

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Technická fakulta**  
**Katedra technologických zařízení staveb**



**Bakalářská práce**

**Větrání, vytápění a klimatizace ve školních budovách**

**Jan Schovánek**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Schovánek

Procesní inženýrství  
Technologická zařízení staveb

Název práce

Větrání, vytápění a klimatizace ve školních budovách

Název anglicky

Ventilation, heating and air conditioning in school buildings

---

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnotit kvalitu větrání, vytápění a klimatizace v prostorách školní budovy. Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah provést zhodnocení vnitřního prostředí v odlišných provozních podmínkách školních budov. V bakalářské práci uvést princip základního vzduchotechnického výpočtu, zvolit vhodnou metodiku měření potřebných parametrů a na základě vlastních výpočtů, měření a úvah navrhnout vhodná opatření a řešení pro dodržení předepsaných parametrů v praxi.

Metodika

Úvod

Cíl práce

Současný stav sledované problematiky

Metodika práce

Výsledky a diskuse

Závěr a doporučení

Seznam použitých zdrojů

Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu

Klíčová slova

Čistota vzduchu; pohoda prostředí; stavba; tepelná bilance, vzduchotechnika.

---

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace.

Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Počinková, M.-Čuprová, D.-Rubinová, O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.

Széklyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.

Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.

---

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2019

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 13. 05. 2021

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Větrání, vytápění a klimatizace ve školních budovách vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne .....

\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce prof. Ing. Pavlovi Kicovi, DrSc. za odborné vedení a rady při zpracování bakalářské práce. Mé poděkování patří také vedení i zaměstnancům mateřské školy za ochotu a poskytnutí důležitých podkladů.

# Větrání, vytápění a klimatizace ve školních budovách

---

## Ventilation, heating and air conditioning in school buildings

### **Souhrn**

Bakalářská práce se zabývá problematikou vytápění, větrání a klimatizace budov se zaměřením na školní budovy. Teoretická část se věnuje platným normám, které upřesňují, jaké parametry vnitřního prostředí mají být dodrženy. Porovnává principy a systémová řešení využívaná v praxi. Praktická část se věnuje zhodnocení stavu budovy, návrhu opatření a technických zařízení budov, pro dodržení stanovených parametrů uvnitř budovy.

### **Summary**

The Bachelor thesis deals with a subject of heating, ventilation and air conditioning in school buildings. The theoretical part of this work describes available standards defining the required parameters for indoor environment, solutions and system approaches to be applied there. The practical part evaluates the condition of buildings as well as design specifications for technical installations that meet the parameters set for the indoor environment.

### **Klíčová slova:**

Čistota vzduchu, pohoda prostředí, stavba, tepelná bilance, vzduchotechnika.

### **Keywords:**

Air purity, well-being environment, building, heat balance, air conditioning.

## Obsah

1	ÚVOD .....	8
2	CÍL PRÁCE.....	9
3	SOUČASNÝ STAV SLEDOVANÉ PROBLEMATIKY .....	10
3.1	Současný pohled na vytápění.....	12
3.1.1	Energetické zdroje pro vytápění objektů .....	14
3.1.2	Otopné plochy pro vytápění.....	17
3.2	Současný pohled na větrání objektu .....	20
3.2.1	Přirozené větrání objektu.....	21
3.2.2	Nucené větrání objektu .....	22
3.3	Současný pohled na klimatizaci objektu.....	22
4	METODIKA PRÁCE.....	24
4.1	Metodika návrhu otopného systému a zdroje tepla .....	24
4.2	Metodika návrhu systému větrání.....	24
4.3	Metodika návrhu klimatizačního systému .....	25
5	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	26
5.1	Zhodnocení stavu budovy.....	26
5.2	Návrh systémového řešení.....	28
5.2.1	Větrání .....	28
5.2.2	Vytápění.....	31
5.2.3	Klimatizace .....	31
5.3	Navržený způsob větrání .....	34
5.4	Navržený způsob vytápění.....	35
5.5	Navržený způsob klimatizace .....	35
5.6	Diskuze.....	35
6	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ .....	37
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	39

# 1 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá současným pohledem na vytápění, větrání a klimatizaci se zaměřením na technická zařízení ve školních budovách. Člověk v dnešní době tráví významnou část života uvnitř budov. Zvyšováním životní úrovně a technické vyspělosti se kladou čím dál vyšší požadavky na mikroklimatické podmínky v objektech, které významně ovlivňují technická zařízení budov. Technická zařízení budov označuje obor, který se profesně zaměřuje na zařízení a systémová řešení použitá v objektu. Zabezpečují pohodu prostředí a bezproblémový provoz budovy. Část tohoto oboru se věnuje systémům pro větrání, vytápění a klimatizaci. Soubor těchto systémových řešení má za úkol zabezpečit optimální mikroklima ve vnitřních prostorech objektů.

Teoretická část bakalářské práce prezentuje principy, systémová řešení sledované problematiky a v neposlední řadě legislativními požadavky pro vnitřní prostředí budov, které slouží pro předškolní a školní vzdělávání. Prezentované legislativní požadavky jsou platné pouze pro Českou republiku. V jiných státech jsou platné individuální legislativní požadavky a je nutné je dodržovat při hodnocení a návrhu technického zařízení staveb.

Praktická část řeší konkrétní příklad návrhu systému vytápění, větrání a klimatizace ve školní budově, konkrétně v Mateřské škole nacházející se v Královéhradeckém kraji. Budova školky byla dostavena v počátku třicátých let dvacátého století, uvedena do provozu 28.10.1924. Od té doby je využívána pro stejné účely. Slouží jako mateřská škola pro děti od 3 do 6 let a pro děti s odkladem školní docházky.



## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem bakalářské práce je zhodnotit kvalitu větrání, vytápění a klimatizace v prostorách školní budovy. Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah provést zhodnocení vnitřního prostředí v odlišných provozních podmínkách školních budov. V bakalářské práci uvést princip základního vzduchotechnického výpočtu, zvolit vhodnou metodiku měření potřebných parametrů a na základě vlastních výpočtů a úvah navrhnout vhodná opatření a řešení pro dodržení předepsaných parametrů v praxi.

Cíl práce byl upraven po dohodě s vedoucím práce panem prof. Ing. Kicem, DrSc. Z důvodu aktuální situace spojené s celosvětovou pandemií nebude provedeno praktické měření v řešeném objektu.

### 3 SOUČASNÝ STAV SLEDOVANÉ PROBLEMATIKY

Vytápění, větrání a klimatizace jsou technické systémy, které upravují vnitřní prostředí pro pobyt člověka, zvládat či technologické požadavky specializovaného provozu. V současné době je kladen vysoký nárok na kvalitu vnitřního prostředí. Je důležité hodnotit kvalitu prostředí, ve kterém lidé tráví většinu času. Kvalita vnitřního prostředí významně ovlivňuje efektivitu, zdravotní stav a psychickou pohodu člověka. Současný stav sledované problematiky je v této práci rozdělen na jednotlivá odvětví, které mohou být základně definovány jako systémy pro vytápění, systémy pro větrání a systémy pro klimatizování objektu. Tyto systémy spolu tvoří komplexní řešení pro samostatně řešené objekty a vzájemně se ovlivňují. S rozšiřováním a vývojem chytrých elektronických zařízení s nástupem 5G internetových sítí se zdokonalují ovládací systémy. Regulace systému pro vytápění, větrání a klimatizaci se implementací technologií vzdáleného přístupu a sledování parametrů v reálném čase také vyvíjí. [2, 11]

Hygienické předpisy stanovují, jaké parametry jsou sledovány a jaké mají v objektech dosahovat hodnot. „Požadavky na jednotlivé faktory vnitřního prostředí jsou řešeny vyhláškou č. 410/2005 Sb., ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. Jsou zde uvedeny požadavky na mikroklimatické podmínky a větrání, chemické látky a prašnost se řeší podle vyhlášky č. 6/2003 Sb. pro bytové prostory. Bohužel chybí limit pro koncentrace  $CO_2$ , jehož nárůst v utěsněných a nedostatečně větraných školních budovách může být vysoký a má za následek nadměrnou únavu, nesoustředěnost i drobné zdravotní obtíže žáků i učitelů.“ [11]

Jednotlivé předepsané hodnoty sledovaných parametrů jsou k dispozici v následujících tabulkách. (Tabulka 1, Tabulka 2)

Tabulka 1 - Hodnoty dávky čerstvého vzduchu ve školních zařízeních

Typ prostoru	Výměna vzduchu [ $m^3 \cdot h^{-1}$ ]
Učebny	20 až 30 na 1 žáka
Tělocvičny	20 až 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 využití tělocvičny	

Zdroj: [11]

Tabulka 2 - Příпустné parametry mikroklimatických podmínek ve školních budovách

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění $v_a$ [m.s <sup>-1</sup> ]	Relativní vlhkost <i>Rh</i> [%]
	$t_{g \text{ min}}$ [°C]	$t_{g \text{ opt}}$ [°C]	$t_{g \text{ max}}$ [°C]		
Učebny	20	22 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 65
Tělocvičny	18	20 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 65
Umývárny	20	22 ± 2	28	–	–
Sprchy	24	–	–	0,1 až 0,2	30 až 65
Záchody	18	–	–	0,1 až 0,2	30 až 65

Zdroj: [12]

Při návrhu vzduchotechnického systému je nutné vzít v úvahu také koncentraci škodlivých látek ve vnitřním prostoru, která se ve školních budovách odvíjí převážně od počtu osob přítomných v daném prostoru. Hygienické předpisy bohužel neuvádějí přesné povolené koncentrace. Je tedy na projektantovi zohlednit koncentraci CO<sub>2</sub> v prostoru. Zhodnocení je provedeno dle hodnot uvedených v hygienickém předpisu (Tabulka 3) popisující příznaky, které zapříčiňuje zvýšená koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu, hodnoty jsou uvedeny v jednotce [ppm], která vyjadřuje obsah molekul daného plynu (oxidu uhličitého) v 1 miliónu molekul látky (vzduchu). [1, 11]

Tabulka 3 - Účinky oxidu uhličitého na lidský organismus

Koncentrace [ppm]	Účinky
cca 350	úroveň venkovního prostředí
do 1000	doporučená úroveň CO <sub>2</sub> ve vnitřních prostorách
1200–1500	doporučená maximální úroveň CO <sub>2</sub> ve vnitřních prostorách
1000–2000	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000–5000	nastávají možné bolesti hlavy
5000	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000	nevolnost a zvýšený tep
> 15000	dýchací potíže
> 40000	možná ztráta vědomí

Zdroj: [11]

### 3.1 Současný pohled na vytápění

Všeobecný tlak na ekologii provozu se nevyhýbá ani systémům vytápění. Využívají se obnovitelné zdroje energie pro vytápění objektů a pro získávání energie pro pohon energetických zařízení budov.

Vytápění je stěžejní systém řešený v objektech. Úloha tohoto systému je zajistit tepelnou pohodu tak, aby člověku bylo v daném prostředí komfortně. Tepelná pohoda může být definována různě.

Definice dle pana Cihelky: „*Musí být dosaženo takových tepelných poměrů, při nichž člověku není ani chladno ani příliš teplo – člověk se cítí příjemně.*“ [1]

Tato definice je primitivní, ovšem naprosto vystihuje základní význam pojmu pohoda prostředí. Pohoda prostředí je individuální, pro každého je nastavena jinak. Snažíme se tedy navrhnout systém, který bude udržovat tepelnou pohodu pro takzvaného normálního člověka, je totiž nemožné vytvořit takové podmínky, aby ideálně vyhovovaly všem lidem. Je možné matematicky vyjádřit rovnici tepelné rovnováhy člověka rovnice (3.1). V praxi se používají hodnoty tepelného výkonu těla v návrhu systému vytápění případně klimatizace, aby nedocházelo ke zbytečnému přetápění místností při přítomnosti většího počtu lidí, například ve školních budovách a dalších budovách se zvýšeným počtem osob. [1, 3]

Rovnice tepelné pohody člověka [3]

$$Q_m = Q_d + Q_k + Q_r + Q_{ev} + Q_{res} \quad (3.1)$$

„*Prakticky zanedbatelné hodnoty má teplo odváděné vedením  $Q_d$ , dýcháním  $Q_{res}$  a pocením  $Q_{ev}$ . Tepelnou rovnováhu zásadním způsobem ovlivňuje teplo odváděné sáláním (radiací)  $Q_r$  a prouděním  $Q_k$  (cca 75 %).*“ [3]

Lze tedy zjednodušit rovnici (3.2) [3]

$$Q_k + Q_r = 0,75 * Q_m \quad (3.2)$$

$$Q_k = S * a_k * (t_r - t_v) \quad (3.3)$$

$$Q_r = S * a_r * (t_r - t_u) \quad (3.4)$$

Evropský standard ČSN EN 7730 definuje pro zjednodušení výpočtů a univerzálnost jednotku [met], která odpovídá měrné tepelné produkci klidné sedící osoby, 1 met = 58,2 [W/m<sup>2</sup>], hodnoty metabolického tepla jsou uvedeny v (Tabulce 4). V praxi jsou používány další možnosti vyjádření tepelného zisku prostředí od přítomných osob. Přepočtem přímo na průměrnou osobu, kdy je uvedena hodnota tepelného výkonu těla pro tzv. normální osobu. [3]

Tabulka 4 - Tepelný výkon metabolismu dle prováděné činnosti  
(ČSN EN 7730)

Aktivita	Metabolismus	
	[W/m <sup>2</sup> ]	[met]
Ležení	45	0,8
Sezení uvolněné	58	1
Činnost v sedě (kancelář, obydlí, škola, laboratoř)	70	1,2
Lehká činnost ve stoje (nakupování, laboratoř, lehký průmysl)	93	1,6
Středně namáhavá činnost ve stoje (prodavač, domácí práce, strojírenský závod)	116	2
Chůze po rovině 2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

Zdroj: [3]

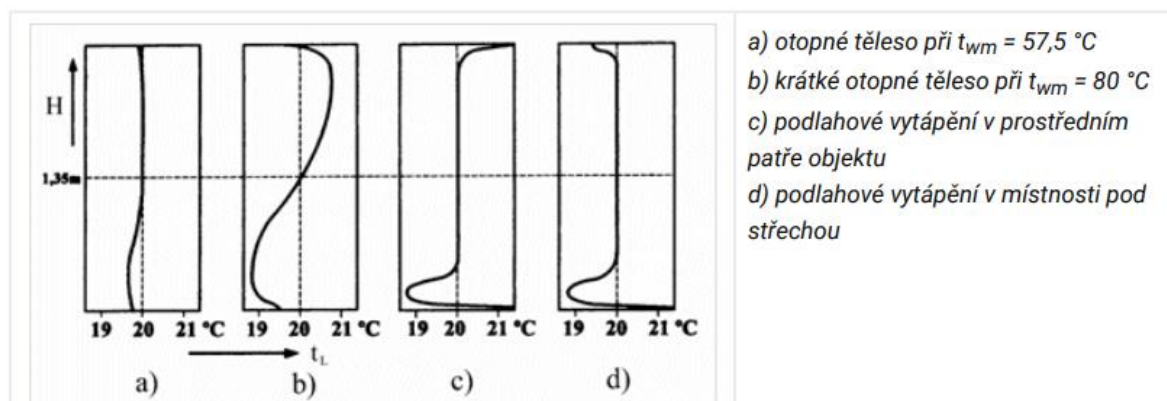
Systém vytápění je v dnešní době nejčastěji navrhován na tepelnou ztrátu objektu, která může být stanovena v posudku energetického specialisty, nebo vypočtena samostatně právě pro potřebu návrhu systému vytápění do objektu. Výpočet tepelných ztrát se řídí evropskou legislativou ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Tato norma popisuje výpočet výkonu potřebného pro vytápění objektu pomocí otopných ploch. [4]

Do návrhu systému vytápění zasahuje také stavební provedení jednotlivých částí objektu a jejich skladba, která je důležitá pro stanovení tepelných ztrát objektu. Normy nepředepisují, jakou skladbu má konstrukce přímo být, ale musí být dodrženy celkové vlastnosti jednotlivých stavebních konstrukcí, a to především hodnoty součinitele prostupu tepla, tyto hodnoty jsou uvedeny v příloze (Příloha 1). Hodnoty jsou dle normy ČSN 73 0540–2, která je v platnosti od roku 2011. „Tato norma stanovuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání, které zajišťují plnění základních požadavků na stavby, zejména hospodárné splnění základního požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu budov podle

*zvláštního předpisu a zajištění ochrany zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí. Platí pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončených budov. Tato norma neplatí pro budovy převážně velkoplošně otevřené, nafukovací haly, stany, mobilní buňky, skleníky, stájové objekty, chladírny a mrazírny a pro stavby bez požadavků na stav vnitřního prostředí, na které se nevztahuje základní požadavek na ochranu zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí a základní požadavek na úsporu energie a tepelnou ochranu budov.“ [8]*

Výsledná teplota v místnosti je nejdůležitější parametr, který se v objektech hodnotí. Zohledňuje teplotu okolních ploch. Stanovuje se pomocí takzvaného kulového teploměru, který zohledňuje i radiační složku tepelné energie v místnosti ohříváním povrchu kulového teploměru. Ovlivňuje ji také rychlost proudění vzduchu v místnosti. Z hlediska tepelné pohody je důležité, aby rozdíl teplot v oblasti hlavy a oblasti kotníků nepřesáhl 3 °C, tato hodnota je hraniční pro většinu lidí z hlediska tepelné pohody, při překročení tohoto teplotního rozdílu se osoba již necítí komfortně. Na (Obrázek 1) vidíme teplotní profil místnosti pro požadovanou vnitřní teplotu 20 °C, který zobrazuje naměřené výsledné teploty závislé na vzdálenosti od podlahy dle zvoleného typu otopné plochy. [3, 10]

Obrázek 1 - Vertikální teplotní profil vytápěné místnosti, pro  $t_i=20\text{ °C}$



Zdroj: [10]

### 3.1.1 Energetické zdroje pro vytápění objektů

Při výběru zdroje pro vytápění nehraje roli pouze technický návrh systému, ale také preference zákazníka. [3]

#### Tepelná čerpadla

Tato zařízení v dnešní době umožňují spolehlivé vytápění objektů, tepelná čerpadla mohou pro svojí funkci odebírat energii z různých zdrojů, těmito zdroji mohou být plošné kolektory, zemní vrty

a vzduch z okolního prostředí. Tyto varianty jsou pouze základním rozdělením, primární okruhy tepelných čerpadel mohou mít speciální aplikace do základů staveb, na dna vodních nádrží a další. Tepelná čerpadla pracují při různých teplotách provozu a s jiným topným faktorem (COP), který definuje jejich aktuální ekonomický provoz jedná se o poměr vyprodukované energie ku spotřebované energii. Topný faktor se v našich podnebních podmínkách pohybuje přibližně od 2 do 6, topný faktor má každé tepelné čerpadlo jiné a stanovuje se při různých teplotách. Jejich nesporná výhoda je možnost kombinace tepelného čerpadla s fotovoltaickými panely a využití vlastní vyrobené energie kolektorem k provozu tepelného čerpadla. [1, 2]

### **Fotovoltaické solární systémy**

Jedná se o elektronická zařízení vyrábějící elektřinu pomocí polovodičových součástek, mají podobu převážně plochých panelů. Panely pro optimální funkci musí být umístěné tak, aby byly co nejvíce osvětlené sluncem. Ideálně směrem na jih, v našich podmínkách, při osvětlení vytvářejí elektrickou energii, kterou je možné napřímo využívat pro vytápění objektu anebo jí akumulovat do systému baterií. Tyto baterie umožní využívat uloženou energii vytvořenou fotovoltaickými panely i v době, kdy nemají dostatečný osvit pro produkci elektrické energie. Jejich výhoda je možnost využití elektrické energie nejen na vytápění objektu, používají se i pro provoz dalších elektrických zařízení. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena systému. [5]

### **Fototermické solární systémy**

Jedná se o panely, které se umísťují také na co nejosvětlenější místo v našich podmínkách s ideální orientací na jih. Tyto panely ohřívají sluneční energií přímo kapalinu, která protéká panely v menším objemu na relativně velikou plochu, což umožní ohřátí kapaliny na vysokou teplotu. Záleží na typu solárního kolektoru, ohřívání kapaliny a aktuálním osvětlení. Pracovní teploty se pohybují od 40 °C do 135 °C, získanou tepelnou energii později pracovní kapalina odevzdá do jiného media a může být dále využita. Také mají nevýhodu, že při nízkém osvětlení nemá solární kolektor dostatečný výkon pro využití jako spolehlivého hlavního zdroje vytápění. Kolektor nedokáže celoročně dodávat dostatečné množství tepelné energie. Jejich výhodou je nízká pořizovací cena, nízké provozní náklady a jednoduché zapojení systému oproti fotovoltaickým systémům. [2]

### **Elektrické topné fólie**

Jedná se o jednoduché a funkční řešení. *„Využití topné fólie je praxí prověřené technické řešení elektrického sálavého podlahového topení. Topná fólie je tvořena vrstvou uhlíku, zalisovanou do plastové fólie. Tloušťka fólie s uhlíkem ve tvaru pásků je 0,338 mm, s uhlíkovou vrstvou v celé ploše je*

*0,5 mm. Spolu s tepelně izolačním a odrážecím (odráží teplo nahoru do místnosti a netopí dolů) podkladem tloušťka nepřesáhne 2,5 mm.“ [6]*

Tento systém má výhodu v jednoduchosti provedení a optimálního rozložení teplot v místnosti jako u teplovodního podlahového vytápění, bez nutnosti instalace podlahového rozvodu, bez zařízení kotelny včetně možnosti kombinace s fotovoltaickými panely. Je tedy možné vytápět na nižší teplotu při zachování tepelné pohody. Nevýhodou je technologická náročnost výroby fólií, citlivost na dodržení jejich správné instalace a vyšší náklady na vytápění, dány cenou elektrické energie. [6]

### **Kotle na tuhá paliva**

Tento způsob je již prověřen dlouhodobou historií. Výrobci kotlů a krbů se snaží zvyšovat účinnost spalování, zajišťovat automatický chod kotlů pomocí různě zpracovaných typů tuhých paliv ať už na pelety nebo brikety a další. Tyto paliva mohou být skladovány v zásobníku spalovacího zařízení a automaticky dávkovány. Výhody systému spočívají v jeho technické jednoduchosti. Do této kategorie patří také interiérové krby a krbové vložky. U těchto zařízení je nesporná výhoda z hlediska pohody prostředí a tou je velká složka sálavé energie, kterou tato zařízení produkují přímo v obytné místnosti. Nevýhodou je nutnost doplňovat palivo a samotná obsluha kotle, neumí pracovat dlouhodobě bez zásahu obsluhy. [3]

### **Kotle na elektrickou energii**

Toto zařízení přeměňuje elektrickou energii na tepelnou. Kotle mohou také využívat elektrickou energii z fotovoltaických systémů. Stále se využívají z důvodu své spolehlivosti a výkonnosti. Vzhledem ke stále nižším tepelným ztrátám objektů jsou využívány jako hlavní zdroj v objektech. Protože se celkové náklady na vytápění snižují a snižují se tím tedy i cenové rozdíly mezi jednotlivými způsoby vytápění. Jejich hlavní výhodou jsou nízké pořizovací náklady. Další výhodou je vysoký výkon při poměrně malém rozměru zařízení. Jejich nevýhodou je dlouhodobě drahý provoz v porovnání s dalšími způsoby vytápění. [3]

### **Kotle na plyn**

Jsou spolehlivým zdrojem energie. Moderní plynové kotle se považují za ekologický zdroj vytápění, i když v něm dochází k hoření. Je to z toho důvodu, že dochází k téměř dokonalému spalování, a tedy emise skleníkových plynů i dalších látek škodlivých pro životní prostředí je na velmi nízké úrovni. Mají také výhodu ve spolehlivosti a jednoduchosti instalace, nevýhodou je nutnost odvodu spalin. Provozní náklady těchto zařízení jsou nižší než při použití elektrického kotle. Nevýhodou je nutnost plynové přípojky nebo zásobníku plynu v blízkosti. [3]



### **Lokální zařízení na vytápění**

Do této kategorie spadají infrazářiče, elektrické radiátory, konvektory, plynové zářiče, sálavé topné panely menších rozměrů a teplovzdušné jednotky. Tato zařízení mají odlišné konstrukční řešení. Dalo by se říci, že jsou velmi energeticky náročné na svůj provoz. Jejich hlavní výhoda spočívá v rychlém náběhu, možnosti být konstruovány jako přenosná zařízení a jednoduché instalaci. Nevýhodou je nákladný provoz. Nutnost více zařízení pro vytápění jednotlivých prostorů. V mnoha případech je vysoká povrchová teplota zařízení a hluk vznikající přímo ve vytápěné místnosti. [3]

### **Kotle na LTO, TTO a naftu**

Tato zařízení jsou stále používány jako hlavní vytápěcí zařízení, pro dílny, sklady a další. Slouží také jako záložní zdroje energie v oblastech, kde není zaveden plynovod. Jejich ekologický dopad je vyšší než při spalování suchého dřeva v moderních kotlích a nižší než při spalování uhlí a koksu. Nespornou výhodou je nenáročné skladování paliva. Nevýhodou je převážně fosilní původ paliva, tedy jeho způsob získávání a technologicky náročný proces jeho zisku z ropy. [3]

### **Centrální zásobování teplem**

Tento způsob je využívám pro vytápění objektů pomocí tepla vyráběného technologií, kterou by bylo neekonomické, nebo nerealizovatelné provozovat lokálně. Využívají se tedy teplovody, které distribuují horkou vodu či páru potrubím do míst využití, kde se pomocí předávací stanice využije potřebný výkon dodávaný teplárnou. Je možné tímto způsobem také využít odpadní teplo vzniklé jako vedlejší produkt nějaké činnosti. Výhodou je centralizovaná struktura zařízení, které dokáže ekonomicky konkurovat běžným způsobům vytápění a využívat použitá paliva s vyšší účinností. [3]

#### **3.1.2 Otopné plochy pro vytápění**

*„Otopné plochy jsou nedílnou součástí otopné soustavy. Jedná se o tepelné výměníky, jejichž účelem je předávat vyrobené teplo do vytápěného prostoru, a to v takovém množství a takovým způsobem, aby byla zajištěna požadovaná kvalita tepelné pohody. Na tu mají zásadní vliv: směr a rychlost proudění vzduchu ve vytápěném prostoru, rozložení teplot (teplotní profil) ve vytápěném prostoru a povrchové teploty okolních ploch s ohledem na jejich sálavý účinek. Vzhledem k tomu, že jednotlivé typy a druhy otopných ploch zajišťují různou úroveň uvedených parametrů, je třeba jejich návrhu věnovat patřičnou pozornost s ohledem na účel a využití daných prostor.“ [9]*

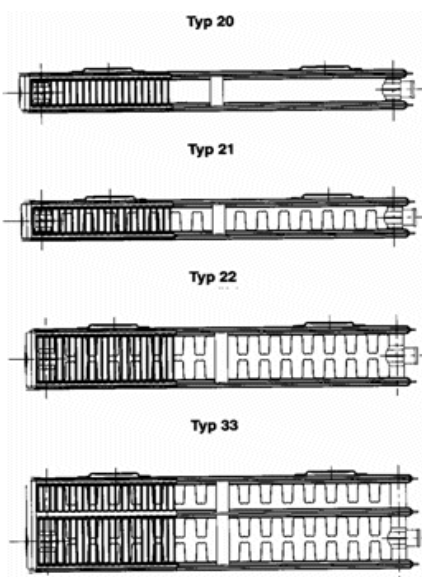
Otopné plochy se z hlediska funkce rozdělují na sálavé a konvekční. V praxi to znamená, jakou převažující formou je tepelná energie předávána do prostoru z daného tepelného zdroje. [3]

K přenosu tepla dochází mezi dvěma prostory, která tento přenos umožňují. Je to proces nevratný, tento proces popisují zákony termodynamiky. První zákon termodynamiky je zákon zachování energie ( $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$ ). Druhý zákon říká: „Přeměna tepla na práci je možná jen za určitých podmínek. Teplo nemůže přecházet z chladnějšího tělesa na teplejší bez vynaložení práce.“ [3]

### Desková otopná tělesa

Tělesa mohou být jednodesková či složena z více desek, schematicky naznačené na (Obrázek 2). Pro zvýšení teplosměnné plochy na straně proudícího vzduchu jsou mezi desky vloženy tvarované plechové přestupní plochy, těmi neproudí kapalina, využívají tepelnou vodivost použitého materiálu. Mohou dosahovat vysokých výkonů, jsou cenově dostupná, snadná na instalaci, neobsahují veliký objem vody, což zajišťuje rychlejší náběh na provozní teplotu. Nevýhodou je zabírání místa ve vnitřním prostoru budovy, možnost mechanického poškození, obtížné čištění vnitřních ploch. Tělesa jsou pohledová, mohou tedy být kontroverzní z hlediska estetiky. [9, 10]

Obrázek 2 - Typy deskových otopných těles



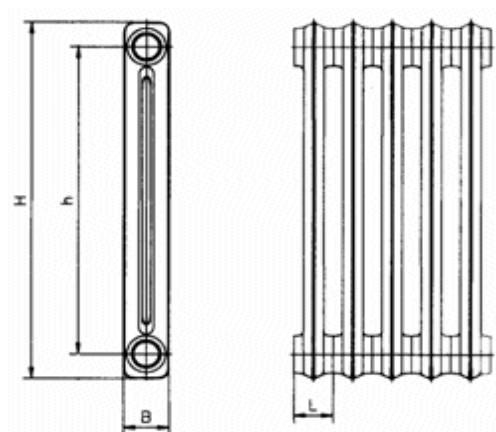
Zdroj: [9]

### Článeková otopná tělesa

Jsou složena z navazujících vzájemně vodotěsně spojených článků, schematicky zobrazeno (Obrázek 3). Jsou dodávány již sestavené. Výhodou může být vyšší akumulace tepelné energie v objemu vody

obsahující těleso. Nevýhodou je pomalejší náběh systému a vyšší hmotnost tělesa, dle použitého materiálu. Tělesa jsou také pohledová, mohou tedy být kontroverzní z hlediska estetiky. Litinová tělesa jsou často pohledově zakryta, musí být zajištěna možnost dostatečného proudění vzduchu pro optimální funkci tělesa. [3, 9]

Obrázek 3 - Článekové otopné těleso



Zdroj: [9]

### **Trubková otopná tělesa**

Jsou jednoduché otopné plochy tvořené ze spojovaných trubek, mohou tvořit registr více mezi sebou propojených kusů potrubí o větším průměru. Výhodou je velmi jednoduchá výroba. Často se využívají pro vytápění koupelen pro jejich praktické využití. [3, 9]

### **Konvektory**

Jsou tvořeny potrubím s dodatečně přidanými žebry pro zvětšení teplosměnné plochy. Jsou označovány dle jejich provedení jako podlahové, stěnové a skříňové. Proudění vzduchu může být přirozené nebo podpořené ventilátorem. Výhodou je vyšší výkon oproti trubkovým tělesům. Nevýhodou je zvýšení rychlosti proudění vzduchu a tím se víří prach v místnosti. [3, 9]

### **Vzduch jako teplotné médium**

K vytápění místností je možné využít i vzduchotechnická zařízení. Vzduch je vzhledem ke své tepelné kapacitě výrazně méně účinnější ve srovnání s vodou a dalšími médii, kterými je možné tepelnou

energii distribuovat. Tato řešení se navrhují do nízkoenergetických objektů, kde je nutné zajistit dostatečnou výměnu vzduchu a není nutné hradit vysoké tepelné ztráty objektu. A je tedy dostatečně zajištěno vytápění objektu i větrání vzduchotechnickou jednotkou. [2, 3]

Otopná tělesa a teplosměnné plochy mohou být vyrobená z různých materiálů. Je důležité, aby použité materiály měly dobrou tepelnou vodivost, proto se preferují kovové materiály například litina, ocel a hliník. Velkoplošné teplosměnné plochy mohou být provedeny i z plastového potrubí, které je instalováno v akumulární hmotě. [3]

### **3.2 Současný pohled na větrání objektu**

Větrání objektu se dělí na přirozené, nucené a kombinované.

Cílem větrání je zajistit požadovanou intenzitu výměny vzduchu, která může být hodnocena na základě objemu větrané místnosti a hygienického předpisu, který udává násobnost výměny vzduchu. Je důležité v prostorech, kde se vyskytuje větší počet lidí, zajistit dostatečnou dávku čerstvého vzduchu na osobu, která je také dána hygienickými předpisy. Dávka čerstvého vzduchu na osobu je při navrhování systému výměny vzduchu ve školních budovách klíčová (Tabulka 5). Hygienická norma ovšem neupřesňuje, zda se jedná o přívod vzduchu nebo o odtah, je tedy nutné správné vyložení předpisů pro zajištění pohody prostředí. Zásadou je, že v místnostech, kde je dlouhodobý pobyt osob se vzduch přivádí. V místech, kde škodlivina vzniká a nedochází zde k dlouhodobému pobytu osob se vzduch odvádí. [2, 3, 12]

*„Úkolem vzduchotechniky je ve spolupráci s vytápěním zajistit stav prostředí v uzavřených místnostech přes rušivé vlivy okolí nebo činnost člověka samotného, a to z hlediska jak čistoty vzduchu, tak tepelného stavu prostředí.“ [3]*

Vzhledem k trendu snižování energetické náročnosti budov se vyvíjí technologie výstavby objektů. Jsou průběžně upravovány normy, které stanovují, jakých parametrů konstrukcí a objektů je nutné dosáhnout. Snižováním energetické náročnosti se dosahuje také snižováním parametru průvzdušnosti obálky. Snižuje se množství ztraceného tepla netěsnostmi v konstrukci (infiltrací). [4, 8]

Požadavky na výměnu vzduchu v některých vnitřních prostorech podle § 11 vyhlášky MZ č. 108/2001 Sb.: *„Prostory zařízení pro výchovu a vzdělávání určené k trvalému pobytu musí být přímo větratelné.“ [11]*

Tabulka 5 - Požadavky na výměnu vzduchu dle MZ č.108/2001 sb.

Zařízení	Výměna vzduchu m <sup>3</sup> . h <sup>-1</sup>
Učebny	20 až 30 na 1 žáka
Tělocvičny	20 na 1 žáka
Šatny	20 na 1 šatní místo
Umývárny	30 na 1 umyvadlo
Sprchy	150 až 200 na 1 sprchu
Záchody	50 na 1 kabinu 25 na 1 pisoár

Zdroj: [11]

Dávku čerstvého vzduchu pro řešený vnitřní prostor tedy vypočteme z tabulky (Tabulka 5) dle vztahu (3.5) [3].

$$\dot{V}_p = o * \dot{V}_o \quad 3.5$$

Dávku čerstvého vzduchu můžeme také počítat pomocí doporučené intenzity výměny vzduchu, při běžném provozu místnosti, kdy se v místnosti nezdržuje velké množství osob a je nutné zajistit nárazové odvětrání při nízké produkci škodliviny dle vztahu (3.6) [3].

$$\dot{V}_i = i * V \quad 3.6$$

### 3.2.1 Přirozené větrání objektu

Využívá se převážně v rozlehlých objektech, která nejsou náročná z hlediska vytápění na komfortní teplotu. Převážně skladové haly. Tento způsob funguje na základě rozdílných teplot uvnitř objektu a vně, vliv má také rozdíl tlaku mezi spodním otvorem a horním otvorem v objektu. Vzduch se do objektu dostává infiltrací nedokonalostmi ve stavebních konstrukcích anebo aerací pomocí speciálních otvorů, které zvyšují intenzitu výměny vzduchu. Velikost otvoru je navržena dle specifického typu a velikosti budov. Jedná se o tzv. komínový efekt, kdy vzduch přirozeně proudí. Tento způsob větrání výrazně zvyšuje tepelné ztráty objektu a snižuje tepelnou pohodu. Jeho účinnost se mění dle aktuálních vnitřních a venkovních podmínek. Pokud dojde k vyrovnání teplot, je tento způsob téměř nefunkční a intenzita výměny vzduchu výrazně klesá. [3, 11]

### 3.2.2 Nucené větrání objektu

Využívá se pro větrání všech typů budov. Nucené větrání se rozděluje na přetlakové, podtlakové a rovnotlaké. Pro větrání běžných budov se převážně používá větrání rovnotlaké. Může být krátkodobě ovlivněno například samostatnou digestoří nebo dodatečným odtahem ze sociálního zařízení, pro zabránění významného šíření pachů z místa produkce. [2, 11]

Rovnotlaké větrání přivádí a zároveň odvádí stejné množství vzduchu. Pro různé provozy jsou vhodné odlišné tlakové poměry mezi místnostmi, například operační sály jsou větrány přetlakově, pro zabránění kontaminace z okolních místností. Kuchyně jsou větrány podtlakově pro zabránění šíření pachů do přilehlých prostor. Je tedy nutné zvolit správně i typ nuceného větrání z hlediska provozu místností či objektů. Pokud je ve větraném prostoru nějaké spalovací zařízení, je nutné větrání přizpůsobit tak, aby negativně neovlivňovalo proces spalování v zařízení. V tomto případě je samozřejmě přítomna i částečná výměna vzduchu infiltrací, vzhledem k těsnosti moderních domů je již pro optimální větrání objektu nedostatečná. [2, 12]

Nucené větrání objektu lze provést pomocí vzduchotechnické rekuperační jednotky, která obsahuje potřebné komponenty pro řízení a provoz ventilátoru. Obsahuje také tepelný výměník, který zajišťuje zpětné získávání tepla z odtahovaného vzduchu a jeho následné předání do přiváděného vzduchu. Tímto způsobem se významně snižuje tepelná ztráta větráním. [2]

### 3.3 Současný pohled na klimatizaci objektu

*„Úplná klimatizace objektu zahrnuje veškeré úpravy teploty, vlhkosti a čistoty celoročně na požadované parametry. Dílčí klimatizace slouží jen k částečné úpravě některých parametrů, např. je to úprava teploty chlazením v letním období.“ [12]*

MZ č. 108/2001 Sb. § 10 stanovuje maximální přípustnou výslednou teplotu v učebnách na 26 °C. Tento požadavek je přinejmenším náročné dodržet v letních měsících, bez instalace klimatizačního zařízení do jednotlivých tříd. Dále toto ustanovení zmiňuje, že tato teplota může být překročena při mimořádných vnějších mikroklimatických podmínkách. Tyto mikroklimatické podmínky nejsou definovány a není uvedeno, jak postupovat, pokud se teplota zvýší nad 26 °C. [11]

Klimatizace představuje hlavně způsob chlazení vnitřního prostředí objektu, výroba chladu je jeden z ekonomicky nejnáročnějších energetických procesů. Úkolem klimatizačního zařízení je kompenzovat tepelnou zátěž objektu. Tedy tepelné zisky objektu od vnitřního zařízení a tepelný tok pronikající do objektu skrz vnější obálku budovy. [3, 2]

Rozlišuje se chlazení aktivní a chlazení pasivní. Pasivní chlazení využívá nižší teplotu média, které je již chladnější než ochlazované medium. Jedná se tedy o využití principu druhého termodynamického zákona. Pro tento účel lze využít například primární zemní okruh tepelného čerpadla a pro distribuci je využíván otopný systém podlahového vytápění. Je možné využít i vzduchotechnický rozvod, při využití vhodného tepelného výměníku. [2, 3, 11]

Aktivní chlazení se dělí dle principu na vysokotlaké, nízkotlaké. Dle provedení na lokální a centrální. Aktivní chlazení využívá funkci tepelného čerpadla, které je schopné odebírat chlazenému mediu tepelnou energii pomocí chladiva, které se odpařuje při nízkých teplotách a tím odebírá chlazenému mediu výparné teplo potřebné k odpaření chladiva. Tento způsob je využíván již dlouhou dobu v chladírenských zařízeních. [3, 12]

## **4 METODIKA PRÁCE**

V práci budou zhodnoceny možné varianty systémového řešení vytápění, větrání a klimatizace objektů. Na základě zhodnocení ekologického, ekonomického hlediska a preferencí investora, kterým je Mateřská škola. Budou navrženy vhodná systémová opatření, která budou mít za úkol udržovat vhodné vnitřní mikroklima, dle legislativních požadavků.

### **4.1 Metodika návrhu otopného systému a zdroje tepla**

Otopný systém bude navržen na stanovenou energetickou potřebu objektu v průkazu Energetické náročnosti budovy. Investor má zájem o řešení s vysokými nároky na ekologický a bezúdržbový provoz. Je nutné ověřit vhodnost stávající otopné soustavy pro vytápění objektu. Při návrhu otopného systému a zdroje do novostavby je nutné navrhnout dostatečnou teplosměnnou plochu otopné soustavy v jednotlivých místnostech pro zajištění předání tepla vyrobeného zdrojem s ohledem na použitý teplotní spád otopné soustavy. Je důležité otopnou soustavu dimenzovat individuálně pro jednotlivé prostory, aby byla zajištěna tepelná pohoda prostředí.

Pro provozní ověření dodržování požadovaných parametrů vnitřního prostředí zajišťující systém vytápění je teplota měřena kulovým teploměrem. Teploměr měří teplotu vzduchu a zohledňuje sálavou složku energie okolních předmětů a ploch. Pro ověření maximální povrchové teploty otopných ploch je vhodný bezkontaktní infračervený teploměr.

### **4.2 Metodika návrhu systému větrání**

Systém větrání bude navržen na individuální provozní podmínky v jednotlivých místnostech, dle intenzity vzniku škodlivin. Prostory pro běžnou výuku a pobyt žáků budou řešeny dle dávky čerstvého vzduchu na žáka uvedených v tabulce (Tabulka 5). Místnosti se speciálním využitím, například kuchyně, laboratoře a další budou řešeny individuálně, dle platných legislativních požadavků a budou specifikovány přímo u konkrétního řešeného prostoru.

Pro provozní ověření dodržování požadovaných parametrů vnitřního prostředí zajišťující systém větrání je vhodné využít měřidla koncentrace CO<sub>2</sub>, při maximálním obsazení místnosti a umožnění výměny vzduchu pouze pomocí navrženého systému. Měření musí probíhat po dostatečně dlouhou dobu, kdy dojde k ustálení naměřených hodnot. Důležité je také zaznamenání naměřené koncentrace v závislosti na čase měření.



### **4.3 Metodika návrhu klimatizačního systému**

Výkon klimatizačního systému v objektu bude navržen pomocí jednoduchého výpočtu, který bude vycházet z počtu dětí či osob v jednotlivých místnostech. Důležité je do výpočtu zahrnout i používaná zařízení v jednotlivých místnostech, která také představují teplotní zisk ovlivňující teplotu vnitřního prostoru. V místnostech, ve kterých je nutné zohlednit speciální provoz, bude stanoven teplotní energetický tok emitující používaná zařízení. V období, kdy je provozován klimatizační systém pro vyrušení tepelných zisků objektu je různě důležitý podíl zisku ze slunečního záření, které vstupuje do objektu prostupem skrz obálku budovy a také slunečním zářením prosklenými plochami oken. Návrh klimatizačních a větracích zařízení do kuchyňských prostor se řídí normou ČSN EN 16282.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

V této kapitole je provedeno posouzení a návrh systémů pro vytápění, větrání a klimatizaci. Dle uvedené metodiky a platných legislativních požadavků. V závěru kapitoly je uvedena písemná diskuze ohledně sledované problematiky.

### 5.1 Zhodnocení stavu budovy

Budova je ze statického pohledu v dobrém stavu. Obálka budovy je tvořena obvodovými stěnami, které mají šířku 80 cm, není opatřena izolační vrstvou, tvoří jí pouze nosná konstrukce. Obálka budovy má 1848,2 m<sup>2</sup>. Budova je opatřena fasádní úpravou. Obvodové stěny nejsou poškozeny ani nedochází k sesedání budovy a tím k praskání zdiva. Výplně otvorů jsou řešeny pomocí dvojitých špaletových dřevěných oken (Obrázek 4). Z důvodu lepší představy o řešeném objektu je přiložena fotka objektu (Obrázek 5).

*Obrázek 4 - Stávající okna*



*Zdroj: Pořízeno autorem práce*

Obrázek 5 - Pohled na budovu



Zdroj: [<https://www.msnahabru.cz/index.php/o-nas/zakladni-informace>]

Energeticky vztažná plocha je 1150,1 m<sup>2</sup>. Budova má vypracovaný Průkaz energetické náročnosti budov. Průkaz stanovuje energetickou náročnost budovy na vytápění 199,61 MWh/rok, je také stanovena energetická náročnost přípravy teplé vody a osvětlení budovy. Tyto hodnoty nejsou pro návrh vytápění relevantní. Současné vytápění je zajištěno pomocí dvou plynových kondenzačních kotlů Vallant VU 356/5-5 ecoTEC plus (Obrázek 6).

Obrázek 6 – Instalované plynové kotle



Zdroj: Pořízeno autorem práce

## 5.2 Návrh systémového řešení

### 5.2.1 Větrání

Objekt je provozován celoročně. V objektu je maximální povolená kapacita 84 dětí, a to na základě udělení výjimky v zákoně. Výjimka umožňuje překročení maximálního počtu 24 žáků na jednu samostatnou třídu. Mateřská školka je provozně rozdělena na tři samostatné třídy. Rozdělení je provedeno dle věku žáka 3 až 4 roky, 4 až 5 let a 5 až 6 let. V objektu je přítomen personál šest učitelek a pět provozních zaměstnanců. Větrání objektu bude navrženo na maximální kapacitu osob v objektu tedy na 84 dětí, 6 učitelek a 5 provozních pracovníků.

Kuchyň má provozní dobu od 6 do 15 hodin, školka je otevřena pro děti od 6 do 16 hodin. Po tuto dobu je potřeba zajistit provozní větrání objektu. Mimo tuto provozní dobu může být objekt větrán menší intenzitou.

### Vzorový výpočet dávky čerstvého vzduchu dle využití místnosti.

#### Třída I. – číslo místnosti 1.03

Pro výpočet potřebné dávky vzduchu na třídu je nutné vědět počet žáků a učitelů, kteří pobývají ve třídě.

V objektu je částečně zrekonstruované podkroví, které slouží pouze jako zázemí pro učitele. Tento prostor nebude řešen pomocí vzduchotechnických jednotek, prostor bude větrán přirozeně okny.

Třída I. má kapacitu 28 žáků a jsou zde přítomni až dva učitelé. Budeme tedy dimenzovat průtok vzduchu na 28 žáků a dva učitelé. Jednotlivé místnosti jsou dimenzovány na nejvyšší zátěž prostoru, v tomto případě jsou to již uvedené počty dětí a učitelů. Dávka čerstvého vzduchu na žáka v učebně (Tabulka 5) je 20–30 m<sup>3</sup>/h, pro další výpočet bude počítáno s hodnotou 20 m<sup>3</sup>/h. Dávka čerstvého vzduchu na učitele v pracovním prostředí je 50 m<sup>3</sup>/h. Z těchto hodnot jednoduše stanovíme potřebný průtok vzduchu pro řešenou místnost, dle vztahu (3.1).

$$\dot{V}_p = o * \dot{V}_o$$

$$\dot{V}_p = (28 * 20) + (2 * 50)$$

$$\dot{V}_p = 660 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pro dodržení hygienických norem je nutné do řešené místnosti – Třída I, přivést 660 m<sup>3</sup>/h čerstvého vzduchu. Obdobně budeme postupovat při výpočtu potřeby čerstvého vzduchu dle jednotlivých obytných místností.

Pro místnosti, které nejsou obytnými a nemají speciální provoz, jako například kuchyně, bude vzduchotechnický systém dimenzován dle objemu větraného prostoru a doporučené intenzity výměny vzduchu. Dále budeme počítat s intenzitou výměny vzduchu  $0,3 \text{ h}^{-1}$ . Průtok vzduchu pro místnosti určené k dlouhodobému pobytu vypočteme dle vztahu (3.6)

$$\dot{V}_i = i * V \quad 4.1$$

### **Sklad – číslo místnosti 1.05**

Vzorový výpočet dle vzorce (3.6)

$$\dot{V}_i = i * V$$

$$\dot{V}_i = 0,3 * V$$

$$\dot{V}_i = 0,3 * 25,35$$

$$\dot{V}_i = \mathbf{8 \text{ m}^3/h}$$

Pro dodržení hygienických norem je nutné do řešené místnosti – Sklad, přivést  $8 \text{ m}^3/h$  čerstvého vzduchu. Obdobně budeme postupovat při výpočtu potřeby průtoku vzduchu jednotlivých neobytných místností.

V místnostech se speciálním provozem bude systém dimenzován dle počtu osob a dle používaných zařízení, která zatěžují vnitřní prostor škodlivinami.

### **Kuchyň – číslo místnosti 2.07**

Výpočet potřebného průtoku čerstvého vzduchu dle vzorce (3.6). Přičemž doporučená intenzita výměny vzduchu v kuchyni je  $15\text{--}20 \text{ h}^{-1}$ . [<https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-kuchyni/19192-vetrani-komercnich-kuchyni-podle-csn-en-16282>]

$$\dot{V}_i = i * V$$

$$\dot{V}_i = 15 * V$$

$$\dot{V}_i = 15 * 30$$

$$\dot{V}_i = \mathbf{350 \text{ m}^3/h}$$

Tato místnost bude větrána podtlakově z důvodu omezení šíření pachů do přilehlých prostor. Pro dodržení hygienických norem je nutné v kuchyni volit vzduchotechnickou jednotku s odlučovačem o

minimálním výkonu 350 m<sup>3</sup>/h. Obdobně budeme postupovat při výpočtu potřeby čerstvého vzduchu v dalších speciálních provozech, které mohou být ve školních zařízeních.

Výpočet pro jednotlivé místnosti je proveden ve výpočetním programu excel, stanovené průtoky vzduchu pro jednotlivé místnosti (Tabulka 6), kompletní výpočtová tabulka (Příloha 2).

Tabulka 6 - Navržený průtok vzduchu 1.NP

ČÍSLO MÍSTNOSTI	VYUŽITÍ	NAVRŽENÝ PRŮTOK VZDUCHU V MÍSTNOSTI V <sub>N</sub> [m <sup>3</sup> /h]
1.01	Zádveří	<b>9</b>
1.02	Šatna zaměstnanci	<b>100</b>
1.03	Třída I.	<b>660</b>
1.04	Pracovna	<b>30</b>
1.05	Sklad	<b>8</b>
1.06	WC	<b>320</b>
1.07	Šatna – děti I.	<b>840</b>
1.08	Sklad	<b>6</b>
1.09	Chodba	<b>9</b>
1.10	Sklad – prádelna	<b>18</b>
1.11	Sklad	<b>15</b>
1.12	Chodba	<b>8</b>
1.13	Chodba	<b>8</b>
1.14	Byt správce	<b>60</b>
1.15	Šatna – děti II.	<b>840</b>
1.16	WC	<b>80</b>
1.17	Hala	<b>37</b>

Zdroj: Vytvořeno autorem

Tabulka 7 - Navržený průtok vzduchu 2.NP

ČÍSLO MÍSTNOSTI	VYUŽITÍ	NAVRŽENÝ PRŮTOK VZDUCHU V MÍSTNOSTI V <sub>N</sub> [m <sup>3</sup> /h]
2.01	Třída II.	<b>660</b>
2.02	Sklad	<b>13</b>
2.03	Třída III.	<b>660</b>
2.04	Sklad	<b>20</b>
2.05	WC	<b>400</b>
2.06	WC	<b>400</b>
2.07	Kuchyň – řešeno individuálně	<b>350</b>
2.08	Sklad	<b>7</b>
2.09	Herna	<b>183</b>

Zdroj: Vytvořeno autorem

System větrání 1.NP a 2.NP mateřské školy bude zajišťovat několik vzduchotechnických jednotek, které budou mít na starosti výměnu vzduchu v jednotlivých patrech objektu.

### 5.2.2 Vytápění

V objektu je již instalován otopný systém se dvěma plynovými kotly Vaillant VU 356/5-5 ecoTEC plus, o jmenovitém výkonu jednoho kotle 13,3 - 47,7 kW, při teplotním spádu otopné soustavy 40/30 °C. Takto dimenzovaný otopný systém bez problému zajišťuje dostatečné vytápění objektu a instalace dvou plynových kotlů zajišťuje 100% zálohu výkonu, pro provoz školky i při výpadku jednoho z kotlů. Aby docházelo k optimálnímu vytápění místností, jsou na jednotlivých radiátorech termostatické hlavice, které individuálně uzavírají přívod topné vody do jednotlivých otopných těles dle okolní teploty. Z provozního hlediska otopné soustavy nejsou stížnosti na její funkčnost, není tedy nutné na základě poskytnutých informací o objektu a provoznímu režimu otopnou soustavu upravovat.

Pro úspornější provoz je navržena vzduchotechnická jednotka vybavená deskovým výměníkem pro zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu, tímto dojde k přímě úspoře nákladů na vytápění objektu.

### 5.2.3 Klimatizace

Klimatizace v objektu není prozatím systémově řešena. Objekt má relativně nízké vnější tepelné zisky vzhledem k masivní konstrukci, orientaci oken a okolní zástavbě. Objekt má lokální tepelnou zátěž v podobě přítomných osob, tepelné zisky dle jednotlivých činností jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 4). Vzhledem k použitému LED osvětlení nebude brán v potaz tepelný zisk od osvětlení, z důvodu zanedbatelné hodnoty tepelného toku od tohoto typu svítidla. Další významné zdroje tepla v prostorách třídy nejsou. Pro kompenzaci tepelného zisku skrz obálku budovy bude brána měrná potřeba chladu, vztahena k objemu místností 30 W/m<sup>3</sup>.

Lokální klimatizační jednotky jsou umístěn do třech tříd a do prostoru herny. V těchto místnostech dochází k hlavnímu pobytu osob v objektu, zde je nutné zajistit maximální povolenou teplotu v učebnách pro výuku dětí. Pomocným systémem pro klimatizační zařízení bude možnost větrání objektu vzduchotechnickou jednotkou, která bude umožňovat provoz s obtokem deskového výměníku tzv. By – pass. Tím dojde k nočnímu vychlazení objektu.

V objektu je částečně zrekonstruované podkroví, které slouží pouze jako zázemí pro učitele, v tomto prostoru nebude řešena klimatizace.

## **Vzorový zjednodušený výpočet tepelného zatížení místnosti.**

### **Třída I. – číslo místnosti 1.03**

Pro výpočet potřebného chladicího výkonu je nutné znát počet žáků a učitelů, kteří pobývají ve třídě a tepelný tok skrz obálku budovy. Pro zjednodušení výpočtu bude tepelný tok procházející skrz obálku budovy vypočten pomocí měrného tepelného výkonu vztaženého k objemu místnosti  $q = 30 \text{ W/m}^3$ . Pro přesné stanovení chladicího výkonu by bylo nutné určit jednotlivé složky tepelného toku obálkou, intenzitu sluneční radiace a další parametry.

$$P_{CH} = P_{OS} + P_V + P_{TECH}$$

$$P_{CH} = P_{OS} * o + q * V_M + 0$$

$$P_{CH} = (70 * 28 + 90 * 2) + 30 * 292,95$$

$$P_{CH} = 2146 + 8789$$

$$P_{CH} = 10934,5 \text{ W} \doteq 11 \text{ kW}$$

### **Kuchyň – číslo místnosti 2.07**

Výpočet pro prostory kuchyně se řídí dle ČSN EN 16282. Pro výpočet potřebného chladicího výkonu je nutné znát počet osob a technické specifikace používaných zařízení, také je zahrnut do výpočtu tepelný tok skrz obálku budovy. Pro zjednodušení výpočtu bude tepelný tok procházející skrz obálku budovy vypočten pomocí měrného tepelného výkonu vztaženého k objemu místnosti  $q = 30 \text{ W/m}^3$ . Pro přesné stanovení chladicího výkonu by bylo nutné určit jednotlivé složky tepelného toku obálkou, intenzitu sluneční radiace a další parametry. V kuchyni je osazen kombinovaný elektrický sporák o příkonu 12 kW plotýnky a 4,1 kW trouba, jeden konvektomat o příkonu 3,2 kW. Měrné produkce tepla (Tabulka 8). Výpočet chladicího výkonu pro jednotlivé řešené místnosti viz. (Tabulka 9).

$$P_{CH} = P_{OS} + P_V + P_{TECH}$$

$$P_{CH} = P_{OS} * o + q * V_M + 0$$

$$P_{CH} = (2 * 110) + (30 * 30) + (12 * 200 + 4,1 * 300 + 3,2 * 120)$$

$$P_{CH} = 5134 \text{ kW} \doteq 5,5 \text{ kW}$$



Tabulka 8 - Měrné produkce tepla kuchyňských zařízení dle ČSN EN 16282

Kuchyňský spotřebič	El. a parní spotřebiče		Plynové spotřebiče	
	Měrná produkce tepla $\dot{Q}_s$	Měrná produkce páry $\dot{G}$	Měrná produkce tepla $\dot{Q}_s$	Měrná produkce páry $\dot{G}$
	[W/kW]	[g/(h.kW)]	[W/kW]	[g/(h.kW)]
Varné kotle a varné automaty	35	441	100	441
Kombinované horkovzdušné trouby	120	265	150	265
Fritézy	90	1030	90	1030
Výklopné pánve	450	588	450	630
Smažicí a pečicí trouby	350	235	350	294
Sporáky	200	118	250	147
Vodní lázně	125	194	195	323
Výdejní spotřebiče teplé stravy	125	–	–	–

Zdroj: Vytvořeno autorem dle ČSN EN 16282

Tabulka 9 - Stanovený chladicí výkon klimatizačních zařízení

ČÍSLO MÍSTNOSTI	VYUŽITÍ	PLOCHA MÍSTNOSTI S - [m <sup>2</sup> ]	OBJEM VZDUCHU V - [m <sup>3</sup> ]	POČET DĚTÍ N <sub>D</sub> - [-]	POČET DOSPĚLÝCH P <sub>U</sub> - [-]	POTŘEBNÝ CHLADÍCÍ VÝKON DLE POČTU OSOB P <sub>CH</sub> [W]	POTŘEBNÝ CHLADÍCÍ VÝKON DLE PODLAHOVÉ PLOCHY P <sub>PL</sub>	
1.03	Třída I.	97,65	292,95	28	2	2146	8789	
2.01	Třída II.	73	219	28	2	2146	6570	
2.03	Třída III.	90	270	28	2	2146	8100	
2.08	Kuchyň	řešeno samostatně						5134
2.09	Herna	61	183	nedefinováno		-	5490	

Zdroj: Vytvořeno autorem

Ve třídách bude potřebný chladicí výkon rozdělen na dvě vnitřní klimatizační jednotky, v prostoru herny bude osazena jedna vnitřní klimatizační jednotka.

### 5.3 Navržený způsob větrání

Větrání v objektu bude zajišťovat šest vzduchotechnických jednotek, objekt je rozdělen na šest zón, ve kterých bude zajišťovat dostatečný průtok vzduchu jedna vzduchotechnická jednotka, rozdělení a schématické zobrazení rozvodů je k dispozici na schéma (Příloha 3).

Z důvodu zvyšování koncentrace CO<sub>2</sub> v místnostech s větším počtem dlouhodobě pobývajících osob je vhodné doplnit systém větrání o čidla, která v reálném čase měří koncentraci CO<sub>2</sub> v místnosti a při zvýšené koncentraci automaticky zvýší průtok vzduchu místnostmi. Pro jednu místnost určené k dlouhodobému pobytu osob je doporučeno osadit jednot čidlo koncentrace CO<sub>2</sub>.

Konkrétní navržené průtoky jednotek pro jednotlivé zóny (Tabulka 10)

Tabulka 10 - Navržené průtoky vzduchotechnických jednotek

OZNAČENÍ JEDNOTKY DLE SCHÉMA	VĚTRANÉ MÍSTNOSTI	MINIMÁLNÍ VÝKON JEDNOTKY [m <sup>3</sup> /h]
<b>Vzduchotechnická jednotka č.1</b>	1.01, 1.02, 1.03, 1.04, 1.05, 1.12, 1.13, 1.15	<b>1700</b>
<b>Vzduchotechnická jednotka č.2</b>	1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.10, 1.11, 1.16	<b>1288</b>
<b>Vzduchotechnická jednotka BYTU</b>	1.15	<b>60</b>
<b>Vzduchotechnická jednotka č.3</b>	2.03, 2.04, 2.05	<b>1080</b>
<b>Vzduchotechnická jednotka č.4</b>	2.01, 2.02, 2.06, 2.08, 2.09	<b>1264</b>
<b>Vzduchotechnická jednotka KUCHYŇ</b>	2.07	<b>350</b>

Zdroj: Vytvořeno autorem

## 5.4 Navržený způsob vytápění

Stávající systém vytápění dostatečně zabezpečuje legislativní požadavky pro školní budovy. Není tedy nutné systém vytápění rekonstruovat. Vytápění objektu zabezpečuje dvojice plynových kondenzačních kotlů Vaillant VU 356/5-5 ecoTEC plus. Do budoucna by bylo vhodné zvážit využití obnovitelných zdrojů a dodatečné zaizolování objektu, pro úsporu nákladů na vytápění.

## 5.5 Navržený způsob klimatizace

Objekt bude částečně klimatizován, klimatizovány budou pouze prostory určené pro dlouhodobý pobyt osob. Klimatizace bude zajišťována invertorovými splitovými klimatizačními jednotkami.

Klimatizace bude nastavena na maximální rozdíl teplot uvnitř a venku 8 °C z důvodu zabránění negativním důsledkům vznikajícím přechlazenými prostory. Pokud klimatizace dosáhne teploty nižší o více než osm stupňů vůči venkovnímu prostředí, automaticky dojde k jejímu vypnutí.

Navržené výkony pro jednotlivé místnosti (Tabulka 11)

Tabulka 11 – Navržené výkony jednotlivých klimatizačních jednotek

Řešená místnost	VYPOČTENÝ CHLADÍCÍ VÝKON JEDNOTKY [kW]	POČET VNITŘNÍCH KLIMATIZAČNÍCH JEDNOTEK [ks/místnost]	NAVRŽENÝ CHLADÍCÍ VÝKON JEDNOTKY [kW]
<b>TŘÍDA I.</b>	10,935	2	<b>5,5</b>
<b>TŘÍDA II.</b>	8,713	2	<b>4,5</b>
<b>TŘÍDA III.</b>	10,246	2	<b>5,5</b>
<b>KUCHYŇ</b>	5,134	1	<b>5,5</b>

Zdroj: Vytvořeno autorem

## 5.6 Diskuze

Problematika vytápění, větrání a klimatizace školních budov je velice sledované téma. Je nutné zabezpečit vhodné podmínky pro pobyt a vzdělávání žáků tak, aby bylo prostředí příjemné bezpečné a uzpůsobené dlouhodobému pobytu dětí, které jsou podstatnou část dne zavřené ve školních zařízeních. Pokud nejsou mikroklimatické podmínky v rovnováze, tak dochází ke snížené pozornosti dětí a jejich nepohodlí, v extrémním případě k negativnímu ovlivnění jejich zdravotního stavu.

Samozřejmě musí být zajištěna pohoda prostředí nejen pro děti ale i pro učitele, kteří děti vzdělávají či hlídají během různých činností.

Většina školních budov v České republice jsou zastaralé a využívané pro výuku dětí již desítky let. Budovy jsou vystaveny podnebním podmínkám a vysokému počtu dlouhodobě vyskytujících se osob. Tyto vlivy zapříčiňují postupné opotřebovávání a degradaci konstrukčního provedení a tím zhoršování stavu objektu. Budovy jsou často nevhodně rekonstruovány, bez zohlednění vlivu rekonstrukce na vnitřní klima.

Veliká část školních budov nemůže vyhovovat současným požadavkům pro výuku dětí, hlavním problémem je nedostatečné větrání, zapříčiněné osazením nových oken, které výrazně sníží infiltraci vzduchu do objektu starými netěsnými okny. Neúmyslně dochází ke snížení intenzity výměny vzduchu, při zavřených oknech a tím zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v učebnách, který při vyšších koncentracích nad 1500 ppm způsobuje únavu, malátnost, následné vlivy jsou popsány viz. (Tabulka 3).

Dalšími prostory, které jsou spojeny s výukou jsou tělocvičny a haly, ve kterých je také problematické udržovat vhodné podmínky pro zdravý sport a pohyb žáků. Tyto prostory bývají větší a převážně s nedostatečným systémem větrání ať už přirozeným či nuceným. V otopné sezóně dochází převážně ve starších objektech k přetápění z důvodu absence automatické regulace otopného systému.

Je k dispozici dostatečné množství prací, které se věnují měření koncentrace oxidu uhličitého teploty a vlhkosti v učebnách jak při probíhající výuce, tak při nepřítomnosti žáku v učebně, kdy se sledovala rychlost poklesu koncentrace CO<sub>2</sub>. Z provedeného měření v práci [13] vyplývá, že koncentrace oxidu uhličitého a teplota v místnosti s přítomnými žáky roste. Koncentrace oxidu uhličitého ve sledovaných místnostech dosahuje hodnot překračující 3000 ppm, což je pro místnost určenou pro výuku velice nevhodné a je tedy nutné provádět opatření, která zabrání takovému nárůstu koncentrace škodlivin. Pro provozní zajištění požadovaného mikroklima je vhodné využít čidla koncentrace CO<sub>2</sub> v místnosti ve spolupráci se systémem větrání, který v závislosti na naměřené koncentraci škodliviny upraví průtok čerstvého vzduchu místností a zajistí tím vhodné prostředí pro vzdělávání a pobyt žáků.

## 6 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit kvalitu větrání, vytápění a klimatizace školních budov. Na základě výpočtů a vlastních úvah navrhnout vhodná systémová řešení pro dodržení předepsaných parametrů v praxi.

V teoretické části práce byla provedena analýza problematiky větrání, vytápění a klimatizace školních budov. Kvalita větrání objektu přirozenou infiltrací se výrazně liší v závislosti na stavu, stáří a technické úrovni použitých systémů pro výstavbu objektu. Při využití nuceného větrání objektu není stěžejní intenzita přirozené infiltrace vzduchu, nucené větrání při správném návrhu zaručí splnění předepsaných parametrů výměny vzduchu. Systém vytápění ve stávajících školních budovách je výhradně teplovodní s otopnými tělesy, tento systém při správném instalovaném výkonu a s vhodnou regulací systému zajišťuje optimální vytápění objektu. Bohužel ne vždy je systém navržen a regulován správně, tedy individuálně dle požadavku jednotlivých místností. Klimatizační systém je nenahraditelnou součástí technického zařízení budov, stejně jako systém vytápění musí být navržen individuálně dle stavu objektu a potřeb jednotlivých místností, které se odvíjejí od jejich využití.

V této bakalářské práci byla hodnocena budova mateřské školy nacházející se v Královéhradeckém kraji. Proběhlo stavebně technické zhodnocení budovy, které prokázalo, že objekt je v dobrém stavebně technickém stavu a je možné ho dále využívat pro potřeby mateřské školy. V objektu je větrání řešeno přirozeně pomocí infiltrace zavřenými okny a nárazovým větráním otevřenými okny. Pro zabezpečení předepsaných parametrů v praxi bylo navrženo šest vzduchotechnických jednotek, které zajišťují nucené větrání prvního a druhého nadzemního podlaží budovy, které slouží pro výuku a pobyt žáků. Návrh průtoku vzduchotechnických jednotek byl proveden dle doporučené intenzity výměny vzduchu a dle minimálního průtoku vzduchu na osobu. Vzduchotechnické jednotky budou vybaveny tepelným výměníkem a budou umožňovat provoz s obtokem deskového výměníku tzv. By – pass. Tím dojde k nočnímu vychlazení objektu a úspoře nákladů na klimatizaci objektu. Při provozu jednotky v běžném režimu s využitím tepelného výměníku dochází k zpětnému získávání tepla z odváděného vzduchu a tím dochází k úspoře nákladů na vytápění.

Částečně zrekonstruované podkroví je využíváno pouze jako zázemí pro personál, tyto prostory budou i nadále větrány přirozeně okny.

Systém pro vytápění objektu byl již zrekonstruován. V současné době je v objektu instalován teplovodní otopný systém se dvěma plynovými kotly Vaillant VU 356/5-5 ecoTEC plus, o jmenovitém výkonu jednoho kotle 13,3 - 47,7 kW, při teplotním spádu otopné soustavy 40/30 °C. Takto

dimenzovaný otopný systém bez problému zajišťuje dostatečné vytápění objektu a instalace dvou plynových kotlů zajišťuje povinnou úplnou zálohu výkonu, pro provoz školky i při výpadku jednoho z kotlů. Z provozního hlediska otopná soustava vyhovuje potřebám mateřské školky a pro dodržení předepsaných parametrů v praxi není nutné otopný systém upravovat. Do budoucna by bylo vhodné zvážit využití obnovitelných zdrojů a dodatečné zaizolování objektu, pro úsporu nákladů na vytápění.

V objektu není prozatím instalovaný systém klimatizace, není tedy technologicky možné zabezpečit maximální povolenou teplotu v objektu, pokud je venkovní teplota vyšší, než je vnitřní maximální povolená výsledná teplota. Pro zabezpečení předepsaných parametrů v řešené budově jsou navrženy splitové klimatizační jednotky do jednotlivých tříd a do herny. Klimatizační jednotky budou zajišťovat vychlazování objektu. Výkon klimatizačních jednotek byl stanoven pomocí vypočtené vnitřní tepelné zátěže dle počtu pobývajících osob v jednotlivých místnostech a dle měrného výkonu chlazení vztaženého k objemu řešené místnosti.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] CIHELKA, Jaromír a KOLEKTIV. *Vytápění a větrání*. 1. Praha: SNTL, 1969.
- [2] CAMARA, Gwenn. *Heating, Ventilating and Air Conditioning Technologies*. 1. 2012. ISBN 978-81-323-3069-1.
- [3] BYSTRICKÝ, Václav a Antonín POKORNÝ. *Technická zařízení budov - B*. Vyd. 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03450-x.
- [4] *Změny ve výpočtu tepelných ztrát v souvislosti s vydáním normy CSN EN 12831-1 [online]*. ČVUT v Praze, 2020 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/zmeny-ve-vypoctu-tepelných-ztrat-v-souvislosti-s-vydaním-normy-csn-en-12831-1-detail-9056>
- [5] *Obnovitelná energie a úspory energie: Fotovoltaika [online]*. [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>
- [6] *Efektivita podlahového topení na úrovni 21. století: Podlahové vytápění [online]*. 2013 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/9915-efektivita-podlahoveho-topeni-na-urovni-21-stoleti>
- [7] *Normové hodnoty součinitele prostupu tepla [online]*. Topinfo s.r.o., 162 00 Praha 6 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [8] *ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky: ČSN 73 0540-2*. 2011.
- [9] *Otopné plochy (II) - Druhy otopných těles [online]*. Topinfo s.r.o., 162 00 Praha 6 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/3064-otopne-plochy-ii-druhy-otopnych-teles>
- [10] *Otopné plochy – úvod do problematiky: Teplotechnické chování otopné plochy a pohoda prostředí [online]*. Topinfo s.r.o., 162 00 Praha 6, 2006 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/3052-otopne-plochy-uvod-do-problematiky>
- [11] *Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb: Vnitřní prostředí [online]*. Topinfo s.r.o., 162 00 Praha 6, 2013 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>

[12] SZÉKYOVÁ, Marta, Karol FERSTL a Richard NOVÝ. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-807-6037-3.

[13] TUREK, Jan. *Kvalita vnitřního prostředí v MŠ a ZŠ L. Kuby 48, České Budějovice* [online]. Českých Budějovicích, 2013 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: [https://theses.cz/id/6hdhkq/BAKALSK\\_PRCE\\_Jan\\_Turek\\_2013.pdf](https://theses.cz/id/6hdhkq/BAKALSK_PRCE_Jan_Turek_2013.pdf). Bakalářská práce. Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta.

## SEZNAM OBRÁZKŮ:

<i>Obrázek 1 - Vertikální teplotní profil vytápěné místnosti, pro <math>t_i=20</math> °C</i> .....	14
<i>Obrázek 2 - Typy deskových otopných těles</i> .....	18
<i>Obrázek 3 - Článekové otopné těleso</i> .....	19
<i>Obrázek 4 - Stávající okna</i> .....	26
<i>Obrázek 5 - Pohled na budovu</i> .....	27
<i>Obrázek 6 – Instalované plynové kotle</i> .....	27

## SEZNAM TABULEK:

<i>Tabulka 1 - Hodnoty dávky čerstvého vzduchu ve školních zařízeních</i> .....	10
<i>Tabulka 2 - Přípustné parametry mikroklimatických podmínek ve školních budovách</i> .....	11
<i>Tabulka 3 - Účinky oxidu uhličitého na lidský organismus</i> .....	11
<i>Tabulka 4 - Tepelný výkon metabolismu dle prováděné činnosti (ČSN EN 7730)</i> .....	13
<i>Tabulka 5 - Požadavky na výměnu vzduchu dle MZ č.108/2001 sb.</i> .....	21
<i>Tabulka 6 - Navržený průtok vzduchu 1.NP</i> .....	30
<i>Tabulka 7 - Navržený průtok vzduchu 2.NP</i> .....	30
<i>Tabulka 8 - Měrné produkce tepla kuchyňských zařízení dle ČSN EN 16282</i> .....	33
<i>Tabulka 9 - Stanovený chladicí výkon klimatizačních zařízení</i> .....	33
<i>Tabulka 10 - Navržené průtoky vzduchotechnických jednotek</i> .....	34
<i>Tabulka 11 – Navržené výkony jednotlivých klimatizačních jednotek</i> .....	35

## SEZNAM PŘÍLOH:

<i>Příloha 1 - Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla</i>
<i>Příloha 2 - Návrh průtoku vzduchu v jednotlivých místnostech</i>
<i>Příloha 3 - Schéma navrženého systému</i>



Příloha 1 – Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 6)</sup>	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	

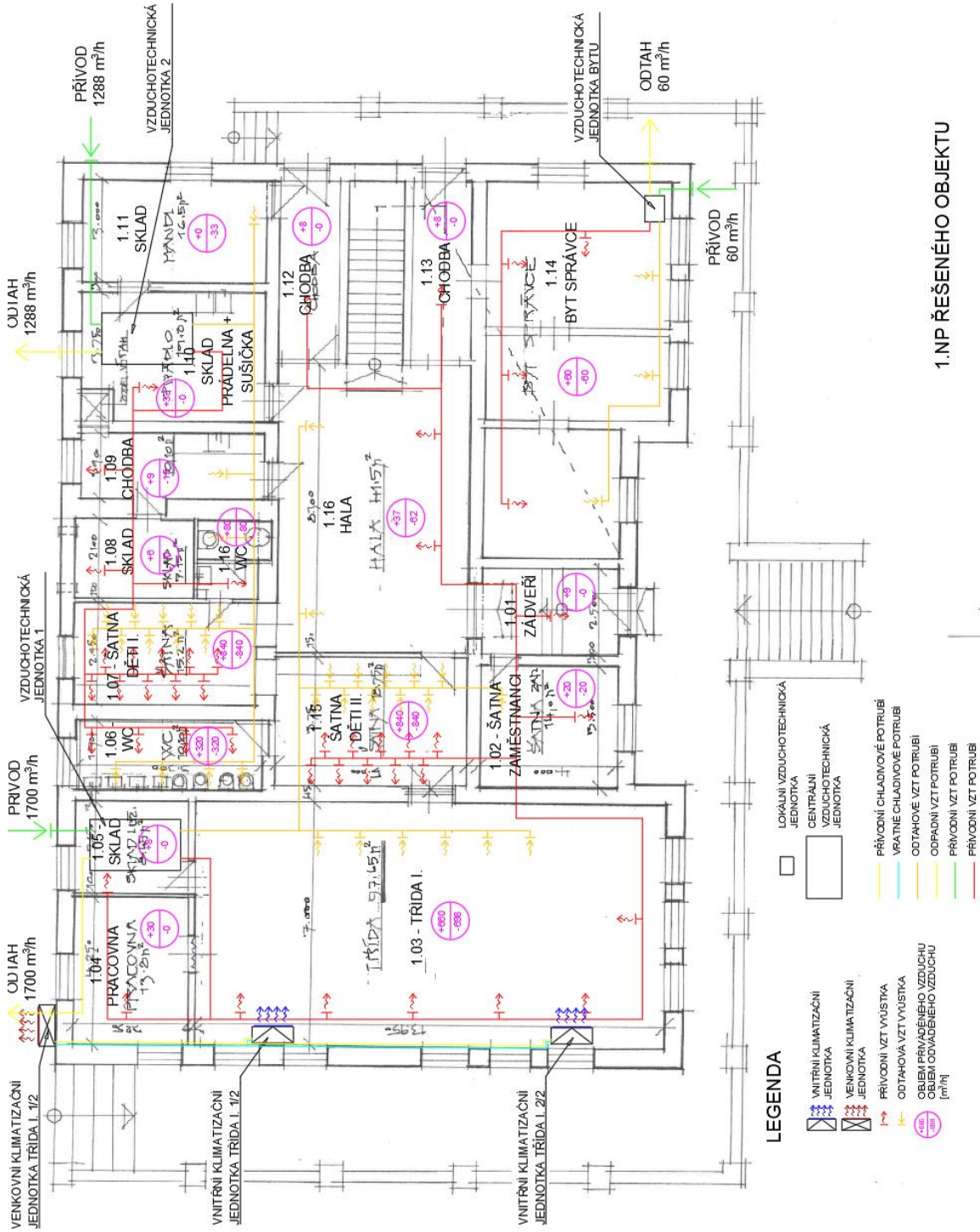
Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 <sup>7)</sup>	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$ , v m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m <sup>2</sup> ; A <sub>w</sub> plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m <sup>2</sup> .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,2 + $f_w$  0,15 + 0,85· $f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru <sup>5)</sup>	-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

Příloha 2 – Návrh průtoku vzduchu v jednotlivých místnostech

ČÍSLO MÍSTNOSTI	VYUŽITÍ	PLOCHA MÍSTNOSTI S - [m <sup>2</sup> ]	OBIEM VZDUCHU V - [m <sup>3</sup> ]	POČET TOALET N <sub>T</sub> - [-]	POČET UMYVADEL N <sub>U</sub> - [-]	POČET SKŘÍNEK N <sub>S</sub> [-]	POČET DĚTÍ N <sub>D</sub> - [-]	POČET DOSPĚLÝCH P <sub>D</sub> - [-]	VYPOČTENÝ PRŮTOK Z OBIEMU MÍSTNOSTI V <sub>o</sub> [m <sup>3</sup> /h]	VYPOČTENÝ PRŮTOK ZE ZARÍZENÍ V MÍSTNOSTI V <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> /h]	VYPOČTENÝ PRŮTOK Z POČTŮ ŽÁKŮ A OSOBY MÍSTNOSTI V <sub>o</sub> [m <sup>3</sup> /h]	NAVŘZENÝ PRŮTOK VZDUCHU V MÍSTNOSTI V <sub>n</sub> [m <sup>3</sup> /h]
1.01	Zádvěří	10	30	-	-	-	-	-	9	-	-	9
1.02	Šatna zam.	14	42	-	-	5	-	-	13	100	-	100
1.03	Třída I.	97,65	292,95	-	-	-	28	2	88	-	660	660
1.04	Pracovna	13,8	41,4	-	-	-	-	1	12	-	30	30
1.05	Sklad	8,45	25,35	-	-	-	-	-	8	-	-	8
1.06	WC	10,1	30,3	4	4	-	-	-	9	320	-	320
1.07	Šatna - děti I.	15,2	45,6	-	-	42	-	-	14	840	-	840
1.08	Sklad	7,15	21,45	-	-	-	-	-	6	-	-	6
1.09	Chodba	10,1	30,3	-	-	-	-	-	9	-	-	9
1.10	Sklad - prádelna	19,8	59,4	-	-	-	-	-	18	-	-	18
1.11	Sklad	16,5	49,5	-	-	-	-	-	15	-	-	15
1.12	Chodba	9,36	28,08	-	-	-	-	-	8	-	-	8
1.13	Chodba	9,36	28,08	-	-	-	-	-	8	-	-	8
1.14	Byt správce	53,66	160,98	-	-	-	-	2	48	-	60	60
1.15	Šatna - děti II.	18,75	56,25	-	-	42	-	-	17	840	-	840
1.16	WC	4	12	1	1	-	-	-	4	80	-	80
1.17	Hala	41,5	124,5	-	-	-	-	-	37	-	-	37

ČÍSLO MÍSTNOSTI	VYUŽITÍ	PLOCHA MÍSTNOSTI S - [m <sup>2</sup> ]	OBIEM VZDUCHU V - [m <sup>3</sup> ]	POČET TOALET N <sub>T</sub> - [-]	POČET UMYVADEL N <sub>U</sub> - [-]	POČET SKŘÍNEK N <sub>S</sub> [-]	POČET DĚTÍ N <sub>D</sub> - [-]	POČET DOSPĚLÝCH P <sub>D</sub> - [-]	VYPOČTENÝ PRŮTOK Z OBIEMU MÍSTNOSTI V <sub>o</sub> [m <sup>3</sup> /h]	VYPOČTENÝ PRŮTOK ZE ZARÍZENÍ V MÍSTNOSTI V <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> /h]	VYPOČTENÝ PRŮTOK Z POČTŮ ŽÁKŮ A OSOBY MÍSTNOSTI V <sub>o</sub> [m <sup>3</sup> /h]	NAVŘZENÝ PRŮTOK VZDUCHU V MÍSTNOSTI V <sub>n</sub> [m <sup>3</sup> /h]
2.01	Třída II.	73	219	-	-	-	28	2	66	-	660	660
2.02	Sklad	14	42	-	-	-	-	-	13	-	-	13
2.03	Třída III.	90	270	-	-	-	28	2	81	-	660	660
2.04	Sklad	22	66	-	-	-	-	-	20	-	-	20
2.05	WC	10,6	31,8	5	5	-	-	-	10	400	-	400
2.06	WC	10,6	31,8	5	5	-	-	-	10	400	-	400
2.07	Kuchyň - řešeno individuálně	30	90	-	-	-	-	2	-	-	-	350
2.08	Sklad	8,1	24,3	-	-	-	-	-	7	-	-	7
2.09	Herna	61	183	-	-	-	-	1	183	-	50	183

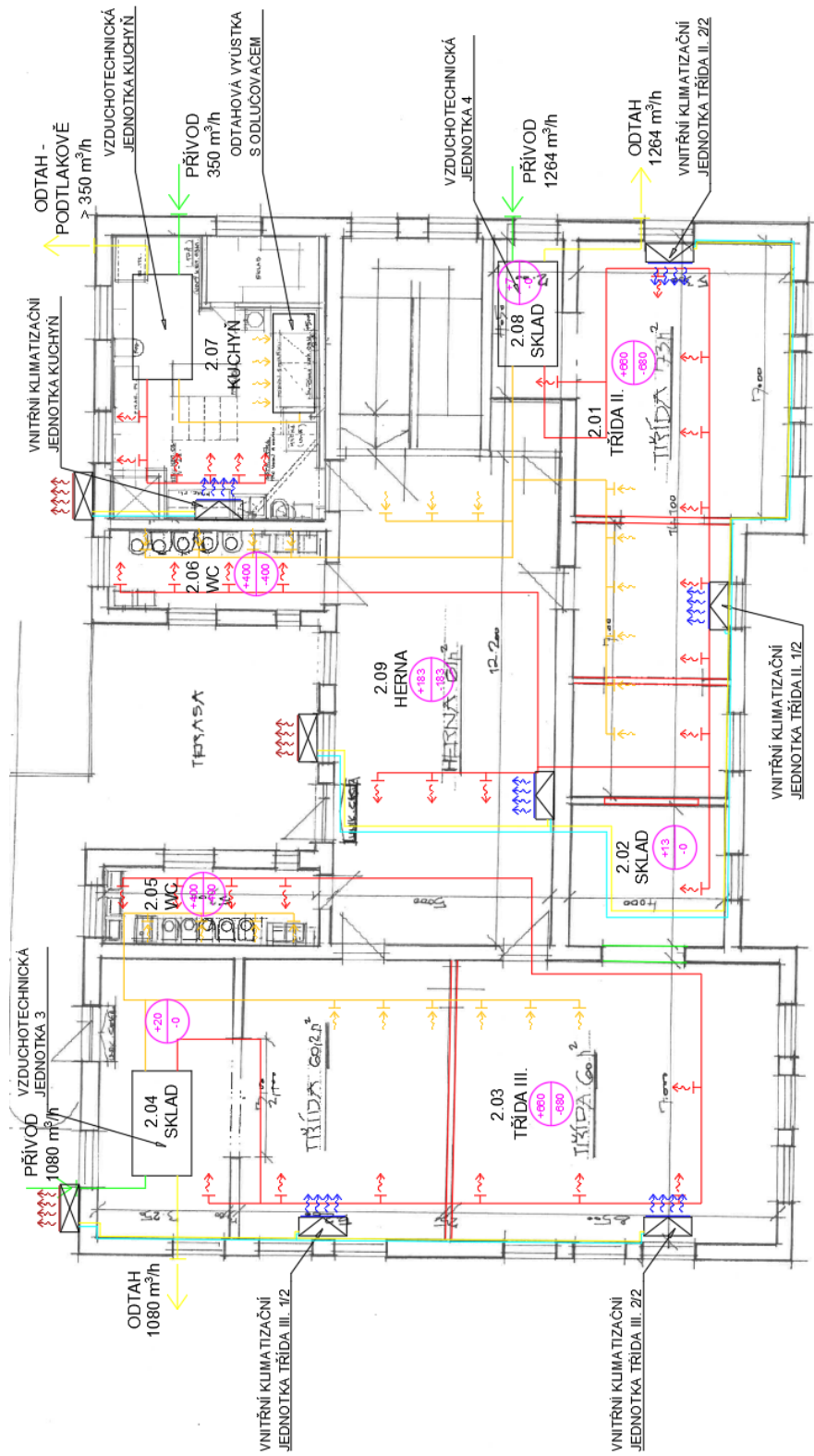
# Příloha 3 – Schéma navrženého řešení



1. NP ŘEŠENÉHO OBJEKTU

## LEGENDA

- VNITRNÍ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA
- VENKOVNÍ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA
- PŘIVODNÍ CHLADIVOVÉ POTRUBÍ
- VRAŤNÉ CHLADIVOVÉ POTRUBÍ
- ODTAHOVÉ VZT POTRUBÍ
- ODPADNÍ VZT POTRUBÍ
- PŘIVODNÍ VZT POTRUBÍ
- PŘIVODNÍ VZT POTRUBÍ
- VNITRNÍ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA
- VENKOVNÍ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA
- PŘIVODNÍ VZT VYUŠTKA
- ODTAHOVÁ VZT VYUŠTKA
- OBLIV PŘEHŘÍVĚNÉHO VZDUCHU
- OBLIV DOVĚŘENÉHO VZDUCHU [m³/h]
- LOKÁLNÍ VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA
- CENTRÁLNÍ VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA



### LEGENDA

- LOKÁLNÍ VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA
- CENTRÁLNÍ VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA
- VNITŘNÍ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA
- VENKOVNÍ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA
- PŘÍVODNÍ VZT VYUŠTKA
- ODTAHOVÁ VZT VYUŠTKA
- PŘÍVODNÍ VZT POTRUBÍ
- ODTAHOVÉ VZT POTRUBÍ
- ODPADNÍ VZT POTRUBÍ
- PŘÍVODNÍ VZT POTRUBÍ
- PŘÍVODNÍ VZT POTRUBÍ

## 2.NP ŘEŠENÉHO OBJEKTU