



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## VZDUCHOTECHNIKA ZÁKLADNÍ ŠKOLY

VENTILATION OF A PRIMARY SCHOOL

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Erik Urban

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ONDŘEJ ŠIKULA, Ph.D.

BRNO 2020





# 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	Erik Urban
Název	Vzduchotechnika základní školy
Vedoucí práce	doc. Ing. Ondřej Šíkula, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

---

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

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

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

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

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

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

i) vlastní text práce s touto osnovou:

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu

B. Výpočtová část

analýza objektu – energetická zařízení zpracovaná v tématech:

tepelné bilance, průtoky, tlakové poměry, distribuce, dimenzování.

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

j) závěr,

k) seznam použitých zdrojů,

l) seznam použitých zkratk a symbolů,

m) seznam příloh,

n) přílohy - výkresy

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce řeší v první části problematiku mikroklimatu ve školních budovách. Druhá část se zabývá návrhem nuceného rovnotlakového větrání jednopodlažní základní školy. V třetí části je zpracována technická dokumentace navrhnutého vzduchotechnického zařízení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Mikroklima ve školních budovách, nucené větrání, vzduchotechnika, koncentrace CO<sub>2</sub>, rovnotlaké větrání.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis addresses the first part to the microclimate in school buildings. The second part concerns the proposals of forced equal pressure ventilation of single-storey primary school. In the third part, the technical documentation of the proposed ventilation equipment is processed.

## **KEYWORDS**

Microclimate in school buildings, forced ventilation, ventilation system, CO<sub>2</sub> concentration, equal pressure ventilation.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Erik Urban *Vzduchotechnika základní školy*. Brno, 2020. 127 s., 8 s. příl.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav  
technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Ondřej Šikula, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Vzduchotechnika základní školy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 23. 3. 2020

---

Erik Urban  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vzduchotechnika základní školy* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 3. 2020

---

Erik Urban  
autor práce





## **PODĚKOVÁNÍ**

V první řadě bych velmi rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Ondřeji Šikulovi, Ph.D. za vstřícnost, odbornou pomoc a cenné rady při zpracování mé práce. Dále chci poděkovat panu starostovi obce Kateřinice Ing. Vojtěchu Zubíčkovi, Ph.D., za umožnění se podílet na projektu vzduchotechniky základní školy a za cenné rady a připomínky k mé bakalářské práci. V neposlední řadě bych také velmi rád poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu při studiu vysoké školy.

## Obsah

ÚVOD.....	15
A. TEORETICKÁ ČÁST .....	17
A.1. Úvod .....	19
A.2. Legislativní požadavky na tepelně vlhkostní mikroklima ve školských budovách .....	19
A.2.1. Zákonné požadavky .....	19
A.2.2. Normové požadavky .....	20
A.2.3. Ostatní požadavky.....	20
A.3. Interní mikroklima budov .....	20
A.3.1. Tepelně vlhkostní mikroklima .....	21
A.3.2. Mikrobiální klima.....	21
A.3.3. Ionizační mikroklima .....	22
A.3.4. Aerosolové mikroklima .....	22
A.3.5. Odérové mikroklima .....	22
A.3.6. Toxické mikroklima .....	22
A.4. Tvorba interního mikroklimatu ve školních budovách .....	22
A.4.1. Větrání budov .....	23
A.4.2. Požadavky na větrání škol .....	23
A.4.3. Měření na základní škole .....	24
A.4.3.1 Popis měřené budovy .....	24
A.4.3.2 Hodnoty naměřené na základní škole při větrání okny.....	25
A.4.3.3 Zhodnocení naměřených hodnot .....	26
A.4.3.4 Měřící přístroj.....	27
A.4.3.5 Koncentrace CO <sub>2</sub> ve venkovním prostředí .....	28
A.4.4. Přirozené větrání .....	29
A.4.4.1 Infiltrace.....	30
A.4.4.2 Větrání otevřenými okny.....	30
A.4.4.3 Větrání okny pomocí servopohonu .....	31
A.4.5. Nucené větrání .....	31
A.4.5.1 Centrální .....	32

A.4.5.2	Semicentrální .....	33
A.4.5.3	Decentrální.....	33
A.4.5.4	Hybridní větrání.....	34
A.4.5.5	Rovnotlaké větrání.....	34
A.4.5.6	Přetlakové větrání.....	35
A.4.5.7	Podtlakové větrání.....	35
A.4.5.8	Hlukové parametry.....	35
A.5.	Měření a regulace .....	35
A.5.1.	Regulátor průtoku vzduchu.....	36
A.5.2.	Čidlo CO <sub>2</sub> .....	36
A.6.	Závěr .....	38
B.	VÝPOČTOVÁ ČÁST.....	39
B.1.	Analýza objektu.....	41
B.1.1.	Popis objektu.....	41
B.1.2.	Rozdělení objektu na funkční celky.....	41
B.1.3.	Pokrytí tepelné ztráty prostupem a větráním.....	42
B.2.	Výpočet tepelných ztrát.....	43
B.2.1.	Tepelný odpor pro jednotlivé vrstvy konstrukce .....	43
B.2.2.	Výpočet tepelných ztrát.....	44
B.2.2.1	Výpočet tepelné ztráty Jazykové učebny .....	46
B.2.3.	Výpočet tepelných zisků .....	47
B.2.3.1	Tepelný zisk vnější .....	47
B.2.3.2	Tepelná zisk vnitřní.....	50
B.3.	Stanovení množství průtoku vzduchu .....	54
B.3.1.	Minimální průtok na jednu osobu.....	55
B.3.2.	Produkce škodlivin v místnosti .....	55
B.3.2.1	Odvod tepelné zátěže .....	55
B.3.2.2	Oxid uhličitý .....	56
B.3.2.3	Odvod vlhkosti .....	56
B.4.	Tlakové poměry.....	56
B.5.	Průtoky vzduchu .....	57

B.5.1.	Pro učebnu .....	57
B.5.2.	Pro hygienické zázemí WC MUŽI .....	57
B.6.	Dimenzování potrubí.....	59
B.7.	Návrh koncových elementů .....	64
B.7.1.	Návrh koncových elementů pro přívod (1.51, 1.52, 1.53, 1.54,1.55).....	64
B.7.2.	Návrh koncových elementů pro odvod vzduchu.....	72
B.7.3.	Návrh protidešťových žaluzií pro sání a výfuk vzduchu.....	78
B.7.4.	Návrh střešních výfukových a sacích hlavíc (2.12,2.13).....	80
B.8.	Návrh dveřních mřížek (2.09,2.10) .....	83
B.9.	Návrh požárních klapek (1.32,1.32,1.33) .....	84
B.10.	Výpočet útlumu hluku .....	86
B.10.1.	Útlum hluku do interiéru .....	87
B.10.2.	Útlum hluku do exteriéru.....	89
B.10.3.	Návrh tlumiče hluku (1.21,1.22,1.23,1.24).....	91
B.11.	Návrh tepelné a zvukové izolace.....	92
B.12.	Návrh vzduchotechnického zařízení.....	95
B.12.1.	Vzduchotechnické zařízení č.1 (1.01) .....	95
B.12.2.	Vzduchotechnické zařízení č.2 (2.01) .....	99
B.13.	Návrh regulátorů průtoků vzduchu .....	106
B.13.1.	Smartbox pro učebny (1.02,1.03).....	106
B.13.2.	Návrh konstantního regulátoru průtoku vzduchu RPM-K 200 SL/I-.01 TPM 094/13 (1.04).....	107
C.	PROJEKT.....	109
	Technická zpráva .....	110
C.1.	Úvod.....	110
C.2.	Vstupní parametry .....	110
C.2.1.	Místo stavby a popis objektu .....	110
C.2.2.	Základní klimatické údaje .....	111
C.2.3.	Podklady pro zpracování .....	111
C.3.	Energetické zdroje .....	113
C.4.	Základní koncepční řešení .....	113

C.5.	Popis hlavních zařízení vzduchotechniky .....	113
C.6.	Protihluková a protiotřesová opatření .....	115
C.7.	Izolace .....	116
C.8.	Požadavky na profese .....	116
C.8.1.	Stavba – je nutné zajistit .....	116
C.8.2.	Elektro .....	116
C.8.3.	Zti .....	117
C.8.4.	Vytápění.....	117
C.9.	Protipožární opatření .....	117
C.10.	Údržba zařízení .....	118
C.11.	Bezpečnost práce .....	118
C.12.	Závěr .....	118
	Položková specifikace.....	119
	Seznam použitých zkratk a označení.....	121
	Seznam obrázků .....	122
	Seznam tabulek.....	124
	Použité zdroje.....	125
	Seznam příloh .....	127



## ÚVOD

Ve své bakalářské práci se budu v první části zabírat mikroklimatem ve školních budovách. Pro práci jsem provedl měření v zimním období na základní škole v Kateřiníciích, kde přirozeně větráno.

V druhé části je řešen návrh nuceného větrání na nově postavené základní škole v Kateřiníciích. V budově bude navržena vzduchotechnická jednotka s rotačním rekuperačním výměníkem, ohříváčem vzduchu a parním zvlhčovačem.

Ve třetí části je zpracována technická zpráva, která popisuje zařízení včetně technických dat. Součástí je i výkresová část.







# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## VZDUCHOTECHNIKA ZÁKLADNÍ ŠKOLY

VENTILATION OF A PRIMARY SCHOOL

## A. TEORETICKÁ ČÁST

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Erik Urban

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ONDŘEJ ŠIKULA, Ph.D.

BRNO 2020



## A.1. Úvod

V teoretické části mé bakalářské práce se budu zaměřovat na problematiku mikroklimatu ve školních budovách. Většina škol v České republice nemá zajištěno nucené větrání a má zajištěno pouze přirozené větrání okny a infiltrací. V učebnách těchto škol poté vzniká problém s výskytem velkého množství CO<sub>2</sub>, který je škodlivý pro lidský organismus. V dnešní době je mikroklima ve školních budovách velmi řešená záležitost a je důležité, aby byla zajištěna náležitá výměna a přívod čerstvého vzduchu do místnosti. Největším problémem je velké množství CO<sub>2</sub>, které způsobuje únavu, ztrátu koncentrace a nesoustředěnost žáků při hodinách. To způsobuje zhoršení procesu učení a narušuje klimatickou pohodu v učebně.

## A.2. Legislativní požadavky na tepelně vlhkostní mikroklima ve školských budovách

### A.2.1. Zákonné požadavky

Požadavky jsou definovány ve vyhlášce č. 410/2005 Sb. Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.

Tabulka č.1. Množství přiváděného čerstvého vzduchu pro školské zařízení [1]

Typ prostoru	Množství vzduchu [m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup> ]
Učebny	20-30 na 1 žáka
Tělocvičny	20-90 na 1 žáka*
Šatny	20 na 1 žáka
Umývárny	30 na 1 umyvadlo
Sprchy	150-200 na 1 sprchu
Záchody	50 na 1 kabinu, 25 na 1 pisoár

\* s ohledem na konkrétní využití (dle druhu prováděného cvičení) a kapacitu tělocvičny

**Tabulka č.2.** Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu [1]

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění	Relativní vlhkost
	$t_g \text{ min} [^{\circ}\text{C}]$	$t_g \text{ opt} [^{\circ}\text{C}]$	$t_g \text{ max} [^{\circ}\text{C}]$	$v_a \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$	rh [%]
Učebny, pracovny, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20	22 ±2	28	0,1-0,2	30-65
Tělocvičny	18	20 ±2	28	0,1-0,2	30-65
Šatny	20	22 ±2	28	0,1-0,2	30-65
Sprchy	24	-	-	-	-
Záchody	18	-	-	0,1-0,2	30-65
Chodby	18			0,1-0,2	30-65

Vyhláška 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích stavby

### A.2.2. Normové požadavky

ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov

ČSN EN 15 665/Z1 Větrání budov

ČSN EN ISO 7730 Ergonomie tepelného prostředí

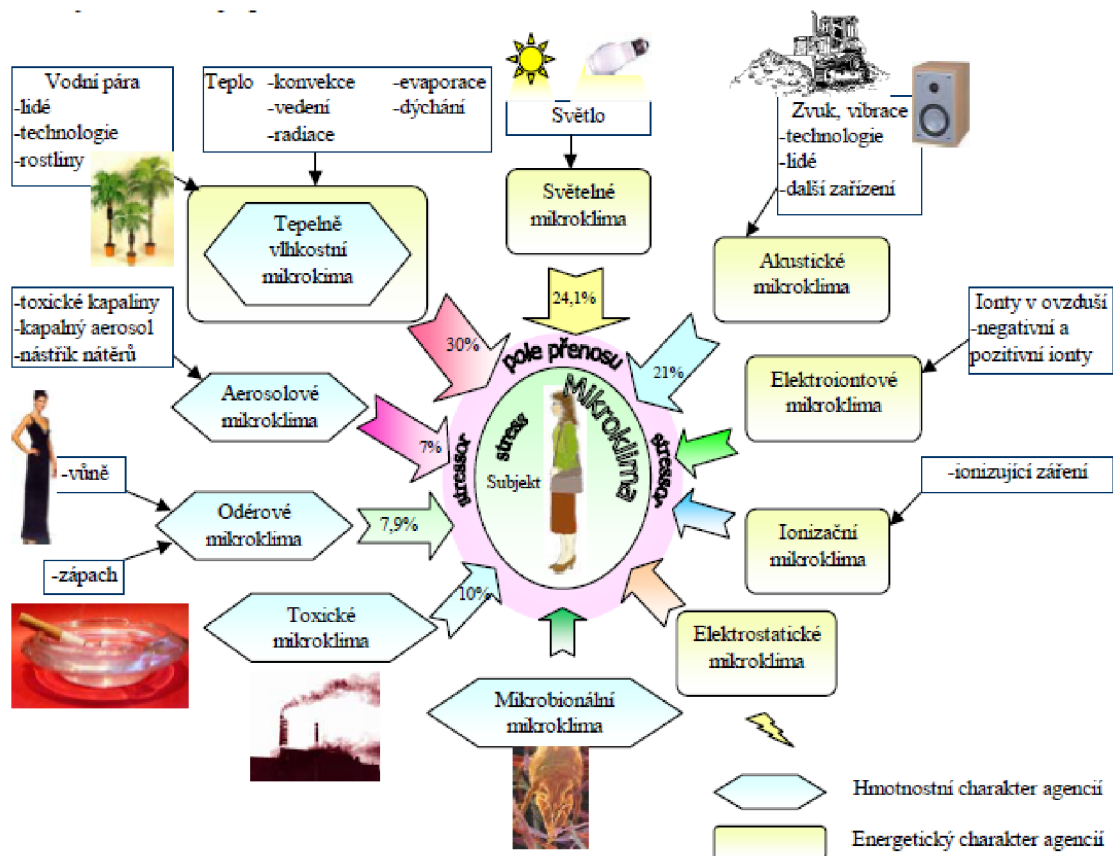
ČSN 73 0540-2 (730540) Tepelný ochrana budov

### A.2.3. Ostatní požadavky

Mezi ostatní požadavky můžeme zařadit požadavky investora. Dále mezi ně můžeme zařadit požadavky jiných profesí, ať už se jedná o architekty, požárníky apod.

## A.3. Interní mikroklima budov

Stále platí, že kvalita vzduchu v budovách je všeobecně horší než kvalita vzduchu ve venkovním prostředí. Větrání čerstvým vzduchem je pro lidské zdraví nepostradatelné. V budovách se setkáváme s jednotlivými druhy škodlivin ve vzduchu, které působí na lidský organismus. V uzavřeném prostředí to jsou složky tepelně vlhkostní, mikrobiální, ionizační, aerosolové, oděrové a toxické. [2]



Obrázek č.1. Schéma zásadních složek formujících interní mikroklima budov [3]

### A.3.1. Tepelně vlhkostní mikroklima

Patří k nejdůležitějším složkám pro zajištění vnitřního prostředí z hlediska zdraví a spokojenosti lidí. Je však důležité i ve vztahu k životnosti stavebních materiálů, budov atp. Teplota a vlhkost se vzájemně ovlivňují a podmiňují. Hygienicky doporučené vyšší relativní vlhkosti vzduchu v rozsahu 50 až 60 % zabraňují vysychání sliznic, ale pravidelně vedou ke vzniku plísní, hlavně v chladných a nevětraných rozích místnosti. Při poklesu relativní vlhkosti se naopak snižuje výhodně počet roztočů v textilích a výskyt následných alergií – astma. [2]

### A.3.2. Mikrobiální klima

Je tvořeno mikroorganismy bakterií, virů, plísní, spor a pylů, které se vyskytují v interiéru budov, s přímými účinky na člověka. Vážným problémem

se dnes stávají alergické syndromy způsobené sporama různých druhů, plísněmi a pylovými částicemi. [2]

### **A.3.3. Ionizační mikroklima**

Jsou to toky ionizujícího záření z přírodních radionuklidů a umělých zdrojů. Jedná se převážně o zdroje ionizujícího záření ze stavebních hmot, např. radioaktivních popílků s obsahem radia a emanaci radioaktivních plynů z podloží, případně ze stavebních hmot do interiéru budov. [2]

### **A.3.4. Aerosolové mikroklima**

Aerosoly se v ovzduší vyskytují ve formě pevných částic (prachů), nebo kapalných částic (mlhy). Pevné aerosoly jsou původu organického, anorganického, popř. smíšeného, s elektrickým nábojem kladným či záporným o velikosti 0,1 až 100 mikrometrů. [2]

### **A.3.5. Odérové mikroklima**

Obecně jsou odéry plynné složky ovzduší, vnímané jako vůně nebo zápachy, produkované člověkem nebo jeho činností. [2] Mezi odéry produkované osobami jsou například pot, vůně různých druhů voňavek.

### **A.3.6. Toxické mikroklima**

Je vytvářeno zejména patologickými účinky. Charakteristickými jsou zejména oxid síry (SO), oxidy dusíku (NO), oxid uhelnatý (CO), ozón, smog atd. V interiéru budov je zdravotně nejzávažnějším plynem CO, při dlouhodobém výskytu může dojít až k chronické otravě s poruchami paměti a psychiky. [2]

## **A.4. Tvorba interního mikroklimatu ve školních budovách**

Dále se budeme zajímat tepelně vlhkostním mikroklimatem a odérovým mikroklimatem.

#### **A.4.1. Větrání budov**

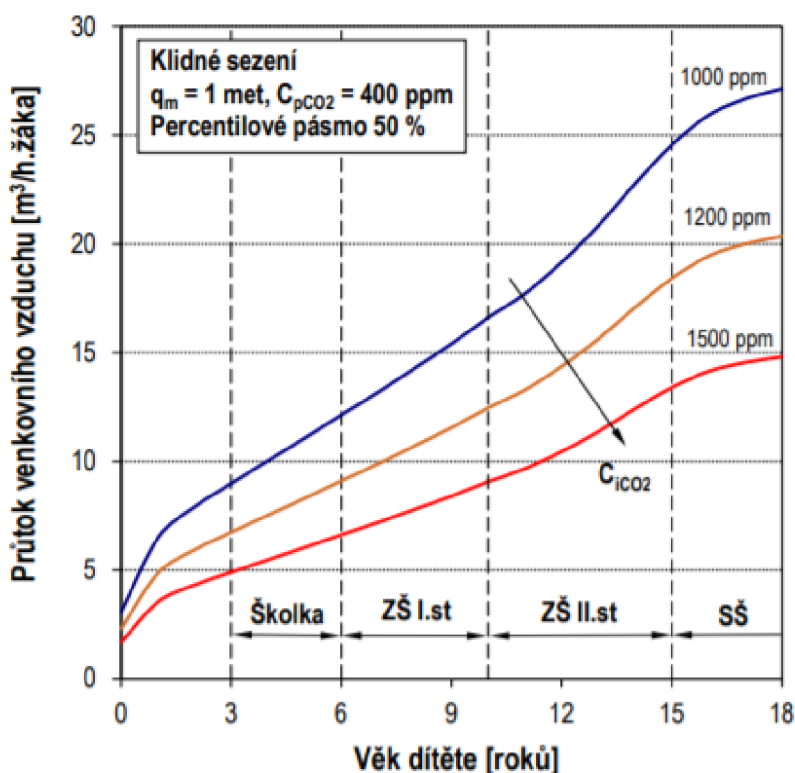
Minimální množství větracího vzduchu na osobu ve školní budově stanovené na základě produkce CO<sub>2</sub> je dle vyhlášky č. 410/2005 Sb. v platném znění č. 343/2009 Sb. 20 až 30 m<sup>3</sup>/h na žáka, což znamená nepřetržité větrání v uvedených dávkách. V časech, kdy byly okna např. netěsná dřevěná jednoduchá a měla spárovou průvzdušnost  $i = 1,9 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67}$  byla schopná zajistit až jednonásobnou (příliš vysokou) výměnu vzduchu s těmito okny. V dnešní době se však okna utěsňují nejen z důvodu omezení tepelných ztrát, ale i z důvodu protihlukových opatření. Stále se tedy prosazuje, že nejkvalitnější okna jsou ta, která nejlépe těsní. Proto dnešní okna mají výrazný pokles průvzdušnosti spárami, které zajišťují výměnu 0,04/h. Potřebujeme-li zajistit výměnu 0,5/h, nemůžeme tato okna bez dalších větracích elementů použít. Řada výrobců si naštěstí již tuto situaci uvědomuje a na trhu jsou nyní nabízena okna s větracími štěrbinami opatřenými protihlukovými tlumiči i filtry vzduchu. [4]

#### **A.4.2. Požadavky na větrání škol**

Na základě vyhlášky č. 268/2009 Sb. v platném znění nesmí koncentrace CO<sub>2</sub> v pobytových prostorách překročit hraniční hodnotu 1500 ppm. Teoreticky dle tohoto kritéria lze připustit i nižší dávku vzduchu na žáka. Produkce oxidu uhličitého závisí na aktivitě a fyzických proporcích člověka jako jsou hmotnost, výška atp. Na obrázku č.2 vidíme stanovené množství vzduchu v závislosti na věku dítěte pro udržení limitních koncentrací 1000, 1200 a 1500 ppm. [5]

Tabulka č.3. Koncentrace CO<sub>2</sub> a vliv na člověka [6]

Koncentrace CO <sub>2</sub>	Místo výskytu CO <sub>2</sub> , vliv na člověka
400 až 700 ppm	koncentrace ve venkovním ovzduší
800 až 1 200 ppm	vyhovující koncentrace CO <sub>2</sub> v interiéru
1 500 ppm	max. přípustná koncentrace CO <sub>2</sub> v interiéru
> 1 500 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování pozornosti
> 2 500 ppm	ospalost, letargie, bolesti hlavy
> 5 000 ppm	nedoporučuje se delší pobyt



Obrázek č.2. Požadované množství čerstvého vzduchu na žáka dle věku [5]

### A.4.3. Měření na základní škole

#### A.4.3.1 Popis měřené budovy

Základní škola, ve které bylo měření provedeno se nachází v obci Kateřinice u Vsetína, ve Zlínském kraji. Škola je umístěna u hlavní silnice a okna učeben jsou umístěna přímo k silnici a situována na jih. Budova byla postavena roku 1910. Škola má dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží. Ve



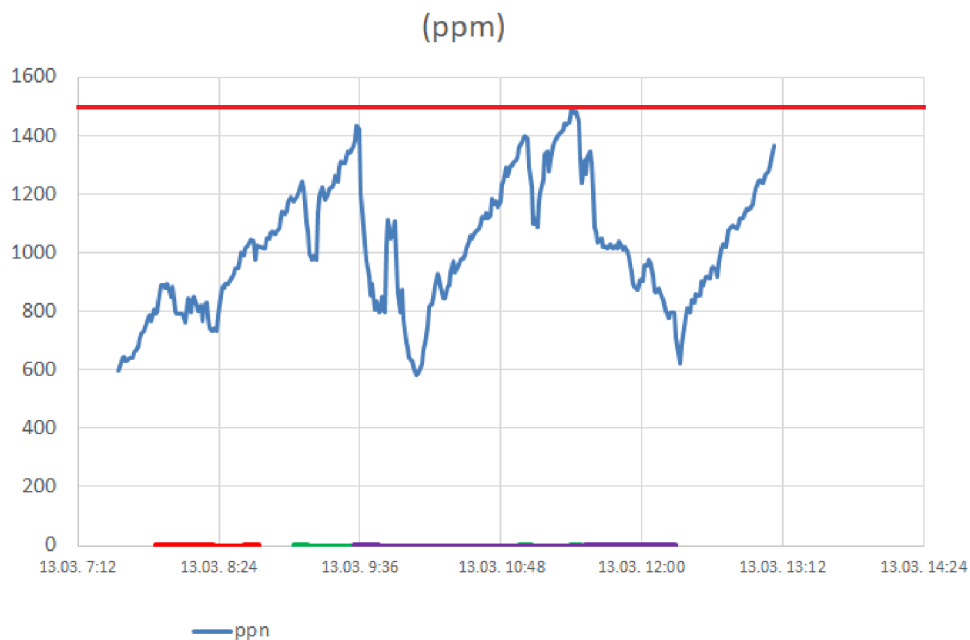
škole není umístěno žádné nucené větrání, tudíž se používá pouze přirozené větrání.



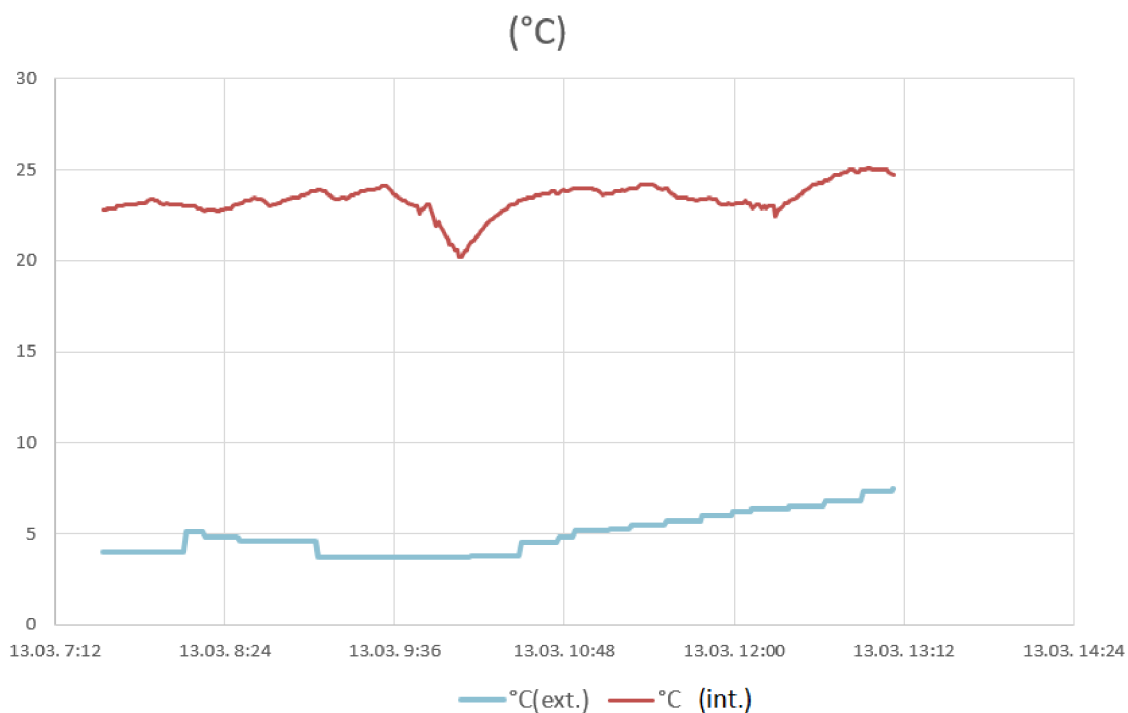
Obrázek č.3. Základní škola v Kateřiních

#### A.4.3.2 Hodnoty naměřené na základní škole při větrání okny

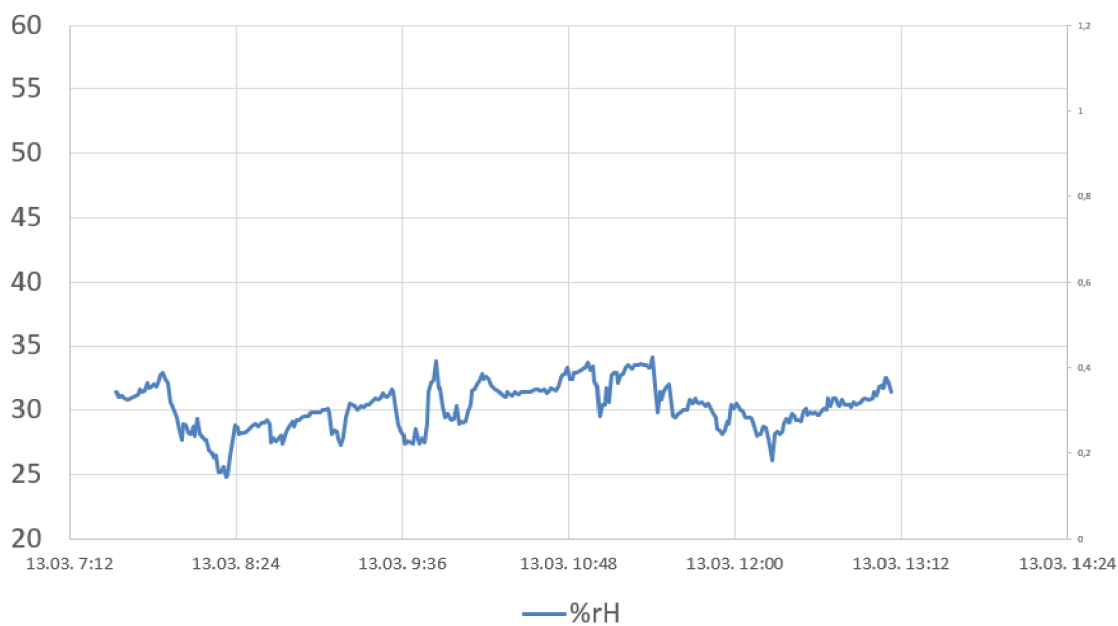
Měření proběhlo na základní škole v Kateřiních, která před 14 lety prošla rekonstrukcí, při níž byla vyměněna stará dřevěná okna za plastová dvojskla. Měření proběhlo v půlce března. A byly naměřeny hodnoty, které můžete viděna na obrázcích č.4, 5 a 6.



Obrázek č.4. Naměřené hodnoty CO<sub>2</sub>



**Obrázek č.5.** Naměřené interiérové a exteriérové teploty °C (rH(%))



**Obrázek č.6.** Naměřené hodnoty relativní vlhkosti v interiéru % rH

#### A.4.3.3 Zhodnocení naměřených hodnot

Dle naměřených hodnot, které vidíme na výše uvedených obrázcích č.4, 5 a 6 vidíme, že v dané místnosti se větralo dostatečně. Pouze v jednom případě se hodnoty ppm dostaly na hranici 1500 ppm. Na grafu můžeme

vidět, že nastávaly velké propady ppm a to z důvodu, že se o přestávkách, kdy děti nebyly přítomny ve třídě intenzivně větralo otevřením okenních křídel. Relativní vlhkost se pohybovala na hranici minimální požadované vlhkosti a kolísala mezi 25-34 %. Teplota exteriéru byla v den měření mezi 4-8 °C. U grafu teploty v interiéru vidíme že se teplota pohybovala mezi 20-25 °C, tudíž se dá říct, že teplota v místnosti byla komfortní.



**Obrázek č.7.** Znárodnění způsobu větrání v průběhu přestávky

#### **A.4.3.4 Měřící přístroj**

Pro měření bylo použito měřícího přístroje Testo 350XL – řídicí jednotka + datalogger Tessto 454, multifunkční čidlo pro měření  $rH, t_i, v_a$ , čidlo koncentrace  $CO_2$  a kulový teploměr pro měření výsledné teploty  $t_g$ . Přístroj byl umístěn v uprostřed třídy mezi lavicemi, na místě, kde se vyskytovalo největší množství škodlivin. Byl umístěn 1 metr nad podlahou a v dostatečné vzdálenosti od žáků, aby nedošlo k ovlivnění měření vlivem dýchání žáků.



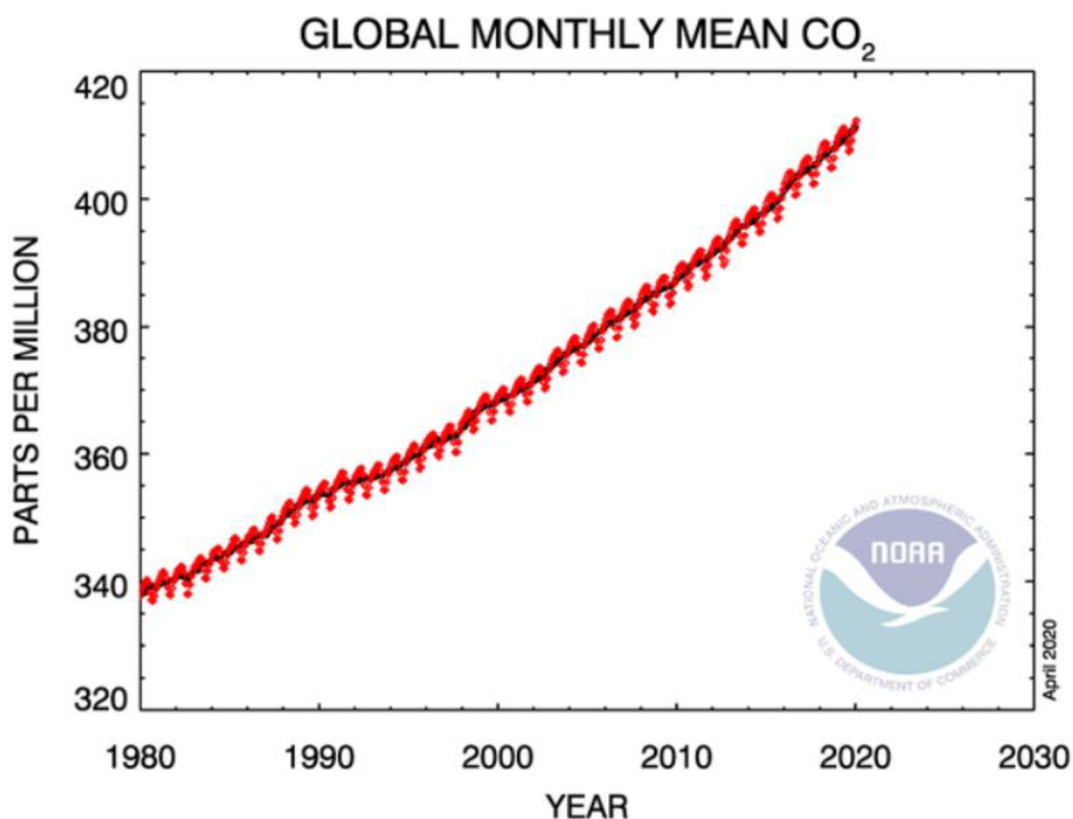
Obrázek č.8. Umístění přístroje ve třídě



Obrázek č.9. Měřicí přístroj Testo 350-XL

#### A.4.3.5 Koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním prostředí

Ve venkovním prostředí, kde je špatná kvalita vzduchu, se vyskytují koncentrace oxidu uhličitého běžně kolem 350 až 400 ppm, v centru měst kolem 450 ppm. V prostředí, kde je dobrá kvalita vzduchu, je koncentrace oxidu uhličitého do 350 ppm. U moře je koncentrace CO<sub>2</sub> 300–340 ppm. [7]



Obrázek č.10. Koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním prostředí mezi lety 1980-2018 [8]

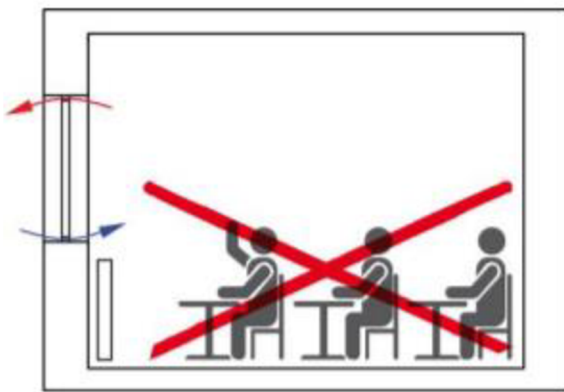
#### A.4.4. Přirozené větrání

Minimální množství větracího vzduchu na osobu ve školní budově stanovené na základě produkce CO<sub>2</sub> je dle vyhlášky č. 410/2005 Sb. v platném znění č. 343/2009 Sb. 20 až 30 m<sup>3</sup>/h na žáka, což znamená nepřetržité větrání v uvedených dávkách. V časech, kdy byly okna např. netěsná dřevěná jednoduchá a měla spárovou průvzdušnost  $i = 1,9 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67}$  byla schopná zajistit až jednonásobnou (příliš vysokou) výměnu vzduchu s těmito okny. V dnešní době se však okna utěsňují nejen z důvodu omezení tepelných ztrát, ale i z důvodu protihlukových opatření. Stále se tedy prosazuje, že nejvyšší okna jsou ta, která nejlépe těsní. Proto dnešní okna mají výrazný pokles průvzdušnosti spárami, které zajišťují výměnu 0,04/h. Potřebujeme-li zajistit výměnu 0,5/h, nemůžeme tato okna bez dalších větracích elementů použít. Řada výrobců si naštěstí již tuto situaci uvědomuje

a na trhu jsou nyní nabízena okna s větracími štěrbinami opatřenými protihlukovými tlumiči i filtry vzduchu. [4]

#### A.4.4.1 Infiltrace

Jedná se o pronikání vzduchu do objektu netěsnostmi a spárami, vlivem rozdílů tlaků způsobeného gravitační silou a silou větru. Infiltrace dříve zajišťovala stálou výměnu vzduchu, díky své vysoké průvzdušnosti a malé izolační schopnosti. Průvzdušnost u starých oken dosahovala hodnot např.  $i = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67}$ . V dnešní době, se již tento způsob nedá použít, jelikož se infiltrace okny blíží nule (např.  $i = 0,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67}$ ), kvůli zvýšení požadavku, který vede ke snížení hluku z exteriéru a ke snížení spotřeby energie na vytápění.

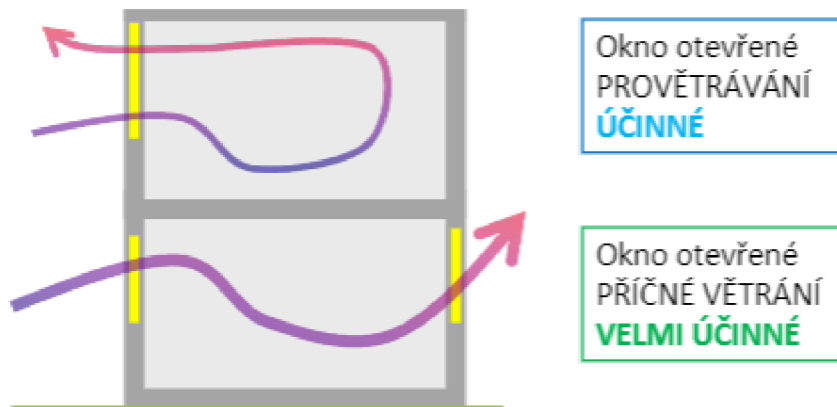


Obrázek č.11. Infiltrace okny [9]

#### A.4.4.2 Větrání otevřenými okny

Jedná se o přirozené větrání, které je ovlivněno lidským faktorem. Je závislé na rozdílu teplot mezi exteriérem a interiérem a působení větru. Tato forma nezajistí rovnoměrné větrání místnosti. Zlepšení provětrání místnosti lze zajistit příčným rozmístěním oken v místnosti, které lze vidět na obrázku č.6. Tepelnou ztrátu tímto typem větrání musí pokrýt otopná soustava. Pro zlepšení a efektivnější větrání se umisťují do místností čidla  $\text{CO}_2$ , dle kterých

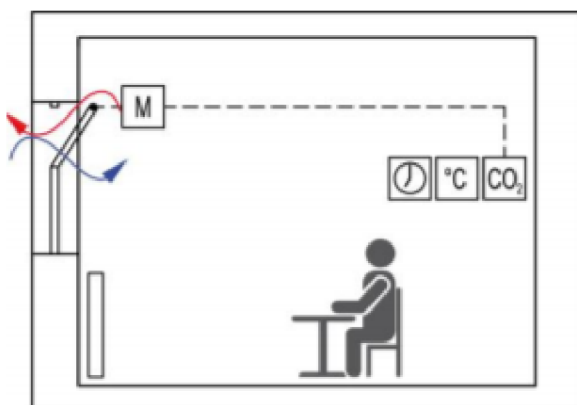
se mohou osoby řídit při větrání. Při tomto typu větrání vzniká v místnosti diskomfort pro ty osoby, které sedí nejbližší u oken, v chladných měsících.



Obrázek č.12. Umístění oken při větrání otevřenými okny [10]

#### A.4.4.3 Větrání okny pomocí servopohonu

Jedná se o přirozené větrání pomocí vlastního servopohonu. V místnosti je umístěno čidlo, které snímá koncentraci  $\text{CO}_2$  a dává signál servopohonu, aby automaticky otevíral okna dle potřeby. Nevýhodou tohoto systému je, že nemůžeme využít zpětné získání tepla pro předání tepelné energie do přívodního vzduchu, tato tepelná energie se ztratí spolu s odváděným vzduchem. [9]



Obrázek č.13. Větrání okny pomocí servopohonu [9]

#### A.4.5. Nucené větrání

Jedná se o velmi drahé, ale zároveň velmi účinné větrání. Jeho počáteční i náklady na údržbu jsou velmi vysoké. Z tohoto důvodu se ve

školských zařízeních nachází jen velmi málokdy. Díky nucenému větrání můžeme zajistit optimální výměnu vzduchu a zajistit tak komfortní klima a tepelnou pohodu v učebnách. Velkou výhodou nuceného větrání je také zpětné získávání tepla, díky němu předá odváděný vzduch svou tepelnou energii čerstvému vzduchu, a tudíž nám teplo zbytečně neuniká do exteriéru. Zdraví dětí by mělo mít přednost před ekonomickou stránkou věci, bohužel ve většině případů nemají zřizovatelé škol dostatek finančních prostředků na zřízení nuceného větrání.

Nucené větrání dělíme na:

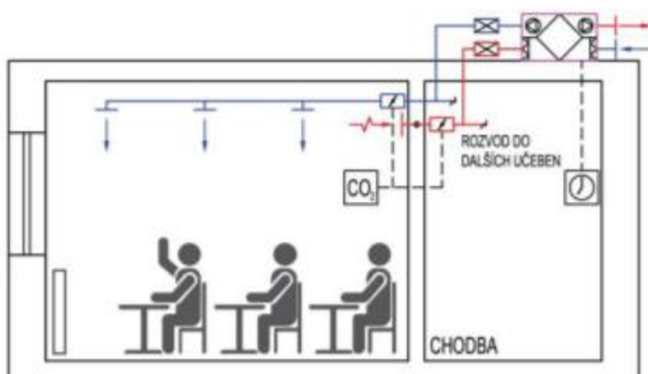
- Centrální
- Semicentrální
- Decentrální

Dále každý ze způsobů lze dělit na:

- Podtlakový
- Rovnotlaký
- Přetlakový

#### A.4.5.1 Centrální

Jedná se o systém, kdy je umístěna vzduchotechnická jednotka ve strojovně vzduchu a zásobuje vzduchem více místností v budově. Velké nároky se kladou na prostor pro umístění jednotky a vedení vzduchovodu. Provoz je stanoven dle časového plánu nebo regulovaná dle čidla  $\text{CO}_2$  v místnosti. Nutná údržba, servis, výměny filtrů. [9]

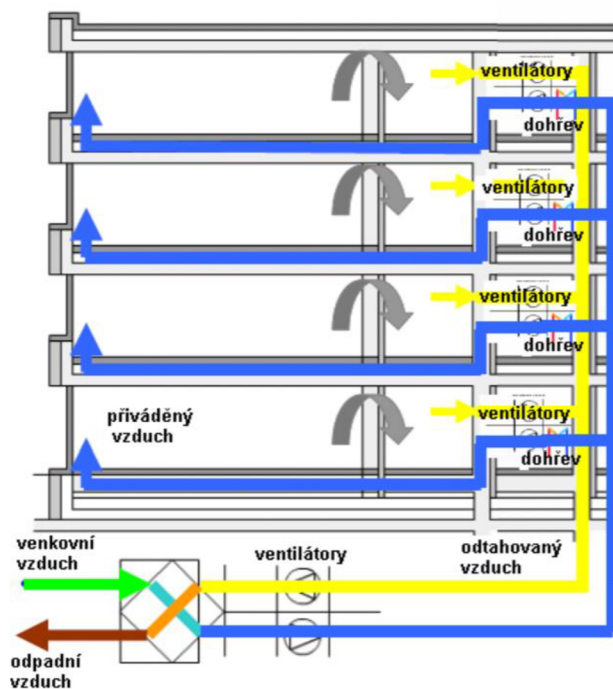


Obrázek č.14. Centrální větrání [9] [11]



#### A.4.5.2 Semicentrální

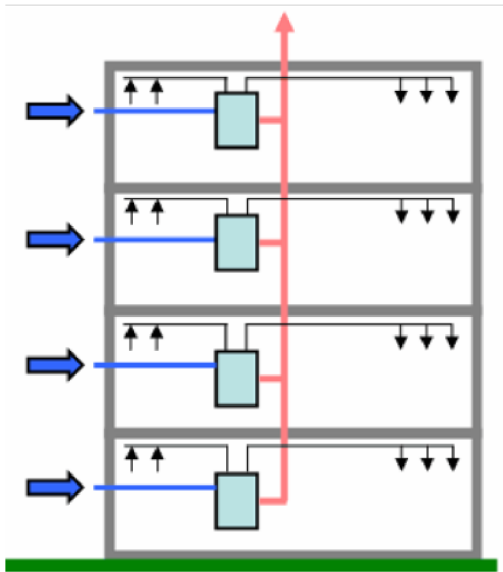
Jedná se o systém kombinace centrální větrací jednotky, kde dochází k zpětnému zisku tepla, popř. i vlhkosti, filtraci a alternativně k úpravě vzduchu – ohřevu nebo chlazení. Tento upravený vzduch je následně přepravován do jednotlivých zón, kde jsou umístěny decentrální jednotky, které obsahují ventilátory na přívodu vzduchu, případně další prvky pro úpravu vzduchu, tato jednotka rozvede vzduch do jednotlivých místností. Díky decentrální jednotce je odpadní vzduch dopraven do centrální jednotky.



Obrázek č.15. Semicentrální větrání [11]

#### A.4.5.3 Decentrální

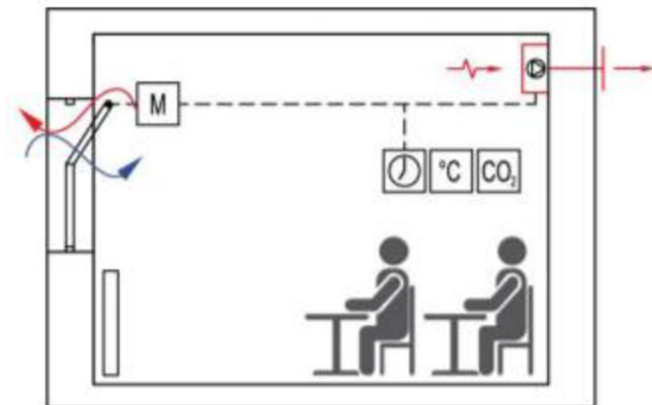
Systém je nejvíce používaný tam, kde je za potřebí menší množství průtoku vzduchu. Pokud je objekt dělen na více zón, musí mít každá zóna svou jednotku. Výhoda tohoto systému je, že pro každou zónu se můžou zvolit jiné hodnoty úpravy vzduchu. Naopak pokud je více zařízení v objektu, tak je to nákladnější na údržbu.



Obrázek č.16. Decentrální větrání [12]

#### A.4.5.4 Hybridní větrání

Kombinace přirozeného větrání s nuceným podtlakovým větráním. Servopohon, kterým je okno opatřeno okno, je napojen na čidlo  $\text{CO}_2$  a ten automaticky otevírá a zavírá dle potřeby výměny vzduchu. Pokud bude v místnosti nedostatečná kvalita vzduchu, uvede se do chodu odsávací ventilátor. V dnešní době se tento systém nedoporučuje. [9]



Obrázek č.17. Hybridní větrání [9]

#### A.4.5.5 Rovnotlaké větrání

Zajišťuje nucený přívod i odvod vzduchu a představuje vyšší kvalitu větrání než při větrání podtlakovém. Umožňuje využít systému zpětného zisku tepla, filtraci vzduchu, ohřev. Sání vzduchu je nutno realizovat na

neosluněném místě, aby vzduchu nebyl znehodnocen pachy, prachem apod. Do místnosti se přivádí stejné množství vzduchu jako se odvádí. [9]

#### **A.4.5.6 Přetlakové větrání**

Zajišťuje přívod i odvod vzduchu díky vzduchotechnické jednotce, která disponuje filtrem vzduchu, ohříváčem a ventilátorem. Používá se v kombinaci s podtlakovým větráním, aby bylo zamezeno pronikání přetlaku do exteriéru a tím k možnému porušení konstrukce, tvorbě plísní a zamrznání oken. Pro správnou funkci, by se měl seřídit sepnutí ventilátoru, dle sepnutí digestoře, nebo jiného podtlakového ventilátoru v objektu. [13]

#### **A.4.5.7 Podtlakové větrání**

Přívod venkovního vzduchu je přiváděn otvory v obálce budovy pomocí podtlaku. Podtlak je zajištěn odsávacím ventilátorem, který je navržen na potřebný průtok větracího vzduchu. Prvky pro přívod vzduchu musí vyhovovat požadavkům na tepelně technické a akustické vlastnosti. Sání venkovního vzduchu je nutno realizovat v místech, kde venkovní vzduch není znehodnocen pachy, prachem apod. [9]

#### **A.4.5.8 Hlukové parametry**

Větrací zařízení musí být navrženo tak, aby hladina akustického tlaku  $A$  v učebně při jeho provozu nepřevyšovala limitní hodnoty dané nařízením vlády č. 272/2011 Sb. tj. 45 dB. Doporučuje se, aby hladina akustického tlaku  $A$  učebnách byla v rozmezí 30-40 dB v souladu s normou ČSN EN 15 251. [9]

### **A.5. Měření a regulace**

Provoz větracího systému se předpokládá dle stanoveného časového plánu. Zejména s ohledem na energetickou náročnost budov musí být průtok venkovního vzduchu do učeben řízen na základě měření koncentrace  $\text{CO}_2$  ve

větraném prostoru. Pro případný odvod tepelné zátěže (zvýšením průtoku vzduchu nad požadavek podle koncentrace CO<sub>2</sub>) v teplém období roku, kdy je teplota venkovního vzduchu nižší než teplota vzduchu v místnosti, se doporučuje kontrolovat teplotu vnitřního vzduchu. Každá učebna s řízeným průtokem vzduchu musí být opatřena nezávislou regulací.

### A.5.1. Regulátor průtoku vzduchu

Umísťuje se na přívodní i odvodní větev. Regulátor je napojen na ventilátor umístěný ve vzduchotechnické jednotce a na čidlo CO<sub>2</sub> umístěný v učebně. Toto čidlo dává signál regulátoru, a to zase reguluje výkon ventilátoru, aby udržel požadovanou hodnotu tlaku.



Obrázek č.18. Regulátor průtoku vzduchu [14]

### A.5.2. Čidlo CO<sub>2</sub>

Čidla slouží pro sledování kvality vzduchu v dané místnosti a pro řízení výkonu vzduchotechnických jednotek dle aktuální úrovně znečištění vzduchu. Pro měření koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu je využíváno několik principů. Nejvíce rozšířené jsou čidla pracující na základě absorpce

infračerveného záření (metoda NDIR – Non-Dispersive InfraRed), dále čidla využívají elektroakustického principu a některá fungují na elektrochemickém principu. Každý princip má své výhody a nevýhody. [2] Čidlo CO<sub>2</sub> se umísťuje pod odvodní vyústky, kde je koncentrace oxidu uhličitého největší. Nikdy se čidlo neumísťuje pod přívodní vyústky, jelikož by na čidlo dopadal čerstvý vzduch a měření by nebylo přesné.



Obrázek č.19. Čidlo CO<sub>2</sub> [15]

## A.6. Závěr

Vnitřní mikroklima v prostorách vzdělávacích zařízeních by mělo být zajištěno optimální. Bohužel však z ekonomicky obrovských nákladů jak na pořízení, provoz a také údržbu je téměř nemožné, aby nucené větrání měly všechny školní zařízení. Pokud provozovatel školy nemá dostatečné finanční prostředky na pořízení nuceného větrání, jsou tu i jiné alternativy spojeny s přirozeným větráním. Jednou z nich je nechat si vytvořit na základě počtu žáků a velikosti třídy, výpočetní program (například v excelu), který by vyučujícímu řekl kdy a jak často v dané místnosti větrat, aby hranice ppm nepřesáhla hodnotu 1500 ppm. Druhá možnost je nakoupit do každé učebny, čidla CO<sub>2</sub>, která by vyučujícímu zvukovým signálem oznámila že má otevřít okno a tím snížit hodnotu oxidu uhličitého v místnosti. S těmito řešeními jsou však spojeny negativní účinky, mezi ty hlavní patří velká tepelná ztráta větráním a také zvýšený rušivý hluk z venkovního prostředí. V tuhle chvíli si už musí každý provozovatel školy uvědomit, co pro něj má přednost. Zda to je ekonomická stránka školního zařízení, nebo je to zdraví dětí, které při nedostačujícím větrání ztrácí koncentraci, mají příznaky únavy a nedokážou se plně soustředit na výuku. Dle mého názoru by se v tomto ohledu neměli lidé dívat na věci pouze z ekonomického hlediska, ale měli by se zřizovatelé a provozovatelé škol poradit s odborníky, aby jim poradili, jak tady tuto situaci pro jejich školu co možná nejefektivněji vyřešit.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## VZDUCHOTECHNIKA ZÁKLADNÍ ŠKOLY

VENTILATION OF A PRIMARY SCHOOL

## B.VÝPOČTOVÁ ČÁST

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Erik Urban

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ONDŘEJ ŠIKULA, Ph.D.

BRNO 2020

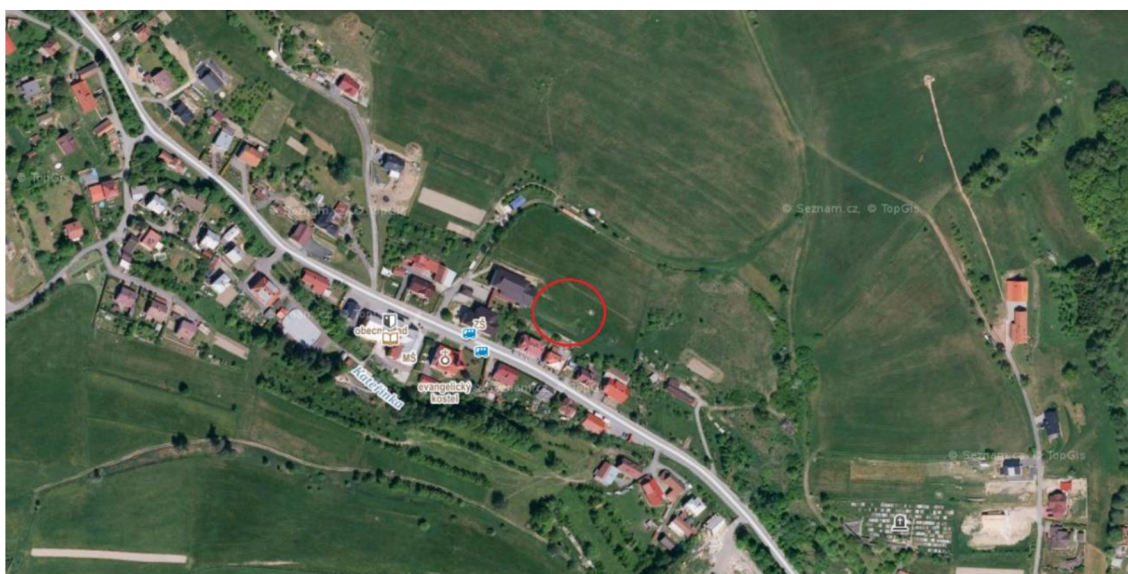




## B.1. Analýza objektu

### B.1.1. Popis objektu

Objekt, pro který je vzduchotechnika navržena je novostavba, která se nachází v Kateřinicích u Vsetína ve Zlínském kraji. Objekt je přistaven ke stávající tělocvičně. Objekt je dvoupodlažní, s plochou střechou. V přízemí se nachází učebny, kabinety, hygienické zařízení. V druhém nadzemním podlaží se nachází pouze strojovna vzduchotechniky.



Obrázek č.20. Umístění objektu [16]

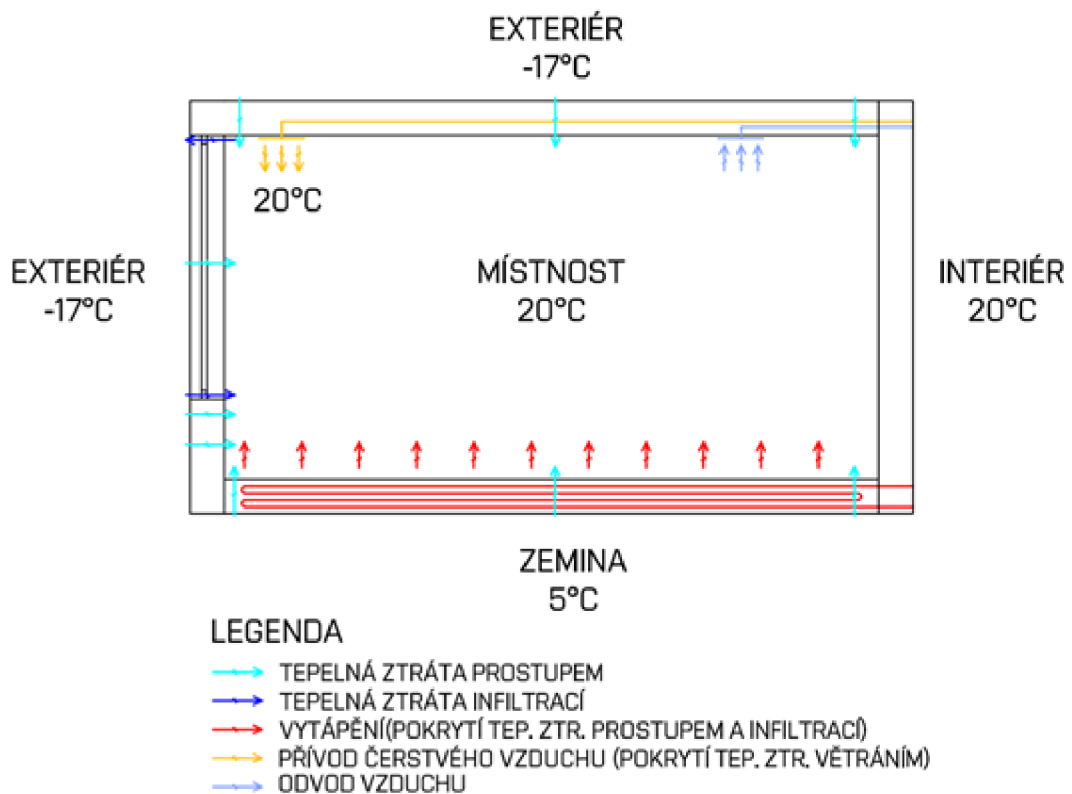
### B.1.2. Rozdělení objektu na funkční celky

Objekt je rozdělen na učebny, kabinety, hygienické zařízení a chodby. Objekt bude mít dvě vzduchotechnické zařízení. Jedno zařízení se bude zajišťovat výměnu vzduchu v kabinetech, učebnách a dílně. Druhé zařízení bude zajišťovat výměnu vzduchu v hygienickém zázemí. Jedno zařízení bude umístěno ve strojovně zařízení. Druhé bude umístěno v podhledu v hygienickém zázemí. Větrání hygienického zázemí bude řízeno podle časového programu. Větrání učeben bude řízeno podle čidla CO<sub>2</sub>, které bude umístěno v místnosti a napojeno na regulační box, který bude podle čidla

upravovat průtok vzduchu do místnosti. Každá učebna bude mít vlastní box a upravovat průtok dle potřeby.

### B.1.3. Pokrytí tepelné ztráty prostupem a větráním

Tepelnou ztrátu prostupem a infiltrací bude pokrývat podlahové vytápění, které bude využito po celé ploše 1.NP. Tepelnou ztrátu větráním bude pokrývat vzduchotechnická jednotka, která bude obsahovat rotační rekuperátor zpětného získávání tepla a vodní ohříváč, který bude vybaven čidlem proti zamrznutí.



Obrázek č.21. Pokrytí tepelných ztrát – schéma typické učebny

## B.2. Výpočet tepelných ztrát

### B.2.1. Tepelný odpor pro jednotlivé vrstvy konstrukce

$$R = \sum d_j / \lambda_j \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

$$d \text{ .....Tloušťka konstrukce} \quad [m]$$

$$\lambda \text{ .....součinitel tepelné vodivosti} \quad [W/m \cdot K]$$

$$R_T = R_{SE} + R + R_{SI}$$

$$R_{SE} \text{ .....odpor při prostupu tepla na vnější straně} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

$$R_{SI} \text{ .....odpor při prostupu tepla na vnitřní straně} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

$$U = 1/R_T \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Jako výpočetní příklad slouží obvodová stěna SO1, která zaobírá největší množství, kde vzniká prostup teplem. Ostatní konstrukce jsou vypočítány obdobně.

**Tabulka č.4.** Výpočet tepelného odporu obvodové zdi

Materiál	tloušťka	tepelná vodivost	tepelný odpor	popis
	m	W/m <sup>2</sup> ·K	m <sup>2</sup> ·K/W	
omítka	0,015	0,88	0,017	omítka vápenná
stěna	0,3	0,21	1,47	porotherm 30
izolace	0,18	0,039	4,438	EPS 70 F
omítka	0,01	0,99	0,01	Omítka vápenocementová
			0,13	R <sub>si</sub>
			0,04	R <sub>se</sub>
			6,105	R <sub>T</sub>
U		0,164	W/m <sup>2</sup> ·K	

**Tabulka č.5.** Součinitele prostupů tepla u jednotlivých konstrukcí

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla W/m <sup>2</sup> ·K
SO1 - Obvodová stěna	0,164
SO2 - Obvodová stěna k terénu	0,202
SO3 - Obvodová stěna - světlík	0,183
SN1 - Stěna k nevytápěnému prostoru	0,246
PDL1 - Podlaha na terénu	0,323

STR1 - Strop mezi vytápěným a nevytápěným prostorem	0,229
SCH1 - Střecha plochá	0,128
Vstupní dveře	1,4
Okna hliníková s izolačním trojsklem	1,1
Světlíky	1,1

## B.2.2. Výpočet tepelných ztrát

Tepelné ztráty byly vypočteny ručně v souladu s normou ČSN 12831-1 [17]. V tepelné ztrátě bude proveden výpočet tepelných ztrát prostupem a infiltrací. Tepelná ztráta větráním bude pokryta nuceným větráním.

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru

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

Kde

$$\Phi_{T,i} - \text{návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru} \quad [\text{W}]$$

$$\Phi_{V,i} - \text{návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru} \quad [\text{W}]$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

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

Tepelná ztráta prostupem tepla přímo do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad [\text{W/K}]$$

Tepelná ztráta nevytápěným prostorem

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \quad [\text{W/K}]$$

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [-]$$

Tepelná ztráta do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

$$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij} \quad [\text{W/K}]$$

Tepelná ztráta do přilehlé zeminy

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

Kde

$H_{T,ie}$  – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy [W/K]

$H_{T,iue}$  – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem [W/K]

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

$H_{T,ig}$  – součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu [W/K]

$\theta_{int,i}$  – výpočtová vnitřní teplota [°C]

$\theta_e$  – výpočtová venkovní teplota [°C]

$A_k$  – plocha stavební části [m<sup>2</sup>]

$U_k$  – součinitel prostupu tepla stavební částí [(W·m<sup>2</sup>)/K]

$e_k$  – korekční činitel vystavení povětrnostních vlivu

$b_u$  – teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty [-]

$f_{g1}$  – korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty

$f_{g2}$  – teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

$G_w$  – korekční činitel zohledňující vliv spodní vody

$U_{equiv,k}$  – ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí [(W·m<sup>2</sup>)/K]

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{T,ie} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W]$$

kde

$H_{V,i}$  – součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K]

$\theta_{int,i}$  – výpočtová vnitřní teplota [°C]

## B.2.2.1 Výpočet tepelné ztráty Jazykové učebny

Tabulka č.6. Výpočet tepelné ztráty Jazykové učebny

Výpočet tepelné ztráty prostupem pro místnost číslo 1.21 - Jazyková učebna								
Návrhová teplota místnosti $t_{int,i}$ =	20°C							
Návrhová venkovní teplota $t_e$ =	-17°C							
Návrhová teplota nevytáp. Prost. $t_{nev}$ =	5°C							
Tepelné ztráty do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
Č.k.	Popis	Ak	Uk	$\Delta U_k$	Ukc	$e_k$	Ak.Ukc.ek	
SCH1	Střecha plochá	54,32	0,13	0,02	0,15	1,00	8,04	
SO1	Obvodová stěna	1,80	0,16	0,02	0,18	1,00	0,33	
O1	Okna hliníková iz. Trojsklo	20,70	1,10	0,02	1,12	1,00	23,18	
Celk. měrná tepelná ztráta přímo do venko. prostředí $HT_{,ie} = \sum k Ak.Ukc.ek$ (W/K)							<b>31,55</b>	
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem								
Č.k.	Popis	Ak	Uk	$\Delta U_k$	Ukc	bu	Ak.Ukc.bu	
							0,00	
							0,00	
							0,00	
Celk. měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $HT_{,iue} = \sum k Ak.Ukc.bu$ (W/K)							<b>0,00</b>	
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Č.k.	Popis	$t_{vm}$	Ak	Uk	fij		Ak.Uk.fij	
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $HT_{,ij} = \sum k Ak.Uk.fij$ (W/K)							<b>0,00</b>	
Tepelné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	Ak	$U_{equiv,k}$	$Ak.U_{equiv,k}$	fg1	fg2	Gw	fg1.fg2.Gw
PDL1	Podlaha na terénu	54,32	0,165	8,9628	1,45	0,41	1	0,59
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $HT_{,ig} = (\sum k Ak.U_{equiv,k}).fg1.fg2.Gw$ (W/K)							<b>5,27</b>	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{ti} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							<b>36,82</b>	
	$t_{int,i}$	$t_e$	$t_{int,i} - t_e$	$HT_{,i}$	Návrhová ztráta prostupem $F_{T,i}$ (W)			
	20	-17	37	36,82	1362,46			
Tepelná ztráta větráním - Nucené větrání								
Objem místnosti $V_i$ (m3)	Výpočtová venkovní teplota $t_e$	výpočtová vnitřní teplota $t_{int,i}$	Hygienické požadavky					
			n (h-1)	$V_{min,i}$ (m3/h)				
162,96	-17	20	0,50	81,48				
počet nechráněných otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel e	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$				
4	1,0	0,05	1	16,30				
Výpočet tepelné ztráty větráním								
max z $V_{min,i}, V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$t_{int,i} - t_e$	Návrhová ztráta větráním $F_{V,i}$ (W)					
16,30	5,54	37,00	205,00					
<b>Návrhový výkon</b>	<b><math>F_{HL,i} = F_{T,i} + F_{V,i} = 1567,46W</math></b>							

Tabulka č.7. Návrhový tepelný výkon

NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON PRO 1.NP						
Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhový tepelný výkon (W)	Zápočtový součinitel f <sub>RH</sub>	Podlahová plocha (m <sup>2</sup> )	F <sub>RH</sub> (W)	Celkový tepelný výkon (kW)
1.01	Vstup	1328,51	6,0	17,3	104,0	1,43
1.02	Výtah	0,00	6,0	16,8	101,0	0,10
1.03	Dílny	842,18	6,0	42,0	252,0	1,09
1.04	Vstupní hala	2324,13	6,0	128,0	768,0	3,09
1.05a	WC MUŽI	67,02	6,0	7,3	44,0	0,11
1.05b	WC ŽENY	44,12	6,0	4,1	24,5	0,07
1.06	Úklid	6,70	6,0	1,6	9,6	0,02
1.07	Kabinet	823,68	6,0	20,7	124,2	0,95
1.08	Kabinet	852,25	6,0	21,4	128,4	0,98
1.09	Kabinet	852,25	6,0	21,4	128,4	0,98
1.10	Kabinet	852,25	6,0	21,4	128,4	0,98
1.11	Kabinet	852,25	6,0	21,4	128,4	0,98
1.12	Kabinet	862,04	6,0	21,4	128,4	0,99
1.13	Kabinet	0,00	6,0	21,4	128,4	0,13
1.14	Kabinet	862,04	6,0	21,4	128,4	0,99
1.15	Kabinet	862,04	6,0	21,4	128,4	0,99
1.16	Archiv	125,34	6,0	17,9	107,1	0,23
1.17	Chodba	790,96	6,0	62,6	375,8	1,17
1.18	WC Dívky	229,86	6,0	23,7	141,9	0,37
1.19	WC Chlapci	288,73	6,0	29,7	178,3	0,47
1.20	Chodba	628,74	6,0	21,1	126,3	0,76
1.21	Učebna	1567,46	6,0	54,3	325,9	1,89
1.22	Učebna	1634,86	6,0	54,3	325,9	1,96
1.23	Učebna	2152,11	6,0	82,8	496,9	2,65
1.24	Učebna	2298,00	6,0	82,6	495,4	2,79
CELKEM kW						26,18

### B.2.3. Výpočet tepelných zisků

Výpočty byly provedeny dle normy ČSN 73 0548. [18]

#### B.2.3.1 Tepelný zisk vnější

Tepelné zisky okny

Osluněná část okna

$$S_{os} = [I_a - (e_1 - f)] \cdot [I_b - (e_2 - g)] \quad [m]$$

### Vodorovný stín

$$e_1 = c \cdot \tan |\alpha - \gamma| \quad [m]$$

### Svislý stín

$$e_2 = d \cdot \tan h / |\cos |\alpha - \gamma| \quad [m]$$

kde

d – hloubka okna od vodorovného slunovratu [m]

h – výška slunce nad obzorem [°]

$l_a$  – výška zasklení [m]

$l_b$  – šířka zasklení [m]

$e_1$  – vodorovný stín [m]

$e_2$  – svislý stín [m]

f – odstup od svislé stínící překážky [m]

g – odstup od vodorovné stínící překážky [m]

c – hloubka okna od svislého okapu [m]

$\alpha$  – azimut slunce [°]

$\gamma$  – azimut stěny [°]

### Tepelný zisk okna radiací

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot l_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot l_{dif}] \cdot s \quad [W]$$

kde

$c_o$  – korekce čistoty atmosféry [-]

$l_o$  – celková intenzita radiace procházejícím oknem [W/m<sup>2</sup>]

$l_{dif}$  – intenzita difúzní radiace procházející oknem [W/m<sup>2</sup>]

s – stínící součinitel [-]

$S_o$  – plocha zasklení okna včetně rámu [-]

### Tepelný zisk okna konvekcí

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



kde

$S_o$  – plocha okna včetně rámu [m<sup>2</sup>]

$k_o$  – součinitel prostupu tepla okny [°C]

$t_e$  – teplota exteriéru [°C]

$t_i$  – teplota interiéru [°C]

### **Tepelné zisky stěn**

#### **-stěny lehké**

do tloušťky  $d < 0,08$  m

$$Q_{ok} = k \cdot S \cdot (t_r - t_i) \quad [W]$$

#### **-středně těžké stěny**

od tloušťky  $d = 0,08$  až  $0,45$  m

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

#### **-těžké stěny**

od tloušťky  $d > 0,45$  m

$$Q_s = k \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) \quad [W]$$

kde

$d$  – tloušťka stěny [m]

$U$  – součinitel prostupu tepla stěnou [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$t_r$  – rovníčná sluneční teplota [°C]

$t_{rm}$  – průměrná rovníčná sluneční teplota za 24 hodin [°C]

$t_i$  – výpočtová vnitřní teplota [°C]

$m$  – součinitel teplotního kolísání [-]

$t_{r\psi}$  – průměrná rovníčná teplota vzduchu v době o časovém zpoždění  $\psi$  (°C)

### **Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu**

$$Q_e = V_e \cdot \rho \cdot c \cdot (t_e - t_i) \quad [W]$$

kde

$V_e$  – objem venkovního vzduchu [°C]

### **B.2.3.2 Tepelná zisk vnitřní**

#### **Od lidí**

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) \quad [W]$$

kde

$n_l$  – počet osob [-]

#### **Od svítidel**

$$Q_{sv} = c_1 \cdot c_2 \cdot \Sigma P \quad [W]$$

kde

$P$  – celkový příkon svítidel [W]

$c_1$  – součinitel současnosti [-]

$c_2$  – zbytkový součinitel [-]

#### **Tepelný zisk z okolních místností**

$$Q = U_s \cdot S \cdot (t_{is} - t_i) \quad [W]$$

kde

$t_{is}$  – rozdílná vnitřní teplota [°C]

$U_s$  – součinitel prostupu tepla [W/(m<sup>2</sup>·K)]

#### **Vodní zisky od lidí**

$$M_{wl} = \Sigma n_1 \cdot g_w \quad [g/h]$$

kde

$n_1$  – počet osob [-]

$g_w$  – produkce vodní páry člověka [g/h]

Tabulka č.8. Tepelné zisky v místnosti jazykové učebny

Vstupní hodnoty:						
Rozměry místnost	délka	a=	9,70	m		
	šířka	b=	5,60	m		
	světlá výška	s.v.=	3,00	m		
<b>Okna:</b>						
počet			4	ks		
rozměr oken		a =	2,25	m		
		b =	2,30	m		
šířka rámu		š.r. =	0,10	m		
výška zasklení		la =	2,10	m		
šířka zasklení		lb =	2,05	m		
odstup od svislé stínící překážky		f =	###	m		
odstup od vodorovné stínící pře		g =	###	m		
hloubka okna (venkovní nadpra		c =	###	m		
hloubka okna (venkovní ostění)		d =	###	m		
Součinitel prostupu tepla okner	$U_w =$		1,1	W/m <sup>2</sup> K		
Stínící součinitel	s=		0,1	(trojsklo+venkovní žaluzie)		
Plocha okna:	$S_{ok} =$		5,2	m <sup>2</sup>		
Plocha zasklení:	$S_o =$		4,3	m <sup>2</sup>		
Intenzita dopadající sluneční radiace:						
Stínící součinitel:						
Teploty:	LÉTO	$t_i =$	26	°C	$t_e =$	32 °C
	ZIMA	$t_i =$	20	°C	$t_e =$	-17 °C
Teploty okolních místností:		$t_{i2} =$	26	°C		
Počet osob:			30			

**Tepelné zisky okny:**

Okna jsou pouze na jihozápadní straně fasády. Dle tabulky č. 10 normy ČSN 73 0548 je maximální intenzita sluneční radiace  $I_0$  na fasádu v 15 hodin.

Maximální intenzita procházející sluneční radiací  $I_0 = 511 \text{ Wm}^{-2}$

Doba výpočtu: 15 hodin

$I_{\text{diff}} = 117 \text{ Wm}^{-2}$

Výpočet velikosti osluněné části okna:

Výška slunce  $h = 44^\circ$

Azimut slunce  $\alpha = 246^\circ$

Azimut stěny  $\gamma = 225^\circ$

Vodorovný stín

$e_1 = 0,06 \text{ m}$

Svislý stín

$e_2 = 0,16 \text{ m}$

Osluněná část okna

$S_{\text{os}} = 4,27 \text{ m}^2$

Tepelný zisk sluneční radiací pro jedno okno

Korekce na čistotu atmosféry

$c_0 = 1,15$

$Q_{\text{or}} = 204 \text{ W}$

Tepelný zisk sluneční radiací pro všechny okna

$Q_{\text{or}} = 815 \text{ W}$

Tepelné zisky oken konvekcí

$t_e = 54,4^\circ \text{C}$

$Q_{\text{ok}/1 \text{ okno}} = 162 \text{ W}$

$Q_{\text{ok}} = 647 \text{ W}$

Celková tepelná zátěž okny

$Q_o = 1462 \text{ W}$

**Produkce tepla od lidí**

$q_m = 62 \text{ W}$

$Q_l = 1860 \text{ W}$

**Vodní zisky**

$m_i = 116 \text{ g/h}$

$M_w = 3480 \text{ g/h}$

$0,97 \text{ g/s}$

Tepelná zátěž vnějších stěn	
Středně těžká stěna jihozápadní	
$U_s =$	0,164 Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
$S =$	1,8 m <sup>2</sup>
$t_{rm} =$	30,2 °C
$\delta =$	0,45 m
$m =$	0,131 -
$\Psi =$	13,9 h
$t_{r\Psi} =$	16,83 °C
Interpolace:	
	a = 1 17
	14 h c = 1,1 x
	b = 2 16
	pro interpolaci $t_{r\Psi} =$ 17
$Q_{sj} =$	1 W
Celková tepelná zátěž vnějších stěn	
$Q_s =$	1 W

Tepelná produkce svítidel	
$S_s =$	5,82 m <sup>2</sup>
$P_s =$	5 W/m <sup>2</sup>
$c_1 =$	0,8 -
$c_2 =$	1 -
$Q_{sv} =$	23 W

Tepelná zátěž od ploché střechy	
Konstrukce: SCH1 - Střecha plochá	
$U_s =$	0,13 W/m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
$S =$	58,2 m <sup>2</sup>
$\Delta t =$	6 °C
$Q_{ps} =$	45 W

Závěr: Místnost 1.21 - UČEBNA	
Tepelné zisky oken radiací:	$Q_{or} =$ 815 W
Tepelné zisky oken konvekce:	$Q_{ok} =$ 647 W
Tepelná zátěž vnějších stěn:	$Q_s =$ 1 W
Tepelná zátěž vnitřních stěn:	$Q_{si} =$ 0 W
Tepelná zátěž plochou střešou	$Q_{ps} =$ 45 W
Tepelná produkce lidí:	$Q_l =$ 1860 W
Tepelná produkce svítidel:	$Q_{sv} =$ 23 W
Celková tepelná zátěž:	$Q_L =$ 3391 W
Vodní zisky:	$M_w =$ 0,97 g/s 3480 g/h

**Tabulka č.9.** Tepelné zisky všech místností

OZN	DRUH MÍSTNOSTI	PLOCHA	POČET OSOB	CELEKM ZATEŽ[kW]
		m <sup>2</sup>		
1,01	Vstup, chodba	38,3	0	1,99
1,02	Výtah	3,87	0	0
1,03	Dílny	42	12	1,01
1,04	Vstupní hala	122,41	0	1,14
1,05	WC Zaměstnanci muži	7,69	0	0,04
1,06	WC Zaměstnanci ženy	4,43	0	0,03
1,07	Kabinet	1,81	1	0,67
1,08	Kabinet	20,72	1	0,69
1,09	Kabinet	21,46	1	0,69
1,10	Kabinet	21,46	1	0,69
1,11	Kabinet	21,46	1	0,69
1,12	Kabinet	21,46	1	0,69
1,13	Kabinet	21,46	1	0,69
1,14	Kabinet	21,46	1	0,69
1,15	Kabinet	21,46	1	0,69
1,16	Archiv	8,46	0	0,26
1,17	Chodba	60,31	0	0,49
1,18	WC Dívky	24,58	0	0,12
1,19	WC Chlapci	31	0	0,15
1,20	Chodba	20,39	0	0,56
1,21	Učebna	58,2	30	3,39
1,22	Učebna	58,2	30	2,78
1,23	Učebna	87,47	36	3,23
1,24	Učebna	87,47	36	3,23

### B.3. Stanovení množství průtoku vzduchu

V objektu se nacházejí dvě jednotky pro přívod čerstvého a odvod odpadního vzduchu. Jedna jednotka slouží pro výměnu vzduchu v učebnách a kabinetech. Druhá bude sloužit pro výměnu vzduchu v hygienickém zázemí. Návrh zařízení č.1 bude proveden podle minimální průtoku vzduchu na jednoho žáka dle vyhlášky č. 410/2005 Sb. [1]. Druhé zařízení bude provedeno dle vyhlášky č. 6/2003 Sb. [19], která stanoví potřebné množství

odváděného vzduchu z hygienických místností. Pro ostatní místnosti bude stanovena 0,3násobná výměna vzduchu.

<b>Tabulka č.10.</b>	Stanovené dávky venkovního vzduchu na osobu ve školní budově
ŽÁK	20 – 30 m <sup>3</sup> /h – zvoleno 25 m <sup>3</sup> /h
VYUČUJÍCÍ	25 m <sup>3</sup> /h – doporučená hodnota

<b>Tabulka č.11.</b>	Množství vzduchu z hygienických místností
Zařízení	Množství odváděného vzduchu
WC	50 m <sup>3</sup> /h
Pisoár	25 m <sup>3</sup> /h
Umyvadlo	30 m <sup>3</sup> /h
Výlevka	30 m <sup>3</sup> /h

### B.3.1. Minimální průtok na jednu osobu

$$V_e = y \cdot n \quad [m^3/h]$$

kde

$$V_e - \text{průtok přiváděného čerstvého vzduchu} \quad [m^3/h]$$

$$y - \text{doporučená dávka čerstvého vzduchu na osobu} \quad [m^3/h]$$

$$n - \text{počet osob} \quad [-]$$

### B.3.2. Produkce škodlivin v místnosti

#### B.3.2.1 Odvod tepelné zátěže

$$V_p = Q_{zisky} / (\rho \cdot c_v \cdot (t_i - t_p)) \quad [m^3/s]$$

kde

$$V_p - \text{množství přiváděného vzduchu} \quad [m^3/s]$$

$$Q_{zisky} - \text{celková tepelná zátěž větraného interiéru citelným teplem} \quad [W]$$

$$\rho - \text{měrná hmotnost vzduchu} \quad [kg/m^3]$$

$$c_v - \text{měrná tepelná kapacita vzduchu} \quad [J/(kg \cdot K)]$$

### B.3.2.2 Oxid uhličitý

$$V_p = m_{CO_2}((\rho_{max} - \rho_e) \cdot 10^{-3}) \quad [m^3/h]$$

kde

$V_p$  – potřebné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvýše

přípustné koncentrace oxidu uhličitého [m<sup>3</sup>/h]

$m_{CO_2}$  – produkce CO<sub>2</sub> v místnosti [l/h]

$\rho_{max}$  – maximální doporučená koncentrace CO<sub>2</sub> v interiéru [ppm]

$\rho_e$  – koncentrace CO<sub>2</sub> v čerstvém přiváděném vzduchu [ppm]

### B.3.2.3 Odvod vlhkosti

$$V_p = G(x_i - x_p) \cdot \rho \quad [m^3/h]$$

kde

$V_p$  – množství přiváděného vzduchu [m<sup>3</sup>/h]

$G$  – produkce vlhkosti ve větraném vzduchu [g/h]

$x_i$  – měrná vlhkost interiérového vzduchu [g/kg]

$x_p$  – měrná vlhkost přiváděného venkovního vzduchu [g/kg]

## B.4. Tlakové poměry

Objekt je rozdělen do dvou zón, každá z těchto zón má vlastní vzduchotechnickou jednotku.

První jednotka zajišťuje průtok vzduchu v první zóně, ve které se nacházejí učebny a kabinety. V těchto místnostech je zajištěno rovnotlaké větrání.

Druhá jednotka zajišťuje výměnu vzduchu v hygienických místnostech. Část těchto hygienických místností je řešena jako podtlakové větrání, část je přetlakový, kdy se do hygienických místností přivádí čerstvý vzduch. Nakonec však tento systém vytvoří rovnotlaké větrání.

Tlakové poměry jsou znázorněny ve výkresech tlakových poměrů.



## B.5. Průtoky vzduchu

### B.5.1. Pro učebnu

Dle minimální průtoku čerstvého vzduchu na osobu

$$Y = 25 \text{ m}^3/\text{h} \text{ pro žáka a vyučujícího}$$

$$n = 29 \text{ žáků a 1 vyučující}$$

$$V_e = 30 \cdot 25 = 750 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dle koncentrace  $\text{CO}_2$

$$m_{\text{CO}_2} = 29 \cdot 0,65 \cdot 20 + 20 \cdot 1 = 397 \text{ l/h}$$

$$\rho_e = 415 \text{ ppm (pro čisté prostředí)}$$

$$\rho_{\text{max}} = 1500 \text{ ppm (maximální dovolená hodnota v místnosti)}$$

$$V_p = 397 / (1500 - 415) \cdot 10^{-3} = 366 \text{ m}^3/\text{h}$$

Minimální průtok pro třídu činí  $750 \text{ m}^3/\text{h}$ , pro návrh beru tuto hodnotu.

### B.5.2. Pro hygienické zázemí WC MUŽI

$$Y_{\text{wc}} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Y_{\text{pi}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Y_{\text{um}} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N_{\text{wc}} = 1 \text{ ks}$$

$$N_{\text{pi}} = 1 \text{ ks}$$

$$N_{\text{um}} = 1 \text{ ks}$$

$$V_e = 50 + 30 + 25 = 105 \text{ m}^3/\text{h} = \text{volím } 110 \text{ m}^3/\text{h}$$

Průtoky vzduchu u ostatních místností jsou zapsány v tabulce č.12.

**Tabulka č.12.** Průtoky vzduchů v jednotlivých místnostech

PRŮTOKY VZDUCHŮ V MÍSTNOSTECH		
Číslo místnosti	Účel místnosti	Minimální výměna vzduchu (m <sup>3</sup> /h)
1.01	Vstup	0
1.02	Výtah	0
1.03	Dílny	300
1.04	Vstupní hala	200
1.05a	WC MUŽI	110
1.05b	WC ŽENY	80
1.06	Úklid	30
1.07	Kabinet	100
1.08	Kabinet	100
1.09	Kabinet	100
1.10	Kabinet	100
1.11	Kabinet	100
1.12	Kabinet	100
1.13	Kabinet	100
1.14	Kabinet	100
1.15	Kabinet	100
1.16	Archiv	50
1.17	Chodba	50
1.18	WC Dívky	430
1.19	WC Chlapci	470
1.20	Chodba	0
1.21	Učebna	750
1.22	Učebna	750
1.23	Učebna	900
1.24	Učebna	900

## B.6. Dimenzování potrubí

Předběžná plocha potrubí

$$S = V/v' \quad [m^2]$$

Průměr potrubí

$$d' = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad [m]$$

Skutečná plocha potrubí

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad [m^2]$$

Skutečná rychlost v potrubí

$$v = V/s \quad [m/s]$$

Tlakové ztráty třením

$$p_{z,t} = R \cdot l \quad [Pa]$$

Součet vřazených součinitelů odporu tvarovek

$$p_{z,m} = \xi \cdot 0,5 \cdot v^2 \cdot \rho \quad [Pa]$$

Celková tlaková ztráta

$$p_c = p_{z,t} + p_{z,m} \quad [Pa]$$

kde

S – plocha potrubí [m<sup>2</sup>]

V – množství průtoku vzduchu [m<sup>3</sup>/h]

v' – rychlost proudění vzduchu [m/s]

d – průměr potrubí [m]

R – tlaková ztráta třením [Pa/m]

l – délka potrubí [m]

ρ – hustota vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

Schéma pro dimenzování je zobrazeno ve výkresu č. 01 a 02.

u	V	L	v'	S'	d'	Ø	Šířka	Výška	v	R	ξ	Z	Z+R*L	Vyústka
-	m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa
1	225	2,25	2	0,03125	0,1994711	0,2			1,99	0,35	0,9	2,14	20,93	18
2	450	3	1,4	0,089286	0,3371678		0,28	0,2	2,23	0,315	0,6	1,79	20,74	
3	900	13,6	2,9	0,086207	0,3313035		0,45	0,2	2,78	0,293	6,1	28,24	50,23	
4	1300	5	3,2	0,112847	0,3790535		0,45	0,25	3,21	0,383	0,6	3,71	23,62	
5	2200	2,2	3,5	0,174603	0,4714994		0,56	0,315	3,46	0,398	0,3	2,16	3,04	
6	2950	11,7	3,8	0,215643	0,52399		0,63	0,315	4,13	0,342	1,2	12,28	16,28	
7	2950	1	4,1	0,199864	0,5044555		0,8	0,225	4,55	0,448	0,9	11,19	11,64	
8	3700	5,7	4,4	0,233586	0,5453538		0,8	0,315	4,08	0,398	0,6	5,99	8,26	
9	4000	2,3	4,7	0,236407	0,5486367		0,8	0,315	4,41	0,46	0,3	3,50	4,56	
10	4500	1,5	5	0,25	0,5641896		0,8	0,315	4,96	0,572	3,5	51,67	52,53	
													Celkem	211,81

Sání

u	V	L	v'	S'	d'	Ø	Šířka	Výška	v	R	ξ	Z	Z+R*L	Žaluzie
-	m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa
1	4500	3	5	0,25	0,5641896		0,5	0,5	5,00	0,51	2,7	40,50	82,03	40
													Celkem	82,03

Celkem tlaková ztráta	293,84	Pa
-----------------------	--------	----

Tabulka č.13.

Dimenzování potrubí zařízení č.1 Přívod

u	V	L	w'	S'	d'	Ø	Šířka	Výška	w	R	ξ	Z	Z+R*L	Vyústka
-	m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa
1	225	3	2	0,03125	0,1994711		0,16	0,2	1,95	0,35	0,9	2,06	12,11	9
2	450	2,5	2,6	0,048077	0,2474135		0,28	0,2	2,23	0,315	0,3	0,90	10,68	
3	675	2,5	2,9	0,064655	0,2869173		0,4	0,2	2,34	0,293	0,3	0,99	10,72	
4	900	16,2	3,2	0,078125	0,3153916		0,45	0,2	2,78	0,383	6,1	28,24	43,45	
5	1300	6	3,5	0,103175	0,3624445		0,45	0,25	3,21	0,237	0,3	1,85	3,28	
6	2200	0	3,8	0,160819	0,452505		0,56	0,315	3,46	0,342	0,3	2,16	2,16	
7	2950	14,3	4,1	0,199864	0,5044555		0,63	0,315	4,13	0,5	0,9	9,21	16,36	
7	2950	2,2	4,1	0,199864	0,5044555		0,8	0,2	5,12	0,5	1,2	18,89	19,99	
8	3700	5	4,4	0,233586	0,5453538		0,8	0,315	4,08	0,398	0,3	2,99	4,98	
9	4000	2,3	4,7	0,236407	0,5486367		0,8	0,315	4,41	0,46	0,3	3,50	4,56	
10	4500	2,1	5	0,25	0,5641896		0,8	0,315	4,96	0,572	2,9	42,81	44,01	
												Celkem	172,30	

Výfuk														
u	V	L	w'	S'	d'	Ø	Šířka	Výška	w	R	ξ	Z	Z+R*L	Žaluzie
-	m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa
1	4500	6	2	0,625	0,8920621		0,5	0,5	5,00	0,515	1,7	25,50	97,59	69
												Celkem	97,59	

CELKEM TLAKOVÁ ZTRÁTA	269,89
-----------------------	--------

Tabulka č.14.

Dimenzování potrubí č.1 Odvod

Tabulka č.15.

u	V	L	v'	S'	d'	Ø	Šířka	Výška	v	R	ξ	Z	Z+R*L	Vyústka
-	m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	m	mm	mm	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa
49	160	1,4	2	0,022222	0,1682088	0,16			2,21	0,506	0,9	2,64	24,35	21
50	320	1,3	2,5	0,035556	0,2127692	0,2			2,83	0,59	1,8	8,65	9,42	
51	470	6,5	3	0,043519	0,2353922	0,2			4,16	1,2	0,6	6,22	14,02	
52	1100	1	3,5	0,087302	0,3334004	0,315			3,92	0,589	0,6	5,54	6,13	
												Celkem	53,92	

Dimenzování potrubí zařízení č.2 Přívod

Sání															
u	V	L	v'	S'	d'	Ø	Šířka	Výška	v	R	ξ	Z	Z+R*L	Žaluzie	
-	m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa	
1	1100	3	5	0,061111	0,2789428	0,315			3,92	0,589	2,7	24,93	56,70	30	
												Celkem	56,70		

Celkem tlaková ztráta	110,62 Pa
-----------------------	-----------

u	V	L	v'	S'	d'	Ø	Šířka	Výška	v	R	ξ	Z	Z+R*L	Vyústka
-	m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	m	mm	mm	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa
43	150	3	2	0,020833	0,1628675	0,125			3,40	1,55	0,9	6,23	31,88	21
44	270	2,5	2,5	0,03	0,195441	0,16			3,73	1,32	1,8	15,04	18,34	
45	330	0,5	3	0,030556	0,1972423	0,2			2,92	0,625	0,6	3,07	3,38	
46	390	2	3,5	0,030952	0,198519	0,2			3,45	0,85	0,6	4,29	5,99	
47	550	0,5	4	0,038194	0,2205236	0,2			4,87	1,61	0,6	8,52	9,33	
48	900	2,3	4,5	0,055556	0,2659615	0,25			5,10	1,25	1,33	20,72	23,59	
Výfuk	49	900	1,1	5	0,05	0,2523133	0,25		5,10	0,936	1,33	20,72	40,75	19
												Celkem	133,26	

Tabulka č.16.

Dimenzování potrubí zařízení č.2 Odvod

## B.7. Návrh koncových elementů

V objektu se využijí různé distribuční elementy. V učebnách a dílně se využijí lamelové anemostaty, v kabinetech čtyřhranné dvouřadé vyústky a v hygienických zázemí talířové ventily.

### B.7.1. Návrh koncových elementů pro přívod (1.51, 1.52, 1.53, 1.54,1.55)

Jmenovitý rozměr	300 8 lamel	400, 500, 600, 625 16 lamel	500 24 lamel	600, 625 24 lamel	600, 625 48 lamel	625 54 lamel	825 72 lamel
$\dot{V}_{\max}$ [m <sup>3</sup> /h]	180	320	420	660	850	950	1200
$\dot{V}_{\min}$ [m <sup>3</sup> /h]	55	100	140	200	360	400	560
LW <sub>Amax</sub> [dB(A)]	39	40	39	40	40	43	40
LW <sub>Amin</sub> [dB(A)]	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
S <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,007	0,014	0,021	0,295	0,420	0,473	0,715

Obrázek č.22. Návrh výřivých anemostatů [20]



9. Tlakové ztráty, rychlosti proudění a teploty

9.1. VVM 300 - 8 lamel

Diagram 9.1.1. Tlaková ztráta a akustický výkon

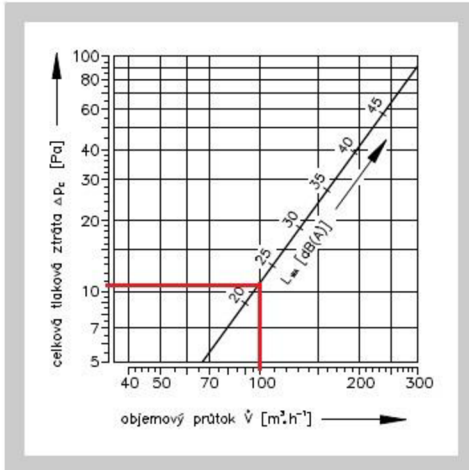


Diagram 9.1.2. Rychlost vzduchu proudění a teplotní rozdíl

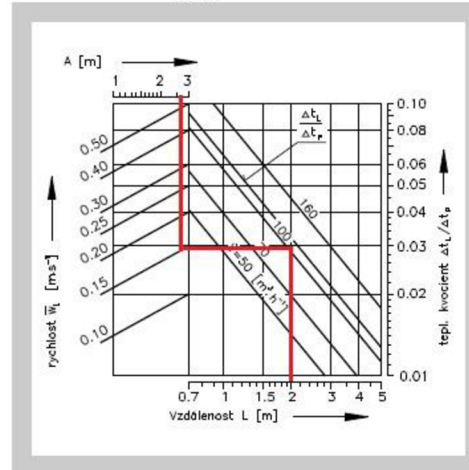


Diagram 9.1.3. Uspořádání výstí jednořadé nebo víceřadé jestliže B ≥ 4 m

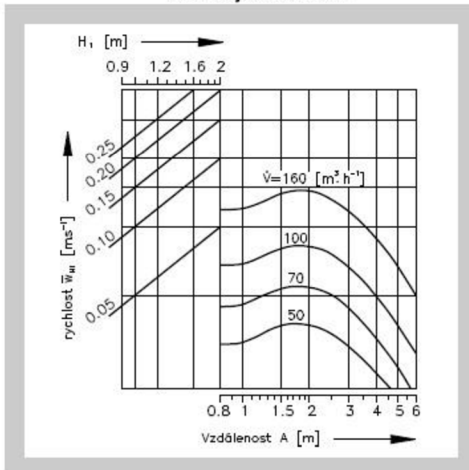
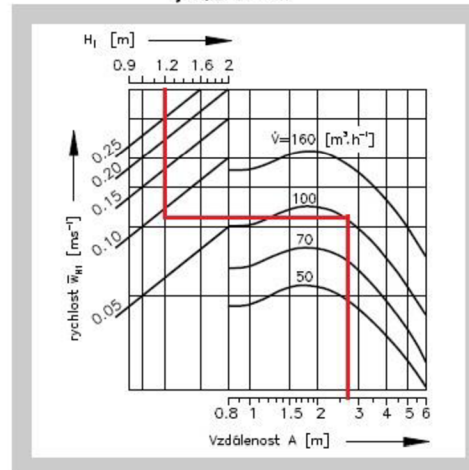


Diagram 9.1.4. Uspořádání výstí víceřadé jestliže B = 3 m



Tab. 9.1.1 Opravné koef. tlakových ztrát a akustického výkonu dle úhlu nastavení klapky

	Úhel nastavení klapky		
	0°	45°	90°
Δpc	x1,0	x1,2	x1,8
LVA	-	-	-

Obrázek č.23. Návrh anemostatů VVM 300 do místnosti Dílny [20]

9.2. VVM 400, 500, 600, 625 - 16 lamel

Diagram 9.2.1. Tlaková ztráta a akustický výkon

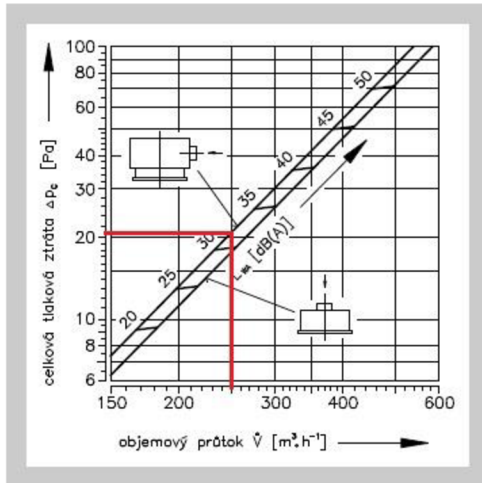


Diagram 9.2.2. Rychlost vzduchu proudění a teplotní rozdíl

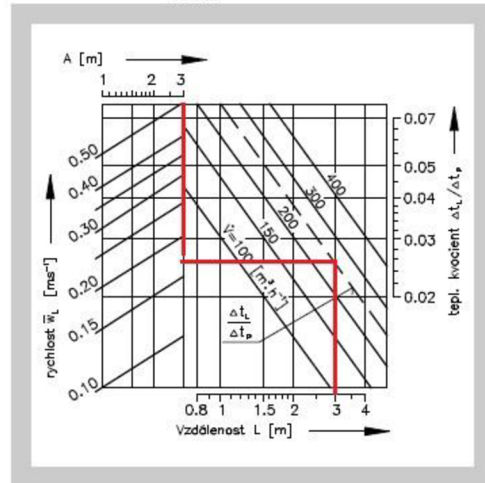


Diagram 9.2.3. Uspořádání vyústí jednoradé nebo víceřadé jestliže B ≥ 4 m

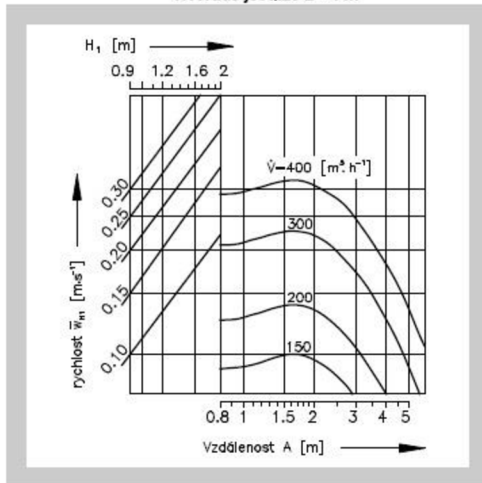
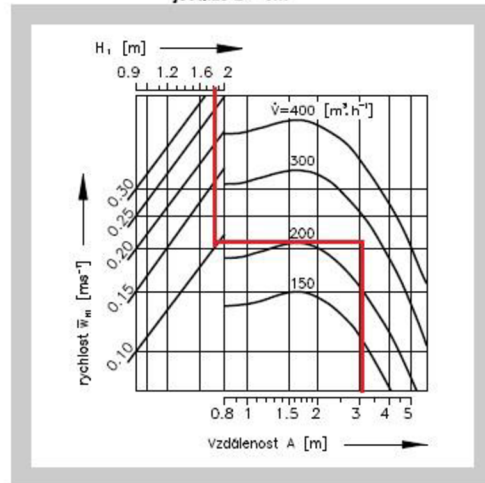


Diagram 9.2.4. Uspořádání vyústí víceřadé jestliže B = 3 m



Tab. 9.2.1. Opravné koef. tlakových ztrát a akustického výkonu dle úhlu nastavení klapky

	Úhel nastavení klapky		
	0°	45°	90°
ΔPc	x1,0	x1,1	x2,0
L <sub>VNA</sub>	-	+1,0	+2,0

Obrázek č.24. Návrh anemostatu VVM 400 do učeben č. 1.21 a 1.22 [20]

9.2. VVM 400, 500, 600, 625 - 16 lamel

Diagram 9.2.1. Tlaková ztráta a akustický výkon

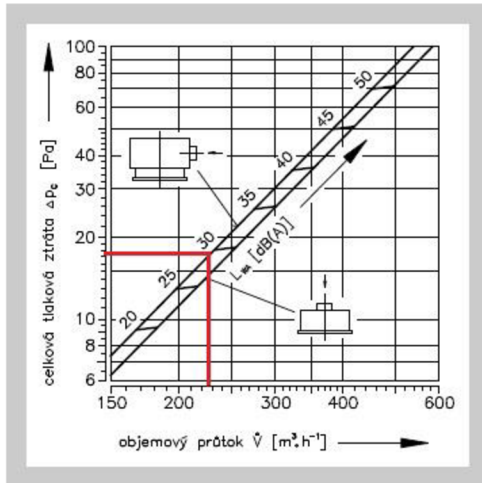


Diagram 9.2.2. Rychlost vzduchu proudění a teplotní rozdíl

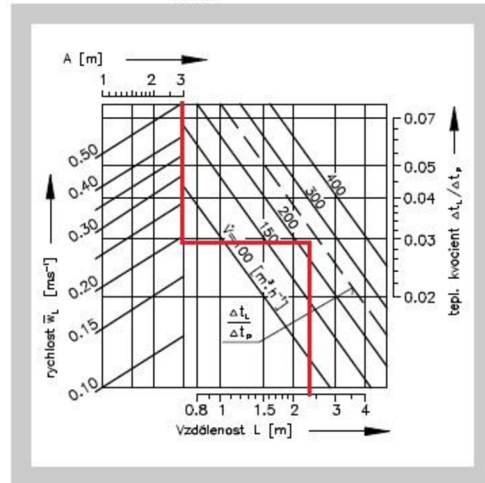


Diagram 9.2.3. Uspořádání vyústí jednoradé nebo víceřadé jestliže B ≥ 4 m

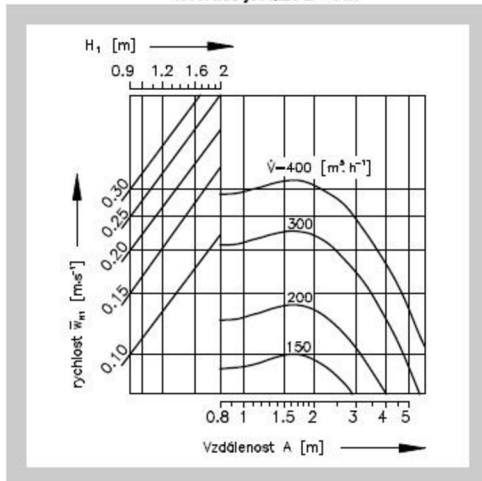
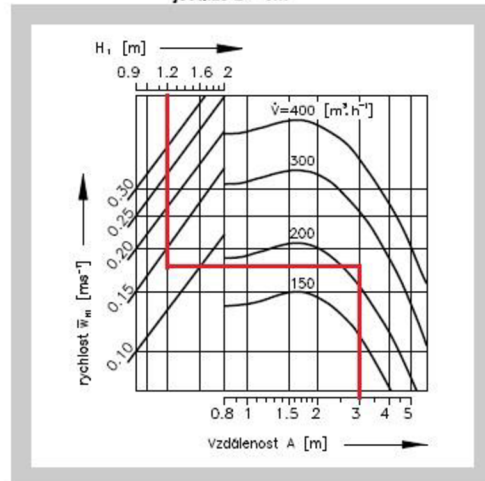


Diagram 9.2.4. Uspořádání vyústí víceřadé jestliže B = 3 m



Tab. 9.2.1. Opravné koef. tlakových ztrát a akustického výkonu dle úhlu nastavení klapky

	Úhel nastavení klapky		
	0°	45°	90°
ΔPc	x1,0	x1,1	x2,0
L <sub>VNA</sub>	-	+1,0	+2,0

Obrázek č.25. Návrh anemostatu VVM 400 do učeben 1.23 a 1.24 [20]

## Čtyřhranná vyústka pro kabinety

Zadaná data: Průtok: 100 m<sup>3</sup>/h

Návrh: VNM 2 280x120 mm s regulací R1 (otevření regulace 50%), bez vlivu stropu

$$L = 3,6 \text{ m}$$

$$\Delta t_p = 2 \text{ °C}$$

Tab. 5.1.2. :  $S_{ef} = 0,0182 \text{ m}^2$

Výpočet:  $W_{ef} = (100/3600)/0,0182 = 1,53 \text{ m/s}$

Diagram 7.1.1. :  $\Delta p_c = 6 \text{ Pa}$

$$L_{WA} = 26 \text{ dB(A)}$$

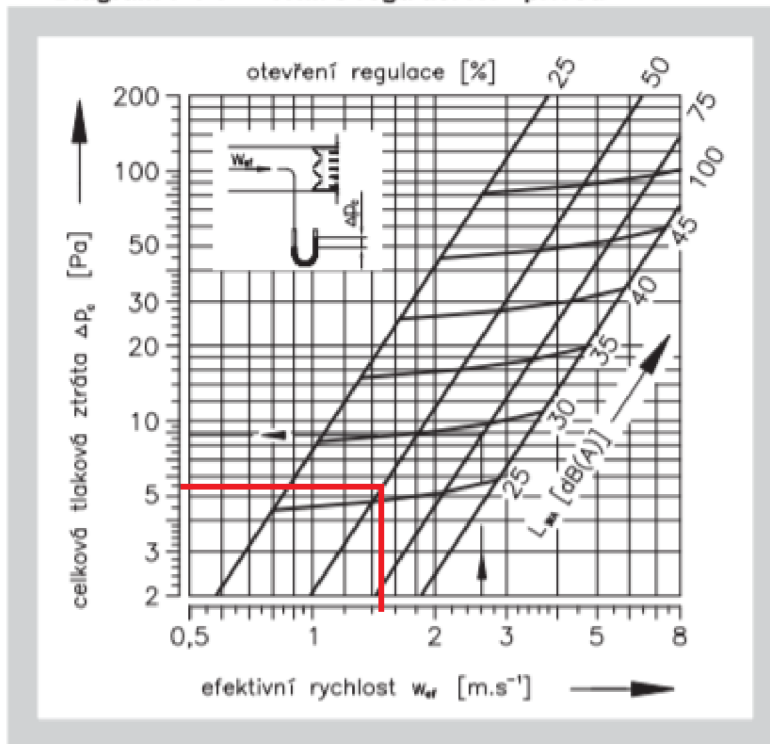
Diagram 7.2.1. :  $w_L = 0,38 \text{ m/s}$

Diagram 7.2.2. :  $y = \text{cca } 0,5 \text{ m}$

VNM 2A 280x120 R1/S TPM 015/01

### 7.1. Akustické výkony a tlakové ztráty

Diagram 7.1.1. VNM s regulací R1 - přívod



Obrázek č.26. Nývrh čtyřhranných vyústek pro přívod vzduchu v kabinetech [20]

## Čtyřhranná vyústka pro chodbu

Zadaná data: Průtok: 200 m<sup>3</sup>/h

Návrh: VNM 2 425x140 mm s regulací R1 (otevření regulace 50%), s vlivem stropu

L = 3,6 m

$\Delta t_p = 2 \text{ °C}$

Tab. 5.1.2. :  $S_{ef} = 0,0329 \text{ m}^2$

Výpočet:  $W_{ef} = (200/3600)/0,0329 = 1,69 \text{ m/s}$

Diagram 7.1.1. :  $\Delta p_c = 7,9 \text{ Pa}$

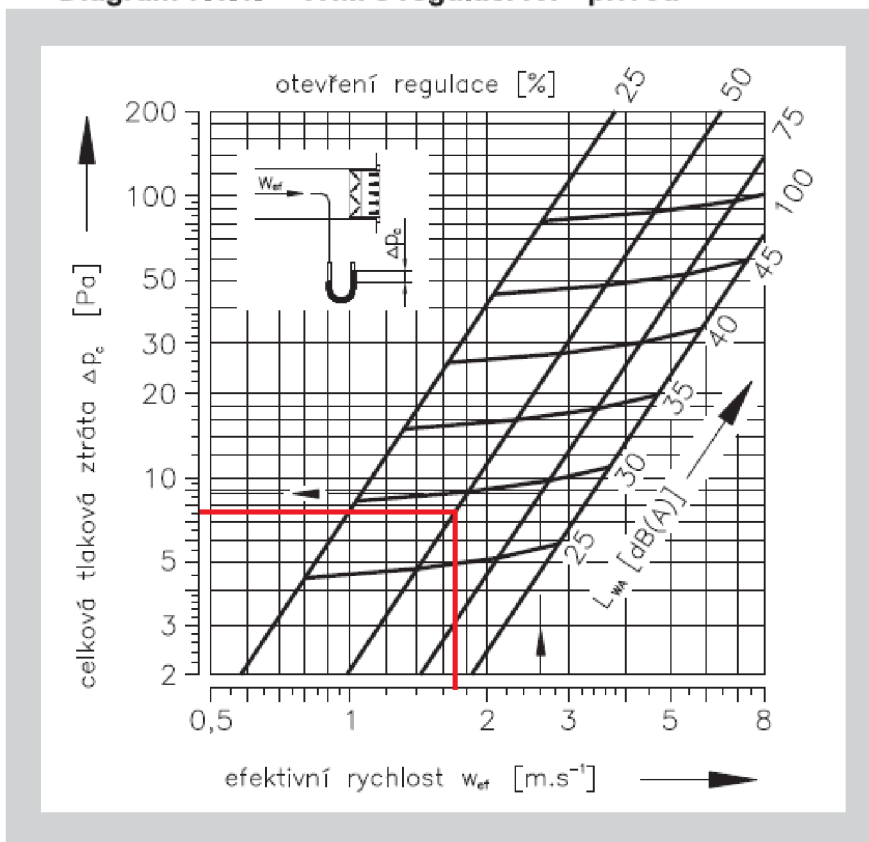
$L_{WA} = 28 \text{ dB(A)}$

Diagram 7.2.1. :  $w_L = 0,21 \text{ m/s}$

VNM 2A 425x140 R1/S TPM 015/01

### 7.1. Akustické výkony a tlakové ztráty

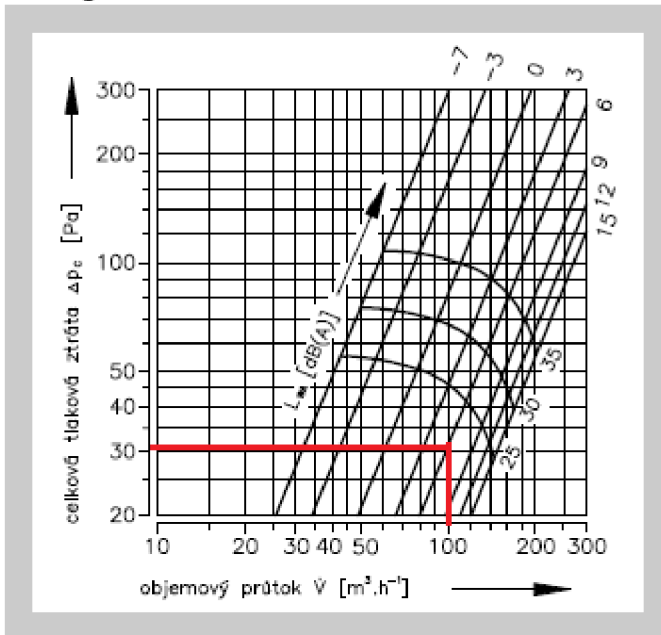
Diagram 7.1.1. VNM s regulací R1 - přívod



Obrázek č.27. Návrh čtyřhranného potrubí pro přívod vzduchu na chodbu [20]

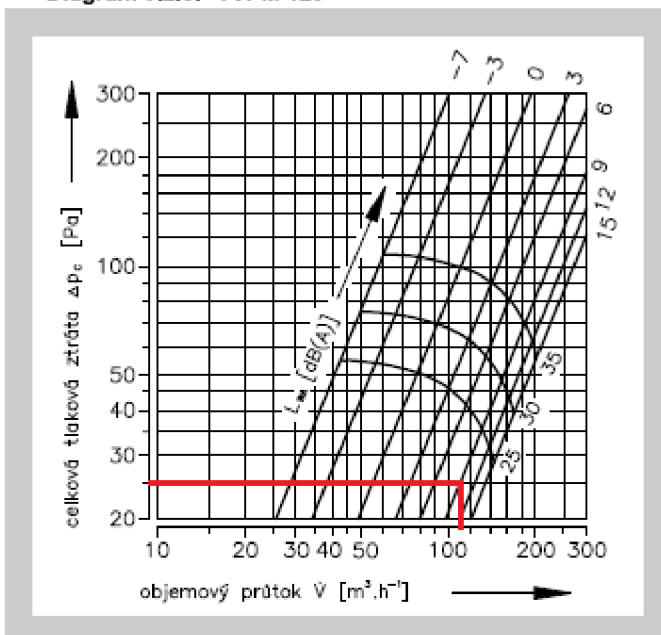
## Přívod vzduchu talířovými ventily do hygienických zázemí

Diagram 5.2.3. TVPM 125



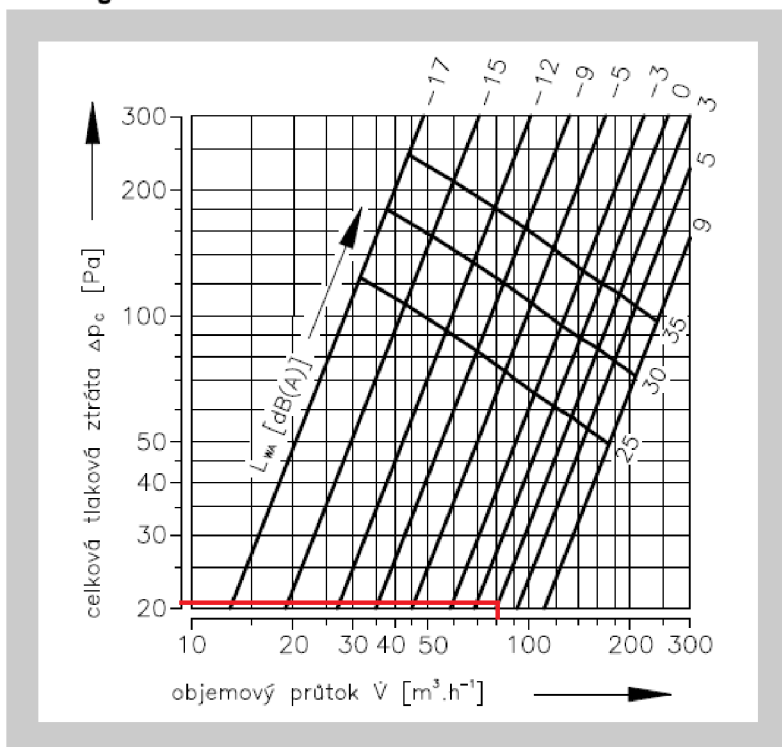
Obrázek č.28. Návrh talířového ventilu DN 125 o průtoku 100 m<sup>3</sup>/h [20]

Diagram 5.2.3. TVPM 125

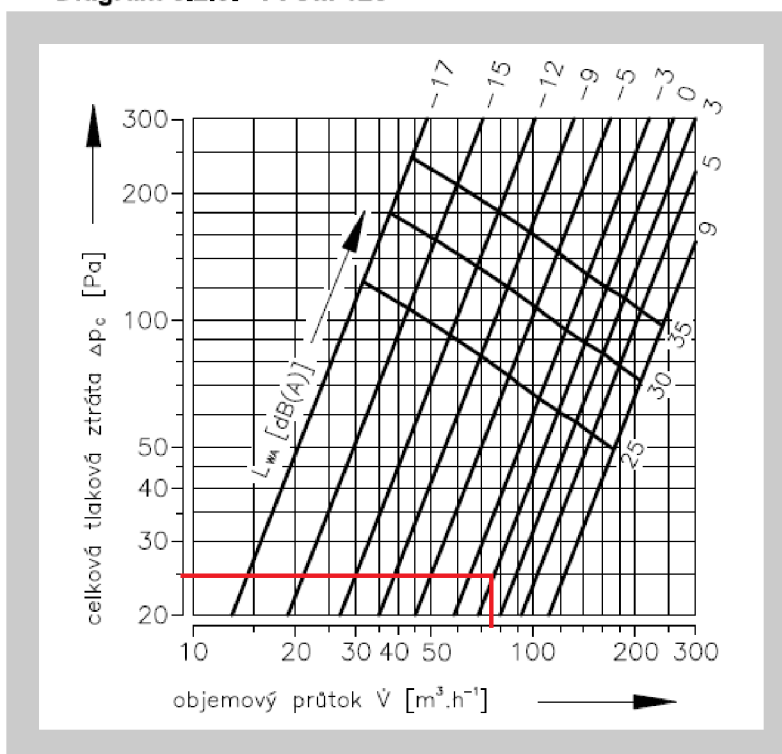


Obrázek č.29. Návrh talířového ventilu DN125 o průtoku 115 m<sup>3</sup>/h [20]

**Diagram 5.2.9. TVOM 125**



**Obrázek č.30.** Návrh talířového ventilu DN125 o průtoku 80 m<sup>3</sup>/h [20]  
**Diagram 5.2.9. TVOM 125**



**Obrázek č.31.** Návrh talířového ventilu DN125 o průtoku 75 m<sup>3</sup>/h [20]

## B.7.2. Návrh koncových elementů pro odvod vzduchu

### Čtyřhranná vyústka pro kabinety

Zadaná data: Průtok: 100 m<sup>3</sup>/h

Návrh: VNM 1 280x120 mm s regulací R1 (otevření regulace 25%), bez vlivu stropu

$$L = 3,6 \text{ m}$$

$$\Delta t_p = 2 \text{ °C}$$

Tab. 5.1.2. :  $S_{ef} = 0,0182 \text{ m}^2$

Výpočet:  $W_{ef} = (100/3600)/0,0229 = 1,21 \text{ m/s}$

Diagram 7.1.2. :  $\Delta p_c = 7,5 \text{ Pa}$

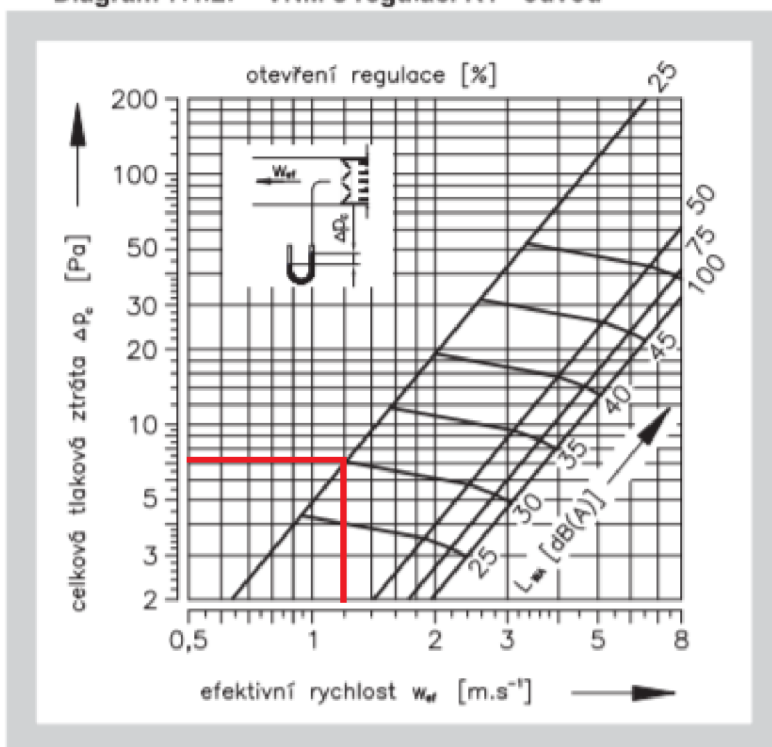
$$L_{WA} = 30 \text{ dB(A)}$$

Diagram 7.2.1. :  $w_L = 0,38 \text{ m/s}$

Diagram 7.2.2. :  $y = \text{cca } 0,5 \text{ m}$

VNM 1A 280x120 R1/S TPM 015/01

Diagram 7.1.2. VNM s regulací R1 - odvod



Obrázek č.32. Návrh čtyřhranné odvodní vyústky pro kabinety [20]



## Čtyřhranná vyústka pro dílny

Zadaná data: Průtok: 100 m<sup>3</sup>/h

Návrh: VNM 1 280x120 mm s regulací R1 (otevření regulace 25%), bez vlivu stropu

$$L = 1,2 \text{ m}$$

$$\Delta t_p = 2 \text{ °C}$$

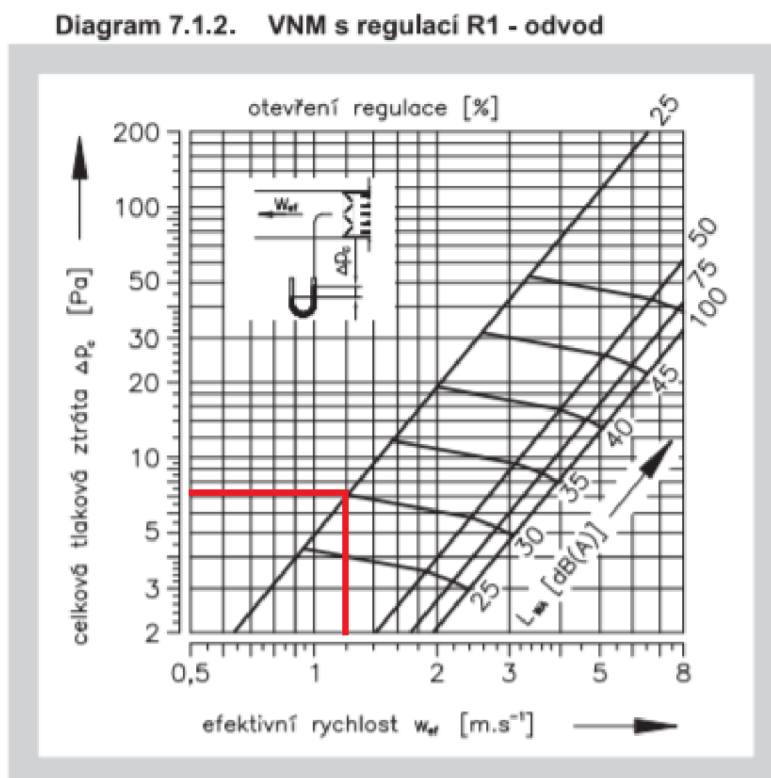
Tab. 5.1.2. :  $S_{ef} = 0,0182 \text{ m}^2$

Výpočet:  $W_{ef} = (100/3600)/0,0229 = 1,21 \text{ m/s}$

Diagram 7.1.2. :  $\Delta p_c = 7,5 \text{ Pa}$

$$L_{WA} = 30 \text{ dB(A)}$$

VNM 1A 280x120 R1/S TPM 015/01



Obrázek č.33. Návrh čtyřhranné odvodní vyústky pro dílny [20]

## Čtyřhranná vyústka pro učebny 1.21 a 1.22

Zadaná data: Průtok: 250 m<sup>3</sup>/h

Návrh: VNM 1 325x200 mm s regulací R1 (otevření regulace 50%), bez vlivu stropu

$$L = 1,2 \text{ m}$$

$$\Delta t_p = 2 \text{ °C}$$

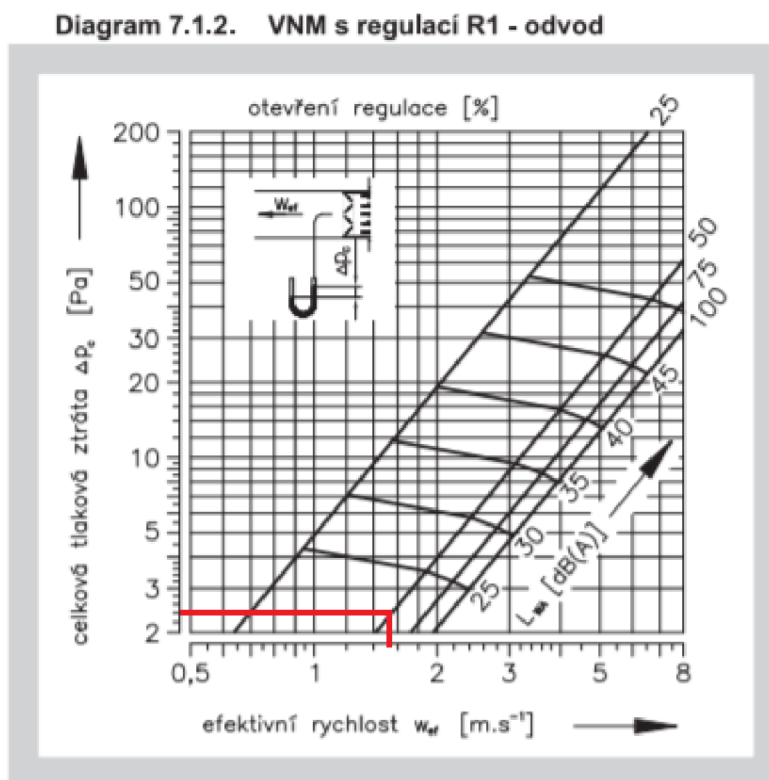
Tab. 5.1.2. :  $S_{ef} = 0,0459 \text{ m}^2$

Výpočet:  $W_{ef} = (250/3600)/0,0459 = 1,51 \text{ m/s}$

Diagram 7.1.2. :  $\Delta p_c = 2,4 \text{ Pa}$

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

VNM 1A 325x200 R1/S TPM 015/01



Obrázek č.34. Návrh čtyřhranné odvodní vyústky pro učebny 1.21 a 1.22 [20]

## Čtyřhranná vyústka pro učebny 1.23 a 1.24

Zadaná data: Průtok: 225 m<sup>3</sup>/h

Návrh: VNM 1 325x200 mm s regulací R1 (otevření regulace 50%), bez vlivu stropu

L = 1,2 m

$\Delta t_p = 2 \text{ }^\circ\text{C}$

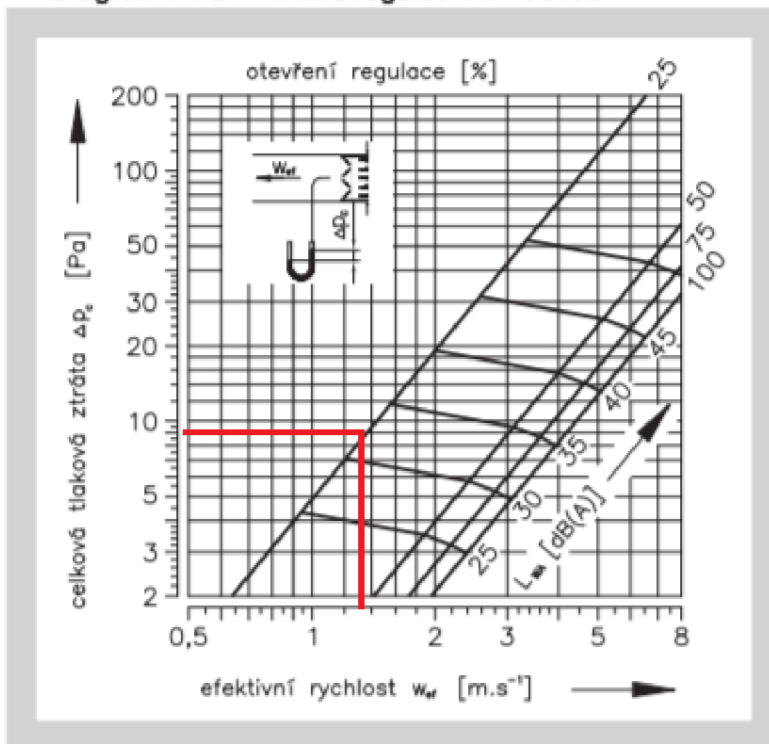
Tab. 5.1.2. :  $S_{ef} = 0,0459 \text{ m}^2$

Výpočet:  $W_{ef} = (225/3600)/0,0459 = 1,36 \text{ m/s}$

Diagram 7.1.2. :  $\Delta p_c = 9,0 \text{ Pa}$

$L_{WA} = 32 \text{ dB(A)}$

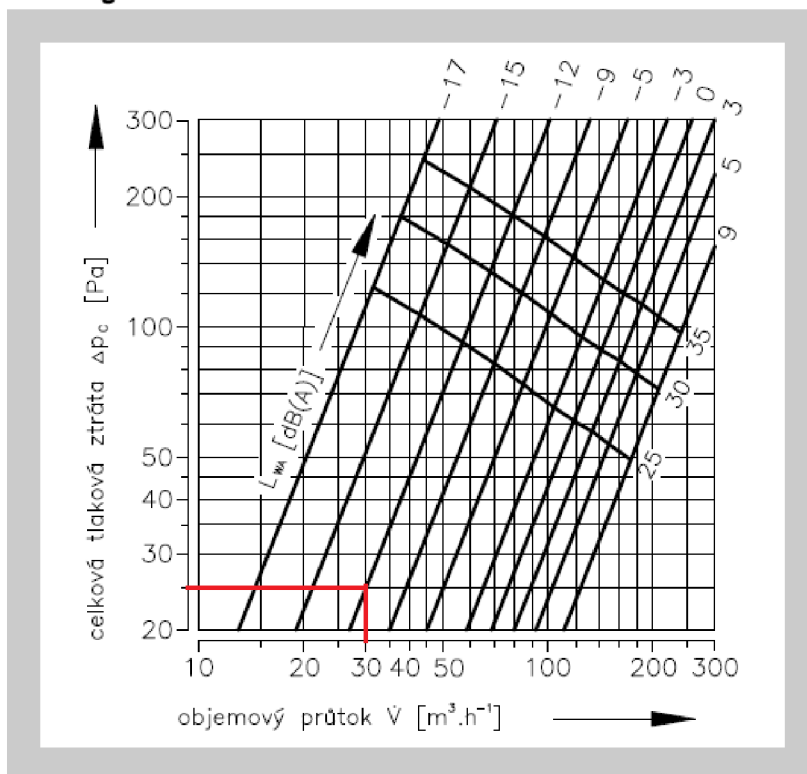
Diagram 7.1.2. VNM s regulací R1 - odvod



Obrázek č.35. Návrh čtyřhranné odvodní vyústky pro učebny 1.23 a 1.24 [20]

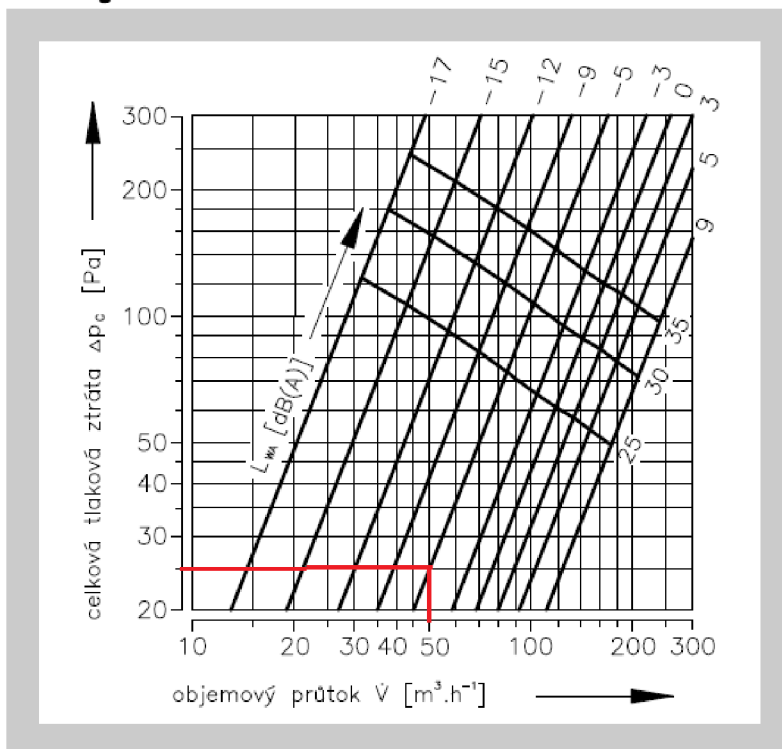
## Odvod vzduchu z hygienických místností talířovými ventily (2.04)

Diagram 5.2.9. TVOM 125



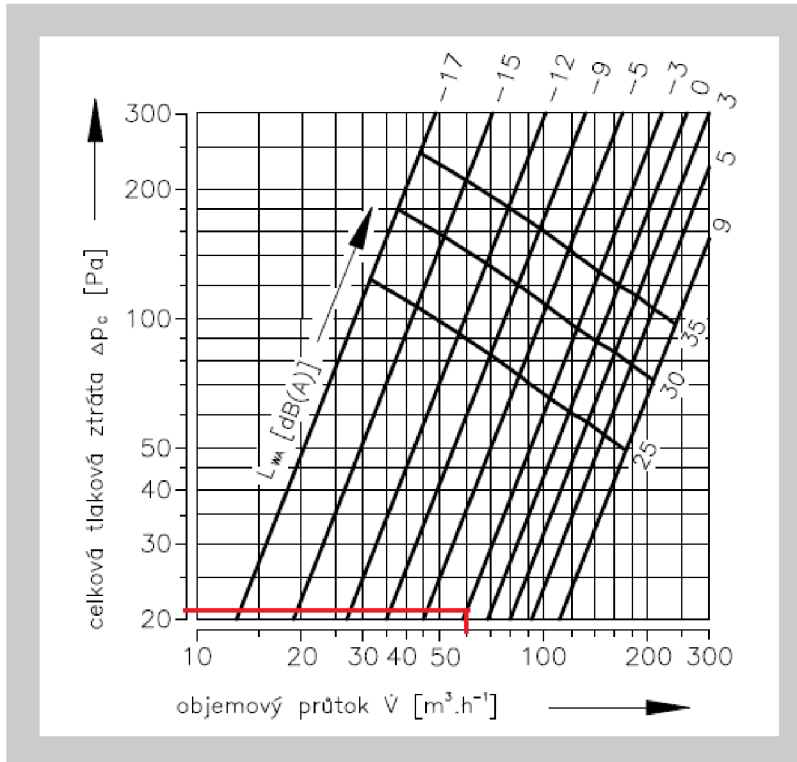
Obrázek č.36. Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 30 m<sup>3</sup>/h [20]

Diagram 5.2.9. TVOM 125

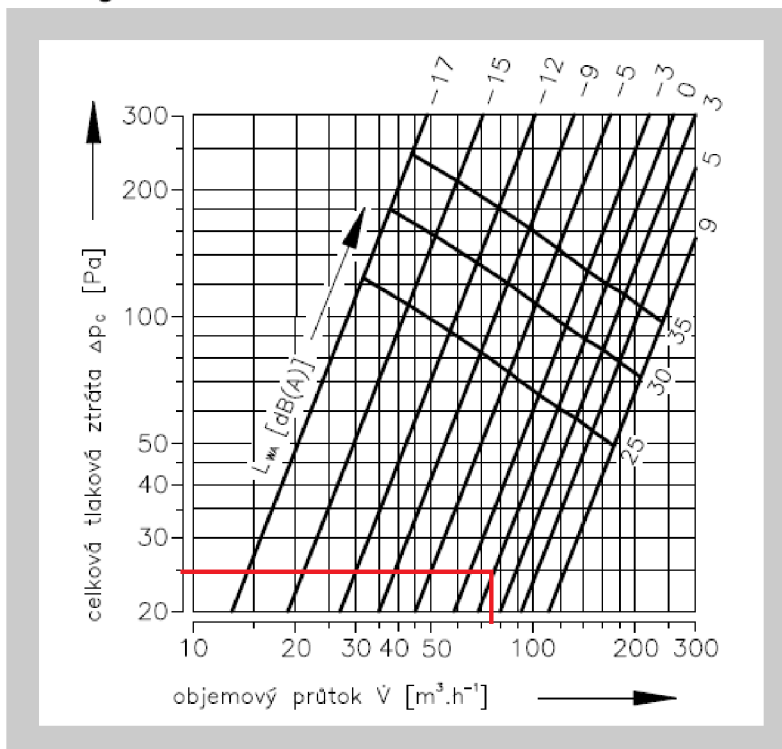


Obrázek č.37. Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 50 m<sup>3</sup>/h [20]

**Diagram 5.2.9. TVOM 125**

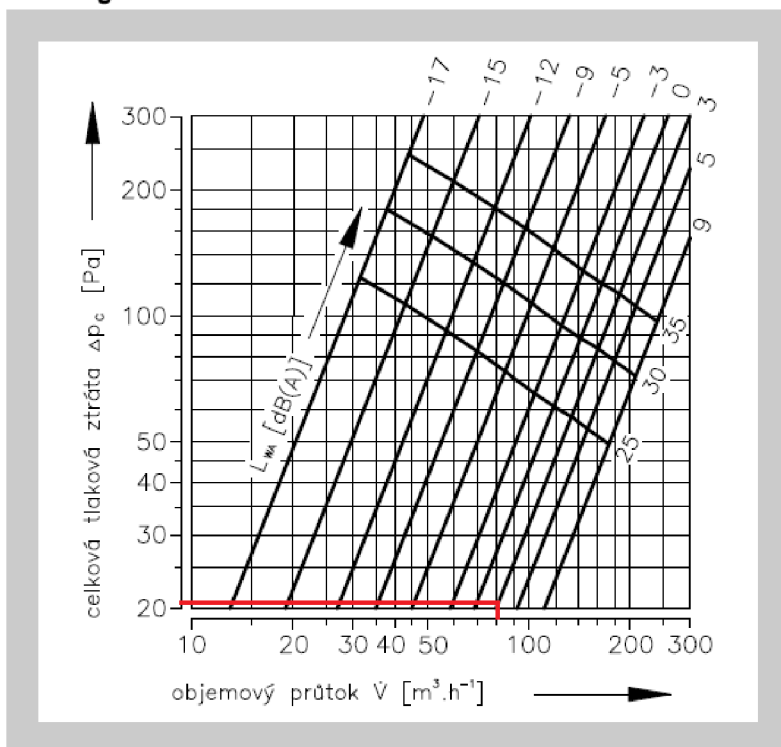


**Obrázek č.38.** Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 60 m<sup>3</sup>/h [20]  
**Diagram 5.2.9. TVOM 125**



**Obrázek č.39.** Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 75 m<sup>3</sup>/h [20]

Diagram 5.2.9. TVOM 125

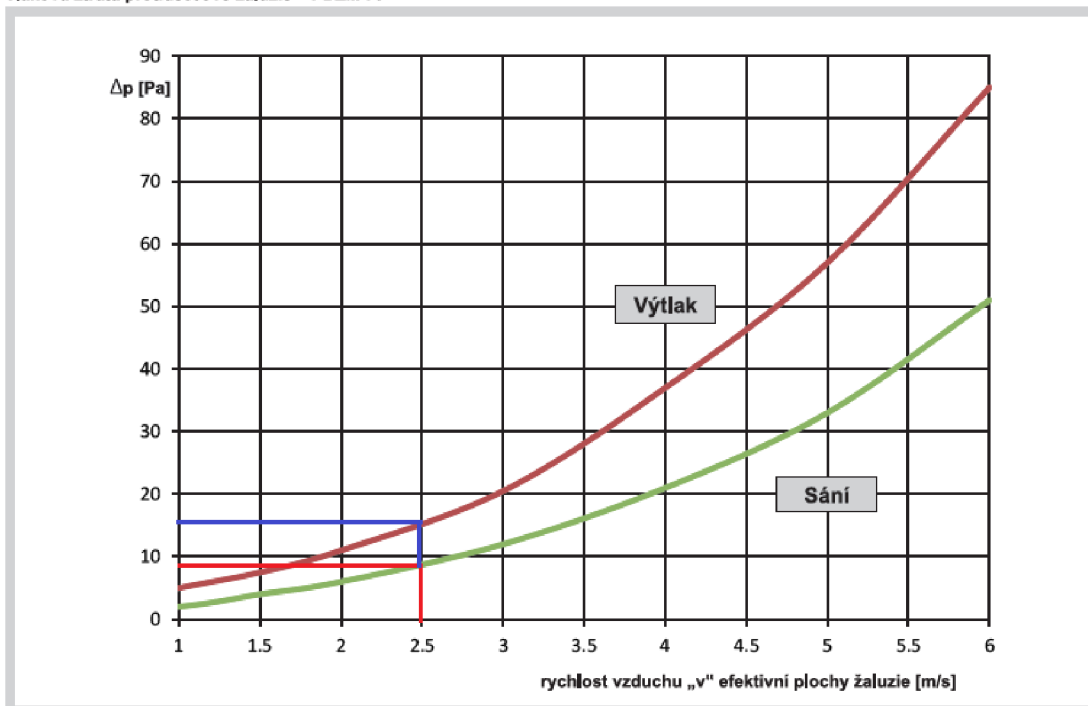


Obrázek č.40. Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 80 m<sup>3</sup>/h [20]

### B.7.3. Návrh protidešťových žaluzií pro sání a výtlak vzduchu

$$W = (4500/3600)/0,5002 = 2,5\text{m/s}$$

Tlaková ztráta protidešťové žaluzie – PDZM 70



Obrázek č.41. Tlaková ztráta protidešťové žaluzie [20]

PDZM 40					PDZM 70				
A x B [mm]	Počet lamel	Efektivní plocha S <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	Hmotnost žaluzie [kg]	Hmotnost žaluzie s upevňovacím rámem [kg]	A x B [mm]	Počet lamel	Efektivní plocha S <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	Hmotnost žaluzie [kg]	Hmotnost žaluzie s upevňovacím rámem [kg]
400 x 560	13	0,0882	4,2	5,3	400 x 560	7	0,1360	4,3	6
x 630	14	0,1028	4,4	5,6	x 630	8	0,1579	4,7	6,5
x 710	16	0,1166	4,9	6,2	x 710	9	0,1828	5,2	7,1
x 800	18	0,1330	5,5	6,8	x 800	10	0,2109	5,6	7,7
x 900	21	0,1486	6,2	7,7	x 900	11	0,2421	6,1	8,4
x 1000	23	0,1676	6,7	8,3	x 1000	12	0,2733	6,6	9,1
x 1120	26	0,1884	7,5	9,2	x 1120	14	0,3108	7,5	10,1
x 1250	29	0,2117	8,2	10,1	x 1250	16	0,3513	8,3	11,2
x 1400	32	0,2402	9	11	x 1400	18	0,3981	9,2	12,3
x 1600	37	0,2747	10,3	12,5	x 1600	20	0,4605	10,2	13,6
x 1800	41	0,3127	11,3	13,7	x 1800	22	0,5229	11,2	15
x 2000	46	0,3473	12,6	15,2	x 2000	24	0,5853	12,2	16,3
450 x 200	5	0,0254	2,3	3,1	450 x 200	3	0,0268	2,6	3,7
x 250	6	0,0361	2,6	3,4	x 250	3	0,0444	2,7	3,9
x 280	7	0,0410	2,8	3,7	x 280	4	0,0549	3,1	4,4
x 315	7	0,0512	2,9	3,8	x 315	4	0,0672	3,1	4,5
x 355	8	0,0590	3,2	4,1	x 355	5	0,0813	3,5	5
x 400	9	0,0683	3,4	4,4	x 400	5	0,0972	3,6	5,1
x 450	10	0,0790	3,7	4,8	x 450	6	0,1148	4,1	5,7
x 500	12	0,0859	4,2	5,3	x 500	6	0,1324	4,2	5,8
x 550	13	0,0966	4,5	5,7	x 550	7	0,1500	4,6	6,4
x 560	13	0,0995	4,5	5,7	x 560	7	0,1535	4,6	6,4
x 630	14	0,1160	4,8	6,1	x 630	8	0,1781	5,1	7
x 710	16	0,1316	5,4	6,7	x 710	9	0,2063	5,6	7,6
x 800	18	0,1501	5,9	7,4	x 800	10	0,2380	6,1	8,3
x 900	21	0,1677	6,7	8,2	x 900	11	0,2732	6,6	9
x 1000	23	0,1891	7,3	8,9	x 1000	12	0,3084	7,2	9,7
x 1120	26	0,2125	8,1	9,9	x 1120	14	0,3506	8,1	10,8
x 1250	29	0,2388	8,9	10,8	x 1250	16	0,3964	9	11,9
x 1400	32	0,2710	9,8	11,8	x 1400	18	0,4492	10	13,2
x 1600	37	0,3100	11,2	13,4	x 1600	20	0,5196	11,1	14,6
x 1800	41	0,3528	12,3	14,8	x 1800	22	0,5900	12,1	16
x 2000	46	0,3918	13,7	16,3	x 2000	24	0,6604	13,2	17,4
500 x 200	5	0,0283	2,5	3,4	500 x 200	3	0,0298	2,8	4,1
x 250	6	0,0403	2,8	3,7	x 250	3	0,0494	2,9	4,2
x 280	7	0,0457	3,1	4	x 280	4	0,0612	3,3	4,7
x 315	7	0,0570	3,1	4,1	x 315	4	0,0749	3,4	4,9
x 355	8	0,0657	3,4	4,4	x 355	5	0,0906	3,8	5,4
x 400	9	0,0760	3,7	4,8	x 400	5	0,1082	3,9	5,5
x 450	10	0,0880	4	5,2	x 450	6	0,1278	4,4	6,1
x 500	12	0,0956	4,6	5,8	x 500	6	0,1474	4,5	6,3
x 550	13	0,1075	4,9	6,1	x 550	7	0,1670	5	6,8
x 560	13	0,1108	4,9	6,1	x 560	7	0,1709	5	6,9
x 630	14	0,1292	5,2	6,5	x 630	8	0,1984	5,5	7,5
x 710	16	0,1466	5,8	7,2	x 710	9	0,2297	6	8,2
x 800	18	0,1672	6,4	7,9	x 800	10	0,2650	6,6	8,9
x 900	21	0,1868	7,3	8,9	x 900	11	0,3042	7,1	9,6
x 1000	23	0,2106	7,9	9,6	x 1000	12	0,3434	7,7	10,3
x 1120	26	0,2367	8,8	10,6	x 1120	14	0,3904	8,7	11,5
x 1250	29	0,2660	9,7	11,6	x 1250	16	0,4414	9,7	12,7
x 1400	32	0,3017	10,6	12,7	x 1400	18	0,5002	10,7	14
x 1600	37	0,3452	12	14,4	x 1600	20	0,5786	11,9	15,5
x 1800	41	0,3929	13,3	15,8	x 1800	22	0,6570	13	17
x 2000	46	0,4363	14,7	17,5	x 2000	24	0,7354	14,2	18,4
550 x 200	5	0,0312	2,7	3,6	550 x 200	3	0,0328	3	4,4
x 250	6	0,0444	3	4	x 250	3	0,0544	3,1	4,5
x 280	7	0,0504	3,3	4,3	x 280	4	0,0674	3,6	5,1
x 315	7	0,0629	3,4	4,4	x 315	4	0,0825	3,6	5,2

Obrázek č.42. Návrh velikosti protidešťové žaluzie [20] [21]

## B.7.4. Návrh střešních výfukových a sacích hlavice (2.12,2.13)

### Roof hood

VHL



#### Description

The VHL lamella hood is developed specially to achieve an architecturally correct ending of air intake and outlet on the roof.

The lamella hood is as standard delivered in galvanised design, can also be delivered in black powder coating.

In order to achieve a harmonic transition from duct to hood, the connection to the hood can be chosen either as a duct or as a roof transition (e.g. GISOL or GISOLP) with its dimensions corresponding to  $\varnothing D$ , below the roof the duct may be reduced to  $\varnothing d_1$  (see mounting proposal 1).

The lamella hood can well also be mounted directly on a duct with the diameter  $\varnothing d_1$  (see mounting proposal 2).

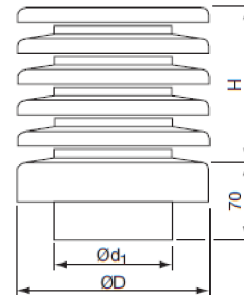
When connecting to the roof through connection TGR, the special transition piece TGR-VHL must be used (see page 29).

Standard colours, see page 3.

#### Ordering example

	VHL	125	250	S
Product				
Dimension $\varnothing d$				
Dimension $\varnothing D$				
Colour, if desired				

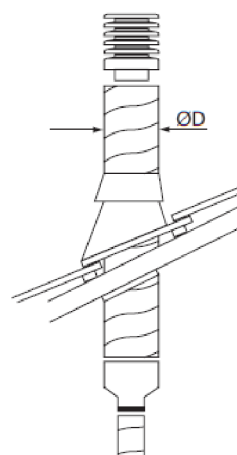
#### Dimensions



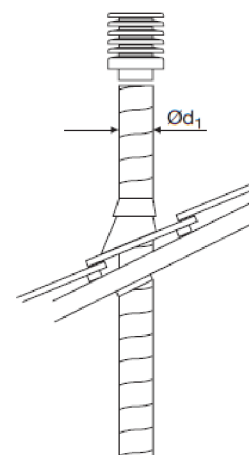
$\varnothing d$ nom	$\varnothing D$ [mm]	H [mm]	Free area $m^2$	m kg	Out- door air max. rec. * $m^3/h$	Roof through connection TGR	
						50 [mm] Size	100 [mm] Size
100	224	110	0,019	1,40	175	3	3
125	250	145	0,033	1,90	270	3	4
160	280	180	0,055	2,30	430	3	4
200	315	250	0,100	3,40	690	3	4
250	400	250	0,125	5,20	1000	4	5
315	450	290	0,182	8,70	1600	5	6
400	560	370	0,306	13,4	2600	5	6
500	630	410	0,441	15,2	3900	6	7

\* Recommended maximum air flow when use of VHL as intake hood. H = building in measure.

#### Alternative 1



#### Alternative 2



Obrázek č.43. Návrh výfukové a sací hlavice pro zařízení č.2 [21]

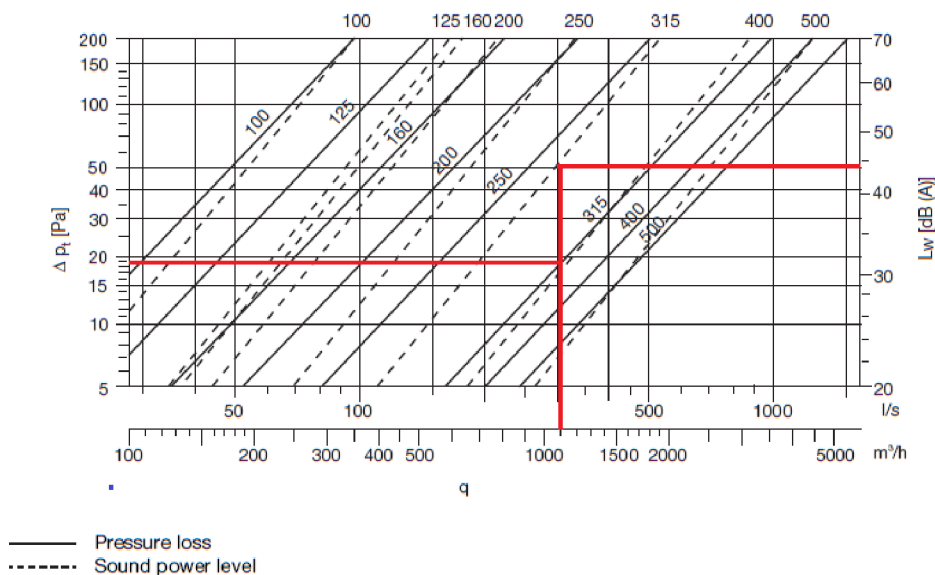


# Roof hood

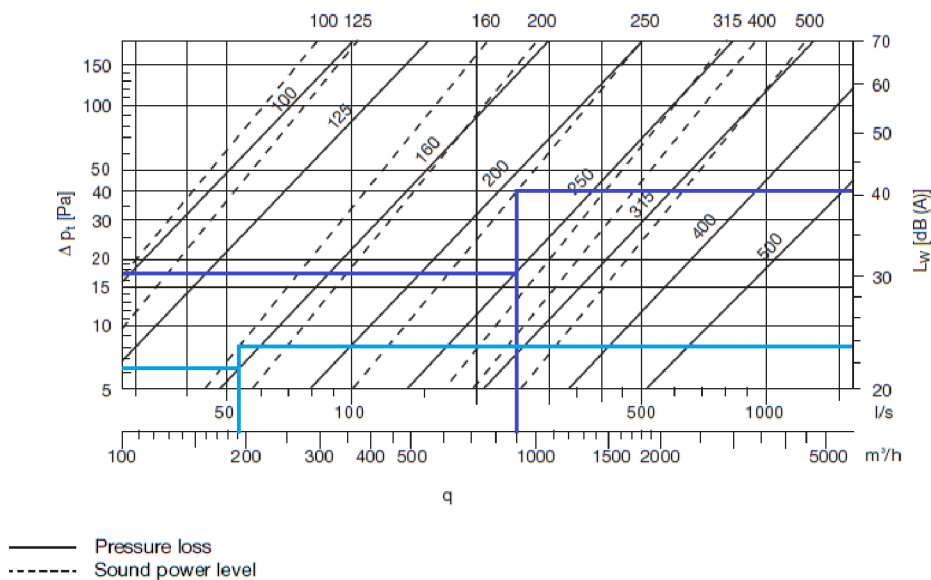
# VHL

## Technical data

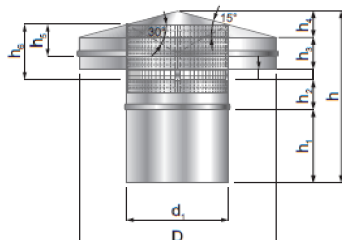
### Outdoor air



### Extract air



**Obrázek č.44.** Návrh hluku a tlakové ztráty výfukové a sací hlavice pro zařízení č.2 [21]



PS.250

ZPŮSOB OBJEDNÁVÁNÍ /  
POPIS ZNAČENÍ:

označení výrobku  
průměr  $d_1$  (mm)

**TECHNICKÝ POPIS:**

**Standardní provedení:**

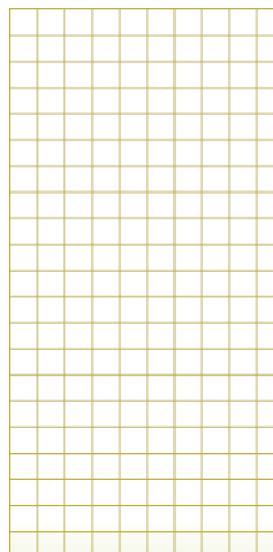
- materiál: pozinkovaný plech
- s lemem a mřížkou
- plášť je švově svařován
- vyrobeno podle DIN EN 1506
- mřížka vyráběna na vysekávacím lisu do rozměru 630 mm, oka 12x12 mm
- místa po bodovém svařování jsou ošetřena zinkovou barvou
- tmel: bez silikonu

**Speciální provedení:**

- materiál: nerezV2A-1.4301 nebo V4A-1.4404, hliník, měď
- mimo rozměrovou řadu
- provedení bez ochranné mřížky **PS-1**
- povrchová úprava práškovou barvou v odstínech RAL

**STANDARDNÍ ROZMĚROVÁ ŘADA:**

průměr $d_1$ (mm)	průměr D (mm)	výška $h_1$ (mm)	výška h (mm)	váha (ks /kg)
80	210	100	224	0,4
100	210	100	224	0,4
125	250	100	229	0,5
160	290	100	254	0,7
200	350	100	272	0,9
250	460	120	337	1,6
315	570	120	362	2,4
400	640	140	391	3,7
500	780	140	470	6,4
630	1100	140	543	11,7
710	1150	160	590	13,1
800	1200	160	616	16,6



PS

Značení:  
PS.  $d_1$

STANDARD

KRUHOVÉ POTRUBÍ

**Obrázek č.45.** Návrh hluku a tlakové ztráty výfukové hlavice pro zařízení č.2

## B.8. Návrh dveřních mřížek (2.09,2.10)

Příslušenství, distribuční elementy

**DME – dveřní mřížky**

Soler&Palau  
Ventilation Group

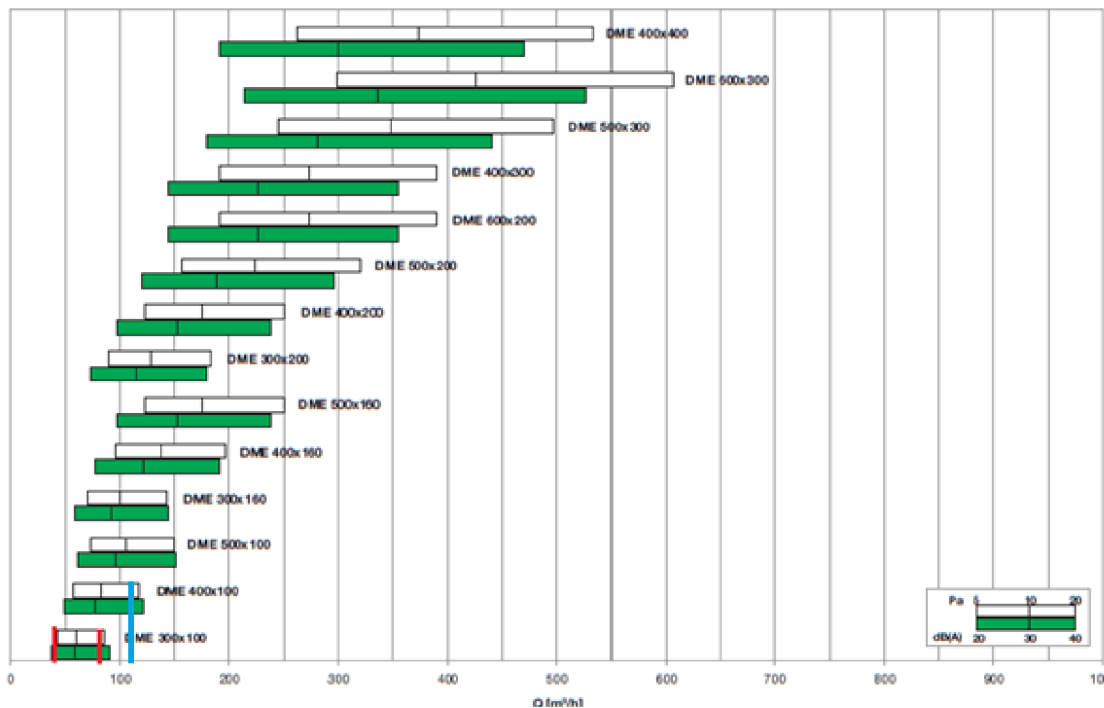
Typ	A <sub>v</sub> [m <sup>2</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> /h]		L <sub>max</sub> [dB(A)]		Δp <sub>t</sub> [Pa]	
		min	max	min	max	min	max
DME 200x100	0,0140	30	60	24	39	5	20
DME 300x100	0,0209	40	90	22	40	5	20
DME 400x100	0,0276	60	120	24	40	5	20
DME 500x100	0,0344	70	150	23	40	5	20
DME 600x100	0,0411	90	180	25	40	5	20
DME 700x100	0,0478	110	220	26	41	5	20
DME 800x100	0,0545	120	250	25	41	5	20
DME 900x100	0,0611	140	290	26	42	5	20
DME 1000x100	0,0678	160	320	26	42	5	20
DME 300x160	0,0330	70	140	24	39	5	20
DME 400x160	0,0438	100	200	26	41	5	20
DME 500x160	0,0545	120	250	25	41	5	20
DME 600x160	0,0651	150	310	26	42	5	20
DME 700x160	0,0757	180	360	26	42	5	20
DME 800x160	0,0863	210	420	27	42	5	20
DME 900x160	0,0968	230	480	26	43	5	20
DME 1000x160	0,1073	260	530	27	43	5	20
DME 200x200	0,0276	60	120	24	40	5	20
DME 300x200	0,0411	90	180	25	40	5	20
DME 400x200	0,0545	120	250	25	41	5	20
DME 500x200	0,0678	160	320	26	42	5	20
DME 600x200	0,0810	190	390	26	42	5	20
DME 700x200	0,0942	230	460	27	42	5	20
DME 800x200	0,1073	260	530	27	43	5	20
DME 900x200	0,1204	300	610	27	43	5	20
DME 1000x200	0,1335	330	680	27	43	5	20
DME 300x300	0,0611	140	290	26	42	5	20
DME 400x300	0,0810	190	390	26	42	5	20
DME 500x300	0,1007	240	500	26	43	5	20
DME 600x300	0,1204	300	610	27	43	5	20
DME 400x400	0,1073	260	530	27	43	5	20
DME 500x400	0,1335	330	680	27	43	5	20
DME 600x400	0,1595	410	830	28	44	5	20
DME 700x400	0,1855	480	980	28	44	5	20
DME 800x400	0,2114	560	1140	29	45	5	20
DME 900x400	0,2372	640	1290	29	45	5	20
DME 1000x400	0,2629	710	1450	29	45	5	20

Vysvětlivky:

Q [m<sup>3</sup>/h] průtok vzduchu  
A<sub>v</sub> [m<sup>2</sup>] volná výtoková plocha  
Δp<sub>t</sub> [Pa] celková tlaková ztráta  
L<sub>max</sub> [dB(A)] akustický výkon

Obrázek č.46. Návrh velikosti dveřní mřížky [22]

Tabulka rychlého návrhu



Obrázek č.47. Návrh tlakové ztráty a hlučnosti dveřní mřížky [22]

## B.9. Návrh požárních klapek (1.32,1.32,1.33)

MANDÍK®

TPM 075/09

A x B [mm]	a [mm]	c [mm]	Hmotnost provedení		Efekt. plocha Sef [m <sup>2</sup> ]	Servo.	Mech.	A x B [mm]	a [mm]	c [mm]	Hmotnost provedení		Efekt. plocha Sef [m <sup>2</sup> ]	Servo.	Mech.
			mech [kg]	servo [kg]							mech [kg]	servo [kg]			
400 x 500	-	190	14,5	17,5	0,1437	BFN	M2	500 x 750	15	315	21,0	24,0	0,2970	BF	M3
x 550	-	215	15,5	18,5	0,1611	BFN	M2	x 800	40	340	22,0	25,0	0,3194	BF	M3
x 560	-	220	15,5	18,5	0,1646	BFN	M2	x 900	90	390	24,0	27,0	0,3642	BF	M3
x 600	-	240	16,0	19,0	0,1785	BFN	M2	x 1000	140	440	25,5	28,5	0,4090	BF	M4
x 630	-	255	16,5	19,5	0,1890	BFN	M2	550 x 160	-	20	10,0	13,0	0,0364	BFL	M1
x 650	-	265	17,0	20,0	0,1959	BFN	M2	x 180	-	30	10,5	13,5	0,0463	BFL	M1
x 700	-	290	18,0	21,0	0,2133	BFN	M2	x 200	-	40	10,5	13,5	0,0563	BFL	M1
x 710	-	295	18,0	21,0	0,2168	BFN	M2	x 225	-	52,5	11,0	14,0	0,0687	BFL	M1
x 750	15	315	18,5	21,5	0,2307	BF	M3	x 250	-	65	12,0	15,0	0,0812	BFL	M1
x 800	40	340	19,5	22,5	0,2481	BF	M3	x 280	-	80	12,5	15,5	0,0961	BFL	M1
x 900	90	390	21,0	24,0	0,2829	BF	M3	x 300	-	90	13,0	16,0	0,1061	BFL	M1
x 1000	140	440	23,0	26,0	0,3177	BF	M4	x 315	-	97,5	13,0	16,0	0,1135	BFL	M1
450 x 160	-	20	9,0	10,5	0,0374	BFL	M1	x 355	-	117,5	14,5	17,5	0,1335	BFL	M1
x 180	-	30	9,0	10,5	0,0456	BFL	M1	x 400	-	140	15,0	18,0	0,1559	BFN	M2
x 200	-	40	9,5	11,0	0,0538	BFL	M1	x 450	-	165	16,0	19,0	0,1808	BFN	M2
x 225	-	52,5	10,0	11,5	0,0641	BFL	M1	x 500	-	190	17,0	20,0	0,2057	BFN	M2
x 250	-	65	10,5	12,0	0,0744	BFL	M1	x 550	-	215	18,0	21,0	0,2306	BFN	M2
x 280	-	80	11,0	12,5	0,0857	BFL	M1	x 560	-	220	18,5	21,5	0,2356	BFN	M2
x 300	-	90	11,5	13,0	0,0949	BFL	M1	x 600	-	240	19,0	22,0	0,2555	BFN	M2
x 315	-	97,5	11,5	13,5	0,1011	BFL	M1	x 630	-	255	20,0	23,0	0,2704	BF	M2
x 355	-	117,5	13,0	14,5	0,1175	BFL	M1	x 650	-	265	20,0	23,0	0,2804	BF	M2
x 400	-	140	13,5	15,0	0,1360	BFL	M1	x 700	-	290	21,5	24,5	0,3053	BF	M2
x 450	-	165	14,5	17,5	0,1445	BFN	M2	x 710	-	295	21,5	24,5	0,3103	BF	M2

Obrázek č.48. Návrh požárních klapek pro přechod z N1.01 – I do N1.02 - I [20]

A x B [mm]	a [mm]	c [mm]	Hmotnost		Efekt. plocha Sef [m <sup>2</sup> ]	Servo.	Mech.	A x B [mm]	a [mm]	c [mm]	Hmotnost		Efekt. plocha Sef [m <sup>2</sup> ]	Servo.	Mech.
			provedení mech [kg]	servo [kg]							provedení mech [kg]	servo [kg]			
400 x 500	-	190	14,5	17,5	0,1437	BFN	M2	500 x 750	15	315	21,0	24,0	0,2970	BF	M3
x 550	-	215	15,5	18,5	0,1611	BFN	M2	x 800	40	340	22,0	25,0	0,3194	BF	M3
x 560	-	220	15,5	18,5	0,1646	BFN	M2	x 900	90	390	24,0	27,0	0,3642	BF	M3
x 600	-	240	16,0	19,0	0,1785	BFN	M2	x 1000	140	440	25,5	28,5	0,4090	BF	M4
x 630	-	255	16,5	19,5	0,1890	BFN	M2	550 x 160	-	20	10,0	13,0	0,0364	BFL	M1
x 650	-	265	17,0	20,0	0,1959	BFN	M2	x 180	-	30	10,5	13,5	0,0463	BFL	M1
x 700	-	290	18,0	21,0	0,2133	BFN	M2	x 200	-	40	10,5	13,5	0,0563	BFL	M1
x 710	-	295	18,0	21,0	0,2168	BFN	M2	x 225	-	52,5	11,0	14,0	0,0687	BFL	M1
x 750	15	315	18,5	21,5	0,2307	BF	M3	x 250	-	65	12,0	15,0	0,0812	BFL	M1
x 800	40	340	19,5	22,5	0,2481	BF	M3	x 280	-	80	12,5	15,5	0,0961	BFL	M1
x 900	90	390	21,0	24,0	0,2829	BF	M3	x 300	-	90	13,0	16,0	0,1061	BFL	M1
x 1000	140	440	23,0	26,0	0,3177	BF	M4	x 315	-	97,5	13,0	16,0	0,1135	BFL	M1
450 x 160	-	20	9,0	10,5	0,0374	BFL	M1	x 355	-	117,5	14,5	17,5	0,1335	BFL	M1
x 180	-	30	9,0	10,5	0,0456	BFL	M1	x 400	-	140	15,0	18,0	0,1559	BFN	M2
x 200	-	40	9,5	11,0	0,0538	BFL	M1	x 450	-	165	16,0	19,0	0,1808	BFN	M2
x 225	-	52,5	10,0	11,5	0,0641	BFL	M1	x 500	-	190	17,0	20,0	0,2057	BFN	M2
x 250	-	65	10,5	12,0	0,0744	BFL	M1	x 550	-	215	18,0	21,0	0,2306	BFN	M2
x 280	-	80	11,0	12,5	0,0867	BFL	M1	x 560	-	220	18,5	21,5	0,2356	BFN	M2
x 300	-	90	11,5	13,0	0,0949	BFL	M1	x 600	-	240	19,0	22,0	0,2555	BFN	M2
x 315	-	97,5	11,5	13,5	0,1011	BFL	M1	x 630	-	255	20,0	23,0	0,2704	BF	M2
x 355	-	117,5	13,0	14,5	0,1175	BFL	M1	x 650	-	265	20,0	23,0	0,2804	BF	M2
x 400	-	140	13,5	15,0	0,1360	BFL	M1	x 700	-	290	21,5	24,5	0,3053	BF	M2
x 450	-	165	14,5	17,5	0,1445	BFN	M2	x 710	-	295	21,5	24,5	0,3103	BF	M2
x 500	-	190	15,5	18,5	0,1644	BFN	M2	x 750	15	315	22,0	25,0	0,3302	BF	M3
x 550	-	215	16,5	19,5	0,1843	BFN	M2	x 800	40	340	23,0	26,0	0,3551	BF	M3
x 560	-	220	16,5	19,5	0,1883	BFN	M2	x 900	90	390	25,0	28,0	0,4049	BF	M3
x 600	-	240	17,0	20,0	0,2042	BFN	M2	560 x 160	-	20	10,0	13,0	0,0371	BFL	M1
x 630	-	255	17,5	20,5	0,2161	BFN	M2	x 180	-	30	10,5	13,5	0,0472	BFL	M1
x 650	-	265	18,0	21,0	0,2241	BFN	M2	x 200	-	40	11,0	14,0	0,0574	BFL	M1
x 700	-	290	19,0	22,0	0,2440	BF	M2	x 225	-	52,5	11,5	14,5	0,0701	BFL	M1
x 710	-	295	19,0	22,0	0,2480	BF	M2	x 250	-	65	12,0	15,0	0,0828	BFL	M1
x 750	15	315	20,0	23,0	0,2639	BF	M3	x 280	-	80	12,5	15,5	0,0980	BFL	M1
x 800	40	340	20,5	23,5	0,2838	BF	M3	x 300	-	90	13,0	16,0	0,1082	BFL	M1
x 900	90	390	22,5	25,5	0,3236	BF	M3	x 315	-	97,5	13,0	16,0	0,1158	BFL	M1
x 1000	140	440	24,0	27,0	0,3634	BF	M4	x 355	-	117,5	14,5	17,5	0,1361	BFL	M1
500 x 160	-	20	9,5	11,0	0,0419	BFL	M1	x 400	-	140	15,5	18,5	0,1590	BFN	M2
x 180	-	30	9,5	11,5	0,0511	BFL	M1	x 450	-	165	16,5	19,5	0,1844	BFN	M2
x 200	-	40	10,0	11,5	0,0603	BFL	M1	x 500	-	190	17,5	20,5	0,2098	BFN	M2
x 225	-	52,5	10,5	12,5	0,0718	BFL	M1	x 550	-	215	18,5	21,5	0,2352	BFN	M2
x 250	-	65	11,0	13,0	0,0834	BFL	M1	x 560	-	220	18,5	21,5	0,2403	BFN	M2
x 280	-	80	11,5	13,5	0,0972	BFL	M1	x 600	-	240	19,5	22,5	0,2606	BFN	M2
x 300	-	90	12,0	13,5	0,1064	BFL	M1	x 630	-	255	20,0	23,0	0,2758	BF	M2
x 315	-	97,5	12,5	14,0	0,1133	BFL	M1	x 650	-	265	20,5	23,5	0,2860	BF	M2
x 355	-	117,5	13,5	15,0	0,1318	BFL	M1	x 700	-	290	21,5	24,5	0,3114	BF	M2
x 400	-	140	14,5	16,0	0,1525	BFL	M2	x 710	-	295	21,5	24,5	0,3165	BF	M2
x 450	-	165	15,5	18,5	0,1626	BFN	M2	x 750	15	315	22,5	25,5	0,3368	BF	M3
x 500	-	190	16,5	19,5	0,1850	BFN	M2	x 800	40	340	23,5	26,5	0,3622	BF	M3
x 550	-	215	17,0	20,0	0,2074	BFN	M2	600 x 160	-	20	10,5	13,5	0,0400	BFL	M1
x 560	-	220	17,5	20,5	0,2119	BFN	M2	x 180	-	30	11,0	14,0	0,0510	BFL	M1
x 600	-	240	18,0	21,0	0,2298	BFN	M2	x 200	-	40	11,0	14,0	0,0619	BFL	M1
x 630	-	255	19,0	22,0	0,2433	BFN	M2	x 225	-	52,5	12,0	15,0	0,0756	BFL	M1
x 650	-	265	19,0	22,0	0,2522	BF	M2	x 250	-	65	12,5	15,5	0,0893	BFL	M1
x 700	-	290	20,0	23,0	0,2746	BF	M2	x 280	-	80	13,0	16,0	0,1058	BFL	M1
x 710	-	295	20,5	23,5	0,2791	BF	M2	x 300	-	90	13,5	16,5	0,1167	BFL	M1

Obrázek č.49. Návrh požárních klapek pro přechod z N1.01 – I do N1.03 - I [20]

## B.10. Výpočet útlumu hluku

### Útlum hluku v přímém potrubí

$$D_{\text{potr}} = 0,45 - (0,235 \cdot \log(\sqrt{B} \cdot H) + 0,374) \cdot \log(f/31,5) \quad [\text{dB}]$$

### Útlum v oblouku

$$D_{\text{obl}} = 3,32 \cdot \log(f) + 3 \cdot \log(d) - 6 \quad [\text{dB}]$$

### Útlum v odbočce

$$D_{\text{odb}} = 10 \cdot \log(\sum Si/Si) \quad [\text{dB}]$$

### Střední součinitel pohltivosti

$$\alpha_m = \sum(\alpha_p \cdot Sp)/\sum Sp \quad [\text{dB}]$$

### Celkový útlum hluku

$$L_{p,d} = L_{w,\text{vent}} - \sum D_i \quad [\text{dB}]$$

### Hladina akustického tlaku v kontrolním bodě

$$L_{p,i} = L_{w,i} + 10 \cdot \log[(Q/4 \cdot \pi \cdot r^2) + (4 \cdot (1 - \alpha_m)/S \cdot \alpha_m)] \quad [\text{dB}]$$

### Součtová hladina násobných zdrojů

$$L_a = 10 \cdot \log(\sum 10^{0,1 \cdot L_p}) \quad [\text{dB}]$$

Kde

B – šířka potrubí [m]

H – výška potrubí [m]

f – frekvence [Hz]

d – šířka potrubí [m]

$\sum S_i$  – průřez odbočky, do které se určuje šíření hluku [m<sup>2</sup>]

$S_i$  – průřez potrubí, do kterých se šíří hluk [m<sup>2</sup>]

r – vzdálenost kontrolního místa od zdroje hluku v místnosti [m]

$\alpha_p$  – střední činitel pohltivosti [-]

$L_{w,\text{vent}}$  – hladina akustického výkonu ventilátoru v oktávovém pásmu [dB]

$\Sigma D_i$  – útlum hluku jednotlivých elementů v potrubní síti [dB]

$S_p$  – celková plocha místnosti [m<sup>2</sup>]

Q – činitel směrovosti [-]

$L_p$  – zdroje hluku o různých hladinách [dB]

## B.10.1. Útlum hluku do interiéru

Tabulka č.17. Přívod vzduchu z jednotky č.1 do interiéru

Akce:		Bakalářská práce - Vzduchotechnika základní školy										
Zařízení VZT:		1.01 VZT JEDNOTKA - přívod										
ř.	Parametry hluku	Jednotky	Střední kmitočety pásma fm (Hz)									
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
<b>1 Zadání výchozího hluku</b>												
a)	<b>Hladina akustického výkonu</b>	<b>0</b>										
	Jednotka, ventilátor VZT	(dB)	0	81	83	81	88	83	79	74	66	
	Korekce (např. na více zdrojů hluku v zař.)	(dB)	0	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Celková hladina ak. výk. zařízení	(dB)	0	84	86	84	91	86	82	77	69	<b>0,0</b>
	Korekční hodnoty váhového filtru A	(dB)	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
	Hladina akustického výkonu korigovaná	(dBA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,0</b>
b)	<b>Hladina akustického výkonu korigovaná</b>	<b>1</b>										
	Jednotka, ventilátor VZT	(dBA)	0	47	57	72	80	86	84	79	73	<b>89,4</b>
	Výpočtová hladina ak. výkonu korigovaná	(dBA)	0	47	57	72	80	86	84	79	73	<b>89,4</b>
<b>2 Požadavky - max. hluk</b>												
	Třída hluku N 50	(dB)	89,4	75,0	65,5	58,5	53,5	50,0	47,2	45,2	43,5	
	Požadovaný útlum hluku	(dB)	0,0	0,0	0,0	13,5	26,5	36,0	36,8	33,8	29,5	
<b>3 Útlum hluku</b>												
	Vlastní útlum potrubní sítě	(dB)	4,5	3,6	4,5	5,6	6,6	7,8	9,8	11,8	13,8	
	Útlum místnosti	(dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	min. nutný vložený útlum tlumiče hluku	(dB)		0,0	0,0	7,9	19,9	28,2	27,0	22,0	15,7	
	Útlum tlumičů hluku	(dB)	13	17	26	32	34	36	33	24	16	
	Celkový útlum hluku	(dB)	17,5	20,6	30,5	37,6	40,6	43,8	42,8	35,8	29,8	
<b>4 Korekce na vlastní hluk potrubní sítě</b>												
		(dB)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
<b>5 Vyhodnocení útlumu hluku</b>												
	Hladina akustického tlaku v kontrolním místě	(dB)	-16,1	27,8	27,9	35,9	40,8	43,6	42,6	44,6	44,6	<b>50,7</b>
<b>Hladina hluku LA = 50,7 dB</b> <b>Hladina hluku LA požadovaná = 55,0 dB</b>			<b>VYHOVUJE</b>									

**Tabulka č.18.** Přívod vzduchu z místnosti do jednotky č.1

Akce :		<b>Bakalářská práce - Vzduchotechnika základní školy</b>										
Zařízení VZT:		1.01 - VZT JEDNOTKA - Odtah										
ř.	Parametry hluku	Jednotky	Střední kmitočet pásma fm (Hz)									
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
<b>1 Zadání výchozího hluku</b>												
<b>a) Hladina akustického výkonu</b>		<b>0</b>										
Jednotka, ventilátor VZT		(dB)	0	81	83	81	88	83	79	74	66	
Korekce (např. na více zdrojů hluku v zař.)		(dB)	0	3	3	3	3	3	3	3	3	
Celková hladina ak. výk. zařízení		(dB)	0	84	86	84	91	86	82	77	69	<b>0,0</b>
Korekční hodnoty váhového filtru A		(dB)	-39,4	-26	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Hladina akustického výkonu korigovaná		(dBA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,0</b>
<b>b) Hladina akustického výkonu korigovaná</b>		<b>1</b>										
Jednotka, ventilátor VZT		(dBA)	0	40	48	64	71	68	65	61	52	<b>74,2</b>
Výpočtová hladina ak. výkonu korigovaná		(dBA)	0	40	48	64	71	68	65	61	52	<b>74,2</b>
<b>2 Požadavky - max. hluk</b>												
Třída hluku N 50		(dB)	89,4	75,0	65,5	58,5	53,5	50,0	47,2	45,2	43,5	
Požadovaný útlum hluku		(dB)	0,0	0,0	0,0	5,5	17,5	18,0	17,8	15,8	8,5	
<b>3 Útlum hluku</b>												
Vlastní útlum potrubní sítě		(dB)	2,7	2,2	1,6	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
Útlum místnosti		(dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
min. nutný vložený útlum tlumiče hluku		(dB)		0,0	0,0	4,4	17,0	18,0	17,8	15,8	8,5	
Útlum tlumičů hluku		(dB)	13	17	26	32	34	36	33	24	16	
Celkový útlum hluku		(dB)	15,7	19,2	27,6	33,1	34,5	36,0	33,0	24,0	16,0	
<b>4 Korekce na vlastní hluk potrubní sítě</b>												
		(dB)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
<b>5 Vyhodnocení útlumu hluku</b>												
Hladina akustického tlaku v kontrolním místě		(dB)	-14,3	22,3	21,8	32,4	37,9	33,4	33,4	38,4	37,4	<b>44,0</b>
Hladina hluku LA = 44,0 dB			<b>VYHOVUJE</b>									
Hladina hluku LA požadovaná = 55,0 dB												



## B.10.2. Útlum hluku do exteriéru

Tabulka č.19. Hluk ze sání vzduchu z exteriéru do jednotky č.1

Akce:		<b>Bakalářská práce - Vzduchotechnika základní školy</b>										
Zařízení VZT:		1.01 VZT JEDNOTKA - sání										
ř.	Parametry hluku	Jednotky	Střední kmitočet pásma fm (Hz)									
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
<b>1 Zadání výchozího hluku</b>												
<b>a) Hladina akustického výkonu</b>		<b>0</b>										
Jednotka, ventilátor VZT		(dB)	0	81	83	81	88	83	79	74	66	
Korekce (např. na více zdrojů hluku v zař.)		(dB)	0	3	3	3	3	3	3	3	3	
Celková hladina ak. výk. zařízení		(dB)	0	84	86	84	91	86	82	77	69	<b>0,0</b>
Korekční hodnoty váhového filtru A		(dB)	-39,4	-26	-16	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Hladina akustického výkonu korigovaná		(dBA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,0</b>
<b>b) Hladina akustického výkonu korigovaná</b>		<b>1</b>										
Jednotka, ventilátor VZT		(dBA)	0	41	47	60	68	63	60	54	44	<b>70,3</b>
Výpočtová hladina ak. výkonu korigovaná		(dBA)	0	41	47	60	68	63	60	54	44	<b>70,3</b>
<b>2 Požadavky - max. hluk</b>												
Třída hluku N 50		(dB)	89,4	75,0	65,5	58,5	53,5	50,0	47,2	45,2	43,5	
Požadovaný útlum hluku		(dB)	0,0	0,0	0,0	1,5	14,5	13,0	12,8	8,8	0,5	
<b>3 Útlum hluku</b>												
Vlastní útlum potrubní sítě		(dB)	1,6	1,3	0,9	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	
Útlum místnosti		(dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
min. nutný vložený útlum tlumiče hluku		(dB)		0,0	0,0	0,9	14,2	13,0	12,8	8,8	0,5	
Útlum tlumičů hluku		(dB)	6	9	12	19	26	28	24	18	10	
Celkový útlum hluku		(dB)	7,6	10,3	12,9	19,6	26,3	28,0	24,0	18,0	10,0	
<b>4 Korekce na vlastní hluk potrubní sítě</b>												
		(dB)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
<b>5 Vyhodnocení útlumu hluku</b>												
Hladina akustického tlaku v kontrolovaném místě		(dB)	-6,2	32,2	35,5	41,8	43,1	36,4	37,4	37,4	35,4	<b>47,8</b>
Hladina hluku LA = 47,8 dB Hladina hluku LA požadovaná = 55,0 dB			<b>VYHOVUJE</b>									

**Tabulka č.20. Hluk z výfuku vzduchu do exteriéru z jednotky č.1**

Akce :		<b>Bakalářská práce - Vzduchotechnika základní školy</b>											
Zařízení VZT:		1.01 - VZT JEDNOTKA - výfuk											
ř.	Parametry hluku	Jednotky	Střední kmitočet pásma fm (Hz)									Total	
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
<b>1</b>	<b>Zadání výchozího hluku</b>												
<b>a)</b>	<b>Hladina akustického výkonu</b>	<b>0</b>											
	Jednotka, ventilátor VZT	(dB)	0	81	83	81	88	83	79	74	66		
	Korekce (např. na více zdrojů hluku v zař.)	(dB)	0	3	3	3	3	3	3	3	3		
	Celková hladina ak. výk. zařízení	(dB)	0	84	86	84	91	86	82	77	69	<b>0,0</b>	
	Korekční hodnoty váhového filtru A	(dB)	-39	-26,2	-16	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1		
	Hladina akustického výkonu korigovaná	(dBA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,0</b>	
<b>b)</b>	<b>Hladina akustického výkonu korigovaná</b>	<b>1</b>											
	Jednotka, ventilátor VZT	(dBA)	0	47	57	72	78	84	81	77	71	<b>87,2</b>	
	Výpočtová hladina ak. výkonu korigovaná	(dBA)	0	47	57	72	78	84	81	77	71	<b>87,2</b>	
<b>2</b>	<b>Požadavky - max. hluk</b>												
	Třída hluku N 50	(dB)	89,4	75,0	65,5	58,5	53,5	50,0	47,2	45,2	43,5		
	Požadovaný útlum hluku	(dB)	0,0	0,0	0,0	13,5	24,5	34,0	33,8	31,8	27,5		
<b>3</b>	<b>Útlum hluku</b>												
	Vlastní útlum potrubní sítě	(dB)	1,8	1,4	1,3	4,9	8,6	12,2	16,2	20,2	24,2		
	Útlum místnosti	(dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
	min. nutný vložený útlum tlumiče hluku	(dB)		0,0	0,0	8,6	15,9	21,8	17,6	11,6	3,3		
	Útlum tlumičů hluku	(dB)	6	9	12	19	26	28	24	18	10		
	Celkový útlum hluku	(dB)	7,8	10,4	13,3	23,9	34,6	40,2	40,2	38,2	34,2		
<b>4</b>	<b>Korekce na vlastní hluk potrubní sítě</b>	(dB)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4		
<b>5</b>	<b>Vyhodnocení útlumu hluku</b>	(dB)											
	Hladina akustického tlaku v kontrolním místě	(dB)	-6,4	38,0	45,1	49,5	44,8	45,2	42,2	40,2	38,2	<b>53,5</b>	
		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">                     Hladina hluku LA = 53,5 dB                      Hladina hluku LA požadovaná = 55,0 dB  <span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; color: green;">VYHOVUJE</span> </td> </tr> </table>											Hladina hluku LA = 53,5 dB Hladina hluku LA požadovaná = 55,0 dB <span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; color: green;">VYHOVUJE</span>
Hladina hluku LA = 53,5 dB Hladina hluku LA požadovaná = 55,0 dB <span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; color: green;">VYHOVUJE</span>													

## B.10.3. Návrh tlumiče hluku (1.21,1.22,1.23,1.24)



**Greif-akustika, s.r.o.**

www.greif.cz

### 6. Konstrukční parametry:

Typ tlumiče	Rozměry [mm] <sup>1)</sup>				Hmotnost <sup>2)</sup> [kg/ks]	Součinitel tlakové ztráty $\xi$ [-] <sup>3)</sup>		
	š	v	d	t		1	2	3
G200x500x1000	197	497	1000	60	10	3,72	4,39	6,08
G200x500x1500	197	497	1500	60	15	4,69	5,37	7,05
G200x500x2000	197	497	2000	60	24	5,67	6,34	8,03
G250x500x1000	247	497	1000	80	11	4,60	5,55	7,77
G250x500x1500	247	497	1500	80	17	5,67	6,62	8,84
G250x500x2000	247	497	2000	80	26	6,75	7,69	9,92
G300x500x2000	297	497	2000	100	31	7,60	8,80	11,50
G400x500x2000	397	497	2000	100	34	1,80	2,70	3,00
<b>G500x500x2000</b>	<b>497</b>	<b>497</b>	<b>2000</b>	<b>120</b>	<b>36</b>	<b>1,40</b>	<b>1,65</b>	<b>2,45</b>

- 1) Pro standardní rozměry jsou polotovary skladem, atypické rozměry vyrobíme na vyžádání.
- 2) Hmotnost se může lišit podle měrné váhy výplně, typu náběhu a vlhkosti, odchylka cca 5 %.
- 3) Dle ČSN EN ISO 14163, odchylka  $\pm 10$  % při rychlostech proudění vzduchu  $w_0$  do 6 m/s.

### 7. Útlumy hluku:

Typ tlumiče	Útlum hluku [dB] <sup>1)</sup>								
	Frekvence [Hz]	32	63	125	250	500	1k	2k	4k
G200x500x1000	6	6	9	15	26	40	35	30	19
G200x500x1500	7	7	12	21	38	43	40	33	26
G200x500x2000	8	9	15	28	43	48	46	40	30
G250x500x1000	6	7	11	16	29	41	34	26	17
G250x500x1500	8	8	15	23	41	43	37	31	23
G250x500x2000	9	11	18	28	42	47	43	36	27
G300x500x2000	9	10	18	34	44	50	47	42	30
G400x500x2000	8	9	19	28	36	43	35	25	15
<b>G500x500x2000</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	<b>36</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>13</b>
Odchylka $2\sigma_R$ <sup>2)</sup>	až 7	až 6	až 4	až 4	až 4	až 4	až 4	až 4	až 7

- 1) Platí pro sestavy buňkových tlumičů o více jak 2 buňkách, uspořádaných dle kapitoly 5 a) až d).
- 2) Pro konzervativní výpočty doporučujeme do výpočtu zahrnout rozšířenou směrodatnou odchylku reprodukovatelnosti dle ČSN EN ISO 5136 (pravděpodobnost 95%).

Obrázek č.50. Návrh tlumičů hluku ke vzduchotechnickému zařízení č.1 [23]

## B.11. Návrh tepelné a zvukové izolace

Tabulka č.21. Návrh tepelné izolace sacího potrubí do jednotky č.1 [24]

### VÝPOČET TLOUŠŤKY IZOLACE A TEPELNÝCH ZTRÁT POTRUBÍ

Výpočtový stav okolního vzduchu	
Tlak:	98.9 kPa
Nadmořská výška:	200 m
-----	
Teplota:	20 °C
Relativní vlhkost:	30 %
Měrná vlhkost:	4.445 g/kg
Typ okolního prostředí:	Vnitřní klidné
Parametry potrubí a izolace	
Tvaru potrubí:	<input type="radio"/> Kruh <input checked="" type="radio"/> Obdelník
Rozměr potrubí A (Ø D):	500 mm
Rozměr potrubí B:	500
Délka potrubí:	12 m
Objemový průtok:	4500 m <sup>3</sup> /h
Průměrná rychlost:	5 m/s
Vstupní teplota v potrubí:	-17 °C
Relativní vlhkost v potrubí:	95 %
Měrná vlhkost:	0.8193 g/kg
Typ tepelné izolace:	Syntetický kaučuk
Součinitel tepelné vodivosti:	0.038 W/mK
Tloušťka izolace:	25 mm
Výsledky výpočtu	
Výstupní teplota:	-16.33 °C
Rosný bod:	1.924 °C
Povrchová teplota i1:	-13.85 °C
Povrchová teplota i2:	-13.24 °C
Povrchová teplota e1:	15.78 °C
Povrchová teplota e2:	15.85 °C
Minimální tloušťka izolace:	1.039 mm
Tepelná ztráta:	-1140 W
Informace o průběhu výpočtu: Proběhl výpočet dle zadaných parametrů.	


Tabulka č.22. Návrh tepelné izolace pro výfukové potrubí [24] [25]

### VÝPOČET TLOUŠŤKY IZOLACE A TEPELNÝCH ZTRÁT POTRUBÍ


Výpočtový stav okolního vzduchu		
Tlak:	98.9	kPa
Nadmožská výška:	200	m
<hr/>		
Teplota:	20	°C
Relativní vlhkost:	30	%
Měrná vlhkost:	4.445	g/kg
Typ okolního prostředí:	Vnitřní klidné	
Parametry potrubí a izolace		
Tvaru potrubí:	<input type="radio"/> Kruh <input checked="" type="radio"/> Obdelník	
Rozměr potrubí A (Ø D):	500	mm
Rozměr potrubí B:	500	
Délka potrubí:	6.2	m
Objemový průtok:	4500	m <sup>3</sup> /h
Průměrná rychlost:	5	m/s
Vstupní teplota v potrubí:	-5	°C
Relativní vlhkost v potrubí:	100	%
Měrná vlhkost:	2.535	g/kg
Typ tepelné izolace:	Syntetický kaučuk	
Součinitel tepelné vodivosti:	0.038	W/mK
Tloušťka izolace:	25	mm
Výsledky výpočtu		
Výstupní teplota:	-4.759	°C
Rosný bod:	1.924	°C
Povrchová teplota i1:	-2.879	°C
Povrchová teplota i2:	-2.659	°C
Povrchová teplota e1:	16.64	°C
Povrchová teplota e2:	16.67	°C
Minimální tloušťka izolace:	0	mm
Tepelná ztráta:	-391.2	W
Informace o průběhu výpočtu: Proběhl výpočet dle zadaných parametrů.		

Tabulka č.23.  
[25]

Návrh zvukové izolace na přívodním a odvodním potrubí ve strojovně




## Útlum hluku potrubí s vnitřní izolací <sup>TM</sup>

  
**IsoDim®**  
Technical Insulation

---

Projekt, zodpovědná osoba:

---



**Výpočet provětrání pro tlumič:**

- Kruhový
- Čtyřstranný
- Dvoustranný vodorovný
- Dvoustranný svislý

**Výrobek**

Tloušťka izolace [mm]:

**Rozměry potrubí**

Průměr [mm]:

Výška [mm]:

Šířka [mm]:

Uživatelsky definovaný zvukový tlumič

Tloušťka izolace [mm]:

Činitel zvukové pohltivosti pro 125 Hz:

Činitel zvukové pohltivosti pro 250 Hz:

Činitel zvukové pohltivosti pro 500 Hz:

Činitel zvukové pohltivosti pro 1000 Hz:

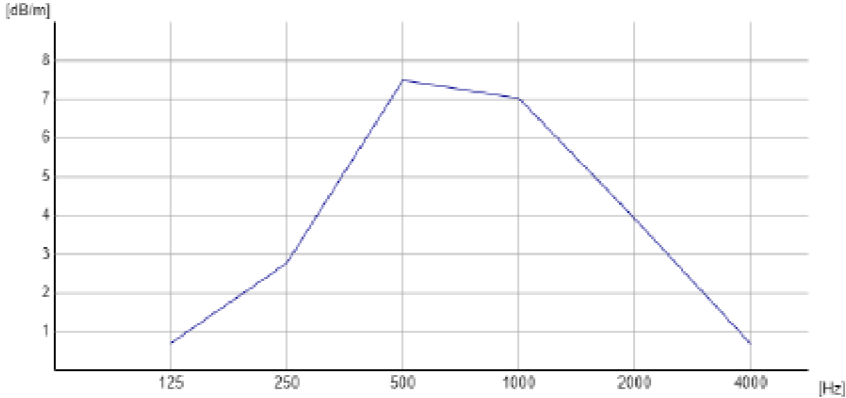
Činitel zvukové pohltivosti pro 2000 Hz:

Činitel zvukové pohltivosti pro 4000 Hz:

**Výpočet útlumu hluku je platný za následujících podmínek:**

1. Jde o rovné úseky vzduchovodu
2. Šířka a výška čtyřhranného vzduchovodu je přibližně stejná
3. Akustický účinný průřez je menší než 480 mm pro frekvence pod 2000 Hz
4. Akustický účinný průřez je menší než 200 mm pro frekvence nad 2000 Hz
5. Útlum hluku platí pro délku potrubí do pětinásobku průměru vzduchovodu
6. Razonance vzniká vibrací potrubí z proudícího vzduchu není ve výpočtu zahrnuta



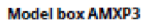

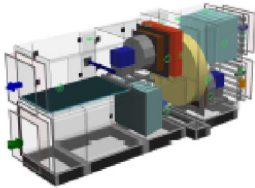

**Výpočet útlumu hluku**



Výsledky	Hodnota
Útlum hluku pro 125 Hz	0.7 dB/m
Útlum hluku pro 250 Hz	2.8 dB/m
Útlum hluku pro 500 Hz	7.5 dB/m
Útlum hluku pro 1000 Hz	7.0 dB/m
Útlum hluku pro 2000 Hz	3.9 dB/m
Útlum hluku pro 4000 Hz	0.7 dB/m
Kritická frekvence	405 Hz
Akustický účinný průřez	420.0 mm

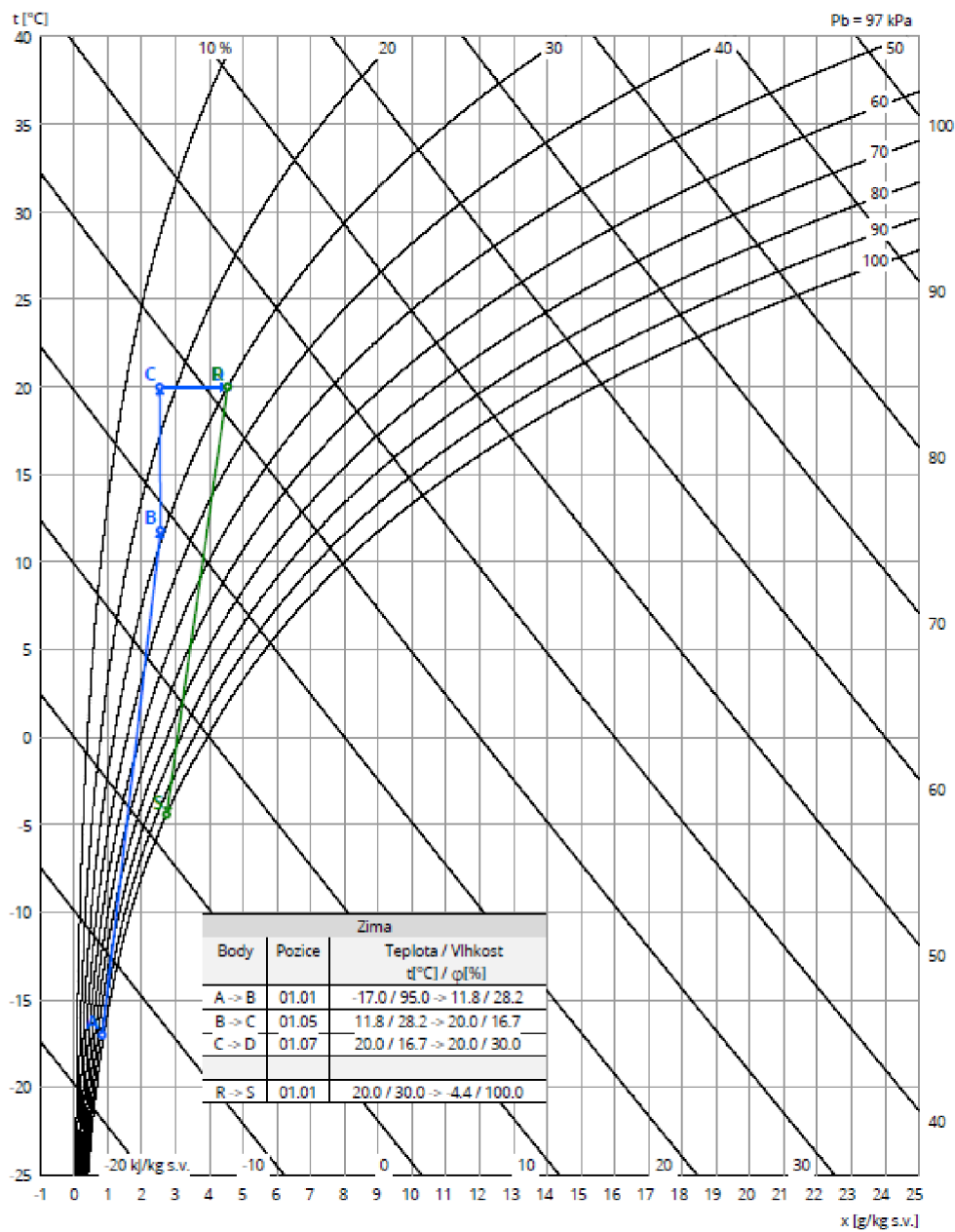
## B.12. Návrh vzduchotechnického zařízení

### B.12.1. Vzduchotechnické zařízení č.1 (1.01)

ID nabídky	[01] Bakalářská práce_Vzduchotechnika základní školy		 						
Projekt	01 / Vzduchotechnická jednotka základní školy								
Číslo / Název zařízení	Standardní prostředí								
Určení jednotky									
<b>STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ</b>									
<b>Základní parametry zařízení</b>									
Druh, rozměr	AeroMaster XP 06		 						
Rídící jednotka VCS (Climatix)	Ne								
Hmotnost (+ 10%)	961 kg								
Umístění VZT jednotky	Vnitřní								
Materiálové provedení									
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)								
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech								
	Přívod	Odvod							
Průtok vzduchu	4500 m <sup>3</sup> /h	4500 m <sup>3</sup> /h							
Externí tlaková rezerva	350 Pa	330 Pa							
Rychlost v průřezu	2.75 m/s	2.75 m/s							
Výkon motoru nominální	2.20 kW	1.50 kW							
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor							
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)							
1. stupeň filtrace	F7 / ISO ePM 10 75 %	G4 / ISO Coarse 60 %							
2. stupeň filtrace	-	-							
SFP <sub>W</sub>	1308 W.m <sup>-3</sup> .s	1140 W.m <sup>-3</sup> .s							
			Parametry pláště dle EN1886						
			Mechanická stabilita D2(M)						
			Netěsnost skříně L2(R)						
			Termická izolace T3(M)						
			Faktor tepelných mostů TB3(M)						
SFP <sub>WU</sub>	2448 W.m <sup>-3</sup> .s		Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)						
<b>Nejdůležitější parametry vybraných komponentů</b>									
	Na straně vzduchu		Na straně média						
Zpětný zisk tepla	-17,0 -> 11,8 °C		78 %, 50,2 kW						
Ohřev	11,8 -> 20,0 °C		90 W, frekvenční měnič je součástí dodávky						
Vlhčení	20,0 -> 20,0 °C		70/39 °C, Voda, 2,8 kPa, 0,34 m <sup>3</sup> /h, 1 "						
			15,0 kg/h, 11,3 kW**						
<i>Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení</i>									
** Napájení a jistění zvlhčovače není řešeno z ŘJ VCS									
<b>Hlukové parametry zařízení</b>									
	LwAokt [dB(A)]								ZLwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	41	47	60	68	63	60	54	44	70
Přívod - výtlak	47	57	72	80	86	84	79	73	89
Přívod - okolí	40	41	53	53	56	54	50	40	61
Odvod - sání	40	48	64	71	68	65	61	52	74
Odvod - výtlak	47	57	72	78	84	81	77	71	87
Odvod - okolí	40	41	54	52	56	53	49	40	61
<b>KOMENTÁŘ K TECHNICKÉ SPECIFIKACI ZAŘÍZENÍ</b>									
➤ Některé sekce v přívodní (odvodní) větví, v nichž dochází ke vzniku kondenzátu nemají nadefinováno jako příslušenství Soupravu pro odvod kondenzátu. Překontrolujte prosím soupravu ve větví!									
<b>Axonometrický pohled na zařízení</b>									
									
		Vytvořeno 18.04.2020,14:31 v programu AeroCAD verze 6.8.15 (12.08.2020), vytisknuto 18.04.2020,23:13							
		Strana : 2 / 17							

Obrázek č.51. Stručná specifikace vzduchotechnického zařízení č.1

Psychrometrický diagram



Obrázek č.52. HX Diagram vzduchotechnického zařízení č.1



### SEZNAM KOMPONENTŮ ZAŘÍZENÍ

Pozice	Název komponentu	Typové označení	ks	Hmotnost	Informace*		
					A	B	C
01.18	Tlumicí vložka	DV 650-600	1	4.0 kg			
01.17	Klapka uzavírací	LK 650-600	1	13.0 kg			
	Servopohon	NM 230A	1				x
01.02	Sekce filtru	XPHO 06/D	1	75.3 kg			
	Panel čelní - vstup	XPK 06/P	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 06/P (MSP)	1				
	Filtrační vložka	XPNH 06/7	1				x
	Snímač tlakové difference	P33 N (30 - 500 Pa)	1				x
01.01	Sekce rotačního rekuperátoru	XPXR 06/2	1	204.0 kg			
	Regulátor otáček	XPFM 0.37 (IP21, FC051, 1x230V, 85 Hz)	1				x
	Snímač namrzání	NS 120	1				x
01.05	Sekce ohřivače	XPTV 06	1	39.2 kg			
	Vodní ohřivač	XPNC 06/1R	1				x
	Směšovací uzel	SUMX 1/EU (1)	1				
	Protimrazové čidlo	NS 130 R	1				x
	Doplňková protimrazová ochrana	CAP 3M	1				x
01.06	Sekce ventilátoru	XPAP 06/S	1	85.4 kg			
	Ventilátor	XPVP 315-2.2/J2 (IE2)	1				x
	Regulátor výkonu	XPFM 2.2 (IP21, FC051, 3x400V)	1				
	Servisní vypínač	XPSV S16/03	1				
	Regulace na konstantní průtok	CPG-P (příprava pro čidlo CPG)	1				x
01.07	Sekce zvlhčování	XPJZ 06	1	142.0 kg			
	Panel čelní - výstup	XPK 06/P	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 06/P (MSP)	1				
	Komplet zvlhčovacího zařízení	CA UE 15/60B	1				x
	Základní hygrostat	DPDC	1				x
	Omezovací hygrostat	DPDC	1				x
01.08	Tlumicí vložka	DV 650-600	1	4.0 kg			
01.16	Tlumicí vložka	DV 650-600	1	4.0 kg			
01.15	Sekce prázdná	XPJP 06/S	1	48.0 kg			
	Panel čelní - vstup	XPK 06/P	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 06/P (MSP)	1				
01.14	Sekce prázdná	XPJP 06/E	1	80.2 kg			
01.13	Sekce filtru	XPHO 06/D	1	65.3 kg			
	Filtrační vložka	XPNH 06/4	1				x
	Snímač tlakové difference	P33 N (30 - 500 Pa)	1				x
01.09	Sekce ventilátoru	XPAP 06/S	1	93.7 kg			
	Panel čelní - výtlak	XPK 06/P	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 06/P (MSP)	1				
	Ventilátor	XPVP 315-1.5/J2 (IE2)	1				x
	Regulátor výkonu	XPFM 1.5 (IP21, FC051, 3x400V)	1				
	Servisní vypínač	XPSV S16/03	1				
	Regulace na konstantní průtok	CPG-P (příprava pro čidlo CPG)	1				x
01.19	Klapka uzavírací	LK 650-600	1	13.0 kg			
	Servopohon	NM 230A	1				x
01.20	Tlumicí vložka	DV 650-600	1	4.0 kg			
01.XX	Spojovací sada montážní	XPSS1 06/S0-B	8	19.7 kg			
01.XX	Spojovací sada montážní	XPSS2 06/S0	8	8.0 kg			
01.XX	Spojovací sada montážní	XPSS1 06/S0-A	4	9.8 kg			
01.XX	Spojovací sada montážní	XPSS3 06/S0	2	2.0 kg			
01.XX	Základový rám	XPR 06/750-1	1	11.4 kg			
01.XX	Základový rám	XPR 06/750-1	1	11.4 kg			
01.XX	Základový rám	XPR 06/1000-1	1	13.4 kg			
01.XX	Základový rám	XPR 06/500-1	1	10.4 kg			

Vysvětlivka\*:

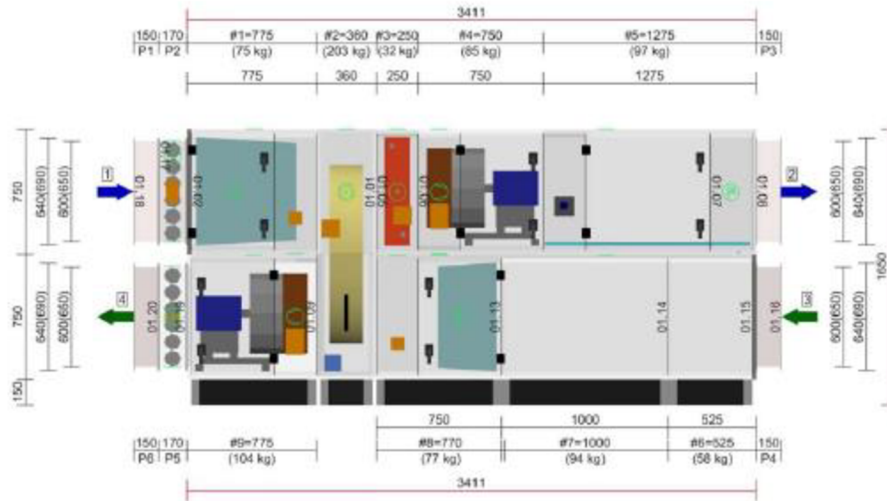
A – zahrnuto v součtu cen vzduchotechniky

B – zahrnuto v součtu cen regulace

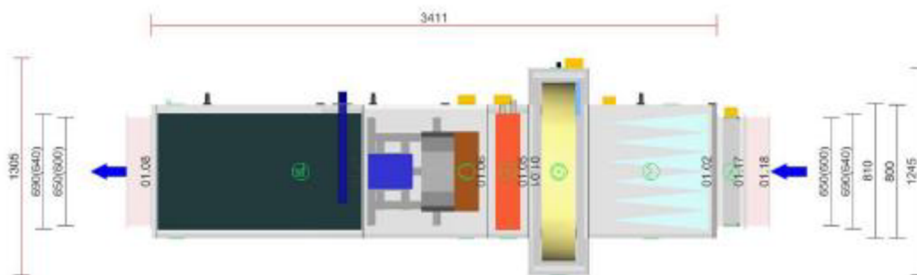
**GRAFICKÉ POHLEDY**

**Bokorys servisní strany**

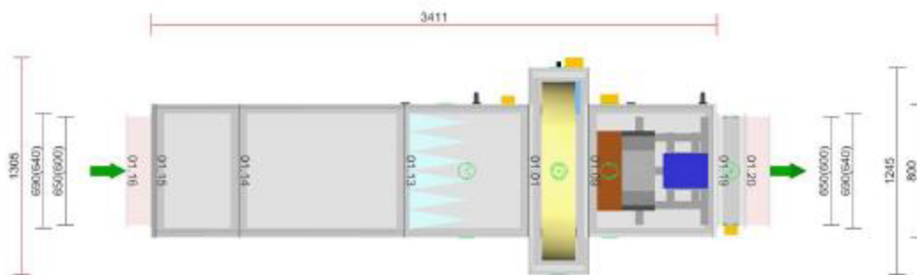
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přírodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



**Půdorys přírodní větve**



**Půdorys odtahové větve**

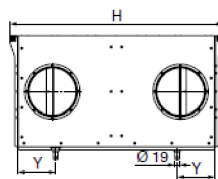


**Obrázek č.54.** Grafické pohledy vzduchotechnického zařízení č.1

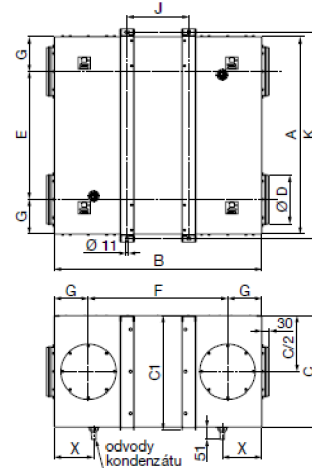
## B.12.2. Vzduchotechnické zařízení č.2 (2.01)

1 Rekuperační výměníky hliníkové  
**MRW AL HE**

**Soler&Palau**  
Ventilation Group



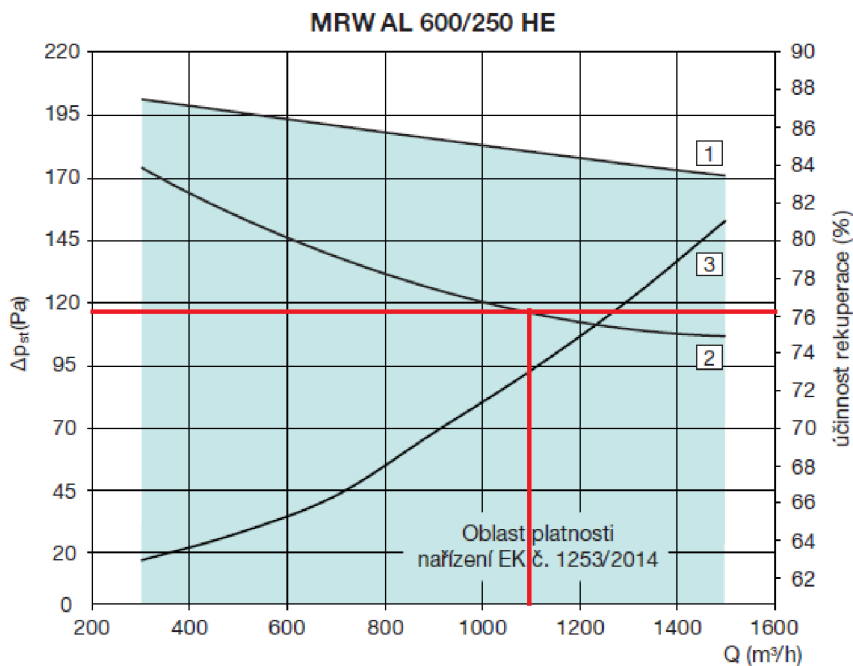
pohled ze spodní strany výměníku



MRW 150 HE, 300 HE, 450 HE, 600 HE

Typ	pro vent. MIXVENT	pro vent. RM N, CAB, CVB, CVAB N	rozměry [mm]											hmotnost [kg]		
			A	B	C	C1	Ø D	E	F	G	H	J	K		X	Y
MRW AL 150/125 HE	350/125	Ø 125	760	765	200	215	122	535	541	112	825	251	798	135	135	32
MRW AL 300/160 HE	500/160	Ø 160	760	765	300	315	157	520	526	120	825	251	798	145	145	39
MRW AL 450/200 HE	800/200	Ø 200	800	845	450	465	197	520	566	140	865	251	838	160	150	55
MRW AL 600/250 HE	1000/250	Ø 250	900	945	600	625	247	580	624	160	965	251	938	190	180	77

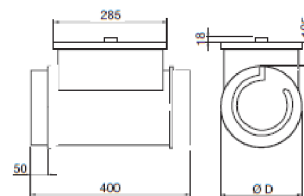
Obrázek č.55. Návrh rekuperačního výměníku zařízení č.2 [23]



Obrázek č.56. Návrh účinnosti a tlakové ztráty rekuperačního výměníku zařízení č.2 [22]



pohled na ohřivač shora

**Technické parametry****MBE R2 – elektrický ohřivač pro kruhové potrubí s regulací výkonu**

- skříň z galvanizovaného plechu, obsahuje svorkovnici, vnitřní instalaci a regulátor topného výkonu včetně chladíče výkonového prvku
- topné tyče jsou z nerezové oceli
- je vybaven dvěma termostaty, pracovním (60°C) a bezpečnostním (vypíná při 120°C)
- tlačítko resetu bezpečnostního termostatu je umístěno na skříni, při montáži je nutno umístit ohřivač s ohledem na revzní čísimost
- plynulá regulace se provádí přivedením regulačního napětí s rozsahem 0–10V v závislosti na regulační odchylce nebo vestavěným regulátorem teploty
- ohřivač je vybaven vlastním regulátorem teploty se vstupy pro čidla TGBK
- regulátor umožňuje připojení s regulační jednotkou Unireg®, případně s kompletní regulací Digireg®

**Technické parametry**

- řídicí napětí 0 až 10 V DC
- odebraný proud při řídicím napětí 10V do 10mA
- rozsah řídicího napětí pro 0–100% výkonu ohřivače je cca 1,9 až 9,6 V

- tepelná ztráta na chladících max. 0,6% výkonu ohřivače (bližší údaje na vyžádání)
- provozní teplota na chladících (při teplotě okolí 40°C) je do 85°C
- maximální teplota na chladících s elektronickým omezením při nedostatečném chlazení do 100°C
- perioda spínání ohřivače cca 20s
- řídicí obvod je galvanicky oddělen od síťového napětí, zachovává podmínky pro obvody SELV
- pro řídicí systémy, které nemohou dodat řídicí napětí s proudem 10mA, je k dispozici převodník PS-21
- krytí IP43
- montují se za ventilátor ve směru průtoku vzduchu, mezi ventilátor a ohřivač je nutno vložit cca 1m potrubí
- při vypnutí ventilátorů smějí klapky v systému zavřít až po dochlazení tyčů, v opačném případě hrozí poškození ohřivače a ostatního zařízení.
- Pozor! Elektrický ohřivač musí mít pro zachování správné funkce minimální rychlost přes topné spirály 1,5m/s. Při nedodržení této rychlosti se topné spirály přehřívají a vypíná termoochrana ohřivače. Tim se zásadně snižuje životnost topných spirál.

- mimo standardní řadu výkonů jsou k dispozici následující provedení:  
MBE-100 R2 - 0,8 kW  
MBE-125 R2 - 0,4/0,8 kW  
MBE-160 R2 - 0,7/1,4 kW  
MBE-200 R2 - 2/4/6/9 kW  
**MBE-250 R2 - 1/2/3/4/9 kW**  
MBE-315 R2 - 12/15 kW  
MBE-355 R2 - 6/12/15/18 kW  
MBE-400 R2 - 6/12/15/18 kW  
MBE-500 R2 - 6/12/15/18 kW

**Příslušenství:**

-  TGBR 430 prostorové teplotní čidlo (K 8.3)
-  TGBR 530 prostorové teplotní čidlo (K 8.3)
-  TGBK 330 kanálové teplotní čidlo (K 8.3)

**Příklad provedení objednávky**

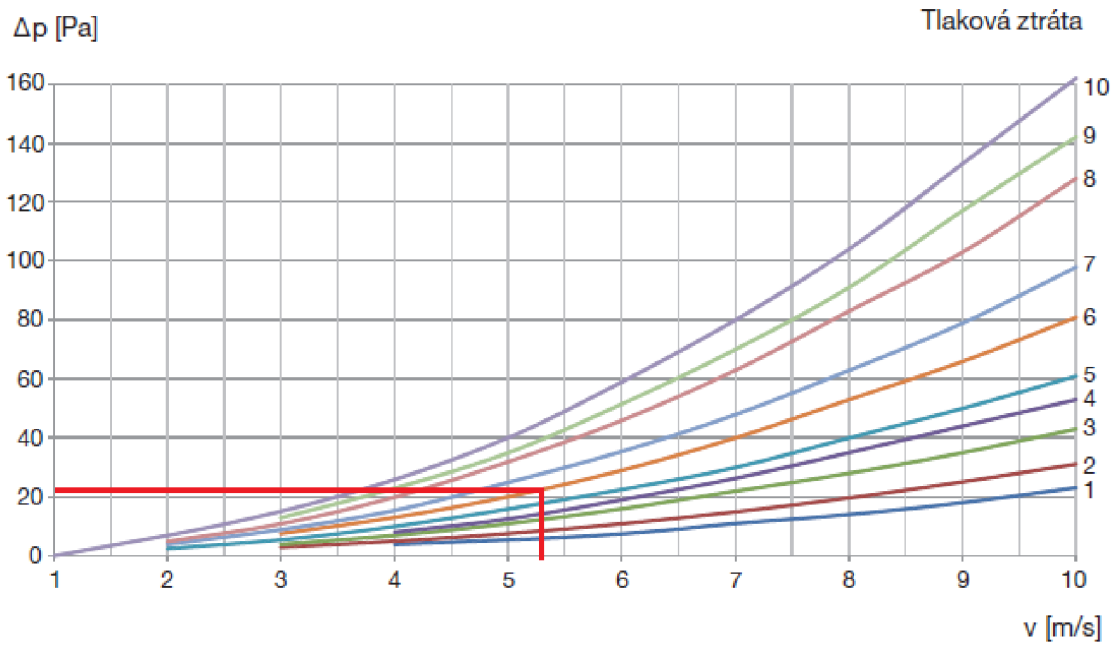
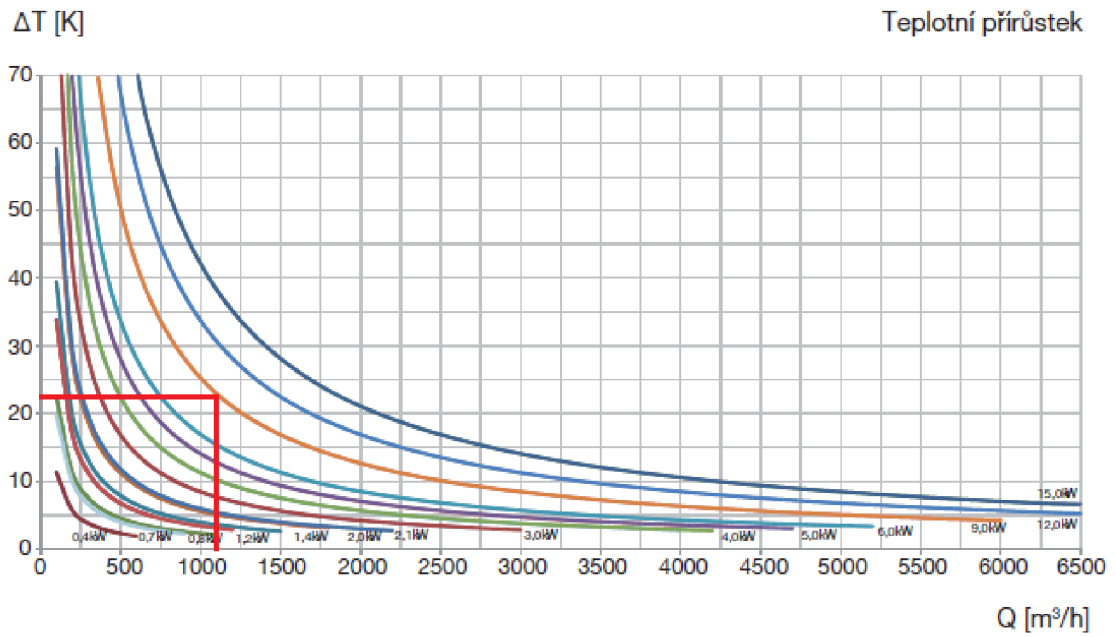
M B E 125 / 1,2 R2

průměr připojení potrubí  
výkon elektrického ohřevu (kW)7<sup>1</sup>

Typ	křivka Δp	min. průtok [m³/h]	příkon [W]	napětí [V]	proud [A]	potrubí [mm]	teplotní čidla	diferenční snímač tlaku	hmotnost [kg]
MBE-100/0,4 R2	1	50	400	1/230	1,7	100	TGBK, TGBR	DTS PSA	2,5
MBE-125/1,2 R2	6	70	1200	1/230	5,2	125	TGBK, TGBR	DTS PSA	3,5
MBE-160/2,1 R2	5	110	2100	1/230	9,1	160	TGBK, TGBR	DTS PSA	5,0
MBE-200/3,0 R2	4	170	3000	2/400	7,5	200	TGBK, TGBR	DTS PSA	6,1
MBE-200/5,0 R2	6	170	5000	2/400	12,5	200	TGBK, TGBR	DTS PSA	6,4
<b>MBE-250/5,0 R2</b>	<b>4</b>	<b>270</b>	<b>5000</b>	<b>2/400</b>	<b>12,5</b>	<b>250</b>	<b>TGBK, TGBR</b>	<b>DTS PSA</b>	<b>7,4</b>
MBE-250/6,0 R2	5	270	6000	2/400	15,0	250	TGBK, TGBR	DTS PSA	7,6
MBE-315/3,0 R2	1	420	3000	2/400	7,5	315	TGBK, TGBR	DTS PSA	7,8
MBE-315/6,0 R2	2	420	6000	2/400	15,0	315	TGBK, TGBR	DTS PSA	8,8
MBE-315/9,0 R2	4	420	9000	3/400	13,0	315	TGBK, TGBR	DTS PSA	9,0
MBE-355/9,0 R2	3	540	9000	3/400	13,0	355	TGBK, TGBR	DTS PSA	10,0
MBE-400/9,0 R2	2	680	9000	3/400	13,0	400	TGBK, TGBR	DTS PSA	11,3
MBE-450/15,0 R2	7	860	15000	3/400	21,6	450	TGBK, TGBR	DTS PSA	12,3
MBE-500/9,0 R2	1	1060	9000	3/400	13,0	500	TGBK, TGBR	DTS PSA	13,2

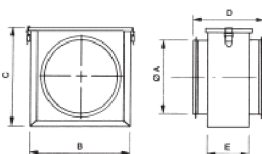
**Obrázek č.57.** Návrh elektrického ohřivače zařízení č.2 [22]

## Charakteristiky

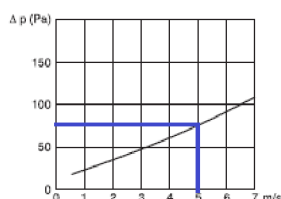


**Obrázek č.58.** Návrh teplotního přírůsteku a tlakové ztráty ohřívače zařízení č.2 [22]

**MFL – filtrační kazeta EU 3 (nebo G4)**

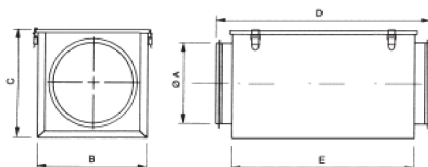


- pro kruhové potrubí
- obsahuje standardní filtr EU 3 (G4)
- je vyrobena z galvanizované oceli s gumovým těsněním pro připojení na potrubí
- po uvolnění zámků na víku lze vyjmout rám s filtrem
- MFR – náhradní filtrační vložka
- MFRR – náhradní filtrační vložka včetně pletiva
- MFLU – filtrační izolovaná kazeta s uhlíkovým filtrem



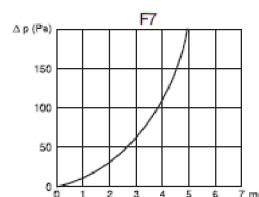
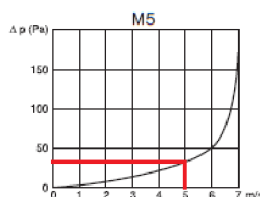
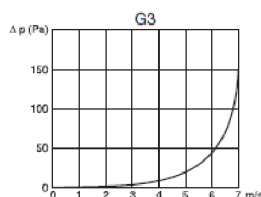
Typ filtru	náhr. filtr	Ø A	B	C	D	E
MFL 100	MFR 100	100	160	160	202	160
MFL 125	MFR 125	125	180	180	202	160
MFL 150/160	MFR 160	150/160	210	210	202	160
MFL 200	MFR 200	200	250	250	208	160
<b>MFL 250</b>	<b>MFR 250</b>	<b>250</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>212</b>	<b>160</b>
MFL 315	MFR 315	315	360	360	212	160
MFL 355	MFR 355	355	400	400	260	160
MFL 400	MFR 400	400	450	450	260	160
MFL 450	MFR 450	450	500	500	260	160
MFL 500	MFR 500	500	550	550	260	160

**MFL/F – filtrační kazeta G3, M5, F7**

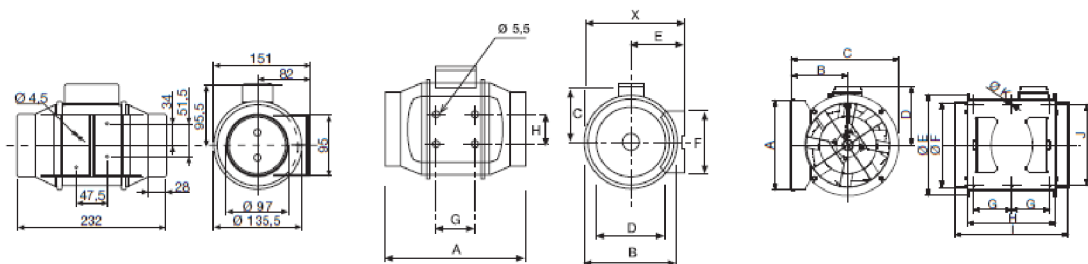


- pro kruhové potrubí
- dodává se bez filtrační vložky
- je určena pro kapsový filtr MFR G3, M5 nebo F7
- kazeta je opatřena speciálně provedeným víkem se zámkem a přítlakem pro zajištění těsnosti
- je vyrobena z galvanizované oceli s gumovým těsněním pro připojení na potrubí
- po uvolnění zámků na víku lze vyjmout rám s filtrem
- MFR – náhradní filtrační vložka

Typ filtru	filtrační vložka	Ø A	B	C	D	E
MFL 100/3 (5, 7)	MFR 100/3 (5, 7)	100	200	203	522	450
MFL 125/3 (5, 7)	MFR 125/3 (5, 7)	125	200	203	522	450
MFL 150/160/3 (5, 7)	MFR 160/3 (5, 7)	150/160	200	203	522	450
MFL 200/3 (5, 7)	MFR 200/3 (5, 7)	200	245	248	530	450
MFL 250/3 (5, 7)	MFR 250/3 (5, 7)	250	295	298	584	500
<b>MFL 315/3 (5, 7)</b>	<b>MFR 315/3 (5, 7)</b>	<b>315</b>	<b>345</b>	<b>348</b>	<b>634</b>	<b>550</b>
MFL 355/400/3 (5, 7)	MFR 400/3 (5, 7)	355/400	445	448	782	650
MFL 500/3 (5, 7)	MFR 500/3 (5, 7)	495	542	566	850	700



**Obrázek č.59.** Návrh filtru do zařízení č.2 [22]



TD-160/100 N SILENT

TD-250 až TD-2000

TD-4000 / TD-6000

Typ	X	A	Ø B	C	Ø D	E	F	G	H
TD-250/100	188	303	176	115	97	100	90	80	60
TD-350/125	188	258	176	115	123	100	90	80	60
TD-500/150	212	295	200	127	147	112	130	80	60
TD-500/160	212	295	200	127	157	112	130	80	60
TD-800/200 N	232,5	302	217	141	198	124	140	100	94
TD-800/200	232,5	302	217	141	198	124	140	100	94
TD-1000/250	291	386	272	192	248	155	168	145	140
TD-1300/250	291	386	272	192	248	155	168	145	140
TD-2000/315	356	450	336	224	312	188	210	182	178

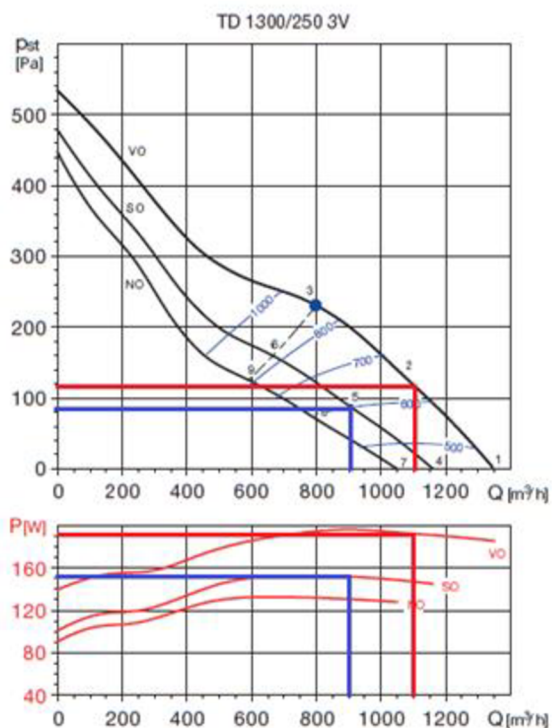
Typ	A	B	C	D	Ø E	Ø F	G	H	I	J	Ø K
TD-4000/355	377	238	451	224	426	354	150	368	474	340	8,5
TD-6000/400	407	249	492	267	487	399	160	425	547	370	8,5

Typ	otáčky [min <sup>-1</sup> ]	výkon [W]	proud [A]	napětí [V]	průtok [m <sup>3</sup> /h]	teplota [°C]	akust. tlak* [dB(A)]	připojení Ø [mm]	hmotnost [kg]	regulátor
TD-160/100 N SILENT**	2400	29	0,17	230	180	-20 až +40		100	1,4	REB 1; REV 1,5
	2220	18	0,11		150					
TD-250/100**	2140	28	0,12	230	250	-20 až +40		100	2,0	REB 1; REV 1,5
	1700	22	0,10		200					
TD-350/125**	2050	26	0,11	230	330	-20 až +40		125	2,0	REB 1; REV 1,5
	1590	20	0,09		250					
TD-500/150** 3V	2590	53	0,21	230	560	-20 až +60		150	2,7	REB 1; REV 1,5
	1820	41	0,18		390					
TD-500/160** 3V	2590	53	0,21	230	560	-20 až +60		160	2,7	REB 1; REV 1,5
	1820	41	0,18		390					
TD-800/200** 3V	2480	132	0,55	230	1040	-20 až +60		200	4,9	REB 1; REV 1,5
	2080	131	0,55		850					
TD-800/200 N 3V	2190	103	0,50	230	890	-20 až +60		200	4,9	REB 1; REV 1,5
	1660	88	0,45		660					
TD-1000/250 3V	2790	130	0,46	230	960	-40 až +60		250	9,4	REB 1; REV 1,5
	2510	91	0,28		850					
TD-1300/250 3V	2510	196	0,79	230	1350	-40 až +60		250	9,4	REB 1; REV 1,5
	1980	133	0,54		1050					
TD-2000/315 3V	2630	290	1,03	230	1830	-40 až +60		315	14,0	REB 2,5; REV 1,5
	2130	173	0,64		1430					
TD-4000/355	1360	407	1,69	230	3750	-40 až +40		355	24,6	REB 2,5; REV 3
	730	190	1,72		1950					
TD-6000/400	1400	680	2,92	230	5310	-40 až +40		400	36,0	REB 5; REV 5
	960	453	4,06		3580					

\* akustický tlak vyzářený do okolí je měřen ve vzdálenosti 3m ve volném poli s připojeným potrubím na straně sání i výtaku

\*\* pro variantu TD-T platí vždy parametry pro vyšší otáčky (horní řádek), dostupné jsou velikosti TD-160 až TD-800. TD-T nelze regulovat.

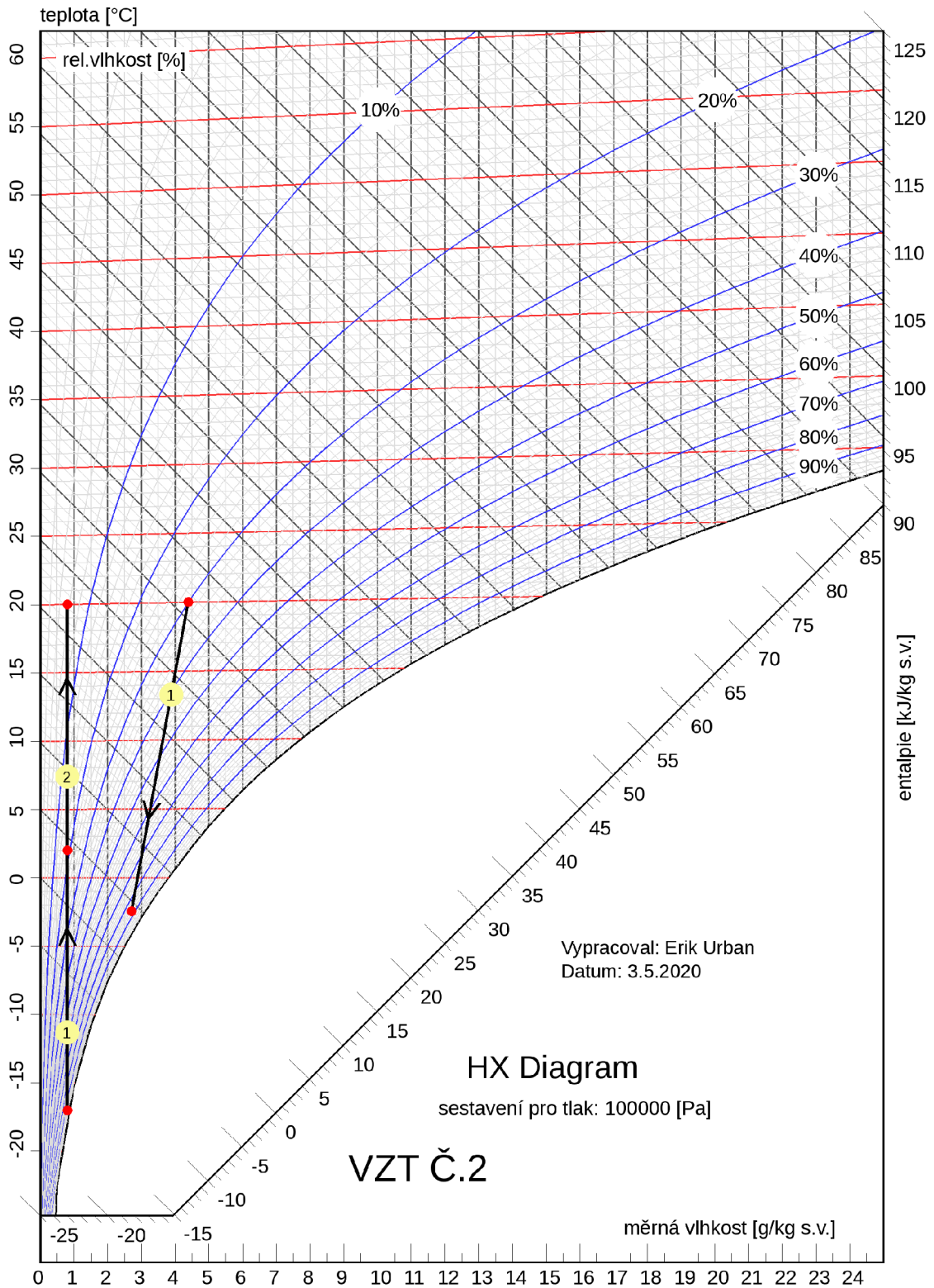
**Obrázek č.60.** Návrh ventilátoru do zařízení č.2 [22]



prac. bod	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	$L_{wAer}$
sání	36	52	70	71	77	74	67	59	80
1 výtlak	54	54	68	77	81	80	72	61	85
do okolí	22	31	44	43	56	56	50	38	60
sání	40	57	70	70	75	71	64	56	78
2 výtlak	45	51	69	78	79	78	69	58	83
do okolí	26	36	44	42	54	53	47	35	57
sání	43	59	69	69	72	69	62	52	76
3 výtlak	42	52	70	77	77	75	67	56	82
do okolí	29	38	43	41	51	51	45	31	55
sání	33	49	67	68	74	71	64	56	77
4 výtlak	51	51	65	74	78	77	69	58	82
do okolí	19	28	41	40	53	53	47	35	57
sání	36	53	66	66	71	67	60	52	74
5 výtlak	41	47	65	74	75	74	65	54	79
do okolí	22	32	40	38	50	49	43	31	53
sání	39	55	65	65	68	65	58	48	72
6 výtlak	38	48	66	73	73	71	63	52	77
do okolí	25	34	39	37	47	47	41	27	51
sání	31	47	65	66	72	69	62	54	75
7 výtlak	49	49	63	72	76	75	67	56	79
do okolí	17	26	39	38	51	51	45	33	54
sání	34	51	64	64	69	65	58	50	72
8 výtlak	38	44	62	71	72	71	62	51	77
do okolí	20	30	38	36	48	47	41	29	51
sání	36	52	62	62	65	62	55	45	70
9 výtlak	35	45	63	70	70	68	60	49	75
do okolí	22	31	36	34	44	44	38	24	48

**Obrázek č.61.** Návrh tlakové ztráty, příkonu a hluku u ventilátoru do zařízení č.2 [22]

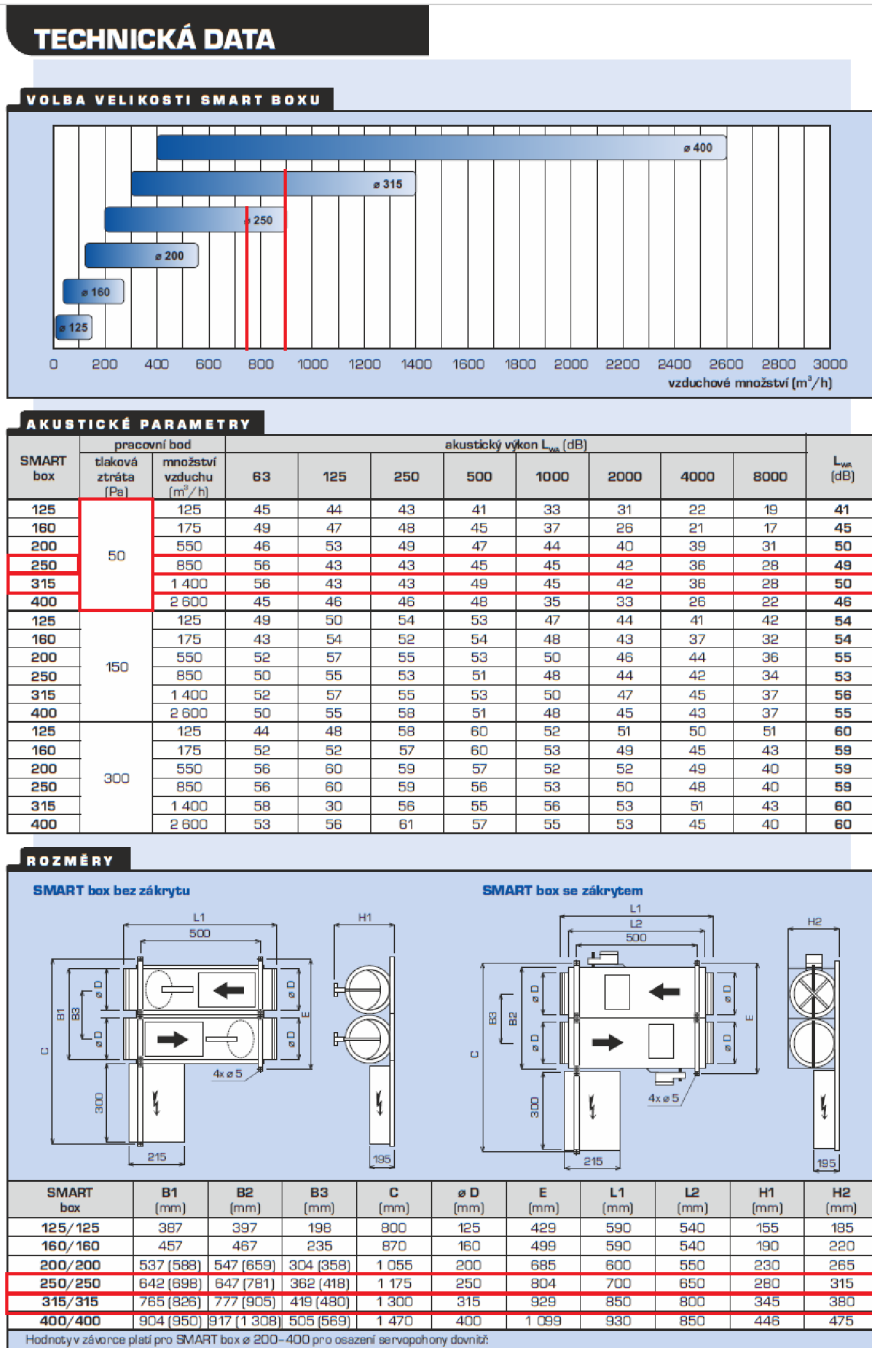




Obrázek č.62. HX Diagram vzduchotechnického zařízení č.2

## B.13. Návrh regulátorů průtoků vzduchu

### B.13.1. Smartbox pro učebny (1.02,1.03)



Obrázek č.63. Návrh typu smartboxu [14]

## B.13.2. Návrh konstantního regulátoru průtoku vzduchu RPM-K 200 SL/I-.01 TPM 094/13 (1.04)

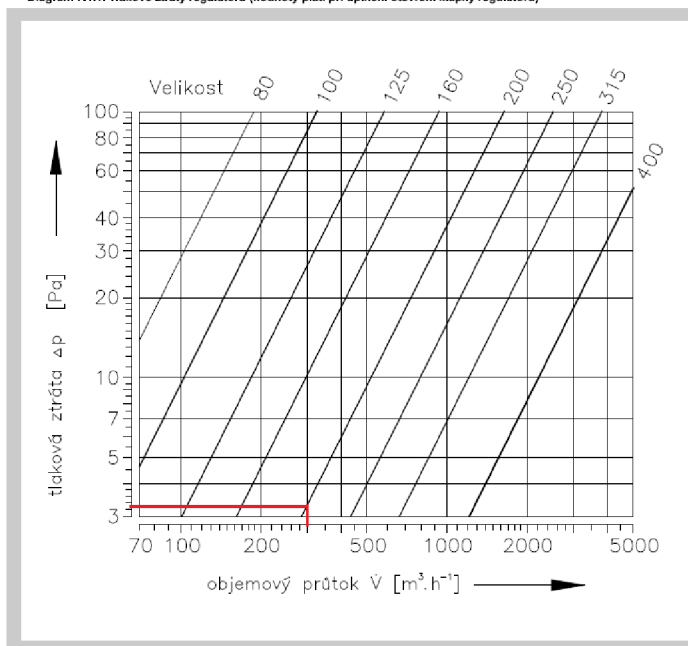
Tab. 5.2.1. Parametry regulátoru

Velikost	Průtok [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Max. chyba regulace [%]	Min. tlakový rozdíl [Pa]	Velikost	Průtok [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Max. chyba regulace [%]	Min. tlakový rozdíl [Pa]
80	50	20	100	200	300	18	50
	100	15	100		500	15	60
	150	10	100		900	10	70
	200	10	120		1300	10	80
100	80	18	50	250	500	15	50
	150	15	60		800	12	70
	250	10	80		1200	10	80
	300	10	90		2000	10	90
125	125	18	50	315	800	15	50
	200	15	60		1200	10	70
	350	10	70		2000	10	80
	500	10	90		2800	10	90
160	200	18	50	400	1200	15	50
	400	15	70		2000	10	70
	700	10	80		3000	10	80
	900	10	90		4500	10	90

Obrázek č.64. Návrh konstantního regulátoru průtoku vzduchu [22]

### 7. Tlakové ztráty

Diagram 7.1.1. Tlakové ztráty regulátoru (hodnoty platí při úplném otevření klapky regulátoru)



Obrázek č.65. Návrh tlakové ztráty regulátoru [22]





# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## VZDUCHOTECHNIKA ZÁKLADNÍ ŠKOLY

VENTILATION OF A PRIMARY SCHOOL

## C.PROJEKT

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Erik Urban

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ONDŘEJ ŠIKULA, Ph.D.

BRNO 2020

# Technická zpráva

## C.1. Úvod

Požadavkem je zajistit větrání v samostatné přístavbě školy v Kateřinicích u Vsetína. Jednotlivé zařízení jsou navrženy tak, aby splnily předepsané hodnoty dané normami a předpisy platnými na území České republiky a zajistily požadované parametry vnitřního mikroklimatu. Dokumentace je zpracována na úrovni dokumentace pro provádění stavby.

## C.2. Vstupní parametry

### C.2.1. Místo stavby a popis objektu

Jedná se o samostatnou přístavbu školy v Kateřinicích u Vsetína. Objekt bude přistavěn k tělocvičně, která je součástí stávající základní školy, ale bude mít samostatný vstup a samostatný zdroj tepla a větrání.

Předmětem projektu je převážně jednopodlažní nepodsklepená budova nepravidelného půdorysu s plochou střechou. V místnostech uvnitř dispozice jsou střešní světlíky orientované na sever.

V budově se nachází učebny, kabinety pro vyučující, hygienické zázemí a sklad.

Objekt je zděný z prolévaných betonových tvárnic a z keramických tvarovek tl.300 mm s kontaktním zateplovacím systémem tl. 180 mm. Jednoplášťová plochá střecha je zateplena tepelnou izolací z pěnového polystyrenu min. tl. 280 mm. Podlaha na terénu obsahuje tepelnou izolaci celkové tl. 120 mm. Okna jsou hliníková s izolačním trojsklem. Všechny obvodové konstrukce jsou navrženy tak, aby splnily doporučený součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011.

## C.2.2. Základní klimatické údaje

Obec:	Kateřinice u Vsetína
Nadmořská výška:	390 m.n.m
Výpočtová teplota:	zima: -17 °C léto: 32 °C
Entalpie vzduchu:	54,1 kJ/kg <sub>s.v.</sub>

## C.2.3. Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování této PD byly půdorysy stavební části objektu a projektová dokumentace.

Stavební větrání zabezpečuje nucenou výměnu vzduchu v místnostech hygienického vybavení v souladu s příslušnými hygienickými, zdravotnickými, bezpečnostními, protipožárními předpisy a normami platnými na území České republiky.

Projektová dokumentace bude provedena v souladu s příslušnými platnými normami a předpisy zejména:

Nařízení vlády č. 361/2007 z 12.12.2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci (včetně novely č. 68/2010 Sb., 93/2012 Sb., 9/2013 Sb. 32/2016 Sb.)

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. z 24.8.2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací (včetně novely 217/2016 Sb.)

Vyhláška č. 246/2001 Sb. O požární prevenci

ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)

ČSN 73 0542 – Tepelně technické vlastnosti stavebních materiálů a konstrukcí (2002)

ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (1988)

ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty (09/2009)

ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením (01/1996)

Hlukové parametry VZT zařízení:

Při navrhování VZT zařízení budou dodrženy nejvyšší přípustné hladiny hluku uvnitř větraných prostorů a ve venkovním prostoru dle „Nařízení vlády 272/2011 Sb o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací vč. novely 217/2016 Sb.“.

Navrhované parametry pro dimenzování zařízení:

Zařízení je navrženo na parametry vnitřního prostředí uvedené souhrnně v následující tabulce. Parametry prostředí pro jednotlivé prostory jsou uvedeny v textu.

Prostor	Výpočtová zimní teplota	Požadovaná zimní teplota	Výpočtová letní teplota	Požadovaná letní teplota	Požadovaná vlhkost	Množství vzduchu
Učebny	20	20	26	-	neřízená	30 m <sup>3</sup> /h na osobu
Sociální zázemí	20	min. 15	-	-	neřízená	
- WC						50 m <sup>3</sup> /h
- Pisoár						30 m <sup>3</sup> /h
- Umyvadlo						30 m <sup>3</sup> /h
- Sprcha						150 m <sup>3</sup> /h
- Úklidová místnost						30 m <sup>3</sup> /h



### **C.3. Energetické zdroje**

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů VZT.  
rozvodná soustava 3NPE stř. 50HZ, 230/400V/TN-C-S  
prostředí dle ČSN 33 2000-5-51 ed. 2 - normální  
ochrana před dotykovým napětím dle normy ČSN 33 2000-4-41 ed.2

### **C.4. Základní koncepční řešení**

Požadavkem pro vzduchotechniku je zajištění rovnotlakého větrání s rekuperací jednotlivých učeben a podtlakové větrání hygienického zázemí, které nelze větrat přirozeně a kde se předpokládá vznik odérů.  
Pro řešení učeben je navržena jedna kompaktní jednotka AeroMater XP 06 s rotačním výměníkem ZZT, ventilátory, ohříváčem, filtrací a parním zvlhčovačem. Systém větrání je rovnotlaký. Ostatní místnosti v zázemí jsou odvětrávány pomocí potrubních ventilátorů. Úhrada vzduchu v podtlakově větraných místech je řešena přes bezprahové dveře s minimální výškou podřezání 20 mm.

### **C.5. Popis hlavních zařízení vzduchotechniky**

Pro větrání prostoru učeben, kabinetů a šatny bude navržena VZT jednotka o objemovém průtoku vzduchu cca 4500 m<sup>3</sup>/h. Jednotka bude vybavena rotačním výměníkem ZZT s účinností 78 %, by-passem, filtry, ventilátory, parním zvlhčovačem vodním ohříváčem napojeným na topnou vodu z tepelného čerpadla.

Proti šíření hluku budou do VZT potrubí instalovány tlumiče hluku u VZT jednotky na přívodu, odvodu sání a výfuku. Dále budou tlumiče hluku umístěny za každým regulačním boxem.

Zařízení č.1.01 – Větrání učeben 1.21, 1.22, 1.23 a 1.24

Pro větrání učeben je navržena kompaktní vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP06 pracující s čerstvým vzduchem. Jednotka zajišťuje jednostupňovou filtraci čerstvého vzduchu rekuperaci pomocí rotačního výměníku s obtokem a ohřev pomocí interního ohřívače. Pro dopravu vzduchu slouží ventilátory na přívodu i odvodu vzduchu s AC motory.

Jednotka obsahuje vlastní regulaci, která bude napojena na regulační boxy zvláště pro přívod a odvod do/z jednotlivých učeben. V každém boxu je umístěn servopohon s klapkou a s měřením průtoku vzduchu. Regulační boxy jsou napojeny na čidlo kvality vzduchu, které snímá především koncentraci CO<sub>2</sub> a vlhkost. Dle těchto parametrů se otevírá nebo uzavírá klapka na přívodu a odvodu vzduchu do učebny. Logika regulace centrální jednotky zajišťuje řízení výkonu větrání dle poměru otevření a množství otevření jednotlivých regulačních klapek. Průtok vzduchu a tím výkon centrální jednotky je zvyšován nebo snižován dle optimalizace otevření regulačních klapek.

Jednotka bude umístěna v 2.NP ve strojovně (č. m. 2.03). K jednotce bude umožněn přístup z venkovního prostředí. Nasávání čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu bude provedeno přes fasádní mřížky. Potrubí pro přívod i odvod vzduchu bude izolováno tepelnou izolací n bázi kaučuku tl.25 mm. Filtrovaný a tepelně a vlhkostně upravený vzduch, bude k jednotlivým distribučním elementům dopraven čtyřhranným plechovým pozinkovaným potrubím a kruhovým spiro potrubím. Distribučními elementy budou anemostaty VVM 400 a větrací mřížky s vlastním boxem s horizontálně i vertikálně nastavitelnými lamelami s regulačními klapkami.

Jednotka bude napojena na odvod kondenzátu z rotačního výměníku a parního zvlhčovače.

Větrání kabinetů a šaten

Pro větrání kabinetů a šaten slouží stejná vzduchotechnická jednotka jako pro větrání učeben. Větvě pro kabinety a šatnu je osazena regulačními klapkami, která bude nastavena, aby dodávala nastavené množství vzduchu. Filtrovaný a tepelně a vlhkostně upravený vzduch, bude k jednotlivým distribučním elementům dopraven plechovým pozinkovaným kruhovým spiro potrubím. Distribuční elementy budou větrací mřížky s vlastním boxem s horizontálně i vertikálně nastavitelnými lamelami s regulačními klapkami.

#### Zařízení č.2.01 až 4.03 – Větrání hygienického zázemí

Pro větrání hygienického zázemí školního centra jsou navrženy potrubní ventilátory v tichém provedení. Větrání bude spínáno se světly s časovým doběhem. Časový doběh bude součástí dodávky VZT. Doba doběhu bude nastavena na 30 minut. Odvod vzduchu bude řešen prostřednictvím talířových ventilů přes spiro potrubí do společného odvodního potrubí na střechu objektu. Úhrada vzduchu je řešena přes čtyřhranné stěnné mřížky. Větrání zajišťuje jednotka, která obsahuje deskový rekuperační výměník, elektrický ohříváč vzduchu, filtry a ventilátory. Vzduchotechnická jednotka bude zajišťovat rovnotlaké větrání.

### **C.6. Protihluková a protiotřesová opatření**

Do rozvodných tras potrubí jsou navrženy tlumiče hluku, které zabrání nadměrnému šíření hluku od ventilátorů do větraných obytných prostor. Veškeré točivé stroje jsou pružně uloženy za účelem zmenšení vibrací přenášejících se stavebními konstrukcemi. VZT jednotky budou umístěny tak, aby se nedotýkaly stavební konstrukce. Veškeré vzduchovody budou napojeny na VZT jednotku přes tlumicí vložky, které zabraňují přenosu chvění do potrubního rozvodu a tím i do stavební konstrukce, na které budou rozvody zavěšeny. Potrubí bude na závěsech podloženo tlumicí gumou.

Všechny prostupy VZT potrubí stavebními konstrukcemi budou obloženy a dotěsněny izolací. Potrubí od jednotky k požárně dělícím klapkám bude protihlukové izolováno zvukovou izolací tloušťky 40 mm.

## **C.7. Izolace**

Tepelná zaizolováno bude přívodní potrubí k VZT jednotce tepelnou izolací na bázi kaučuku tl. 25 mm. Stejně tak bude izolováno přívodní potrubí od jednotky. Hlukově budou izolovány vzduchovody od jednotky po požární klapky včetně tlumičů hluků.

## **C.8. Požadavky na profese**

### **C.8.1. Stavba – je nutné zajistit**

- otvory pro prostupy vzduchovodů včetně zapravení a odklizení sutě uvnitř budovy,
- obložení a dotěsnění prostupů izolačními protiotřesovými hmotami v rámci zapravení
- stavební, výpomocné práce
- servisní přístup k VZT jednotce a ventilátorům
- koordinace s ostatními profesemi
- zajištění transportní cesty pro VZT jednotku

### **C.8.2. Elektro**

Silové napojení a spouštění odtahových ventilátorů - 230V/50Hz

Silové napojení VZT jednotky - 230V/50Hz

Silové napojení regulačního boxu (rozvodnice u přívodu) - 230V/50Hz

Propojení centrální VZT jednotky s regulačním boxem (rozvodnice u přívodu)  
(LAN)

Propojení regulačních boxů (max. 20 m)

Propojení mezi rozvodnicí regulačního boxu a čidlem kvality vzduchu

### **C.8.3. Zti**

Odvod kondenzátu z VZT jednotek

### **C.8.4. Vytápění**

Zajištění topné vody do ohříváče.

## **C.9. Protipožární opatření**

Do vzduchovodů průřezové plochy potrubí větší než 40 000 mm<sup>2</sup> procházejících stavební konstrukcí ohraničující určitý požární úsek budou vřazeny protipožární klapky, zabraňující v případě požáru v některém požárním úseku jeho šíření do dalších úseků nebo na celý objekt. V případech, kdy nebude protipožární klapku možno osadit do požárně dělící konstrukce, bude potrubí mezi touto konstrukcí a protipožární klapkou opatřeno izolací s požadovanou dobou odolnosti. Vzduchovody průřezové plochy potrubí menší nebo rovno 40 000 mm<sup>2</sup>, z nehořlavých materiálů a bez vyústek ve vzdálenosti 500 mm na obou stranách požárně dělící konstrukce, budou bez osazení požární klapky. Veškeré potrubí procházející požárně dělícími konstrukcemi bude dotěsněno požárními ucpávkami. Požárně technické vlastnosti (zejména jde o požární odolnosti a hořlavosti nosných a požárně dělících konstrukcí, obvodového a střešního pláště, nátěry, nástřiky apod., požární ucpávky, použití speciálních kabelů apod.) je nutné u kolaudace doložit příslušnými doklady dle zákona 22/98 Sb. ve znění pozdějších předpisů a dle navazujících nařízení vlády. Veškeré požární klapky budou pro možnost kontroly a revizi označeny čísly na konstrukci, pod níž budou umístěny (či v blízkosti klapky). Prostor okolo klapky je nutné vždy

požárně dotěsnit. Ke klapce musí být zajištěn přístup pro revize. Prostupy požárně dělícími konstrukcemi jsou navrženy s požárními ucpávkami na požární odolnost stěny max. však 60 minut, hořlavost nejvýše C1.

## **C.10. Údržba zařízení**

Důležitou součástí provozování VZT zařízení je soustavná preventivní údržba podle předem stanoveného cyklu oprav, který doporučuje výrobce jednotlivých prvků zařízení. Důležitá je pravidelná výměna filtrů ve VZT jednotkách.

## **C.11. Bezpečnost práce**

Veškeré montáže je možné provádět jen za dodržení všech bezpečnostních a požárních předpisů a příslušných opatření.

## **C.12. Závěr**

Navržené zařízení splňuje nároky kladené na provoz budovy daného typu a charakteru. Zabezpečuje v daných místnostech optimální pohodu prostředí při zabezpečení maximální hospodárnosti provozu těchto zařízení.

## Položková specifikace

Pozice	Popis položky	Měrná jednotka	Množství
1.01	VZT jednotka sestavná, vnitřní provedení, bezrámová konstrukce, včetně systému MaR	ks	1
1.02	Regulátor průtoku vzduchu SMART box včetně čidla CO2 a regulace, přívodní + odvodní box D=315 mm	ks	2
1.03	Regulátor průtoku vzduchu SMART box včetně čidla CO2 a regulace, přívodní + odvodní box D=250 mm	ks	2
1.04	Regulátor konstantního průtoku RPM-K 200 SL/I-.01 TPM 094/13	Ks	6
1.21	Buňkový tlumič hluku Greif čtyřhranný, velikost 500x500x2000	Ks	4
1.22	Buňkový tlumič hluku Greif čtyřhranný, velikost 500x500x2000	Ks	6
1.23	Buňkový tlumič hluku Greif kruhový, velikost Ø250x1000	ks	2
1.31	Protipožární klapka 500x500 ruční a termické aktivační zařízení	ks	2
1.32	Protipožární klapka 450x250 ruční a termické aktivační zařízení	ks	2
1.33	Protipožární klapka 450x200 ruční a termické aktivační zařízení	ks	2
1.41	Protidešťová žaluzie 500x1000 se sítkou proti hmyzu, RAL ...	ks	2
1.51	Anemostat VVM 300 - 8 lamel s regulátorem vzduchu	ks	3
1.52	Anemostat VVM 400 - 16 lamel s regulátorem vzduch	ks	14
1.53	VNM 2A 280x120 R1/S TPM 015/01	ks	21
1.54	VNM 1A 325x200 R1/S TPM 015/01	ks	14
1.55	VNM 2A 425Xx140 R1/S TPM 015/01	ks	1

2.01	Potrubní ventilátor TD 1300/250	Ks	2
2.01	Potrubní tlumič hluku MAA 250/900	Ks	2
2.03	Potrubní tlumič hluku MAA 250/600	Ks	2
2.04	Plastový kruhový talířový ventil 125	Ks	28
2.05	Rekuperační výměník MRW AL 600/250 HE	Ks	1
2.06	Elektrický ohřívač MBE - 250 R2 9 kW	Ks	1
2.07	Filtr MFL 250	Ks	1
2.08	Filtr MFL 315/3 (5)	Ks	1
2.09	Dveřní mřížka DME 300x100	Ks	14
2.10	Dveřní mřížka DME 200x100	Ks	2
2.11	Dveřní mřížka DME 400x100	Ks	2
2.12	Výfuková hlavice VHL 250 400 S	Ks	1
2.13	Výfuková hlavice VHL 315 450 S	Ks	1
3.01	Nástěnný ventilátor radiální 100 s doběhem a zpětnou klapkou	Ks	1
3.02	Protidešťová střížka PS.100	Ks	1
4.01	Potrubní ventilátor TD 350/125	Ks	1
4.02	Zpětná klapka MCA 315/125	Ks	1
4.03	Potrubní tlumič hluku MAA 125/900	Ks	1
4.04	Potrubní tlumič hluku MAA 125/600	Ks	1
4.05	Výfuková hlavice VHL 160 280 S	ks	1
	DN 125/30% TVAROVÝCH DÍLCŮ	bm	12
	DN 160/30% TVAROVÝCH DÍLCŮ	bm	52
	DN 180/30% TVAROVÝCH DÍLCŮ	bm	29
	DN 200/30% TVAROVÝCH DÍLCŮ	bm	86
	DN 250/30% TVAROVÝCH DÍLCŮ	bm	23
	DN 315/30% TVAROVÝCH DÍLCŮ	bm	11
	DN 100/50% TVAROVÝCH DÍLCŮ	bm	1
	Ocelové potrubí, pozink, třída těsnosti C, 30% tvarových dílců	m <sup>2</sup>	330
	Ohebná hadice DN 125	bm	30
	Spojování a kotevní materiál, závěsy, nosníky pro podvěsy potrubí, pryžové podložky	kg	433
	Akrylový tmel 310 ml	ks	38
	Požární ucpávky	Ks	6
	Tepelná izolace parotěsná kaučuk tl. 25 mm vč. Přelepení přírub	m <sup>2</sup>	40
	Zvuková izolace 40 mm	m <sup>2</sup>	30



	Lešení do výšky 6m, doba použití 20 dnů	Kpl.	1
	Transport zařízení a potrubí na místo montáže	Kpl.	1

## Seznam použitých zkratek a označení

Fyzikální veličiny

$\theta$  – teplota ( $^{\circ}\text{C}$ )

$n$  – násobnost výměny vzduchu ( $\text{h}^{-1}$ )

$d$  – průměr potrubí (mm)

$S$  – plocha ( $\text{m}^2$ )

$v$  – rychlost (m/s)

$V$  – objemový průtok ( $\text{m}^3/\text{h}$ ); ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$t$  – čas (s), teplota ( $^{\circ}\text{C}$ )

$c$  – měrná tepelná kapacita ( $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ )

$L$  - hladina akustického tlaku (dB)

$m$  – hmotnostní průtok ( $\text{kg}/\text{s}$ )

$p$  – tlak (Pa)

$P$  – elektrický příkon (W)

$q$  – jmenovitý průtok ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$R$  – měrná tlaková ztráty třením ( $\text{Pa}/\text{m}$ )

$Z$  – tlaková ztráta místními odpory (Pa)

$U$  – součinitel prostupu tepla ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ )

$\alpha$  – součinitel přestupu tepla ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ )

$\lambda$  – tepelná vodivost ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )

$\xi$  – součinitel vřazených odporů (-)

$\rho$  – hustota ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\eta$  – účinnost (-)

$\varphi$  – relativní vlhkost (%)

Zkratky

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

## Seznam obrázků

<b>Obrázek č.1.</b>	Schéma zásadních složek formujících interní mikroklima budov [3]	21
<b>Obrázek č.2.</b>	Požadované množství čerstvého vzduchu na žáka dle věku [5]	24
<b>Obrázek č.3.</b>	Základní škola v Kateřinicích .....	25
<b>Obrázek č.4.</b>	Naměřené hodnoty CO <sub>2</sub> .....	25
<b>Obrázek č.5.</b>	Naměřené interiérové a exteriérové teploty °C .....	26
<b>Obrázek č.6.</b>	Naměřené hodnoty relativní vlhkosti v interiéru % rH .....	26
<b>Obrázek č.7.</b>	Znázornění způsobu větrání v průběhu přestávky .....	27
<b>Obrázek č.8.</b>	Umístění přístroje ve třídě .....	28
<b>Obrázek č.9.</b>	Měřicí přístroj Testo 350-XL .....	28
<b>Obrázek č.10.</b>	Koncentrace CO <sub>2</sub> ve venkovním prostředí mezi lety 1980-2018 [8]	29
<b>Obrázek č.11.</b>	Infiltrace okny [9] .....	30
<b>Obrázek č.12.</b>	Umístění oken při větrání otevřenými okny [10] .....	31
<b>Obrázek č.13.</b>	Větrání okny pomocí servopohonu [9] .....	31
<b>Obrázek č.14.</b>	Centrální větrání [9] [11] .....	32
<b>Obrázek č.15.</b>	Semicentrální větrání [11] .....	33
<b>Obrázek č.16.</b>	Decentrální větrání [12] .....	34
<b>Obrázek č.17.</b>	Hybridní větrání [9] .....	34
<b>Obrázek č.18.</b>	Regulátor průtoku vzduchu [14] .....	36
<b>Obrázek č.19.</b>	Čidlo CO <sub>2</sub> [15] .....	37
<b>Obrázek č.20.</b>	Umístění objektu [16] .....	41
<b>Obrázek č.21.</b>	Pokrytí tepelných ztrát – schéma typické učebny .....	42
<b>Obrázek č.22.</b>	Návrh výřivých anemostatů [20] .....	64
<b>Obrázek č.23.</b>	Návrh anemostatů VVM 300 do místnosti Dílny [20] .....	65
<b>Obrázek č.24.</b>	Návrh anemostatu VVM 400 do učeben č. 1.21 a 1.22 [20]	66
<b>Obrázek č.25.</b>	Návrh anemostatu VVM 400 do učeben 1.23 a 1.24 [20] ....	67

<b>Obrázek č.26.</b> [20]	Návrh čtyřhraných vyústek pro přívod vzduchu v kabinetech 68
<b>Obrázek č.27.</b> [20]	Návrh čtyřhranného potrubí pro přívod vzduchu na chodbu 69
<b>Obrázek č.28.</b>	Návrh talířového ventilu DN 125 o průtoku 100 m <sup>3</sup> /h [20] 70
<b>Obrázek č.29.</b>	Návrh talířového ventilu DN125 o průtoku 115 m <sup>3</sup> /h [20] . 70
<b>Obrázek č.30.</b>	Návrh talířového ventilu DN125 o průtoku 80 m <sup>3</sup> /h [20] ... 71
<b>Obrázek č.31.</b>	Návrh talířového ventilu DN125 o průtoku 75 m <sup>3</sup> /h [20] ... 71
<b>Obrázek č.32.</b>	Návrh čtyřhranné odvodní vyústky pro kabinety [20] ..... 72
<b>Obrázek č.33.</b>	Návrh čtyřhranné odvodní vyústky pro dílny [20]..... 73
<b>Obrázek č.34.</b> [20]	Návrh čtyřhranné odvodní vyústky pro učebny 1.21 a 1.22 74
<b>Obrázek č.35.</b> [20]	Návrh čtyřhranné odvodní vyústky pro učebny 1.23 a 1.24 75
<b>Obrázek č.36.</b> [20]	Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 30 m <sup>3</sup> /h [20] 76
<b>Obrázek č.37.</b> [20]	Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 50 m <sup>3</sup> /h [20] 76
<b>Obrázek č.38.</b> [20]	Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 60 m <sup>3</sup> /h [20] 77
<b>Obrázek č.39.</b> [20]	Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 75 m <sup>3</sup> /h [20] 77
<b>Obrázek č.40.</b> [20]	Návrh odvodního talířového ventilu DN125 o průtoku 80 m <sup>3</sup> /h [20] 78
<b>Obrázek č.41.</b>	Tlaková ztráta protidešťové žaluzie [20] ..... 78
<b>Obrázek č.42.</b>	Návrh velikosti protidešťové žaluzie [20] [21] ..... 79
<b>Obrázek č.43.</b>	Návrh výfukové a sací hlavice pro zařízení č.2 [21] ..... 80
<b>Obrázek č.44.</b>	Návrh hluku a tlakové ztráty výfukové a sací hlavice pro zařízení č.2 [21] 81
<b>Obrázek č.45.</b>	Návrh hluku a tlakové ztráty výfukové hlavice pro zařízení č.2 82
<b>Obrázek č.46.</b>	Návrh velikosti dveřní mřížky [22] ..... 83
<b>Obrázek č.47.</b>	Návrh tlakové ztráty a hlučnosti dveřní mřížky [22] ..... 84

<b>Obrázek č.48.</b>	Návrh požárních klapek pro přechod z N1.01 – I do N1.02 - I [20]	84
<b>Obrázek č.49.</b>	Návrh požárních klapek pro přechod z N1.01 – I do N1.03 - I [20]	85
<b>Obrázek č.50.</b>	Návrh tlumičů hluku ke vzduchotechnickému zařízení č.1 [23]	91
<b>Obrázek č.51.</b>	Stručná specifikace vzduchotechnického zařízení č.1 .....	95
<b>Obrázek č.52.</b>	HX Diagram vzduchotechnického zařízení č.1 .....	96
<b>Obrázek č.53.</b>	Seznam komponentů zařízení č.1 .....	97
<b>Obrázek č.54.</b>	Grafické pohledy vzduchotechnického zařízení č.1 .....	98
<b>Obrázek č.55.</b>	Návrh rekuperačního výměníku zařízení č.2 [23].....	99
<b>Obrázek č.56.</b>	Návrh účinnosti a tlakové ztráty rekuperačního výměníku zařízení č.2 [22]	99
<b>Obrázek č.57.</b>	Návrh elektrického ohříváče zařízení č.2 [22].....	100
<b>Obrázek č.58.</b>	Návrh teplotního přírůstku a tlakové ztráty ohříváče zařízení č.2 [22]	101
<b>Obrázek č.59.</b>	Návrh filtru do zařízení č.2 [22].....	102
<b>Obrázek č.60.</b>	Návrh ventilátoru do zařízení č.2 [22] .....	103
<b>Obrázek č.61.</b>	Návrh tlakové ztráty, příkonu a hluku u ventilátoru do zařízení č.2 [22]	104
<b>Obrázek č.62.</b>	HX Diagram vzduchotechnického zařízení č.2.....	105
<b>Obrázek č.63.</b>	Návrh typu smartboxu [14] .....	106
<b>Obrázek č.64.</b>	Návrh konstantního regulátoru průtoku vzduchu [22] .....	107
<b>Obrázek č.65.</b>	Návrh tlakové ztráty regulátoru [22] .....	107

## Seznam tabulek

<b>Tabulka č.1.</b>	Množství přiváděného čerstvého vzduchu pro školské zařízení [1]	19
<b>Tabulka č.2.</b>	Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu [1].....	20
<b>Tabulka č.3.</b>	Koncentrace CO <sub>2</sub> a vliv na člověka [6] .....	24
<b>Tabulka č.4.</b>	Výpočet tepelného odporu obvodové zdi.....	43

<b>Tabulka č.5.</b>	Součinitele prostupů tepla u jednotlivých konstrukcí.....	43
<b>Tabulka č.6.</b>	Výpočet tepelné ztráty Jazykové učebny .....	46
<b>Tabulka č.7.</b>	Návrhový tepelný výkon .....	47
<b>Tabulka č.8.</b>	Tepelné zisky v místnosti jazykové učebny .....	51
<b>Tabulka č.9.</b>	Tepelné zisky všech místností .....	54
<b>Tabulka č.10.</b>	Stanovené dávky venkovního vzduchu na osobu ve školní budově	55
<b>Tabulka č.11.</b>	Množství vzduchu z hygienických místností .....	55
<b>Tabulka č.12.</b>	Průtoky vzduchů v jednotlivých místnostech .....	58
<b>Tabulka č.13.</b>	Dimenzování potrubí zařízení č.1 Přívod .....	60
<b>Tabulka č.14.</b>	Dimenzování potrubí č.1 Odvod .....	61
<b>Tabulka č.15.</b>	Dimenzování potrubí zařízení č.2 Přívod .....	62
<b>Tabulka č.16.</b>	Dimenzování potrubí zařízení č.2 Odvod .....	63
<b>Tabulka č.17.</b>	Přívod vzduchu z jednotky č.1 do interiéru.....	87
<b>Tabulka č.18.</b>	Přívod vzduchu z místnosti do jednotky č.1 .....	88
<b>Tabulka č.19.</b>	Hluk ze sání vzduchu z exteriéru do jednotky č.1 .....	89
<b>Tabulka č.20.</b>	Hluk z výfuku vzduchu do exteriéru z jednotky č.1 .....	90
<b>Tabulka č.21.</b>	Návrh tepelné izolace sacího potrubí do jednotky č.1 [24].	92
<b>Tabulka č.22.</b>	Návrh tepelné izolace pro výfukové potrubí [24] [25] .....	93
<b>Tabulka č.23.</b>	Návrh zvukové izolace na přívodním a odvodním potrubí ve strojovně [25]	94

## Použité zdroje

- [1] „Vyhláška č. 410/2005 Sb.,“ 3 5 2020. [Online]. Available: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-410>.
- [2] Redakce, „ATREA - Mikroklíma budov a význam větrání,“ 3 5 2020. [Online]. Available: <http://www.achb.cz/2015/05/atrea-vyznam-vetrani-budov/>.
- [3] P. Ing. Vojtěch Zubíček, Modelování tvorby mikroklímatu vzduchotechnikou nákupních středisek, 2020.

- [4] I. Z. Mathauserová, „vetrani.tzb-info.cz,“ 3 5 2020. [Online]. Available: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3608-prirozene-vetrani-infiltrace-a-exfiltrace>.
- [5] V. Zmrhal, „users.fs.cvut.cz,“ 3 5 2020. [Online]. Available: [http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/Seminare/03\\_Zmrhal\\_Skoly%202016.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/Seminare/03_Zmrhal_Skoly%202016.pdf).
- [6] S. a. Ing. Pavel Novotný, „vetrani.tzb-info.cz,“ 3 5 2020. [Online]. Available: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/15831-vliv-oxidu-uhliciteho-co2-na-kvalitu-vnitriho-prostredi>.
- [7] Ing. Roman Šubrt, „mpo-efekt.cz,“ 3 5 2020. [Online]. Available: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ecs\\_co2\\_publicace.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ecs_co2_publicace.pdf).
- [8] „magazin.gnosis.cz,“ 3 5 2020. [Online]. Available: <https://magazin.gnosis.cz/koncentrace-sklenikovy-ch-plynu/>.
- [9] I. L. Hrubý, „pasivnidomy.cz,“ 3 5 2020. [Online]. Available: <https://www.pasivnidomy.cz/zprava-o-kvalite-vnitriho-prostredi/f6546>.
- [10] P. Ing. Aleš Rubina, „docplayer.cz,“ 3 5 2020. [Online]. Available: <https://docplayer.cz/17354563-Vetrani-prirozene-a-nucene-vypocet-prutoku-vzduchu-oknem.html>.
- [11] I. J. B. Ing. Juraj Hazucha, „docplayer.cz,“ [Online]. Available: <https://docplayer.cz/3747362-Nucene-vetrani-s-moznosti-rekuperace-odpadniho-tepla-v-objektech-pro-vzdelani.html>. [Přístup získán 3 5 2020].
- [12] P. Ing. Olga Rubinová, „tzb-info.cz,“ [Online]. Available: <https://www.tzb-info.cz/4899-renovace-vzduchotechniky-v-bytovych-domech-z-hlediska-uzivatele-ii>. [Přístup získán 3 5 2020].
- [13] M. Jindrák, „estav.cz,“ [Online]. Available: <https://www.estav.cz/cz/2570.pretlakove-vetrani-funkce-vyhody-a-nevyhody>. [Přístup získán 3 5 2020].
- [14] Atrea, „atrea.cz,“ [Online]. Available: <https://www.atrea.cz/cz/smart-box-125-400>. [Přístup získán 3 5 2020].
- [15] atrea, „atreaeshop.cz,“ [Online]. Available: <https://www.atreaeshop.cz/28587,atrea-ads-co2-24-prostorove-cidlo-co2-24v-a142319.html>. [Přístup získán 3 5 2020].
- [16] „mapy.cz,“ [Online]. Available: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz). [Přístup získán 3 5 2020].

- [17] U. c. e. e. b. Č. v. P. I. J. B. Centrum technické normalizace, ČSN EN 12831 1, Centrum technické normalizace, 2018.
- [18] Č. s. norma, ČSN 73 0548, 1986.
- [19] Vyhláška č.6/2003 Sb., 2003.
- [20] „mandik.cz,“ [Online]. Available: [www.mandik.cz](http://www.mandik.cz). [Přístup získán 3 5 2020].
- [21] „Lindab,“ [Online]. Available: <http://www.lindab.com/cz/pro/pages/default.aspx?redirecttoproorhome=true&i=9956#>. [Přístup získán 3 5 2020].
- [22] „Elektrodesign,“ [Online]. Available: <http://www.elektrodesign.cz/>. [Přístup získán 3 5 2020].
- [23] Greif, [Online]. Available: <http://www.greif.cz/uvodni-strana.html>. [Přístup získán 3 5 2020].
- [24] QPro, [Online]. Available: <https://www.qpro.cz/Tloustka-izolace-potrubi>. [Přístup získán 3 5 2020].
- [25] ISOVER, [Online]. Available: <https://www.isover.cz/produkty/technicke-prumyslove-izolace/isodim-program-pro-navrh-technickyh-izolaci>. [Přístup získán 3 5 2020].

## Seznam příloh

01	PŮDORYS JEDNOČAROVÝ 1.NP	1:100
02	PŮDORYS JEDNOČAROVÝ 2.NP	1:100
03	ROZDĚLENÍ NA ZÓNY – PŮDORYS 1.NP	1:100
04	ROZDĚLENÍ NA ZÓNY – PŮDORYS 2.NP	1:100
05	PŮDORYS 1.NP	1:50
06	PŮDORYS 2.NP	1:50
07	ŘEZY A-AA AŽ D-D	1:50
08	FUNČNÍ SCHÉMA VZDUCHOTECHNIKY	-