

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VĚTRÁNÍ MULTIFUNKČNÍHO OBJEKTU V ZÁBŘEHU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. Tomáš Tuháček

Vedoucí práce:

Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Tuháček Jméno: Tomáš Osobní číslo: 426307
Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Větrání multifunkčního objektu v Zábřehu

Název diplomové práce anglicky: Ventilation of a multifunctional building in Zábřeh

Pokyny pro vypracování:

Teoretická část:

Přehled způsobů větrání obytných a komerčních prostorů včetně hlavních ukazatelů, které se sledují při určování kvality vnitřního mikroklimatu.

Praktická část:

Projektová dokumentace větrání budovy v zadaném rozsahu. Výpočty potřeby množství větracího vzduchu, dimenzí potrubí včetně výpočtu tlakových ztrát a návrhu koncových prvků. Návrh a posouzení vzduchotechnických jednotek včetně ostatních souvisejících zařízení. Výkresová dokumentace (půdorysy, 3D pohledy a detaily, popřípadě řezy), technická zpráva s technickými podklady prvků a zařízení.

Seznam doporučené literatury:

František Drkal, Vladimír Zmrhal: Větrání, ČVUT Praha 2018

Gebauer G., Horká H., Rubinová O. Vzduchotechnika, Era - vydavatelství 2005

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 22.9.2020 Termín odevzdání diplomové práce: 3.1.2021

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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

22.9.2020

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne 31.12.2020

.....

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Ing. Stanislavu Frolíkovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, za jeho postřehy a odborný dohled. Také bych rád poděkoval mé rodině a všem blízkým, kteří mi byli po dobu studia podporou.

Abstrakt

Diplomová práce se zaměřuje na větrání multifukčního objektu v Zábřehu z hlediska výběru optimální varianty způsobu větrání. V textové části se budu věnovat možným způsobům větrání bytových jednotek a komerčních prostorů. V praktické části vypracuji projekt větrání multifukčního domu dle zvoleného nejvhodnějšího řešení.

Klíčová slova

- Větrání bytových jednotek
- Větrání komerčních prostorů
- Projekt vzduchotechniky

Abstract

The diploma thesis focuses on the ventilation of a multifunctional building in Zábřeh in terms of selecting suitable variants of ventilation. In the text part, we will focus on the possible way of ventilation of housing units and commercial premises. In the practical part I will work out a project of ventilation of a multifunctional house according to the chosen most suitable solution.

Klíčová slova

- Ventilation of housing units
- Ventilation of commercial premises
- Ventilation project

Obsah

1. Úvod	7
2. Požadavky na větrání prostorů	8
2.1. Požadavky na větrání obytných prostorů	8
2.2. Požadavky na větrání komerčních prostorů	11
3. Způsoby větrání budov – základní rozdělení	15
3.1. Varianty řešení větrání bytových jednotek	17
3.1.1. Provětrávání okny	17
3.1.2. Odtahový ventilátor	17
3.1.3. Lokální větrací jednotka	18
3.1.4. Rekuperační jednotka – rovnotlaké větrání	19
3.2. Varianty řešení větrání komerčních prostorů	22
3.2.1. Provětrávání okny	22
3.2.2. Větrací jednotka s ohřevem	22
3.2.3. Vzduchotechnická jednotka	22
3.2.4. Systém s proměnlivým průtokem vzduchu	23
3.2.5. Systém s fan-coily / indukčními jednotkami	24
4. Popis řešeného objektu	25
5. Závěr	29
5.1. Větrání bytu s dispozicí 1+kk – decentrální řešení	29
5.2. Větrání bytů s dispozicí 2+kk – decentrální řešení	30
5.3. Větrání bytu s dispozicí 2+kk a 3+kk – lokální rekuperační jednotky	31
5.4. Větrání kancelářských prostorů	32
5.5. Větrání obchodní jednotky	34
6. Seznam obrázků	35
7. Seznam zdrojů a citací	36

1. Úvod

Častým tématem při návrhu budov a jejich technických zařízení je snižování provozních nákladů a to ve všech oblastech. Tato snaha šetřit energiemi se týká také části větrání budov. V dnešní době bývá standard větrání pomocí rekuperačních vzduchotechnických jednotek, které dokáží zpětně získávat teplo z odváděného odpadního vzduchu. Těmito a dalšími opatřeními lze ušetřit nemalé finanční částky. V porovnání s dřívějšími způsoby přirozeného větrání okny se leckdy jedná o úspory přesahující polovinu nákladů na ohřev větracího vzduchu v budovách.

Cílem této práce je stanovení optimální varianty způsobu větrání pro zadaný multifukční objekt.

První část této práce se bude věnovat vytvoření přehledu způsobů větrání bytových jednotek a komerčních prostorů. Dále v této části vyberu vhodné řešení větrání a to jak pro bytovou část objektu, tak pro tu komerční.

V druhé části zpracuji pro tyto varianty projekt vzduchotechniky.

2. Požadavky na větrání prostorů

Při dnešním navrhování staveb musíme dbát na to, abychom zvolili vhodnou variantu řešení větrání místností, ve kterých se pohybují osoby. Způsob návrhu záleží na tom, jaký je účel dané místnosti, potažmo účel celé budovy.

2.1. Požadavky na větrání obytných prostorů

Norma ČSN EN 15665/Z1 udává níže uvedené minimální a doporučené hodnoty pro intenzitu větrání obytných prostorů, dávky venkovního čerstvého vzduchu na osobu a objemy vzduchu pro nárazové větrání.

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

Obrázek 1 - Hodnoty pro větrání obytných místností dle ČSN EN 15665/Z1 (1)

Těmito minimálními hodnotami se musíme řídit při návrhu objemu větracího vzduchu v obytných místnostech. Bývá pravidlem, že používáme spíše doporučené hodnoty než ty minimální. Ve výpočtu musíme u každé místnosti vždy porovnat hodnotu danou intenzitou výměny vzduchu a hodnotu dle počtu osob v místnosti. Z těchto dvou hodnot vybíráme vždy tu maximální. Do výpočtu objemu větracího vzduchu můžeme zakomponovat i níže uvedené sledované parametry.

- Výpočet objemu větracího vzduchu pro jednu osobu dle požadované vlhkosti:

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (x_i - x_p)}$$

kde:

V	množství přivedeného vzduchu	[m ³ h ⁻¹ na osobu]
G	produkce vlhkosti ve větraném interiéru - 40 g.h ⁻¹ os ⁻¹	[g.h ⁻¹ os ⁻¹]
x _i	měrná vlhkost interiérového vzduchu	[g.kg ⁻¹ s.v.]
x _p	měrná vlhkost přiváděného venkovního vzduchu	[g.kg ⁻¹ s.v.]
ρ	hustota vzduchu - při atmosférickém tlaku 101,3 kPa je pro 20°C 1,205 kg/m ³ , pro 23°C je 1,193 kg/m ³	[kg.m ⁻³]

$$V_{zimni_obdobi} = \frac{40 \text{ g/h}}{1,205 \text{ kg/m}^3 \cdot (6 - 3,5) \text{ g/kg}} = 13,28 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ na osobu}$$

$$V_{prechodne_obdobi} = \frac{40 \text{ g/h}}{1,205 \text{ kg/m}^3 \cdot (6,6 - 4) \text{ g/kg}} = 12,77 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ na osobu}$$

$$V_{letni_obdobi} = \frac{40 \text{ g/h}}{1,193 \text{ kg/m}^3 \cdot (9 - 6) \text{ g/kg}} = 11,07 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ na osobu}$$

Obrázek 2 - Výpočet potřeby vzduchu pro 1 osobu dle vlhkosti (2)

Z uvedených výpočtů je zřejmé, že pokud se budeme v případě produkce vlhkosti držet minimálních požadovaných hodnot, tak toto kritérium splníme.

- Výpočet objemu větracího vzduchu pro jednu osobu dle potřeby kyslíku:

$$V = \frac{m}{\rho - \rho_{\min}} = \frac{104,75 \text{ l/h}}{(0,2095 - 0,11)} = 1060 \text{ l/h} = 1,06 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ na osobu}$$

kde:

V	potřebné množství čerstvého vzduchu pro udržení minimálního množství kyslíku	[m ³ h ⁻¹ na osobu]
m	spotřeba kyslíku 104,75 l.h ⁻¹ os ⁻¹	[l.h ⁻¹ os ⁻¹]
ρ	koncentrace kyslíku ve venkovním přiváděném vzduchu - 20,95 %	[l.m ⁻³]
ρ _{min}	minimální množství potřebné k dýchání - 11 %	[l.m ⁻³]

Obrázek 3 – Výpočet potřeby vzduchu pro 1 osobu dle kyslíku (2)

Podle výpočtu, který uvádí potřebný objem vzduchu za hodinu pro jednu osobu z hlediska potřeby dodávání kyslíku je zřejmé, že při dodržení minimálních požadovaných hodnot čerstvého vzduchu na osobu dodržíme s velkou rezervou toto kritérium. Při samotném návrhu se nicméně musíme řídit maximální hodnotou ze všech sledovaných kritérií.

- Výpočet objemu větracího vzduchu pro jednu osobu dle koncentrace oxidu uhličitého:

$$V = \frac{m}{\rho_{\max} - \rho} = \frac{19 \text{ l/h}}{(1200 - 350) \text{ ppm} \cdot 10^{-3}} = 22,4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ na osobu}$$

kde:

V	potřebné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvýše přípustné koncentrace oxidu uhličitého	[l.h ⁻¹ na osobu]
m	produkce CO ₂ dýcháním - 19 l.h ⁻¹ os ⁻¹	[l.h ⁻¹ os ⁻¹]
ρ _{max}	maximální koncentrace v interiéru 1200 ppm dle EN CR 1752 CEN pro třídu "C"	[g.m ⁻³]
ρ	koncentrace CO ₂ ve venkovním přiváděném vzduchu - 350 ppm	[g.m ⁻³]

Obrázek 4 - Výpočet potřeby vzduchu pro 1 osobu dle oxidu uhličitého (2)

Kritérium řídicí se podle maximální dovolené koncentrace oxidu uhličitého v místnosti vychází z výše uvedených jako nejpřísnější. Z výpočtu je zřejmé, že se zde dostáváme těsně pod doporučenou dávku čerstvého vzduchu pro osobu 25 m³/h. Nicméně předpisy nám dovolují při návrhu použít minimální hodnotu 15 m³/h.

2.2. Požadavky na větrání komerčních prostorů

Dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. musí být minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště:

a) 25 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy **I** (Práce vsedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozornách a velínech, psaní na stroji, práce s PC, laboratorní práce, sestavování nebo třídění drobných lehkých předmětů) nebo **IIa** (Práce převážně vsedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží, řízení osobního vozidla, a některých drážních vozidel, přesouvání lehkých břemen nebo překonávání malých odporů, automatizované strojní opracovávání a montáž malých lehkých dílců, kusová práce nástrojářů a mechaniků, pokladní) - na pracovišti bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění

b) 50 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy **I** nebo **IIa** na pracovišti s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,

c) 70 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd **IIb** (Práce spojená s řízením nákladního vozidla, traktoru, autobusu, trolejbusu, tramvaje a některých drážních vozidel a práce řidičů spojená s vykládkou a nakládkou. Převažující práce vstojе s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou - dělnice v potravinářské výrobě, mechanici, strojní opracování a montáž středně těžkých dílců, práce na ručním lisu. Práce vstojе s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou spojená s přenášením břemen do 10 kg prodavači, lakýrníci, svařování, soustružení, strojové vrtání, dělník v ocelárně, valcír hutních materiálů, tažení nebo tlačení lehkých vozíků. Práce spojená s ruční manipulací s živým břemenem, práce zdravotní sestry nebo ošetrovatelky u lůžka.), **IIIa** (Práce vstojе s trvalým zapojením obou horních končetin občas v předklonu nebo vkleče, chůze -údržba strojů, mechanici, obsluha koksové baterie, práce ve stavebnictví - ukládání panelů na stavbách pomocí mechanizace, skladníci s občasným přenášením břemen do 15 kg, řezníci na jatkách, zpracování masa, pekaři, malíři pokojů, operátoři poloautomatických strojů, montážní práce na montážních linkách v automobilovém průmyslu, výroba kabeláže pro automobily, obsluha válcovacích tratí v kovoprůmyslu, hutní údržba, průmyslové žehlení prádla, čištění oken, ruční úklid velkých ploch, strojní výroba v dřevozpracujícím

průmyslu) nebo **IIIb** (Práce vstojí s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze, práce ve stavebnictví při tradiční výstavbě, čištění menších odlitků sbíječkou a broušením, příprava forem na 15 až 50 kg odlitky, foukači skla při výrobě velkých kusů, obsluha gumárenských lisů, práce na lisu v kovárnách, chůze po zvlněném terénu bez zátěže, zahradnické práce a práce v zemědělství)

d) 90 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd **IVa** (Práce spojená s rozsáhlou činností svalstva trupu, horních i dolních končetin - práce ve stavebnictví, práce s lopatou ve vzpřímené poloze, přenášení břemen o váze 25 kg, práce se sbíječkou, práce v lesnictví s jednomužnou motorovou pilou, svoz dřeva, práce v dole - chůze po rovině a v úklonu do 15°, práce ve slévárnách, čištění a broušení velkých odlitků, příprava forem pro velké odlitky, strojní kování menších kusů, plnění tlakových nádob plyny), **IVb** (Práce spojené s rozsáhlou a intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin - práce na pracovištích hlubinných dolů - ražba, těžba, doprava, práce v lomech, práce v zemědělství s vysokým podílem ruční práce, strojní kování větších kusů) nebo **V** (Práce spojené s rozsáhlou a velmi intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin- transport těžkých břemen např. pytlů s cementem, výkopové práce, práce sekerou při těžbě dřeva, chůze v úklonu 15 až 30°, ruční kování velkých kusů, práce na pracovištích hlubinných dolů s ruční ražbou v nízkých profilech důlních děl) (3)

Pokud je na pracovišti povoleno kouření, zvyšuje se dávka vzduchu o 10 m³.h⁻¹. Je-li na pracoviště přístup veřejnosti (např. supermarkety apod.), zvyšuje se množství přiváděného venkovního vzduchu úměrně předpokládané zátěži 0,2 až 0,3 osoby/m² nezastavěné podlahové plochy. (3)

Toto kritérium jsem v projektu větrání zohlednil dávkou 9m³/m² prodejní plochy. Tato hodnota splňuje s rezervou výše uvedené požadované hodnoty dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

Vyhláška č. 6/2003 Sb. dále stanovuje následující maximální přípustné limity koncentrací chemických ukazatelů a prachu:

Ukazatelé	jednotka	limit 4)
oxid dusičitý	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100
frakce prachu PM10 ¹⁾	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150
frakce prachu PM2,5 ²⁾	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	80
oxid uhelnatý	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	5000
ozón	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100
azbestová a minerální vlákna ³⁾	počet vláken $\cdot\text{m}^{-3}$	1000
amoniak	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200
benzen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	7
toluen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	300
suma xylenů	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200
styren	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	40
etylbenzen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200
formaldehyd	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	60
trichloretylen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150
tetrachloretylen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150

Obrázek 5 - Limity koncentrací dle vyhlášky č. 6/2003 Sb. (4)

Vysvětlivky:

- 1) Frakce prachu PM10 - prachové částice s převládající velikostí částic o průměru 10 μm , které projdou speciálním selektivním filtrem s 50% účinností.
- 2) Frakce prachu PM2.5 - prachové částice s převládající velikostí částic o průměru 2,5 μm , které projdou speciálním selektivním filtrem s 50% účinností.
- 3) Průměr vlákna < 3 μm , délka vlákna > 5 μm , poměr délky a průměru vlákna je > 3:1.
- 4) Limity jsou stanoveny pro koncentrace látek vztažené na standardní podmínky. (4)

Dále také udává požadované hodnoty pro odvod vzduchu z hygienických prostorů a jejich teploty:

	Teplota vzduchu t_i (°C)	Množství odváděného vzduchu za hodinu
Umývárny	22	30 m^3 na 1 umyvadlo
Sprchy	25	35 - 110 m^3 na 1 sprchu
WC	18	50 m^3 na 1 mísu 25 m^3 na 1 pisoár

Obrázek 6 - Požadavky na hygienické zázemí dle vyhlášky č. 6/2003 Sb. (4)

Vyhláška také omezuje maximální rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech a to konkrétně:

- V letních měsících: 0,16 – 0,25 m/s
- V zimních měsících: 0,13 – 0,20 m/s

a maximální limity relativní vlhkost v místnosti:

- Nejvýše 65% v letním období
- Nejméně 30% v zimním období (4)

3. Způsoby větrání budov – základní rozdělení

Obecně rozdělujeme způsoby větrání na tři základní druhy. Jedná se o větrání přirozené, nucené a hybridní.

Přirozené větrání

Přirozené větrání je založené na využívání přírodních jevů. Zpravidla jde o vznik vztaku vzduchu daný rozdílnými měrnými hmotnostmi vnitřního a venkovního vzduchu. Dále se využívá účinků větru pro provětrání prostoru.

Mezi základní druhy přirozeného větrání patří:

- Infiltrace – využívání netěsností v obvodových konstrukcích (např. okna), dnešní normy však netěsnosti v obálce budovy nepřipouštějí
- Šachtové větrání – zde se využívá komínového efektu, šachta ústí v co nejvyšším možném místě a ve větraném prostoru jsou co nejnižše umístěny otvory pro přívod vzduchu, rozdíl tlaků mezi vnitřním a venkovním prostředím způsobuje proudění vzduchu v budově
- Aerace – využívá podobný princip jako šachtové větrání s tím rozdílem, že přívodní i odvodní otvory jsou umístěné v daném prostoru
- Provětrávání – jedná se o velice častý způsob větrání dříve navrhovaných obytných budov i kancelářských prostorů, využívá se zde účinnost větru pro dosažení výměny vzduchu v místnosti pomocí otevřených oken, z dnešního hlediska vnímáme tuto variantu řešení jako neekonomickou, jelikož musíme vyměněný vzduch v zimních měsících dohřívát pomocí otopné soustavy

Nucené větrání

Princip nuceného větrání spočívá ve využívání technologií pro dosažení změny tlaku v prostoru. Jedná se o využívání ventilátorů, které jsou instalovány buď samostatně jako jeden prvek nebo do potrubí.

Rozdělit můžeme tento typ větrání dle způsobeného tlaku v místnosti:

- Přetlakové – princip spočívá ve vytváření přetlaku v místnosti pomocí většího množství přiváděného vzduchu oproti množství odváděnému, zvyšování tlaku je vyrovnáváno únikem vzduchu přes obálku daného prostoru, tento typ větrání

používáme především v prostorech, ve kterých chceme zamezit vnikání škodlivin z okolních místností – jsou to typicky čisté prostory (operační sály apod.)

- Podtlakové – tento způsob je přesně opačný přetlakovému – z místnosti odvádíme větší množství vzduchu, než do něj přivádíme, snižování tlaku je vyrovnáváno nasáváním přes obálku prostoru, často se používá v hygienickém zázemí – odtud chceme zabránit pronikání pachů a nečistot do okolních prostor
- Rovnotlaké – do daného prostoru přivádíme stejné množství vzduchu, jako z něj odvádíme, nevznikají zde tlakové změny, které by musely být kompenzovány

Nucené větrání se také rozděluje podle míry obslužnosti větracího zařízení a to takto:

- Centrální systém – jedná se o centrální řešení větrání pro celý objekt nebo jeho funkční celek, toto řešení disponuje větrací jednotkou s možností úpravy výstupních parametrů vzduchu
- Lokální systém – lokální větrací jednotky obsluhují ve většině případů jednu místnost a starají se o výměnu vzduchu, která většinou nebývá doplněna dalšími funkcemi jako ohřev, vlhčení vzduchu atd., některé však dokáží využít princip rekuperace tepla

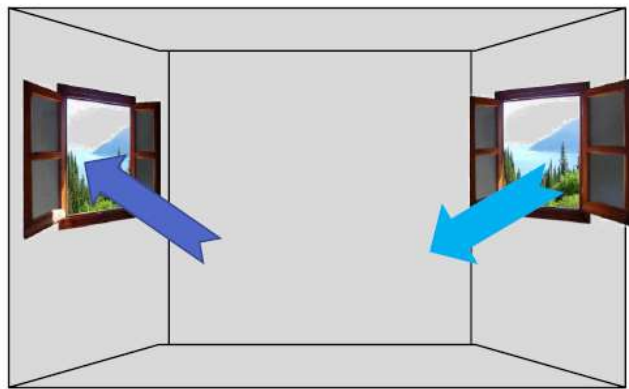
Hybridní větrání

Tento způsob větrání využívá jak funkce přirozeného, tak nuceného větrání. Jedná se o kombinaci, která má zajišťovat dosažení příjemného vnitřního mikroklimatu za využití co nejmenšího množství spotřebované energie. V principu se jedná o přirozené větrání, do kterého je zakomponován systém nuceného větrání. Ten je spouštěn jen ve chvílích, kdy přirozené větrání není schopno samostatně udržet požadovaný vnitřní stav prostředí.

3.1. Varianty řešení větrání bytových jednotek

3.1.1 Provětrávání okny

Do nedávna často používaný způsob větrání rodinných domů a bytových jednotek. V současné době jsou projektanti, vzhledem k přísnějším norem, nuceni použít jiné řešení, které dokáže zajistit trvalé větrání bez nutnosti obsluhy. Toto řešení je také nevhodné z hlediska zvyšování tepelné ztráty místností a potřeby dimenzování výkonnějších otopných těles v budově pro dohřátí venkovního vzduchu. Obecně se toto řešení už dnes nedoporučuje navrhovat.

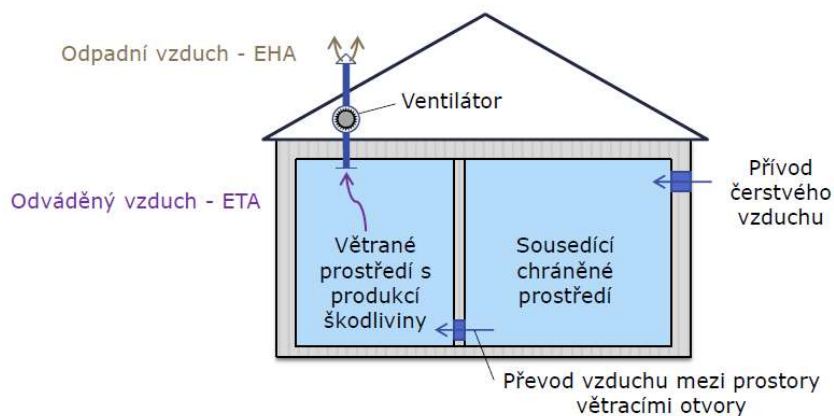


Obrázek 7 - Přirozené větrání (5)

3.1.2 Odtahový ventilátor

V minulosti byl nejčastějším způsobem nuceného větrání bytů a rodinných domů podtlakový systém. Ventilátory umístěné v koupelně a na WC nárazově odváděly znehodnocený vzduch instalační šachtou, případně přímo přes fasádu objektu. Odváděný vzduch byl hrazen infiltrací, která je ale z dnešního pohledu nežádoucí. Pokud nejsme schopni odváděné množství vzduchu nějakým způsobem přivádět, stává se tento systém nefunkčním. (6)

Tyto odťahové ventilátory je možné napojit na interiérová čidla, která hlídají koncentraci námi požadovaných veličin a podle toho upravovat svůj chod.



Obrázek 8 - Odtahový ventilátor (5)

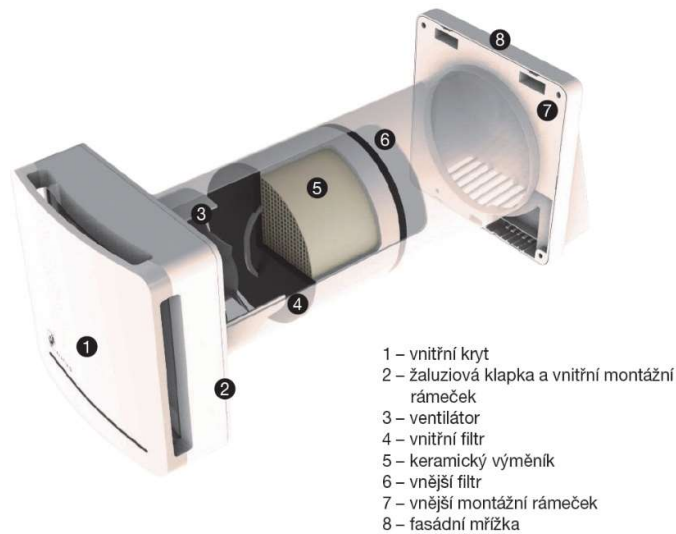
3.1.3 Lokální větrací jednotka

Lokální větrací jednotka funguje jak samostatně, tak ve spolupráci s dalšími jednotkami. Tyto zařízení se instalují do obvodové stěny, ve které musí být předem připravený otvor zpravidla kruhového průřezu. Samotná technologie systému bývá umístěna v tubusu ve stěně nebo v nástěnném boxu v interiéru.

Ty samostatné jednotky v sobě obsahují přívodní i odvodní potrubí, kde každé má svůj malý ventilátor. Jedná se o zmenšenou verzi rekuperační jednotky s výkonem dostačujícím pro běžnou místnost.

Druhá možnost jsou jednotky, které fungují ve spolupráci s dalšími. U této varianty je chod větrání daného prostoru založen na tom, že je jedna část zařízení v režimu odvodu vzduchu a ta druhá v režimu přívodu. Jednotlivé součty těchto toků by se měly sobě rovnat, aby nevytvářeli změny tlakových poměrů v prostoru. Při nabití rekuperátoru u zařízení s režimem odvodu vzduchu se tok otočí a přívádění vzduch získává teplo toho odváděného.

Existují i varianty jednotek, které neobsahují keramický či jiný výměník pro rekuperaci energie. Ty se ale spíše používají v provozech s nebytovým charakterem, protože v zimních měsících pouštějí do prostoru studený venkovní vzduch.



Obrázek 9 - Lokální větrací jednotka (7)

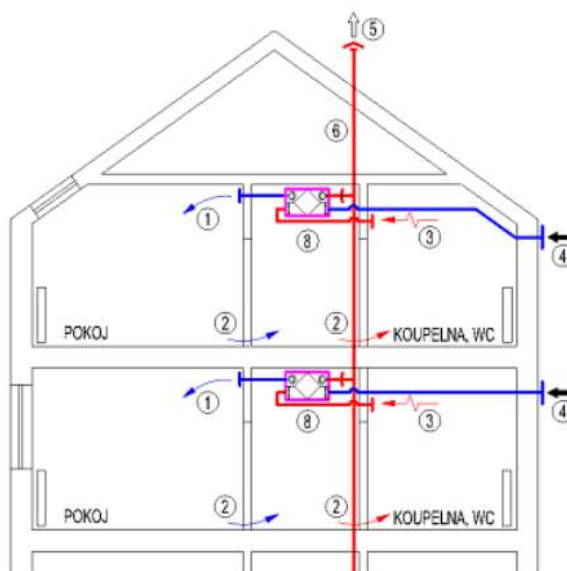
3.1.4 Rekuperační jednotka – rovnotlaké větrání

Nucené rovnotlaké větrání představuje vyšší kvalitu větrání než nucené podtlakové větrání, resp. hybridní větrání. Použije se však i tam, kde není z hygienických důvodů možné zajistit přívod vzduchu podtlakem z obvodové stěny, např. při požadavku na přívod méně znečištěného vzduchu než je venkovní ovzduší (např. v blízkosti zdroje znečištění, nebo komunikace), nebo tehdy, je-li venkovní prostředí zatíženo nadměrným hlukem, který nelze utlumit přívodními elementy podtlakových systémů (obytný prostor přilehlý k rušné komunikaci).

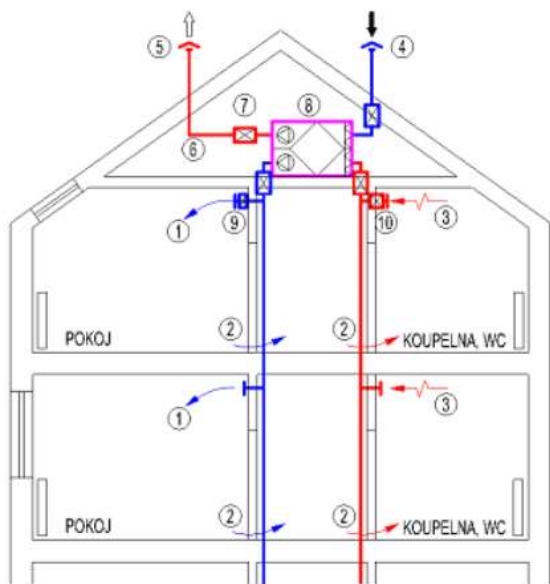
Rovnotlaké větrací systémy zajišťují nucený přívod čerstvého vzduchu a současně odvod vzduchu znehodnoceného. Výhodou nuceného rovnotlakého systému větrání je možnost využití zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu, čímž se výrazně snižuje spotřeba tepla na ohřev venkovního vzduchu. Pro dopravu vzduchu slouží většinou dvojice ventilátorů umístěných v kompaktní vzduchotechnické jednotce, která obsahuje zpravidla filtraci atmosférického vzduchu, výměník ZZT, případně ohřivač (např. pro teplovzdušné vytápění). Větrací zařízení slouží pro přívod a předehřev venkovního vzduchu, dohřev vzduchu je uskutečňován otopnou soustavou, nebo ohřivačem. Ventilátory mají možnost regulace výkonu v několika stupních (regulace otáček), což umožňuje ovládat zařízení na základě aktuálních požadavků (vlhkost, koncentrace CO₂ apod.).

Nevýhodou oproti podtlakovým systémům mohou být vyšší pořizovací náklady, vyšší spotřeba energie pro pohon ventilátorů, které musí hradit tlakovou ztrátu vzduchovodů a prvků větrací jednotky (především výměníku ZZT), dále pak prostorové nároky pro umístění zařízení větrání a vzduchovodů. (8)

Pro větrání bytových jednotek je možné v tomto případě využít lokálních rekuperačních jednotek nebo centrální jednotky pro celý objekt. Lokální jednotky obsluhují samostatný úsek – byt. Ty centrální slouží pro celý bytový dům a mají společné potrubní vedení. Na jednotlivých odbočkách k bytům bývají instalovány regulační boxy, které slouží pro uživatelské nastavení intenzity větrání daného bytu, případně pro úplné zavření.



Obrázek 10 - Lokální rekuperační jednotky (8)



Obrázek 11 - Centrální rekuperační jednotka (8)

3.2. Varianty řešení větrání komerčních prostorů

3.2.1 Provětrávání okny

Jak jsem již zmínil v části „3.1 Varianty řešení větrání bytových jednotek“, tak i u větrání kanceláří bylo dříve používáno větrání okny jako jediný zdroj čerstvého vzduchu. Podle mého názoru je toto řešení více nevhodné právě u kanceláří než u bytových domů. Je to způsobeno tím, že kancelářské prostory bývají častěji situovány v dostupnějších a tím pádem i rušnějších částech měst a obcí. To s sebou nese vyšší hladinu hluku z okolí a při používání větrání pomocí oken by se výrazně uživatelům budov zhoršily podmínky pro práci a to nejen hlukem, ale i nečistotami z venkovního vzduchu.

3.2.2 Větrací jednotka s ohřevem

Řešení větrání pomocí větrací jednotky s ohřevem vzduchu funguje na principu dvou větracích jednotek. Samostatně je řešen přívod vzduchu pomocí sestavy, která obsahuje filtraci vzduchu, ohřivač (vodní nebo elektrický), přívodní ventilátor a samotné rozvody vzduchu. Dále je instalována odvodní jednotka, která obsahuje filtraci, odvodní ventilátor a potrubní rozvody. Oba ventilátory pracují při stejných průtokových výkonech pro udržení rovnotlakého větrání.

Předností tohoto systému je jednoduchá a dostupná regulace, která může být řízená samotným uživatelem prostoru nebo na základě sledovaných veličin vnitřního vzduchu (teplota, koncentrace škodlivin apod.). Na druhou stranu je zde absence zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu, čímž se tato varianta stává méně ekonomicky přijatelnou z hlediska provozních nákladů.

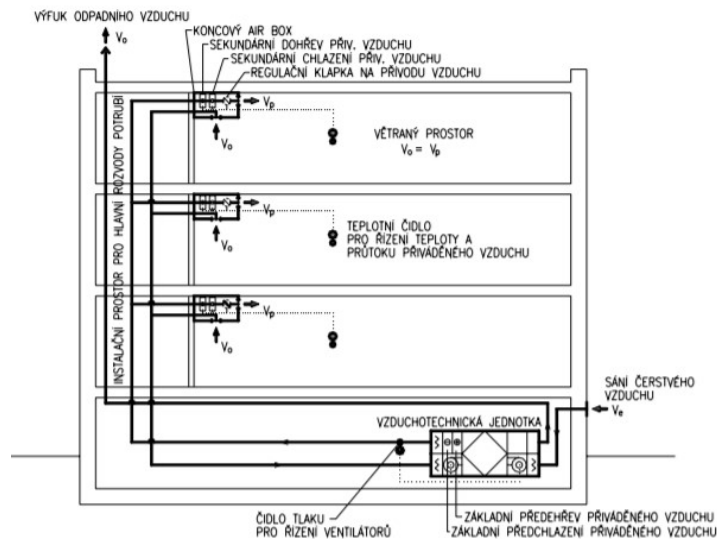
3.2.3 Vzduchotechnická jednotka

Pro větrání kanceláří je možné použití jak lokálních rekuperačních jednotek, tak centrální jednotky. Varianta s lokálními jednotkami se používá spíše v případech, že jsou jednotlivé sekce s kanceláři situovány v různých částech objektu. Mezi těmito sekcemi se mohou nacházet jiné samostatné provozy s odlišnými požadavky na kvalitu vzduchu a vedení společné potrubní sítě by bylo náročné nebo jsou od sebe tyto sekce daleko vzdálené. Více používaná je varianta centrální jednotky buď pro celý kancelářský objekt, nebo pro jeho velkou část – například patro.

Centrální jednotky jsou doplněny o systém zpětného získávání tepla, filtraci vzduchu, ohřivač a chladič. Výhody spočívají v rovnotlakém větrání celého objektu a přívodu čerstvého vzduchu s centrálně nastavenými parametry. Jako nevýhoda se může jevit absence možnosti úpravy parametrů vzduchu v jednotlivých místnostech. V zimních měsících si mohou uživatelé kanceláří teplotu upravovat nastavením topného systému v místnosti, což tuto nevýhodu může eliminovat. Naopak v letních měsících přichází potřeba snižovat teplotu v interiéru a kompenzovat tepelnou zátěž kanceláří. Pokud není systém doplněn možností upravovat uživatelsky přiváděný vzduch, tak se jako varianta používá samostatný systém chlazení objektu.

3.2.4 Systém s proměnlivým průtokem vzduchu

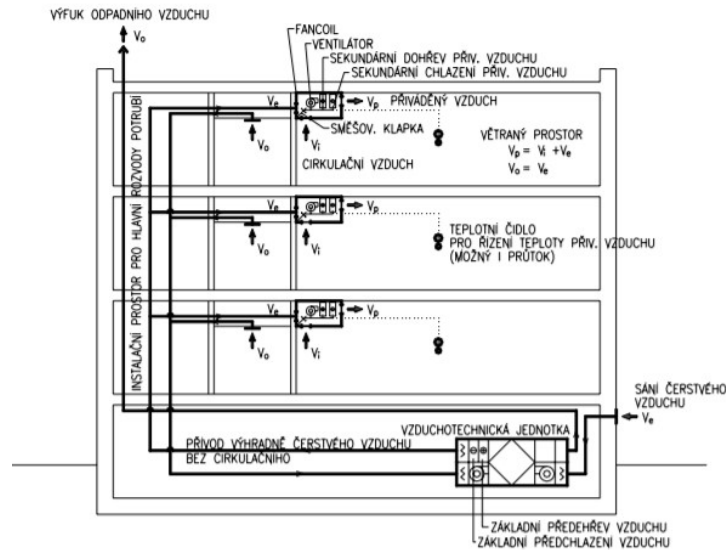
Jedná se o řešení větrání pomocí centrální jednotky, která je doplněna o soustavu VAV boxů (variable air volume). Každý úsek, popřípadě kancelář, je vybavena tímto prvkem. VAV box obsahuje regulační klapku pro úpravu množství přiváděného vzduchu. Dále obsahuje ohřivač a může se zde vyskytnout i chladič. Uživatel má možnost si přivádění vzduch upravovat podle svých potřeb.



Obrázek 12 - Větrání kanceláří pomocí VAV boxů (9)

3.2.5 Systém s fan-coily / indukčními jednotkami

Řešení větrání s využitím fan-coilů nebo indukčních jednotek je systém doplňující centrální vzduchotechnickou jednotku. Fan coily umožňují uživateli měnit koncové parametry přiváděného vzduchu pomocí sekundárního ohříváče a chladiče. Systém navíc pracuje s cirkulačním vzduchem pomocí směšovací klapky.



Obrázek 13 - Větrání pomocí fan-coilů / indukčních jednotek (9)

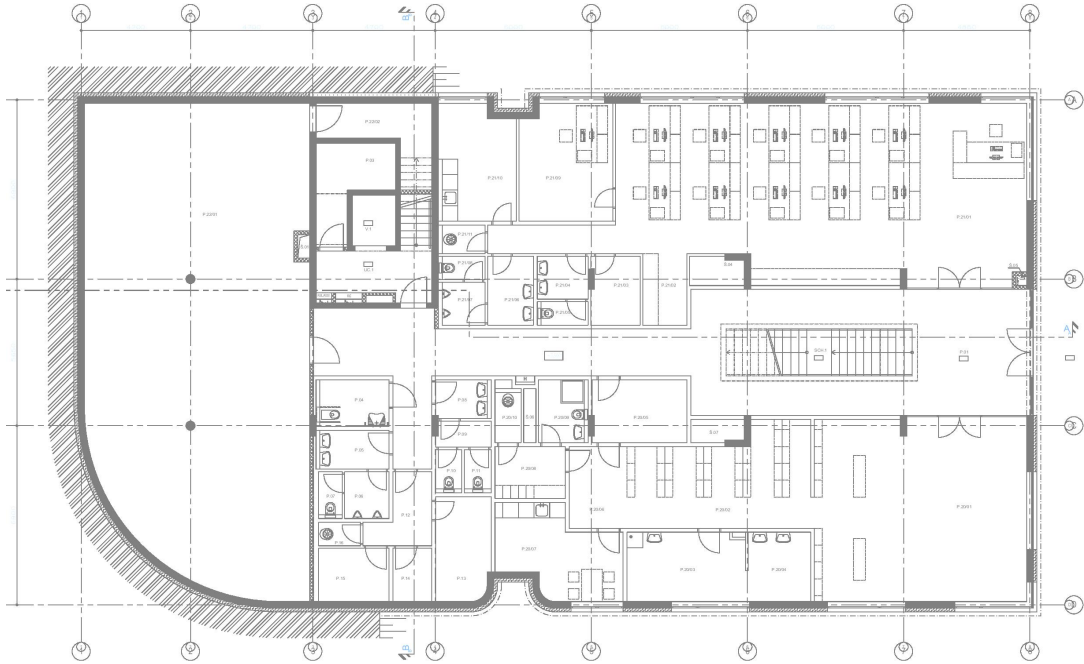
4. Popis řešeného objektu

Zadaný multifunkční objekt se nachází v Zábřehu v okrese Šumperk v Olomouckém kraji.

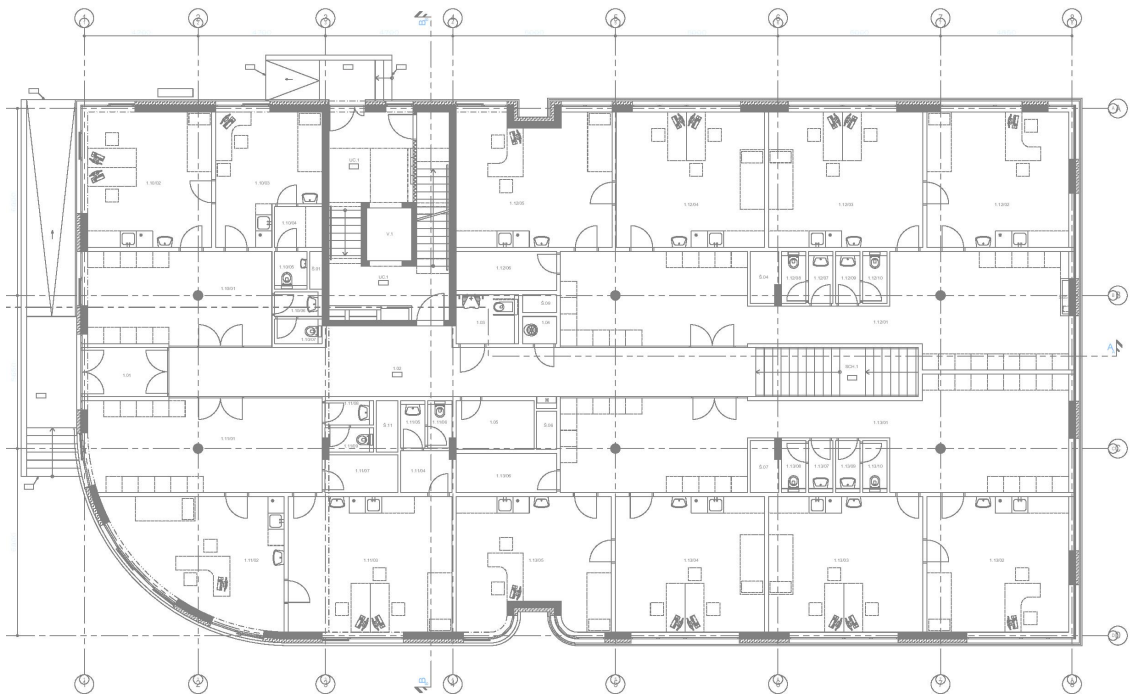
Jedná se o třípodlažní budovu s jedním podzemním podlažím, které slouží jako komerční prostor a je částečně zapuštěné v terénu. V 1.PP se nacházejí úklidové, hygienické a skladovací prostory. Dále pak dvě komerční jednotky, z nichž jedna je uvažována pro použití jako otevřená kancelář pro více osob, druhá pak jako prodejní plocha. V 1.NP se nacházejí čtyři kancelářské prostory. Bytové jednotky se nacházejí ve 2. – 3.NP. Ve 2.NP je konkrétně jeden byt s dispozicí 1+kk, potom jsou zde dva ateliéry a osm bytových jednotek s dispozicí 2+kk. Ve 3.NP se nachází jeden ateliér, jedna bytová jednotka 2+kk a čtyři bytové jednotky 3+kk.

Všechny patra jsou propojena schodišťovým prostorem s výtahem. Primární využívání tohoto schodiště je pro obyvatele bytů. Vstup do tohoto prostoru je ze severní části objektu. Dále je zde vstup z východní části, který obsluhuje komerční a kancelářské prostory. Mezi patry 1.PP a 1.NP je schodiště umístěné ve střední části budovy.

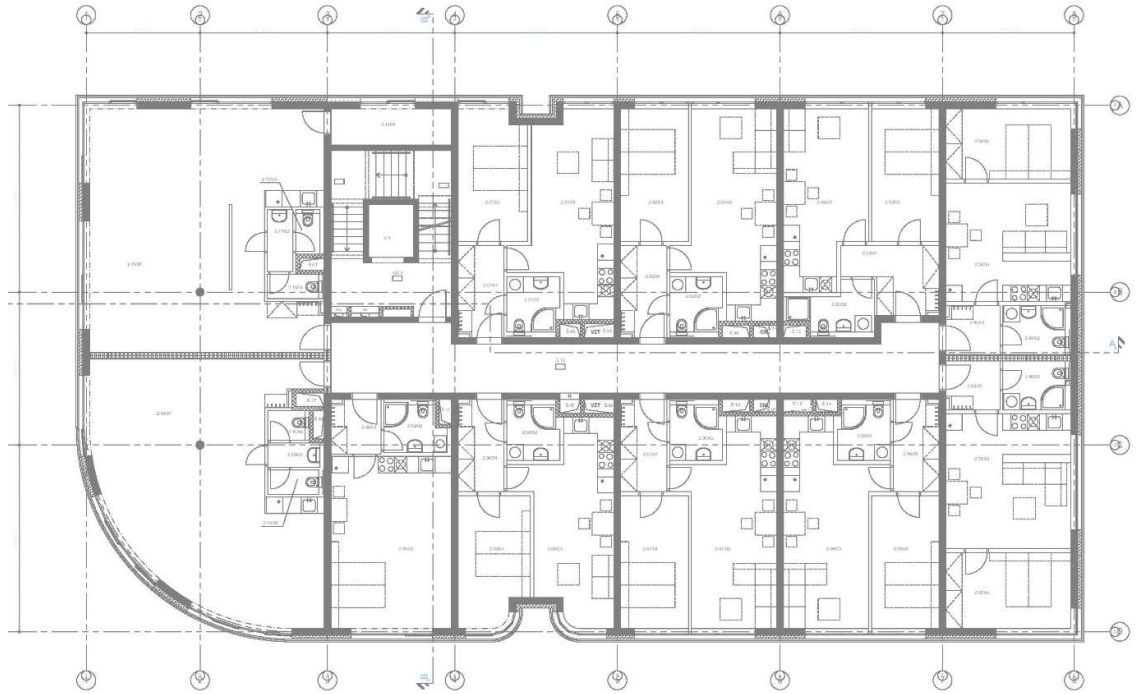
Konstrukční systém budovy je železobetonový stěnový obousměrný. Ve 3.NP přechází železobetonový systém ve zděný. Zateplení budovy je z minerální vaty tl. 150 mm. Nenosné příčky jsou sádkartonové tl. 100 až 150 mm. Instalační předstěny jsou ze stejného materiálu tl. 80-150 mm. Vodorovné nosné konstrukce jsou železobetonové desky obousměrně pnuté. Zateplení střešní roviny je z EPS 100 tl. 300 – 450 mm.



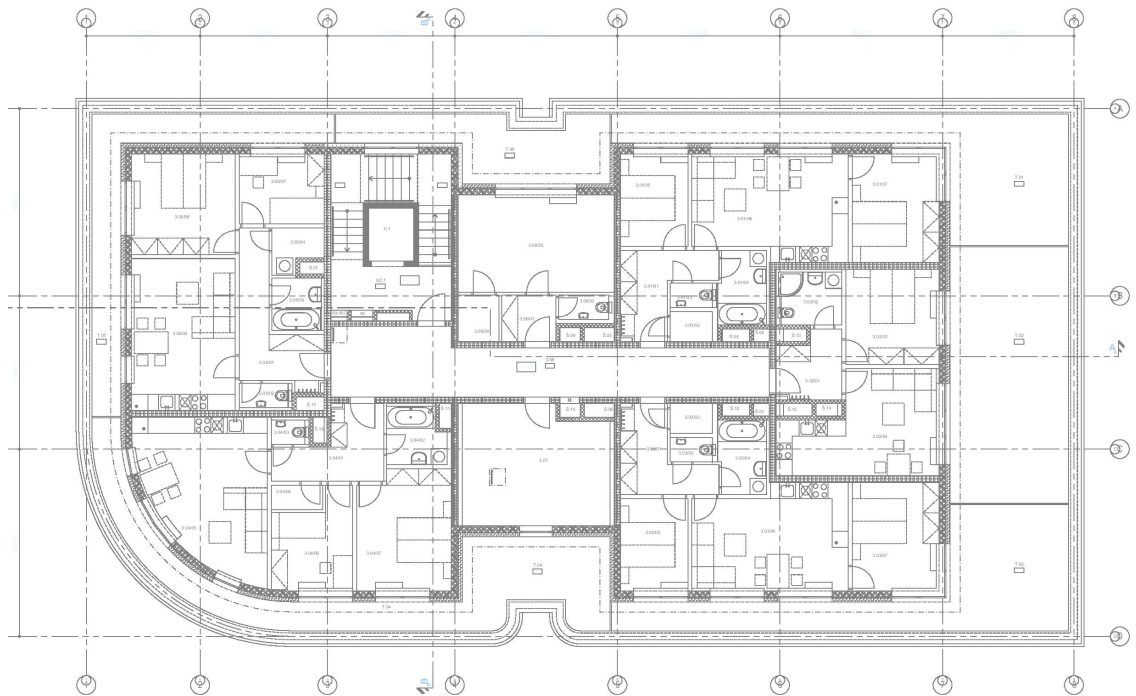
Obrázek 14 - půdorys 1.PP



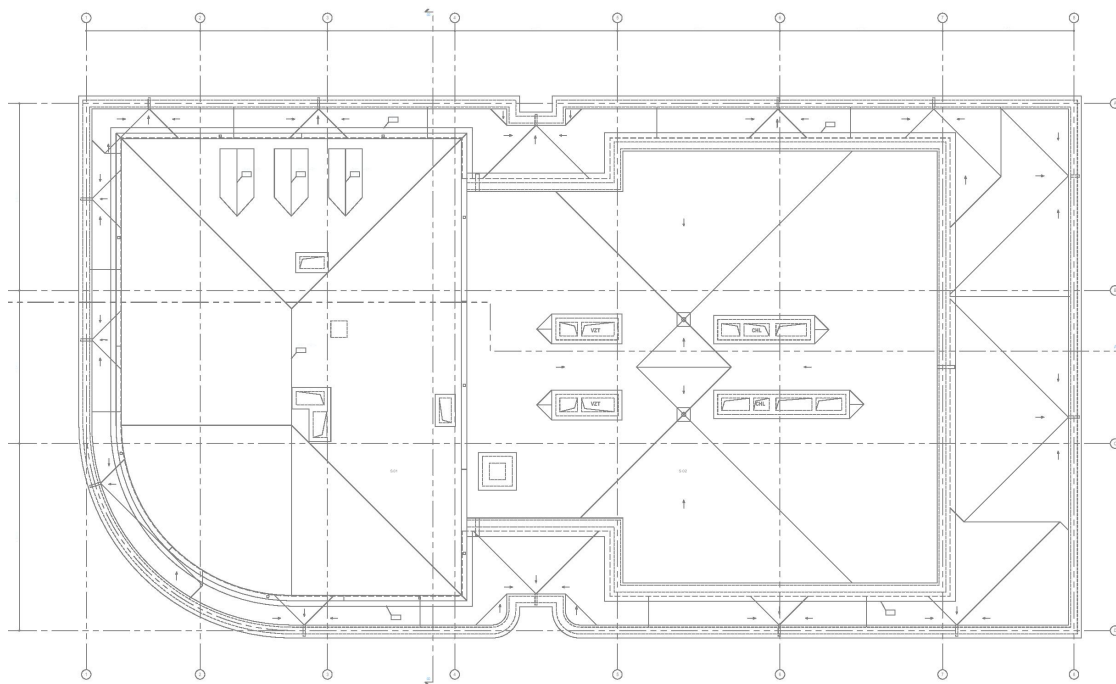
Obrázek 15 - půdorys 1.NP



Obrázek 16 - půdorys 2.NP



Obrázek 17 - půdorys 3.NP



Obrázek 18 - půdorys střechy

5. Závěr

Pro zadaný objekt jsem zvolil níže uvedené varianty řešení.

5.1. Větrání bytu s dispozicí 1+kk – decentrální řešení

Vzhledem k malému prostoru předsíně v bytě s dispozicí 1+kk jsem zvolil variantu decentrálního větrání pomocí nástěnné jednotky Rec Smart+ RC. Tato jednotka je určena pro větrání jedné místnosti s využitím rekuperace tepla. Výrobce ve svých podkladech uvádí, že je jednotka vhodná pro větrání místnosti do 40 m², což dotčená místnost splňuje.

Účinnost rekuperace dosahuje až 75%. Ovládání jednotky je zajištěno pomocí dálkového ovladače. Na tomto ovladači si uživatel může nastavit zapnutí a vypnutí jednotky, noční režim s tichým chodem ventilátoru a také režim „Boost“, při kterém jednotka disponuje maximálním výkonem. V jednotce jsou osazeny filtry vzduchu.

Pomocí této jednotky bude větraná obytná místnost bytu. Další dva systémy nárazového větrání jsou na tomto chodu nezávislé. Jedná se jednak o nucený odtah z koupelny a také o odvětrání digestoře.

Odvětrání z hygienického zázemí je řešeno pomocí samostatného ventilátoru umístěného v podhledu místnosti. Ten nasává vzduch přes odvodní talířový ventil v podhledu, dále vzduch proudí přes tlumič hluku a před napojením na stoupací potrubí je umístěná zpětná silikonová klapka. Stoupací potrubí je vyústěno na střechu a opatřeno krycí stříškou. V nejnižším místě je na potrubí osazena tvarovka pro napojení na odvod kondenzátu.

Druhý systém nárazového větrání je odtah digestoře. Toto vedení je také osazeno tlumičem hluku v prostoru kuchyně, dále zpětnou silikonovou klapkou umístěnou před napojením na stoupací potrubí a tvarovkou na nejnižším místě stoupačky pro odvod kondenzátu. Pro kompenzaci odváděného vzduchu je uvažován přívod čerstvého vzduchu pomocí otevřeného okna a to buď v poloze „ventilace“ nebo pomocí plně otevřeného křídla.



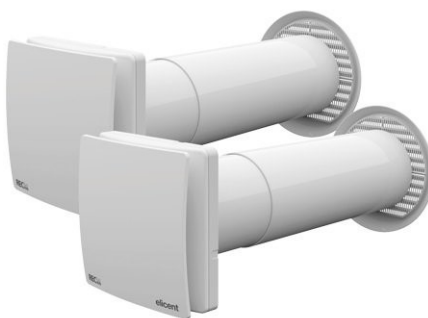
Obrázek 19 - Větrací jednotka Rec Smart (10)

5.2. Větrání bytů s dispozicí 2+kk – decentrální řešení

Dalším odlišným řešením je větrání třech bytů s dispozicí 2+kk, které nemají dostatek místa v předsíni na umístění rekuperační jednotky. Zde jsem zvolil podobný systém jako u bytové jednotky s dispozicí 1+kk. Systém má název Rec Duo 100 Plus RC. Rozdíl zde spočívá v počtu nástěnných jednotek a jejich chodu.

Zatímco u jednotky v bytě 1+kk se jedná o neustálý chod v režimu souběžného přívodu i odvodu vzduchu, tak u tohoto systému jsou jednotky umístěné dvě a každá má v daný moment opačný chod. To znamená, že v jednom intervalu první jednotka odsává vzduch a přitom nabíjí svůj rekuperátor. Druhá v tu samou chvíli vzduchu do místnosti přivádí přes už předem nabitý rekuperátor. V druhém intervalu se chod otočí a tímto způsobem jednotky zajišťují větrání obytných místností. K jednotkám je uživateli dodán ovladač pro úpravu chodu ventilátorů. Výrobce u tohoto systému udává účinnost rekuperace až 90%. V jednotkách jsou osazeny filtry třídy G3.

Nárazové větrání hygienického zázemí a odtah digestoře je řešen stejně jako u bytové jednotky 1+kk.



Obrázek 20 - Větrací jednotky Rec Duo (10)

5.3. Větrání bytu s dispozicí 2+kk a 3+kk – lokální rekuperační jednotky

U ostatních bytových jednotek jsem zvolil systém větrání pomocí lokálních rekuperačních jednotek umístěných vždy v podhledu předsíně. Jedná se konkrétně o jednotky od společnosti Atrea – model Duplex 250 Easy. Tato rekuperační jednotka je vhodná pro větrání bytů a menších rodinných domů.

Prívodní potrubí (e1) a odvodní potrubí (i2) je řešeno jako společné pro všechny byty. Stoupační potrubí jsou situovány uprostřed společné chodby. Ležaté společné rozvody jsou umístěny vždy v podhledu této chodby. Pro tento rozvod v podhledu bylo použito hranaté potrubí od společnosti Lindab. V horizontálním rozvodu se vyskytuje v dimenzích 300x150 mm a 400x200 mm. Ve vertikálním vedení se dimenze pohybují od 500x250 mm do 600x300 mm. Potrubí vyústěné na střeše je po průchodu střešní rovinou sklopeno do horizontální polohy a opatřeno šikmým kusem s mřížkou.

Přechody k jednotlivým rekuperačním jednotkám jsou řešeny buď pomocí přechodu z hranatého potrubí na kruhové, nebo díky atypické odbočce, která není součástí standardní nabídky výrobce potrubí.

Do samotné jednotky je přivedeno kruhové potrubí vždy o průměru 160 mm, což je dimenze přípojovacích hrdel. Před napojením jsou osazeny regulační klapky se servopohony. Ty mají jak regulační funkci, tak uzavírací. Klapky budou nastaveny tak, aby se při vypnutí jednotky zavřeli a zabránily provětrávání bytu ostatními jednotkami.

Vertikální společné vedení bude ve svém nejnižším místě opatřeno odvodem kondenzátu, stejně tak samotné jednotky. Ty vyžadují přípravu pro profesi ZTI – konkrétně odbočku v místě podhledu pro zajištění odvodu zkondenzované vodní páry.

V bytových jednotkách je navržen přívod vzduchu do obytných místností na základě výběru maximální hodnoty mezi minimální násobností výměny vzduchu v místnosti a daných objemem vzduchu pro osobu. Jako přívodní prvky jsem zvolil speciální talířové ventily pro přívod vzduchu v ložnicích a dětských pokojích. Do obývacích pokojů je vzduch přiváděn pomocí stěnových mřížek.

Odvod vzduchu je navržen z hygienického zázemí. Při chodu samotné jednotky jsou tedy neustále větrány koupelny a záchody daného bytu. Distribuční prvky jsou zde odvodní talířové ventily. Chodby bytových jednotek jsou tedy provětrávány vzduchem proudícím z obytných místností. U objemových toků do 100 m³/hod zajišťují mezi místnostmi pohyb vzduchu mezery pode dveřmi. Při tocích větších než tento limit byla navržena dveřní mřížka. Toto se týká zpravidla koupelen.

Každá rekuperační jednotka je tedy opatřena klapkami před hlavním vedením a dále tlumiči hluku a to na každé větvi – e1, e2, i1 a i2. Na přívodní větvi do bytu jsem umístil u každé jednotky elektrický ohřívač vzduchu s výkonem 700 W. Při výpočtových venkovních teplotách dokáže tento ohřívač dohřát přiváděný vzduch na požadovaných 20°C a disponuje dostatečnou rezervou pro případné zvýšení teploty z pozice uživatele.



Obrázek 21 - rekuperační jednotky Duplex Easy (11)

5.4. Větrání kancelářských prostorů

V zadaném objektu se nacházejí kancelářské prostory v částečně zapuštěném suterénu budovy, kde je uvažován prostor pro větší hromadnou kancelář a dále v 1.NP, které je určeno celé pro tento typ užívání.

Větrání kanceláří v 1.NP zajišťuje centrální rekuperační jednotka. Jedná se o typ Duplex Multi Eco 2500 od společnosti Atrea. Jednotka je umístěna v suterénu budovy ve strojovně vzduchotechniky. Nasávání čerstvého vzduchu do jednotky je pomocí větrací šachty umístěné před severní částí budovy. Tato šachta je společná pro přívod vzduchu do jednotek pro 1.PP a 1.NP. Odvodní větev odpadního vzduchu je vyvedena nad střešní rovinu a to hranatým potrubím dimenze 700x400 mm. Tato větev, stejně jako větrací šachta, je také společná pro obě patra.

Do jednotlivých kanceláří je vzduch přiváděn pomocí kruhového pozinkovaného potrubí. Přívodní a odvodní distribuční prvky jsou zde zvoleny anemostaty. Ty jsou opatřeny kruhovým ohebným tlumičem hluku před samotným nepojením a dále regulačními klapkami pro umožnění zaregulování soustavy. Přívodní anemostat je zpravidla umístěn blíže k fasádě, kde je uvažováno pracovní místo a odvodní anemostat u vchodových dveří do kanceláře.

Celkově se v každém patře jedná o rovnotlaké větrání centrální rekuperační jednotkou. Odvod vzduchu je řešen pomocí již zmíněného odtahu v kancelářích a dále díky odtahu vzduchu z hygienického zázemí. Tento odvod je kompenzován vždy přívodem v komunikačních prostorech daného úseku. Odvodní prvky v hygienickém zázemí jsou zvoleny jako talířové ventily.

Dostatečné provětrání kancelářských jednotek je zajištěno pomocí vhodně umístěných distribučních prvků. Čerstvý vzduch je přiváděn nad samotnými uživateli a tím zajišťuje vytlačování znehodnoceného vzduchu směrem ke dveřím, kde je odsáván.

U hromadné kanceláře je tento způsob provětrání podobný s tím rozdílem, že přívodního vzduchu je více než odvodního a ten kompenzuje odtah z hygienického zázemí.



Obrázek 22 - větrací jednotka MultiEco (11)

5.5. Větrání obchodní jednotky

Obchodní jednotka, umístěná v částečně zapuštěném suterénu, je větrána centrální jednotkou, která obsluhuje zároveň i hromadnou kancelář. Stejně jako přízemí, tak i toto patro obsluhuje samostatná jednotka Duplex Multi Eco 2500 od společnosti Atrea. Jednotka je situována ve strojovně vzduchotechniky vedle té pro 1.NP. Obě jednotky jsou opatřeny tlumiči hluku na všech přípojovacích hrdlech. Také v sobě obsahují vodní ohřívač vzduchu a přímý chladič. Ten počítá s venkovní split jednotkou pro chlazení v letních měsících.

Množství větracího vzduchu jsem zvolil na základě přepokládaného počtu zaměstnanců a požadované výměny vzduchu na metr čtvereční provozovny. Tato hodnota byla zvolena jako 9 m³ vzduchu na jeden metr čtvereční prodejny za hodinu.

Způsob provětrání prostoru je v místě pokladny zvolen stejný jako u kanceláří – přívod nad zaměstnanci a odvod nad protější stěnou. V místě prodejny, kde jsou umístěny prodejní regály, je tento model nahrazen prostřídáním přívodních a odvodních prvků za sebou.

6. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Hodnoty pro větrání obytných místností dle ČSN EN 15665/Z1 (1).....	8
Obrázek 2 - Výpočet potřeby vzduchu pro 1 osobu dle vlhkosti (2)	9
Obrázek 3 – Výpočet potřeby vzduchu pro 1 osobu dle kyslíku (2).....	9
Obrázek 4 - Výpočet potřeby vzduchu pro 1 osobu dle oxidu uhličitého (2).....	10
Obrázek 5 - Limity koncentrací dle vyhlášky č. 6/2003 Sb. (4).....	13
Obrázek 6 - Požadavky na hygienické zázemí dle vyhlášky č. 6/2003 Sb. (4)	13
Obrázek 7 - Přirozené větrání (5).....	17
Obrázek 8 - Odtahový ventilátor (5)	18
Obrázek 9 - Lokální větrací jednotka (7).....	19
Obrázek 10 - Lokální rekuperační jednotky (8).....	20
Obrázek 11 - Centrální rekuperační jednotka (8).....	21
Obrázek 12 - Větrání kanceláří pomocí VAV boxů (9)	23
Obrázek 13 - Větrací pomocí fan-coilů / indukčních jednotek (9)	24
Obrázek 14 - půdorys 1.PP	26
Obrázek 15 - půdorys 1.NP.....	26
Obrázek 16 - půdorys 2.NP.....	27
Obrázek 17 - půdorys 3.NP.....	27
Obrázek 18 - půdorys střechy	28
Obrázek 19 - Větrací jednotka Rec Smart (10).....	30
Obrázek 20 - Větrací jednotky Rec Duo (10)	30
Obrázek 21 - rekuperační jednotky Duplex Easy (11)	32
Obrázek 22 - větrací jednotka MultiEco (11)	33

7. Seznam zdrojů a citací

1. ČSN EN 15665 (127021) *Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov, rok 2009.*
2. Doležilková, Ing. Hana. *Bytové větrání ve vztahu k produkci CO₂, vlhkosti a škodlivin (II)*, dostupné na "<https://vetrani.tzb-info.cz/vnitřni-prostredi/3042-bytove-vetrani-ve-vztahu-k-produkci-co2-vlhkosti-a-skodlivin-ii>".
3. *Nářízení vlády č. 361/2007 Sb.: Nářízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci: In 2007, číslo 361.*
4. *Vyhláška č. 6/2003 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. In 2003, ročník 2003, číslo 6.*
5. Ing. Daniel Adamovský, Ph.D. *Přednáška č. 3, předmět Technická zařízení budov 2, Katedra Technických zařízení budov K125, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.*
6. Multi-VAC, spol. s.r.o. *brozura-Rezidencni-vetrani-WEB.pdf* - dostupné na "<https://www.multivac.cz/media/cache/file/0a/brozura-Rezidencni-vetrani-WEB.pdf>".
7. ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s.r.o. *RESPIRO - lokální větrací jednotka s rekuperací*, dostupné na "<http://www.elektrodesign.cz/web/cs/web/aktuality/nove-vyrobyk/respiro-lokalni-vetraci-jednotka-s-rekuperaci>".
8. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. a Petlach, Ing. Jiří. *Systémy větrání obytných budov*, dostupné na "<https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>".
9. Ing. Daniel Adamovský, Ph.D. *Poklady pro předmět TZ02*, dostupné na "http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2a/cviceni/3_centralni_vzt/du-3-podklad-pro-studenty.pdf".
10. Multi-VAC spol. s.r.o. *Decentrální rekuperační jednotky*, dostupné na "<https://www.multivac.cz/produkty/rekuperacni-jednotky-do-jedne-mistnosti>".
11. Atrea spol. s.r.o. *Systémy pro rodinné domy a byty*, dostupné na "<https://www.atrea.cz/>".