a energie vynaložené k ohřevu tohoto vzduchu ohřívacím nebo v opačném případě kdy chladíme chladičem. Toto zařízení je výhodné jedině tehdy, pokud jeho cena, provoz a životnost se vrátí v podobě ušetření financí na ohříváči a chladiči.

Finanční přínosy závisí zejména na:

- ceně energií (tepla a elektrické energie)
- době provozu zařízení VZT a ZTZ
- pořizovacích nákladech
- průtoku vzduchu

K vyhodnocení ekonomického přínosu zařízení ZTZ je možné využít vztahu (1.11), jenž porovnává roční efekt zařízení ZTZ daný dílčími složkami a upravený pro rovnost průtoků na vstupu a výstupu

$$E_p = K_1 - K_2 - K_3 - K_4 - K_5 - K_6 \quad (1.11)$$

kde: K_1 - průměrné roční zisky z ušetřeného tepla

K_2 - průměrné roční zisky z ušetřeného tepla produkovaného ventilátory

K_3 - průměrné roční zisky z ušetřeného tepla produkovaného čerpadly

K_4 - vícenáklady na provoz a ventilátoru

K_5 - vícenáklady na provoz oběhového čerpadla

K_6 - roční amortizace zařízení ZZT

Každý člen K je určen výpočetní rovnicí a výpočet je tedy náročnější než by se na první pohled mohlo zdát.

Jednodušším řešením pro výpočet ekonomické výhodnosti systému tvoří níže uvedené vztahy, které jsou však použitelné pro systém pracující na bázi vzduch-vzduch tedy deskové výměníky

Střední tepelný výkon deskového výměníku ZZT a jeho účinnost η_{ZZT}

$$Q_{ZZT} = Q_{oh} \cdot \eta_{ZZT} \quad (1.12)$$

$$Q_{oh} = V_v \cdot \rho \cdot c \cdot (t_p - t_{em}) \quad (1.13)$$

Průměrné roční zisky z ušetřeného tepla K_1

$$K_1 = Q_{ZZT} \cdot \tau_2 \cdot P_t \quad (1.14)$$

Vícenáklady na provoz ventilátoru K_2

$$K_2 = \Delta N \cdot \tau_1 \cdot P_e \quad (1.15)$$

Finanční úspory provozem ZZT

$$E_p = K_1 \cdot K_2 \quad (1.16)$$

kde: ΔN - zvětšení elektrického příkonu ventilátoru

- zbylé členy jsou uvedeny výše u předchozích rovnic



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

VZDUCHOTECHNIKA MULTIFUNKČNÍHO SÁLU AIRCONDITION OF MULTIFUNCTIONAL HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ ŽÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL UHER, Ph. D.

BRNO 2014

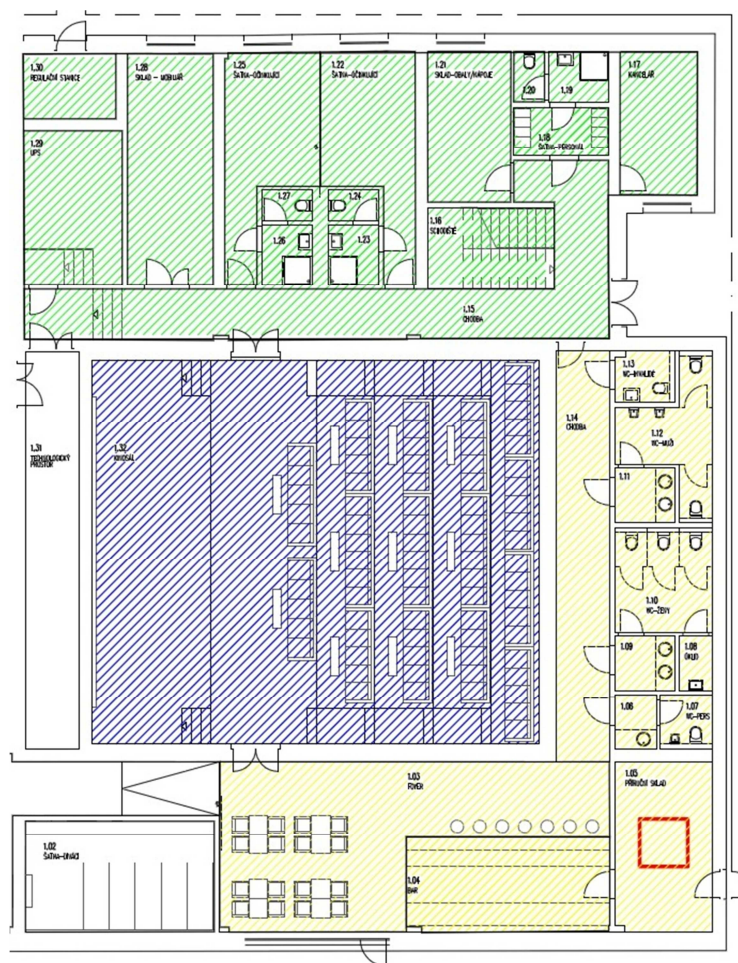
B.1 Analýza objektu

Řešený objekt se nachází v Brně, a tudíž jsou výpočty vztaženy pro klimatické podmínky pro lokalitu Brna. Zadaný objekt obsahuje dvě nadzemní podlaží. V prvním nadzemním podlaží se vstupní hala a k ní přidružené foyer s barem, kinosál, šatny, sklady a hygienická zázemí. Ve druhém nadzemním podlaží se nachází nahrávací studio, prostory k provozu kinosálu (promítárna, místnost zvukaře apod.), strojovna VZT/ÚT a sociální zázemí. Konstrukce budovy je zděná, založena na ŽB pásech, střešní konstrukce je plochého provedení o sklonu 4%.

Součinitel prostupu tepla obvodovou stěnou je roven $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, střešní konstrukcí $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ a okny $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vzduchotechnické potrubí je vedeno pod stropní konstrukcí a je zakryto sádkartonovým podhledem. Byly navrženy dvě vzduchotechnická zařízení firmy REMAK. Jedno slouží k teplovzdušnému vytápění foyer a baru, odvod byl zvolen do prostoru hygienického zázemí. Je umístěno ve skladu, který je situován vedle foyer. Druhé zařízení je umístěno ve strojovně VZT ve druhém patře a má za úkol klimatizovat prostor kinosálu.

Ostatní místnosti jsou řešeny pouze jako studie ve formě nákresu, který je uveden níže na obrázku půdorysu. Ten ukazuje případnou formu, o jaký typ zařízení pro úpravu vzduchu by se mělo jednat vzhledem k účelu místností.



B.1.1 Schéma rozdělení objektu 1.NP



B.1.2 Schéma rozdělení objektu 2. NP

Rozdělení objektu do zón na funkční celky

- Kinosál
Klimatizace – ohřev, chlazení, vlhčení, výměna vzduchu
- Místnosti sloužící k provozu kina
Klimatizace – ohřev, chlazení, vlhčení, výměna vzduchu
- Šatny, sklady a sociální zařízení
Teplovzdušné vytápění – ohřev, výměna vzduchu
(1.NP spojeno s 2.NP)
- Bar a foyer včetně sociálního zařízení
Teplovzdušné vytápění – ohřev, výměna vzduchu

B.2 Tepelná bilance dílčích částí budov

B.2.1 Foyer a bar

B.2.1.1 Vstupní data

- plocha oken: $S_{ok} = 8,96 \text{ m}^2$, $S_o = 0,85 \cdot S_{ok} = 7,62 \text{ m}^2$ (okno pouze na západní straně)

- součinitel prostupu tepla U : Obvodová stěna $U = 0,25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

Střecha $U = 0,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

- rozměr místnosti – 12,1 x 5,3 m

B.2.1.2 Tepelná zátěž

Tepelná zátěž z vnějšího prostředí

Prostup tepla okny sluneční radiací

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{odif}] \cdot s \quad [W] \quad (1.17)$$

kde: I_o – celková intenzita sluneční radiace procházející standartním jednoduchým zasklením

$[W/m^2]$

I_{od} – intenzita difuzní radiace procházející standartním jednoduchým zasklením

c_o – korekce na čistotu atmosféry o hodnotách $c_o = 1,15$ pro průmyslovou oblast, $c_o = 1$

pro středně čistou oblast, $c_o = 0,85$ pro venkovskou oblast

s – stínící součinitel vyjadřující vliv skutečného zasklení a stínících prostředků [-]

S_{os} – osluněný povrch okna $[m^2]$

S_o – plocha zasklení okna $[m^2]$

Výpočet osluněného povrchu okna

$$S_{os} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)] \quad [m^2] \quad (1.18)$$

kde: l_a – výška zasklení

l_b – šířka zasklení

$e_{1,2}$ – délky stínu na okně od okrajů slunolamů [m]

f – odstup od svislé stínící překážky

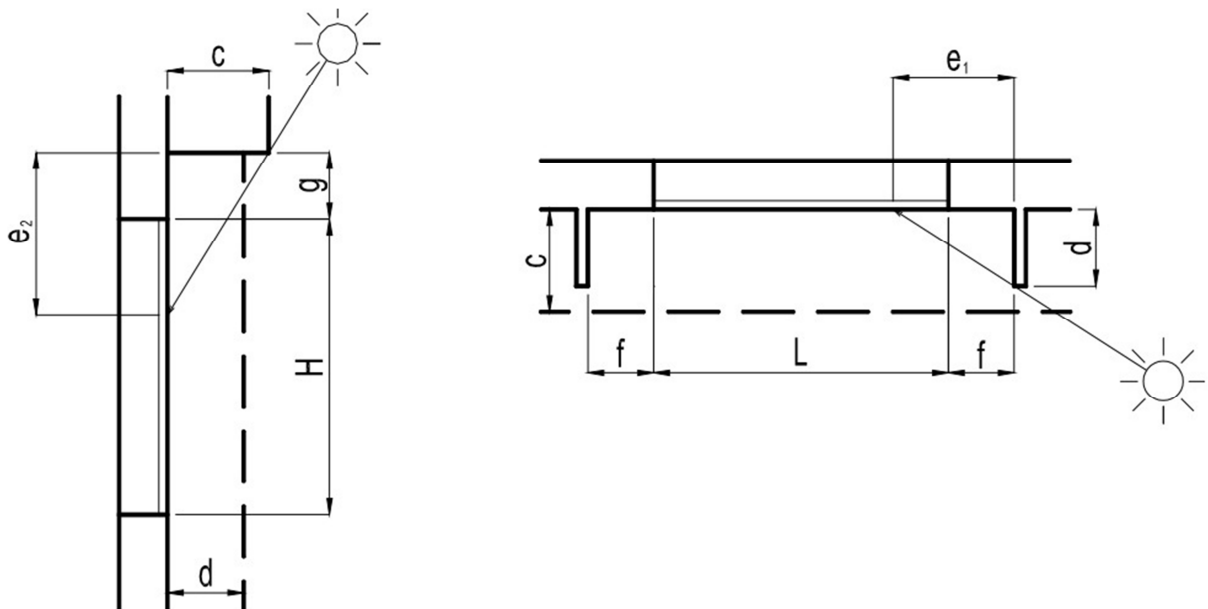
g – odstup od vodorovné stínící překážky

$$e_1 = d \cdot \operatorname{tg} |\alpha - \gamma| \quad [\text{m}] \quad (1.19)$$

$$e_2 = \frac{c \cdot \operatorname{tg} h}{\cos |\alpha - \gamma|} \quad [\text{m}] \quad (1.20)$$

kde: d – hloubka okna od okraje svislého slunolamu [m]

c – hloubka okna od okraje vodorovného slunolamu [m]



B.2.1 Schéma geometrie stínu

Západ :

- kritická hodina stanovena na 16 hodin, $I_o = 539 \text{ W/m}^2$

$\alpha = 260 \quad \gamma = 270 \quad h = 34$

$e_1 = 0,155 \cdot \operatorname{tg} |260 - 270| = 0,027 \text{ m} \rightarrow$ stín dopadá na rám okna

$$e_2 = \frac{1,5 \cdot \operatorname{tg}(34)}{\cos |260 - 270|} = 1,027 \text{ m}$$

$$S_{os} = [4,8 - (0,027 - 0,10)] \cdot [2,0 - (1,027 - 0,1)] = 5,15 \text{ m}^2$$

$$Q_{or} = [5,15 \cdot 539 \cdot 1 + (7,62 - 5,15) \cdot 100] \cdot 0,15 \cdot 0,9 = 408,1 \text{ W}$$

Prostup tepla okny konvekci

$$Q_{ok} = U_o \cdot S_{ok} \cdot (t_e - t_i) \quad [W] \quad (1.21)$$

Kde: t_i – teplota interiéru

t_e – teplota vnějšího vzduchu pro určenou hodinu

U_o – součinitel prostupu tepla okna

S_{ok} – plocha okna včetně rámu

Západ:

$$Q_{ok} = 1,2 \cdot 8,96 \cdot (29,8 - 26) = \mathbf{40,9 \text{ W}}$$

Tepelné zisky stěn

a.) Vnější stěny

- uvažujeme se středně těžkou stěnou s $U = 0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, tloušťka stěny = 350 mm a s plochou střechou s $U = 0,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, tloušťka střechy = 400 mm

$$Q_s = U_s \cdot S \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] \quad [W] \quad (1.22)$$

Součinitel zmenšení teplotního kolísání (1.23)

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot 0,4}{2500^{0,4}} \quad (1.23)$$

Průměrná rovnocenná teplota vzduchu v bodě o časové zpoždění ψ dřívejší (1.24)

$$t_{r\psi} = 32 \cdot m - 0,5 \quad (1.24)$$

kde: t_{rm} - průměrná rovnocenná teplota vzduchu za 24 hodin [$^{\circ}\text{C}$]

U - součinitel prostupu tepla stěnou [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]

S - plocha stěny s odečtenými otvory [m^2]

δ - tloušťka stěny [m]

Stěna:

$$m = \frac{1+7,6,0,35}{2500^{0,35}} = 0,238$$

$$t_{r\psi} = 32 \cdot 0,238 - 0,5 = 7,12 \rightarrow \text{posun o 7 hodin}$$

Střecha:

$$m = \frac{1+7,6,0,4}{2500^{0,4}} = 0,177$$

$$t_{r\psi} = 32 \cdot 0,177 - 0,5 = 5,16 \rightarrow \text{posun o 5 hodin}$$

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

$$Q_{s,z} = 0,25 \cdot 70,725 \cdot [(28,5 - 26) + 0,238 \cdot (28,5 - 29,7)] = 39,15 \text{ W}$$

$$Q_{s,h} = 0,2 \cdot 64,15 \cdot [(35,3 - 26) + 0,177 \cdot (59,3 - 35,3)] = 173,8 \text{ W}$$

$$Q_s = \Sigma Q_{s,n} = 39,15 + 173,8 = \mathbf{212,95 \text{ W}}$$

b.) Vnitřní stěny

- vzhledem k výpočtu pro vnitřní teplotu 26°C ve všech místnostech objektu, jsou zátěže od vnitřních stěn nulové

$$Q_{si} = \mathbf{0 \text{ W}}$$

Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Produkce tepla lidí

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i)$$

$$Q_l = 30 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) = \mathbf{1860 \text{ W}}$$

Produkce tepla svítidel

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [W]$$

$$Q_{sv} = 40,15 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 1 = \mathbf{602,25 \text{ W}}$$

B.2.1.3 Vodní zisky

Produkce vodní páry od lidí

$$m_{wl} = n_l \cdot g_w \quad [g/h]$$

$$m_{wl} = 30 \cdot 116 = \mathbf{3480 \text{ g/h}}$$

B.2.1.4 Tepelné ztráty

- výpočet tepelných ztrát pomocí obálkové metody

Konstrukce	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla
	A	U	b	H_T
	[m ²]	[W/m ² .K]	[-]	
Stěna	56,25	0,25	1	14,1
Střecha	64,15	0,2	1	12,8
Podlaha	64,15	0,3	0,43	8,3
Okna	8,96	1,2		10,75
Σ	193,51			45,95
Vliv tepelných mostů (2% ze ΣAi) 0,02 x 193,51 = 3,9				
Celkem				49,85

Celková ztráta prostupem tepla

$$Q_z = H_T \cdot (t_i - t_e) = 49,85 \cdot (20 - (-15)) = 1744,75 \text{ W}$$

Tabulka výsledků pro foyer a bar (1.03 a 1.04)

Prostup tepla okny sluneční radiací	Q _{or}	408,1
Prostup tepla okny konvekce	Q _{ok}	40,9
Tepelné zisky vnějších stěn	Q _s	212,95
Tepelné zisky vnitřních stěn	Q _{si}	0
Produkce tepla od lidí	Q _l	1860
Produkce tepla od svítidel	Q _{sv}	602,25
Tepelná zátěž	Q _L	3124,2 W
Tepelné ztráty	Q _z	1744,75 W
Vodní zisky	M _w	3480 g/h

B.2.2 Kinosál

B.2.2.1 Vstupní data

- plocha oken: 0 m²

- součinitel prostupu tepla U : Obvodová stěna U = 0,25 W/m².K

Střecha U = 0,20 W/m².K

- rozměr místnosti – 13,9 x 11,95 m

B.2.2.2 Tepelná zátěž

Tepelná zátěž z vnějšího prostředí

Prostup tepla okny sluneční radiací

- zátěž je nulová vzhledem k absenci okenních otvorů

$$Q_{or} = 0 \text{ W}$$

Prostup tepla okny konvekcí

- zátěž je nulová vzhledem k absenci okenních otvorů

$$Q_{ok} = 0 \text{ W}$$

Tepelné zisky stěn

a.) Vnější stěny

- uvažujeme se středně těžkou stěnou s U = 0,25 W/m².K, tloušťka stěny = 350 mm a s plochou střechou s U = 0,2 W/m².K, tloušťka střechy = 400 mm

Stěna:

$$m = \frac{1+7,6 \cdot 0,35}{2500^{0,35}} = 0,238$$

$$t_{r\psi} = 32 \cdot 0,238 - 0,5 = 7,12 \rightarrow \text{posun o 7 hodin}$$

Střecha:

$$m = \frac{1+7,6 \cdot 0,4}{2500^{0,4}} = 0,177$$

$$t_{r\psi} = 32 \cdot 0,177 - 0,5 = 5,16 \rightarrow \text{posun o 5 hodin}$$

$$Q_{s,z} = 0,25 \cdot 34,68 \cdot [(28,5 - 26) + 0,238 \cdot (28,5 - 29,7)] = 19,2 \text{ W}$$

$$Q_{s,h} = 0,2 \cdot 174 \cdot [(35,3 - 26) + 0,177 \cdot (59,3 - 35,3)] = 471,47 \text{ W}$$

$$Q_S = \Sigma Q_{S,n} = 19,2 + 471,47 = \mathbf{490,7 \text{ W}}$$

b.) Vnitřní stěny

$$Q_{S,i} = U_s \cdot S \cdot (t_{i0} - t_i) [\text{W}]$$

t_{i0} – teplota na druhé straně stěny [$^{\circ}\text{C}$]

- vzhledem k výpočtu pro vnitřní teplotu 26°C ve všech místnostech objektu, jsou zátěže od vnitřních stěn nulové

$$Q_{Si} = \mathbf{0 \text{ W}}$$

Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Produkce tepla lidí

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i)$$

n_l – počet lidí

$$Q_l = 75 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) = \mathbf{4650 \text{ W}}$$

Produkce tepla svítidel

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s \cdot c_1 \cdot c_2 [\text{W}]$$

S_s – podlahová plocha zmenšená o přirozeně osvětlenou plochu oken [m^2]

P_s – výkon osvětlení [W/m^2]

c_1 – součinitel současnosti používání svítidel [-]

c_2 – zbytkový součinitel 1, při odsávání vzduchu z okolí světel 0,7

$$Q_{sv} = 166 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 1 = \mathbf{2490 \text{ W}}$$

B.2.2.3 Vodní zisky

Produkce vodní páry od lidí

$$m_{wl} = n_l \cdot g_w [\text{g/h}]$$

n_l – počet lidí

g_w – produkce vodní páry závislá na činnosti člověka

$$m_{wl} = 75 \cdot 79 = \mathbf{5925 \text{ g/h}}$$

B.2.2.4 Tepelné ztráty

- výpočet tepelných ztrát pomocí obálkové metody

Konstrukce	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla
	A	U	b	H_T
	[m ²]	[W/m ² .K]	[-]	
Stěna	34,68	0,25	1	8,7
Střecha	174	0,2	1	34,8
Podlaha	174	0,3	0,43	22,45
Σ	382,68			65,95
Vliv tepelných mostů (2% ze ΣAi) 0,02 x 382,68 = 7,65				
Celkem				73,6

$$b = \frac{(\theta_i - \theta_{u,z})}{(\theta_i - \theta_e)}$$

Celková ztráta prostupem tepla

$$Q_z = H_T \cdot (t_i - t_e) = 73,6 \cdot (20 - (-15)) = \mathbf{2576 \text{ W}}$$

Tabulka výsledků pro kinosál (1.32)

Prostup tepla okny sluneční radiací	Q _{or}	0
Prostup tepla okny konvekcí	Q _{ok}	0
Tepelné zisky vnějších stěn	Q _s	490,7
Tepelné zisky vnitřních stěn	Q _{si}	0
Produkce tepla od lidí	Q _l	4650
Produkce tepla od svítidel	Q _{sv}	2490
Tepelná zátěž	Q _L	7630,7 W
Tepelné ztráty	Q _z	2576 W
Vodní zisky	M _w	5925 g/h

B.3 Teplovzdušné vytápění Foyer a baru

B.3.1 Návrhové hodnoty:

Tepelná ztráta $Q_z = 1744,75 \text{ W}$

Vodní zisky $M_w = 3480 \text{ g/h}$

Požadovaná vnitřní teplota v zimě $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Počet osob v místnosti 30

Maximální rozdíl teplot v zimě $\Delta t_{kz} = 10 \text{ K}$

B.3.2 Stanovení průtoku vzduchu

Zima:

$$V_{pz} = \frac{Q_z}{c \cdot \rho \cdot \Delta t_{kz}} = \frac{1744,75}{1010 \cdot 1,2 \cdot 10} = 0,144 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (518,4 m}^3/\text{h)}$$

Průtok čerstvého vzduchu:

$$V_e = \lambda_{\min} \cdot n = 25 \cdot 30 = 750 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow V_{pz} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (750 m}^3/\text{h)}$$

Přepočet rozdílu teplot na průtok čerstvého vzduchu:

$$\Delta t_{kz} = \frac{Q_z}{c \cdot \rho \cdot V_p} = \frac{1744,75}{1010 \cdot 1,2 \cdot 0,21} = 6,86 \text{ K}$$

Výpočet výměny vzduchu v místnosti

$$O = 12,1 \times 5,3 \times 2,9 = 186 \text{ m}^3$$

$$V = 750 \text{ m}^3/\text{h}$$

$n = V/O = 750/186 = 4 \text{ x za hodinu} \rightarrow$ jedná se o nekuřácký prostor, tudíž výměna vzduchu 4x za
hodinu je vyhovující

B.3.3 Distribuční prvky

B.3.3.1 Přívodní distribuční prvek

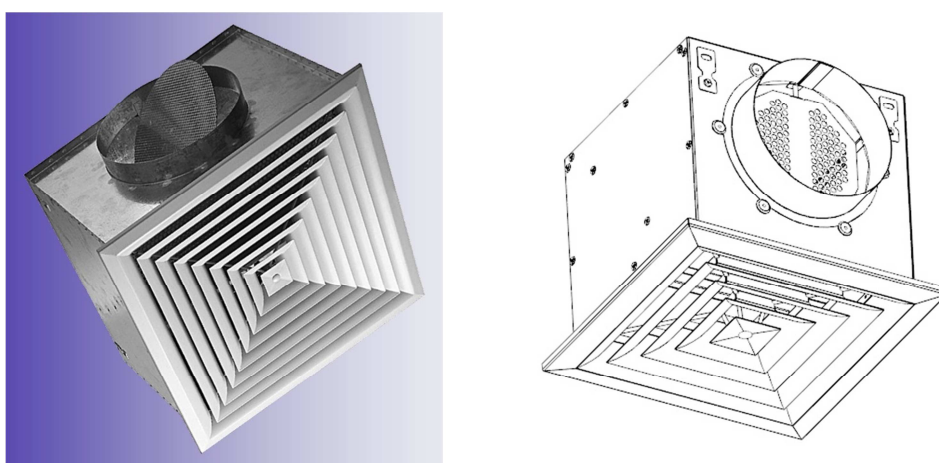
Anemostat lamelový čtvercový MANDÍK ALCM 250

Anemostat je navržen do prostoru foyer nad stoly a barové židle. Zde má přivádět čerstvý vzduch a zajišťovat tak pohodlí vnitřního mikroklimatu.

$$V_{pz} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s} = 750 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \text{návrh anemostatu rozměru 250}$$

$$(V_{\min} = 70 \text{ m}^3/\text{h}, V_{\max} = 250 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$- 6 \text{ kusů} \rightarrow \text{průtok na jeden kus } 750/6 = 125 \text{ m}^3/\text{s}$$



B.3.1 Anemostat MANDÍK ALCM

Jmenovitý rozměr	250	300	400	500	600	625
$\dot{V}_{\max}$ [m ³ /h]	250	350	650	900	1400	1500
$\dot{V}_{\min}$ [m ³ /h]	70	100	180	300	470	490
$L_{WA\max}$ [dB(A)]	46	46	47	45	43	40
$L_{WA\min}$ [dB(A)]	<15	<15	<15	<15	<15	<15

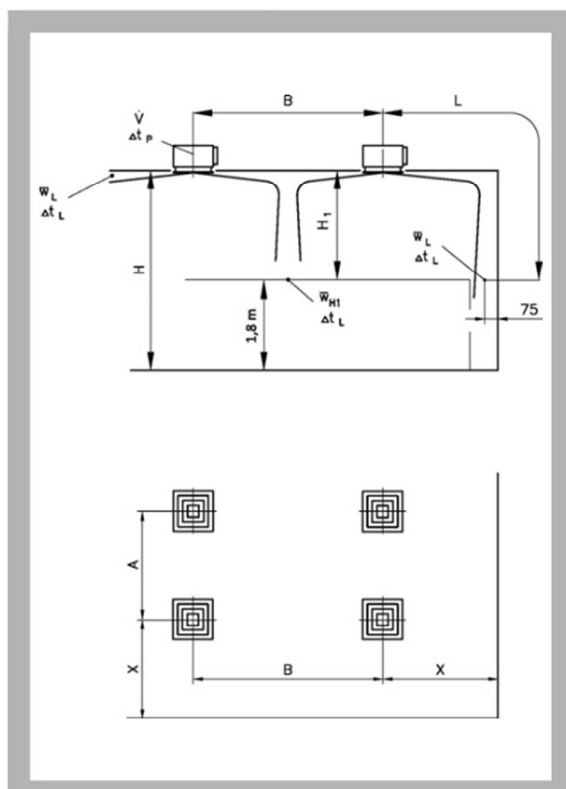
B.3.2 Tabulka rozměrů anemostatu MANDÍK ALCM

Vstupní hodnoty:

$$A = 2,5 \text{ m}, X = 1,3 \text{ m}, L = 3,5 \text{ m}, H_1 = 1,1 \text{ m}$$

$$V = 125 \text{ m}^3/\text{s}, \Delta t_p = -7 \text{ K}$$

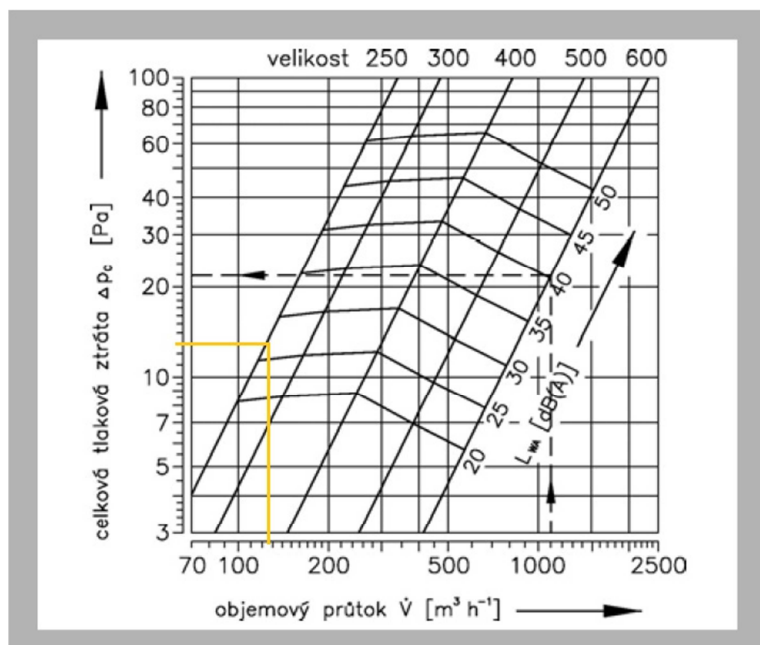
úhel klapky 0°



$\dot{V}$	[m ³ .h ⁻¹]	objemový průtok vzduchu pro jeden anemostat
A, B	[m]	vzdálenost mezi dvěma anemostaty
L	[m]	vodorovná a svislá vzdálenost (X + H ₁)
X	[m]	vzdálenost středu anemostatu od stěny
H	[m]	výška od stropu
H ₁	[m]	vzdálenost mezi stropem a zónou pobytu
$\bar{w}_L$	[m.s ⁻¹]	střední rychlost proudění na stěně
$\bar{w}_{H1}$	[m.s ⁻¹]	střední rychlost proudění mezi dvěma anemostaty ve vzdálenosti H ₁
w_{ef}	[m.s ⁻¹]	výstupní efektivní rychlost vzduchu
Δt_p	[K]	rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu a teplotou vzduchu v místnosti
Δt_L	[K]	rozdíl mezi teplotou proudění ve vzdálenosti L = A/2 + H ₁ popř. L = B/2 + H ₁ popř. L = X + H ₁ a teplotou vzduchu v místnosti
Δp_c	[Pa]	celková tlaková ztráta při $\rho = 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$
L_{WA}	[dB(A)]	hladina akustického výkonu
S_{ef}	[m ²]	efektivní plocha anemostatu

B.3.3 Výpočtové schéma

Akustické výkony a tlakové ztráty



B.3.4 Graf akustických výkonů a tlakových ztrát

$$L_{WA} = 27 \text{ dB(A)},$$

$$\Delta p_c = 13 \text{ Pa}$$

Teplotní koeficient

Mezi anemostaty

$$L = A/2 + H_1 = 2,5/2 + 1,1 = 2,35 \text{ m}$$

$$\Delta t_L / \Delta t_p = 0,06$$

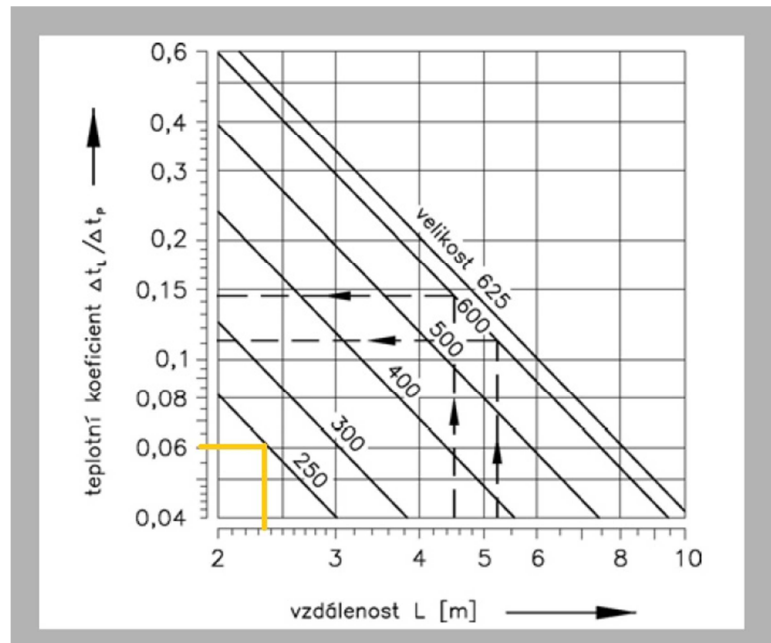
$$\Delta t_L = -7 \cdot 0,06 = -0,4 \text{ K}$$

Na stěně

$$L = X + H_1 = 1,3 + 1,1 = 2,4 \text{ m}$$

$$\Delta t_L / \Delta t_p = 0,06$$

$$\Delta t_L = -7 \cdot 0,06 = -0,4 \text{ K}$$

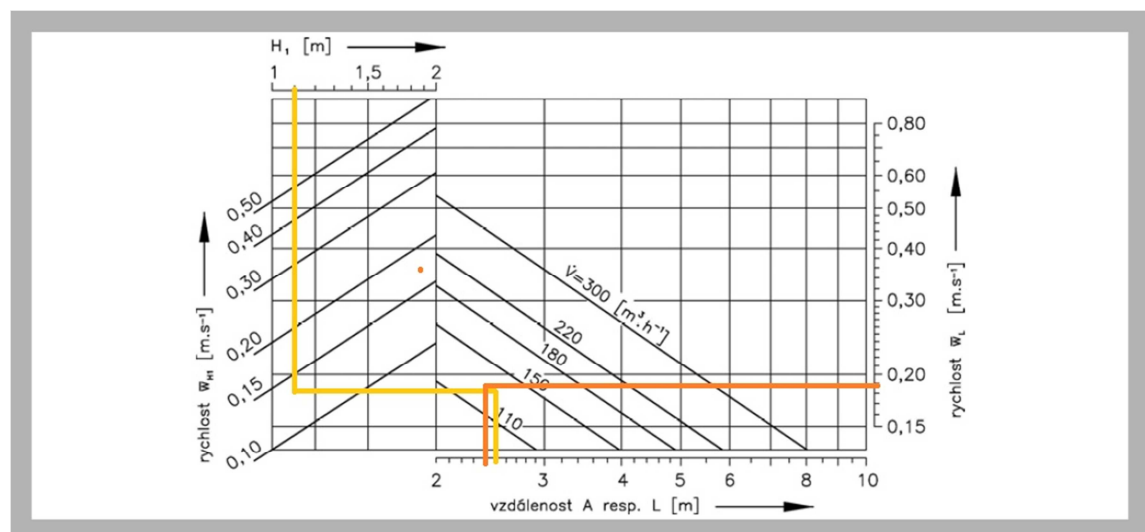


B.3.5 Graf teplotního koeficientu

Rychlost proudění

$$w_L < 0,19 \text{ m/s} \quad \text{ke stěně}$$

$$w_{H1} < 0,13 \text{ m/s} \quad \text{mezi anemostaty}$$



B.3.6 Graf rychlosti proudění

Protidešťová žaluzie MANDÍK PDZM

Protidešťová žaluzie chrání nasávací a výfukové otvory vzduchotechnických zařízení před nečistotami, deštěm, sněhem nebo proti vniknutí drobných živočichů. Také slouží jako estetické zakrytí otvoru.

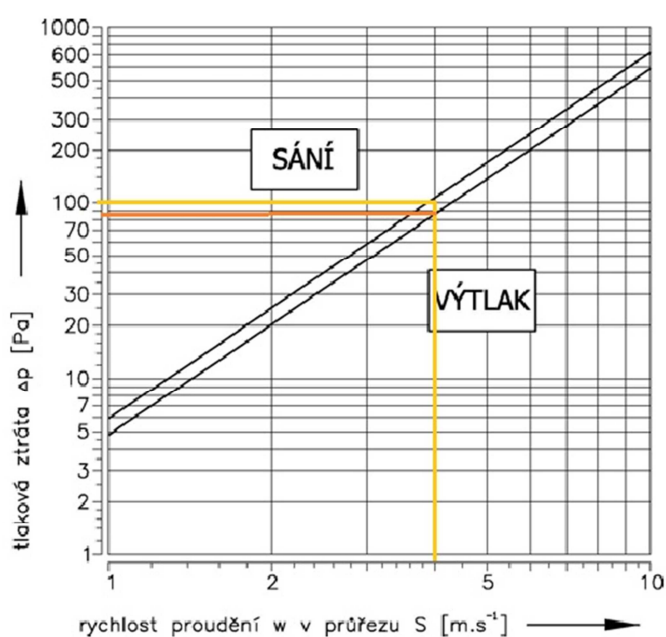


B.3.7 Protidešťová žaluzie MANDÍK PDZM

Zvolena byla tato žaluzie:

AxB	Počet lamel	Efektivní plocha S_{ef}	Hmotnost	Hmotnost s upevňovacím rámem
355x355	5	0,0638	3,0	4,3

Žaluzie těchto rozměrů byla zvolena jak pro přívod tak odvod vzduchu.



B.3.8 Diagram tlakových ztrát protidešťové žaluzie

B.3.3.2 Odvodní distribuční prvek

Anemostat lamelový čtvercový MANDÍK ALCM 250

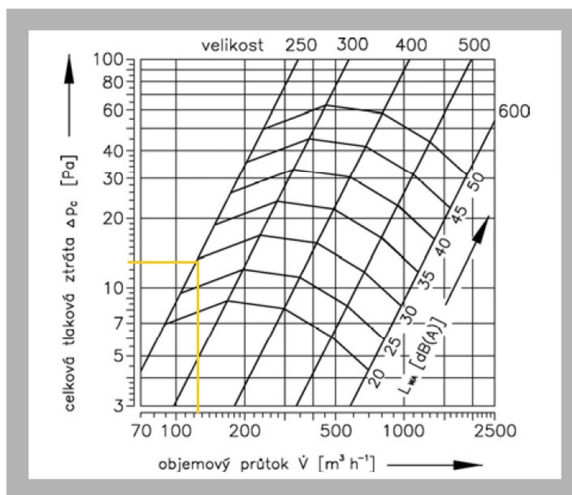
Anemostat byl navržen do prostoru baru nad pracovní prostor obsluhy.

- návrh anemostatu rozměru 250 ($V_{\min} = 70 \text{ m}^3/\text{h}$, $V_{\max} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$)

-> 1ks o průtoku $125 \text{ m}^3/\text{h}$

$L_{WA} = 29 \text{ dB(A)}$

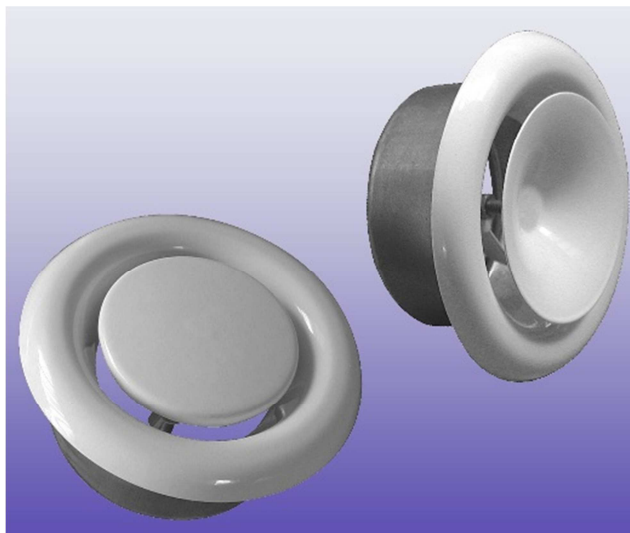
$\Delta p_c = 13 \text{ Pa}$



B.3.9 Graf tlakových ztrát anemostatu MANDÍK ALCM

Talířové ventily MANDÍK TVOM

Talířové ventily byly navrženy do prostor hygienického zázemí. Navrženy byly dvě velikosti, které jsou specifikovány v tabulce.



B.3.10 Talířový ventil MANDÍK TVOM

Jmenovitý rozměr	Počet [ks]	$V_{\max} [\text{m}^3/\text{h}]$	Hmotnost [Kg]
80	10	60	0,125
100	2	90	0,170

Návrh talířových ventilů do jednotlivých místností

WC – Invalidé (místnost 1.13)

- umyvadlo + záchod → $30 \text{ m}^3/\text{h.k.s} + 50 \text{ m}^3/\text{h.k.s} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$

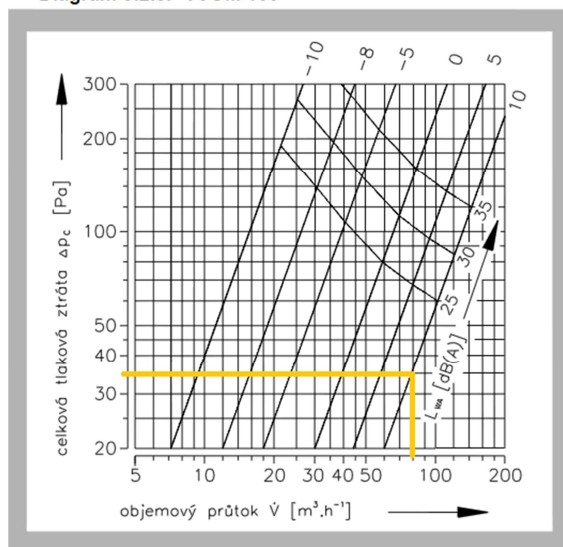
- zvolený komponent – MANDIK talířový ventil pro odvod TVOM Ø100 ($V_{\max} = 90 \text{ m}^3/\text{h}$)

– nastavená poloha $s = 10$

– celková tlaková ztráta $\Delta P_c = 35 \text{ Pa}$

– hladina akustického výkonu $L_{wa} = > 25 \text{ dB (A)}$

Diagram 5.2.8. TVOM 100



B.3.11 Diagram talířového ventilu TVOM 100

WC – Muži (místnost č. 1.12)

- 2x pisoár + 2x záchod → $2 \times 25 \text{ m}^3/\text{h.k.s} + 2 \times 50 \text{ m}^3/\text{h.k.s} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$

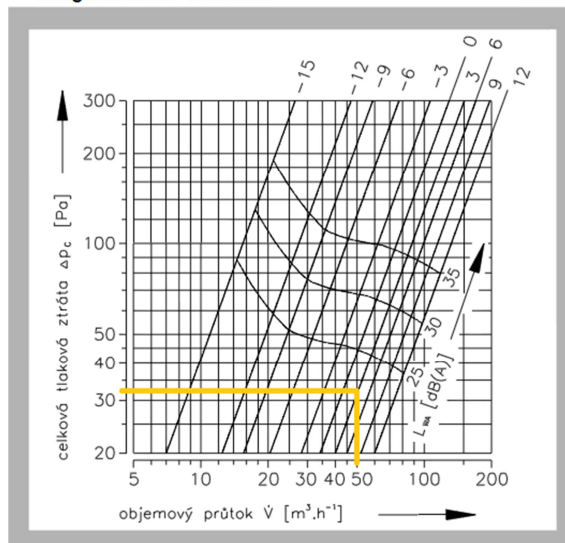
- zvolený komponent – MANDIK talířový ventil pro odvod 3x TVOM Ø 80 ($V_{\max} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$)

– nastavená poloha $s = 3$

– celková tlaková ztráta $\Delta P_c = 32 \text{ Pa}$

– hladina akustického výkonu $L_{wa} = > 25 \text{ dB (A)}$

Diagram 5.2.7. TVOM 80



B.3.12 Diagram talířového ventilu TVOM 80

Umývárna (místnost č. 1.11)

- 2x umyvadlo → 2 x 30 m³/h.ks = **60 m³/h**

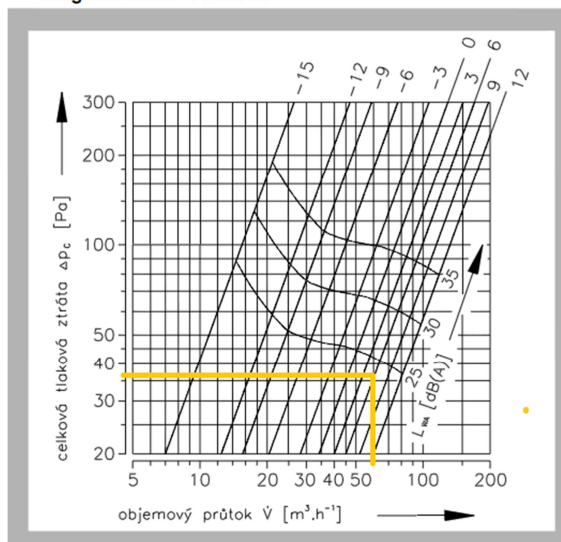
- zvolený komponent – MANDIK talířový ventil pro odvod TVOM Ø 80 (Vmax = 60 m³/h)

– nastavená poloha s = 6

– celková tlaková ztráta $\Delta P_c = 36 \text{ Pa}$

– hladina akustického výkonu $L_{wa} = > 25 \text{ dB (A)}$

Diagram 5.2.7. TVOM 80



B.3.13 Diagram talířového ventilu TVOM 80

WC – Ženy (místnost č. 1.10)

- 3x záchod → $3 \times 50 \text{ m}^3/\text{h.k.s} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$

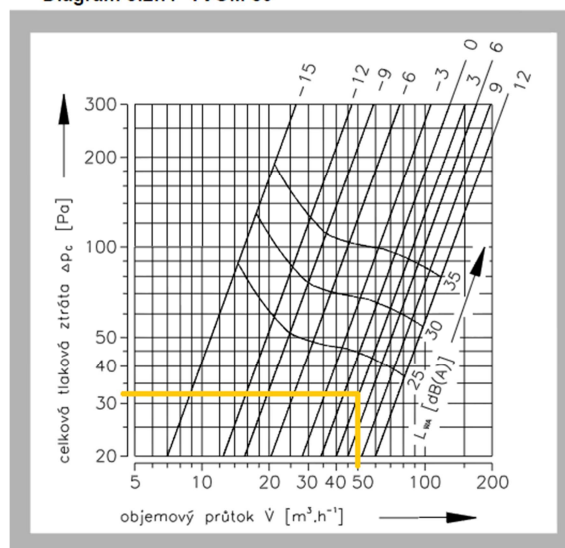
- zvolený komponent – MANDIK talířový ventil pro odvod 3x TVOM Ø 80 ($V_{\max} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$)

– nastavená poloha $s = 3$

– celková tlaková ztráta $\Delta P_c = 32 \text{ Pa}$

– hladina akustického výkonu $L_{wa} = > 25 \text{ dB (A)}$

Diagram 5.2.7. TVOM 80



B.3.14 Diagram talířového ventilu TVOM 80

Umývárna (místnost č. 1.09)

- 2x umyvadlo → $2 \times 30 \text{ m}^3/\text{h.k.s} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$

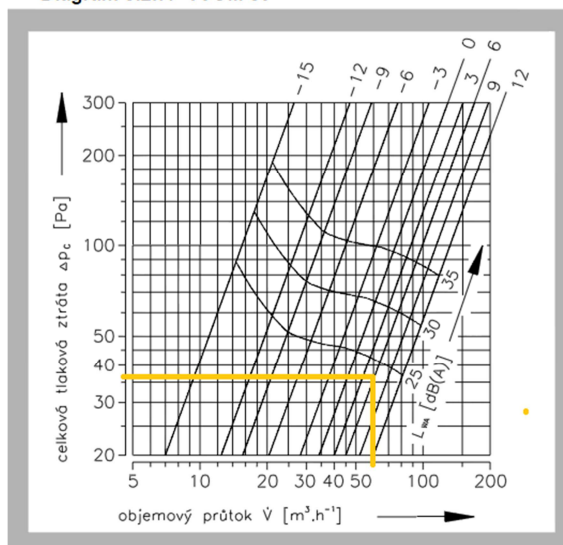
- zvolený komponent – MANDIK talířový ventil pro odvod TVOM Ø 80 ($V_{\max} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$)

– nastavená poloha $s = 6$

– celková tlaková ztráta $\Delta P_c = 36 \text{ Pa}$

– hladina akustického výkonu $L_{wa} = > 25 \text{ dB (A)}$

Diagram 5.2.7. TVOM 80



Úklidová místnost (místnost č. 1.08)

- 1x umyvadlo → 1 x 30 m³/h.ks = **30 m³/h**

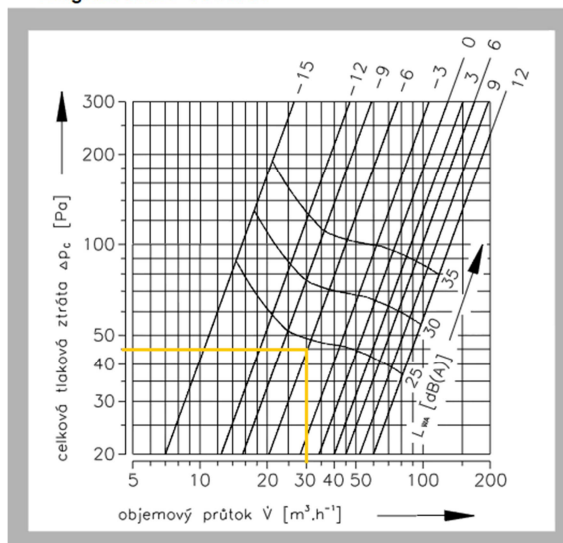
- zvolený komponent – MANDIK talířový ventil pro odvod TVOM Ø 80 ($V_{\max} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$)

– nastavená poloha $s = -6$

– celková tlaková ztráta $\Delta P_c = 45 \text{ Pa}$

– hladina akustického výkonu $L_{wa} = > 25 \text{ dB (A)}$

Diagram 5.2.7. TVOM 80



B.3.15 Diagram talířového ventilu TVOM 80

WC – Personál (místnost č. 1.07)

- 1x pisoár + 1x záchod → $1 \times 25 \text{ m}^3/\text{h.k.s} + 1 \times 50 \text{ m}^3/\text{h.k.s} = 75 \text{ m}^3/\text{h}$

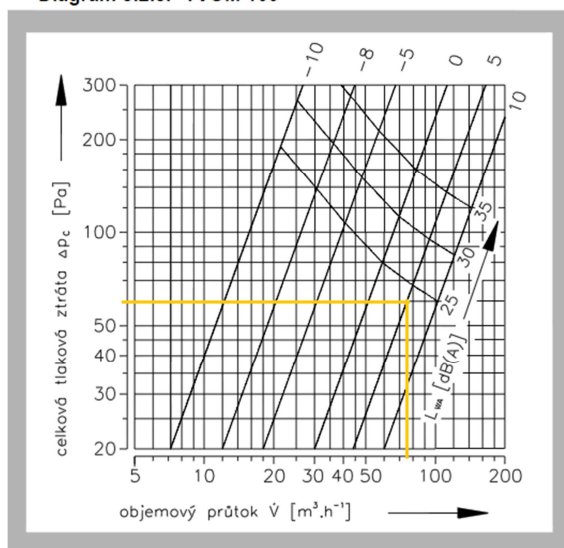
- zvolený komponent – MANDIK talířový ventil pro odvod TVOM Ø100 ($V_{\text{max}} = 90 \text{ m}^3/\text{h}$)

– nastavená poloha $s = 5$

– celková tlaková ztráta $\Delta P_c = 60 \text{ Pa}$

– hladina akustického výkonu $L_{\text{wa}} = > 25 \text{ dB (A)}$

Diagram 5.2.8. TVOM 100



B.3.16 Diagram talířového ventilu TVOM 100

Umývárna (místnost č. 1.06)

- 1x umyvadlo → $1 \times 30 \text{ m}^3/\text{h.k.s} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$

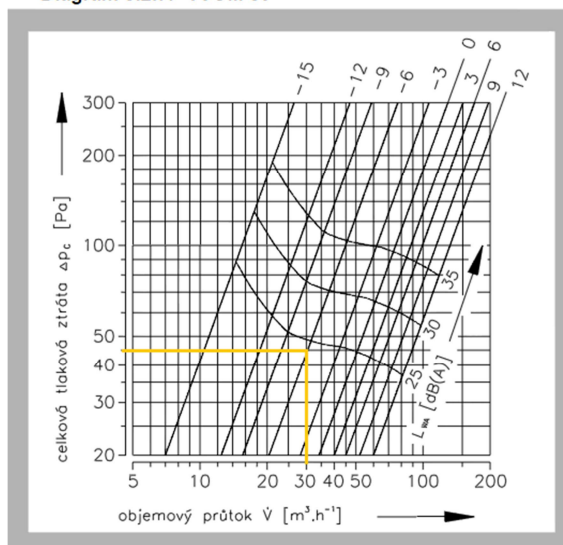
- zvolený komponent – MANDIK talířový ventil pro odvod TVOM Ø 80 ($V_{\text{max}} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$)

– nastavená poloha $s = - 6$

– celková tlaková ztráta $\Delta P_c = 45 \text{ Pa}$

– hladina akustického výkonu $L_{\text{wa}} = > 25 \text{ dB (A)}$

Diagram 5.2.7. TVOM 80



B.3.17 Diagram talířového ventilu TVOM 80

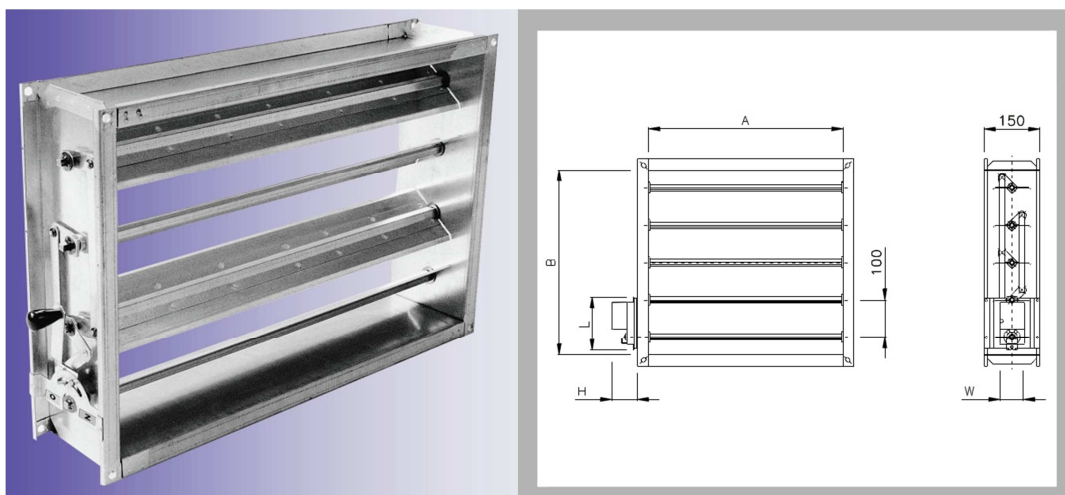
Dveřní mřížky NOVA-D

Navrženy jsou i dveřní mřížky z důvodu cirkulace vzduchu mezi Foyer a hygienickým zázemím. V prostoru Foyer je vzduch přiváděn a z hygienických prostor odváděn, aby bylo umožněno vzduchu v dostatečném množství přecházet do prostoru odvodu vzduchu byly navrženy tyto dveřní mřížky.



B.3.18 Dveřní mřížka NOVA-D

Číslo místnosti	Název	Typ mřížky	Rozměr L x H (mm)	S _{ef} [m²]	V [m³/h]	Δp _c [Pa]	w _{ef} [m³/s]
1.13	WC - Invalidé	Dveřní mřížka NOVA-D-UR2	500 x 100	0,013	80	14	1,71
1.11	Umyvárna	Dveřní mřížka NOVA-D-UR2	500 x 200	0,027	210	18	2,16
1.12	WC - Muži	Dveřní mřížka NOVA-D-UR2	500 x 150	0,019	150	16	2,19



B.3.20 Regulační klapka MANDÍK RKM

Specifikace regulační klapky

AxB	Počet listů	$S_{ef} [m^2]$	Hmotnost klapky [kg]
200x200	2	0,036	2,9

B.3.5 Vzduchotechnické potrubí

Veškeré vzduchotechnické potrubí je vyrobené firmou Mart s.r.o. a je čtverhranného tvaru. Materiálem je pozinkovaný plech. Přívodní potrubí je opatřeno izolací z minerální plsti.



B.3.21 vzduchotechnické potrubí

B.3.5.1 Dimenzace potrubí

Dimenzace přívodního potrubí foyer – hlavní větev

Místnost 1.03 - foyer												
Z výkresu				Hodnoty								
				Předběžné			Skutečné - vypočtené					
Úsek	V	L	v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L
[-]	[m³/h]	[m]	[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]	[Pa]
1	250	3	3,0	0,023	172	160x200	178	2,79	0,67	1,5	7,01	9,02
2	500	3	3,4	0,041	228	280x200	233	3,26	0,67	1,5	9,56	11,57
3	625	3	3,8	0,046	241	315x200	245	3,68	0,67	0,9	7,31	9,32
4	750	5,5	4,0	0,052	258	355x200	256	4,05	0,67	2,1	20,67	24,36
Σ	750	12									44,55	54,27

Dimenze sacího potrubí foyer

Místnost 1.05 - příruční sklad												
Z výkresu			Hodnoty								Tlaková ztráta celkem	
			Předběžné		Skutečné - vypočtené							
Úsek	V	L	v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L
[-]	[m³/h]	[m]	[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]	[Pa]
1	3780	1,0	4,0	0,052	258	355x200	256	4,05	0,67	0	0	0,7
Σ	3780	1,0									0	0,7

Dimenze výtlačného potrubí foyer

Místnost 1.05 - příruční sklad												
Z výkresu			Hodnoty								Tlaková ztráta celkem	
			Předběžné		Skutečné - vypočtené							
Úsek	V	L	v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L
[-]	[m³/h]	[m]	[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]	[Pa]
1	3780	2,0	4,0	0,052	258	355x200	256	4,05	0,67	0	0	1,3
Σ	3780	2,0									0	1,3

Dimenzace odvodního potrubí foyer – hlavní větev

Místnosti 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.10, 1.11, 1.12 a 1.13													
Z výkresu				Hodnoty									
				Předběžné			Skutečné - vypočtené						
				v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Tlaková ztráta celkem	
Úsek	V	L		[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	Z	Z+R*L
[-]	[m³/h]	[m]										[Pa]	[Pa]
1	50	1,8		2,8	0,005	80	100x100	100	1,77	0,67	0,3	0,56	1,77
2	130	0,7		2,9	0,012	126	160x100	160	1,80	0,31	0,9	1,75	1,97
3	180	2,0		3,0	0,017	146	160x160	160	2,49	0,67	0,9	3,35	4,69
4	230	0,3		3,1	0,021	162	160x160	160	3,18	0,67	0,3	1,82	2,02
5	290	2,0		3,2	0,025	179	160x200	178	3,24	1,0	0,9	5,67	7,67
6	340	0,5		3,3	0,029	191	200x200	200	3,01	0,67	0,9	4,89	5,23
7	440	2,7		3,4	0,036	214	250x200	222	3,16	0,45	0,9	5,39	6,61
8	500	0,5		3,5	0,040	225	250x200	222	3,59	0,67	0,3	2,32	2,66
9	530	1,7		3,6	0,041	228	250x200	222	3,80	1,0	0,3	2,60	4,3
10	605	0,25		3,7	0,045	240	315x200	245	3,56	0,67	0,9	6,84	7,01
11	635	1,7		3,8	0,046	243	315x200	245	3,74	0,67	0,3	2,52	3,66
12	750	1,0		4,0	0,052	258	355x200	256	4,05	0,67	2,1	20,67	21,34
Σ	750	15,15										58,38	68,93

Dimenzace odvodního potrubí foyer – vedlejší větev

Místnost 1.10 – WC ženy												
Z výkresu				Hodnoty								
				Předběžné			Skutečné - vypočtené					
Úsek	V	L		v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z
[-]	[m³/h]	[m]		[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	50	1		2,9	0,005	80	100x100	100	1,77	0,67	0,9	1,69
2	100	0,4		3,0	0,01	109	125x100	111	2,92	1,0	0,9	4,6
Σ	100	1,4										6,29
												7,36
												Z+R*L
												[Pa]
												2,36
												5
												7,36

Místnost 1.04 – Bar												
Z výkresu				Hodnoty								
				Předběžné			Skutečné - vypočtené					
Úsek	V	L		v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z
[-]	[m³/h]	[m]		[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]
1	125	7,5		3,8	0,009	108	125x100	111	3,65	2,1	3	23,98
Σ	125	7,5										23,98
												39,73
												Z+R*L
												[Pa]
												39,73
												39,73

B.3.6 Tlakové ztráty

Tlakové ztráty pro výpočet vzduchotechnické jednotky REMAK - Foyer a bar

Výpočet - Přívod							
Z výkresu				Popis předmětu způsobující tlakovou ztrátu	Tlaková ztráta celkem		
Zař.	V	L	Ks		Z	Z+R*L	Ztráta celkem
[-]	[m³/h]	[m]	[-]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	750	12	-	Nejdelsí trasa přívodní větve	44,55	54,27	54,27
2	750	1,0	-	Sací potrubí	0	0,7	0,7
3	-	-	1	Protidešťová žaluzie	viz. diagram	-	100
4	-	-	-	Požární klapka (otevřená)	viz. diagram	-	-
5	-	-	3	Tlumič hluku	30 Pa/ks	-	90
6	-	-	-	Regulační klapka (otevřená)	-	-	-
7	-	-	1	Distribuční prvek (talířový ventil)	viz. diagram	-	13
Σ							258

Tlakové ztráty pro výpočet vzduchotechnické jednotky REMAK – Foyer a bar

Výpočet - Odvod							Tlaková ztráta celkem			
Z výkresu				Popis předmětu způsobující tlakovou ztrátu						
Zař.	V	L	Ks							
[-]	[m³/h]	[m]	[-]				Z	Z+R*L	Ztráta celkem	
							[Pa]	[Pa]	[Pa]	
1	750	15,2	-	Nejdelší trasa odvodní větve			58,38	68,93	68,93	
2	750	2,0	-	Výtlačné potubí			0	1,3	1,3	
3	-	-	1	Protidešťová žaluzie			viz. diagram	-	85	
4	-	-	-	Požární klapka (otevřená)			viz. diagram	-	-	
5	-	-	2	Tlumič hluku			30 Pa/ks	-	60	
6	-	-	-	Regulační klapka (otevřená)			-	-	-	
7	-	-	1	Distribuční prvek (anemostat)			viz. diagram	-	32	
Σ									247,3	

B.3.7 Návrh VZT jednotky REMAK

K návrhu bylo využito programu AeroCad dodávaný výrobcem vzduchotechnických jednotek REMAK.

Klimatické a vstupní podmínky (zima/léto)

Teplota vzduchu (venkovní) [°C]	-12 / -	Teplota z místnosti [°C]	20 / -
Relativní vlhkost (venkovní) [%]	95 / -	Relativní vlhkost z místnosti [%]	45 / -
Tlak vzduchu [kPa]	99 / -		

Vzduchové parametry zařízení (přívod/odvod)

Skutečný průtok vzduchu [m³/h]	750 / 750	Tlaková ztráta komponentů v sestavě [Pa]	185 / 171
Rychlost v průřezu [m/s]	1.67 / 1.67	Výstupní teplota z přívodu (zima/léto) [°C]	27 / -
Skutečná externí tlaková ztráta (rezerva) [Pa]	123 / 137	Výstupní relativní vlhkost z přívodu (zima/léto) [%]	6 / -
Rozdíl (k zaregulování) [Pa]	-135 / -110		

Výkonové parametry zařízení (přívod/odvod)*

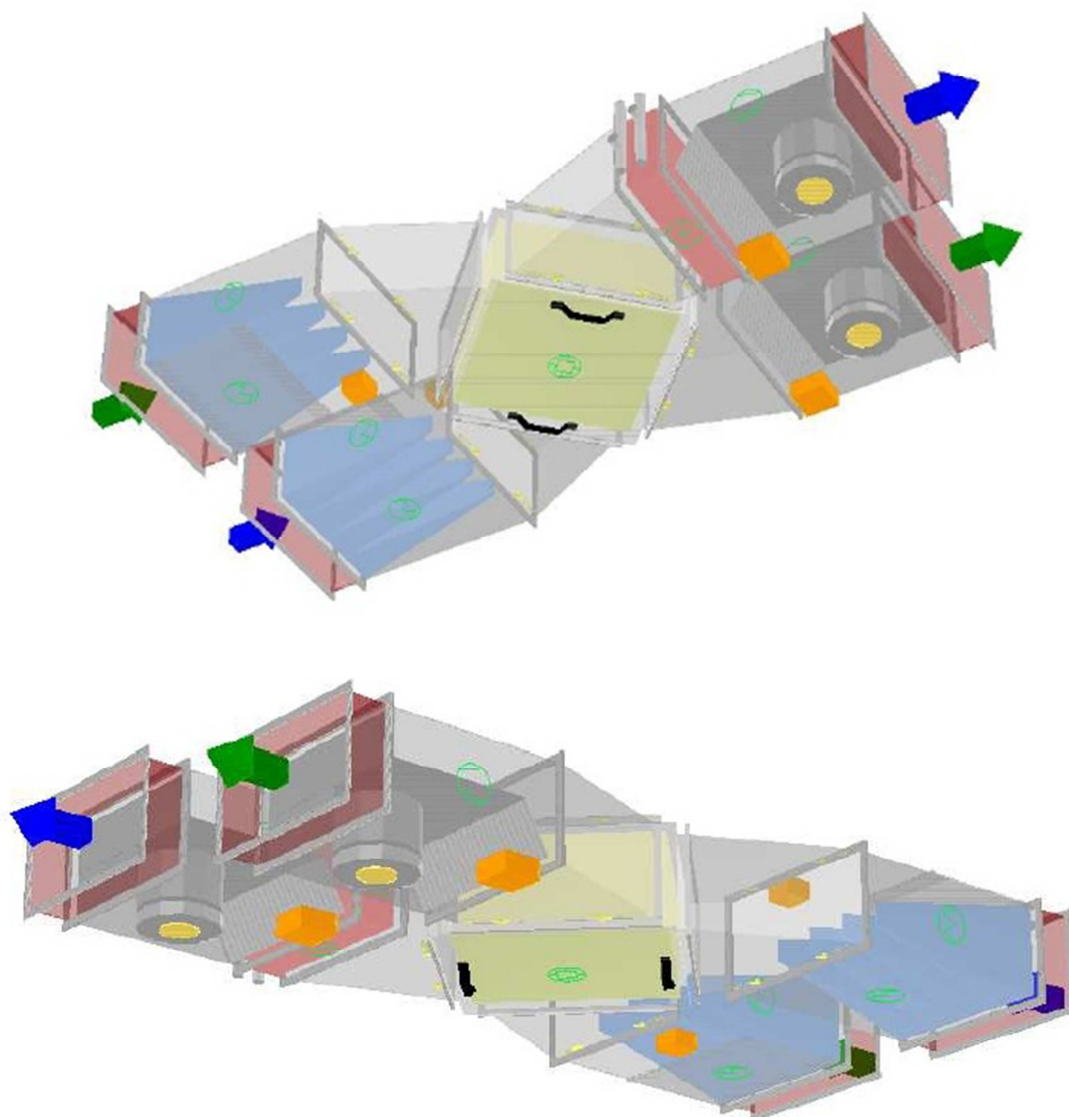
Dimenzováno na výkonový stupeň ventilátorů	5 / 5	Součtové výkony pro ohřev [kW]	6 / 0
Součtové výkony ventilátorů [kW]	0.21 / 0.21	Součtové výkony pro chlazení [kW]	0 / 0
Specifický výkon zařízení $SFP_{E_{NW,m}^{3,s}}$	1970	Výkon zpětného získání tepla [kW]	5

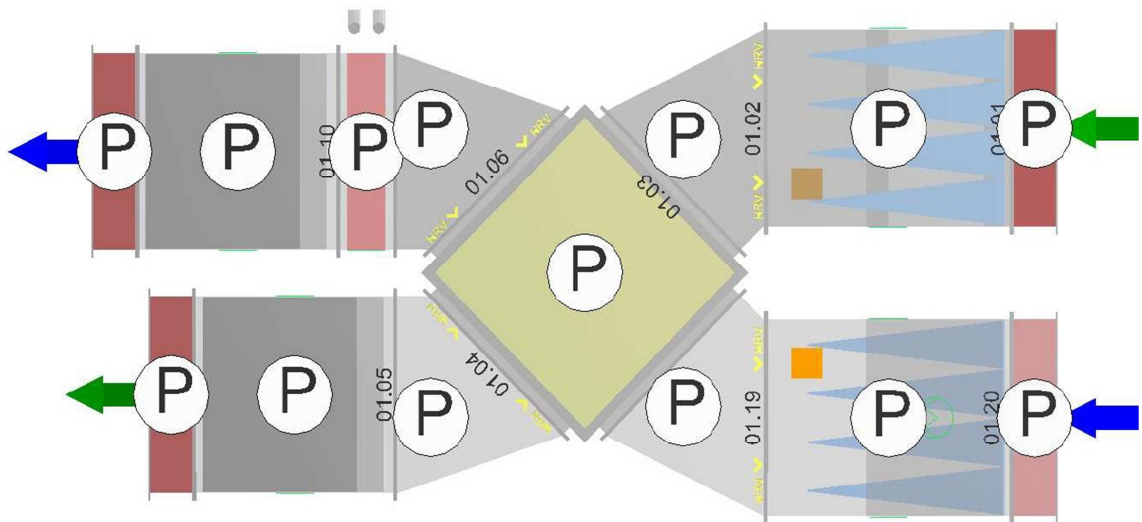
*Návrh s vlivem kondenzace

Hlukové parametry zařízení

Přívod	Hladiny akustického výkonu v oktaóvových pásmech $L_{w,okt}$ [dB(A)] a celková hladina L_{wA} [dB(A)]							
Oktákové pásmo	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L_{wA}
Vstup	59.0	59.0	52.8	48.8	48.1	40.5	30.8	62.9
Výstup	63.4	69.3	69.5	71.1	68.8	66.8	59.0	76.6
Okolí	53.2	57.4	57.0	55.4	54.5	50.5	42.8	63.0

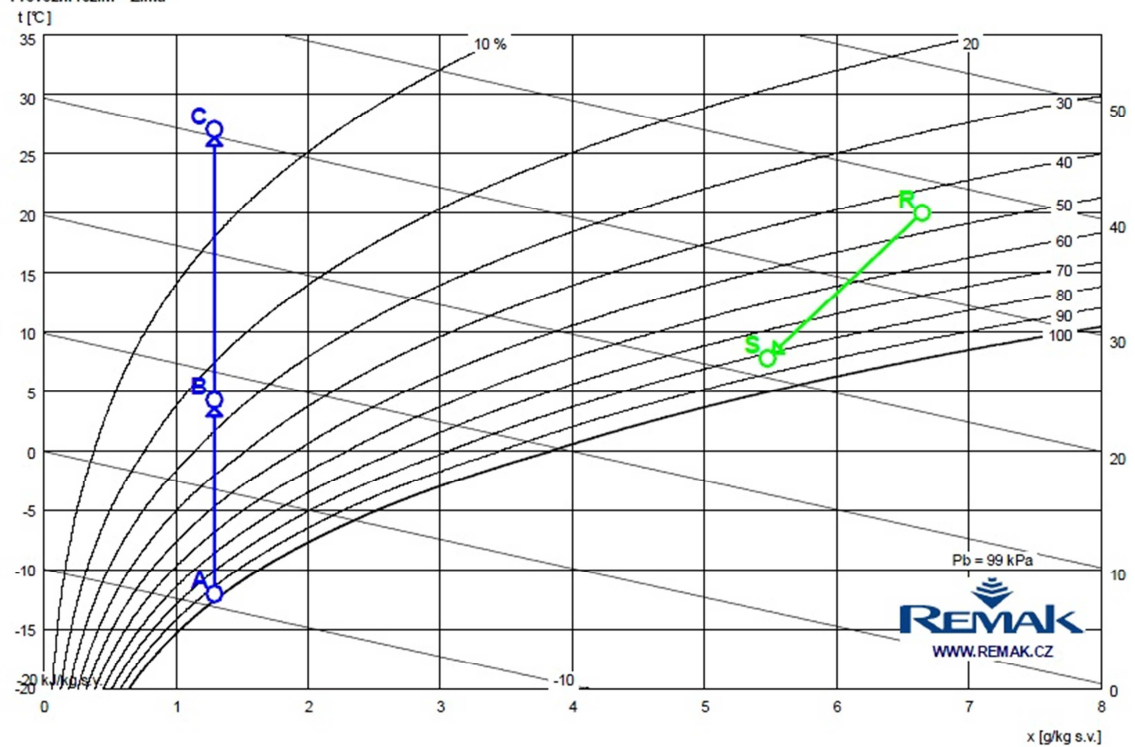
Odvod	Hladiny akustického výkonu v oktaóvových pásmech $L_{w,okt}$ [dB(A)] a celková hladina L_{wA} [dB(A)]							
Oktákové pásmo	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L_{wA}
Vstup	60.0	60.0	53.8	49.8	50.1	43.5	33.8	63.9
Výstup	63.4	69.3	69.5	71.1	68.8	66.8	59.0	76.6
Okolí	53.2	57.4	57.0	55.4	54.5	50.5	42.8	63.0





Psychrometrický diagram

Provozní režim – Zima



Bod	Pozice	Teplota vzduchu t [°C]	Relativní vlhkost φ [%]	Měrná vlhkost x [g/kg]	Entalpie h [kJ/kg]	Hustota ρ [kg/m³]
A	01.03	-12.0	95.0	1.3	-8.9	1.33
B		4.3	24.8	1.3	7.5	1.25
C	01.17	27.0	5.8	1.3	30.5	1.15
R	01.03	20.0	45.0	6.7	37.1	1.18
S		7.8	82.0	5.5	21.6	1.23

B.3.8 Tlumení hluku

Proti šíření hluku je nutné nahrnout takové zařízení, které tento hluk eliminuje alespoň a to na maximální přípustnou mez. V našem případě byly navrženy kulisové tlumiče hluky společnosti Mart s.r.o. v jejich návrhovém programu. Dva tlumiče byly navrženy na přívodu vzduchu do foyer, po jednom tlumiči je osazeno potrubí na sání u přívodu i odvodu a na výtlačku.

Maximální přípustnou mez stanovuje nařízení vlády ze dne 1. září 2011 a ČSN EN 13 779

korekce na denní dobu a využití prostoru vnitřní prostředí staveb	ČSN EN 13 779	den (6-22h)	noc (22-6h)
nemocniční pokoje	30	0 (40)	- 15 (25)
operační sál	40	0 (40)	x
lékařské vyšetřovny, ambulance	30	-5 (35)	x
obytné místnosti	x	0 (40)	-10 (30)
hotelové pokoje	35 / 30	10 (50)	0 (40)
učebny, přednáškové síně, jesle, MŠ	40	5 (45)	x
koncertní síně, kulturní střediska	35	10 (50)	x
čekárny, vestibuly, restaurace	45	15 (55)	x
prodejny	45	20 (60)	x

B.3.22 Limity hluku ve vnitřním prostředí staveb

Ve Foyer bylo tedy uvažováno s maximální hodnotou hluku 55 dB. Osazení dvou tlumičů zajistilo hladinu hluku na hodnotě 44 dB včetně hluku způsobeného koncovým elementem, který je 27dB. V prostorech hygienického zařízení je maximální akustická hladina hluku stanovena z hlediska nízkých akustických nároků na 55 dB. V našem případě osazením jednoho tlumiče jsme dosáhli hodnoty 54 dB.

Chráněný vnitřní prostor staveb chráněný venkovní prostor staveb chráněný venkovní prostor		$L_{A,eq}$ [dB]
§ 10	základní hladina (maximální, ekvivalentní) vnitřní prostor	40
odst. 2	korekce na tónové složky (rozdíl 5 dB ve dvou sousedních 1/3 oktávových pásmech)	- 5
§ 11	základní hladina (maximální, ekvivalentní) venkovní prostor (den - 8h, noc-1 hodina)	50

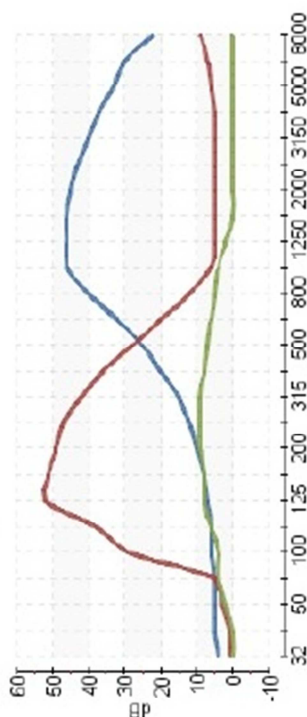
B.3.23 Limity hluku ve venkovním prostředí

U výstupu znehodnoceného vzduchu ze vzduchotechnické jednotky jsme osazením tlumiče dosáhli hodnoty 48 dB, což je hodnota splňující mezní hranici 50 dB. U sání přírodního vzduchu osazením tlumiče nám hodnota klesla na 49 dB, tedy na vyhovující hodnotu.

VÝSLEDNÉ HODNOTY

ÚTLUM HLUKU:

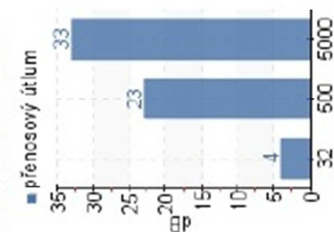
■ přenosový útlum ■ hluk za tlumičem ■ vlastní hluk tlumiče



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
přenosový útlum:	4	5	7	12	25	46	45	37	22	-
vlastní hluk tlumiče:	0	4	8	9	7	4	0	0	15	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s vah. fil. A:	1	5	52	47	28	6	5	9	49	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	16	Pa
plocha tlumiče:	0.07	m²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	2.9	m/s
ve volné ploše:	6.7	m/s

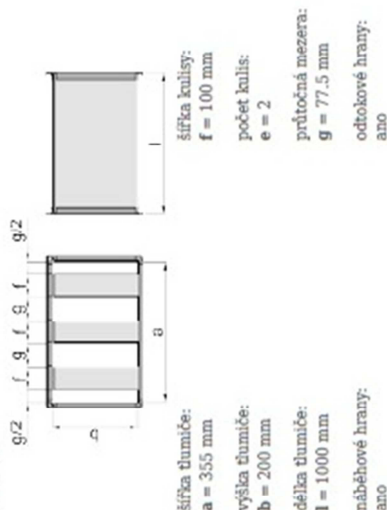
Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:

GEOMETRIE:



PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 750 m³/h

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s vahovým filtrem A:	0	0	59	59	53	49	48	41	31	63

KÓD OBJEDNÁVKY: THKU.355.200.1000-3.2X.KTH.100.200.1000

Technické řešení:
Výrobce: KTH
Místní úřad technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
Výstup 1

GEOMETRIE:

šířka tlumiče:
 $a = 450 \text{ mm}$

výška tlumiče:
 $b = 200 \text{ mm}$

délka tlumiče:
 $l = 1000 \text{ mm}$

šířka kulisy:
 $f = 100 \text{ mm}$

počet kulis:
 $e = 3$

průtočná mezera:
 $g = 50 \text{ mm}$

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 750 \text{ m}^3/\text{h}$

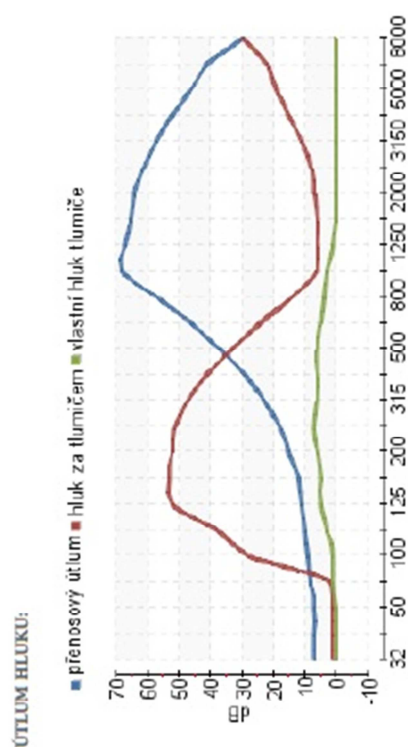
hustota vzduchu:
 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

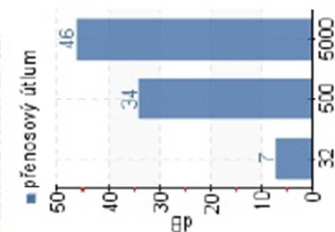
frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A:	0	0	63	69	70	71	69	67	59	77



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence: f	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
přenosový útlum	7	8	11	18	37	68	64	52	29	-
vlastní hluk tlumiče	0	1	5	7	6	3	0	0	13	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:	1	2	52	51	33	6	7	15	30	55

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	24	Pa
plocha tlumiče:	0.09	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	2.3	m/s
ve volné ploše:	6.9	m/s

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

B.3.25 Výstup z návrhového programu Mart - Přívod - Výtlač (tlumič č.1)



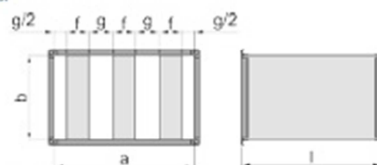
VSTUPNÍ HODNOTY

STRANA 1/2

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
Výstup 2

GOMETRIE:



šířka tlumiče:
 $a = 450 \text{ mm}$

výška tlumiče:
 $b = 200 \text{ mm}$

délka tlumiče:
 $l = 1000 \text{ mm}$

náběhové hrany:
ano

šířka kulisy:
 $f = 100 \text{ mm}$

počet kulis:
 $e = 3$

průtočná mezera:
 $g = 50 \text{ mm}$

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 750 \text{ m}^3/\text{h}$

hustota vzduchu:
 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	0	0	52	51	33	6	7	15	30	55

KONCOVÝ ELEMENT:

hl. akust. výkonu:
 $L_{WA} = 27 \text{ dB(A)}$
umístění:
 $Q = \text{stěna / strop}$

počet:
 $n = 6$
vzdál. k poslu ch.:
 $k = 1.1 \text{ m}$

MÍSTNOST:

plocha povrchu:
 $A = 222 \text{ m}^2$

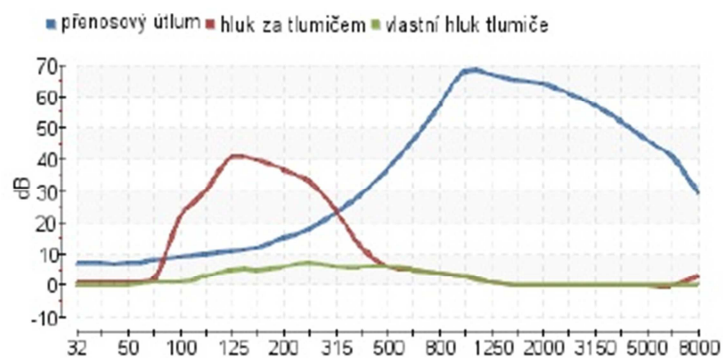
zvuk. pohltivost:
 $\alpha = 0.15 \text{ m}^2$



Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov



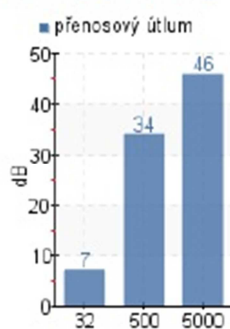
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	7	8	11	18	37	68	64	52	29	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	0	1	5	7	6	3	0	0	0	13	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. fR. A:	1	2	41	33	6	3	0	0	3	42	dB(A)
hladina akustického tlaku v místě posluchače:										44	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	24	Pa
plocha tlumiče:	0.09	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	2.3	m/s
ve volné ploše:	6.9	m/s

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

KÓD OBJEDNÁVKY: [JHKU.450.200.1000-3 3X KTH.100.200.1000](#)



Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

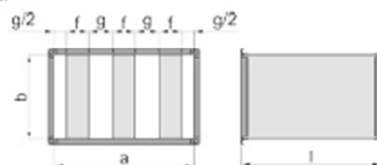
VSTUPNÍ HODNOTY

STRANA 1/2

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
Vstup 1

GOMETRIE:



šířka tlumiče:
 $a = 450 \text{ mm}$

šířka kulisy:
 $f = 100 \text{ mm}$

výška tlumiče:
 $b = 200 \text{ mm}$

počet kulis:
 $e = 3$

délka tlumiče:
 $l = 1000 \text{ mm}$

průtočná mezera:
 $g = 50 \text{ mm}$

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 750 \text{ m}^3/\text{h}$

hustota vzduchu:
 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	0	0	60	60	54	50	50	44	34	64

KONCOVÝ ELEMENT:

hl. akust. výkonu:
 $L_{WA} = 20 \text{ dB(A)}$

počet:
 $n = 1$

umístění:
 $Q = \text{stěna / strop}$

vzdál. k poslu ch.:
 $k = 1.1 \text{ m}$

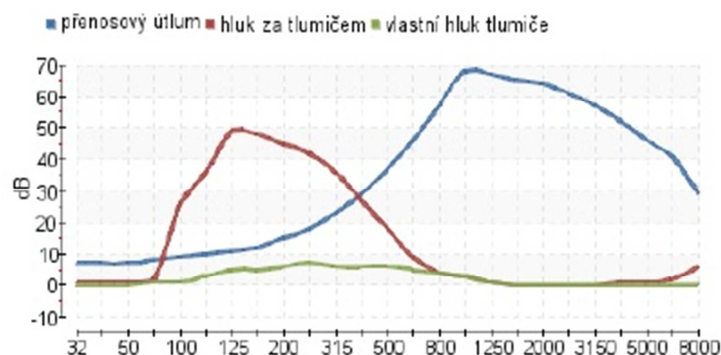
MÍSTNOST:

plocha povrchu:
 $A = 18 \text{ m}^2$

zvuk. pohltivost:
 $\alpha = 0.1 \text{ m}^2$



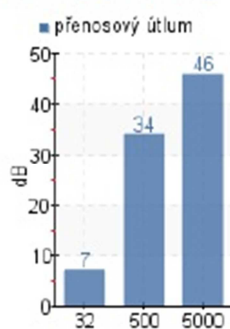
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	7	8	11	18	37	68	64	52	29	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	0	1	5	7	6	3	0	0	0	13	dB(A)
H. akust. výkonu za tlumičem s váh. fR. A:	1	2	49	42	18	3	0	1	6	50	dB(A)
hladina akustického tlaku v místě posluchače:										54	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	24	Pa
plocha tlumiče:	0.09	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	2.3	m/s
ve volné ploše:	6.9	m/s

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

KÓD OBJEDNÁVKY: [JHKU.450.200.1000-3 3X KTH.100.200.1000](#)



Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

B.3.9 Tepelná izolace

Vzhledem k tomu, že přepravovaný vzduch ve vzduchotechnickém potrubí má zpravidla jinou teplotu než je teplota okolního prostředí, je nutné navrhnout tepelnou izolaci, tak aby se zabránilo vzniku možné kondenzace vodních par.

K návrhu tloušťky izolace byl použit výpočetní program TERUNA, který byl vytvořen na VUT v Brně na ústavu TZB. Zvolená izolace je vyrobena firmou ISOVER.

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Foyer: Foyer - přívod (Léto)

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_{ol}[^{\circ}\text{C}] = 29$
 $RH_{ol}[\%] = 50$
 $a[\text{mm}] = 200$
 $b[\text{mm}] = 355$
 $D[\text{mm}] = 0$
 $Délka[\text{mm}] = 12000$
 $t_{výst}[^{\circ}\text{C}] = 29$
 $t_{vst}[^{\circ}\text{C}] = 29$
 $RH[\%] = 37$

☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

$t_{po}[^{\circ}\text{C}] = 29$
 $t_{ro}[^{\circ}\text{C}] = 17.52$
 $t_{pv}[^{\circ}\text{C}] = 29$
 $t_{rv}[^{\circ}\text{C}] = 12.84$
 $tl[\text{mm}] = 40$

Průtok vzduchu $[m^3/h] = 750$
 Tepelná vodivost izolace $[W/mK] = 0.038$
 Potrubí je situováno v prostředí:
☒ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☐ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta $/+zisk/$ úseku potrubí $[W] = 0$

B.3.29 Výstup z programu TERUNA - Přívod (léto)

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Foyer: Foyer - přívod (Zima)

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

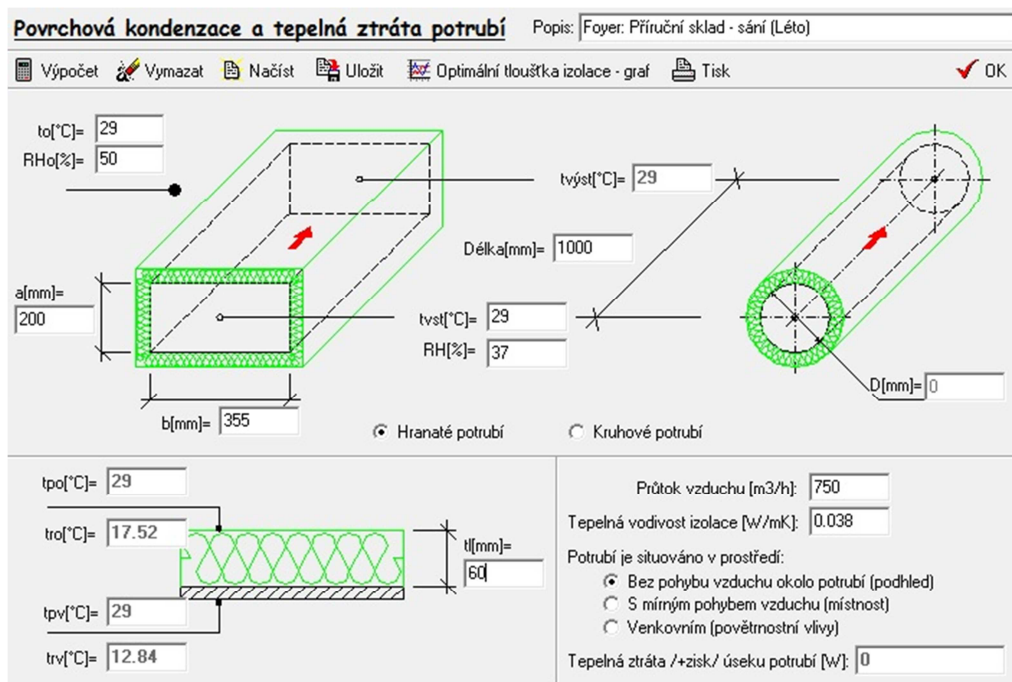
$t_{ol}[^{\circ}\text{C}] = 20$
 $RH_{ol}[\%] = 45$
 $a[\text{mm}] = 200$
 $b[\text{mm}] = 355$
 $D[\text{mm}] = 0$
 $Délka[\text{mm}] = 12000$
 $t_{výst}[^{\circ}\text{C}] = 26.68$
 $t_{vst}[^{\circ}\text{C}] = 27$
 $RH[\%] = 7$

☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

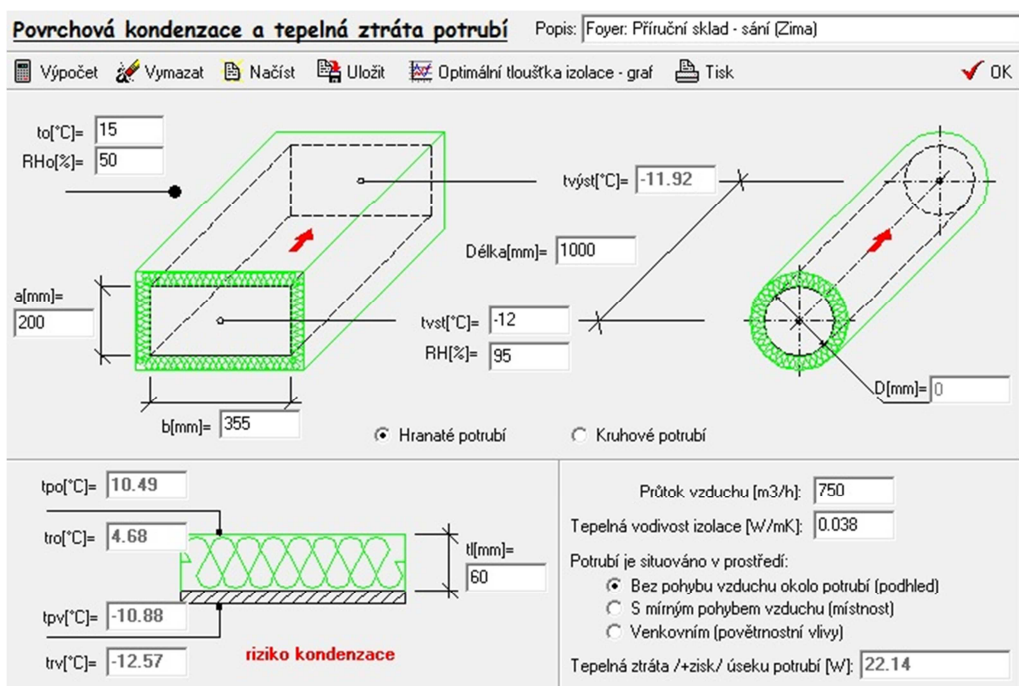
$t_{po}[^{\circ}\text{C}] = 21.59$
 $t_{ro}[^{\circ}\text{C}] = 7.72$
 $t_{pv}[^{\circ}\text{C}] = 26.31$
 $t_{rv}[^{\circ}\text{C}] = -11.67$
 $tl[\text{mm}] = 40$

Průtok vzduchu $[m^3/h] = 750$
 Tepelná vodivost izolace $[W/mK] = 0.038$
 Potrubí je situováno v prostředí:
☒ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☐ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta $/+zisk/$ úseku potrubí $[W] = -85.66$

B.3.30 Výstup z programu TERUNA - Přívod (zima)



B.3.31 Výstup z programu TERUNA - Sání (léto)



B.3.32 Výstup z programu TERUNA - Sání (zima)

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Foyer: Příruční sklad - výtlak (Léto)

☐ Výpočet
 ☐ Vymazat
 ☐ Načíst
 ☐ Uložit
 ☐ Optimální tloušťka izolace - graf
 ☐ Tisk
 ☒ OK

to[*C]= 29
 RHo[%]= 50
 a(mm)= 200
 b(mm)= 355
 Délka(mm)= 2000
 tvst[*C]= 29
 RH[%]= 37
 tvýst[*C]= 29
 D(mm)= 0

☒ Hranaté potrubí
 ☐ Kruhové potrubí

tpo[*C]= 29
 tro[*C]= 17.52
 tpv[*C]= 29
 trv[*C]= 12.84
 tl(mm)= 40

Průtok vzduchu [m3/h]: 750
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.038
 Potrubí je situováno v prostředí:
☒ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☐ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: 0

B.3.33 Výstup z programu TERUNA - Výtlak (léto)

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Foyer: Příruční sklad - výtlak (Zima)

☐ Výpočet
 ☐ Vymazat
 ☐ Načíst
 ☐ Uložit
 ☐ Optimální tloušťka izolace - graf
 ☐ Tisk
 ☒ OK

to[*C]= 15
 RHo[%]= 50
 a(mm)= 200
 b(mm)= 355
 Délka(mm)= 2000
 tvst[*C]= 27
 RH[%]= 7
 tvýst[*C]= 26.91
 D(mm)= 0

☒ Hranaté potrubí
 ☐ Kruhové potrubí

tpo[*C]= 17.72
 tro[*C]= 4.68
 tpv[*C]= 26.24
 trv[*C]= -11.67
 tl(mm)= 40

Průtok vzduchu [m3/h]: 750
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.038
 Potrubí je situováno v prostředí:
☒ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☐ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -24.47

B.3.34 Výstup z programu TERUNA - Výtlak (zima)

B.4 Klimatizace kinosálu

B.4.1 Návrhové hodnoty

Celková tepelná zátěž $Q_L = 7630,7 \text{ W}$

Tepelná ztráta $Q_Z = 2576 \text{ W}$

Vodní zisky $M_W = 5925 \text{ g/h}$

Požadovaná vnitřní teplota v létě $26 \text{ }^\circ\text{C}$

Požadovaná vnitřní teplota v zimě $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Počet osob v místnosti 75

Maximální rozdíl teplot v létě $\Delta t_{kl} = 6 \text{ K}$

Maximální rozdíl teplot v zimě $\Delta t_{kz} = 10 \text{ K}$

B.4.2 Stanovení průtoku vzduchu

Léto:

$$V_{pl} = \frac{Q_L}{c \cdot \rho \cdot \Delta t_{kl}} = \frac{7630,7}{1010 \cdot 1,2 \cdot 6} = 1,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

Zima:

$$V_{pz} = \frac{Q_Z}{c \cdot \rho \cdot \Delta t_{kz}} = \frac{2576}{1010 \cdot 1,2 \cdot 10} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

Přepočet zimního rozdílu teplot na letní průtok:

$$\Delta t_{kz} = \frac{Q_Z}{c \cdot \rho \cdot V_p} = \frac{2576}{1010 \cdot 1,2 \cdot 1,05} = 2,02 \text{ K}$$

Průtok čerstvého vzduchu:

$$V_e = \lambda_{\min} \cdot n = 25 \cdot 75 = 1875 \text{ m}^3/\text{h}$$

Průtok cirkulačního vzduchu:

$$V_c = V_p - V_e = 1,05 - (1875/3600) = 0,53 \text{ m}^3/\text{s}$$

Odvlhčení vzduchu:

$$\Delta x = x_i - x_p = \frac{M_W}{\rho \cdot V_p} = \frac{5925}{1,2 \cdot 3780} = 1,31 \text{ g/kg}$$

Výpočet výměny vzduchu v místnosti

$$O = 13,9 \times 11,95 \times 5,5 = 914 \text{ m}^3$$

$$V = 3780 \text{ m}^3/\text{h}$$

$n = V/O = 3780/914 = 4 \text{ x za hodinu} \rightarrow$ doporučená hodnota pro kina je 3x za hodinu , hodnota

4 x za hodinu tedy vyhovuje

B.4.3 Distribuční prvky

B.4.3.1 Přívodní distribuční prvky

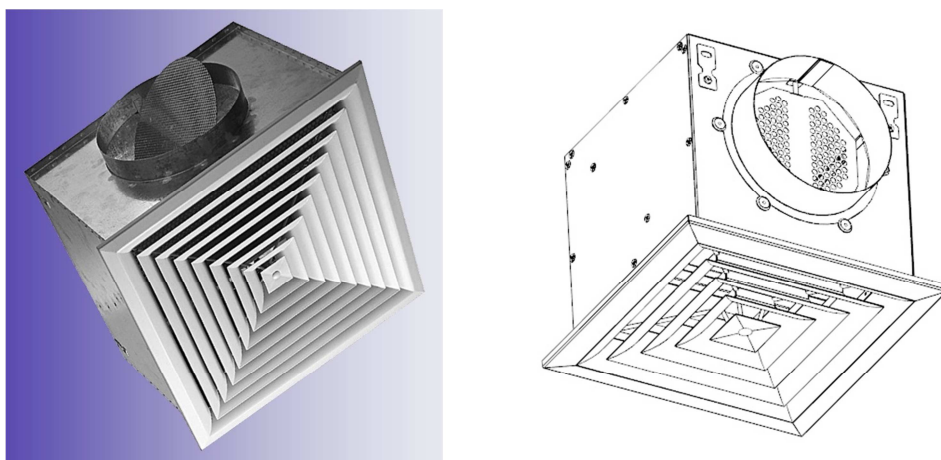
Anemostat lamelový čtvercový MANDÍK ALCM 250

Anemostat je navržen do prostoru foyer nad stoly a barové židle. Zde má přivádět čerstvý vzduch a zajišťovat tak pohodlí vnitřního mikroklimatu.

$V_p = 1,05 \text{ m}^3/\text{s} = 3780 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$ návrh anemostatu rozměru 600

$$(V_{\min} = 470 \text{ m}^3/\text{s}, V_{\max} = 1400 \text{ m}^3/\text{s})$$

- 6 kusy $\rightarrow$ průtok na jeden kus $3780/6 = 630 \text{ m}^3/\text{s}$



B.4.1 Anemostat MANDÍK ALCM

Jmenovitý rozměr	250	300	400	500	600	625
$\dot{V}_{\max} [\text{m}^3/\text{h}]$	250	350	650	900	1400	1500
$\dot{V}_{\min} [\text{m}^3/\text{h}]$	70	100	180	300	470	490
$L_{WA\max} [\text{dB(A)}]$	46	46	47	45	43	40
$L_{WA\min} [\text{dB(A)}]$	<15	<15	<15	<15	<15	<15

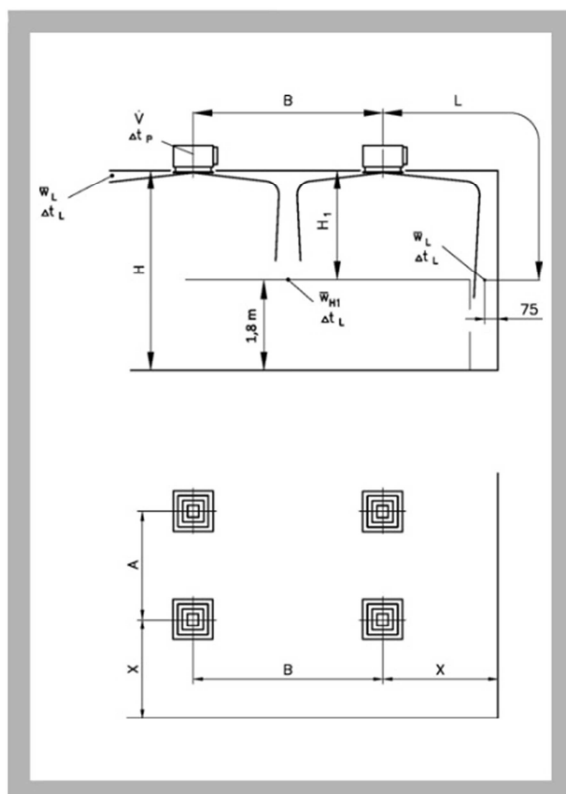
B.4.2 Tabulka rozměrů anemostatu MANDÍK ALCM

Vstupní hodnoty:

$A = 2,3 \text{ m}$, $X = 1,5 \text{ m}$, $L = 4,15 \text{ m}$, $H_1 = 3 \text{ m}$

$V = 630 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta t_p = 2 \text{ K}$

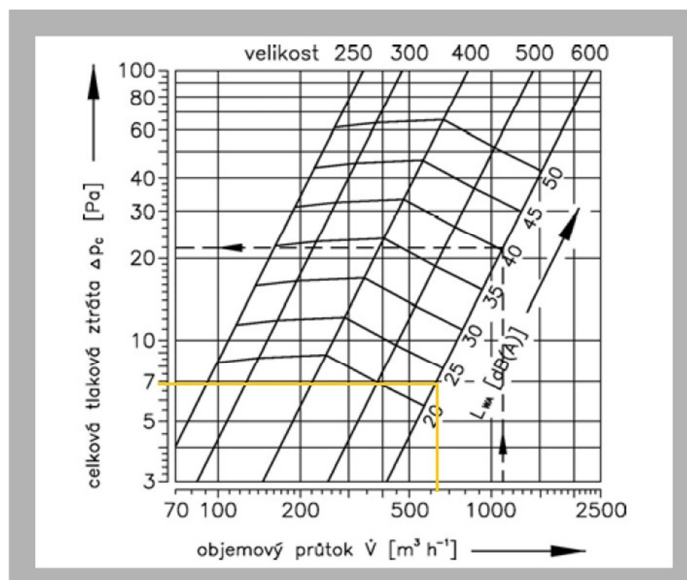
úhel klapky 0°



$\dot{V}$	[m ³ .h ⁻¹]	objemový průtok vzduchu pro jeden anemostat
A, B	[m]	vzdálenost mezi dvěma anemostaty
L	[m]	vodorovná a svislá vzdálenost ($X + H_1$)
X	[m]	vzdálenost středu anemostatu od stěny
H	[m]	výška od stropu
H ₁	[m]	vzdálenost mezi stropem a zónou pobytu
$\bar{w}_L$	[m.s ⁻¹]	střední rychlost proudění na stěně
$\bar{w}_{H1}$	[m.s ⁻¹]	střední rychlost proudění mezi dvěma anemostaty ve vzdálenosti H ₁
w_{ef}	[m.s ⁻¹]	výstupní efektivní rychlost vzduchu
Δt_p	[K]	rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu a teplotou vzduchu v místnosti
Δt_L	[K]	rozdíl mezi teplotou proudění ve vzdálenosti $L = A/2 + H_1$ popř. $L = B/2 + H_1$ popř. $L = X + H_1$ a teplotou vzduchu v místnosti
Δp_c	[Pa]	celková tlaková ztráta při $\rho = 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$
L_{WA}	[dB(A)]	hladina akustického výkonu
S_{ef}	[m ²]	efektivní plocha anemostatu

B.4.3 Výpočtové schéma

Akustické výkony a tlakové ztráty



B.4.4 Diagram akustických výkonů a tlakových ztrát

$$L_{WA} = 23 \text{ dB(A)}$$

$$\Delta p_c = 7 \text{ Pa}$$

Teplotní koeficient

Mezi anemostaty

$$L = A/2 + H_1 = 2,3/2 + 3 = 4,15 \text{ m}$$

$$\Delta t_L / \Delta t_p = 0,17$$

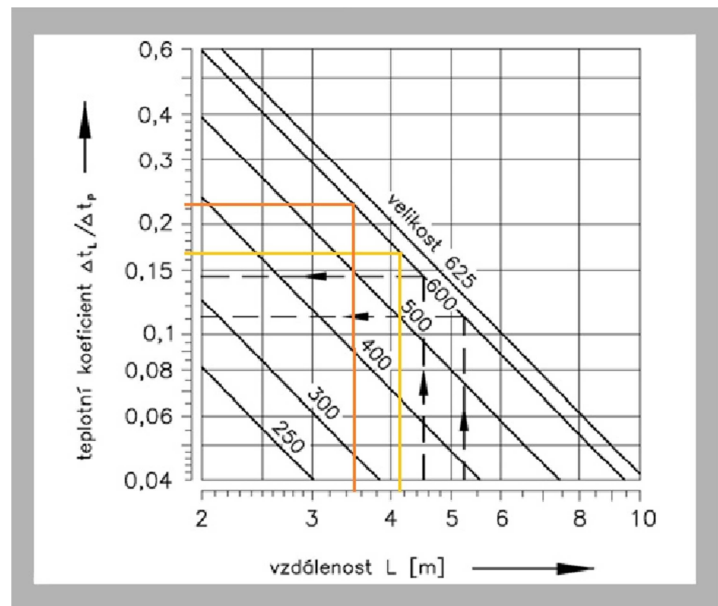
$$\Delta t_L = -2 \cdot 0,17 = -0,35 \text{ K}$$

Na stěně

$$L = X + H_1 = 1,5 + 3 = 3,5 \text{ m}$$

$$\Delta t_L / \Delta t_p = 0,22$$

$$\Delta t_L = -2 \cdot 0,22 = -0,45 \text{ K}$$

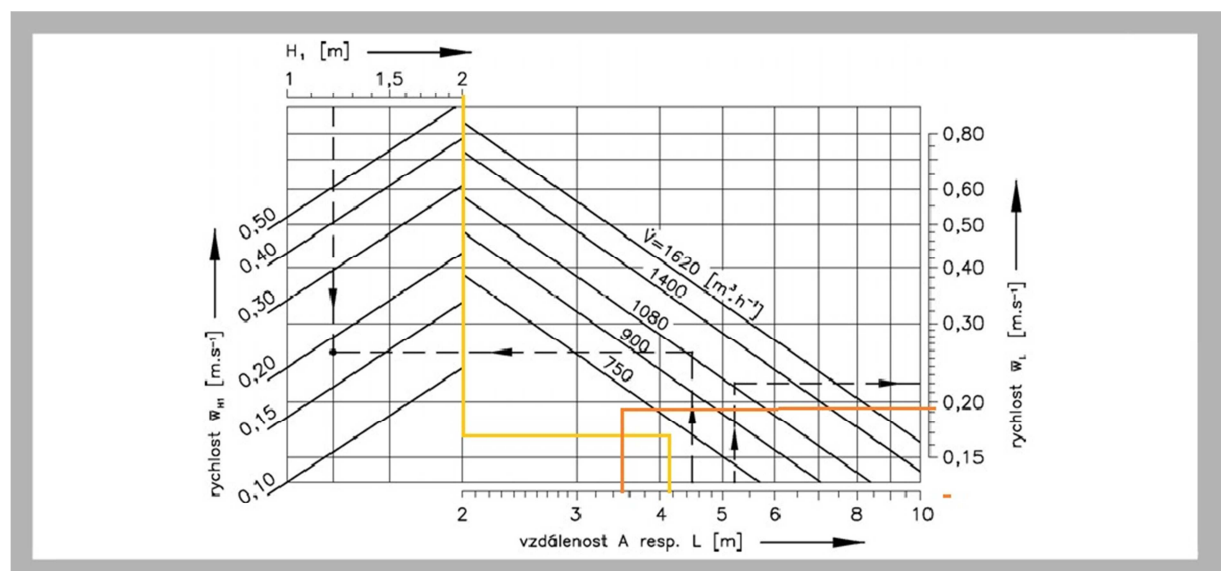


B.4.5 Diagram teplotního koeficientu

Rychlost proudění

$w_L = 0,19 \text{ m/s}$ ke stěně

$w_{H1} < 0,1 \text{ m/s}$ mezi anemostaty



B.4.6 Diagram rychlosti proudění

Protidešťová žaluzie MANDÍK PDZM

Protidešťová žaluzie chrání nasávací a výfukové otvory vzduchotechnických zařízení před nečistotami, deštěm, sněhem nebo proti vniknutí drobných živočichů. Také slouží jako estetické zakrytí otvoru.

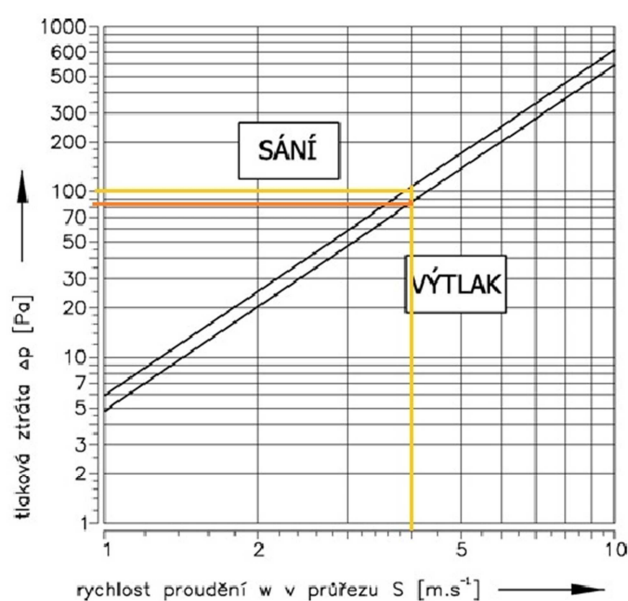


B.4.7 Protidešťová žaluzie MANDÍK PDZM

Zvolena byla tato žaluzie:

AxB	Počet lamel	Efektivní plocha S_{ef}	Hmotnost	Hmotnost s upevňovacím rámem
500x500	6	0,1474	4,5	6,3

Žaluzie těchto rozměrů byla zvolena jak pro přívod tak odvod vzduchu.



Teplosměnné desky deskového výměníku B.4.8

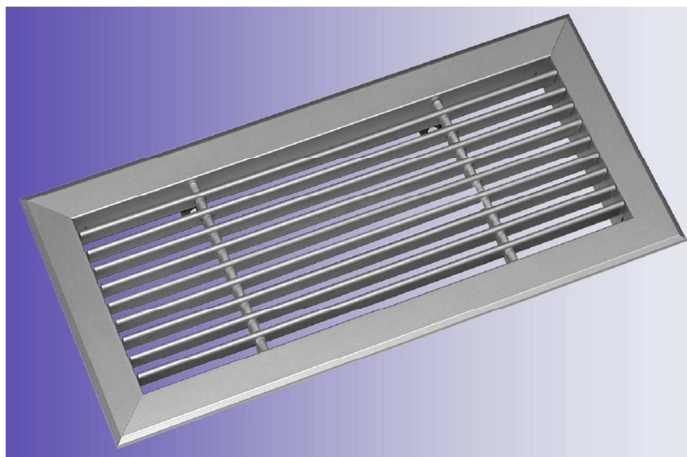
B.4.3.2 Odvodní distribuční prvky

Stěnová mřížka MANDÍK SMM

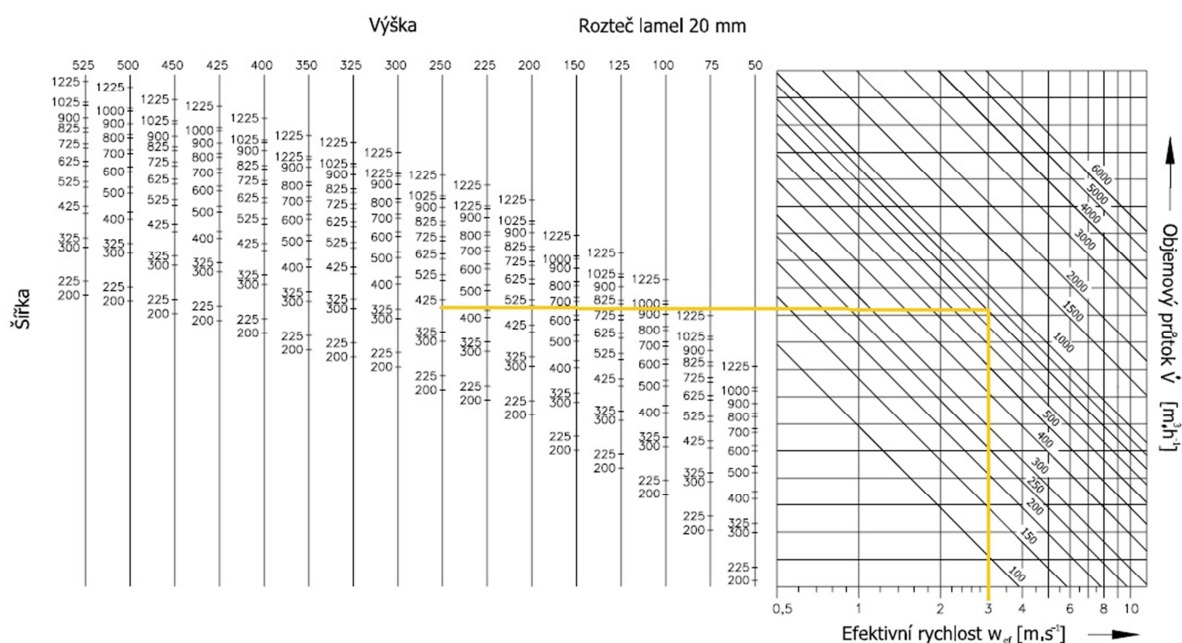
Mřížka je umístěna pod promítací plátno do svislé stěny pódia, odkud budou odvádět znehodnocený vzduch do klimatizační jednotky. Rozteč lamel je 20 mm.

$$V_p = 1,05 \text{ m}^3/\text{s} = 3780 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \text{návrh výustky rozměru } 400 \times 250$$

$$- 5 \text{ kusů} \rightarrow \text{průtok na jeden kus } 3780/5 = 756 \text{ m}^3/\text{h}$$

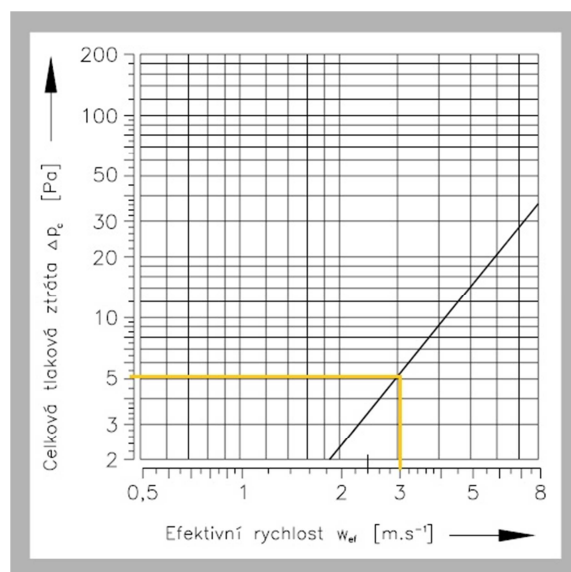


B.4.9 Stěnová mřížka MANDÍK SMM



B.4.10 Diagram efektivní rychlosti stěnové mřížky

$$w_{ef} = 3 \text{ m/s}$$



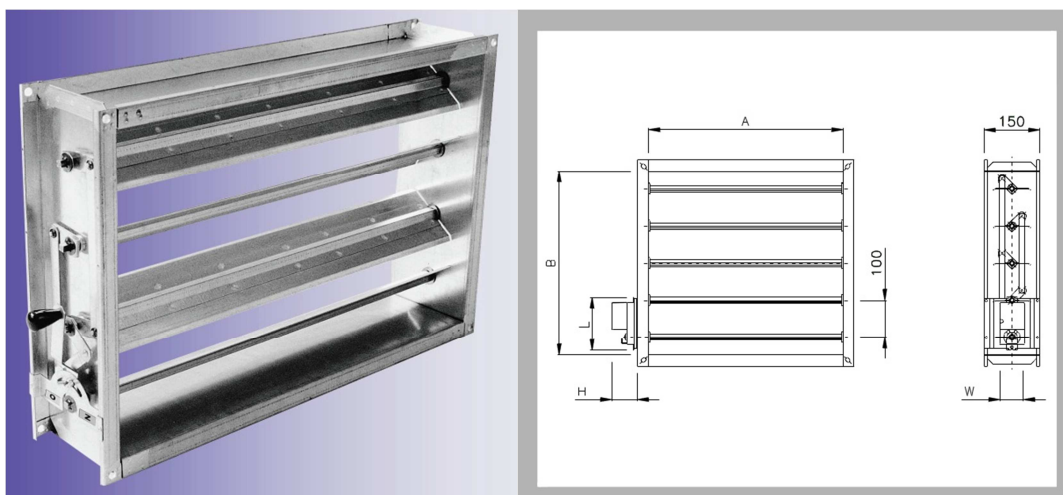
B.4.11 Diagram tlakové ztráty stěnové mřížky

$$\Delta p_c = 5 \text{ Pa}$$

B.4.4 Regulační prvky

Regulační klapka MANDÍK RKM

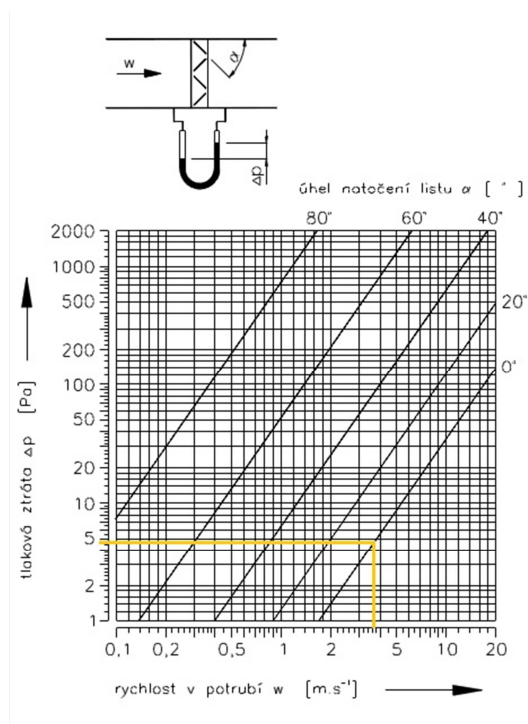
Byla vybraná čtyřhranná klapka MANDÍK RKM 400x250 k zaregulování odvodního potrubí u odvodních stěnových mřížek. V našem případě bude klapka opatřena servopohonem.



B.4.12 Regulační klapka MANDÍK RKM

Specifikace regulační klapky

AxB	Počet listů	$S_{ef} [m^2]$	Hmotnost klapky [kg]
450x250	2	0,072	5,1

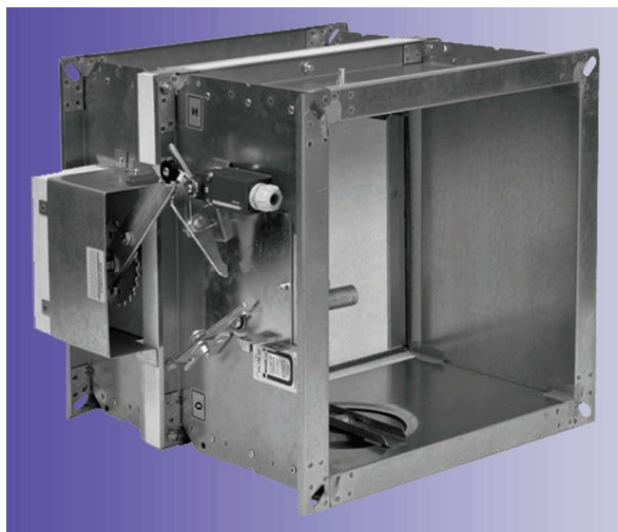


B.4.13 Diagram tlakových ztrát regulační klapky

B.4.5 Protipožární prvky

Protipožární klapka MANDÍK PKTM-90

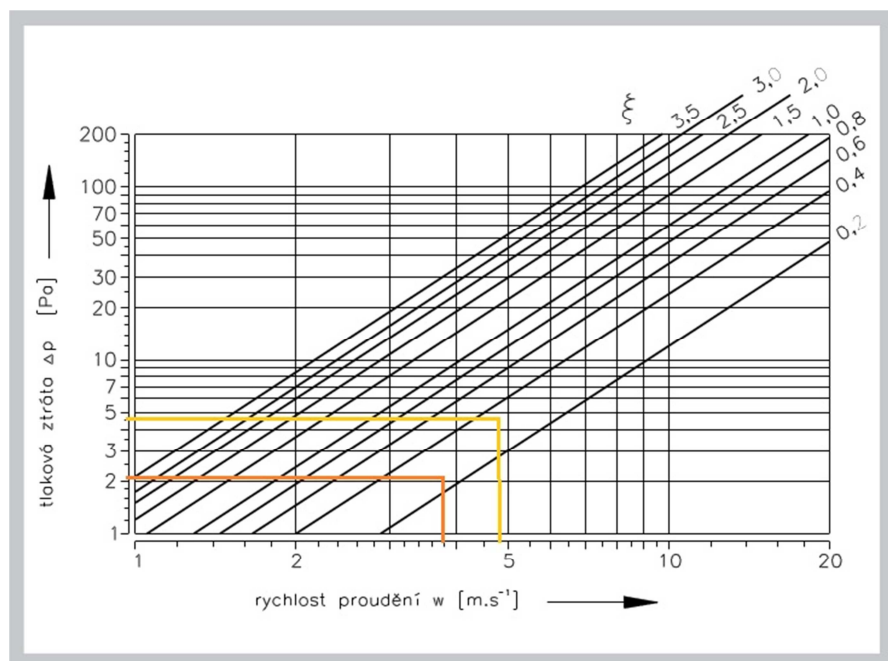
Požární klapky jsou uzávěry v potrubních rozvodech vzduchotechnických zařízení, které zabráňují šíření požáru a zplodin hoření z jednoho požárního úseku do druhého uzavřením vzduchovodů v místech osazení. V našem případě je klapka opatřena servopohonem.



B.4.14 Čtyřhranná požární klapka MANDÍK PKTM-90

Použity jsou tyto požární klapky, které jsou rozmístěny, tak aby oddělovaly jednotlivé požární úseky. Zakresleny jsou v příložených výkresech.

AxB [mm]	S_{ef} [m ²]	Hmotnost [kg]
630x560	0,305	34,5
1000x355	0,315	37,5

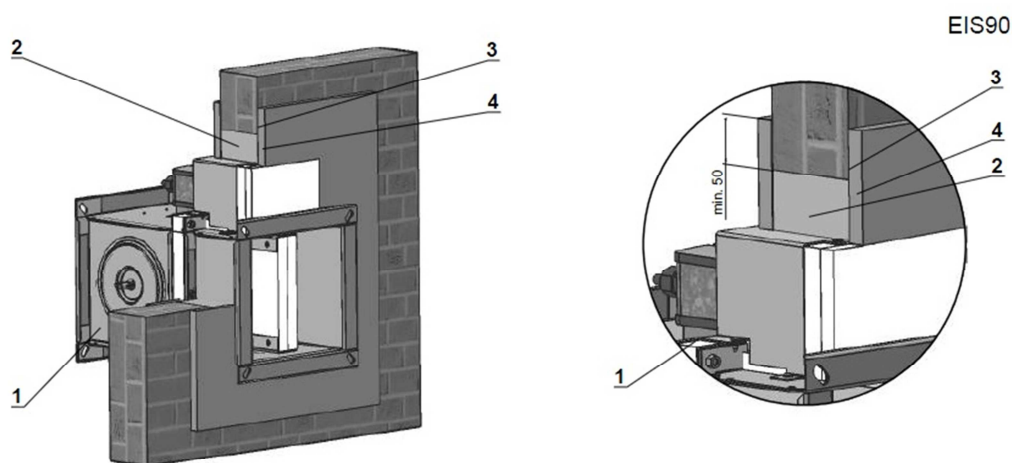


B.4.15 Diagram tlakových ztrát

	B													
A	180	200	250	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000
180	1,849	1,476	0,983	0,703	0,608	0,535	0,478	0,437	0,400	0,369	0,343	0,322	0,304	0,291
200	1,737	1,385	0,921	0,658	0,569	0,500	0,446	0,407	0,373	0,344	0,320	0,300	0,284	0,271
250	1,553	1,236	0,819	0,583	0,504	0,442	0,394	0,360	0,330	0,304	0,282	0,264	0,250	0,239
315	1,415	1,124	0,743	0,528	0,456	0,400	0,356	0,325	0,297	0,274	0,254	0,238	0,225	0,215
355	1,359	1,079	0,713	0,506	0,436	0,383	0,341	0,311	0,284	0,262	0,243	0,228	0,215	0,205
400	1,312	1,041	0,687	0,487	0,420	0,368	0,328	0,299	0,273	0,252	0,234	0,219	0,207	0,197
450	1,271	1,009	0,665	0,471	0,406	0,356	0,317	0,289	0,264	0,243	0,226	0,211	0,199	0,190
500	1,240	0,983	0,648	0,459	0,395	0,346	0,308	0,281	0,257	0,236	0,219	0,205	0,194	0,185
560	1,211	0,960	0,632	0,447	0,385	0,337	0,300	0,274	0,250	0,230	0,214	0,200	0,189	0,180
630	1,184	0,938	0,617	0,437	0,376	0,329	0,293	0,267	0,244	0,225	0,208	0,195	0,184	0,176
710	1,160	0,919	0,604	0,427	0,368	0,322	0,287	0,261	0,239	0,220	0,204	0,191	0,180	0,172
800	1,140	0,903	0,593	0,419	0,361	0,316	0,281	0,256	0,234	0,215	0,200	0,187	0,176	0,168
900	1,122	0,888	0,583	0,412	0,355	0,310	0,276	0,252	0,230	0,212	0,196	0,184	0,173	0,165
1000	1,108	0,877	0,576	0,407	0,350	0,306	0,273	0,248	0,227	0,209	0,193	0,181	0,171	0,163
1120	1,095	0,867	0,569	0,402	0,345	0,302	0,269	0,245	0,224	0,206	0,191	0,179	0,168	0,161
1250	1,084	0,857	0,562	0,397	0,342	0,299	0,266	0,242	0,221	0,203	0,189	0,176	0,166	0,159
1400	1,073	0,849	0,557	0,393	0,338	0,296	0,263	0,240	0,219	0,201	0,187	0,175	0,165	0,157
1500	1,067	0,844	0,554	0,391	0,336	0,294	0,262	0,238	0,218	0,200	0,186	0,174	0,164	0,156
1600	1,062	0,840	0,551	0,389	0,334	0,293	0,260	0,237	0,216	0,199	0,185	0,173	0,163	0,155

B.4.16 Tabulka součinitele pro místní tlakové ztráty

Způsob osazení požární klapky



LEGENDA:

- 1 Požární klapka PKTM-90
- 2 Minerální kamenná vlna o objemové hmotnosti 140 kg/m³
- 3 Požární ochranná stěrka tl. 1 mm
- 4 Obložka z cementovápenné desky tl. 15 mm o objemové hmotnosti 870 kg/m³

Příklad použitých materiálů*:

- 2 - Promapyr, Rockwool Steprock HD
- 3 - Promastop - P, K
- 4 - Promatect - H

* Materiály pro ucpávku, stěrku, obložky a izolační materiály je možné nahradit obdobným schváleným systémem s odpovídajícími vlastnostmi.

B.4.17 Klapka osazená v tuhé stěnové konstrukci o min. tl. 100 mm v ucpávce se stěrkou a obložkami

B.4.6 Vzduchotechnické potrubí

Veškeré vzduchotechnické potrubí je vyrobené firmou Mart s.r.o. a je čtverhranného tvaru. Materiálem je pozinkovaný plech. Přívodní potrubí je opatřeno izolací z minerální plsti.



B.4.18 vzduchotechnické potrubí

Dimenzace odvodního potrubí kinosálu – hlavní větev

Místnosti 1.32 - kinosál												
Z výkresu			Hodnoty									
			Předběžné			Skutečné - vypočtené						
Úsek	V	L	v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L
[-]	[m³/h]	[m]	[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]	[Pa]
1	756	2,25	3,0	0,07	300	400x250	308	2,82	0,31	0,9	5,02	5,72
2	1512	2,25	3,5	0,120	391	500x315	387	3,57	0,31	0,9	6,88	7,58
3	3780	3,5	4,0	0,263	579	1000x355	524	4,87	0,45	1,8	25,61	27,19
4	3780	13,5	4,0	0,263	579	630x560	593	3,80	0,21	0,9	7,79	10,63
Σ	3780	22									45,3	51,12

Dimenzace odvodního potrubí kinosálu – vedlejší větev

Místnosti 1.32 - kinosál												
Z výkresu			Hodnoty									
			Předběžné			Skutečné - vypočtené						
Úsek	V	L	v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L
[-]	[m³/h]	[m]	[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]	[Pa]
1	756	2,25	3,0	0,07	300	400x250	308	2,82	0,31	0,9	5,02	5,72
2	1512	2,25	3,5	0,120	391	500x315	387	3,57	0,31	0,9	6,88	7,58
Σ	3780	4,5									11,9	13,3

Dimenzace sacího potrubí kinosálu

Místnosti 2.06 - strojovna VZT																
Z výkresu				Hodnoty											Tlaková ztráta celkem	
				Předběžné		Skutečné - vypočtené										
						v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z		
Úsek	V	L		[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]		[Pa]		
1	1875	2,5		4,0	0,130	407	400x400	400	4,15	0,45	0	0		1,1		
Σ	1875	2,5										0		1,1		

Dimenzace výtlačného potrubí kinosálu

Místnosti 2.06 - strojovna VZT																
Z výkresu				Hodnoty											Tlaková ztráta celkem	
				Předběžné		Skutečné - vypočtené										
						V	L	v'	S	d'	A x B	d	v	R		
Úsek	V	L	[m³/h]	[m]	[m/s]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	400x400	400	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]	[Pa]
1	1875	5,5			4,0	0,130	407					4,15	0,45	1,2	12,4	14,9
Σ	3780	5,5													12,4	14,9

B.4.7 Tlakové ztráty

Tlakové ztráty pro výpočet vzduchotechnické jednotky REMAK - Kinosál

Výpočet - Přívod					Popis předmětu způsobující tlakovou ztrátu	Tlaková ztráta celkem		
Z výkresu				Z		Z+R*L	Ztráta celkem	
Zař.	V	L	Ks					
[-]	[m³/h]	[m]	[-]		[Pa]	[Pa]	[Pa]	
1	3780	27,5	-	Nejdelší trasa přívodní větve	48,32	54,51	54,51	
2	1875	2,5	-	Sací potubí	0	1,1	1,1	
3	-	-	1	Protidešťová žaluzie	viz. diagram	-	100	
4	-	-	1	Požární klapka (otevřená)	viz. diagram	-	2,5	
5	-	-	4	Tlumič hluku	30 Pa/ks	-	120	
6	-	-	-	Regulační klapka (otevřená)	-	-	-	
7	-	-	1	Distribuční prvek (anemostat)	viz. diagram	-	7	
Σ							285	

Tlakové ztráty pro výpočet vzduchotechnické jednotky REMAK - Kinosál

Výpočet - Odvod						
Z výkresu				Popis předmětu způsobující tlakovou ztrátu		
Zař.	V	L	Ks		Z	Ztráta celkem
[-]	[m³/h]	[m]	[-]			
1	3780	22	-	Nejdelší trasa odvodní větve	45,3	51,12
2	1875	5,5	-	Výtlačné potrubí	12,4	14,9
3	-	-	1	Protidešťová žaluzie	viz. diagram	85
4	-	-	1	Požární klapka (otevřená)	viz. diagram	4,5
5	-	-	4	Tlumič hluku	30 Pa/ks	120
6	-	-	1	Regulační klapka (otevřená)	viz. diagram	5
7	-	-	1	Distribuční prvek (stěnová mřížka)	viz. diagram	4,5
Σ						285,2

B.4.8 Návrh VZT jednotky REMAK

K návrhu bylo využito programu AeroCad dodávaný výrobcem vzduchotechnických jednotek REMAK.

Klimatické a vstupní podmínky (zima/léto)

Teplota vzduchu (venkovní) [°C]	-12 / 29	Teplota z místnosti [°C]	20 / 26
Relativní vlhkost (venkovní) [%]	95 / 37	Relativní vlhkost z místnosti [%]	45 / 60
Tlak vzduchu [kPa]	99 / 99		

Vzduchové parametry zařízení (přívod/odvod)

Skutečný průtok vzduchu [m³/h]	3780 / 3780	Tlaková ztráta komponentů v sestavě [Pa]	434 / 249
Rychlost v průřezu [m/s]	2.31 / 2.31	Výstupní teplota z přívodu (zima/léto) [°C]	22 / 20
Skutečná externí tlaková ztráta (rezerva) [Pa]	322 / 304	Výstupní relativní vlhkost z přívodu (zima/léto) [%]	8 / 83
Rozdíl (k zaregulování) [Pa]	+37 / +16		

Výkonové parametry zařízení (přívod/odvod)*

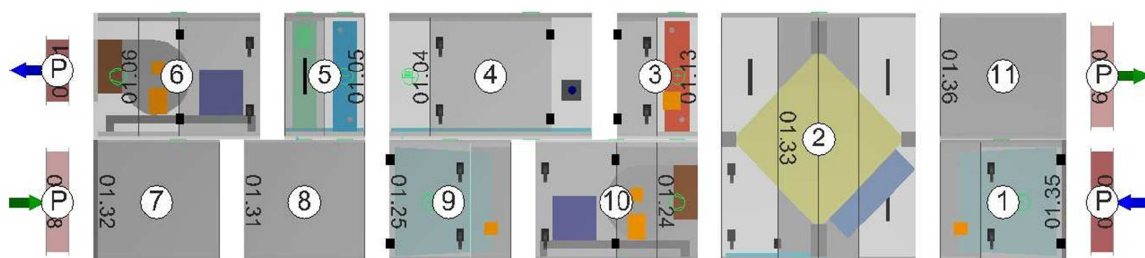
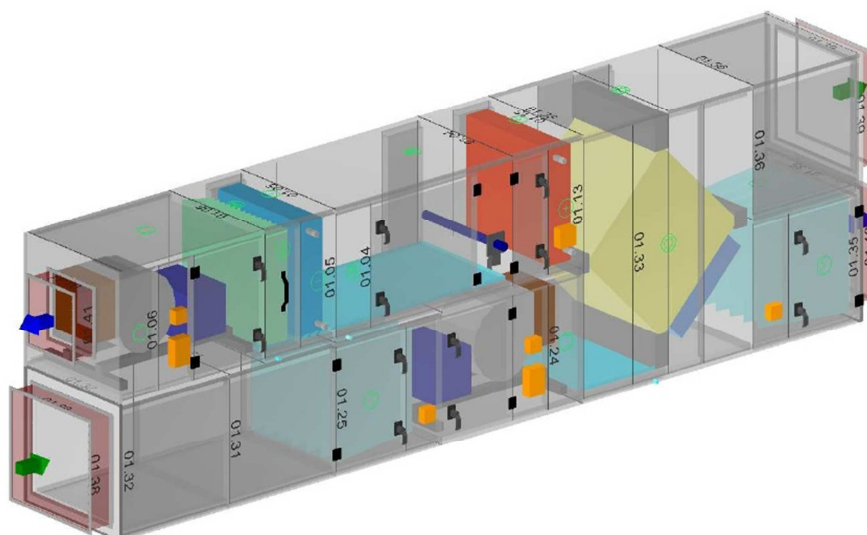
Dimenzováno na výkonový stupeň ventilátorů	5 / 5	Součtové výkony pro ohřev [kW]	21 / 0
Součtové výkony ventilátorů [kW]	2.26 / 1.82	Součtové výkony pro chlazení [kW]	15 / 0
Specifický výkon zařízení $SFP_{E, \text{Wm}^{-3} \cdot \text{s}}$	3888	Výkon zpětného získání tepla [kW]	25

*Návrh s vlivem kondenzace

Hlukové parametry zařízení

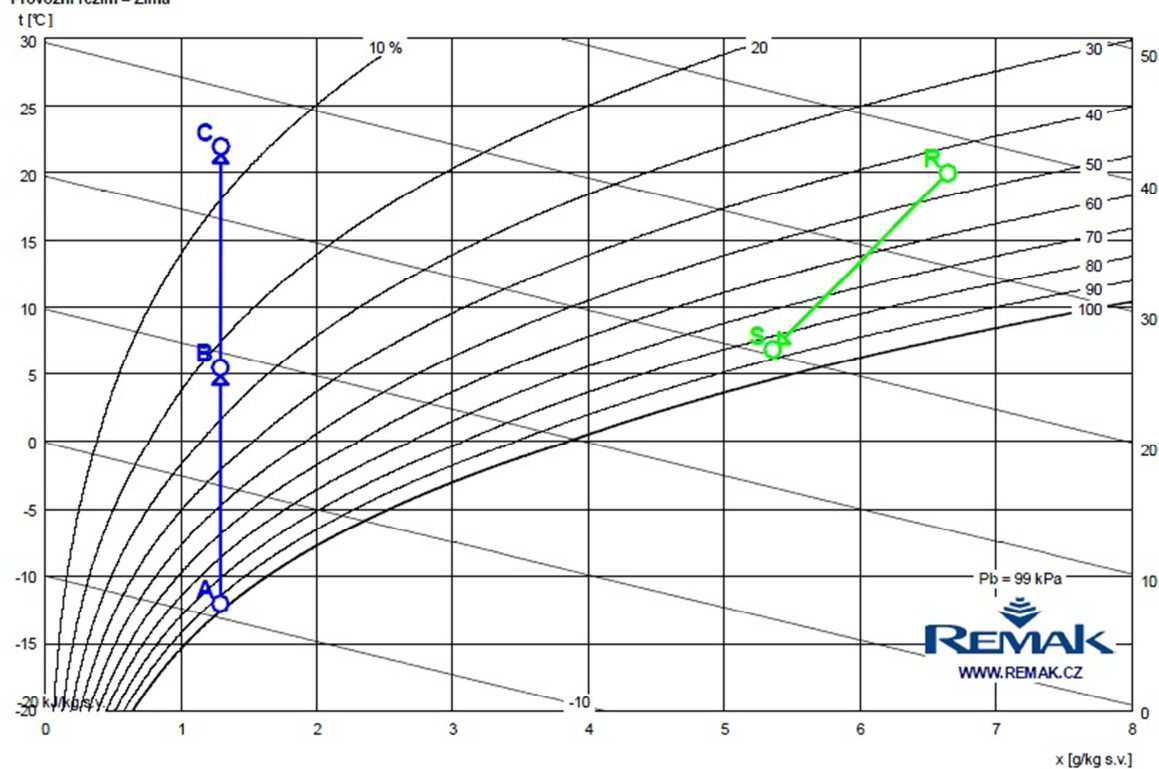
Přívod	Hladiny akustického výkonu v oktaóvových pásmech $L_{w,okt}$ [dB(A)] a celková hladina L_{wA} [dB(A)]							
Oktaóvové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Vstup	49.8	66.9	71.1	73.4	68.6	65.1	55.0	48.0
Výstup	60.9	70.5	78.6	84.8	80.3	84.3	76.5	67.1
Okolí	47.8	55.8	59.0	56.4	53.9	52.9	47.7	38.8

Odvod	Hladiny akustického výkonu v oktaóvových pásmech $L_{w,okt}$ [dB(A)] a celková hladina L_{wA} [dB(A)]							
Oktaóvové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Vstup	56.1	68.7	69.0	69.6	74.5	70.9	67.7	60.0
Výstup	52.8	65.6	65.3	66.3	70.4	67.9	63.7	55.0
Okolí	50.1	53.6	50.9	44.6	47.8	45.7	44.4	32.8



Psychrometrický diagram

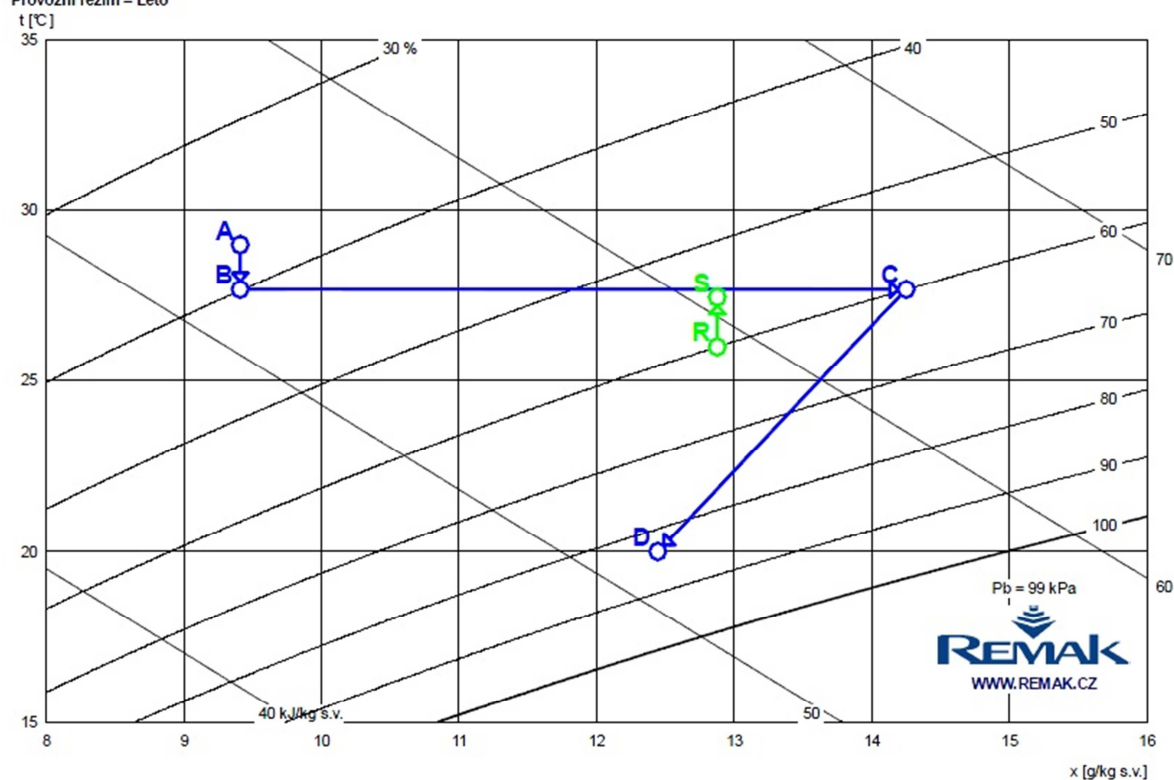
Provozní režim – Zima



Bod	Pozice	Teplota vzduchu t [°C]	Relativní vlhkost ϕ [%]	Měrná vlhkost x [g/kg]	Entalpie h [kJ/kg]	Hustota ρ [kg/m³]
A	01.33	-12.0	95.0	1.3	-8.9	1.33
B		5.5	22.8	1.3	8.8	1.24
C	01.13	22.0	7.8	1.3	25.5	1.17
R	01.33	20.0	45.0	6.7	37.1	1.18
S		6.9	85.3	5.4	20.4	1.23

Psychrometrický diagram

Provozní režim – Lét



Bod	Pozice	Teplota vzduchu t [°C]	Relativní vlhkost φ [%]	Měrná vlhkost x [g/kg]	Entalpie h [kJ/kg]	Hustota ρ [kg/m³]
A	01.33	29.0	37.0	9.4	53.3	1.14
B		27.7	40.0	9.4	51.9	1.15
C	01.04	27.7	60.0	14.3	64.3	1.14
D	01.05	20.0	83.4	12.4	51.8	1.17
R	01.33	26.0	60.0	12.9	59.1	1.15
S		27.5	55.2	12.9	60.5	1.14

B.4.9 Tlumení hluku

Bylo navrženo šest kulisových tlumičů společnosti Mart s.r.o. pomocí jejich návrhového programu. Tři tlumiče byly navrženy na přívodu a odvodu vzduchu do kinosálu, po jednom tlumiči je osazeno potrubí na sání u přívodu a na výtlačku u odvodu vzduchu.

Maximální přípustnou mez stanovuje nařízení vlády ze dne 1. září 2011 a ČSN EN 13 779

korekce na denní dobu a využití prostoru vnitřní prostředí staveb	ČSN EN 13 779	den (6-22h)	noc (22-6h)
nemocniční pokoje	30	0 (40)	- 15 (25)
operační sál	40	0 (40)	x
lékařské vyšetřovny, ambulance	30	-5 (35)	x
obytné místnosti	x	0 (40)	-10 (30)
hotelové pokoje	35 / 30	10 (50)	0 (40)
učebny, přednáškové síně, jesle, MŠ	40	5 (45)	x
koncertní síně, kulturní střediska	35	10 (50)	x
čekárny, vestibuly, restaurace	45	15 (55)	x
prodejny	45	20 (60)	x

B.4.19 Limity hluku ve vnitřním prostředí staveb

V prostoru kinosálu je dle nařízení vlády maximální hodnotou hluku 55 dB, což je dosti vysoká hodnota, a tak byly navrženy tři tlumiče hluku, abychom se s hodnotou dostali pod hodnotu 35 dB, kterou uvádí ČSN EN 13 779. Osazení těchto tlumičů zajistilo hladinu hluku na hodnotě 34 dB včetně hluku způsobeného koncovým elementem, který je 23dB. Na odvodu bylo docíleno hodnoty 32 dB, včetně hluku stěnové mřížky, která se akusticky projevuje hladinou hlučnosti o hodnotě 5 dB.

Chráněný vnitřní prostor staveb chráněný venkovní prostor staveb chráněný venkovní prostor		$L_{A,eq} [dB]$
§ 10	základní hladina (maximální, ekvivalentní) vnitřní prostor	40
odst. 2	korekce na tónové složky (rozdíl 5 dB ve dvou sousedních 1/3 oktávových pásmech)	- 5
§ 11	základní hladina (maximální, ekvivalentní) venkovní prostor (den - 8h, noc-1 hodina)	50

B.4.20 Limity hluku ve venkovním prostředí

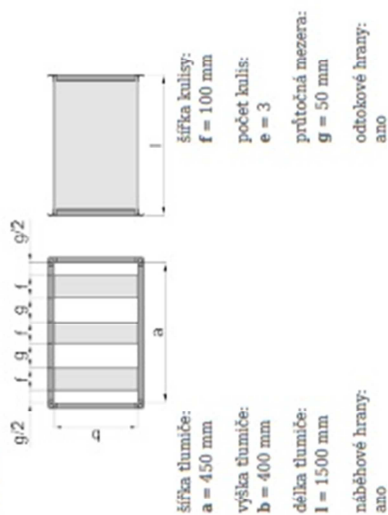
U sání i výtlačku znehodnoceného vzduchu ze vzduchotechnické jednotky jsme osazením tlumičů dosáhly hodnot 50 dB, což je hodnota rovná mezní hranici 50 dB.

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulišový

Číslo pozice:
Vstup 1

GEOMETRIE:



PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 1875 \text{ m}^3/\text{h}$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	soutčtová hladina
hl. akust. výkonu s váborym filtrem A: [dB(A)]	0	0	67	71	73	69	65	55	48	77

KÓD OBJEDNÁVKY: THKU.450.400.1500-3 3X KTH.100.400.1500

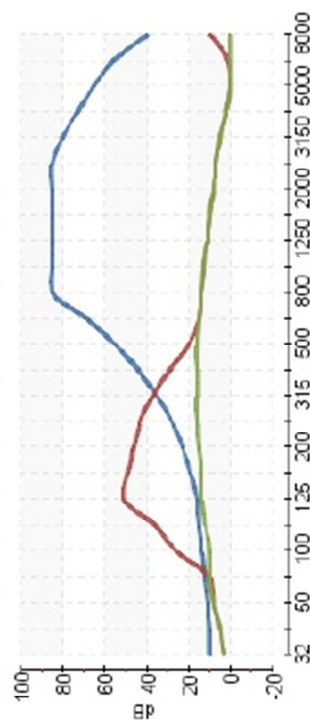
Technické řešení:

Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

VÝSLEDNÉ HODNOTY

ÚTLUM HILUKU:

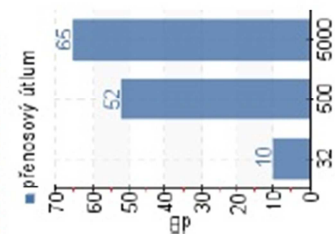
■ přenosový útlum ■ hluk za tlumičem ■ vlastní hluk tlumiče



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence: frequency:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	soutěžová hladina
přenosový útlum:	10	12	16	28	55	85	85	73	39	-
vlastní hukl tlumiče:	3	10	14	16	16	13	8	2	0	22 dB(A)
hl. akust. výkon za tlumením s vln. filt. A:	3	10	51	43	20	13	8	2	10	50 dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	49	Pa
plocha tlumiče:	0.18	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	2.9	m/s
ve volné ploše:	8.7	m/s

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

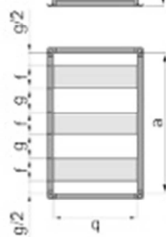
VSTUPNÍ HODNOTY

VÝSLEDNÉ HODNOTY

typ tlumiče:
kulišový

Číslo pozice:
Výstup 1

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 630 mm

šifra kulisy:
 $f = 100 \text{ mm}$

výška tlumiče:
b = 560 mm

počet kulis:
 $e = 4$

délka tlumiče:
l = 1000 mm

průtočná mezera:
 $a = 57.5 \text{ mm}$

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 3780 \text{ m}^3/\text{h}$

hustota vzduchu:
 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f	
32 Hz	500 Hz
	5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	soutěrová hladina
hl. akust. výkonu s vážovým filtrem A: [dB(A)]	0	0	71	79	85	80	84	77	67	89

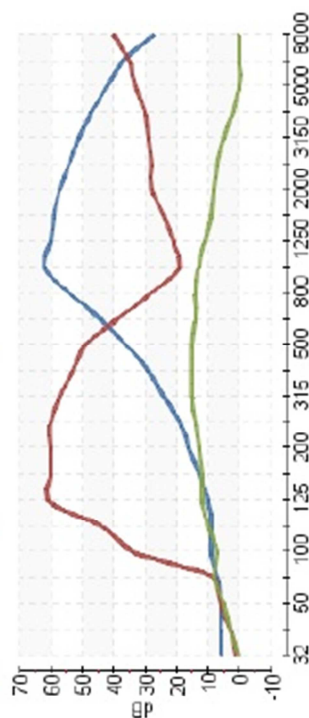
KÓD OBJEDNÁVKY: [THKU.630.560.1000-3.4X.KTH.100.560.1000](#)

Technické řešení:

Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

ÚTLUM HILUKU:

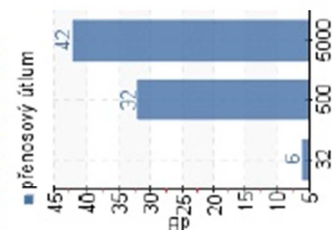
■ přenosový útlum ■ hluk za tlumičem ■ vlastní hluk tlumiče



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:freqvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	soutěbová hladina
přenosový útlum:	6	7	10	19	36	62	57	47	27	-
vlastní hluk tluště:	0	8	12	14	15	13	8	2	0	20 dB(A)
bl. akust. výkon za tlumičem s hl. akust. výtoky z tlumiče vzr. filtr. A:	1	8	61	60	49	19	28	30	40	64 dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	30	Pa
plocha tlumiče:	0.35	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	3	m/s
ve volné ploše:	8.2	m/s

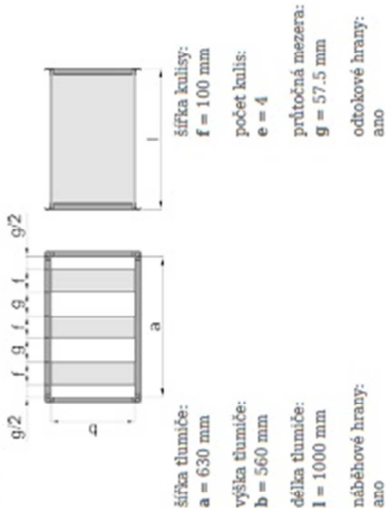
Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí $\pm 10\%$.

VÝSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:

GEOMETRIE:



PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 3780 \text{ m}^3/\text{h}$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
 32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A:	0	0	61	60	49	19	28	30	40	64
[dB(A)]										

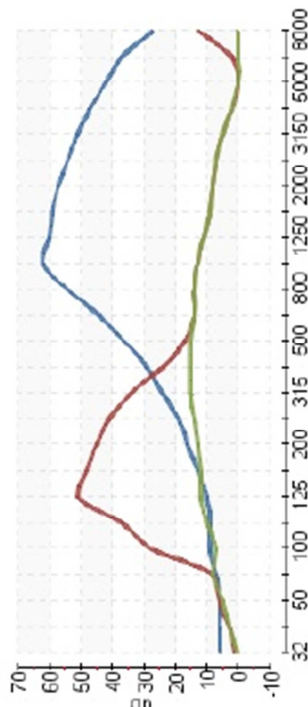
KÓD OBJEDNÁVKY: THKL630.560.1000-3.4X KTH.100.560.1000

Technické řešení
 Výrobá mění technická v Brně - Fabrika stavební - Ústav technických zařízení budov

VÝSLEDNÉ HODNOTY

ÚTLUM HLUKU:

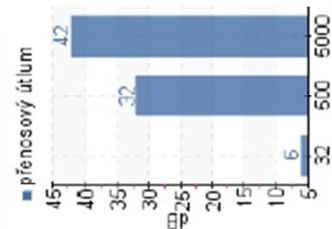
■ přenosový útlum ■ hluk za tlumičem ■ vlastní hluk tlumiče



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:	frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
přenosový útlum:		6	7	10	19	36	62	57	47	27	-
vlastní hluk tlumiče:		0	8	12	14	15	13	8	2	0	20
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A:		1	8	51	41	17	13	8	2	13	51
											dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	30	Pa
plocha tlumiče:	0.35	m²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	3	m/s
ve volné ploše:	8.2	m/s

Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

B.4.23 Výstup z návrhového programu Mart - Přívod - Výtlač (tlumič č.2)

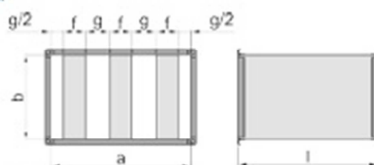
VSTUPNÍ HODNOTY

STRANA 1/2

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
Výstup 3

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
 $a = 630 \text{ mm}$

výška tlumiče:
 $b = 560 \text{ mm}$

délka tlumiče:
 $l = 1000 \text{ mm}$

náběhové hrany:
ano

šířka kulisy:
 $f = 100 \text{ mm}$

počet kulis:
 $e = 4$

průtočná mezera:
 $g = 57.5 \text{ mm}$

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 3780 \text{ m}^3/\text{h}$

hustota vzduchu:
 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A : [dB(A)]	0	0	51	41	17	13	8	2	13	51

KONCOVÝ ELEMENT:

hl. akust. výkonu:
 $L_{WA} = 23 \text{ dB(A)}$

umístění:
 $Q = \text{stěna} / \text{strop}$

počet:
 $n = 6$

vzdál. k poslu ch.:
 $k = 3 \text{ m}$

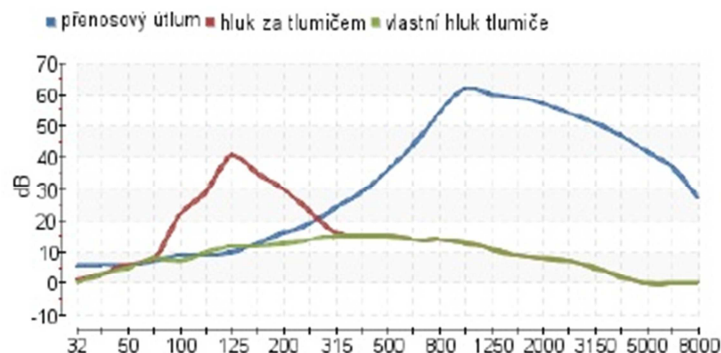
MÍSTNOST:

plocha povrchu:
 $A = 480 \text{ m}^2$

zvuk. pohltivost:
 $\alpha = 0.4 \text{ m}^2$



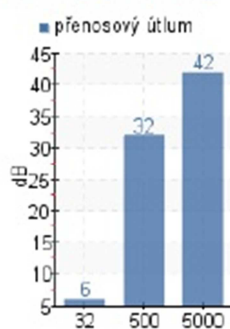
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	6	7	10	19	36	62	57	47	27	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	0	8	12	14	15	13	8	2	0	20	dB(A)
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. fR. A:	1	8	41	23	15	13	8	2	0	41	dB(A)
hladina akustického tlaku v místě posluchače:										34	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	30	Pa
plocha tlumiče:	0.35	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	3	m/s
ve volné ploše:	8.2	m/s

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

KÓD OBJEDNÁVKY: [JHKU.630.560.1000-3 4X KTH.100.560.1000](#)



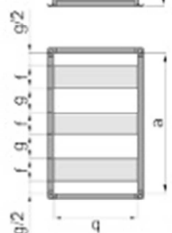
Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
Vstup 1

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 630 mm

výška tlumiče:
b = 560 mm

délka tlumiče:
l = 1000 mm

šířka kulisy:
 $f = 100 \text{ mm}$

počet kulis:
 $e = 4$

průtočná mezera:
 $q = 57.5 \text{ mm}$

ano
odtokové hrany:

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 3780 \text{ m}^3/\text{h}$

hustota vzduchu:
 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	soutěrová hladina
hl. akust. výkonu s vhodným filtrem A: [dB(A)]	0	0	69	69	70	75	71	68	60	79

KÓD OBJEDNÁVKY: [THKU.630.560.1000-3.4X.KTH.100.560.1000](#)

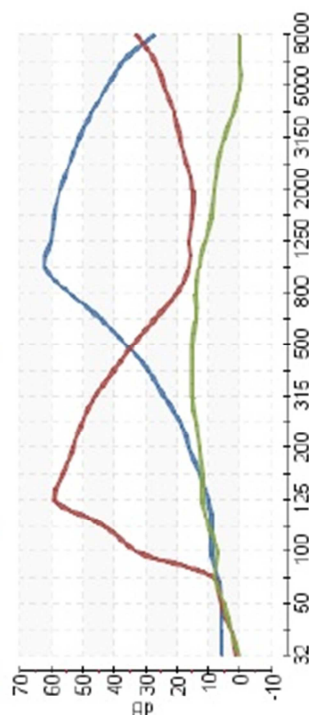
Technické řešení:

Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

VÝSLEDNÉ HODNOTY

ÚTLUM HILUKU:

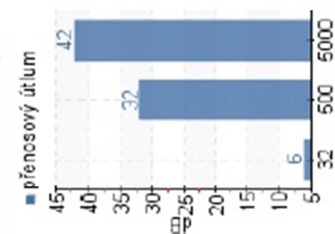
■ přenosový útlum ■ hluk za tlučičem ■ vlastní hluk tlučiče



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:freqvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	soutořová hladina
přenosový útlum:	6	7	10	19	36	62	57	47	27	-
vlastní hluk tlučiče:	0	8	12	14	15	13	8	2	0	20 dB(A)
hl. akust. výkon za tlumičem s bz. akust. výřokem za tlumičem bz. filtry A:	1	8	59	50	34	16	15	21	31	59 dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	30	Pa
plocha tlumiče:	0.35	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

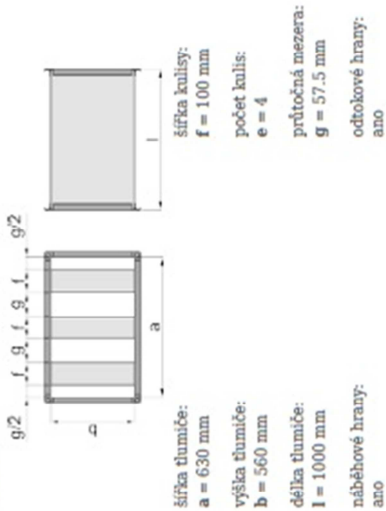
v celkovém průřezu:	3	m/s
ve volné ploše:	8.2	m/s

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

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
Vstup 2

GEOMETRIE:



PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 3780 \text{ m}^3/\text{h}$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

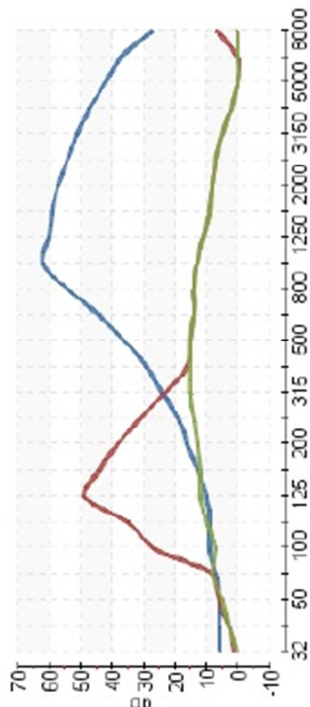
frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A_c [dB(A)]	0	0	59	50	34	16	15	21	33	60

KÓD OBJEDNÁVKY: THKL630.560.1000-3.4X KTH.100.560.1000

Technické řešení:
Výrobek určen k použití v B2b - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

ÚTLUM HLUKU:

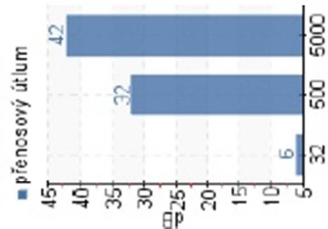
■ přenosový útlum ■ hluk za tlumičem ■ vlastní hluk tlumiče



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:	frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
přenosový útlum:		6	7	10	19	36	62	57	47	27	-
vlastní hluk tlumiče:		0	8	12	14	15	13	8	2	0	20
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A_c :		1	8	49	31	15	13	8	2	7	49

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	30	Pa
plocha tlumiče:	0.35	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	3	m/s
ve volné ploše:	8.2	m/s

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

B.4.26 Výstup z návrhového programu Mart - Odvod - Sání (tlumič č. 2)

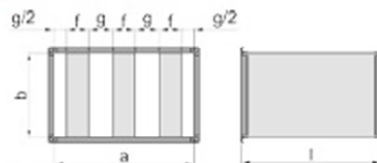
VSTUPNÍ HODNOTY

STRANA 1/2

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
Vstup 3

GOMETRIE:



šířka tlumiče:
 $a = 630 \text{ mm}$

výška tlumiče:
 $b = 560 \text{ mm}$

délka tlumiče:
 $l = 1000 \text{ mm}$

náběhové hrany:
ano

šířka kulisy:
 $f = 100 \text{ mm}$

počet kulis:
 $e = 4$

průtočná mezera:
 $g = 57.5 \text{ mm}$

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
 $Q = 3780 \text{ m}^3/\text{h}$

hustota vzduchu:
 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A: [dB(A)]	0	0	49	31	15	13	8	2	7	49

KONCOVÝ ELEMENT:

hl. akust. výkonu:
 $L_{wA} = 5 \text{ dB(A)}$

umístění:
 $Q = \text{stěna / strop}$

počet:
 $n = 5$

vzdál. k posluh.:
 $k = 2.5 \text{ m}$

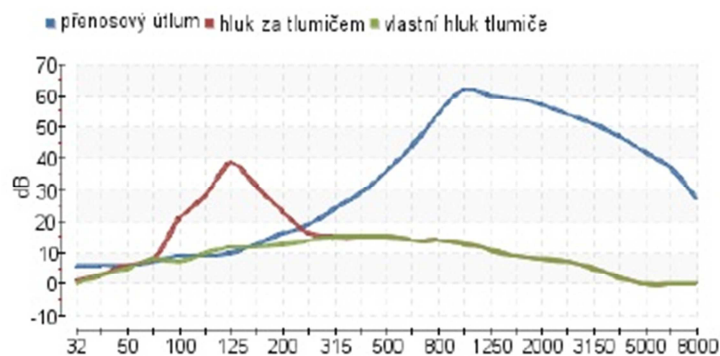
MÍSTNOST:

plocha povrchu:
 $A = 480 \text{ m}^2$

zvuk. pohltivost:
 $\alpha = 0.4 \text{ m}^2$



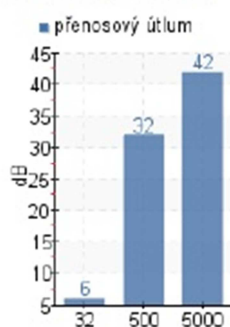
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
přenosový útlum:	6	7	10	19	36	62	57	47	27	-	dB
vlastní hluk tlumiče:	0	8	12	14	15	13	8	2	0	20	dB(A)
H. akust. výkonu za tlumičem s váb. tl. A:	1	8	39	16	15	13	8	2	0	39	dB(A)
hladina akustického tlaku v místě posluchače:										32	dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	30	Pa
plocha tlumiče:	0.35	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	3	m/s
ve volné ploše:	8.2	m/s

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

KÓD OBJEDNÁVKY: [JTHKU.630.560.1000-3.4X.KTH.100.560.1000](#)



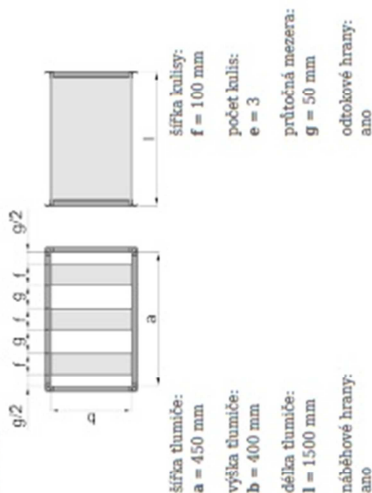
Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

VSTUPNÍ HODNOTY

typ tiumiče:
kullsový

číslo pozice:
Výstup 1

GEOMETRIE:



PARAMETRY PROUDĚNÍ:

prítok vzduchu:
 $Q = 1875 \text{ m}^3/\text{h}$

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f

32 Hz	500 Hz	5000 Hz
-------	--------	---------

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s vážovým filtrem A [dB(A)]	0	0	66	65	66	70	68	64	55	75

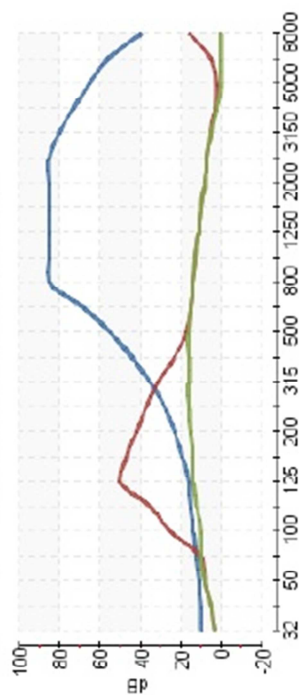
KÓD OBJEDNÁVKY: [THKU.450.400.1500-3.3X.KTH.100.400.1500](#)

Technické řešení:
Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební - Ústav technických zařízení budov

WYŚLEDNÉ HODNOTY

ÚTLUM HILUKU:

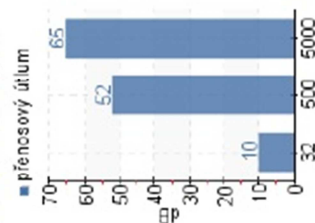
■ přenosový útlum ■ hluk za tlumičem ■ vlastní hluk tlumiče



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:řekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	soutová hladina
přenový útlum:	10	12	16	28	55	85	73	39	-	dB
vlastní hluk tlumičů:	3	10	14	16	16	13	8	2	0	22 dB(A)
bl. akust. výkonu za tlučením s váb. dlt. A:	3	10	50	37	17	13	8	3	16	50 dB(A)

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	49	Pa
plocha tlumiče:	0.18	m ²

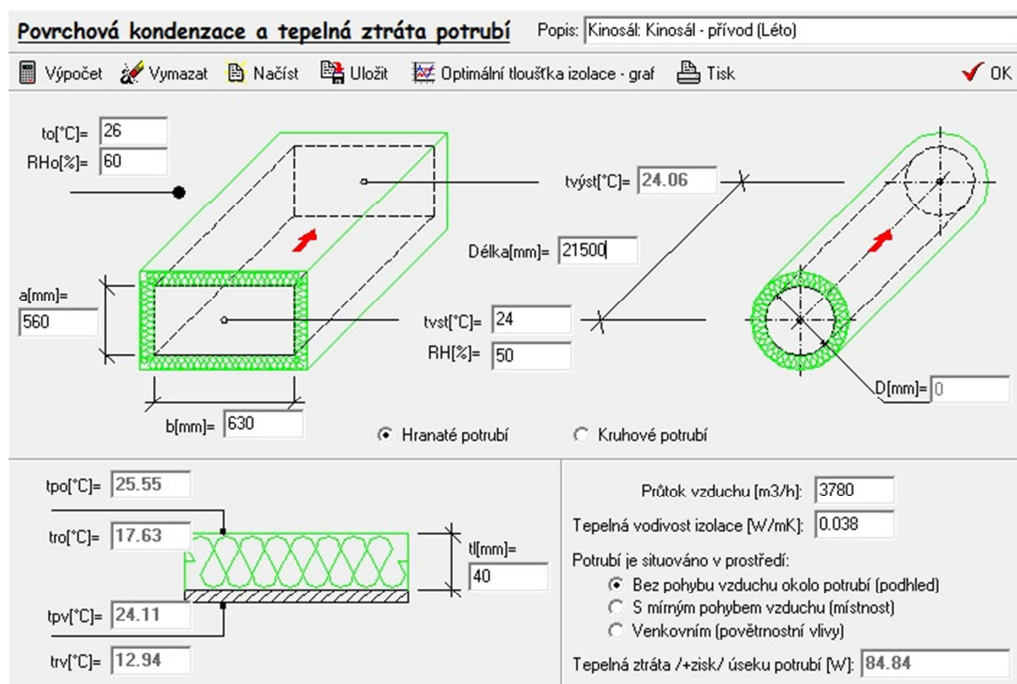
RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	2.9	m/s
ve volné ploše:	8.7	m/s

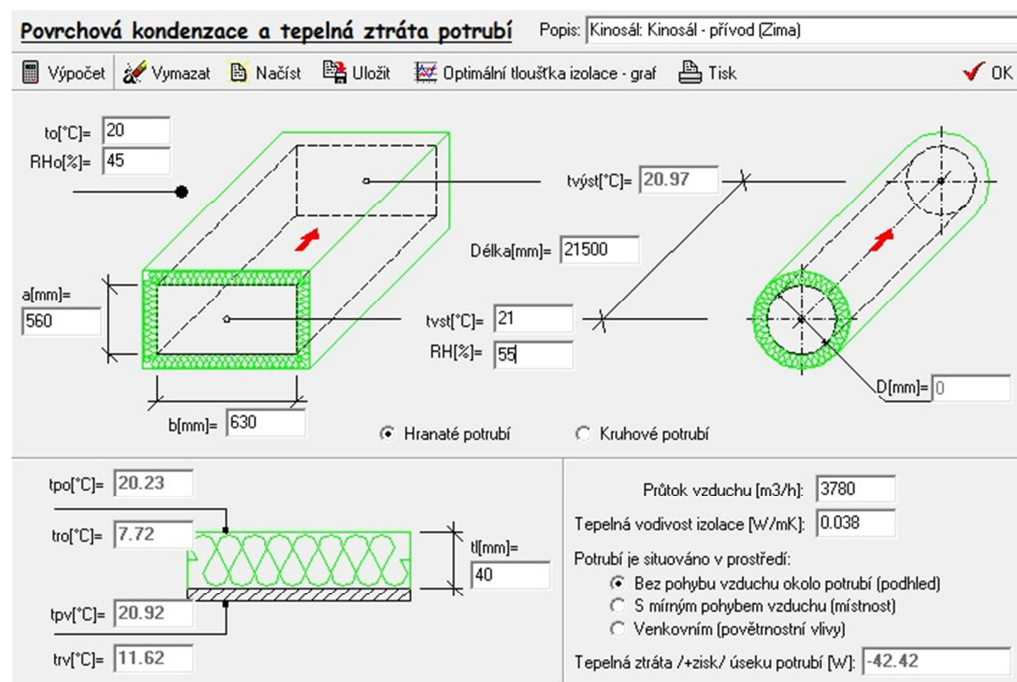
Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí $\pm 10\%$.

B.4.10 Tepelná izolace

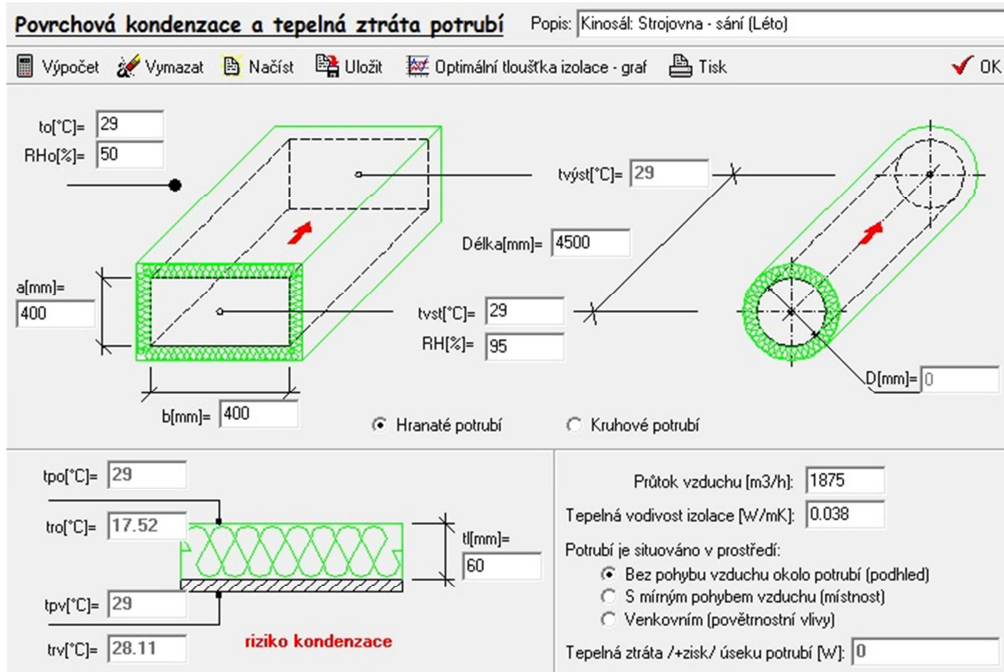
K návrhu tloušťky izolace byl použit výpočetní program TERUNA, který byl vytvořen na VUT v Brně na ústavu TZB. Zvolená izolace je vyrobena firmou ISOVER.



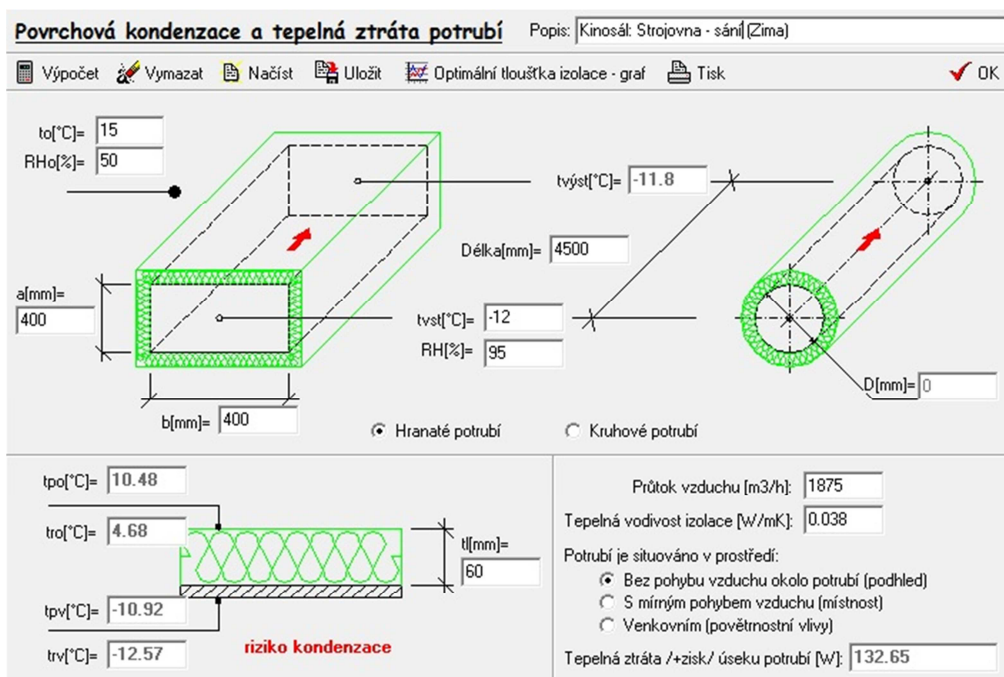
B.4.29 Výstup z programu TERUNA - Přívod (léto)



B.4.30 Výstup z programu TERUNA - Přívod (zima)



B.4.31 Výstup z programu TERUNA - Sání (léto)



B.4.32 Výstup z programu TERUNA - Sání (zima)

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Kinosál: Strojovna - výtlak (Léto)

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 29$
 $\text{RH}_o[\%] = 50$

$a[\text{mm}] = 400$
 $b[\text{mm}] = 400$

$\text{tvst}[^\circ\text{C}] = 24$
 $\text{RH}[\%] = 50$

$\text{tvýst}[^\circ\text{C}] = 24.05$
 $\text{Délka}[\text{mm}] = 4500$
 $D[\text{mm}] = 0$

☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

$\text{tpo}[^\circ\text{C}] = 27.86$
 $\text{tro}[^\circ\text{C}] = 17.52$
 $\text{tpv}[^\circ\text{C}] = 24.27$
 $\text{trv}[^\circ\text{C}] = 12.94$

$\text{tl}[\text{mm}] = 40$

Průtok vzduchu $[\text{m}^3/\text{h}]$: 1875
 Tepelná vodivost izolace $[\text{W}/\text{mK}]$: 0.038

Potrubí je situováno v prostředí:

- ☒ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
- ☐ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
- ☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí $[\text{W}]$: 31.26

B.4.33 Výstup z programu TERUNA - Výtlak (léto)

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Kinosál: Strojovna - výtlak (Zima)

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 15$
 $\text{RH}_o[\%] = 50$

$a[\text{mm}] = 400$
 $b[\text{mm}] = 400$

$\text{tvst}[^\circ\text{C}] = 21$
 $\text{RH}[\%] = 50$

$\text{tvýst}[^\circ\text{C}] = 20.94$
 $\text{Délka}[\text{mm}] = 4500$
 $D[\text{mm}] = 0$

☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

$\text{tpo}[^\circ\text{C}] = 16.36$
 $\text{tro}[^\circ\text{C}] = 4.68$
 $\text{tpv}[^\circ\text{C}] = 20.62$
 $\text{trv}[^\circ\text{C}] = 10.19$

$\text{tl}[\text{mm}] = 40$

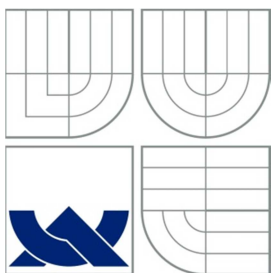
Průtok vzduchu $[\text{m}^3/\text{h}]$: 1875
 Tepelná vodivost izolace $[\text{W}/\text{mK}]$: 0.038

Potrubí je situováno v prostředí:

- ☒ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
- ☐ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
- ☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí $[\text{W}]$: -37.52

B.4.34 Výstup z programu TERUNA - Výtlak (zima)



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

C. PROJEKTOVÁ ČÁST

VZDUCHOTECHNIKA MULTIFUNKČNÍHO SÁLU AIRCONDITION OF MULTIFUNCTIONAL HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ ŽÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL UHER, Ph. D.

BRNO 2014

C.1 Technická zpráva

C.1.1 Úvod

Předmětem této technické zprávy je návrh vzduchotechnických zařízení do komplexu multifunkčního sálu. Podrobně byla řešena část foyer, kde bylo navrženo teplovzdušné vytápění a prostor kinosálu, kde byla navržena klimatizace tak, aby byly zajištěny předepsané hodnoty hygienických výměn vzduchu a pohody prostředí v uvažovaných prostorách.

C.1.1.1 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Podkladem pro zpracování této technické zprávy jsou výkresy půdorysů a řezů stavební části, příslušné zákony a prováděcí vyhlášky, ČSN a podklady výrobců VZT zařízení

Jedná se například o:

- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb
- ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN 12 7010 – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení
- ČSN 73 0802 a ČSN 73 0810 – Požární bezpečnost staveb
- ČSN 73 0872 – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení

C.1.1.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Místo: Brno

Nadmořská výška: 200 m. n. m.

Normální tlak vzduchu: 99 kPa

Výpočtová teplota vzduchu: Léto: 29°C, Zima: -12°C

C.1.2 Základní koncepční řešení

V budově je z hlediska úpravy vzduchu řešená část kinosálu, foyer a odvětrání hygienických prostor. V prostoru kinosálu je navržena samostatná klimatizační jednotka od firmy REMAK, která má zajistit vnitřní mikroklima jak v letním, tak zimním období. V prostoru foyer je uvažováno s teplovzdušným vytápěním pomocí zařízení opět od firmy REMAK s odvodem vzduchu z prostoru hygienického zázemí.

Veškeré úpravy vzduchu a návrhy jsou v souladu s příslušnými hygienickými, zdravotnickými a bezpečnostními předpisy a normami platnými na území České republiky. Výpočtové hodnoty uvažované ve výpočtech a výpočtové metody použité v tomto projektu jsou převzaty zejména z výše uvedených norem a předpisů.

C.1.2.1 Hygienické větrání a klimatizace

Hygienické větrání je navrženo na úrovni minimálního hygienického kritéria podle obecně závazných předpisů.

- dávka venkovního vzduchu na osobu byla stanovena na 25 m³/h
- dávka vzduchu na zařizovací předmět byla stanovena dle typu předmětu takto:
 - Umyvadlo 30 m³/h.ks , pisoár 25 m³/h.ks, WC 50 m³/h.ks
- rovnotlaká klimatizace je řešena v prostoru kinosálu
- vytápění v prostoru foyer je řešeno pomocí teplovzdušného vytápění
- podtlakové větrání je řešeno v prostorech hygienického zázemí, kde úhrada odsátého vzduchu bude tvořena z prostoru chodby, která je spojena s foyer, kde je odebíraný vzduch přiváděn
- je uvažováno s jednostupňovou filtrací třídy M5
- maximální přípustná hodnota hladiny vnitřního hluku je stanovena pro kinosál na 50 dB a pro prostor foyer na hodnotu 55 dB dle nařízení vlády 277/2011 sb., kterých se dosáhne pomocí navržených tlumičů hluku

C.1.2.2 Energetické zdroje

Elektrická energie

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů VZT zařízení

Tepelná energie

Pro ohřev vzduchu v tepelném výměníku vzduchotechnických jednotek bude sloužit topná voda s rozsahem pracovních teplot 90/70 °C. Výrobu teplé vody zajistí profese ÚT.

Pro chlazení vzduchu bude užito vodního chladiče ve vzduchotechnické jednotce o teplotním spádu vody 6/12 °C. Výrobu chladicí vody zajistí v blokovém chladícím zařízení, které není v projektu řešeno, například CHILLERU.

C.1.3 Popis technického řešení

Návrh řešení větrání prostor vychází ze zadaných půdorysů a řezů námi řešené budovy, čili ze stavebních dispozic a z požadavků na interní mikroklima jednotlivých prostor. V této práci je předmětem řešení prostor kinosálu, foyer a hygienické zázemí kinosálu. Rozvod vzduchu je řešen jako nízkotlaký systém větrání.

Navržená vzduchotechnická zařízení jsou rozděleny do následujících funkčních celků.

C.1.3.1 Zařízení č.1 – Klimatizace kinosálu

Pro kinosál byla zvolena klimatizační jednotka REMAK s jednostupňovou filtrací vzduchu s filtrem třídy M5, rekuperaci vzduchu z důvodů úspory energie s funkcí směšování s poměrem 50%, ohřev a chlazení vzduchu pomocí vodních výměníků a parní vlhčení, které má zajistit optimální vlhkost prostředí, která byla stanovena na 60%. Zařízení bude zajišťovat jak chlazení dané místnosti přes letní období, tudíž pokrývat tepelné zisky, tak vytápění přes období zimní, tudíž pokrytí tepelných ztrát. Vzduchotechnická jednotka bude umístěna ve druhém patře

objektu v prostoru strojovny na podstavci se stavitelnými nožkami dodávaném taktéž firmou REMAK. Sání čerstvého vzduchu bude umístěno na fasádě budovy a bude kryto protidešťovou žaluzií. Výfuk znehodnoceného vzduchu bude veden na střechu z důvodu dosažení dostatečné vzdálenosti sání a výfuku vzduchu. Taktéž bude chráněn protidešťovou žaluzií.

K rozvodu přírodního vzduchu do kinosálu bude sloužit čtverhranné potrubí z pozinkovaného plechu na kterém budou osazeny tři tlumiče hluku, které zajistí požadované akustické parametry. Koncovými elementy na přívodu byly zvoleny anemostaty.

K odvodu znečištěného vzduchu bude taktéž sloužit čtverhranné potrubí z pozinkovaného plechu na kterém budou umístěny stejně jako na přírodním potrubí tři tlumiče stejných parametrů. Koncovým elementem pro odvod vzduchu bude v tomto případě mřížka.

Tepelná izolace potrubí bude provedena pomocí pásů z kamenné vlny s jednostranným hliníkovým polepem. Izolovat se bude přírodní potrubí a to na úseku sání izolací tloušťky 60 mm a na úseku výtlaku izolací tloušťky 40 mm. Tato úprava by měla zabránit kondenzaci vodních par a omezit teplotní změny vzduchu vedeného potrubím vlivem okolního prostředí.

C.1.3.2 Zařízení č.2 – Teplovzdušné vytápění foyer a odvětrání hygienických prostor

Pro foyer byla zvolena vzduchotechnická jednotka pro teplovzdušné vytápění opět od firmy REMAK s jednostupňovou filtrací třídy M5 a vodním ohřevačem. Není zde osazená směšovací komora, jelikož nutné množství čerstvého vzduchu přiváděného do místnosti je větší než množství vzduchu na pokrytí ztrát při zvoleném rozdílu teplot Δt_{kz} . Zařízení bude tedy zajišťovat vytápění foyer přes zimní období, tudíž pokrytí tepelných ztrát a odvětrání znečištěného vzduchu z prostor hygienického zařízení kinosálu. Vzduchotechnická jednotka bude zavěšena pod stropem v přilehlém příručním skladu, který sousedí s foyer. Sání čerstvého vzduchu bude umístěno na fasádě budovy a bude kryto protidešťovou žaluzií. Výfuk znehodnoceného vzduchu bude vyveden nad střešní konstrukci a bude chráněn protidešťovou žaluzií.

K rozvodu přírodního vzduchu do foyer bude použito čtverhranného potrubí z pozinkovaného plechu na kterém budou osazeny tři tlumiče hluku. Dva tlumiče budou umístěny na výtlačném potrubí a jeden na sání. Koncovými elementy na přívodu byly zvoleny anemostaty.

K odvodu znečištěného vzduchu bude sloužit rovněž čtverhranné potrubní vedení z pozinkovaného plechu na kterém budou umístěny dva tlumicí elementy. Jeden tlumič bude instalován na výtlaku a jeden na odvodu znehodnoceného vzduchu z hygienického zázemí. Z důvodů stísněných podmínek je prostorově náročné umístit elementy dva k zajištění lepšího akustického útlumu ve foyer, avšak i jeden tlumič postačí ke splnění maximální hlučnosti v prostoru a to s rezervou 3 dB. Koncovým elementem pro prostor foyer byl zvolen anemostat stejných parametrů jako anemostat přírodní a pro odvod vzduchu z hygienických prostor byli zvoleny talířové ventily.

Tepelná izolace potrubí bude provedena pomocí pásů z kamenné vlny s jednostranným hliníkovým polepem. Izolovat se bude přírodní potrubí a to na úseku sání izolací tloušťky 60 mm a

na úseku výtlačku izolací tloušťky 40 mm. Tato úprava by měla zabránit kondenzaci vodních par a omezit teplotní změny vzduchu vedeného potrubím vlivem okolního prostředí.

C.1.4 Nároky na energie

Součtové elektrické příkony ventilátorů:

Zařízení č. 1: $P_{\text{Vodvod}} = 1,82 \text{ kW}$, $P_{\text{Vpřívod}} = 2,26 \text{ kW}$

Zařízení č. 2: $P_{\text{Vodvod}} = 0,205 \text{ kW}$, $P_{\text{Vpřívod}} = 0,205 \text{ kW}$

C.1.5 Měření a regulace

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

- ovládání chodu ventilátoru, silové napájení ovládaných zařízení
- regulace teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohřívače v zimním období
- regulace teploty vzduchu řízením výkonu vodního chladiče v letním období
- umístění teplotních a vlhkostních čidel podle požadavků
- protimrazová ochrana deskového výměníku nastavováním obtokové klapky
- ovládání uzavíracích klapek na jednotce včetně dodání servopohonů
- protimrazová ochrana teplovodního výměníku – měření na straně vzduchu i vody
Při poklesu teploty: 1) vypnutí ventilátoru, 2) uzavření klapky, 3) otevření třícenného ventilu, 4) spouštění čerpadla
- signalizace bezporuchového chodu ventilátoru pomocí diferenčního snímače tlaku
- plynulá regulace výkonu ventilátoru frekvenčními měniči na přívodu i odvodu vzhledem k zanesení filtrů a možnosti nastavení vzduchového výkonu zařízení podle potřeby provozu a časového rozvrhu
- snímání a signalizace zanesení filtrů
- poruchová signalizace
- snímání signalizace chodu, poruchy, zapnutí a vypnutí zdroje chladu

C.1.6 Nároky na související profese

C.1.6.1 Stavební úpravy

- vybourání otvorů pro prostupy vzduchovodů a následně jejich zapravení a odklizení sutě
- obložení a dotěsnění prostupů VZT potrubí izolačními hmotami v rámci stavebních úprav
- dotěsnění a oplechování prostupů VZT
- zajištění povrchové úpravy podlahy pro bezpečný provoz a vyspádování podlahy k instalované vpusti
- zřízení revizních otvorů pro přístup k regulačním klapkám
- zajištění případných nátěrů prvků VZT v exteriéru

C.1.6.2 Silnoproud

- zapojení všech zařízení potřebujících k provozu el. energii

C.1.6.3 Vytápění

- připojení otopné vody o teplotním spádu 90/70 °C k ohřivačům VZT jednotek včetně příslušných regulačních armatur

C.1.6.4 Chlazení

- připojení chladicí vody o teplotním spádu 6/12 °C k chladičům VZT jednotek včetně příslušných regulačních armatur

C.1.6.5 Zdravotní technika

- odvod kondenzátu z VZT jednotky
- zřízení podlahových vpustí v místnosti s VZT jednotkou

C.1.7 Protihluková a protitřesová opatření

C.1.7.1 Protihluková opatření

Do tras potrubí, které jsou vedeny do námi řešených místností jsou navrženy tlumiče hluku, které tlumí akustický hluk pod úroveň maximálně přípustnou, která u kinosálu činí 50dB a u foyer 55dB. U kinosálu jsme však maximální hranici hluku 50 dB pojali jako ne příliš vhodnou, vzhledem k účelu sálu, a tak byly navrženy tlumiče tak, aby byla hladina hluku co možno nejnižší a nedocházelo k rušivému hluku při projekci. V našem případě byla hladina hluku snížena na hodnotu 34 dB.

C.1.7.2 Protitřesová opatření

Vzduchovody jsou pružně připojeny ke zdroji hluku (VZT jednotka) pružnými manžetami. Veškeré mechanické stroje (ventilátory ve VZT jednotkách) budou pružně uloženy za účelem eliminace vibrací, které tyto stroje vykonávají jako doprovodný jev své činnosti. Stavitelné nohy VZT jednotky budou podloženy rýhovanou gumou za stejným účelem.

C.1.8 Izolace a nátěry

Tepelná izolace potrubí bude provedena pomocí pásů z kamenné vlny s jednostranným hliníkovým polepem. Izolovat se bude přívodní potrubí a to na úseku sání izolací tloušťky 60 mm a na úseku výtlačku izolací tloušťky 40 mm. Tato úprava by měla zabránit kondenzaci vodních par a omezit teplotní změny vzduchu vedeného potrubím vlivem okolního prostředí. Zvolená izolace je produktem firmy ISOVER s deklarovaným součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

Nátěry v projektu nejsou uvažovány vzhledem k použitému materiálu (pozinkovaný plech)

C.1.9 Protipožární opatření

Všechny prostupy vzduchotechnického potrubí procházející přes požárně dělící konstrukce budou opatřeny požárními ucpávkami. Dále budou ve vzduchovodech osazeny protipožární klapky a to v případě kdy prochází potrubí stavební konstrukcí ohraničující určitý požární úsek. V našem případě se jedná o dvě požární klapky, které jsou umístěny na vstupu potrubí do prostoru kinosálu. Zde pak slouží k zabránění šíření požáru do dalších úseků. V případě, kdy nebude možné protipožární klapku osadit do požárně dělící konstrukce je nutné na potrubí mezi touto konstrukcí a protipožární klapkou umístit izolaci s požadovanou požární odolností.

C.1.10 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

- montáž bude provádět odborná firma, která má kvalifikaci k provádění instalačních prací tohoto typu, dle projektové dokumentace a pokynů, které jsou stanoveny pro správný chod zařízení
- veškerá zařízení po zhotovení musí být řádně odzkoušena a zaregulována
- provoz a údržba se bude řídit dle jednotlivých specifikací zařízení a výrobků
- zařízení musí být pravidelně kontrolováno, čištěno a udržováno osobou k tomu oprávněnou a kvalifikovanou

C.1.11 Závěr

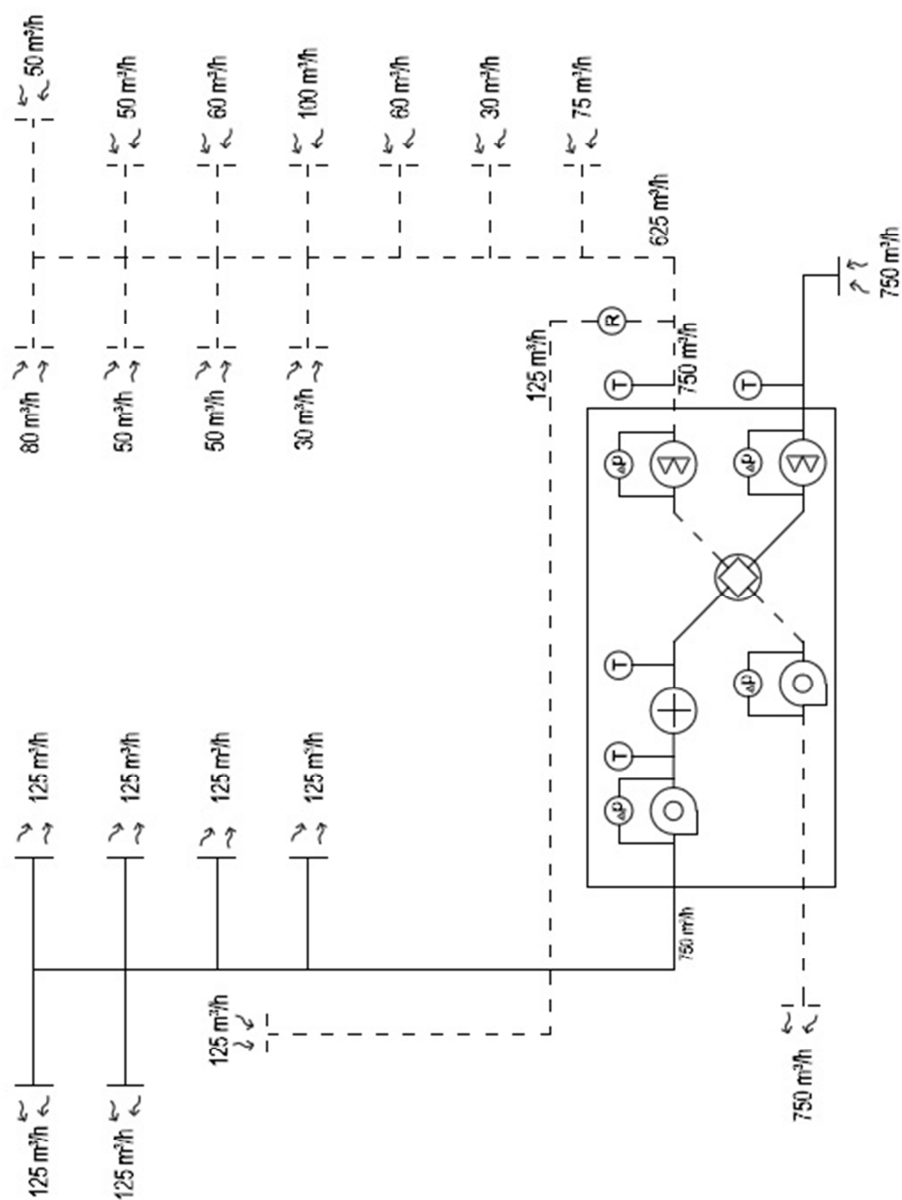
Navržená vzduchotechnická zařízení pro klimatizaci kinosálu, teplovzdušného vytápění a odvětrání hygienického zázemí splňují nároky kladené na provoz. Zabezpečí v řešených místnostech požadované mikroklima a požadovanou výměnu vzduchu. Vyhoví i na požadavky akustického hluku a požární bezpečnosti.

C.2 Tabulka místností

Místnost		Údaje o místnosti				Parametry větrání		Období		
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha	sv. výška	Objem	Počet osob	Přívod vzduchu	Odvod vzduchu	Léto		Zima
		m ²	m	m ³		m ³ /h	m ³ /h	T(C°)	φ(%)	T(C°) φ(%)
Klimatizace										
1.32	Kinosál	166	5,5	914	75	3780	3780	26	60	20 45
Celkem					75	3780	3780			
Teplovzdušné vytápění										
1.03 a 1.04	Foyer a bar	64	2,9	186	30	750	125	-	-	20 45
1.06	Umývárna	2,2	2,9	6,4	-	-	30	-	-	20 45
1.07	WC personál	2,7	2,9	7,8	-	-	75	-	-	20 45
1.08	Úklid	1,7	2,9	5	-	-	30	-	-	20 45
1.09	Umývárna	3,15	2,9	9,1	-	-	60	-	-	20 45
1.10	WC ženy	9,75	2,9	28,3	-	-	150	-	-	20 45
1.11	Umývárna	3,15	2,9	9,1	-	-	60	-	-	20 45
1.12	WC muži	9	2,9	26,1	-	-	150	-	-	20 45
1.13	WC invalidé	3	2,9	8,7	-	-	80	-	-	20 45
Celkem					30	750	750			

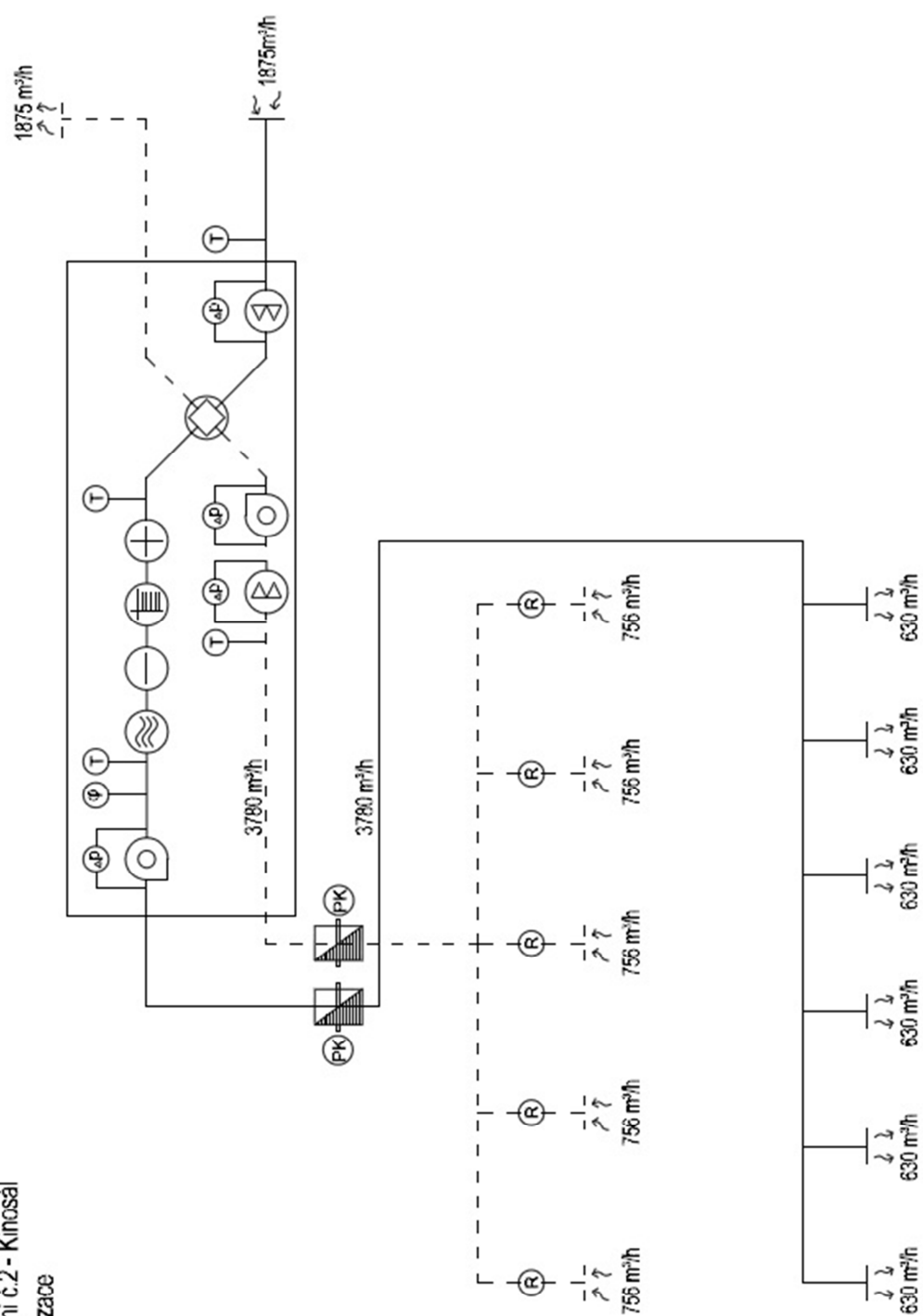
C.3 Funkční schémata zapojení

Funkční schéma
Zařízení č. 1 - Bar a foyer
Teplovzdušné vytápění



C.3.1 Funkční schéma - Bar a foyer

Funkční schéma
Zařízení č.2 - Kinosál
Klimatizace



C.3.2 Funkční schéma - Kinosál

C.4 Specifikace zařízení

C.4.1 Foyer a bar

Označení	Název prvku	Jednotka	Množství	Výrobce
1.01	Vzduchotechnická jednotka			Remak, a. s.
	<i>Přívodní část</i>			
	Tlumící vložka	ks	2	
	Filtr F5	ks	1	
	Deskový rekuperátor	ks	1	
	Vodní ohřívač	ks	1	
	Ventilátor	ks	1	
	<i>Odvodní část</i>			
	Tlumící vložka	ks	2	
	Filtr F5	ks	1	
	Deskový rekuperátor	ks	1	
	Ventilátor	ks	1	
1.02	Anemostat ALCM 250 - přívod	ks	6	Mandík, a. s.
1.03	Anemostat ALCM 250 - odvod	ks	1	
1.04	Talířový ventil TVOM Ø 80	ks	10	
1.05	Talířový ventil TVOM Ø 100	ks	2	
1.06	Tlumič hluku 450x200x1000	ks	2	Mart s. r. o.
1.07	Tlumič hluku 450x200x1500	ks	1	
1.08	Regulační klapka 200x200	ks	1	Mandík, a. s.
1.09	Čtyřhranné ocelové potrubí			Mart s. r. o.
	<i>Přívod</i>			
	720/0% tvarovek	mb	2,5	
	960/20% tvarovek	mb	3,0	
	1030/20% tvarovek	mb	3,0	
	1110/60% tvarovek	mb	4,6	
	<i>Odvod</i>			
	400/35% tvarovek	mb	2,5	
	450/30% tvarovek	mb	4,85	
	560/35% tvarovek	mb	0,75	
	640/10% tvarovek	mb	2,3	
	720/15% tvarovek	mb	1,8	
	800/50% tvarovek	mb	0,55	
	900/10% tvarovek	mb	5,0	
	1030/25% tvarovek	mb	1,1	
	1110/35% tvarovek	mb	2,5	
1.10	Ohebné potrubí Aluflex MO Ø82 mm	mb	6,0	Elektrodesign ventilátory spol.

1.11	Ohebné potrubí Aluflex MO Ø102 mm	mb	1,5	s. r. o.
1.12	Ohebné potrubí Aluflex MO Ø160 mm	mb	7,0	
1.13	Tepelná a zvuková izolace ORSTECH LSP 40 tl.40mm	m ²	15	Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. (Isover)
1.14	Tepelná a zvuková izolace ORSTECH LSP 40 tl.60mm	m ²	2	
1.15	Dveřní mřížka 200x100	ks	1	Systemair
1.16	Dveřní mřížka 500x100	ks	3	
1.17	Dveřní mřížka 500x150	ks	2	
1.18	Dveřní mřížka 500x200	ks	2	
1.19	Protidešťová žaluzie 355x355	ks	2	Mandík, a. s.

C.4.2 Kinosál

Označení	Název prvku	Jednotka	Množství	Výrobce
2.01	Vzduchotechnická jednotka			Remak, a. s.
	<i>Přívodní část</i>			
	Filtr F5	ks	1	
	Deskový rekuperátor	ks	1	
	Vodní ohřívač	ks	1	
	Zvlhčovací zařízení	ks	1	
	Vodní chladič	ks	1	
	Ventilátor	ks	1	
	<i>Odvodní část</i>			
	Filtr F5	ks	1	
	Deskový rekuperátor	ks	1	
	Ventilátor	ks	1	
2.02	Anemostat ALCM 600 - přívod	ks	6	Mandík, a. s.
2.03	Stěnová mřížka SMM 400x250	ks	5	
2.04	Regulační klapka RKM 400x250	ks	5	
2.05	Tlumič hluku 630x560	ks	6	Mart s. r. o.
2.06	Tlumič hluku 450x400	ks	2	
2.07	Požární klapka 630x560	ks	1	Mandík, a. s.
2.08	Požární klapka 300x1000	ks	1	
2.09	Čtyřhranné ocelové potrubí			Mart s. r. o.
	<i>Přívod</i>			
	1250/0% tvarovek	mb	1,0	
	1510/40% tvarovek	mb	1,25	
	1600/0% tvarovek	mb	3	

	1970/20% tvarovek	mb	2,75	
	2160/30% tvarovek	mb	1,65	
	2200/40% tvarovek	mb	1,0	
	2260/30% tvarovek	mb	1,8	
	2380/30% tvarovek	mb	15,5	
	<i>Odvod</i>			
	1300/0% tvarovek	mb	12,8	
	1600/20% tvarovek	mb	5,5	
	1630/25% tvarovek	mb	4,4	
	2380/25% tvarovek	mb	8,0	
	2710/70% tvarovek	mb	5,5	
2.10	Ohebné potrubí Aluflex MO Ø315mm	mb	3,5	Elektrodesign ventilátory spol. s. r. o.
2.11	Tepelná a zvuková izolace ORSTECH LSP 40 tl.40mm	m ²	65	Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. (Isover)
2.12	Tepelná a zvuková izolace ORSTECH LSP 40 tl.60mm	m ²	5	
2.13	Protidešťová žaluzie 500x500	ks	2	Mandík, a. s.

C.4.3 Závěr

Výsledkem této bakalářské práce je projektová dokumentace pro návrh vzduchotechnického řešení pro zadaný objekt multifunkčního sálu včetně jeho zázemí. Bylo zhotoveno ideové rozčlenění objektu na funkční celky, z nichž byl podrobněji řešen prostor kinosálu a foyer s hygienickým zázemím. Projekt je zhotoven na úrovni prováděcí dokumentace.

Do prostoru Foyer a baru bylo navrženo teplovzdušné vytápění, které má zajistit interní mikroklima na navržené teplotě 20 °C. Čerstvý upravený vzduch je přiváděn do prostoru foyer a z hygienického zázemí je vzduch odváděn. Cirkulace vzduchu mezi těmito prostory je zajištěna pomocí dveřních mřížek.

Do kinosálu byla navržena klimatizace, která má zajišťovat interní mikroklima jak v létě, tak i v zimě. V létě bude klimatizace zajišťovat v místnosti teplotu na 26 °C a v zimě na 20°C. Vzduch je přiváděn v zadní části sálu a odváděn u podlahy v blízkosti promítacího plátna.

Veškeré zařízení je projektováno tak, aby splňovaly podmínky provozní a hygienické určené závaznými normami.

Seznam použitých zdrojů:

[1] GEBAUER, Günter; RUBINOVA, Olga; HORKA, Helena, *Vzduchotechnika*. vyd. ERA, 2007. 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8

[2] HIRŠ, Jiří; GEBAUER, Günter, *Vzduchotechnika v příkladech 1.* vyd. Cerm, 2006. 230 s. ISBN 80-7204-486-9

[3] RUBINOVÁ, Olga, *Bakalářka ze vzduchotechniky* - E-learning FAST.Brno: VUT Brno, FAST, Ústav technických zařízení budov, 2014.

Dostupné z WWW: <http://lms.fce.vutbr.cz/course/view.php?id=205>

[4] ŠIKULA, Ondřej, *Ochlazování budov*. Brno: VUT Brno, FAST, ústav technických zařízení budov, 2013. Přednášky

[5] RUBINA, Aleš, *Technické zařízení budov III*. Brno: VUT Brno, FAST, ústav technických zařízení budov, 2013. Přednášky

[6] REMAK a.s. *AeroCAD Ver.4.9.07.*, Počítačový program pro návrh VZT jednotek.

[7] TERUNA, Počítačový program pro návrh tloušťky tepelné izolace na VZT potrubí

[8] Katalog produktů. Mandík

[9] Katalog produktů. Mart

[10] Vyhláška 6/2003 Sb. kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.

[11] Nařízení vlády 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

[12] TZB-info [online], ISSN 1801-4399

Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/>

[13] Mart s.r.o. [online]. MartAkustik – program na výpočet tlumičů hluku

Dostupné z WWW: <http://mart.cz/martakustik/>

Seznam použitých zkratek a označení

Symbols ve výpočtech

Značka	Jednotka	Popis
c	[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita
h	[m]	vzdálenost, výška
I	[W.m ⁻²]	intenzita sluneční radiace
l	[m]	délka
L _{wa}	[dB]	hladina akustického výkonu v oktávovém pásmu
n	[h ⁻¹]	intenzita výměny vzduchu
O	[m ³]	objem
p	[Pa]	tlak
Q	[W]	tepelné zisky
S	[m ²]	plocha, průřez
t	[K (°C)]	teplota
t _i	[K (°C)]	teplota vnitřní
t _e	[K (°C)]	teplota vnější
t _p	[K (°C)]	teplota přiváděného vzduchu
w	[m.s ⁻¹]	průměrná rychlost
v	[m ³ .kg ⁻¹]	měrný objem
V	[m ³ .h ⁻¹]	objemový průtok
x	[kg/kg]	měrná vlhkost (vodní obsah)

Řecká abeceda

α	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla
γ	[°]	azimutový úhel normály stěny
Δ	[-]	konečný rozdíl dvou teplot
δ	[°]	sluneční deklinace
ξ	[-]	součinitel vřazeného odporu

η	[-]	účinnost
λ	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti
ρ	[kg.m ⁻³]	objemová hmotnost, hustota
ϕ	[-]	relativní vlhkost vzduchu
ϕ	[h]	časové zpoždění

Zkratky v textu

apod.	[-]	a podobně
MaR	[-]	měření a regulace
např.	[-]	například
obr.	[-]	obrázek
tl.	[-]	tloušťka
VZT	[-]	vzduchotechnika
viz.	[-]	odkaz na jinou stránku/ text
ZZT	[-]	zpětné získávání tepla

Přílohy

Výkresy

Výkres č.1 - Půdorys foyer a baru

Výkres č.2 - Půdorys kinosálu

Výkres č.3 - Řez A-A'

Výkres č.4 - Řez B-B'

Výkres č.5 - Řez C-C' a D-D'

Výkres č.6 - Řez E-E' a H-H'

Výkres č.7 - Řez F-F'

Výkres č.8 - Řez G-G'

Výkres č.9 - Řez I-I'

Výstupy z výpočetních programů

Výstup č.1 - Výpočet VZT jednotky REMAK