

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Návrh větrání sportovní haly

Petr Kvasnica

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

*Vedoucí práce:* **doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.**

*Rok:* **2019/2020**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kvasnica Jméno: Petr Osobní číslo: 468308  
Zadávací katedra: Katedra Technických zařízení budov  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh větrání sportovní haly

Název bakalářské práce anglicky: Design of ventilation system in the sports hall

Pokyny pro vypracování:

Projekt zadané budovy:

Textová část - technická zpráva, výpočet množství vzduchu, návrh trasy soustavy rozvodů, návrh dimenzí rozvodů, základní bilanční výpočty.

Výkresová část - půdorys, nezbytné detaily, řez, umístění vzduchotechnické jednotky.

Studie na téma Větrání sportovních hal

Seznam doporučené literatury:

Gebauer, Gunter: Vzduchotechnika. Era 2007. ISBN 8073660918

Papež, Karel: Energetické a ekologické systémy budov 2 : Vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení. ČVUT, Praha 2007.

Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 17.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020

*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

  
Podpis vedoucího práce

  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem k tomu pouze zdroje uvedené na konci práce, a to v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským.

V Praze dne: .....

.....

Jméno a Příjmení

### Poděkování

Děkuji mockrát doc. Ing. Michalovi Kabrhelovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce a za podnětné a cenné návrhy, které ji obohatily. Dále bych chtěl osobně velmi poděkovat mé rodině a přítelkyni za obrovskou podporu a trpělivost při zpracovávání této práce.

.....

Jméno a Příjmení

*Název práce:* Návrh větrání sportovní haly  
*Autor:* Petr Kvasnica  
*Obor:* Konstrukce pozemních staveb  
*Druh práce:* Bakalářská práce  
*Vedoucí práce:* doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.  
Katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze  
*Konzultant:* doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.  
*Abstrakt:*

Hlavní náplní této bakalářské práce je problematika větrání sportovních hal. Cílem je navržení vzduchotechnických jednotek a větrání zvolené sportovní haly a vypracování studie na tuto problematiku.

Práce je rozdělena na dvě základní kapitoly. První, textová, popisuje obecné principy větrání a studii větrání sportovních hal. Jsou zde popsány různé druhy větrání používané v současnosti a dále jsou uvedeny a popsány příklady z realizací. Na tuto část pak navazuje část druhá, kde je formou rozšířené technické zprávy zobrazen návrh větrání víceúčelové sportovní haly ve Zdíbech včetně specifik a popisů použitých prvků a materiálů. K tomu je vytvořena projektová dokumentace ve stupni (rozšířeného) stavebního povolení.

*Klíčová slova:*

Větrání nucené, větrání přirozené, větrání sauny, větrání tělocvičny, rovnotlaké, podtlakové a přetlakové větrání, výměna vzduchu, vzduchotechnika, vzduchotechnická jednotka, distribuční elementy, víceúčelová sportovní hala.

*Title:* Design of ventilation system in the sports hall

*Author:* Petr Kvasnica

*Abstract:*

The main content of this Bachelor Thesis is about ventilation in sports halls. A purpose of this thesis is to design air-conditioning units and ventilation of a selected sports hall and to form a study of this subject.

The Thesis is divided into two main parts. The first, theoretical part describes the general principles of ventilation and the study of ventilation in sports halls. There are shown various types of currently used ventilation and examples of ventilation used in realized objects. That is followed by the second part, where the design of ventilation in the multi-purpose sports hall in Zdiby is described in a form of an extended technical report that includes specifications and descriptions of the used elements and materials. A project documentation in a stage of a (extended) building permit is created therewith.

*Key words:*

Forced ventilation, natural ventilation, ventilation of sauna, ventilation of sports hall, equal pressure, under pressure, over pressure ventilation, air exchange, ventilation, air-conditioning unit, distribution elements, multi-purpose sports hall.

# Obsah

Úvod.....	- 1 -
Kapitola 1 Studie větrání sportovních hal.....	- 3 -
1.1 Přirozené větrání.....	- 3 -
1.1.1 Tlak vyvozený vlivem rozdílů teplot .....	- 4 -
1.1.2 Tlak vyvozený účinkem větru.....	- 4 -
1.1.3 Metody přirozeného větrání .....	- 5 -
1.2 Nucené větrání.....	- 7 -
1.2.1 Základní popis a rozdělení vzduchotechnických jednotek.....	- 8 -
1.2.2 Stanovení průtoku venkovního vzduchu.....	- 10 -
1.2.3 Rozdělení systémů z hlediska tlaku .....	- 13 -
1.3 Mikroklimatické a hygienické podmínky.....	- 16 -
1.4 Příklady realizovaných projektů.....	- 18 -
1.4.1 Sportovní hala Třeboň.....	- 18 -
1.4.2 KKC Roháč Třeboň .....	- 21 -
1.4.3 Badminton aréna Skalka .....	- 24 -
Kapitola 2 Projektová část - návrh větrání sportovní haly.....	- 26 -
2.1 Základní charakteristiky a popis stavby .....	- 26 -
2.2 Výchozí podklady.....	- 28 -
2.3 Základní koncepce větrání objektu.....	- 29 -
2.3.1 Hygienické zázemí.....	- 29 -
2.3.2 Relaxační místnost a sauna .....	- 30 -
2.3.3 Tělocvična a přilehlé prostory.....	- 32 -
2.4 Vstupní klimatické data.....	- 32 -
2.5 Požadované vnitřní mikroklimatické podmínky .....	- 32 -
2.6 Hygienické podmínky a dávky čerstvého vzduchu.....	- 34 -
2.6.1 Hygienické zázemí.....	- 34 -
2.6.2 Relaxační místnost a sauna .....	- 37 -
2.6.3 Tělocvična.....	- 41 -

2.7	Popis vzduchotechnického zařízení.....	- 42 -
2.7.1	Vzduchotechnická jednotka č. 1 .....	- 42 -
2.7.2	Vzduchotechnická jednotka č. 2 .....	- 43 -
2.7.3	Vzduchotechnická jednotka č. 3 .....	- 44 -
2.7.4	Ventilátor V1 .....	- 45 -
2.8	Rozvod čerstvého vzduchu.....	- 46 -
2.8.1	Hygienické zázemí .....	- 46 -
2.8.2	Relaxační místnost a sauna .....	- 47 -
2.8.3	Tělocvična a přilehlé prostory.....	- 49 -
2.9	Rozvod odpadního vzduchu .....	- 50 -
2.9.1	Hygienické zázemí .....	- 50 -
2.9.2	Relaxační místnost a sauna .....	- 51 -
2.9.3	Tělocvična a přilehlé prostory.....	- 52 -
2.10	Dimenze potrubních rozvodů .....	- 52 -
2.10.1	Hygienické zázemí .....	- 53 -
2.10.2	Relaxační místnost a sauna .....	- 53 -
2.10.3	Tělocvična a přilehlé prostory.....	- 54 -
2.11	Tlakové ztráty .....	- 55 -
2.12	Měření a regulace .....	- 58 -
2.12.1	Hygienické zázemí .....	- 59 -
2.12.2	Relaxační místnost a sauna .....	- 59 -
2.12.3	Tělocvična a přilehlé prostory.....	- 60 -
2.13	Protihluková a anti-vibrační opatření .....	- 60 -
2.14	Protipožární opatření .....	- 61 -
2.15	Požadavky na související profese .....	- 61 -
2.15.1	Stavební úpravy.....	- 61 -
2.15.2	Zdravotní technika a kanalizace.....	- 62 -
2.15.3	Elektro a regulace.....	- 62 -
2.15.4	Vytápění .....	- 64 -
2.16	Izolace a povrchová úprava .....	- 64 -
	Závěr .....	- 65 -
	Seznam příloh .....	- 66 -



Citovaná literatura.....	- 67 -
Ostatní podklady výrobců .....	- 69 -
Seznam obrázků .....	- 69 -
Seznam tabulek .....	- 71 -
Seznam zkratk, označení a veličin .....	- 73 -
Seznam projektové dokumentace:.....	- 75 -

# Úvod

Lidé tráví v budovách téměř 90% svého života, a proto je nutné zde zajistit příjemné prostředí, aby se většina cítila maximálně pohodlně. Rozhodujícím faktorem spokojenosti je tedy mikroklima uvnitř budov. S rostoucí koncentrací škodlivin, nedostatkem kyslíku nebo příliš vysokou či nízkou teplotou v budově nespokojenost lidí značně stoupá, proto je této problematice věnován značný důraz a pozornost.[1]

Mikroklima v budovách zajišťuje především jejich větrání, s tím je spojená kvalita vzduchu, tedy množství škodlivin obsažené v daném objemu (koncentrace CO<sub>2</sub>, nadměrné množství vodní páry, oděrové látky, aj.). V dnešní době se stále více zvyšují nároky na spotřebu primární energie – Nařízení o úspoře energie (EnEV), s tím je spojena izolace budov a zamezení infiltrace venkovního vzduchu dovnitř objektu, tedy vzduchotěsnost obálky budovy.[1] Tento fenomén má za následek vyšší nároky na větrání, a tedy využívání především nuceného či hybridního větrání, které nám umožňuje splnit požadovanou kvalitu ovzduší uvnitř budov. Ačkoliv nárůst nuceného větrání v budovách stále stoupá, přirozené větrání je stále nejrozšířenější typ větrání především díky nízkým nákladům a minimálním požadavkům na údržbu systému.

V budovách, kde dochází ke shromažďování většího počtu osob (nákupní a sportovní centra, divadla, posluchárny, aj.) nebo je vnitřní mikroklima zatíženo vysokou produkcí škodlivin (výrobní haly, laboratoře, aj.) je požadavek na výměnu vzduchu o to náročnější a větší. Do těchto skupin patří právě sportovní haly a tělocvičny, které jsou předmětem této práce. Právě ve sportovních halách dochází k již zmíněnému shromažďování velkého počtu lidí, v tomto případě diváků a sportovců, tedy hráčů. Požadavky na mikroklima jsou právě zde velmi vysoké především z důvodu dosažení maximálního výkonu sportovců a zároveň příjemného pozorování z hlediště.

Pro splnění požadavku velké výměny čerstvého vzduchu a dodržení vysoké kvality vzduchu v budovách pro sportovní aktivity se tedy nucené větrání přímo nabízí a je téměř nutné ho navrhnout, abychom tyto požadavky splnili. Ke správnému návrhu je nutné zvolit vhodné větrací koncové prvky, jejich rozmístění

a počet, důkladný výpočet a návrh přiváděného vzduchu a v neposlední řadě vhodný návrh typu systému, tedy jestli se jedná o podtlakový, přetlakový či rovnotlaký systém, či jejich kombinace.

Návrh větrání budovy s sebou nese nespočet možných problémů a řešení a vybrat to správné pro onen objekt je v mnoha případech velmi náročné. Je tedy nutné tomuto návrhu věnovat velkou pozornost. Každá budova je spolu se svými návrhovými hodnotami unikátní a nelze přesně ten samý systém větrání provést na vícero různých budov. Pro názornost si uvedeme i některé příklady z realizovaných projektů, které budou představeny v dalších kapitolách.

V této práci bude představeno větrání sportovních hal, proto se zaměříme především na nucené větrání, které je pro tento typ budov velmi účelné.

## Kapitola 1

# Studie větrání sportovních hal

### 1.1 Přirozené větrání

Princip přirozeného větrání sestává na principu rozdílných tlaků v budově, tím dochází k výměně vzduchu. Tento jev je vyvolán přírodními jevy, jedná se buďto o rozdíl teplot vzduchu nebo o dynamický tlak způsobený větrem, popř. jejich kombinací. Tímto způsobem větrání eliminujeme základní škodliviny jako je CO<sub>2</sub>, oděry, vlhkost aj., a docílíme provzdušnění budovy.[2] Přirozené větrání je historicky nejstarší (dříve jediný možný) druh větrání a i v dnešní době je stále nejvíce rozšířený způsob (v našich klimatických podmínkách) především díky téměř nulovým nákladům, bezúdržbovému provozu a jednoduchosti. Stále můžeme najít v historických budovách velice zajímavé principy přirozeného větrání.[3] V minulosti se přirozeně větralo nejčastěji pomocí netěsností v obálce budovy či otevřením oken. Vnitřními otvory a větracími mřížkami se pak vzduch dostával stále hlouběji do budovy, čímž docházelo k ventilaci prostoru. V nynější době se stále více eliminují netěsnosti a dbá se na vzduchotěsnost obvodových konstrukcí, čímž dochází k čím dál menší účinnosti přirozeného větrání a nutnosti navrhování nuceného, popř. hybridního větrání, které nám pomáhá k dosažení požadovaného mikroklimatu.

Zásadním nedostatkem je u tohoto druhu větrání nemožnost filtrace a tepelné úpravy přiváděného vzduchu. Proto se takto řešené větrání nehodí do provozů s velkou prašností, či do oblastí, kde se prašnost nachází ve venkovním ovzduší. Také především v zimním období může hrozit riziko průvanu. S novými rostoucími nároky na spotřebu primární energie je další nedostatek i absence zpětného získávání tepla. Případným nedostatkem může být i snížení akustické izolace při otevřených okenních otvorech s hlučným vnějším prostředím. [3] Přirozené větrání se také vyznačuje tím, že je závislé na vnějších a vnitřních podmínkách. Především ty vnější jsou nestálé a velice proměnné, a tak nelze považovat návrh za zcela jednoznačný.[2]

### 1.1.1 Tlak vyvozený vlivem rozdílů teplot

Tlak je vyvolán vzniklým rozdílem hustot  $\rho_e$  a  $\rho_i$ , resp. teplot  $t_e$  a  $t_i$  mezi dvěma sloupci vzduchu. Pokud se omezíme na předpoklad konstantní teploty vzduchu v obou sloupcích (prostředích) a případ, kdy je teplota uvnitř místnosti větší než teplota vnějšího vzduchu, tj.  $t_i > t_e$  a tedy hustota  $\rho_e > \rho_i$  [2], můžeme vztah pro rozdíl tlaku  $\Delta p_t$  v místě  $h$  od neutrálné roviny N.R. napsat jako [4]:

$$\Delta p_t = p_e - p_i = h * g * (\rho_e - \rho_i) \text{ [Pa]}, \text{ kde} \quad (1.1)$$

$\Delta p_t$  [Pa] – rozdíl tlaku v místě  $h$  od neutrálné roviny N.R.,

$p_e$  [Pa] – barometrický tlak vzduchu v exteriéru,

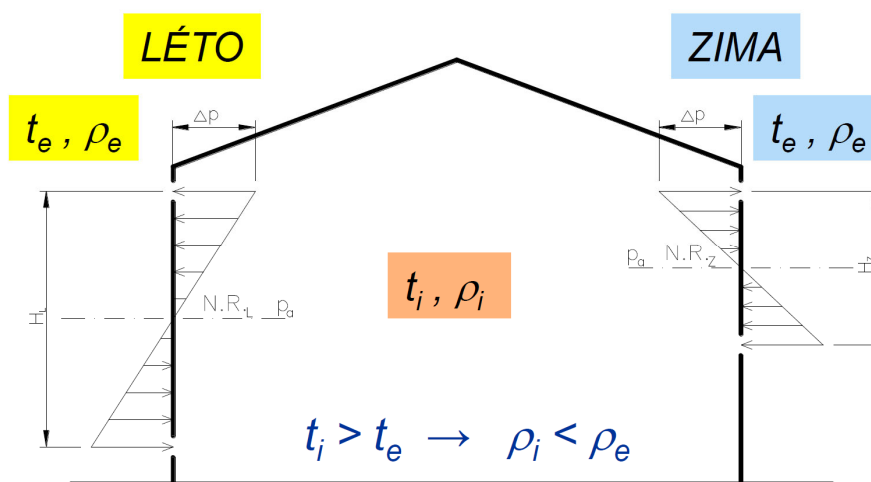
$p_i$  [Pa] – barometrický tlak vzduchu v interiéru,

$h$  [m] – výška od neutrálné osy N.R.,

$g$  [m/s<sup>2</sup>] – tíhové (gravitační) zrychlení,

$\rho_e$  [kg/m<sup>3</sup>] – hustota vzduchu v exteriéru,

$\rho_i$  [kg/m<sup>3</sup>] – hustota vzduchu v interiéru.



Obr. 1.1: Účinek vztlaku v létě a v zimě vztážen k neutrální rovině N.R. [4]

### 1.1.2 Tlak vyvozený účinkem větru

Působením větrného (tj. silového) účinku na budovu se vytváří přetlak a sání okolo obálky budovy a tím dochází k podporování proudění vzduchu uvnitř budovy. Na návětrné straně působí pozitivní tlak, nebo-li přetlak, a na protější (závětrné)

straně společně s bočními a střešními se formuje podtlaková oblast (viz Obr. 1.2). Velikost dynamického tlaku na část budovy lze popsat vztahem [3]:

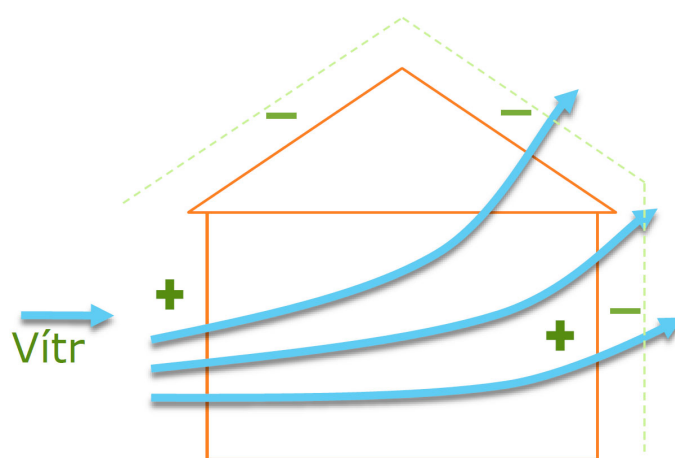
$$p_w = \frac{C_p \rho w^2}{2} [Pa], kde \quad (1.2)$$

$p_w$  [Pa] – dynamický tlak větru,

$C_p$  [-] – tlakový koeficient,

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] – hustota okolního vzduchu,

$w$  [m/s] – rychlost vzduchu narážejícího na část budovy.



Obr. 1.2: Přetlakové a podtlakové oblasti návětrných a závětrných stran [4]

### 1.1.3 Metody přirozeného větrání

Zde budou představeny základní čtyři metody přirozeného větrání: infiltrace, aerace, provětrávání a šachtové větrání. V realizovaných projektech se pak může jednat o jejich kombinaci.

#### 1.1.3.1 Infiltrace

Výměna vzduchu probíhá pomocí netěsností stavebních konstrukcí, kde jsou dominantní především spáry otvíravých oken a venkovních dveří.[2] S novodobými stavbami se zvyšují i nároky na izolaci a vzduchotěsnost zmiňovaných vnějších otvorů a i dle normy ČSN 73 0540-2 [5] se netěsnosti nepřipouští. V dnešní době se navrhuje prvky pro přívod vzduchu – ventilační štěrbin, které mohou být jak samoregulační (snižují intenzitu větru), tak mohou tlumit hluk z okolí. Tyto ventilační štěrbin nacházejí své uplatnění i u nuceného odtahu a přirozeného přívodu větracího vzduchu. Příklady ventilačních mřížek můžeme vidět na Obr. 1.3 a Obr. 1.4.



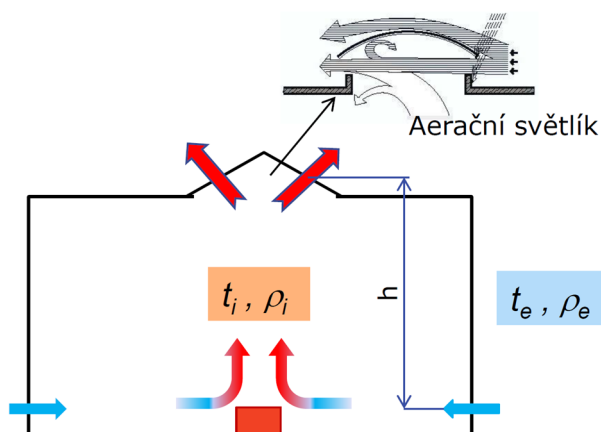
Obr. 1.3: Nadokenní akustická ventilační mřížka [6]



Obr. 1.4: Okenní ventilační mřížka [6]

### 1.1.3.2 Aerace

Aerace je způsob přirozeného větrání, který využívá regulované otvory ve stěnách a na střeše a za pomoci rozdílných hustot (teplot) vzduchu tak dochází k jeho proudění, vliv větru se často zanedbává. Jeho využití nacházíme především u průmyslových hal se zdroji tepla. Rozdíl tlaků je popsán již uvedeným vzorcem (1.2). [3]



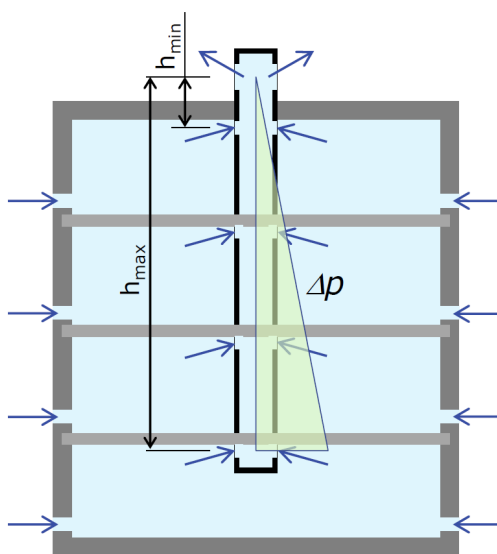
Obr. 1.5: Princip aerace [4]

### 1.1.3.3 Provětrávání

Provětrávání, nebo-li přirozené větrání okny, se většinou používá přerušovaně pomocí otevření okna (oken). Často se k provětrávání používá pouze jeden okenní otvor, kterým dochází jak k přívodu čerstvého vzduchu, tak i k odvodu použitého vzduchu. [2] Při dlouhém větrání v zimních měsících dochází k velkým ztrátám tepla, proto je tento způsob velice neekonomický, naopak při velkém průřezu otvoru a krátkém větrání lze docílit i k provětrávání energeticky relativně úspornému. [3] V letním období se na délku větrání nemusí brát takový důraz a může se větrat déle, ačkoliv při velmi vysokých či extrémních letních teplotách je vhodné větrání také omezit.

### 1.1.3.4 Šachtové větrání

Jedná se o takové větrání, kdy je čerstvý vzduch přiváděn do místnosti většinou okny, popř. přiváděcí (sací) šachtou, která je napojena na vnější prostředí. Odpadní vzduch z objektu je dále odváděn svislou výtlačnou šachtou nad střešní rovinu. Výškovým rozdílem otvorů pak vzniká požadovaný tlakový rozdíl, kterým je umožněna ventilace vnitřního prostoru. Při osazení samotahové hlavice či větrací turbíny na vyústění odtahové šachty lze dosáhnout pomocí dynamického účinku větru ke zvýšení účinnosti systému, tedy ke zvětšení tlakového rozdílu. [2] Na Obr. 1.6 můžeme vidět rostoucí tlakový rozdíl  $\Delta p$  s rostoucí výškou  $h$ .



Obr. 1.6: Schéma šachtového větrání s ukazatelem tlakového rozdílu [4]

## 1.2 Nucené větrání

Jak už bylo zmíněno dříve, v dnešní době se stále více zvyšují nároky na vzduchotěsnost obálky budovy, s tím tedy rostou i nároky na větrání vnitřku objektu. Proto dnes nachází své uplatnění stále častěji nucený, nebo-li mechanický způsob větrání. Jedná se o mechanickou výměnu znehodnoceného vzduchu za vzduch čerstvý (venkovní). Systém zajišťuje tvorbu oděrového mikroklimatu místnosti a může odvádět tepelné či jiné škodliviny vzniklé v budově a technologickými procesy. Nucené větrání není zásadně závislé na vnějších klimatických podmínkách, a tak jím lze docílit řízené výměny vzduchu v prostoru s možností filtrace a teplotní úpravy. Oproti přirozenému větrání umožňuje zpětné získávání tepla a tím optimalizaci tepelných ztrát, popř. předchlazování větracího vzduchu v letních



horkých měsících. V extrémních měsících (případech) je možnost kombinovaného provozu, kde lze zpětně využít cirkulační vzduch. Pro provoz nuceného větrání je základním prvkem VZT jednotka, popř. lokální ventilátor, kterým se při zapnutí dostává vzduch do nuceného pohybu. [2]

### 1.2.1 Základní popis a rozdělení vzduchotechnických jednotek

Vzduchotechnická jednotka umožňuje hlavní funkce úpravy vzduchu, jako může být filtrace, ohřev, vlhčení, aj., ale také se stará o dopravu a regulaci větracího vzduchu. Funkce se mohou lišit dle zastoupení zařízení (částí) na úpravu vzduchu uvnitř dané jednotky. [2] Nejčastěji obsažené části VZT jednotek ukazuje Tab. 1.1. Zásadní funkcí novodobých jednotek je zpětné získávání tepla (rekuperace) z použitého vzduchu, a tím docílení razantního snížení tepelných ztrát větráním v chladném období. ZZT se může také podílet na předchlazování vzduchu v horkých měsících, tím opět redukuje primární energii využitou na úpravu vzduchu. VZT jednotky se nejčastěji umísťují do strojovny vzduchotechniky, nebo do venkovního prostředí (na střechu budovy). Dle místního členění lze tyto jednotky rozdělit do dvou hlavních skupin, tj. centrální nebo lokální.

Tab. 1.1: Nejčastěji obsažené části v hlavních typech VZT jednotek [7]

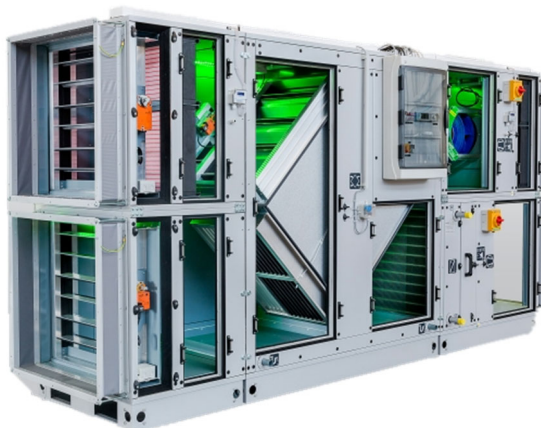
Větrací jednotka	Jednotka teplovzdušného vytápění	Jednotka klimatizace
Filtry	Filtry	Filtry
Ventilátor přívodu vzd.	Ventilátor přívodu vzd.	Ventilátor přívodu vzd.
Ventilátor odvodu vzd.	Ventilátor odvodu vzd.	Ventilátor odvodu vzd.
Výměník ZZT	Výměník ZZT	Výměník ZZT
Ohřívač čerstvého vzd.	Směšovací komora	Směšovací komora
	Ohřívač přiváděného vzd.	Ohřívač čerstvého vzd.
		Chladič přiváděného vzd.
		Zvlhčovací systém
		Eliminátor kapek

#### 1.2.1.1 Centrální jednotky

Tyto jednotky se podílí na větrání větších celků (celé budovy, části objektu, atp.) a umožňují často komplexnější úpravy vzduchu oproti lokálním jednotkám. Z této jednotky pak vedou potrubní přiváděcí, resp. odváděcí rozvody, které zásobují

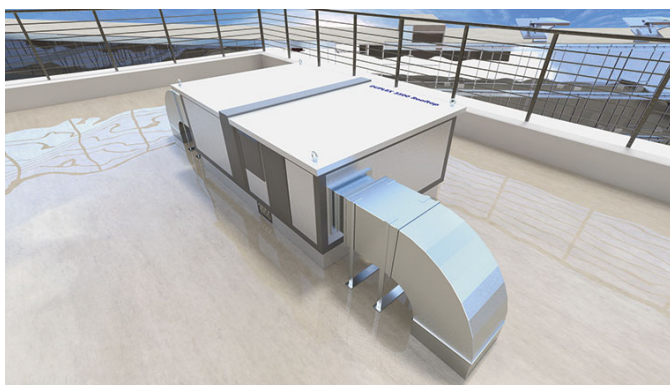
budovu čerstvým vzduchem, resp. odvádějí znehodnocený vzduch. Dále se tyto jednotky rozdělují do skupin dle konstrukčního řešení a to na jednotky:

- **sestavné**, které se na základě individuálních požadavků sestaví z jednotlivých částí. Tyto části, resp. komory umožňují jednotlivé úpravy a dohromady tvoří funkční celek. Ukázkou sestavné, nebo-li modulové jednotky můžeme vidět na Obr. 1.7. [8]

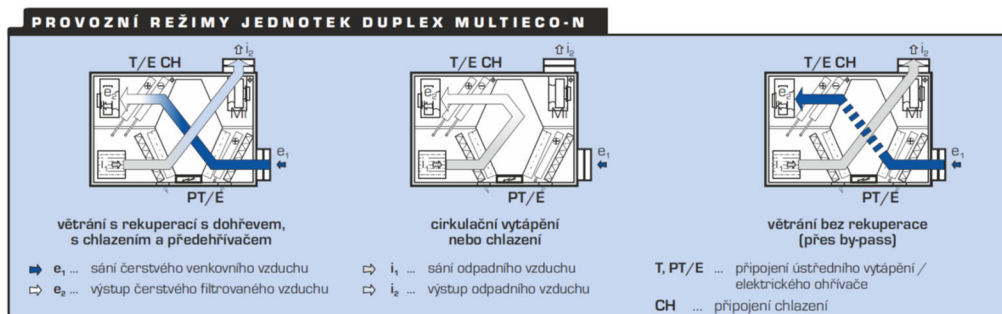


Obr. 1.7: Sestavná klimatizační jednotka Mandik [9]

- **kompaktní**, kde jednotku tvoří jeden vnější rám, ve kterém jsou uspořádané jednotlivé části. Variabilita a počet vnitřních funkčních částí je omezena rozměrem rámu. Tyto jednotky umožňují kompaktní řešení s menšími vnějšími rozměry než sestavné. [8]



Obr. 1.8: Kompaktní nástřešní jednotka Duplex Multiteco-N [10]



Obr. 1.9: Provozní režimy jednotky Duplex Multieco-N [10]

## 1.2.1.2 Lokální jednotky

Toto provedení obsluhuje pouze danou místnost, popř. část budovy a zaměřuje se tedy na lokální produkci škodlivin. Jelikož tyto jednotky mají většinou omezený počet funkcí, využívají se často v provozech, kde není takový nárok na komplexní úpravu vzduchu a mají vyšší světlou výškou (např. výrobní haly, nákupní centra, sportovní haly a další). Decentrální jednotky se nejčastěji umísťují do střech, aby byl zajištěn přívod venkovního vzduchu. Hlavní výhodou oproti centrálním jednotkám je absence potrubních rozvodů. [11]



Obr. 1.10: Decentrální nástřešní VZT jednotka RoofVent [12]

## 1.2.2 Stanovení průtoku venkovního vzduchu

Stanovení průtoku čerstvého (venkovního) vzduchu lze provést dle různých kritérií, dále si uvedeme tři základní kritéria dle požadavku na čistotu vzduchu. Mimo uvedená kritéria lze průtok vzduchu také stanovit na základě vnitřní tepelné zátěže, které chceme odvádět, nebo u odsávacích systémů průtok stanovíme dle vyrovnání vzduchové bilance.

### 1.2.2.1 Dle požadavků na čistotu vzduchu

**Průtok vzduchu dle dávky na osobu** se uplatní v pobytových prostorech, kde nevznikají specifické škodliviny, jedná se nejčastěji o obytné, společenské a pracovní (kancelářské) prostory. Právě zde lze navrhnout množství venkovního vzduchu dle dávky venkovního vzduchu na osobu  $D$  [ $\text{m}^3/\text{h.os}$ ]. Dle závazného Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [13], kde jsou uvedeny požadavky pro pracovní prostředí, dostáváme tyto hodnoty  $D$ :

- $25\text{m}^3/\text{h.os}$  pro práci s minimální fyzikální aktivitou a v prostředí bez chemikálií a škodlivin,
- $50\text{m}^3/\text{h.os}$  pro práci s minimální fyzikální aktivitou a v prostředí s výskytem chemikálií a škodlivin,
- $70\text{m}^3/\text{h.os}$  pro práci se střední fyzickou aktivitou,
- $90\text{m}^3/\text{h.os}$  pro práci s vysokou fyzickou aktivitou.

Doporučené hodnoty  $D$  pak lze nalézt v normě ČSN EN 16798-3 [14].

Množství čerstvého vzduchu  $V_e$  pro počet osob  $n$  lze spočítat dle vzorce [3]:

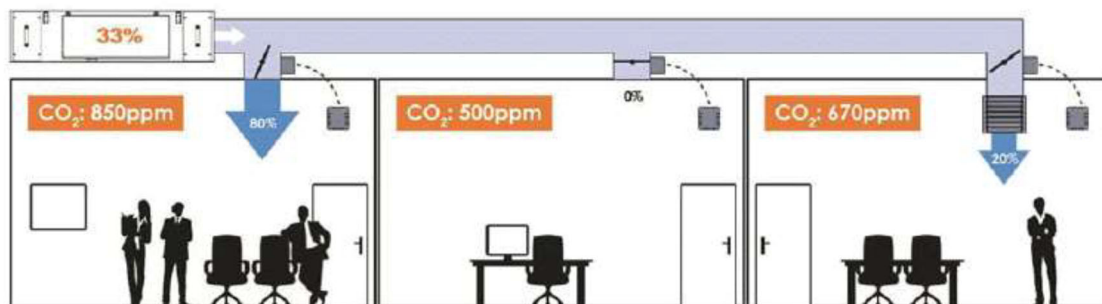
$$V_e = n \cdot D \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (1.3)$$

**Průtok vzduchu dle produkce škodlivin** se využívá v prostorech, kde dochází k uvolňování škodlivin do ovzduší. Požadavek je takový, aby při navrhovaném průtoku čerstvého vzduchu  $V_e$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] koncentrace škodlivin nepřesáhla limitní hodnotu škodlivin  $\psi_{max}$  [ $\text{g.g}^{-1}$ ]. Názorný příklad využití můžeme vidět na Obr. 1.11, kde je průtok vzduchu řízen dle koncentrace  $\text{CO}_2$ . Za předpokladu ustáleného stavu, konstantního toku a rovnoměrném promíšení škodlivin lze průtok větracího vzduchu vypočítat dle vztahu [15]: [3]

$$V_e = \frac{m}{\psi_{max} - \psi_e} \text{ [m}^3/\text{h]}, \text{ kde} \quad (1.4)$$

$m$  [ $\text{g/h}$ ] – produkce škodlivin,

$\psi_e$  [ $\text{g/g}$ ] – koncentrace škodlivin v přiváděném vzduchu.



Obr. 1.11: Řízená regulace dle produkce škodlivin  $CO_2$  [16]

**Průtok vzduchu dle intenzity větrání** lze navrhnout v prostorech, kde nejsou známé údaje o produkci škodlivin. Průtok se stanoví přibližně pomocí intenzity větrání  $I = V_e / O$  [ $h^{-1}$ ]. Hodnoty intenzity větrání můžeme orientačně najít pomocí Tab. 1.2. Průtok vzduchu  $V_e$  se pak stanoví pomocí vzorce: [3]

$$V_e = I \cdot O \text{ [m}^3\text{/h]}, \text{ kde} \quad (1.5)$$

$O$  [ $m^3$ ] – objem místnosti.

Tab. 1.2: Orientační hodnoty intenzity větrání dle místností [3]

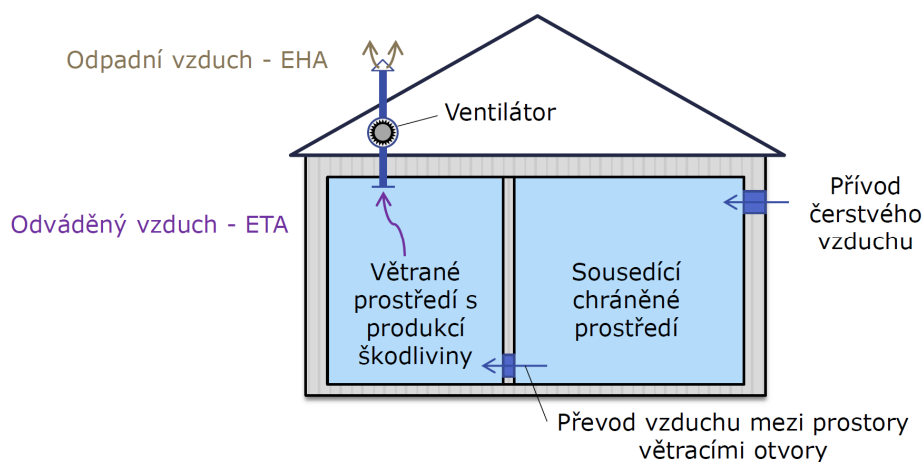
Druh místnosti, provozu	Intenzita větrání $I$ ( $h^{-1}$ )
Bazény	4 až 6
Kanceláře	3 až 6
Kina, divadla	4 až 6
Knihovny	3 až 5
Montážní haly	3 až 6
Posluchárny	8 až 10
Restaurace	5 až 10
Shromažďovací místnosti	5 až 10
Šatny	3 až 6
Umývárny, koupelny	4 až 6
Záchody:	
• byty	2 až 3
• kanceláře	4 až 6
• veřejné	10 až 15

### 1.2.3 Rozdělení systémů z hlediska tlaku

Nucené větrání lze rozdělit na tři základní druhy systémů z hlediska tlaku vzduchu ve větraném prostoru. Jedná se o systémy podtlakové, rovnotlaké nebo přetlakové. Tyto druhy mají zásadní význam pro navrhování větrání objektu, jednotlivými možnostmi či jejich kombinacemi lze docílit požadovaných výsledků uvnitř budovy jako je zamezení šíření škodlivých látek z místnosti (např. sociální zařízení), či omezení průniku škodlivin do dané místnosti (např. operační sály), atd.

#### 1.2.3.1 Podtlakový systém

Tento systém využívá principu odvádění většího množství vzduchu  $V_o$ , než-li vzduchu přiváděného  $V_p$ , čili platí  $V_o > V_p$ . Tím zabraňujeme šíření škodlivin z místnosti do sousedních prostorů. Přívod vzduchu může být jak přirozený (např. štěrbinami), tak nucený (ventilátory). Odvod vzduchu musí být zajištěn nuceně. Tento způsob se využívá především v prostorech, kde dochází k produkci škodlivin a vlhkosti, tedy například pro větrání koupelen, WC, kuchyní a dalších. Základní princip podtlakového systému znázorňuje Obr. 1.12. [2]

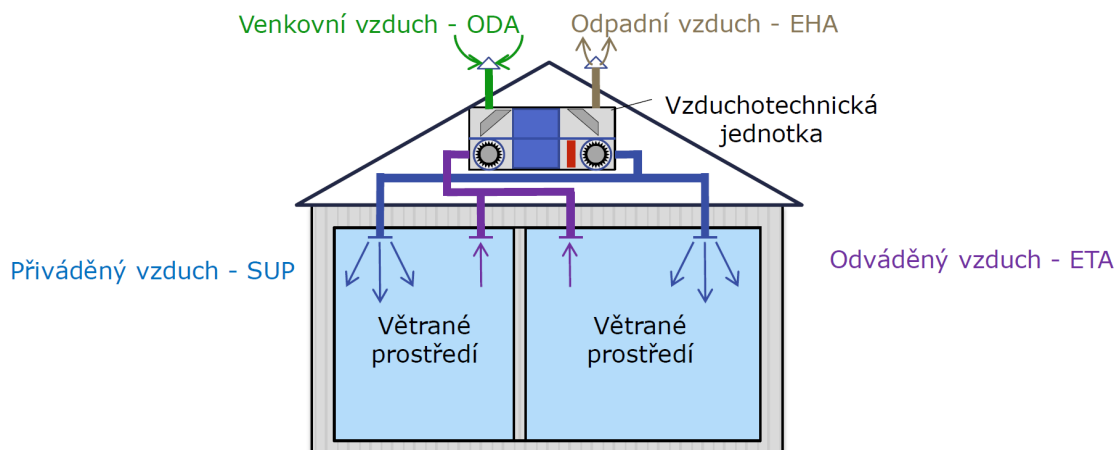


Obr. 1.12: Princip podtlakového systému [11]

#### 1.2.3.2 Rovnotlaký systém

Systém se vyznačuje nuceným přívodem i odvodem vzduchu o stejném průtoku, tedy  $V_o = V_p$ . Jedná se o spojený systém, u kterého nevzniká v prostoru tlakový rozdíl a často využívá zpětné získávání tepla (ZZT), kterým lze docílit minimalizování tepelných ztrát větráním. Lze ho označit jako nejpoužívanější systém pro větrání pro běžné účely, jako je např. větrání budov pro bydlení, pro sportovní účely, restaurace atp. Tímto způsobem větrání nezamezujeme směšování škodlivin

a větracího vzduchu v okolním prostoru, popř. můžeme navrhnout ve vyžadovaných částech objektu i systémy podtlakové či přetlakové a tím předcházet k míšení, avšak celkový součet odváděného a přiváděného vzduchu musí být shodný. [2]



Obr. 1.13: Princip rovnotlakého systému [11]

Tento systém se dále může dělit obdobně, jako jsme si uvedli v kap. 1.2.1, tedy na **centrální** či **lokální**. Centrální jednotky obsluhují buďto celou budovu, nebo její část a umožňují širší spektrum funkcí (filtrace, klimatizace, vlhčení, aj.). Nevýhodou je nutnost zajištění požadovaných potrubních rozvodů. Zatímco lokální (decentrální) systém obstarává pouze jednotlivé místnosti, tedy místní problém, a má obvykle omezené funkce (větrání). [11]

Dle řízení průtoku vzduchu dělíme rovnotlaké větrání na konstantní průtok vzduchu (CAV – Constant Air Volume) nebo proměnný průtok vzduchu (VAV – Variable Air Volume).

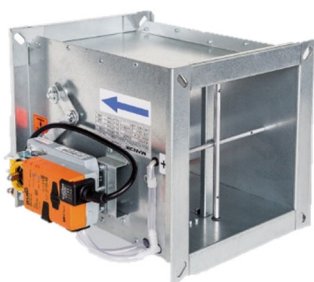
**CAV systém** se využívá u budov, kde nejsou rozdílné požadavky v různých částech budov, jelikož systém neumožňuje regulaci dle aktuální potřeby vzduchu a zajišťuje pouze stálý (konstantní) průtok. Jednotka se omezuje pouze na regulaci zapnuto/vypnuto. [11]

**VAV systém** reguluje průtok vzduchu dle potřeby v daném prostředí. Řízení je prováděno pomocí ventilátorů, tedy omezením otáček, a v zónových regulátorech (VAV boxech), které pomocí škrtecí klapky omezují průtok vzduchu. Regulace je řízena na základě snahy o udržení konstantního statického tlaku ventilátoru. VAV box může být osazen také dodatečným ohřivačem či chladičem. [11]

Nástupcem VAV systému je **systém DCV** (Demand Control Ventilation), tedy řízení větrání dle požadavků. U takto provedeného systému nejsou tak velké

nároky na škrticí klapky, ale rostou požadavky na kvalitu ventilátorů. Ty musí zajišťovat velký rozsah průtoků (tedy otáček), kterým je následně dosaženo změny statického tlaku ventilátoru a regulaci průtoku vzduchu v koncových prvcích. [11]

U obou systémů s proměnným průtokem vzduchu jsou kladeny vysoké nároky na měření a regulaci celého systému. [11]



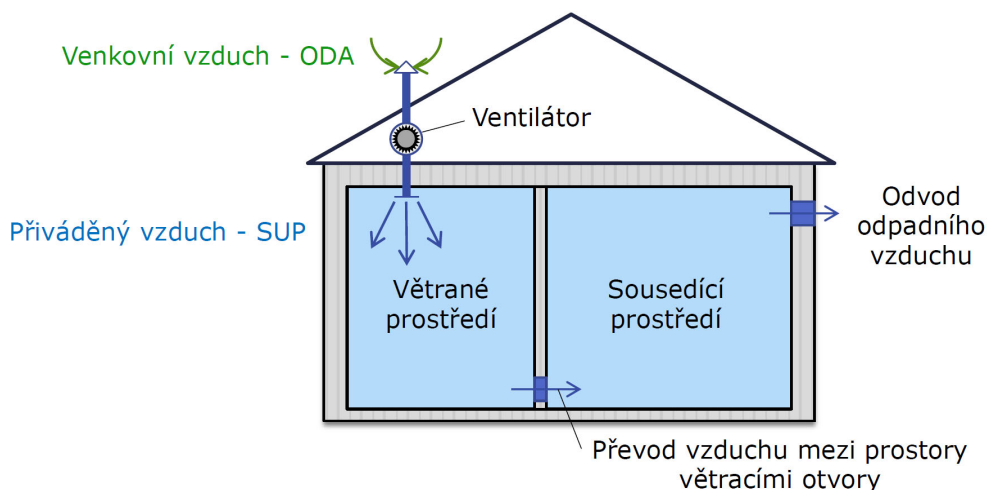
Obr. 1.14: VAV box RPMC-V Mandik [17]



Obr. 1.15: VAV box s VAV regulátorem [18]

### 1.2.3.3 Přetlakový systém

Princípem tohoto systému je přivádění většího množství vzduchu, než-li odvádění, tzn.  $V_p > V_o$ . Mírným přetlakem zamezíme průniku znečištěného vzduchu z okolí do dané místnosti případnými netěsnostmi. Tohoto způsobu se využívá především v čistých prostorech (např. operační sál). Tlakový rozdíl je kompenzován únikem vzduchu přes netěsnosti či otvory v obálce prostoru. V určitých případech lze převést tepelný zisk z prostoru do okolních místností. Přívod vzduchu je řízen nuceně, zatímco odvod může být jak přirozený, tak nucený. [2]



Obr. 1.16: Schéma přetlakového systému větrání [11]



### 1.3 Mikroklimatické a hygienické podmínky

Téměř všechny stavby se staví zejména pro jejich užívání lidmi, z toho důvodu je nutné zajistit maximální pohodlí a přizpůsobit je k danému provozu. Pohodlí, tedy kvalitu vnitřního prostředí, určuje souhrn mikroklimatických veličin, tj. fyzikální, chemické a biologické ukazatele. Každý z těchto faktorů má značný vliv na zdraví a tělesnou pohodu člověka, proto je nutné je řídit a určit základní limity a pravidla užívání. Základním znečištěním vnitřního prostředí může být nadměrná vlhkost, domácí prach, oxid uhličitý CO<sub>2</sub> nebo např. těkavé organické látky (tj. čisticí látky, elektronika, osvěžovače, aj.). Hlavním opatřením pro udržení „zdravého interiéru“ je dostatečné větrání, které zajišťuje odvod vzniklých škodlivin. Názorně si uvedeme některé limitní hodnoty, které jsou spojeny s užíváním sportovních zařízení určených pro školní potřeby a veřejnost. [19]

Následující tabulka ukazuje množství přiváděného čerstvého vzduchu v provozovnách pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých dle platné Vyhlášky č. 343/2009 Sb. [20]

Tab. 1.3: Množství přiváděného čerstvého vzduchu v provozovnách pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých [20]

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	

Podobnou tabulku lze také nalézt ve Vyhlášce č. 6/2003 Sb. [21], která stanovuje limity pro pobytové místnosti:

Tab. 1.4: Teploty a množství odváděného vzduchu pro hygienická zařízení u pobytových místností [21]

	Teplota vzduchu t <sub>i</sub> (°C)	Množství odváděného vzduchu za hodinu
Umývárny	22	30 m <sup>3</sup> na 1 umyvadlo
Sprchy	25	35 - 110 m <sup>3</sup> na 1 sprchu
WC	18	50 m <sup>3</sup> na 1 mísu 25 m <sup>3</sup> na 1 pisoár

## Studie větrání sportovních hal

Dalším důležitým faktorem je teplota kulového teploměru (tj. výsledná teplota zahrnující teplotu vzduchu i teplotu okolních ploch)  $t_g$  [°C], která spolu s rychlostí proudění vzduchu v pobytové zóně  $v_a$  [m/s] a relativní vlhkostí vzduchu  $rh$  [%] tvoří „tepelnou pohodu“. Vyhláška č. 343/2009 Sb. uvádí tyto hodnoty znázorněné v Tab. 1.5 [20]:

Tab. 1.5: Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu [20]

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění	Relativní vlhkost
	$t_{g,min}$ [°C]	$T_{g,opt}$ [°C]	$t_{g,max}$ [°C]	$v_a$ [m.s <sup>-1</sup> ]	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

Součástí sportovních zařízení často bývá i sauna pro sportovce. Sauna je svým způsobem užívání specifická a vyžaduje velké nároky na provoz. Vyhláška č. 238/2011 Sb. [22] uvádí tyto mikroklimatické podmínky:

Tab. 1.6: Mikroklimatické podmínky pro sauny a přilehlé prostory [22]

Místo	Výška od podlahy (m)	Min. teplota vzduchu (°C)	Max. teplota vzduchu (°C)	Max. rel. vlhkost vzduchu (%)	Výměna vzduchu (h <sup>-1</sup> )
Chodba	1,6	18	-	50	2
Šatna	1,6	22	-	50	2
Prohřívárna*			-	-	-
	1,5	-	80	15	-
	2,0	-	110	-	-
Vnitřní ochlazovna	-	-	-	70	2
Vnější ochlazovna	-	-	-	-	-
Odpočívárna	1,6	23	-	50	2
Záchod	1,6	20	-	-	50 m <sup>3</sup> na 1 klosetovou mísu

\*U jiných typů saun, než je uvedeno v § 34, lze podle doporučení výrobce pro saunovou technologii připustit jiné teploty a jinou relativní vlhkost vzduchu.

Na závěr si uvedeme výňatek tabulky udávající vnitřní výpočtové hodnoty teploty  $t_i$  dle platné normy ČSN EN 12831-1 [23] Energetická náročnost budov a doporučené relativní vlhkosti vzduchu  $\phi_{ai}$  dle již neplatné normy ČSN 06 0210 [24] (uvedeno pro doplnění a názornou ukázkou možných doporučených hodnot rel. vlhkosti):

*Tab. 1.7: Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 [23] a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210 [24]*

Druh vytápěné místnosti		Výpočtová vnitřní teplota	Relativní vlhkost vzduchu
		$t_i$ [°C]	$\phi_{ai}$ [%]
<b>9.</b>	<b>Sportovní budovy</b>		
<b>9.1</b>	<b>Sportovní haly</b>		
	tělocvičny, haly	15	70
	šatny, převlékárny	22	60
	umývárny, sprchy, místnosti pro masáž	24	90
<b>9.3</b>	<b>Sauny</b>		
	sauny	115	-
	prohřívárny	10	90
	ochlazovny	22	60
	odpočívárny	22	60

### 1.4 Příklady realizovaných projektů

Pro názornost a inspiraci v dané problematice si v této kapitole ukážeme příklady realizací větrání sportovních hal a přilehlých prostor z již realizovaných a fungujících staveb. Uvedené příklady jsou také z různých dob a jsou v nich použity různé systémy větrání, tudíž můžeme vidět velké rozdíly použitého řešení a vývoj větracích systémů v České Republice.

*Poznámka: Popis způsobů větrání jednotlivých objektů jsou na základě informací od provozovatele a vizuální prohlídky. Žádné projekční podklady či dokumenty nebyly poskytnuty.*

#### 1.4.1 Sportovní hala Třeboň

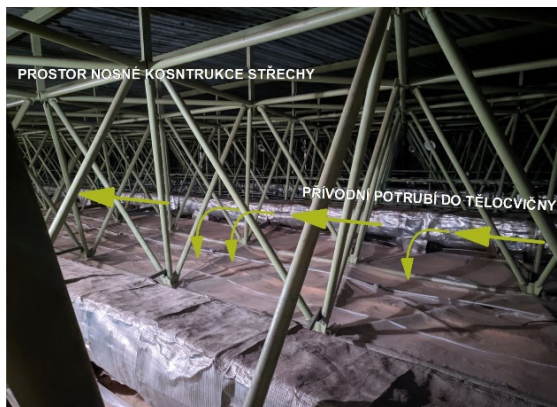
Jako první si představíme nejstarší objekt ze zde uvedených. Jedná se o Sportovní halu v Třeboni, která je v provozu od roku 1985 a své využití nachází především pro hraní sálových sportů. Na denním pořádku jsou zde tréninky házenkářů, florbalistů, boxerů a dalších. Během turnajů, které se konají v hale

o víkendech, je hala zpřístupněna veřejnosti. Sportovní halu tvoří vstupní atrium, ze kterého se můžeme dostat chodbou do tělocvičny, resp. po schodech dolů do šaten, hygienického zázemí pro hráče a technických místností, resp. do prostoru s občerstvením. Hygienické zázemí obsahuje tedy jedno NP a jedno PP. Tělocvičnu tvoří ohoz kolem celé hrací plochy, ze kterého se dostáváme do stupňovitého hlediště pro diváky, a do hrací plochy jako takové.

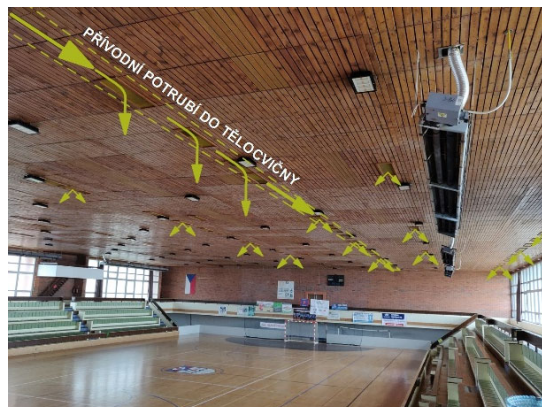
Již v době založení této haly byl vytvořen důmyslný systém větrání celého objektu. Původně se zde zřejmě používalo větrání také pro vytápění, popř. dohřívání, jelikož se zde použil velmi zdařilý způsob pasivního předehřívání vzduchu pro snížení energetických nároků na ohřev přiváděného vzduchu. Pro tento princip jsou před halou vytvořeny dvě přírodní větrací šachty (viz Obr. 1.17), každá z nich je spojena vzduchovým kanálem pod budovou se vzduchotechnickou jednotkou, tím dochází k přirozenému ohřevu čerstvého vzduchu v chladných měsících a naopak v letních měsících se vzduch příjemně ochladí a nejsou vyžadované tak vysoké nároky na chlazení budovy. O nucený přívod vzduchu se stará již zmíněná dvojice VZT jednotek. Tyto jednotky přivádí čerstvý vzduch do tělocvičny pomocí izolovaných čtyřhranných potrubních rozvodů (viz Obr. 1.18) umístěných v prostorech nosné střešní konstrukce tělocvičny, na které jsou osazeny přírodní mřížky zajišťující distribuci vzduchu v tělocvičně. Ukázka rozmístění přírodních větracích mřížek je patrná z Obr. 1.19. Prostor tělocvičny je tedy větrán pouze přetlakově.



Obr. 1.17: Přírodní větrací šachta pro VZT jednotku [autorská tvorba]



Obr. 1.18: Prívodní potrubí do tělocvičny v prostoru nosné konstrukce střechy [autorská tvorba]



Obr. 1.19: Distribuce vzduchu v tělocvičně pomocí prívodních mřížek [autorská tvorba]

Hygienické zázemí je naopak větráno pouze podtlakově, tím je vyrovnán tlakový rozdíl v obou částech budovy. O odvod znehodnoceného vzduchu se starají jednotlivé ventilátory, do kterých je přiváděno odpadní čtyřhranné potrubí ze šaten a hygienického zázemí a pomocí mřížek je vzduch odsáván. Odvodní potrubí s mřížky z umývárny určených pro sportovce ukazuje Obr. 1.20. Z ventilátorů je pak vzduch veden do venkovního ovzduší.

Sociální zařízení pro veřejnost, umístěné v 1.NP v prostoru chodby mezi tělocvičnou a atriem, prošlo renovací. Způsob podtlakového větrání je zanechán, pouze pro odtah vzduchu jsou zde vytvořeny nové rozvody kruhového Spiro potrubí, osazené samostatnými ventilátory a talířovými ventily (viz Obr. 1.21). Vzduch je pak odváděn na fasádu za pomoci protidešťových žaluzií.



Obr. 1.20: Odvodní potrubí s odtahovou mřížkou z umývárny pro hráče [autorská tvorba]



Obr. 1.21: Renovované odvodní potrubí s talířovým ventilem a ventilátorem v prostoru WC [autorská tvorba]

### 1.4.2 KKC Roháč Třeboň

Druhým a o něco novějším objektem z roku 2002 je KKC Roháč v Třeboni. Tato hala je navržena jako multifunkční, konají se zde jak sportovní události, tak různé plesy, konference a taneční akce a k tomu je taky náležitě vybavena. Tento objekt lze z funkčního hlediska rozdělit do tří sekcí. V první sekci se nachází vstupní atrium se šatnou pro veřejnost, spodní kavárna (bar) se sociály a vrchní bar se sociály. V druhé, tedy prostřední sekci, je hlavní sál (tělocvična) se sklady sportovního nářadí a s ochozy na každé straně, které propojují všechny tři části budovy. A v poslední sekci je umístěn malý gymnastický sál a šatny s hygienickým zázemím pro sportovce. Veškeré tyto prostory obstarávají čtyři sestavné VZT jednotky s rekuperací tepla (viz Obr. 1.22), které jsou umístěny v krajních sekcích v podstřešních prostorech sloužících jako strojovny vzduchotechniky. Jednotky umožňují větrání a teplovzdušné vytápění, nikoliv klimatizaci.



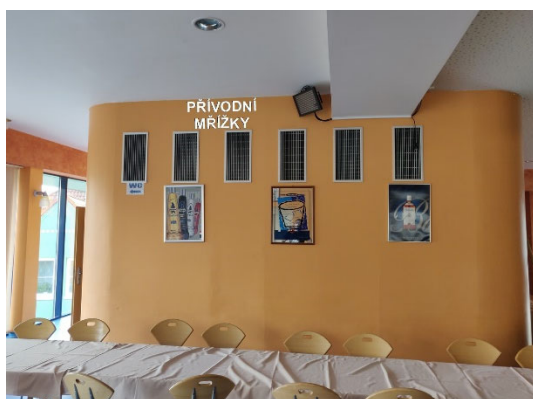
Obr. 1.22: Sestavná VZT jednotka v první sekci, zásobující polovinu hlavního sálu [autorská tvorba]

Větrání hlavního sálu zajišťuje dvojice VZT jednotek. Obě jednotky jsou od sebe oddělené a nachází se v opačných sekcích, tedy první jednotka je v první sekci, resp. druhá je v poslední. Do prostoru hlavního sálu jsou vedeny z každé strany dvě větve kruhových přírodních i odvodních Spiro potrubí. Čerstvý vzduch je distribuován pomocí vířivých anemostatů. Na každé přírodní větvi jsou osazené dva tyto anemostaty, tzn. celkem osm přírodních prvků. Odtah odpadního vzduchu je zajištěn skrz odvodní mřížky umístěných přímo na kruhovém odvodním potrubí. Přírodní potrubní rozvody jsou situovány doprostřed prostoru, přímo nad hlavní plochu parketu (hrací plochu) a odvodní potrubí se nachází po stranách sálu, v místech ochozů. Tímto způsobem umístění dochází ke směšovacímu větrání hlavního sálu. Názornou ukázkou uvedeného provedení můžeme vidět na Obr. 1.23:



Obr. 1.23: Princip větrání hlavního sálu objektu (uprostřed příváděcí větev s anemostaty, na kraji odváděcí větev s mřížkami) [autorská tvorba]

Další jednotka umístěná v první sekci přivádí vzduch do celé této sekce, tedy k hornímu baru a do spodní kavárny (baru). V obou poschodích se nachází také sociální zařízení pro veřejnost. V horním patře je přívod vzduchu distribuován pomocí přívodních mřížek do volného prostoru, kde dochází ke shromažďování osob. Vzduch odvádějí talířové ventily umístěné v částech, kde se předpokládá zdroj oděru, popř. vlhkosti, tedy v místě baru a sociálních zařízení. Přívod a odvod vzduchu je patrný z fotky na Obr. 1.24 a Obr. 1.25. Pro spodní patro je vytvořen obdobný způsob větrání jako u horního baru, tedy přívod vzduchu je situován do prostoru předpokládaného dlouhodobého pohybu osob a odtah vzduchu zajišťují opět talířové ventily osazené v sociálním zařízení a v barové části (viz Obr. 1.26).



Obr. 1.24: Přívodní mřížky v horním patře pro horní bar a sociální zázemí [autorská tvorba]



Obr. 1.25: Odvodní talířové ventily v místě nad barem [autorská tvorba]



Obr. 1.26: Odvodní talířové ventily v místě baru na spodním patře [autorská tvorba]

Čtvrtá a poslední jednotka nacházející se v poslední sekci zajišťuje čerstvý vzduch pro malý gymnastický sál, šatny a hygienické zázemí. Prívod je zaveden do malého sálu ve vyšším patře pomocí přívodních mřížek, kde je prostor větrán přetlakově a skrz mikroventilaci ve dveřích proudí o patro níže, kde se nachází šatny a umývárny, ve kterých jsou osazené odvodní talířové ventily. Toto hygienické zázemí je tedy větráno podtlakově, což zabraňuje šíření vlhkosti a oděrů do okolních prostorů. Dohromady se jedná o způsob rovnotlakého větrání.

Tímto rozdělením na jednotlivé vzduchotechnické úseky je zajištěna variabilita provozního řádu, kdy není nutné větrat veškeré prostory zároveň v danou chvíli, ale pouze prostory, které to vyžadují. Nedostatkem tohoto systému může být regulace, která je řízena automaticky pouze na základě teplotních čidel, nikoliv čidel CO<sub>2</sub>, které jsou pro zajištění komfortního mikroklimatu při zdržování většího počtu osob velice účelné a vhodné. Také zde nejsou použity jednotky s možností chlazení, tudíž v letním období může docházet k přehřívání. Pouze v některých částech objektu jsou použity lokální klimatizační jednotky typu split, které můžeme vidět na Obr. 1.27:



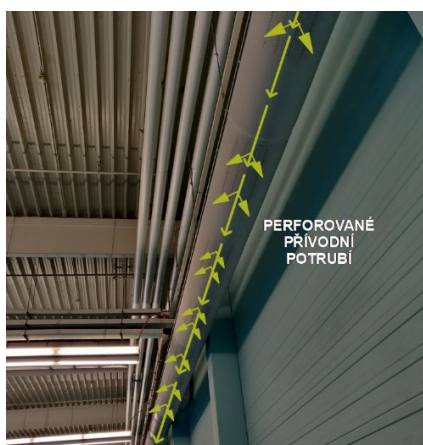
Obr. 1.27: Přívodní větrací mřížky a lokální klimatizační jednotka v malém gymnastickém sálu [autorská tvorba]



### 1.4.3 Badminton aréna Skalka

Posledním představovaným objektem je Badminton Aréna Skalka, která je součástí OC Tesco Skalka na Praze 10 – Strašnice. Jedná se o novou a moderní badminton arénu se 13 kurty, zázemím a kavárnou. Toto zařízení slouží pouze pro hraní badmintonu, nikoliv pro víceúčelné využití. Za vstupem z OC se nachází kavárna s recepcí, odtud je možno projít rovnou do prostoru jednotlivých kurtů, který je rozdělen na dvě sousedící části propojené otvory ve stěnách, a na konci haly je umístěné hygienické zázemí a úklidová místnost. Pro tento areál je vytvořen samostatný vzduchotechnický systém nezávislý na ostatních prostorech obchodního centra. Veškerý tento prostor obsluhují pravděpodobně dvě nástřešní VZT jednotky, které mají kromě funkce větrání zajistit zřejmě i vytápění a klimatizaci.

První jednotka zajišťuje přísun čerstvého vzduchu do prostoru kurtů. Od jednotky je vedené hlavní čtyřhranné přívodní potrubí, které se pod stropem dělí na dvě samostatné větve. Každá z nich přivádí větrací vzduch do jiné sekce, kde je vzduch distribuován kruhovým perforovaným potrubím (viz Obr. 1.28) umístěným pod stropem u bočních stěn. V tomto prostoru je velice důležitý výběr správného distribučního elementu, jelikož je vyžadováno, aby přívodní vzduch nebrzdil, popř. neunášel badmintonový míček, který je velice lehký. Správně nadimenzované perforované potrubí je zde tedy velmi vhodným adeptem. Odvod vzduchu se nachází na každé straně dělicí stěny uprostřed haly. Přívod a odvod vzduchu k nástřešní VZT jednotce můžeme vidět na Obr. 1.29. S takto umístěnými distribučními prvky dochází ke směšovacímu rovnotlakému způsobu větrání.



Obr. 1.28: Perforované potrubí v prostorech kurtů v 2. sekci [autorská tvorba]



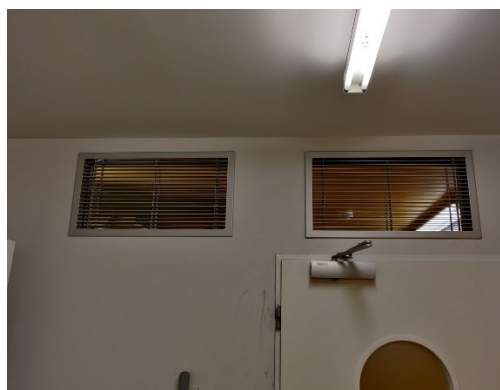
Obr. 1.29: Přívod a odvod vzduchu skrz střešní prostop k VZT jednotce [autorská tvorba]

## Studie větrání sportovních hal

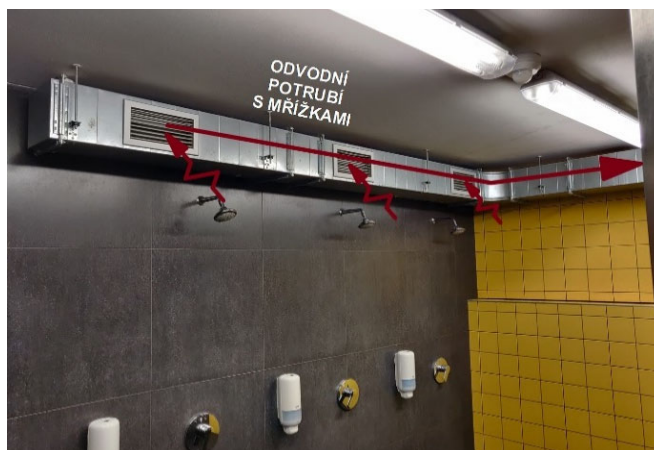
Druhá jednotka slouží pro větrání hygienického zázemí arény. Přívod vzduchu je zvolen pomocí čtyřhranných potrubí s osazenými větracími mřížkami ústícími do prostoru šaten, odkud proudí skrz větrací mřížky ve stěnách do umýváren a WC. Zde se starají o odtah vzduchu odvodní mřížky. Podtlakovým větráním v části umýváren a WC je zabráněno šíření vlhkosti a oděrů do okolních prostorů. Dohromady je tento systém klasifikován také jako rovnotlaký. Přívodní a odvodní prvky hygienického zázemí včetně větracích mřížek ve stěnách ukazují následující obrázky:



Obr. 1.30: Přívodní potrubí s mřížkami v šatnách [autorská tvorba]



Obr. 1.31: Větrací mřížky ve stěnách ze šaten do umýváren a WC [autorská tvorba]



Obr. 1.32: Odvodní potrubí s mřížkami v umývárkách [autorská tvorba]

## Kapitola 2

### Projektová část - návrh větrání sportovní haly

#### 2.1 Základní charakteristiky a popis stavby

V dokumentaci je řešeno nucené větrání s rekuperací tepla objektu novostavby víceúčelové dvoupodlažní Sportovní haly ve Zdibech určené jak pro potřeby školy, tak pro veřejné využití. Zvolený objekt je navržen na pozemku č. 374/5 na katastrálním území Zdiby. Na vedlejším pozemku se nachází Základní a Mateřská škola Zdiby.

Sportovní hala se skládá ze dvou částí, tj. hygienické zázemí a samostatná část tělocvičny. Hygienické zázemí tvoří dvě nadzemní podlaží, v každém podlaží pak můžeme najít šatny pro sportovce, umývárny a WC pro veřejnost. V přízemí se také nachází recepce, sklad sportovního náradí a sauna s relaxačním prostorem, ve vrchním patře je situován malý sál, místnost CBS (centrální bateriový systém) a technická místnost a zázemí. Tělocvičnu tvoří hrací plocha a prostor pro diváky, který se skládá z přízemní části a vrchní tribuny.

Objekt zázemí tělocvičny je tvořen železobetonovým monolitickým skeletovým systémem, který je vyplněn zděnou vyzdívkou. Jako stropní konstrukce jsou použity železobetonové monolitické desky. Konstrukční výška 1.NP a 2.NP se rovná 3,55m, resp. 3,50m. V celém objektu zázemí je vytvořen sádkartonový podhled. V hygienických prostorech, tj. umývárny, WC, relaxační prostor se saunou, a dále v malém sále je SDK podhled snížený pro možnost vedení potřebných instalačních, kanalizačních a vzduchotechnických rozvodů a potrubí. Světlá výška v těchto prostorech dosahuje 2,6m, ve zbylých prostorech je světlá výška 3m, až na výjimku skladu sportovního náradí, kde se kvůli možnosti osazení podstropní vzduchotechnické jednotky podhled snížil na 2,55m. Střecha této části budovy je řešena jako plochá s vegetační zelení, kde je na potřebné části vytvořena pochozí technická obslužná plocha z betonové dlažby pro možnost obsluhy a údržby nástřešní VZT jednotky a tepelného čerpadla. Z důvodu snížení akustické zátěže je tento úsek střechy ohraničen akustickou zástěnou výšky 2,1m nad úroveň atiky. Protihluková

zástěna bude provedena z akustických desek požadované tloušťky vkládaných do ocelového pozinkovaného skeletu. Střešní nosnou konstrukci je nutné ověřit z hlediska nosnosti, popř. ji nadimenzovat na dané zatížení od jednotek a akustické zástěny.

Nosná konstrukce tělocvičny je vytvořena z ocelových sloupů, do které se provede vyzdívka obvodových stěn a ztužení ŽB věnci. Zastřešení se vytvoří systémem dřevěných lepených obloukových vazníků s osovou vzdáleností 5,1m.

Veškeré obvodové konstrukce tvořící obálku budovy jsou zatepleny a splňují doporučené normové hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{pas,20}$  pro pasivní objekty, a tedy lze očekávat ne příliš velké tepelné ztráty v zimním období a přiměřené tepelné zisky v letním období. Také díky velmi těsné obálce budovy nelze počítat s přílišnou infiltrací a zajištění větrání pouze přirozeným způsobem.

Jak už je zmíněno výše, jedná se o víceúčelovou sportovní halu, objekt tedy nabízí více variant provozu. Během pracovního týdne v ranních a odpoledních hodinách se předpokládá využití především pro školní potřeby, ve večerních hodinách pak bude hala otevřena pro veřejnost. Součástí haly je i sauna, která bude umožňovat potřebný relax. Provoz sauny lze předpokládat v letních měsících omezen, jelikož v tomto období nebývá tak vysoká obsazenost. V malém sále je prostor pro konání menších sportovních aktivit jako je jóga, pilates, či různé tance. Samotná tělocvična je určena především pro halové sporty, atletiku a další školní potřeby. Předpokládá se, že ve víkendovém provozu se v hale budou uskutečňovat různé sportovní utkání a turnaje, kdy bude docházet k většímu shromažďování osob v hledišti. Ve spodní části je vytvořeno 100 míst k sezení, v horním hledišti pak dalších 60. Předpokládaný provozní časový řád sportovní haly ukazuje Tab. 2.1.

Tab. 2.1: Předpokládaný provozní časový řád sportovní haly

Část týdne	Využití	Provozní doba [h]	
		Tělocvična	Sauna
Pracovní týden	Škola	8-15	-
	Veřejnost	15-20	16-20
Víkend	Veřejnost	8-20	12-20

Hala není vybavena možností úpravy pro zimní sporty a v hale se nepředpokládá s konáním velkých kulturních, či společenských akcí. Pouze v omezených případech lze očekávat uskutečnění menších společenských, popř. kulturních sešlostí, kde bude omezen počet návštěvníků.

Právě provozní řád, podmínky a různorodost využití objektu jsou klíčové ke správnému návrhu vzduchotechniky a větrání, proto je nutné na ně klást značný důraz a respektovat je. Uvedené provozní podmínky a rozdílnost provozu jednotlivých částí objektu vedou k rozdělení na tři samostatné funkční celky. Pro každý tento celek bude navržena VZT jednotka zvlášť, aby odpovídala a splňovala požadavky daného provozu. Tedy relaxační místnost se saunou, hygienické zázemí i tělocvična bude zásobena čerstvým vzduchem svou vlastní jednotkou. Koncepce větrání bude podrobněji popsána v následujících kapitolách.

## 2.2 Výchozí podklady

Pro vypracování a návrh větrání sportovní haly se vycházelo z následujících podkladů:

- a) stavební výkresová dokumentace (půdorysy, řezy, technická zpráva),
- b) zákony, nařízení vlády, vyhlášky,
  - Vyhláška č. 6/2003 Sb. [21], kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb,
  - Vyhláška č. 238/2011 Sb. [22], o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch,
  - Vyhláška č. 343/2009 Sb. [20], kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých,
  - Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [13], kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci,
  - Vyhláška č. 20/2012 Sb. [25], kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby,
  - Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. [26], o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací,
- c) platné normy ČSN a EN,
  - ČSN 73 4108 [27] Hygienická zařízení a šatny,

- ČSN 12 7010 [28] Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení,
  - ČSN EN 16798-3 [14] Energetická náročnost budov - Větrání budov - Část 3,
  - ČSN EN 12831-1 [23] Energetická náročnost budov,
  - ČSN 73 0872 [29] Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením,
- d) německé technické normy VDI 2089 staré [30] a nové vydání [31],
- e) podklady výrobců,
- f) knižní tituly uvedené ve zdrojích v závěru práce.

### 2.3 Základní koncepce větrání objektu

Kvůli různému druhu využívání, časového režimu provozu a různým požadovaným teplotám v jednotlivých částech budovy bude, jak již bylo zmíněno výše, objekt rozdělen do tří samostatných celků. Každý z nich bude obsluhovat vlastní vzduchotechnická jednotka z důvodu maximálního komfortu a variability. Veškeré VZT jednotky budou umožňovat ohřev a chlazení přiváděného vzduchu pro případné dorovnání tepelných ztrát v zimním období, resp. zmírnění přehřívání prostorů v letních horkých dnech, popř. jejich klimatizování. Jednotky budou také vybaveny technologií ZZT pro dosažení minimálních tepelných ztrát větráním.

Cílem této bakalářské práce je návrh větrání, nikoliv teplovzdušného vytápění, či klimatizace, proto zde nebudou uvedené výpočty pro tyto funkce, pouze se s nimi předpokládá. Také se předpokládá, že pro daný objekt bude teplou a otopnou vodu, popř. chladicí vodu obstarávat nástřešní monoblokové tepelné čerpadlo na bázi Vzduch – Voda. Veškeré potrubní rozvody jsou patrné z projektové dokumentace.

#### 2.3.1 Hygienické zázemí

Tuto část bude obsluhovat kompaktní nástřešní VZT jednotka, tedy první VZT jednotka, která zajistí dostatečné větrání malého sálu, šaten, umýváren a WC. Umývárny a WC jsou řešeny podtlakovým systémem, aby se zabránilo šíření vlhkosti a oděrů do ostatních prostorů. Přívodní vzduch do umýváren bude proudit skrz větrací mřížky ve dveřích z šaten, kam bude přiváděn požadovaný čerstvý

vzduch. Obdobný princip se využije i u WC určených veřejnosti, kde vzduch bude vhaněn do předsíní, ze kterých se skrz větrací mřížky dostane do kabeinek. Malou výjimku tvoří WC pro invalidy č.m. 1.24, kde ona zásoba vzduchu se přivede z prostoru recepcce č.m. 1.19. Malý sál č.m. 2.04 je jako ucelená místnost řešena rovnotlakým způsobem, jelikož zde není nutné brát ohled na šíření vlhkosti i jiných škodlivin. Ve 2.NP na chodbě č.m. 2.01 se lehký přetlak způsobený přívodem vzduchu vykompenzuje podtlakem v blízkých WC č.m. 2.14 a 2.16. Hygienické zázemí jako celek je řešen rovnotlakým způsobem a regulace systému bude řízena na základě požadavků v jednotlivých místnostech variabilním průtokem vzduchu.

Zbylé místnosti hygienického zázemí budou větrány přirozeným způsobem větracími mřížky ve dveřích, popř. stěnách, jelikož zde nejsou kladeny tak vysoké požadavky na intenzitu větrání a nepředpokládá se zde volný pohyb osob. Veškeré interiérové dveřní otvory budou osazeny bezprahovými dveřmi.

### 2.3.2 Relaxační místnost a sauna

Druhá vzduchotechnická jednotka bude navržena právě pro prostor relaxační místnosti a sauny, jelikož je zde specifický druh provozu a bude tím umožněn oddělený a nezávislý provozní řád, který se v tomto případě přímo nabízí. Do ochlazovací a relaxační místnosti bude přiváděn čerstvý vzduch, který se odvede výústkami nacházejícími se nad zdroji vlhkosti, tedy nad sprchami a bazénem, a v místě oděrových zdrojů, tedy WC, kde bude vytvořen podtlak a přívod vzduchu je zde zajištěn větracími mřížkami. Sauna bude větrána podtlakově, část vzduchu se bude odvádět do VZT jednotky a část se bude odvádět ventilátorem V1 přes protidešťovou žaluzii rovnou do venkovního ovzduší. Tím je docíleno optimální teploty vzduchu po smíšení odvodního vzduchu ze sauny a z relaxační místnosti v potrubí vedeném do jednotky. S využitím ZZT v jednotce za předpokládané maximální teploty v sauně 99°C (v místě podstropní části u odtahových prvků) a venkovní zimní návrhové teploty přívodního vzduchu  $t_e^z = -12^\circ\text{C}$  je při maximálním průtoku dosaženo teploty na výstupu z rekuperačního výměníku okolo 27°C i s uvažováním tepelných ztrát v potrubí. Zjednodušeně se uvažuje smíchání vzduchu ze sauny o teplotě 85°C a 5% relativní vlhkosti s odváděným vzduchem z relaxační místnosti o teplotě 22°C a rel. vlhkosti 60% (H-X diagram a výstup z programu Atrea pro dané výpočty viz Příloha 1 a Příloha 2). S takhle ohřátým přívodním

vzduchem je možné vytápět (popř. vyrovnávat téměř všechny tepelné ztráty) relaxační místnost pouze s využitím ZZT. Teplota na výstupu z distribučních elementů se odhaduje 25-26°C. Pro případ, kdy rekuperace nebude vyžadována, je jednotka vybavena by-passovou klapkou.

Alternativním řešením se nabízí možnost využití veškerého odvodního vzduchu ze sauny pro ZZT, kdy by byl veškerý odpadní vzduch veden do VZT jednotky, tím lze dosáhnout vyššího topného výkonu.

Čerstvý vzduch se přivede pomocí větracího otvoru umístěného ve spodní úrovni v místě topeniště, aby byl zajištěn maximální komfort uvnitř sauny. Dle požadavků se bude řídit výkon pro odvod vzduchu, v první řadě se bude zvyšovat výkon ve VZT jednotce a ve chvíli, kdy už nebude nastavený výkon dostatečný, sepne se ventilátor V1. V tu chvíli se v celém vzduchotechnickém úseku vytvoří podtlak (max. 150m<sup>3</sup>/h), který bude přisávat vzduch z okolních prostorů způsobem infiltrace. Nepředpokládá se, že tento podtlak zde bude nepřetržitě, ale pouze v době maximálního využití, proto zde není řešen trvalý přívod větracího vzduchu, aby nedocházelo k tepelným ztrátám větráním. Alternativně se na oknech mohou osadit vlhkostně regulační přívodní prvky s tlumičem hluku z okolí, které zajistí dostatečný přívod čerstvého vzduchu a budou zvyšovat svůj průtok na základě vnitřní relativní vlhkosti vzduchu.

Pro zajištění minimální hladiny akustického tlaku v místě relaxace se tato jednotka a ventilátor zavěsí pod strop (minimální výška zavěšení VZT jednotky je 80mm) do vedlejší místnosti, tedy skladu sportovního nářadí č.m. 1.06, kde není kladen takový nárok na hluk. K zakrytí a ještě většímu útlumu hladiny akustického tlaku od zdrojů hluku poslouží akustický SDK podhled z desek MAI (DFH2) Activ'Air®. Přívodní a odvodní potrubí bude vyvedeno na fasádu objektu s minimálním odstupem 2m.

Popsaný návrh a koncepce jsou pouze předběžné a slouží pro ukázkou možného řešení. **Skutečný návrh a provedení bude doplněno na základě upřesnění technologií použitých v sauně** a bude provedeno specializovanou firmou na danou problematiku.



### 2.3.3 Tělocvična a přilehlé prostory

Třetí a poslední VZT jednotka je určena pro větrání samostatné tělocvičny a přilehlých prostorů. V tělocvičně je použit směšovací způsob větrání, kdy na podélnou stranu haly s hledištěm je přiváděn a distribuován čerstvý vzduch a na opačné straně je použitý vzduch odváděn. Jelikož se jedná o vícepodlažní hlediště, bude zde použito dvou typů vyústek, aby docházelo k požadovanému provětrávání. Vrchní část hlediště bude zásobena řadou anemostatů typu VAPM vel. 315, které budou spojeny do jednotlivých větví. Ty pak bude možné samostatně regulovat na základě obsazenosti hlediště. Na spodní část hlediště bude čerstvý vzduch dopravován pomocí multidýzových vyústí, které budou zásobovat jak hlediště, tak volnou část haly, tedy pole určené pro sportování. Použitý vzduch se odvede pomocí odvodních mřížek umístěných na druhé straně v úrovni pod stropem, aby tak docházelo k dostatečnému promíšení vzduchu v celé hale. Celý tento systém je rovnotlaký s variabilním průtokem vzduchu, který se bude řídit dle požadavku.

## 2.4 Vstupní klimatické data

Na základě uvedených předpisů a norem lze stanovit a použít klimatické návrhové hodnoty pro Prahu.

Tab. 2.2: Návrhové klimatické hodnoty venkovního vzduchu pro město Praha dle [28]

	Letní období	Zimní období
<b>Teplota venkovního vzduchu <math>t_e</math> [°C]</b>	32	-13
<b>Relativní vlhkost venkovního vzduchu <math>\phi</math> [%]</b>	35	100
<b>Entalpie venkovního vzduchu <math>h</math> [kJ/kg s.v.]</b>	62,3	-

Jelikož v rámci této práce není výpočet teplovzdušného vytápění ani klimatizace, jsou tyto hodnoty použity pouze pro výpočet vlhkostního režimu v relaxační místnosti a pro výběr vhodné VZT jednotky a její případné použití k chlazení či vytápění.

## 2.5 Požadované vnitřní mikroklimatické podmínky

Limitní hodnoty mikroklimatických podmínek jsme si uvedly v jednotlivých tabulkách (Tab. 1.3 - Tab. 1.7) již v kapitole č.1.3, dále se tedy budeme obracet

## Návrh větrání sportovní haly

a používat hodnoty právě odtud, popř. z podkladů uvedených v kap. 2.2. Následně si uvedeme požadované hodnoty pro jednotlivé místnosti daného objektu rozdělené pro samostatné VZT jednotky (teplotní hodnoty jsou uváděny pro zimní období):

Tab. 2.3: Požadované mikroklimatické hodnoty pro Hygienické zázemí – VZTJ 1

Číslo místnosti	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění
	$t_i$ [°C]	$\phi_{ai}$ [%]	$w_a$ [m/s]
1.01, 1.02, 1.06, 1.18, 1.25	15	max 65	0,1 - 0,2 (max 0,25)
1.13, 1.16, 1.17, 1.20, 1.21, 1.22, 1.23, 1.24	20	max 65	0,1 - 0,2 (max 0,25)
1.11, 1.14	22	max 65	0,1 - 0,2 (max 0,2)
1.12, 1.15	24	max 90	0,1 - 0,2 (max 0,2)
2.01, 2.03, 2.12a,b	15	max 65	0,1 - 0,2 (max 0,25)
2.04, 2.07, 2.10, 2.11, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16	20	max 65	0,1 - 0,2 (max 0,25)
2.05, 2.08	22	max 65	0,1 - 0,2 (max 0,2)
2.06, 2.09	24	max 90	0,1 - 0,2 (max 0,2)

Tab. 2.4: Požadované mikroklimatické hodnoty pro Relaxační místnost a saunu – VZTJ 2

Číslo místnosti	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění
	$t_i$ [°C]	$\phi_{ai}$ [%]	$w_a$ [m/s]
1.09, 1.10	22	max 65	0,1 - 0,2 (max 0,2)
1.07	22 (23*)	max 70 (50*)	0,1 - 0,2 (max 0,2)
1.08	max 110	-	0,1 - 0,2 (max 0,2)

\*hodnota uvedena pro samostatnou odpočívárnu, v našem případě je spojena s ochlazovnou

Tab. 2.5: Požadované mikroklimatické hodnoty pro Tělocvičnu – VZTJ 3

Číslo místnosti	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění
	$t_i$ [°C]	$\phi_{ai}$ [%]	$w_a$ [m/s]
1.03, 1.04, 1.05	15	max 65	0,1 - 0,2 (max 0,25)
2.02	15	max 65	0,1 - 0,2 (max 0,25)

V místech určených k delšímu zdržování a shromažďování osob v objektu je maximální návrhová hladina akustického tlaku  $A$  [dB] stanovena na hodnotu 35dB. Ve skladech sportovního nářadí a úklidových místnostech pak požadavky na hladinu akustického tlaku nejsou tak vysoké, jelikož se zde nepředpokládá dlouhodobý pohyb osob.

## 2.6 Hygienické podmínky a dávky čerstvého vzduchu

V následujících podkapitolách si určíme množství přivodního vzduchu pro nárazové větrání potřebného k zajištění požadovaných mikroklimatických a odvodu škodlivin.

### 2.6.1 Hygienické zázemí

Pro účely větrání této části budovy budou použity následující hodnoty převzaté z kap. č.1.3.

Tab. 2.6: Dávky čerstvého vzduchu na zařízení pro Hygienické zázemí – VZTJ 1

Místnost	Ve (m <sup>3</sup> /h)	MJ
Šatny	20	na 1 šatní místo
Umývárny	30	na 1 umyvadlo
Sprchy	100	na 1 sprchu
Záchody	50	na 1 kabinku
	25	na 1 pisoár

V následující tabulce je uveden seznam místností hygienického zázemí, ve které jsou vypsány dávky vzduchu, popř. intenzita výměny vzduchu na danou místnost dle jejího účelu.

Tab. 2.7: Hygienické požadavky dle účelu místnosti – VZTJ 1

Č. míst.	Popis místnosti	Obj. m.	MJ	Počet	Dávka vzd.	Int. vým.	Celkem
		m <sup>3</sup>			m <sup>3</sup> /h	h <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> /h
1.02	Chodba	197,8	-			0,5	100
1.06	Sklad sport. náradí	55,1	-			0,3	20
1.11	Šatna 1	34,2	šatní místo	20	20		400
1.12	Umývárna 1	32,8	sprcha	3	100		300
			umyvadlo	3	30		90
1.13	WC 1	3,8	kabinka	1	50		50
1.14	Šatna 2	34,0	šatní místo	20	20		400
1.15	Umývárna 2	32,8	sprcha	3	100		300
			umyvadlo	3	30		90
1.16	Úklid	4,3	výlevka	1	30		30
1.17	WC 2	3,9	kabinka	1	50		50
1.18	Tech. záz. recepce	7,6	-			0,5	5
1.19	Recepce	12,5	os. - střední čin.	1	70		70

## Návrh větrání sportovní haly

1.20	Předsín WC muži	9,8	umyvadlo	2	30		60
1.21	WC muži	19,8	kabinka	2	50		100
			pisoár	2	25		50
1.22	Předsín WC ženy	7,8	umyvadlo	2	30		60
1.23	WC ženy	16,5	kabinka	2	50		100
1.24	WC invalidé	10,3	umyvadlo	1	30		30
			kabinka	1	50		50
2.01	Chodba	246,7	os. - lehká čin.	4	25		100
2.03	Tech. Místnost	40,5	-			0,3	15
2.04	Sál	87,9	os. - střední čin.	12	70		840
2.05	Šatna 3	33,8	šatní místo	20	20		400
2.06	Umývárna 3	32,8	sprcha	3	100		300
			umyvadlo	3	30		90
2.07	WC 3	3,9	kabinka	1	50		50
2.08	Šatna 4	33,8	šatní místo	20	20		400
2.09	Umývárna 4	32,8	sprcha	3	100		300
			umyvadlo	3	30		90
2.10	Úklid	4,3	výlevka	1	30		30
2.11	WC 4	3,9	kabinka	1	50		50
2.12a	Technické zázemí	6,7	-			0,3	5
2.12b	Místnost CBS	2,7	-			0,3	5
2.13	Předsín WC muži	9,8	umyvadlo	2	30		60
2.14	WC muži	19,8	kabinka	2	50		100
			pisoár	2	25		50
2.15	Předsín WC ženy	9,3	umyvadlo	2	30		60
2.16	WC ženy	17,4	kabinka	2	50		100

Jelikož v sále se předpokládá delší zdržování osob (se středně náročnou činností), je zde proveden výpočet na základě maximální koncentrace škodlivin, v tomto případě se jedná o koncentraci CO<sub>2</sub>, aby byla dosažena optimální výkonnost sportovců, popř. atletů či gymnastů. V Tab. 2.8 můžeme vidět použitou limitní hodnotu koncentrace CO<sub>2</sub>  $\psi_{max}$  dle normy ČSN EN 16798-3 [14] a přiváděnou hodnotu v čerstvém vzduchu  $\psi_e$ . Dle vyhlášky č. 20/2012 Sb. [25] nesmí koncentrace CO<sub>2</sub> přesáhnout hodnotu 1500ppm. Dále je zde uvedena také hodnota produkce CO<sub>2</sub>  $m_{CO_2}$  od osob v dané místnosti [15].

Tab. 2.8: Koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu a produkce CO<sub>2</sub> od lidí

Mezní koncentrace CO <sub>2</sub> $\psi_{max}$	1200	ppm
Koncentrace CO <sub>2</sub> v přiváděném vzduchu $\psi_e$	380	ppm
Produkce CO <sub>2</sub> od osob $m_{CO_2}$	- klidová aktivita	13 l/h

## Návrh větrání sportovní haly

	- lehká činnost	19	l/h
	- střední činnost	60	l/h
	- těžká činnost	77	l/h

Dosazením do vzorce (1.4) a vynásobením počtem osob  $n$  v místnosti dostáváme výsledných hodnot:

$$V_e = n * \frac{m_{CO_2}}{(\psi_{max} - \psi_e) * 10^{-3}} = 12 * \frac{60}{(1200 - 380) * 10^{-3}} = 880 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pro zaručení kvality ovzduší v sále i při maximálním předpokládaným využití je vybrána vyšší z obou spočtených hodnot pro danou místnost, tedy  $880 \text{ m}^3/\text{h}$ .

V Tab. 2.7 není uvedena místnost č. 1.01 Zádveří, jelikož se zde předpokládá velmi častý pohyb osob dovnitř a ven z objektu a tím zajištění dostatečného provětrání. Dále i v chodbách č.m. 1.02 a 2.01 je předpokládáno dostatečné větrání způsobené průchodností ze zádveří, z kterého se přivede čerstvý vzduch i do okolních prostor. Díky oddělení zádveří a chodeb dveřmi lze očekávat velké snížení tepelných ztrát. V chodbách je také zaveden nucený přívod vzduchu k místu recepce v 1.NP, resp. k odpočinkové lavici v 2.NP. V chodbách se nepředpokládá trvalý dlouhodobý pohyb osob, proto není nutné zavádět vyšší opatření z hlediska větrání. Ostatní místnosti popsané v tabulce intenzitou výměny vzduchu jsou větrány přirozeně, čehož je docíleno větracími mřížky ve dveřích, příp. ve stěnách. Tyto místnosti nedisponují žádnými zařízeními, popř. osobami, které by požadovali nutnost velké intenzity větrání, proto jsou zvoleny minimální hodnoty  $0,5 \text{ h}^{-1}$ , popř.  $0,3 \text{ h}^{-1}$ .

Jelikož do umývárny je přiváděn čerstvý vzduch ze šaten skrz větrací mřížky, který ale z prostoru šatny není pro účely odvodu vlhkosti znehodnocen, je zde možno použít stejného větracího vzduchu a není třeba hodnoty sčítat. Výsledná použitá hodnota je vyšší z obou spočtených, tj. hodnota  $440 \text{ m}^3/\text{h}$ , resp.  $470 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Na základě těchto výpočtů je zhotovena bilanční tabulka větrání Hygienického zázemí pro VZT jednotku č.1, kde jsou rozepsány přívodní a odvodní průtoky větracího vzduchu pro návrh nárazového větrání. Skutečné průtoky pro trvalé větrání budou řízeny dle aktuální potřeby na základě vyhodnocení čidel teploty, vlhkosti či koncentrace  $\text{CO}_2$ , popř. dle nastaveného týdenního plánu.

## Návrh větrání sportovní haly

Tab. 2.9: Bilanční tabulka pro nárazový přívod a odvod větracího vzduchu - VZTJ1

		Místnost	Přívod $V_p$ [m <sup>3</sup> /h]	Odvod $V_i$ [m <sup>3</sup> /h]
1.NP	1.02	Chodba	80	-
	1.11	Šatna 1	440	-
	1.12	Umývárna 1	-	390
	1.13	WC 1	-	50
	1.14	Šatna 2	470	-
	1.15	Umývárna 2	-	390
	1.17	WC 2	-	50
	1.21+1.20	WC muži + předsíň 1	210	210
	1.23+1.22	WC ženy + předsíň 1	160	160
	1.24	WC invalidové	-	80
	1.16	Úklidová místnost	-	30
	1.06	Sklad sport. náradí	-	-
2.NP	2.01	Chodba	100	
	2.04	Sál	880	880
	2.05	Šatna 3	440	
	2.06	Umývárna 3	-	390
	2.07	WC 3	-	50
	2.08	Šatna 4	470	-
	2.09	Umývárna 4	-	390
	2.11	WC 4	-	50
	2.14+2.13	WC muži + předsíň 2	160	210
	2.16+2.15	WC ženy + předsíň 2	110	160
	2.10	Úklidová místnost	-	30
<b>Celkem</b>			<b>3520</b>	<b>3520</b>

### 2.6.2 Relaxační místnost a sauna

V těchto prostorech se předpokládá zvýšená produkce vlhkosti, a proto i návrh větrání je soustředěný právě na dostatečný odvod vlhkého vzduchu. Návrh je prováděn na horší možnou klimatickou situaci, tedy na letní návrhový stav, kdy měrná vlhkost venkovního vzduchu je mnohokrát vyšší, než-li v zimním období. Jelikož by pro navrhované zimní hodnoty vnitřního mikroklimatu (dle Tab. 2.4) byly průtoky čerstvého vzduchu za letního provozu příliš vysoké a s faktem, že ochlazovna a odpočívárna jsou spojeny v jednu místnost, omezíme se na vnitřní mikroklimatické podmínky v horkých dnech na teplotu vnitřního vzduchu  $t_i = 23^\circ\text{C}$  a relativní vlhkost v interiéru  $\varphi_i = 60\%$ , které jsou pro tuto místnost stále dostačující.

## Návrh větrání sportovní haly

V letním období se také nepředpokládá plné využití (obsazení) zařízení sauny, proto by návrh na ideální hodnoty byl ve většině případů značně předdimenzovaný.

Nejprve je nutné spočítat vlhkostní zisky v dané místnosti. Je zde vodní ochlazovací plocha o výměře  $A_w = 1,215\text{m}^2$  a teplotě  $t_w = 15^\circ\text{C}$ . V době, kdy nebude sauna v provozu, se ochlazovací bazének zakryje vhodnou plachtou, aby se minimalizovaly vlhkostní zisky z odparu vodní plochy. Dále musíme započítat vlhkost produkovanou lidmi  $m_{vp}$ , tu v tomto případě volíme  $124\text{g/h}$  (pro lidi chodící a teplotu vzduchu do  $24^\circ\text{C}$  dle informací uváděných v Technickém průvodci – Větrání a klimatizace [32]). Jelikož pravděpodobně v letních měsících nebude docházet k plnému vytížení sauny, dalo by se provést návrh objemu přívodního vzduchu na menší počet osob, než je maximální uvažovaný. Pro zachování komfortu a ideálního provozu i v horkém období roku si v tomto projektu ukážeme návrh provedený na maximální obsazenost i v tomto období. V místnosti se nachází také dva sprchové kouty, na které bude průtok spočítán dle požadavku na dané zařízení (dle Tab. 2.6), jelikož se nepředpokládá dlouhodobé užívání těchto sprch, pouze krátkodobé nárazové, tedy ne příliš velké vlhkostní zisky.

Zisky z vodní plochy lze stanovit několika způsoby. Zde si uvedeme pro porovnání výpočet dle často užívané německé normy VDI 2089 staré [30] a nové [31] vydání a také výpočet provedený pomocí programu Teruna. Vstupní hodnoty do výpočtů jsou uvedené v Tab. 2.10:

Tab. 2.10: Vstupní údaje pro výpočet vlhkostních zisků z vodní plochy

Plynová konstanta pro vodní páru $R_v$	461,52	J/kg.K
Teplota vzduchu v interiéru $t_i$	23	$^\circ\text{C}$
Teplota vody $t_w$	15	$^\circ\text{C}$
Aritmetický průměr teploty vzduchu a vody $T$	19	$^\circ\text{C}$
	292,15	K
Teplota přiváděného vzduchu $t_p$	22	$^\circ\text{C}$
Měrná vlhkost $x_{t_i}$	10,7	g/kg s.v.
Měrná vlhkost $x_{t_w}$	10,9	g/kg s.v.
Měrná vlhkost přiváděného vzduchu $x_p$	9,8	g/kg s.v.
Tlak páry při teplotě vnitřního vzduchu $p_{v(t_i)}$	1687	Pa
Tlak syté páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody $p''_{v(t_w)}$	1713	Pa
Plocha vodní plochy $A_w$	1,215	$\text{m}^2$
Max rychlost proudění $v_a$	0,2	m/s

## Návrh větrání sportovní haly

Skupenské teplo vypařování vody $l$	2 500 000	J/kg.K
Hustota vzduchu v interiéru $\rho_a$	1,17	kg/m <sup>3</sup>

- VDI 2089 (staré vydání) [30]:

$$m_w = \beta_p * A_w * (p''_{v(t_w)} - p_{v(t_i)}), \text{ kde} \quad (2.1)$$

$\beta_p$  [g/(m<sup>2</sup>.s.Pa)] – součinitel přenosu hmoty, který se určí na základě výpočtu:

$$\beta_p = \frac{86 + 76 * v_a}{l} = \frac{86 + 76 * 0,2}{2500000} = 0,00004048 \frac{g}{(m^2 \cdot s \cdot Pa)} \quad (2.2)$$

Dosazením do vzorce (2.1) pak získáváme výslednou hodnotu produkce vodní páry z vodní plochy:

$$m_w = 0,00004048 * 1,215 * (1713 - 1687) = 0,00128 \frac{g}{s} = 4,6 \frac{g}{h}$$

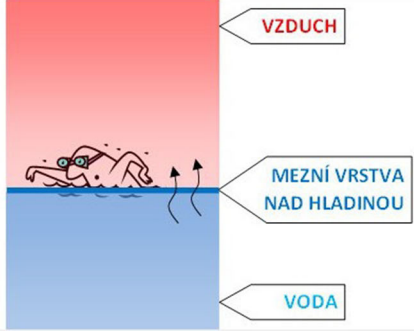
- VDI 2089 (nové vydání) [31]:

$$m_w = \frac{\beta_p}{R_v * T} * A_w * (p''_{v(t_w)} - p_{v(t_i)}), \text{ kde} \quad (2.3)$$

$\beta_p$  [m/h] – součinitel přenosu hmoty stanovený z tabulky dle VDI 2089 [31], v našem případě se jedná o veřejný bazén s hloubkou vody větší než 1,35m, tedy  $\beta_p=28$ , konečný výsledek se rovná:

$$m_w = \frac{28}{461,52 * 292,15} * 1,215 * (1713 - 1687) = 0,00182 \frac{g}{s} = 6,56 \frac{g}{h}$$

- Teruna:

VZDUCH:	MEZNÍ VRSTVA NAD HLADINOU:	
Teplota vnitřního vzduchu $t$ [°C] = <input type="text" value="23"/>	Teplota $t_v$ [°C] = <input type="text" value="15.06"/>	
Rychlost proudění $v$ [m/s] = <input type="text" value="0.2"/>	Tlak syté páry - $t_v$ [Pa] = <input type="text" value="1712.85"/>	
Relativní vlhkost [%] = <input type="text" value="60"/>	Entalpie vody [kJ/kg] = <input type="text" value="2486.81"/>	
Tlak syté páry - $t$ [Pa] = <input type="text" value="2811.07"/>	Měrná vlhkost [g/kg] = <input type="text" value="11.22"/>	
Tlak syté páry - $t_m$ [Pa] = <input type="text" value="2014.52"/>	Entalpie vzduchu [kJ/kg] = <input type="text" value="43.58"/>	
Tlak páry [Pa] = <input type="text" value="1686.64"/>	Určující teplota [°C] = <input type="text" value="19.03"/>	
Teplota mokrého teploměru $t_m$ [°C] = <input type="text" value="17.6"/>	Součinitel odparu [g/sm <sup>2</sup> ] = <input type="text" value="7.76"/>	
Měrná vlhkost [g/kg] = <input type="text" value="11.05"/>	Hmotnostní tok vody [g/hm <sup>2</sup> ] = <input type="text" value="4.88"/>	
Entalpie [kJ/kg] = <input type="text" value="51.32"/>	Tok vázaného tepla [W/m <sup>2</sup> ] = <input type="text" value="3.37"/>	
VODA:	Určující měrná vlhkost [g/kg] = <input type="text" value="11.14"/>	
Teplota vody v hloubině [°C] = <input type="text" value="15"/>	Tepelná kapacita [kJ/kg] = <input type="text" value="1030.84"/>	
Plocha hladiny [m <sup>2</sup> ] = <input type="text" value="1.22"/>	Součinitel přestupu tepla [W/m <sup>2</sup> K] = <input type="text" value="8"/>	
	Tok citelného tepla [W/m <sup>2</sup> ] = <input type="text" value="-63.49"/>	

Hmotnostní tok vody [g/h] = 5.93  
 Tok vázaného tepla [W] = 4.1  
 Tok citelného tepla [W] = -77.14

Obr. 2.1: Výpočet toku vodní páry z vodní plochy – vypočteno pomocí programu TERUNA



Jak je patrné z výsledků, nejvyšší hodnota je spočtena pomocí normy VDI 2089 nové vydání [31], na který se bude následně dimenzovat průtok čerstvého vzduchu. Pro odvod vlhkosti je počítáno s měrnou vlhkostí venkovního vzduchu dle Tab. 2.2 pro léto s předpokladem snížení vlhkosti pomocí mokrého chladiče VZT jednotky. Povrchová teplota chladiče je uvažována 9°C. Výsledné hodnoty měrné vlhkosti jsou určeny pomocí H-X diagramu (viz Příloha 1). Do výpočtu je také zahrnuta 20% rezerva pro možnost výparu vody z podlahy v okolí ochlazovacího bazénku díky podlahovému vytápění. Výsledný průtok pro odvedení vlhkosti z odparu vodní plochy a od lidí se pak spočte dosazením do upraveného vztahu (1.4):

$$V_{p,1} = \frac{m_w + m_w * 0,2 + n * m_{vp}}{(x_i - x_p)} * \frac{1}{\rho_a} = \frac{6,56 + 6,56 * 0,2 + 5 * 124}{(10,7 - 9,8)} * \frac{1}{1,17}$$

$$= 596,1 \frac{m^3}{h}$$

Množství přiváděného vzduchu pro sprchy a WC se určí dle Tab. 2.6:

$$V_{p,2} = \sum_{i=1} n_i * Q_{p,i} = 2 * 100 + 1 * 50 + 1 * 30 = 280 \frac{m^3}{h}$$

Součtem obou dílčích výsledků je konečný navrhovaný průtok čerstvého vzduchu, tedy:

$$V_p = V_{p,1} + V_{p,2} = 596,1 + 280 \cong 880 m^3/h$$

V prostoru se sprchami by intenzita výměny vzduchu  $I$  neměla klesnout pod  $8h^{-1}$ , tj. v tomto případě:

$$V_p > I * A * S.V.$$

$$880 > 8 * 24,1 * 2,6 = 501,3$$

$$[m^3/h]$$

⇒ Hodnota je vyhovující.

Na základě těchto výpočtů je sestavena tabulka bilance nárazového větrání pro vzduchotechnickou jednotku č. 2 – Relaxační místnost a sauna:

Tab. 2.11: Bilanční tabulka pro nárazový přívod a odvod větracího vzduchu – VZTJ2+V1

Č. místnosti	Místnost	Přívod $V_p$ [ $m^3/h$ ]	Odvod $V_i$ [ $m^3/h$ ]
1.07	Relax. místnost a ochlazovna	730 (880)	500

## Návrh větrání sportovní haly

1.08	Sauna	-	150 (300)
1.10+1.09	WC + předsíň	-	80
<b>Celkem</b>		<b>730 (880)</b>	<b>730 (880)</b>

Hodnoty uvádí množství nárazového průtoku pro VZT jednotku č. 2, v závorkách jsou pak uvedené hodnoty při zapnutém ventilátoru V1, pro který se uvažuje maximální průtok vzduchu 150m<sup>3</sup>/h. Přírodní množství vzduchu v závorce je pro přirozenou infiltraci ve chvíli, když v prostoru nastane podtlak od zapnutého ventilátoru V1.

### 2.6.3 Tělocvična

Pro zajištění ideálních sportovních výkonů je množství větracího vzduchu počítáno na základě limitních hodnot koncentrace CO<sub>2</sub>. Hodnoty produkce CO<sub>2</sub> od osob je popsána v Tab. 2.8. Dále si uvedeme maximální návrhový počet osob v tělocvičně v den maximální obsazenosti, tedy o víkendu, kdy se předpokládá plné hlediště návštěvníků při sportovním zápasu (položka ostatní zahrnuje rozhodčí, zdravotníky a trenéry):

Tab. 2.12: Návrhový počet osob v tělocvičně a produkce CO<sub>2</sub>

Osoby	Navrhovaný počet	Produkce CO <sub>2</sub> m <sub>CO<sub>2</sub>,os</sub> [l/h.os]	Celkem m <sub>CO<sub>2</sub></sub> [l/h]
Hráči	22	77	1694
Návštěvníci	160	19	3040
Ostatní	10	60	600
<b>Celkem</b>			<b>5334</b>

Ze získaného výsledku pak snadno spočteme požadovaný průtok vzduchu  $V_p$  pro zajištění koncentrace CO<sub>2</sub> pod limitní hodnotu 1200ppm dosazením do vzorce (1.4):

$$V_p = \frac{m_{CO_2}}{\psi_{max} - \psi_e} = \frac{5334}{(1200 - 380) * 10^{-3}} \cong 6500 \text{ m}^3/\text{h}$$

S tímto výpočtem pak lze stanovit tabulku bilance přívodu vzduchu v tělocvičně pro VZT jednotku č.3:

*Tab. 2.13: Bilanční tabulka pro nárazový přívod a odvod větracího vzduchu – VZTJ3*

Č. místnosti	Místnost	Přívod $V_p$ [m <sup>3</sup> /h]	Odvod $V_i$ [m <sup>3</sup> /h]
1.03	Tělocvična	4700	6500
1.04	Sklad sportovního náradí	-	-
1.05	Schodiště	-	-
2.02	Ochoz	1800	-
<b>Celkem</b>		<b>6500</b>	<b>6500</b>

Tělocvična s ochozem i schodištěm jsou vzájemně spojeny, proto jsou uvedené hodnoty pouze teoretické, skutečnost se může mírně lišit. Provětrávaný by však měl být veškerý prostor haly. Sklad sportovního náradí bude větrán přirozeně pomocí větracích mřížek ve dveřích, popř. ve stěně s intenzitou větrání  $I$  min.  $0,3h^{-1}$ .

## 2.7 Popis vzduchotechnického zařízení

Všechny tři VZT jednotky splňují požadavky pro směrnici Ecodesign ErP 2016 i 2018 a zajišťují možnost komfortního větrání.

### 2.7.1 Vzduchotechnická jednotka č. 1

Pro větrání hygienického zázemí byla navržena univerzální nástřešní VZT jednotka DUPLEX 4500 MultiEco-N s protiproudým rekuperačním výměníkem. Jednotka lze použít jak pro větrání, tak pro teplovzdušné vytápění, či chlazení. V našem případě bude sloužit především pro rovnotlaké větrání řešeného prostoru a předpokládá se, že v zimním i letním období bude vyrovnávat ohřevem či chlazením tepelné výchylky oproti požadované teplotě.

Jednotka je kompaktní bezrámová konstrukce o rozměrech 1605x990x2560 (HxBxL), skříň se skládá z lakovaného plechu a 30mm tepelné izolace PIR ( $\lambda=0,024W/m.K$ ). Je osazena dvěma nezávislými řízenými EC ventilátory pro přívod a odvod vzduchu s lopatkami zahnutými dozadu. Vyznačuje se vysokou účinností ZZT a obsahuje výsuvné filtry přívodního a odvodního vzduchu, automatickou by-passovou klapku a integrovaný systém regulace RD5. Připojovací hrdla mají čtyřhranný průřez o velikosti 500x500mm. Přívodní hrdlo je opatřeno zákrytem a eliminátorem kapek a stejně tak i na odtahové hrdlo je namontován zákryt. Horní dveře slouží ke snadnému přístupu ke všem vestavěným agregátům, boční dveře

zajišťují snadnou výměnu filtrů a přístup k regulaci. Ze spodu jednotky je odvod kondenzátu  $\phi 32\text{mm}$ , který bude opatřen elektrickým vyhříváním proti zamrznutí a přes sifon vyústěn do střešního vtoku. Jednotka bude upevněna pomocí podstavných nohou opatřených pryžovými tlumiči vibrací do nosné konstrukce střechy.

Základní parametry VZTJ č. 1 Duplex 4500 MultiEco-N pro řešené prostory:

*Tab. 2.14: Základní parametry VZTJ č.1 – Duplex 4500 MultiEco-N*

Príváděný vzduch - max* (navrhovaný)	m <sup>3</sup> /h	5900 (3520)
Odváděný vzduch - max* (navrhovaný)	m <sup>3</sup> /h	5750 (3520)
Max. průtok vzduchu dle ErP 2018	m <sup>3</sup> /h	4550
Účinnost rekuperace - max (pro navrhovaný průtok)	%	až 93 (91,3)
Hmotnost	kg	460-560
Max. elektrický příkon	kW	4,4
Filtry vzduchu vstup/výstup	-	G4/G4
Externí tlaková ztráta přívodu/odvodu	Pa	94,4/105,6

### 2.7.2 Vzduchotechnická jednotka č. 2

Druhá navržená VZT jednotka DUPLEX 800 MultiEco bude zásobovat čerstvým vzduchem relaxační místnost a saunu. Jedná se o univerzální větrací jednotku s protiproudým rekuperačním výměníkem pro vnitřní umístění. Zajišťuje efektivní větrání a může být použita pro teplovzdušné vytápění, popř. chlazení.

Podstropní provedení jednotky Duplex 800 se vyrábí jako kompaktní bezrámová konstrukce o rozměru 970x384x1800 (HxBxL) se skříní složenou z lakovaného plechu s tepelnou izolací PIR tloušťky 30mm a s koeficientem tepelné vodivosti  $\lambda=0,024\text{W/m.K}$ . Jednotku je nutné zavěsit pod stropní konstrukci v minimální vzdálenosti 80mm pomocí závěsů uchycených přes gumové, příp. kovové tlumiče vibrací. Také je potřeba dodržet minimální manipulační prostor pro otevírání čelních dveří, tedy pro výměnu filtrů a servisní a montážní přístup k jednotlivým prvkům ve vzdálenosti 900mm od spodní hrany jednotky. Přívodní i odvodní řízený EC ventilátor je uchycen pomocí anti-vibračního uchycení. Jednotka je vybavena obdobně jako VZTJ č. 1 vysokoúčinným rekuperačním výměníkem, výsuvnými přívodními i odvodními filtry, automatickou by-passovou klapkou a integrovanou regulací RD5. Přívodní hrdlo e2 a odtahové hrdlo i2 mají čtyřhranný

tvár o rozměru 350x200mm, zbylá dvě hrdla (přívodní e1 a odtahové i1) jsou kruhová o průměru  $\phi 250$ mm. Přívodní hrdlo e1 je osazeno uzavírací klapkou. Kondenzát bude odveden pomocí dvou vývodů průměru  $\phi 22$ mm, které budou svedeny přímo do kanalizačního potrubí.

Následující tabulka ukazuje základní parametry použité jednotky Duplex 800 MultiEco:

Tab. 2.15: Základní parametry VZTJ č.2 – Duplex 800 MultiEco-N

Příváděný vzduch - max* (navrhovaný)	m <sup>3</sup> /h	1200 (660)
Odváděný vzduch - max* (navrhovaný)	m <sup>3</sup> /h	1150 (660)
Max. průtok vzduchu dle ErP 2018	m <sup>3</sup> /h	850
Účinnost rekuperace - max (pro navrhovaný průtok)	%	až 93 (83,9)
Hmotnost	kg	95-130
Max. elektrický příkon	kW	0,7
Filtry vzduchu vstup/výstup	-	G4/G4
Předpokládaná externí tlaková ztráta přívodu/odvodu	Pa	100/100

### 2.7.3 Vzduchotechnická jednotka č. 3

Tato jednotka je určena pro větrání tělocvičny a přilehlých prostor. Bude zajišťovat především rovnotlaké větrání v celém prostoru s možností částečné regulace teploty pomocí teplovzdušného vytápění nebo chlazení. Jedná se o jednotku stejné série jako VTZJ č. 1, pouze se jedná o vyšší řadu z důvodu zajištění vyššího průtoku větracího vzduchu. Jedná se tedy o univerzální větrací nástřešní jednotku DUPLEX 7500 MultiEco-N.

Skříň jednotky v této řadě se vyrábí jako rámová konstrukce složená ze tří samostatných sekcí. Opláštění je vyhotoveno z lakovaného plechu a minerální tepelné izolace s tloušťkou 45mm ( $\lambda=0,037$ W/m.K). Konstrukce má rozměry 1795x1620x3370 (HxBxL). Přívodní i odvodní ventilátor s řízeným EC motorem je osazen pomocí anti-vibračního uchycení. Ostatní vestavěné agregáty jsou obdobné jako u VTZJ č. 1. Připojovací hrdla jsou čtyřhranného tvaru o rozměru 710x900 (HxB). Na hrdle odpadního vzduchu musí být připojené potrubí o minimální délce 3m. Odvod kondenzátu je zajištěn pomocí tří vyústí o průměru  $\phi 32$ mm, které budou vedeny přes sifon do kanalizačního potrubí a osazeny elektrickým vyhřevem proti zamrznutí, z tohoto důvodu je nutné ponechat vespod jednotky prostor min. 150mm. Jednotka je osazena čelními dveřmi umožňující snadný přístup ke všem vestavěným

## Návrh větrání sportovní haly

komponentům jednotky a filtrům. Jednotka bude stejně jako VZTJ č. 1 upevněna pomocí podstavných nohou s pryžovými tlumiči vibrací do nosné střešní konstrukce.

V Tab. 2.16 můžeme nalézt základní technické parametry jednotky DUPLEX 7500 MultiEco-N pro námi řešený objekt:

Tab. 2.16: Základní parametry VZTJ č.3 – Duplex 7500 MultiEco-N

Priváděný vzduch - max* (navrhovaný)	m <sup>3</sup> /h	8600 (6500)
Odváděný vzduch - max* (navrhovaný)	m <sup>3</sup> /h	8300 (6500)
Max. průtok vzduchu dle ErP 2018	m <sup>3</sup> /h	7100
Účinnost rekuperace - max (pro navrhovaný průtok)	%	až 93 (95,4)
Hmotnost	kg	1170-1310
Max. elektrický příkon	kW	6,6
Filtry vzduchu vstup/výstup	-	G4/G4
Předpokládaná externí tlaková ztráta přívodu/odvodu	Pa	200/200

### 2.7.4 Ventilátor V1

Jedná se o odstředivý (radiální) ventilátor typu KAM vel. 400 s kovovým pláštěm. Tento ventilátor bude odvádět horký vzduch ze sauny, proto je na něj kladen především požadavek na odolnost vůči vysokým teplotám. Turbína je tedy konstruována na práci při teplotách až do 150°C. Ventilátor bude připojen k automatickému regulátoru otáček, který bude řízen nadřízeným systémem propojeným s VZTJ č. 2. Zvolený ventilátor je nutné osadit ve vzdálenosti minimálně 1,5m od zdroje horkého vzduchu, nesmí se přikrývat a v blízkosti ventilátoru by se neměly vyskytovat hořlavé materiály. Rozměr ventilátoru je 275x210x245 (LxBxH), přívodní hrdla dimenze  $\phi 125\text{mm}$ .

Základní technické parametry ukazuje následující tabulka:

Tab. 2.17: Základní technické parametry ventilátoru V1 – KAM 400

Odváděný vzduch - max* (navrhovaný)	m <sup>3</sup> /h	400 (150)
Maximální počet otáček	ot./min	1300
Spotřeba energie	A	0,81
Výkon	W	108
Úroveň hluku při max. výkonu (ve vzd. 3m)	dB(A)	42
Napětí	V	230
Maximální teplota okolí	°C	170

### 2.8 Rozvod čerstvého vzduchu

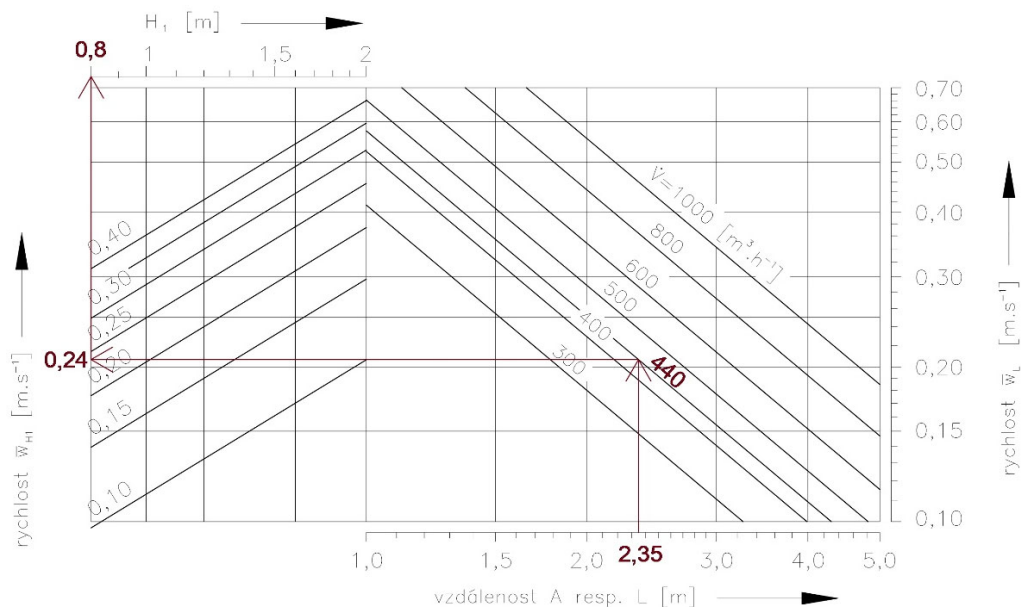
Rozvody čerstvého vzduchu v části celého hygienického zázemí (tj. i včetně relaxační místnosti a sauny) jsou umístěny a zavěšeny do nosné monolitické stropní ŽB konstrukce a zakryty SDK podhledem. Zavěšení je provedeno pomocí kovových objímek s tlumící pryžovou vložkou a pomocí kovových úhelníků s tlumící pryží v případě Spiro potrubí, resp. v případě čtyřhranného potrubí. V prostoru tělocvičny jsou rozvody zavěšeny obdobným způsobem do nosné konstrukce střechy, nebo do dřevěného roštu vytvořeného pod střešní konstrukcí. Ve stoupacích šachtách je použito obdobného principu připevnění do stěn. Ve venkovním prostředí se rozvody uchyťí do nosné konstrukce střechy. Vedení rozvodů a seznam s popisem jednotlivých distribučních elementů lze nalézt v části výkresové dokumentace.

#### 2.8.1 Hygienické zázemí

Čerstvý vzduch do VZT jednotky bude nasáván přes hranaté hrdlo osazené zákrytem s eliminátorem kapek a uzavírací klapkou. Dále bude čerstvý vzduch veden čtyřhranným plechovým pozinkovaným potrubím s tepelnou izolací 50mm s povrchovou ochranou proti povětrnostním vlivům. Potrubí povede skrz střešní prostup do stoupací šachty, kde se izolace sníží na tloušťku 19mm kvůli zamezení promrzání a tepelným ztrátám v nevytápěné šachtě. Čtyřhranné potrubí se povede dále na nutném úseku pod stropem v podhledu z důvodu omezení rozměrů, kde se postupně pomocí potrubních přechodů zamění za kruhové Spiro potrubí. Pomocí Spiro potrubí se budou zásobit veškeré místnosti. K vyústím povede flexi potrubí pro snadné připojení a omezení přenosu vibrací do přívodního potrubí. Jednotlivé dimenze rozvodů potrubí jsou uvedeny v kap. 2.10.

Distribuční prvky pro přívod vzduchu v prostorech šaten a sálu (č.m. 1.11, 1.14, 2.04, 2.05, 2.08) jsou navrženy anemostaty typu ALKM od firmy Mandík o velikosti dle potřebného průtoku a velikosti místnosti. Názorná ukázka výběru velikosti anemostatu o průtoku 440m<sup>3</sup>/h pro malý sál č. 2.04 je vidět na Obr. 2.2, ostatní distribuční elementy jsou vybrány obdobným způsobem. Místnosti chodby (č.m. 1.02, 2.01) a předsíní WC (č.m. 1.20, 1.22, 2.13, 2.15) zásobují přívodní plastové talířové ventily typu VST, resp. nerezové talířové ventily typu KIC od firmy Elektrodesign o navržené velikosti.

Čerstvý vzduch se do dalších místností přivede větracími mřížkami ve dveřích, popř. ve stěnách. Veškeré dveřní otvory v prostoru hygienického zázemí budou bezprahové, popř. budou podříznuté z důvodu vzduchového propojení veškerých místností a tím zajištění dostatečného provětrání i v místnostech bez nuceného přívodu vzduchu.



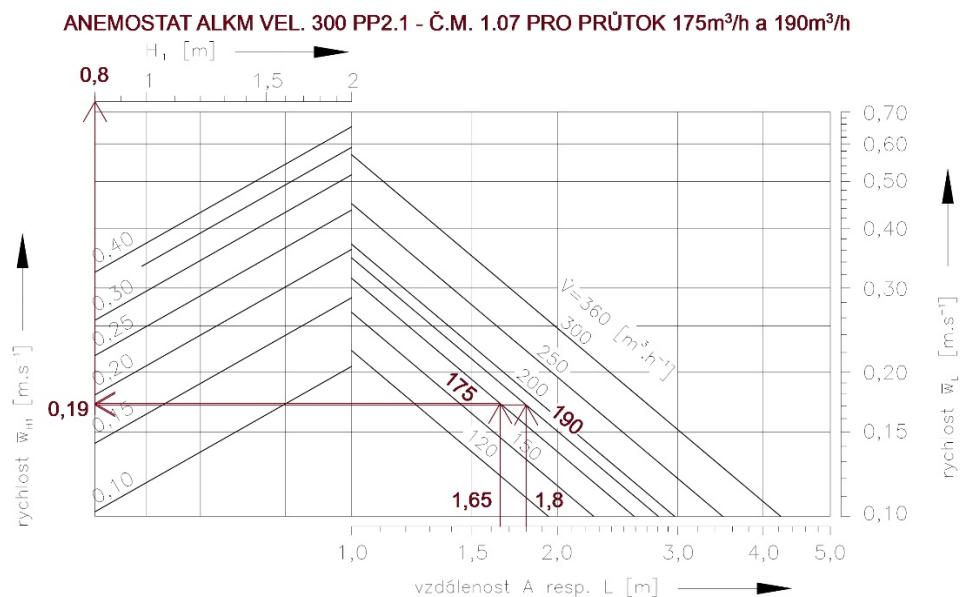
Obr. 2.2: Graf závislosti rychlosti proudění vzduchu v pobytové oblasti  $w_{HI}$  na osové vzdálenosti  $A$ , resp. vzdálenosti od stěn a pobytové oblasti  $L$ , průtoku  $V$  a výšky podhledu od pobytové oblasti  $H_I$  pro kruhový lamelový anemostat ALKM vel. 400 v malém sále. [33]

### 2.8.2 Relaxační místnost a sauna

VZT jednotka pro relaxační místnost a saunu se nachází pod stropem v podhledu v místnosti skladu sportovního náradí č. 1.06, do které je čerstvý vzduch přiváděn pomocí protidešťové žaluzie s přívodním hrdlem na jižní fasádě. Do jednotky ústí přívod pomocí kulatého Spiro potrubí průměru  $\phi 250$ mm, které bude izolované pomocí tepelné izolace tloušťky 19mm pro zabránění kondenzace. Přívodní hrdlo do jednotky bude osazeno uzavírací klapkou. Přívodní hrdlo zásobující daný prostor je čtyřhranné o rozměru 350x200mm (BxH), za jednotkou bude vytvořen přechod ze čtyřhranného potrubí na kruhové Spiro potrubí dimenze  $\phi 250$ mm, které bude zásobovat čtyři anemostaty ALKM vel. 300 s maximálním uvažovaným nárazovým průtokem 175m<sup>3</sup>/h, resp. 190m<sup>3</sup>/h rozmístěné po místnosti tak, aby docházelo k rovnoměrné distribuci vzduchu. Proudění vzduchu v pobytové oblasti  $w_{HI}$  těchto místností nesmí překročit 0,2m/s, návrh anemostatu dle průtoku ukazuje Obr. 2.3. Z relaxační místnosti a ochlazovny bude čerstvý vzduch proudit



skrz větrací mřížky ve dveřích a ve stěně do místnosti WC, resp. do sauny. Přívodní potrubí je navrženo z pozinkovaného plechu o požadovaných rozměrech (viz kap. 2.10).



Obr. 2.3: Graf závislosti rychlosti proudění vzduchu v pobytové oblasti  $w_{H1}$  na osové vzdálenosti  $A$ , resp. vzdálenosti od stěny a pobytové oblasti  $L$ , průtoku  $V$  a výšky podhledu od pobytové oblasti  $H_1$  pro kruhový lamelový anemostat vel. 300 v relaxační místnosti. [33]

Přívod vzduchu do tohoto prostoru v době zapnutého ventilátoru V1 bude řešen za pomoci infiltrace z okolních prostorů. Jak bylo popsáno v kapitole 2.3, alternativně lze podtlak uvnitř sauny vyrovnat dodatečným osazením vlhkostně regulovaných přívodních prvků s tlumičem hluku typu ECA-HY (popř. jiných přívodních ventilačních prvků) na okna v relaxační místnosti, které zajistí požadovaný přívod čerstvého vzduchu. Objem by se automaticky reguloval na základě relativní vlhkosti v místnosti, tedy podobným způsobem, jako bude řízena VZT jednotka (také na základě relativní vlhkosti). Graf závislosti průtoku na relativní vlhkosti je zobrazen na Obr. 2.4. Z grafu je zřejmé, že maximálního průtoku je dosaženo při relativní vlhkosti vzduchu 60%, což je v našem případě ideální, jelikož v dané místnosti se uvažuje právě s touto hodnotou jako maximální, tedy za těchto podmínek je nutné přivést nejvíce větracího vzduchu.



Obr. 2.4: Graf závislosti průtoku vzduchu větrací mřížkou ECA-HY na relativní vlhkosti vzduchu v dané místnosti [34]

### 2.8.3 Tělocvična a přilehlé prostory

Tělocvičnu a přilehlé prostory zásobuje nástřešní jednotka osazená zákrytem, eliminátorem kapek a uzavírací klapkou na přívodním hrdle do jednotky. Z té je přívodní čtyřhranné potrubí o rozměrech 710x900 (HxB) vedeno nad střešní rovinou a pomocí přechodu na kruhové potrubí dále rozváděno skrz štítovou stěnu do prostoru tělocvičny. V místě okolí prostupu je potrubí zúženo na hodnotu  $\phi 630\text{mm}$ , tím se dosáhne optimalizace velikosti prostupu v konstrukci, lehce se sníží tepelné ztráty a umožní se lepší možnost manipulace v tomto stísněném prostoru. Uvnitř tělocvičny jsou potrubí a distribuční elementy zavěšeny za stropní nosné prvky, z toho důvodu je nutné počítat s tímto zatížením a případně únosnost dostatečně nadimenzovat. Venkovní rozvody budou izolovány tepelnou izolací tloušťky 50mm s povrchovou úpravou proti povětrnostním vlivům, popř. bude použito oplechování. I v interiéru za vstupem stěnou bude ponechána izolace tloušťky 19mm v délce uvažovaného zúžení potrubí kvůli zamezení promrzání. Dále bude čerstvý vzduch distribuován pomocí multidýz typu MZL-KV na kruhovém potrubí do spodního hlediště a do prostoru hrací plochy. Část větracího vzduchu bude vedena do horní části hlediště pomocí jednotlivých větví, které budou zakončeny anemostaty typu VAPM vel. 315 připojené přes připojovací skříň na Spiro potrubí. Tyto oddělené větve budou vybaveny regulační klapkou pro možnost variabilního průtoku. V místě hrací plochy se předpokládá se směšovacím způsobem větrání. Do skladu sportovního nářadí č. 1.04 bude přívodní vzduch přiváděn pomocí větracích mřížek umístěných ve dveřích. Rozvody budou z pozinkovaného plechu, dimenze navrženy v kap. 2.10.

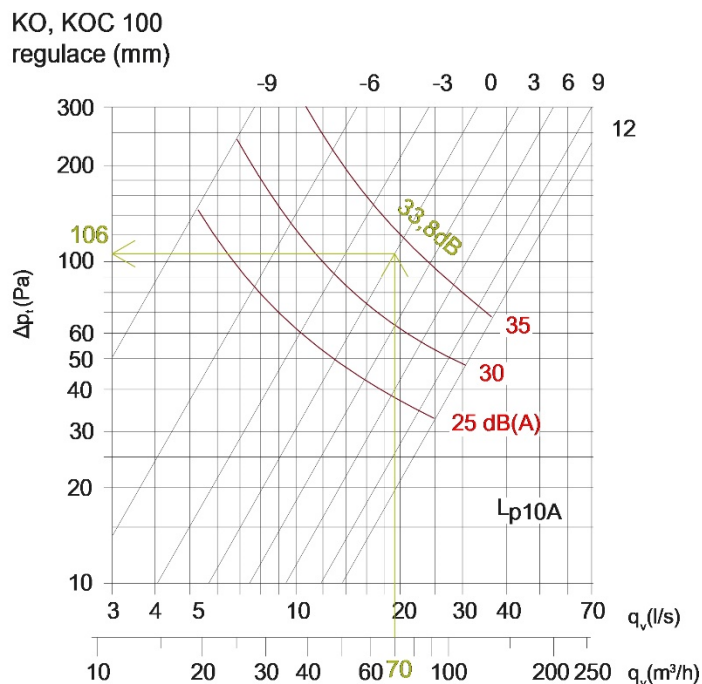
### 2.9 Rozvod odpadního vzduchu

Základním parametrem pro výběr veškerých odvodních elementů je zde především maximální hladina akustického výkonu  $L_{WA}$ , která by neměla přesáhnout hodnotu 35dB. Veškeré rozvody odpadního vzduchu v hygienickém zázemí včetně relaxační místnosti a sauny jsou umístěny pod stropem v SDK pohledu a zavěšeny do stropní konstrukce. V tělocvičně jsou rozvody odpadního vzduchu zavěšeny do střešní nosné konstrukce a nebo do nosného dřevěného roštu umístěného pod stropem. Veškeré rozvody jsou zakresleny ve výkresové dokumentaci, kde můžeme najít i popis jednotlivých VZT prvků. Jejich dimenze pak popisuje kap. 2.10.

#### 2.9.1 Hygienické zázemí

Odtah znehodnoceného vzduchu pro tento prostor zajišťuje VZT jednotka č. 1 na základě požadavku dle vlhkostních či teplotních čidel nebo čidla koncentrace CO<sub>2</sub>. V prostorech umýváren, WC a úklidových místnostech jsou instalovány nerezové talířové ventily typu KOC o příslušné velikosti pro odvod vzduchu. Názorný návrh talířového ventilu s ozn. OP1.3 v místnosti č. 2.14 je patrný z Obr. 2.5, je zde představen právě tento ventil, jelikož u něj lze předpokládat velmi malou tlakovou ztrátu v přívodním potrubí, tudíž se daný ventil bude muset více zregulovat, tím se docílí vyšší tlakové ztráty a s tím spojené vyšší hladiny akustického výkonu. Zde máme tlakovou rezervu  $\Delta p_t$  na regulaci 106Pa. V prostoru malého sálu jsou navrženy anemostaty typu ALKM vel. 400. Veškeré odvodní elementy jsou napojeny pomocí flexi potrubí pro minimalizaci přenosu vibrací do Spiro potrubí a pro snadnou montáž. Díky odvádění vysoké vlhkosti z prostor umýváren bude použito pro odvodní rozvody potrubí z nerezavého plechu, aby byla zajištěna dlouhá životnost. V prostorech umýváren jsou rozvody rozděleny pomocí větvení (odboček), alternativním řešením by byla možnost užití VZT distribučních boxů. Z ostatních prostorů se použije pozinkované potrubí, které se bude připojovat na hlavní nerezové větve vedoucí ze zmiňovaných umýváren. Stoupací šachty nejsou propojeny s exteriérem, a proto se zde nepředpokládají velké tepelné ztráty, ale i přesto bude použita tepelná izolace tloušťky 19mm v místě šachty min. 1,5m od prostupu střechou z důvodu zamezení promrzání. V šachtách se na spodní části vertikálního potrubí osadí tvarovka pro odvod kondenzátu. V exteriéru se obě hlavní větve tvořené kruhovým Spiro potrubím spojí v jedno čtyřhranné potrubí o rozměrech

500x500mm, které bude ústít do VZT jednotky. Na veškeré venkovní rozvody bude použita tepelná izolace s tloušťkou 50mm. V jednotce pak odvodní vzduch předá teplo ve výměníku, popř. půjde by-passovou klapkou přes odvodní hrdlo se zákrytem rovnou do venkovního ovzduší.



Obr. 2.5: Ukázka návrhu odvodního talířového ventilu vel. 100 typu KOC v místnosti č. 2.14. [35]

### 2.9.2 Relaxační místnost a sauna

V těchto prostorech je použit obdobný systém odvodních rozvodů, jako u předešlé části, tj. hygienického zázemí. Je tedy opět použito nerezové Spiro potrubí z důvodu předpokládané vyšší vlhkosti odváděného vzduchu s napojením odvodních elementů pomocí flexi potrubí. Odvod budou zajišťovat nerezové odvodní talířové ventily typu KOC. Rozvody ústí skrz kruhové odtahové hrdlo  $\phi 250\text{mm}$  do VZT jednotky č. 2 umístěné pod stropem ve vedlejší místnosti, tj. sklad sportovního náradí č.m. 1.06, z níž je odpadní vzduch veden hrdlem o rozměru 350x200mm (BxH) a dále čtyřhranným potrubím skrz stěnu na jižní fasádu, kde je skrz osazenou protidešťovou žaluzii vyfukován do venkovního ovzduší. Část odpadního vzduchu ze sauny je odváděna nerezovým kruhovým Spiro potrubím pomocí ventilátoru V1 přes výfukové hrdlo rovnou do exteriéru. Venkovní výfuková hrdla jsou opatřena protidešťovou žaluzií. Vzdálenost mezi sacím hrdlem a výfukovými hrdly musí být větší než 2m.

### 2.9.3 Tělocvična a přilehlé prostory

Zde je odvod vzduchu zajištěn pomocí jedné hlavní odtahové větve z kruhového Spiro potrubí z pozinkovaného plechu. Tato větev je postupně odstupňována jednotlivými dimenzemi potrubí pro zachování optimálních rychlostí proudění vzduchu. Na potrubí jsou osazeny mřížky do kruhového potrubí typu KVK s regulační klapkou R2. Potrubí je vedeno a zavěšeno pod nosnou střešní konstrukcí v osové výšce 6,6m od čisté podlahy 1.NP. Před prostupem do exteriéru bude použit obdobný princip, jako u přívodního potrubí, tedy v okolí prostupu bude opět potrubí zúženo na hodnotu  $\phi 630\text{mm}$  a bude aplikována tepelná izolace v délce zúžení potrubí a v tloušťce 19mm. Potrubí vede skrz štítovou stěnu do venkovního prostoru, kde je potrubí opatřeno tepelnou izolací tloušťky 50mm s povrchovou úpravou proti povětrnostním vlivům a přechodem na čtyřhranné potrubí o rozměru 900x710mm (BxH) dovedeno až do VZT jednotky č. 3. Zde odváděný vzduch předá svou tepelnou energii v rekuperačním výměníku, popř. rovnou pokračuje by-passem do venkovního ovzduší. Tam je vyfouknut pomocí výfukové protidešťové žaluzie typu TWG se sítí proti vnikání drobného ptactva osazené na odvodním potrubí dlouhém minimálně 3m od odtahového hrdla VZT jednotky. I na tomto výfukovém potrubí je užito tepelné izolace, aby byla omezena kondenzace.

### 2.10 Dimenze potrubních rozvodů

Pro názornost budou uvedeny úseky s předpokládanými nejvyššími tlakovými ztrátami, tedy tzv. kritické cesty, které se používají i pro návrh vzduchotechnických jednotek a jejich tlakové rezervy. Ostatní dimenze rozvodů jsou patrné z projektové dokumentace a byly navrženy obdobným způsobem. Dimenze jednotlivých potrubí se navrhovaly tak, aby byly splněny doporučené hodnoty rychlosti proudění, tj. pro potrubí vedené k vyústce 3m/s, hlavní potrubí pod stropem 4-5m/s, potrubí k VZT jednotce 5-6m/s.

Světle oranžové sloupce se týkají čtyřhranných potrubí, světle modré pak znázorňují sloupce pro kruhová potrubí.  $D_e$  znamená rovnomocný (ekvivalentní) průměr čtyřhranného potrubí, který je nutný pro výpočet tlakových ztrát potrubí a počítá se dle vzorce:

$$D_e = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} [m] \quad (2.4)$$

## 2.10.1 Hygienické zázemí

Tab. 2.18: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty přívodního potrubí VZT jednotky č. 1

Úsek	V m <sup>3</sup> /h	w <sub>před</sub> m/s	D <sub>req</sub> m	S <sub>req</sub> m <sup>2</sup>	H m	B m	S <sub>prov1</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut1</sub> m/s	DN, D <sub>e</sub> m	S <sub>prov2</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut.2</sub> m/s
P1.1	440	3	0,23	0,04					0,200	0,03	3,89
P1.2	880	4	0,28	0,06					0,315	0,08	3,14
P1.3	1320	4	0,34	0,09	0,3	0,4	0,12	3,06	0,343		
P1.4	1790	4	0,40	0,12	0,3	0,4	0,12	4,14	0,343		
P1.5	2160	5	0,39	0,12	0,3	0,4	0,12	5,00	0,343		
P1.6	3520	6	0,46	0,16	0,4	0,4	0,16	6,11	0,400		
P1.7	3520	6	0,46	0,16	0,5	0,5	0,25	3,91	0,500		

Tab. 2.19: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty odvodního potrubí VZT jednotky č. 1

Úsek	V m <sup>3</sup> /h	w <sub>před</sub> m/s	D <sub>req</sub> m	S <sub>req</sub> m <sup>2</sup>	H m	B m	S <sub>prov1</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut1</sub> m/s	DN, D <sub>e</sub> m	S <sub>prov2</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut.2</sub> m/s
O1.1	50	3	0,08	0,00					0,080	0,01	2,76
O1.2	80	3	0,10	0,01					0,100	0,01	2,83
O1.3	180	3	0,15	0,02					0,140	0,02	3,25
O1.4	370	3	0,21	0,03					0,200	0,03	3,27
O1.5	470	4	0,20	0,03					0,200	0,03	4,16
O1.6	680	4	0,25	0,05					0,250	0,05	3,85
O1.7	920	6	0,23	0,04					0,250	0,05	5,21
O1.8	1760	6	0,32	0,08	0,35	0,25	0,09	5,59	0,292		
O1.9	3520	6	0,46	0,16	0,5	0,5	0,25	3,91	0,500		

## 2.10.2 Relaxační místnost a sauna

Tab. 2.20: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty přívodního potrubí VZT jednotky č. 2

Úsek	V m <sup>3</sup> /h	w <sub>před</sub> m/s	D <sub>req</sub> m	S <sub>req</sub> m <sup>2</sup>	H m	B m	S <sub>prov1</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut1</sub> m/s	DN, D <sub>e</sub> m	S <sub>prov2</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut.2</sub> m/s
P2.1	175	3	0,14	0,02					0,160	0,02	2,42
P2.2	350	4	0,18	0,02					0,160	0,02	4,84
P2.3	540	4	0,22	0,04					0,250	0,05	3,06
P2.4	730	4	0,25	0,05					0,250	0,05	4,13
P2.5	730	5	0,22	0,04	0,2	0,35	0,07	2,90	0,255		

Tab. 2.21: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty odvodního potrubí VZT jednotky č. 2

Úsek	V m <sup>3</sup> /h	w <sub>před</sub> m/s	D <sub>req</sub> m	S <sub>req</sub> m <sup>2</sup>	H m	B m	S <sub>prov1</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut1</sub> m/s	DN, D <sub>e</sub> m	S <sub>prov2</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut.2</sub> m/s
O2.1	150	3	0,13	0,01					0,160	0,02	2,07
O2.2	300	3	0,19	0,03					0,200	0,03	2,65

## Návrh větrání sportovní haly

O2.3	380	4	0,18	0,03					0,200	0,03	3,36
O2.4	530	5	0,19	0,03					0,200	0,03	4,69
O2.5	700	5	0,22	0,04					0,250	0,05	4,13

### 2.10.3 Tělocvična a přilehlé prostory

Tab. 2.22: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty přívodního potrubí VZT jednotky č. 3

Úsek	V m <sup>3</sup> /h	w <sub>před</sub> m/s	D <sub>req</sub> m	S <sub>req</sub> m <sup>2</sup>	H m	B m	S <sub>prov1</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut1</sub> m/s	DN, D <sub>e</sub> m	S <sub>prov2</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut.2</sub> m/s
P3.1	400	3	0,22	0,04					0,315	0,08	1,43
P3.2	800	3	0,31	0,07					0,315	0,08	2,85
P3.3	1500	3	0,42	0,14					0,400	0,13	3,32
P3.4	1900	3	0,47	0,18					0,500	0,20	2,69
P3.5	2200	3	0,51	0,20					0,500	0,20	3,11
P3.6	2600	3	0,55	0,24					0,500	0,20	3,68
P3.7	2900	3	0,58	0,27					0,630	0,31	2,58
P3.8	3300	3	0,62	0,31					0,630	0,31	2,94
P3.9	4000	3	0,69	0,37					0,630	0,31	3,56
P3.10	4400	3	0,72	0,41					0,710	0,40	3,09
P3.11	4700	3	0,74	0,44					0,710	0,40	3,30
P3.12	5100	3	0,78	0,47					0,710	0,40	3,58
P3.13	5400	3	0,80	0,50					0,800	0,50	2,98
P3.14	5800	3	0,83	0,54					0,800	0,50	3,21
P3.15	6500	3	0,88	0,60					0,800	0,50	3,59
P3.16	6500	6	0,62	0,30					0,630	0,31	5,79
P3.17	6500	3	0,88	0,60	0,71	0,9	0,64	2,83	0,794		

Tab. 2.23: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty odvodního potrubí VZT jednotky č. 3

Úsek	V m <sup>3</sup> /h	w <sub>před</sub> m/s	D <sub>req</sub> m	S <sub>req</sub> m <sup>2</sup>	H m	B m	S <sub>prov1</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut1</sub> m/s	DN, D <sub>e</sub> m	S <sub>prov2</sub> m <sup>2</sup>	w <sub>skut.2</sub> m/s
O3.1	650	3	0,28	0,06					0,450	0,16	1,14
O3.2	1300	3	0,39	0,12					0,450	0,16	2,27
O3.3	1950	3	0,48	0,18					0,450	0,16	3,41
O3.4	2600	3	0,55	0,24					0,630	0,31	2,32
O3.5	3250	3	0,62	0,30					0,630	0,31	2,90
O3.6	3900	3	0,68	0,36					0,630	0,31	3,48
O3.7	4550	3	0,73	0,42					0,800	0,50	2,51
O3.8	5200	3	0,78	0,48					0,800	0,50	2,87
O3.9	5850	3	0,83	0,54					0,800	0,50	3,23
O3.10	6500	3	0,88	0,60					0,630	0,31	5,79
O3.11	6500	6	0,62	0,30					0,800	0,50	3,59
O3.12	6500	3	0,88	0,60	0,71	0,9	0,64	2,83	0,794		

## 2.11 Tlakové ztráty

Výpočet tlakových ztrát je nad rámec této práce, ačkoliv pro názornost je zde proveden výpočet kritické cesty přívodního a odvodního potrubí pro ověření tlakové rezervy VZT jednotky č. 1.

Tlakové ztráty v potrubí se skládají ze dvou částí, tj. tlakové ztráty třením a tlakové ztráty místními (vřazenými) odpory. Jednotlivé výpočty jsou provedeny dle následujících vzorců. Ztráty třením ve čtyřhranném potrubí:

$$\Delta p_{tř} = \lambda \frac{l \times U}{4S} \times \frac{w^2}{2} \times \rho = R \times l [Pa]. \quad (2.5)$$

Tlaková ztráta třením v kruhovém potrubí:

$$\Delta p_{tř} = \lambda \frac{l}{d} \times \frac{w^2}{2} \times \rho = R \times l [Pa], kde \quad (2.6)$$

$\lambda$  [-] – součinitel tření,

$l$  [m] – délka úseku potrubí,

$U$  [m] – obvod průtočného průřezu,

$S$  [m] – průtočná plocha,

$w$  [m/s] – střední rychlost proudění,

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] – měrná hmotnost vzduchu,

$d$  [m] – průměr průtočného průřezu,

$R$  [Pa/m] – měrná tlaková ztráta třením.

Pro výpočty je uvažováno turbulentní proudění uvnitř potrubí, tedy Reynoldsovo číslo  $Re$  dosahuje hodnot vyšších, než je kritická hodnota, která se pohybuje okolo  $Re_{crit}=2300$ . Také se pro zjednodušení a sjednocení výpočtů uvažuje potrubí s hydraulicky drsnými stěnami, se kterým se v praxi běžně počítá. Pro:

$$\varepsilon = \frac{k}{d} \geq \frac{30}{Re^{0,875}}, \quad (2.7)$$

platí vztah:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,14 - 2 \log \varepsilon, kde \quad (2.8)$$



## Návrh větrání sportovní haly

$k$  [mm] – absolutní drsnost stěn potrubí ( $k=0,15\text{mm}$  pro pozinkovaný ocelový plech),

$\varepsilon$  [-] – relativní drsnost stěn,

$Re$  [-] – Reynoldsovo číslo.

Z uvedeného vztahu je možné vyjádřit součinitel tření  $\lambda$ , nutný pro výpočet ztrát. U čtyřhranných průřezů je nutné dosadit místo průměru  $d$  tzv. rovnomocný (ekvivalentní) průměr  $D_e$ , který se spočte dle vztahu (2.4).

Tlakové ztráty vřazenými odpory  $\Delta p_\xi$  jsou pro větší přesnost spočítány pomocí volně přístupného online programu dostupného na webové stránce: <https://www.qpro.cz/Tlakova-ztrata-mistnimi-odpory>. Vřazené odpory vyústek a tlumičů lze nalézt v Příloze 1. Odpor tlumiče hluku je spočten pomocí návrhového programu výrobce Lindab a odpor talířového ventilu je určen pro nastavení maximálního otevření, v reálu se může nastavení regulace lišit. Místní odpor, který se nachází na rozmezí dvou úseků (např. redukce, či odbočka), je přičten jako začátek úseku blíže k VZT jednotce.

Celkové tlakové ztráty jsou pak součtem ztrát třením a místních ztrát, tedy:

$$\Delta p_z = \Delta p_{tř} + \Delta p_\xi \text{ [Pa]} \quad (2.9)$$

Výsledné hodnoty tlakových ztrát na jednotlivých úsecích potrubí ukazují následující tabulky:

Tab. 2.24: Tlakové ztráty třením v potrubí pro přívod k VZTJ č. 1

Úsek	U m	$\varepsilon$ -	$\lambda$ -	R Pa/m	R*I Pa
P1.1	0,2	0,00075	0,018	0,82	2,04
P1.2	0,315	0,00048	0,017	0,30	1,57
P1.3	1,4	0,00044	0,016	0,26	0,92
P1.4	1,4	0,00044	0,016	0,48	1,03
P1.5	1,4	0,00044	0,016	0,70	0,84
P1.6	1,6	0,00038	0,016	0,86	2,50
P1.7	2	0,00030	0,015	0,27	0,40
					<b>9,32</b>

Tab. 2.25: Tlakové vřazenými odpory v potrubí pro přívod k VZTJ č. 1

Flexi $Z_\xi$ [Pa]	Red. $Z_\xi$ [Pa]	90° $Z_\xi$ [Pa]	Odboč. $Z_\xi$ [Pa]	Rozboč. $Z_\xi$ [Pa]	$\Sigma Z_\xi$ Pa	$Z_{vyúst.}$ Pa	$Z_{tlumič}$ Pa	R*I+Z Pa
1,33		1,80			3,13	20,00		25,18

## Návrh větrání sportovní haly

	2,17	2*1,14=2,28	2,76		7,21			8,78
	0,11		1,78		1,89			2,82
			2,67		2,67			3,70
				17,90	17,90			18,74
		3,45	19,30		22,75			25,25
	0,53				0,53		9,00	9,93
					<b>56,08</b>			<b>94,40</b>

Tab. 2.26: Tlakové ztráty třením v potrubí pro odvod k VZTJ č. 1

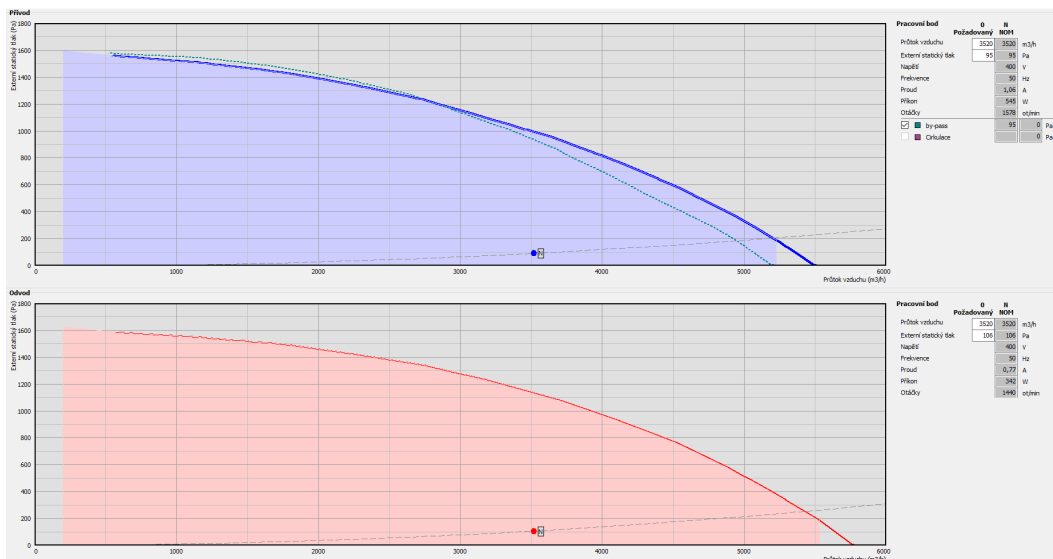
Úsek	U m	$\epsilon$ -	$\lambda$ -	R Pa/m	R*I Pa
O1.1	0,08	0,00188	0,023	1,29	1,81
O1.2	0,1	0,00150	0,022	1,03	0,72
O1.3	0,14	0,00107	0,020	0,89	0,87
O1.4	0,2	0,00075	0,018	0,58	0,36
O1.5	0,2	0,00075	0,018	0,93	4,12
O1.6	0,25	0,00060	0,017	0,61	0,82
O1.7	0,25	0,00060	0,017	1,11	3,89
O1.8	1,2	0,00051	0,017	1,06	3,84
O1.9	2	0,00030	0,015	0,27	0,51
					<b>16,94</b>

Tab. 2.27: Tlakové ztráty vřazenými odpory v potrubí pro odvod k VZTJ č. 1

Flexi	Red.	90°	Odboč.	Rozboč.	$\Sigma Z_{\xi}$	$Z_{\text{výúst.}}$	$Z_{\text{tlumič}}$	R*I+Z
$Z_{\xi}$ [Pa]	$Z_{\xi}$ [Pa]	$Z_{\xi}$ [Pa]	$Z_{\xi}$ [Pa]	$Z_{\xi}$ [Pa]	Pa	Pa	Pa	Pa
3,36		0,984			4,35	16		22,16
	0,143		1,16		1,30			2,02
	0,306		1,95		2,26			3,13
	0,139	1,27	0,94+1,36=2,30		3,71			4,08
		2,06	1,92		3,98			8,10
	0,526	1,74	2,19		4,46			5,28
				21,3	21,30			25,19
	0,382	2,59	4,93		7,90			11,74
				14,4	14,40		9	23,91
					<b>63,65</b>			<b>105,60</b>

Z uvedených tabulek můžeme vidět výsledné ztráty pro přívod i odvod. Na základě těchto hodnot lze vytvořit pracovní bod a ověřit tak požadovaný výkon VZT jednotky pomocí charakteristického grafu (viz Obr. 2.6). Z grafu je patrné, že daná

jednotka je vhodná a má i dostatečné rezervy. Mohla by být použita i jednotka o řadu nižší, tedy Duplex MultiEco-N 3500, ale ta by za těchto vstupních podmínek nesplňovala normu ErP 2016 a 2018. Proto je použita zmiňovaná jednotka Duplex MultiEco-N 4500.



Obr. 2.6: Charakteristický graf s vyznačenými pracovními body VZTJ Duplex MultiEco-N 4500 – vytvořeno pomocí programu ATREA DUPLEX

Stejným způsobem by se postupovalo i pro návrh zbylých VZT jednotek. Jelikož tlakové ztráty zbylých rozvodů nejsou detailně spočteny, je návrh VZT jednotek proveden na odhadnuté tlakové ztráty s dostatečnou rezervou.

## 2.12 Měření a regulace

Předmětem této práce není odborný návrh regulační techniky. Následný popis návrhu MaR je pouze ilustrativní, jako jedno možné řešení pro zvolený objekt. Skutečné provedení je nutné zkontrolovat s dodavatelem regulační techniky a VZT jednotek a příp. návrh regulace upravit tak, aby byla zajištěna funkčnost celého systému, komfort a variabilita větrání.

Veškeré distribuční elementy jsou vybaveny vlastními regulačními prvky. Anemostaty disponují přípojovacími skříněmi s regulací, talířové ventily se regulují na základě otáčení regulačního kužele, mřížky a multidýzy v tělocvičně jsou osazeny regulací s regulačními listy s protiběžným pohybem. Těmito regulátory se uvede soustava do základního nastavení průtoků dle tlakových ztrát. Dále se pak průtok bude řídit digitální regulací na základě požadavků – viz dále.

### 2.12.1 Hygienické zázemí

Tato část objektu bude řízena digitální regulací vzduchotechnické jednotky (popř. nadřazenou regulací), která bude řídit průtok větracího vzduchu na základě požadavku daných místností. Celkově jsou tyto prostory objektu rozděleny na sedm samostatně regulovaných částí z důvodu možnosti regulace průtoku vzduchu na základě využití a obsazenosti daných prostorů. V 1.NP se jedná o jeden úsek na každou šatnu s umývárnu a další úsek pro WC určených veřejnosti. V 2.NP je použit obdobný způsob s tím rozdílem, že je oddělen i prostor malého sálu. Jednotlivé úseky budou odděleny samostatnou regulační těsnou klapkou typu RKKTM, kterou bude možné plynule regulovat průtok, nebo přímo daný úsek uzavřít. Pro vyhodnocení daných požadavků na průtok vzduchu budou sloužit čidla teploty, CO<sub>2</sub>, nebo vlhkosti instalované v daných úsecích. V malém sále č.m. 2.04 bude osazeno čidlo teploty a CO<sub>2</sub>. Umývárny, tedy i šatny budou větrány na základě vlhkostního a teplotního čidla umístěného v umývárkách. V prostorech WC se regulace propojí s vypínači světel. Dle škracení, popř. uzavření dané regulační klapky, se pak bude snižovat větrací výkon VZT jednotky. Pokud by jednotka neumožnila zapojení a ovládání veškerých požadovaných čidel a regulačních klapek, bude použita nadřazená digitální regulace.

### 2.12.2 Relaxační místnost a sauna

V těchto prostorech se přímo nabízí regulace průtoku na základě čidla teploty a vlhkosti. Čidla se umístí do relaxační místnosti a sauny a dle požadavků pak bude průtok zvyšován, či snižován. Systém bude vybaven digitální regulací RD5. Pro možnost správného větrání sauny a řízení průtoku je na odvodní potrubí z tohoto prostoru osazena regulační klapka se servopohonem, která bude vytvořena na zakázku, aby odolávala vysokým teplotám odvodního vzduchu. Dále je zde ventilátor pro odvod vzduchu ze sauny, ten bude vybaven automatickým regulátorem otáček připojeným k nadřazené digitální regulaci, popř. do VZT jednotky č.2. Ventilátor je také osazen termostatem, kterým je možné nastavit sepnutí na požadovanou teplotu, tj. např. 90°C, kdy se ventilátor sepne. V alternativním řešení s přívodními prvky (popsané dříve v kap. 2.3.2) budou regulované i tyto větrací prvky osazené na oknech a to automatickou regulací dle relativní vlhkosti uvnitř prostoru.

### 2.12.3 Tělocvična a přilehlé prostory

Zde se použije také systém s variabilním průtokem vzduchu, který se bude řídit především čidlem koncentrace CO<sub>2</sub> a teploty. Na základě požadavku VZT jednotka sníží, popř. zvýší výkon, aby nebyla překročena limitní hodnota koncentrace CO<sub>2</sub>. Na větve zásobující horní hlediště, tedy na potrubí s anemostaty budou osazeny těsné regulační klapky, aby mohl být průtok regulován dle aktuálního využití tělocvičny, tedy jestli hlediště bude naplněno diváky, či nikoliv. Hlavní větev zásobující spodní hlediště a hrací plochu se pak bude regulovat pouze výkonem VZT jednotky.

### 2.13 Protihluková a anti-vibrační opatření

Venkovní VZT jednotky jsou osazeny podstavnými nohama, které budou podloženy a připevněny přes pryžové tlumiče vibrací do nosné konstrukce střechy, aby byl omezen přenos vibrací do objektu. Ventilátory ve VZT jednotkách jsou osazeny přes anti-vibrační úchyty. Technická obslužná nástřešní plocha je ohraničena akustickou venkovní zástěnou pro částečné zastínění VZT jednotek a snížení hladiny akustického výkonu. Hlavním zdrojem hluku je VZT jednotka, proto bude potrubí za výstupními hrdly opatřeno vložkovým (kulisovým) tlumičem hluku délky 1m – např. typ TUNE-S od výrobce Lindab pro zamezení přenosu hluku do potrubních rozvodů, popř. VZT jednotky lze dodat i včetně pružných manžet osazované na výstupní hrdla. Distribuční elementy jsou navrženy tak, aby byly splněny akustické požadavky daného prostoru.

Vnitřní VZT jednotka č. 2 bude zavěšena pod stropem pomocí závěsů uchycených přes gumové, příp. kovové tlumiče vibrací do stropní nosné konstrukce. Ventilátory uvnitř jednotky jsou uchyceny opět přes anti-vibrační úchyty obdobným způsobem jako u předchozích jednotek. Za výstupní hrdla se osadí kruhové absorpční tlumiče hluku – např. typ SMR od prodejce Mandík, příp. se použijí i pružné manžety. Dále je pod touto jednotkou vytvořen podhled z akustického SDK pro minimalizaci prostupu hluku do okolního prostoru.

Ventilátor V1 bude uchycen přes antivibrační závěsy do stropní konstrukce. Před vstupem do ventilátoru bude osazen tlumič do kruhového potrubí, který musí

být vytvořen na zakázku, aby odolával vysokým teplotám odváděným z prostoru sauny.

S těmito opatřeními lze předpokládat splnění limitních hodnot dle hygienických norem. Protihluková opatření se řídí dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. Obsahem této práce není výpočet, ani detailnější návrh protihlukových a anti-vibračních opatření.

### **2.14 Protipožární opatření**

Veškeré požární úpravy budou provedeny se souladem s normou ČSN 73 0872 [29]. Předpokládá se, že jednotlivé rozvody potrubí jsou v rámci ucelených požárních úseků, proto zde není nutnost osazování požárních klapek. Pozornost bychom měli věnovat místnosti CBS č. 2.12b a technické místnosti č. 2.03, které budou v samostatném požárním úseku. V místnosti CBS vede v podhledu větrací potrubí do okolních prostorů, proto zde bude vytvořen protipožární podhled (příp. protipožární izolace potrubí). Obě místnosti jsou větrány přirozeně, tudíž je také nutností osadit zde požární větrací mřížky s náležitou požární odolností. Předběžně byly vybrány protipožární mřížky od výrobce Firecentre s.r.o., které při teplotě v okolí vyšší než 100°C automaticky nabobtnají a zamezí tak průniku požáru, kouře a toxických plynů do místnosti.

Detailní řešení protipožárních opatření není tématem této práce, úplné řešení těchto opatření je nutné navrhnout po vypracování požárně bezpečnostního návrhu a opatření.

### **2.15 Požadavky na související profese**

#### **2.15.1 Stavební úpravy**

Ačkoliv projekt zřejmě předpokládal umístění větrací jednotky na střechu, je nutné ověřit únosnost střešní konstrukce. Dále je potřeba vytvořit technickou obslužnou plošinu nad střešní rovinou, která bude sloužit právě pro technickou obsluhu a údržbu jednotek. Tuto plošinu a vrchní vrstvy zelené střechy (tj. separační vrstvy, substrát, zatravnění a další) je nutné zřídit až po zhotovení podpůrné konstrukce VZT jednotek a potrubních rozvodů. Důležité je řádně vyřešit a izolovat uchycení do střešní konstrukce a prostupy střešní konstrukcí a štítovou stěnou kolem

vzduchotechnických vedení, popř. upravit spád a tvar odvodnění kolem prostupu od přívodního potrubí vedeného z VZT jednotky č. 1. Další úpravou v oblasti střechy je zhotovení protihlukové stěny kolem pochůzní plošiny, která bude také kotvena do nosné konstrukce střechy.

Uvnitř budovy je nutné zhotovit prostupy pro vedení větracích potrubí a zajistit vhodné kotvení. Také je potřeba zajistit propojení větraných místností příslušnými větracími mřížkami ve dveřích, příp. ve stěnách a osadit vhodné dveřní otvory, popř. zajistit podříznutí otvorů pro možnost proudění vzduchu. Z důvodu osazení VZT jednotky č. 2 a odvodního ventilátoru pod strop do místnosti Skladu pro sportovní nářadí č.m. 1.06 se zde zhotoví protihlukový SDK podhled do výšky 2,55m. SDK podhled je nutné vybavit revizními dvířky pro kontrolu a údržbu větracích zařízení. Také je v této místnosti nutné ověřit a případně navýšit únosnost stropní monolitické konstrukce na zatížení takto zavěšených zařízení.

Instalace podhledů, zástěn a zákrytů se proveden až po zapojení a odzkoušení těsnosti celého VZT systému.

### 2.15.2 Zdravotní technika a kanalizace

Je nutné zajistit odvod kondenzátu ze vzduchotechnických jednotek. U nástřešních jednotek bude kondenzát vyveden do střešních vtoků, vyústění bude opatřeno elektrickým vyhříváním proti zamrznutím. U vnitřní jednotky bude odvod kondenzátu sveden přímo do kanalizace pomocí potrubí průměru  $\phi 22\text{mm}$  vedené pod stropem v podhledu.

Dále je potřeba vybavit spodní konce vertikálních potrubí ve stoupacích šachtách tvarovkami se záslepkou s odvodem kondenzátu a tento odvod osadit zápachovou uzávěrkou a napojit do kanalizace.

### 2.15.3 Elektro a regulace

- VZT jednotka č. 1:
  - silové napájení – připojení ke každému ventilátoru přes kabel CYKY 5Jx2,5, 400V/3,8A/50Hz, jištění přes samostatný jistič 3x16A (char. C),
  - ovládání a komunikace – Ethernet rozhraní, TCP/IP, vč. Modbus TCP protokolu; propojení s čidly teplot a vlhkosti;

- propojení s nástěnným digitálním ovladačem s displejem,  
propojení se spínačem osvětlení,
- veškeré zapojení bude provedeno se souladem dle technických norem a předpisů výrobce,
  - veškeré kabelové propojení – viz schéma výrobce (Příloha 2).
- VZT jednotka č. 2:
    - silové napájení – připojení ke každému ventilátoru přes kabel CYKY 3Jx1,5, 230V/2,5A/50Hz, jištění přes samostatný jistič 1x10A (char. C),
    - ovládání a komunikace – Ethernet rozhraní, TCP/IP, vč. Modbus TCP protokolu; propojení s čidly teplot a vlhkosti; propojení s nástěnným digitálním ovladačem s displejem,
    - veškeré zapojení bude provedeno se souladem dle technických norem a předpisů výrobce,
    - veškeré kabelové propojení – viz schéma výrobce (Příloha 2).
  - VZT jednotka č. 3:
    - silové napájení – připojení ke každému ventilátoru přes kabel CYKY 5Jx2,5, 400V/5,4A/50Hz, jištění přes samostatný jistič 3x16A (char. C),
    - ovládání a komunikace – Ethernet rozhraní, TCP/IP, vč. Modbus TCP protokolu; propojení s čidly teplot a CO<sub>2</sub>; propojení s nástěnným digitálním ovladačem s displejem,
    - veškeré zapojení bude provedeno se souladem dle technických norem a předpisů výrobce,
    - veškeré kabelové propojení – viz schéma výrobce (Příloha 2).
  - Ventilátor V1:
    - silové napájení – připojení přes kabel CYKY 3Jx1,5, 230V/0,81A/50Hz, jištění přes samostatný jistič,
    - ovládání a komunikace – připojení na nadřazený systém regulace,
    - schéma zapojení – viz technické podklady na stránkách výrobce.



### 2.15.4 Vytápění

V objektu se předpokládá s návrhem tepelného čerpadla vzduch-voda, které bude zajišťovat topnou, popř. chladicí vodu také pro VZT jednotky, tudíž je nutné napojit ohřívač a chladič na topnou, resp. chladicí vodu s daným teplotním spádem pro zajištění dostatečného výkonu. Výkon ohřívače a chladiče se navrhne s ohledem na navržený výkon podlahového vytápění, resp. na požadovaný výkon klimatizace. VZT jednotky nejsou určeny pro teplovzdušné vytápění, pouze na pokrytí ztrát větráním, popř. dorovnání výkonu podlahového vytápění s celkovými tepelnými ztráty. Pouze u VZT jednotky č. 2 se počítá s vyšším topným výkonem kvůli ZZT z odvodního vzduchu ze sauny.

### 2.16 Izolace a povrchová úprava

Umístění tepelné izolace na potrubí je popsáno v kap. 2.8 a 2.9. Tloušťka venkovní tepelné izolace bude min. 50mm. Uvnitř objektu se nepředpokládá s významnými tepelnými ztrátami v potrubí, jelikož potrubí je vedeno vytápěnými prostory. Ačkoliv stoupací šachty nejsou spojeny s venkovním ovzduším a nepředpokládají se zde velké tepelné ztráty, je přívodní i odvodní potrubí tepelně izolováno v místě za prostupem obvodovou konstrukcí v délce min. 1,5m o tloušťce 19mm kvůli zamezení promrzání. Vně objektu se použije tepelná izolace Isover ML-3 s oplechováním z pozinkovaného plechu proti povětrnostním vlivům a mechanickému poškození, případně se použije samolepící kaučuková izolace K-Flex AL CLAD tl. 50mm, která je opatřena finální povrchovou úpravou. Pro vnitřní izolaci se použije izolace K-Flex AL CLAD tl. 19mm. Tyto izolace zajišťují zároveň tepelnou, akustickou i požární funkci. Pokud by bylo v rámci projektu počítáno s využitím klimatizace, je vhodné izolovat veškeré přívodní potrubí i uvnitř budovy, aby bylo zamezeno možnosti kondenzace na povrchu potrubí.

## Závěr

V první kapitole bakalářské práce jsme se seznámili s problematikou větrání z obecného hlediska a představili jsme si způsoby větrání na příkladech realizovaných staveb. Ukázali jsme si tak některé možnosti a druhy větrání, které lze aplikovat na sportovní haly. Z této kapitoly je tedy patrné, že větrání budov nelze zanedbávat a pro splnění vhodného větrání a zdravého mikroklimatu uvnitř budovy je nutné zkombinovat různé způsoby větrání.

Na základě těchto informací a poznatků je pak proveden návrh větrání pro Sportovní halu Zdiby, který je popsán v kapitole druhé. Pro celou víceúčelovou sportovní halu se použily tři vzduchotechnické jednotky, které budou větrat oddělené prostory s různým způsobem užívání. Dohromady tyto systémy fungují jako rovnotlaké, ačkoliv v různých místnostech je použit systém podtlakový, resp. přetlakový. Na základě účelu (využití) místnosti a požadavku komfortního větrání daného prostoru byly navrženy vhodné distribuční prvky, regulace systému a materiál. Veškerý popis doplňují přílohy a projektová dokumentace.

Tato práce obsahuje informace, na základě kterých by měly být docíleny a splněny požadavky na vhodné větrání Sportovní haly Zdiby. Popsaný systém je jeden z možných řešení, jak větrat tuto halu. Návrh se prováděl za účelem splnění optimálních větracích podmínek a dosažení komfortního řízení celého systému, nikoliv za účelem ekonomické stránky. Finanční stránka ani náročnost na údržbu nebyly předmětem této práce a nebyl na ně brán ohled.

# Seznam příloh

Příloha 1 – H-X diagramy, Návrh distribučních elementů, Tlakové ztráty

Příloha 2 – Technické listy VZT jednotek Atrea Duplex

## Citovaná literatura

- [1] VAILLANT. *Rekuperační jednotky recoVAIR* [online]. [vid. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/downloads/projek-n-podklady/pp-kl-01-e4-ver-02-recovair-260-360-1240179.pdf>
- [2] ING. GEBAUER GÜNTER, CSc, Ph.D. ING. RUBINOVÁ OLGA a Ing. Horká HELENA. *Vzduchotechnika*. 2005. ISBN 80-7366-027-X.
- [3] PROF. ING. FRANTIŠEK DRKAL, CSC., ING. MILOŠ LAIN, PH.D., ING. JAN SCHWARZER, PH.D., ING. VLADIMÍR ZMRHAL, Ph.D. *Vzduchotechnika* [online]. 2009, 100s. Dostupné z: <http://svjvybiralova.cz/images/dokumenty/vzt/Vzduchotechnika.pdf>
- [4] ING. ADAMOVSKEJ DANIEL, Ph.D. Přednáška 2\_TZ02\_Přirozené a hybridní větrání , principy [online]. 2019, 36s. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TB2&u=0>
- [5] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Centrum technické normalizace. 2011
- [6] TZB-INFO.CZ. *Okenní ventilační systémy* [online]. 2018 [vid. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/123980-okenni-ventilacni-systemy>
- [7] KATEDRA TZB, FSv ČVUT v Praze. *TZ2 - Vzduchotechnické jednotky* [online]. Dostupné z: [http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz2/Schemata\\_vzduchotechnickych\\_jednotek.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz2/Schemata_vzduchotechnickych_jednotek.pdf)
- [8] ING. ADAMOVSKEJ DANIEL, Ph.D. Přednáška 7\_TZ02\_Části systémů nuceného větrání. [online]. 2019, 45s. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TB2&u=0>
- [9] MANDÍK.CZ. *Klimatizační jednotka Mandík* [online]. [vid. 2020-03-19]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/klimatizacni-jednotky/klimatizacni-jednotka-mandik>
- [10] ATREA.CZ. *Univerzální nástřešní větrací jednotky* [online]. [vid. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/duplex-1500-9000-multieco-n>
- [11] ING. ADAMOVSKEJ DANIEL, Ph.D. Přednáška 3\_TZ02\_Nucené větrání, teplovzdušné vytápění. Větrání obytných budov. [online]. 2019, 59s. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TB2&u=0>
- [12] HOVAL.CZ. *Ventilační jednotka Roofvent* [online]. [vid. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.hoval.cz/produkty/roofvent/>
- [13] NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 361/2007 SB. *Narizení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*. 2007
- [14] ČSN EN 16798-3. *Energetická náročnost budov - Větrání budov - Část 3: Pro nebytové budovy - Výkonové požadavky na větrací a klimatizační systémy místností*. Praha: Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT

v Praze. 2020

- [15] ING. ADAMOVSKEÝ DANIEL, Ph.D. Přednáška 1\_TZ02\_Úvod do problematiky větrání [online]. 2019, 53s. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TB2&u=0>
- [16] ING. MATHAUSEROVÁ ZUZANA. Vzduchotechnika [online]. 2015, 93s. Dostupné z: <http://www.uzitecneseminare.cz/userfiles/file/Hradec15vetrani.pdf>
- [17] MANDÍK.CZ. *Regulátor variabilního průtoku vzduchu čtyřhranný - RPMC-V* [online]. [vid. 2020-03-20]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktovara/regulacni-technika/rpmc-v>
- [18] TZB-INFO.CZ. *Technologie pro zdravé vnitřní prostředí v budovách* [online]. 2019 [vid. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/19293-technologie-pro-zdrave-vnitri-prostredi-v-budovach>
- [19] ING. MATHAUSEROVÁ ZUZANA. *Současné problémy s větráním* [online]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/31892315-Soucasne-problemy-s-vetranim-zuzana-mathauserova.html>
- [20] VYHLÁŠKA Č. 343/2009 SB. *Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.* 2009
- [21] VYHLÁŠKA Č. 6/2003 SB. *Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí bytových místností některých staveb.* 2003
- [22] VYHLÁŠKA Č. 238/2011 SB. *Vyhláška o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.* 2011
- [23] ČSN EN 12831-1. *Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3.* Praha: Centrum technické normalizace. 2018
- [24] ČSN 06 0210. *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.* Praha: Český normalizační institut. 1994
- [25] VYHLÁŠKA Č. 20/2012 SB. *Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.* 2012
- [26] NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 272/2011 SB. *Narizení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.* 2011
- [27] ČSN 73 4108. *Hygienická zařízení a šatny.* Praha: Centrum technické normalizace. 2013
- [28] ČSN 12 7010. *Vzduchotechnická zařízení - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení - Obecná ustanovení.* Praha: Centrum technické normalizace. 2014
- [29] ČSN 73 0872. *Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením.* Praha: Český normalizační institut. 1996
- [30] VDI 2089 BLATT 1. *Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern - Hallenbäder.* 2003

- [31] VDI 2089 BLATT 1. *Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern - Hallenbäder*. 2010
- [32] PROF. ING. CHYNSKÝ JAROSLAV CSC a PROF. ING. HEMZAL KAREL CSC. *Větrání a klimatizace - Technický průvodce*. 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [33] MANDÍK.CZ. *Anemostat ALKM* [online]. [vid. 2020-03-31]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/anemostaty/alkm>
- [34] ELEKTRODESIGN.CZ. *Vlhkostně regulovaný přívodní prvek s tlumičem hluku* [online]. [vid. 2020-05-02]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/eca-hy-6-45-vlhkostne-regulovany-privodni-prvek-s-tlumericem-hluku>
- [35] ELEKTRODESIGN.CZ. *Talířové ventily* [online]. [vid. 2020-03-28]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produktycs/uplny-sortiment/produkty/prislusenstvi-distribucni-elementy/ventily/talirove-ventily-kovove>

## Ostatní podklady výrobců

Viz webové stránky a technické listy výrobců:

[www.mandik.cz](http://www.mandik.cz)

[www.elektrodesign.cz](http://www.elektrodesign.cz)

[www.lindab.cz](http://www.lindab.cz)

[www.hoval.cz](http://www.hoval.cz)

[www.isover.cz](http://www.isover.cz)

[www.ekoflam.cz](http://www.ekoflam.cz)

[www.firecentre.cz](http://www.firecentre.cz)

[www.kflex-izolace.cz](http://www.kflex-izolace.cz)

## Seznam obrázků

Použité zdroje obrázků jsou uvedené v popisu v hranaté závorce a odkazují na již citovanou literaturu.

Obr. 1.1: Účinek vztlaku v létě a v zimě vztažen k neutrální rovině N.R. [4]

Obr. 1.2: Přetlakové a podtlakové oblasti návětrných a závětrných stran [4]

Obr. 1.3: Nadokenní akustická ventilační mřížka [6]

Obr. 1.4: Okenní ventilační mřížka [6]

Obr. 1.5: Princip aerace [4]

- Obr. 1.6: Schéma šachtového větrání s ukazatelem tlakového rozdílu [4]
- Obr. 1.7: Sestavná klimatizační jednotka Mandík [9]
- Obr. 1.8: Kompaktní nástřešní jednotka Duplex Multieco-N [10]
- Obr. 1.9: Provozní režimy jednotky Duplex Multieco-N [10]
- Obr. 1.10: Decentrální nástřešní VZT jednotka RoofVent [12]
- Obr. 1.11: Řízená regulace dle produkce škodlivin CO<sub>2</sub> [16]
- Obr. 1.12: Princip podtlakového systému [11]
- Obr. 1.13: Princip rovnotlakého systému [11]
- Obr. 1.14: VAV box RPMC-V Mandík [17]
- Obr. 1.15: VAV box s VAV regulátorem [18]
- Obr. 1.16: Schéma přetlakového systému větrání [11]
- Obr. 1.17: Přívodní větrací šachta pro VZT jednotku [autorská tvorba]
- Obr. 1.18: Přívodní potrubí do tělocvičny v prostoru nosné konstrukce střechy [autorská tvorba]
- Obr. 1.19: Distribuce vzduchu v tělocvičně pomocí přívodních mřížek [autorská tvorba]
- Obr. 1.20: Odvodní potrubí s odtahovou mřížkou z umývárny pro hráče [autorská tvorba]
- Obr. 1.21: Renovované odvodní potrubí s talířovým ventilem a ventilátorem v prostoru WC [autorská tvorba]
- Obr. 1.22: Sestavná VZT jednotka v první sekci, zásobující polovinu hlavního sálu [autorská tvorba]
- Obr. 1.23: Princip větrání hlavního sálu objektu (uprostřed přiváděcí větev s anemostaty, na kraji odváděcí větev s mřížkami) [autorská tvorba]
- Obr. 1.24: Přívodní mřížky v horním patře pro horní bar a sociální zázemí [autorská tvorba]
- Obr. 1.25: Odvodní talířové ventily v místě nad barem [autorská tvorba]
- Obr. 1.26: Odvodní talířové ventily v místě baru na spodním patře [autorská tvorba]
- Obr. 1.27: Přívodní větrací mřížky a lokální klimatizační jednotka v malém gymnastickém sálu [autorská tvorba]
- Obr. 1.28: Perforované potrubí v prostorech kurtů v 2. sekci [autorská tvorba]
- Obr. 1.29: Přívod a odvod vzduchu skrz střešní prostup k VZT jednotce [autorská tvorba]
- Obr. 1.30: Přívodní potrubí s mřížkami v šatnách [autorská tvorba]

Obr. 1.31: Větrací mřížky ve stěnách ze šaten do umýváren a WC [autorská tvorba]

Obr. 1.32: Odvodní potrubí s mřížkami v umývárkách [autorská tvorba]

Obr. 2.1: Výpočet toku vodní páry z vodní plochy – vypočteno pomocí programu TERUNA

Obr. 2.2: Graf závislosti rychlosti proudění vzduchu v obytné oblasti  $w_{HI}$  na osovou vzdálenost  $A$ , resp. vzdálenost od stěn a obytné oblasti  $L$ , průtoku  $V$  a výšky pohledu od obytné oblasti  $H_1$  pro kruhový lamelový anemostat ALKM vel. 400 v malém sále. [33]

Obr. 2.3: Graf závislosti rychlosti proudění vzduchu v obytné oblasti  $w_{HI}$  na osovou vzdálenost  $A$ , resp. vzdálenost od stěn a obytné oblasti  $L$ , průtoku  $V$  a výšky pohledu od obytné oblasti  $H_1$  pro kruhový lamelový anemostat vel. 300 v relaxační místnosti. [33]

Obr. 2.4: Graf závislosti průtoku vzduchu větrací mřížkou ECA-HY na relativní vlhkost vzduchu v dané místnosti [34]

Obr. 2.5: Ukázka návrhu odvodního talířového ventilu vel. 100 typu KOC v místnosti č. 2.14. [35]

Obr. 2.6: Charakteristický graf s vyznačenými pracovními body VZTJ Duplex MultiEco-N 4500 – vytvořeno pomocí programu ATREA DUPLEX

## Seznam tabulek

Použité zdroje tabulek jsou uvedené v popisu v hranatých závorkách a odkazují na citovanou literaturu.

Tab. 1.1: Nejčastěji obsažené části v hlavních typech VZT jednotek [7]

Tab. 1.2: Orientační hodnoty intenzity větrání dle místností [3]

Tab. 1.3: Množství přiváděného čerstvého vzduchu v provozovnách pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých [20]

Tab. 1.4: Teploty a množství odváděného vzduchu pro hygienická zařízení u obytných místností [21]

Tab. 1.5: Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu [20]

Tab. 1.6: Mikroklimatické podmínky pro sauny a přilehlé prostory [22]

Tab. 1.7: Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 [23] a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210 [24]

Tab. 2.1: Předpokládaný provozní časový řád sportovní haly

Tab. 2.2: Návrhové klimatické hodnoty venkovního vzduchu pro město Praha dle [28]



- Tab. 2.3: Požadované mikroklimatické hodnoty pro Hygienické zázemí – VZTJ 1
- Tab. 2.4: Požadované mikroklimatické hodnoty pro Relaxační místnost a saunu – VZTJ 2
- Tab. 2.5: Požadované mikroklimatické hodnoty pro Tělocvičnu – VZTJ 3
- Tab. 2.6: Dávky čerstvého vzduchu na zařízení pro Hygienické zázemí – VZTJ 1
- Tab. 2.7: Hygienické požadavky dle účelu místnosti – VZTJ 1
- Tab. 2.8: Koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu a produkce CO<sub>2</sub> od lidí
- Tab. 2.9: Bilanční tabulka pro nárazový přívod a odvod větracího vzduchu - VZTJ1
- Tab. 2.10: Vstupní údaje pro výpočet vlhkostních zisků z vodní plochy
- Tab. 2.11: Bilanční tabulka pro nárazový přívod a odvod větracího vzduchu – VZTJ2+V1
- Tab. 2.12: Návrhový počet osob v tělocvičně a produkce CO<sub>2</sub>
- Tab. 2.13: Bilanční tabulka pro nárazový přívod a odvod větracího vzduchu – VZTJ3
- Tab. 2.14: Základní parametry VZTJ č.1 – Duplex 4500 MultiEco-N
- Tab. 2.15: Základní parametry VZTJ č.2 – Duplex 800 MultiEco-N
- Tab. 2.16: Základní parametry VZTJ č.3 – Duplex 7500 MultiEco-N
- Tab. 2.17: Základní technické parametry ventilátoru V1 – KAM 400
- Tab. 2.18: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty přívodního potrubí VZT jednotky č. 1
- Tab. 2.19: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty odvodního potrubí VZT jednotky č. 1
- Tab. 2.20: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty přívodního potrubí VZT jednotky č. 2
- Tab. 2.21: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty odvodního potrubí VZT jednotky č. 2
- Tab. 2.22: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty přívodního potrubí VZT jednotky č. 3
- Tab. 2.23: Tabulka dimenze potrubí kritické cesty odvodního potrubí VZT jednotky č. 3
- Tab. 2.24: Tlakové ztráty třením v potrubí pro přívod k VZTJ č. 1
- Tab. 2.25: Tlakové vřazenými odpory v potrubí pro přívod k VZTJ č. 1
- Tab. 2.26: Tlakové ztráty třením v potrubí pro odvod k VZTJ č. 1
- Tab. 2.27: Tlakové ztráty vřazenými odpory v potrubí pro odvod k VZTJ č. 1

# Seznam zkratek, označení a veličin

## *Zkratky*

CAV	konstantní průtok vzduchu (constant air volume)
CBS	centrální bateriový systém
č.m.	číslo místnosti
DCV	Demand Control Ventilation
EC	elektronicky komutovaný
ErP	Energy Related Products = výrobky spojené se spotřebou energie
KKC	kongresové a kulturní centrum
OC	obchodní centrum
Os.	osoba
MaR	měření a regulace
MJ	měrná jednotka
SDK	sádrokarton
Sv.v.	světla výška
VAV	variabilní průtok vzduchu (variable air volume)
VZT	vzduchotechnická
VZTJ	vzduchotechnická jednotka
ZZT	zpětné získávání tepla
ŽB	železobeton

## *Fyzikální veličiny*

$\rho$	hustota, objemová hmotnost [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$\varphi, \text{Rh}$	relativní vlhkost [%]
$\beta$	součinitel přenosu hmoty [ $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ ]
$\lambda$	součinitel tření [-]
$\varepsilon$	relativní drsnost stěn [-]
$k$	absolutní drsnost stěn [mm]
$R_v$	Plynová konstanta pro vodní páru [ $\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$ ]
$g$	tíhové (gravitační zrychlení) [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

p	barometrický tlak [Pa]
$\Delta p$	rozdíl tlaků [Pa]
h	výška [m], entalpie vzduchu [kJ/kg s.v.]
t	čas [s;hod], teplota [°C]
T	aritmetický průměr teplot [K; °C]
x	měrná vlhkost vzduchu [g/kg <sub>s.v.</sub> ]
m	hmotnost [kg], produkce škodlivin [g/h]
n	počet osob [os]
v,w	rychlost [m/s]
V	objem [m <sup>3</sup> ], objemový průtok [m <sup>3</sup> /h]
A	plocha [m <sup>2</sup> ], hladina akustického tlaku [dB]
C	tlakový koeficient [-]
$\Psi$	koncentrace [g/g; ppm]
l	Skupenské teplo vypařování vody [J/kg.K], délka úseku [m]
I	intenzita [h <sup>-1</sup> ]
O	objem místnosti [m <sup>3</sup> ]
U	součinitel prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> K], obvod průtočného průřezu [m]
L <sub>w</sub>	hladina akustického výkonu [dB]
D <sub>e</sub>	rovnocenný (ekvivalentní) průměr čtyřhranného potrubí [m]
R	měrná tlaková ztráta třením [Pa/m]
d	průměr průtočného průřez [m]

### ***Indexy***

i	interiér
e	exteriér
p	přiváděný
o	odváděný
w	voda (water)
a	vzduch (air)
z	zima
l	léto
v.p.	vodní pára

## Seznam projektové dokumentace:

Výkres č. 1 – Rozvody VZT potrubí – půdorys 1.NP	M1:50
Výkres č. 2 – Rozvody VZT potrubí – půdorys 2.NP	M1:50
Výkres č. 3 – Rozvody VZT potrubí – půdorys 2.NP – tělocvična	M1:50
Výkres č. 4 – Rozvody VZT potrubí – půdorys střechy	M1:50
Výkres č. 5 – Rozvody VZT potrubí – řez A-A'	M1:50
Výkres č. 6 – Rozvody VZT potrubí – řez B-B'	M1:50
Výkres č. 7 – Rozvody VZT potrubí – řez C-C'	M1:50
Výkres č. 8 – Rozvody VZT potrubí – řez D-D'	M1:50
Výkres č. 9 – Detail D1 – výfuk vzduchu VKS	M1:10
Výkres č. 10 – Detail D2 – sání vzduchu S-VPF	M1:10
Výkres č. 11 – Výkaz místností 1.NP	
Výkres č. 12 – Výkaz místností 2.NP	
Výkres č. 13 – Výkaz prvků vzduchotechniky 1/2	
Výkres č. 14 – Výkaz prvků vzduchotechniky 2/2	
Výkres č. 15 – Vizualizace – 3D pohledy	
Výkres č. 16 – 3D schéma VZT rozvodů 1.NP a 2.NP	
Výkres č. 17 – 3D schéma VZT rozvodů tělocvična	