

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**



**VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ HALOÝCH OBJEKTŮ  
DIPLOMOVÁ PRÁCE  
2023**

**Vypracoval:**

**Bc. Jan Litoš**

**Vedoucí práce:**

**Ing. Miroslav Urban, Ph.D.**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Litoš</u>	Jméno: <u>Jan</u>	Osobní číslo: <u>468326</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra technických zařízení budov K11125</u>		
Studijní program: <u>(N3649) Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>(3608T006) Budovy a prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Vytápění a větrání halových objektů</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Heating and ventilation of hall buildings</u>	
Pokyny pro vypracování: Zpracování rešerše pro zpracování projektu vytápění a větrání halového objektu v rozsahu: - identifikace požadavků na tepelný komfort v halových objektech, požadavky na kvalitu vnitřního prostředí, - způsoby vytápění halových objektů, variantní koncepční řešení s ohledem na zadaný objekt, - návrh prostorového řešení konceptů, - porovnání konceptů, výběr vhodné varianty řešení. Zpracování rešerše pro zpracování projektu vytápění a větrání halového objektu	
Projektová část v rozsahu: - na základě závěrů rešeršní části bude zpracovaný koncept větrání a projekt vytápění pro vybraný halový objekt, - výpočtová část, bilanční výpočty stanovení topných výkonů, - výkresová část, textová část.	
Seznam doporučené literatury: Petráš, Kotrbatý a spol., Vytápění velkoprostorových a halových objektů, 2006 Jaga Bašta, Hojer, Sálavé a průmyslové vytápění, 2021 ČVUT Hoyer, O., Kabele, K., Kotrbatý, M., Sommer, K. a Petráš, D. Energy Efficient Heating and Ventilation of Large Halls. Bruxelles : Rehva, 2011	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Miroslav Urban, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>2.10.2023</u> Termín odevzdání diplomové práce: <u>8.1.2024</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

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

*V Praze, dne 8.1.2024*

.....

Bc. Jan Litoš

## **Poděkování**

Rád bych tímto způsobem poděkoval mému vedoucímu práce, panu Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnutí znalostí a zkušeností, které vedli ke zhotovení této práce. Dále mé velké díky patří mé rodině a přítelkyni za velkou podporu v průběhu celého studia.

# Obsah

Úvod.....	8
Teoretická část .....	9
1 Požadavky na kvalitu prostředí .....	9
1.1 Teplota .....	9
1.2 Větrání.....	11
1.3 Osvětlení .....	13
1.4 Prašnost.....	14
2 Způsoby vytápění průmyslových objektů .....	15
2.1 Zónování.....	15
2.2 Rozdělení podle přenosu tepla .....	17
2.3 Prostorové řešení – koncové elementy .....	20
Praktická část .....	31
3 Popis objektu.....	31
4 Koncept větrání.....	32
4.1 Administrativní část .....	32
4.2 Výrobní a skladovací prostor.....	33
5 Parametry pro návrh.....	34
5.1 Hodnoty U .....	34
5.2 Tepelné ztráty .....	35
6 Výběr vhodné varianty .....	36
6.1 Náklady.....	36
6.2 Způsob vytápění.....	39
6.3 Rychlost reakce .....	39
6.4 Víření prachu.....	39
6.5 Hlučnost .....	39
6.6 Servis.....	40
6.7 Komfort .....	40
6.8 Životnost .....	40
7 Porovnání .....	41
8 Závěr.....	42
Seznam použitých zdrojů .....	43
Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	46
Seznam obrázků .....	46
Seznam tabulek.....	46
Seznam grafů.....	46

Seznam dokumentace praktické části.....	47
Vytápění.....	47
Větrání.....	47
Přílohy .....	47

# Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá způsobem vytápění a konceptem větrání velkoplošného halového objektu. Teoretická část se zaměřuje na hledání vhodného způsobu vytápění a větrání.

Součástí teoretické části je shrnutí předpisů a normových požadavků na kvalitu vnitřního prostředí. Dále jsou v teoretické části popsány různé způsoby vytápění.

V praktické části se na základě teoretické části vybere vhodný způsob vytápění. Praktická část je zaměřena na projektovou dokumentaci vytápění a hrubý koncept návrhu větrání pro halový objekt s výrobním a skladovacím prostorem a administrativní částí.

## Klíčová slova

Vytápění, větrání, hala, velkoplošný objekt, normativní požadavky, teplota, osvětlení

# Abstract

This diploma thesis deals with the method of heating and the concept of ventilation of a large indoor building. The theoretical part focuses on finding a suitable method of heating and ventilation.

Part of the theoretical part is a summary of regulations and standard requirements for the quality of the indoor environment. Furthermore, the theoretical part describes various methods of heating.

In the practical part, a suitable method of heating is selected based on the theoretical part. The practical part is focused on the project documentation of heating and the rough concept of the ventilation design for a hall building with production and storage space and an administrative part.

## Keywords

Heating, ventilation, hall, large-scale object, normative requirements, temperature, lighting

# Úvod

Vytápění velkokapacitních a halových objektů je téma, které nemá pouze jedno univerzální řešení. V současné době je velké množství různých způsobů vytápění, které se dají uplatnit při návrhu. Důležité je přitom vyselektovat nejlepší možné řešení na základě vlivů, které jsou relevantní pro návrh. Poslední roky se klade velký důraz na šetření s energiemi, a to vede ke stálému vývoji technologického i koncepčního řešení problematiky. Proto je důležité, aby veškeré systémy technických zařízení budov byly společně vyladěny. Jen tak lze zajistit provozuschopný a smysluplný koncept, který je šetrný k životnímu prostředí a zároveň také efektivní.

Cíl této práce je komplexně shrnout všeobecné podmínky pro pracovní prostředí, nejen v oblasti vytápění. Na základě zjištěných údajů bude představeno a posouzeno několik typů prostorového řešení způsobu vytápění zadané haly. Dále se přezkoumají veškeré faktory, které jsou relevantní k návrhu a vybere se vhodná varianta způsobu vytápění prostoru výrobní haly a skladovací části.



# Teoretická část

Tato část se bude věnovat popisu normativních požadavků na kvalitu vnitřního prostředí výrobních a skladovacích objektů a prostor, kterými jsou teplota, vlhkost, rychlost proudění vzduchu, osvětlení a další. Dále zde budou popsány jednotlivé možnosti způsobů vytápění, a to jak zdrojů, tak koncových a distribučních elementů. Budou zde popsány také jednotlivé varianty, jejich výhody a nevýhody a koncové zhodnocení.

## 1 Požadavky na kvalitu prostředí

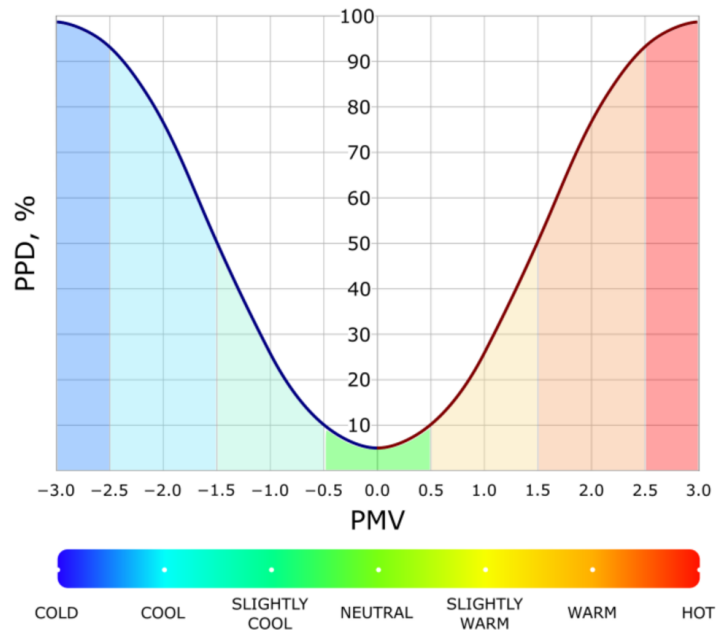
Kvalita vnitřního prostředí je popsána souhrnem fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů a je ovlivněna několika parametry. Řadí se do nich především teplota, vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, koncentrace CO<sub>2</sub>, intenzita osvětlení nebo hluková zátěž. Tak jako pro každý prostor, jsou na halové a velkokapacitní prostory kladeny hygienické podmínky pro vykonávání práce nebo skladování určitých materiálů. Tyto podmínky jsou stanoveny zákony a nařízeními, které je potřeba dodržovat. V České republice se jedná o *zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*, kde je napsáno, že zaměstnavatel má zajistit, aby pracovní podmínky odpovídaly BOZP a hygienickým požadavkům. To je především zajištění požadovaného mikroklimatu – větrání, vlhkost, teplota, osvětlení a zásobování vodou. [6]

### 1.1 Teplota

O tepelné pohodě u člověka mluvíme tehdy, kdy v daném prostoru či místnosti není pocit tepla ani chladu. Je ovlivněna subjektivními a objektivními činiteli. Mezi subjektivní se řadí věk, hmotnost nebo pohlaví člověka. Mezi objektivní činitele patří například teplota vzduchu a okolních ploch, druh pracovní činnosti a oděvu a také proudění vzduchu. Od druhu prováděné práce se odvíjí také tepelný a vlhkostní výkon člověka. [1]

Aby bylo dosaženo ideální teploty v daném prostředí, musí co největší počet jednotlivých uživatelů pociťovat tepelnou rovnováhu mezi sebou a okolním prostředím. Jako ukazatel procentuálního zastoupení osob, které pociťují tepelnou pohodu, nebo jim je naopak teplo nebo chlad, slouží indexy PMV a PPD. Index PMV předvídá průměrnou hodnotu tepelného pocitu skupiny uživatelů a index PPD představuje předpokládané procento osob, které jsou nespokojené v daném prostředí.

Graf, který představuje jejich závislost zobrazuje na stupnici od -2 do +2 míru nespokojenosti určitého procenta subjektů. Jako ideální hodnota, kdy je s teplotou nespokojeno pouze cca 5 % uživatelů je číslo 0. [1]



Obrázek 1 Index PMV a PPD

Zdroj: [7]

Návrhovou teplotu v jednotlivých prostorech udává norma ČSN EN 12831-1. Zde se dá dohledat návrhová operativní teplota a relativní vlhkost pro většinu běžných prostor jako jsou byty, některé průmyslové stavby, potravinářské a chovatelské objekty, bazény atd.

Dále předepisuje teplotu na pracovním prostředí Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. a to podle třídy práce. Ty jsou rozděleny dohromady do osmi skupin na základě obtížnosti vykonávané práce, metabolickém výkonu člověka při dané práci a zohledněn je také jeho oděv. Pro každou třídu je pak udávána minimální a maximální operativní teplota v daném prostředí. V následující tabulce jsou udány energetické výdaje člověka a minimální a maximální teploty pro třídy práce. [8, 9]

Tabulka 1 Třídy práce

Třída práce	M [W·m <sup>-2</sup> ]	t <sub>omin</sub> nebo t <sub>gmin</sub> [°C]	t <sub>omax</sub> nebo t <sub>gmax</sub> [°C]
I	≤ 80	20	27
IIa	81–105	18	26
IIb	106–130	14	32
IIIa	131–160	10	30
IIIb	161–200	10	26
IVa	201–250	10	24
IVb	251–300	10	20
V	301 a více	10	20

Zdroj: [8]

Vhodnou teplotu musí odpovědná osoba volit také na základě způsobu využívání daného prostoru. Například ve strojním průmyslu, kde je potřeba zpracovávat různé součásti, někdy s přesností i na desetiny milimetru, nesmí být rozdíl teplot v místnosti mezi létem a zimou natolik velký, aby ohrožoval výrobu v důsledku teplotních roztažností materiálů.

## 1.2 Větrání

Výrobní a skladovací prostory jsou specifickým prostorem pro volbu způsobu větrání. Jedná se o rozlehlé prostory s vysokými stropy, kde se čerstvý vzduch musí dopravovat nejlépe do zóny pobytu osob, která se nachází cca 2 metry nad čistou podlahou.

Množství čerstvého vzduchu se ale u těchto prostor ne vždy stanovuje na základě počtu osob nebo tepelně technických vlastností. V potaz se pak musí vzít také technologie obsažená v prostoru nebo třída práce lidí. Nicméně je nutné, aby z celkového množství přiváděného vzduchu bylo alespoň 15 % venkovního. Normativní minimální požadavky na přívod čerstvého venkovního vzduchu do haly se stejně jako teplota řídí podle tříd vykonávané práce uvedených v Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. dle následujících hodnot. [5, 8]

- **25 m<sup>3</sup>/h** na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa na pracovišti bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění
- **50 m<sup>3</sup>/h** na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa na pracovišti s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění

- **70 m<sup>3</sup>/h** na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd IIb, IIIa nebo IIIb
- **90 m<sup>3</sup>/h** na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd IVa, IVb nebo V

Při zvýšené zátěži pracoviště prostřednictvím nadměrného tepla nebo pachů se dále zvyšuje hodnota přívodu čerstvého vzduchu o 10 m<sup>3</sup>/hod podle počtu zaměstnanců a pokud je pracoviště přístupné veřejnosti, navyšuje se přívod čerstvého vzduchu o 0,2-0,3 osoby na m<sup>2</sup> podlahové plochy. [9]

V případě, že na pracovišti může dojít ke kontaminaci vzduchu těkavou látkou, je nutné zajistit také havarijní podtlakové větrání, aby bylo možné zředit přípustný expoziční limit těkavé látky pod hodnotu stanovenou touto vyhláškou. [9]

Dále jsou zde také normativní požadavky na větrání prostorů skladů nebo výroby za přítomnosti hořlavých kapalin. Toto téma popisuje norma ČSN 65 0201 Hořlavé kapaliny – Prostory pro výrobu, skladování a manipulaci, která hořlavé kapaliny třídí do čtyř tříd podle bodu vzplanutí. [10]

Jako provozní větrání výrobních prostor se musí zajistit minimální výměna vzduchu 6 h<sup>-1</sup>. Navíc pro hořlavé kapaliny I. a II. třídy se musí zajistit buď havarijní větrání s minimální výměnou vzduchu 10 h<sup>-1</sup>, nebo musí být prostor vybaven detektory úniku par, pokud dojde k překročení koncentrace 10 % dolní meze výbušnosti. [11]

Skladovací prostory hořlavých kapalin musí být větrány stejnou výměnou vzduchu jako výrobní. Zde je možno využít pro hořlavé kapaliny I. a II. stupně přirozené větrání, pokud je zajištěn přívodní otvor ve výšce max. 0,15 m nad podlahou o velikosti min. 1 % podlahové plochy. Odváděcí otvor musí být co nejbližší ke střeše a jeho min. plocha musí být alespoň 1,3 % podlahové plochy. Toto platí pro plyny lehčí než vzduch. V opačném případě musí být velikosti otvorů obráceně. [10,11]

Rychlost proudění vzduchu a relativní vlhkost předepisuje Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Jejich hodnoty se opět určují dle třídy vykonávané práce podle následující tabulky.

Tabulka 2 Rychlost proudění vzduchu a relativní vlhkost

Třída práce	Rychlost proudění $v_a$ [m.s <sup>-1</sup> ]	Relativní vlhkost $Rh$ [%]
I	0,01 až 0,2	30 až 70
IIa		
IIb		
IIIa	0,05 až 0,3	
IIIb		
IVa	0,1 až 0,5	
IVb		
V		

Zdroj: [6]

Udržování hodnot relativní vlhkosti v předepsaných mezích má hned několik důvodů. Nedostatečná vlhkost nastává u vytápění v zimě a způsobuje vysoušení sliznice a je usnadněna tvorba prachu. Při nadměrné vlhkosti hrozí srážení vody na chladnějších místech a může způsobovat zhoršení vlastností stavebních materiálů, tvorbě zápachu nebo dokonce plísní a hub. [12]

### 1.3 Osvětlení

Pro hodnocení kvality vnitřního prostředí a splnění hygienických předpisů je nutné zajistit dostatečné osvětlení pracoviště. Pro dosažení tohoto předpokladu je dána skrze Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. minimální hodnota denního, umělého nebo sdruženého způsobu osvětlení, které musí být k dispozici jak v prostoru pracoviště, tak ve spojovacích cestách. Tato hodnota se odvíjí od náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost. Jako normový požadavek se bere hodnota udávaná v technických normách ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov, ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení nebo ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů. [13]

Osvětlenost má vliv na rychlost, bezpečnost a pohodlnost vnímání určitého úkolu danou osobou, která se nachází v bezprostředním okolí a je vyjádřena v luxech. Nedostatečné osvětlení způsobuje nesoustředěnost, únavu nebo bolest očí či hlavy. Podobný negativní vliv má také nadměrné osvětlení. Doporučená intenzita osvětlení je subjektivní a odvíjí se hlavně od typu pracovního prostředí, druhu povrchu (odráženi či absorpce světla) nebo technické konstrukci budovy. Zároveň nesmí být osvětlení příčinou oslňování. [13]

Důležitým parametrem pro hodnocení je činitel denní osvětlenosti  $D$  [%]. Tato hodnota udává, jaká část venkovní osvětlenosti pronikne do interiéru. Interiér místnosti je osvětlen třemi složkami. Součet těchto složek pak udává výslednou míru činitele denní osvětlenosti. [13]

- Přímým oblohovým světlem
- Odraženým světlem od venkovních překážek
- Odraženým světlem od vnitřních ploch místnosti

Na pracovišti osvětleném **denním** osvětlením musí být zajištěno minimální  $D = 1,5 \%$  a celkové umělé osvětlení  $E_m = 200$  lux. Při horním nebo kombinovaném denním osvětlení  $D_m = 3 \%$ . [9]

Na pracovišti osvětleném **sdrůženým** osvětlením musí být zajištěno minimální  $D = 0,5 \%$  a celkové umělé osvětlení  $E_m = 200$  lux. Průměrné  $D_m = 1 \%$  musí být splněna při bočním i kombinovaném osvětlení. [9]

Pokud nejsou nebo nemohou být splněny podmínky výše, může se v takových prostorech zřídit pracoviště pouze v případech, že:

- se jedná o pracoviště s nočním provozem,
- z důvodu technologie musí být pracoviště umístěno pod terénem,
- pracoviště, jehož konstrukční požadavky neumožňují zřídit dostačující počet nebo dostatečnou velikost osvětlovacích otvorů.

V takovýchto prostorech musí být zajištěna minimální hodnota umělého osvětlení  $E_m = 300$  lux. [9]

#### 1.4 Prašnost

Prašností se rozumí vznik hmotných částic v prostředí – aerosoly. Ty se dále dělí podle vzniku na prach, kouř a dým. Každá skupina je charakterizována velikostí a svými vlastnostmi a toxicitou. Podle typu prostoru jsou udávány příslušné expoziční limity pro aerosol [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] a pro vlákna [počet vláken/ $\text{m}^3$ ], které jsou dány nařízením vlády č. 361/2007 Sb. [8]

Tabulka 3 Prachy s převážně nespecifickým účinkem

Chemická látka	PELc [mg·m <sup>-3</sup> ]
cement	10,0
železo a jeho slitiny	10,0
hliník a jeho oxidy (s výjimkou gama Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	10,0
ocelářenská struska	10,0
popílek	10,0
půdní prachy	10,0
sádra	10,0
saze kominové	2,0

Zdroj: [8]

Nepříznivě se projevuje velké množství prachu usazováním na kůži či sliznici člověka nebo na jeho oči, což vede k následným zánětům. Toxické účinky se mohou projevit po vdechnutí chemických sloučenin nebo kovů a některé prachy mohou mít také karcinogenní účinek. Redukci expozičního limitu lze dosáhnout dostatečným návrhem větrání nebo místním odsáváním od zdroje prachu. Zaměstnavatel je také v takovýchto případech povinen opatřit zaměstnance dostatečnými ochrannými prostředky. [14]

## 2 Způsoby vytápění průmyslových objektů

Oproti jiným typům objektů se ty průmyslové výrazně liší především jak vertikální, tak horizontální rozlehlostí. Výška prostor se pohybuje v rozmezí 4-15 m a půdorysné rozměry se mohou pohybovat v řádech desítek až stovek metrů. Je tedy potřeba stanovit jednotlivé sekce, ve kterých musí být dodrženy předepsané hygienické požadavky a zároveň minimalizovat energetické nároky na vytápění a větrání prostoru. Průmyslové prostory jsou také vybaveny různými technologiemi, jako jsou obráběcí stroje, kompresory či jeřábové dráhy, se kterými je třeba počítat již při koncepčním návrhu. S rozmístěním technologie souvisí také počet a často nepravidelné rozmístění pracovišť. [15]

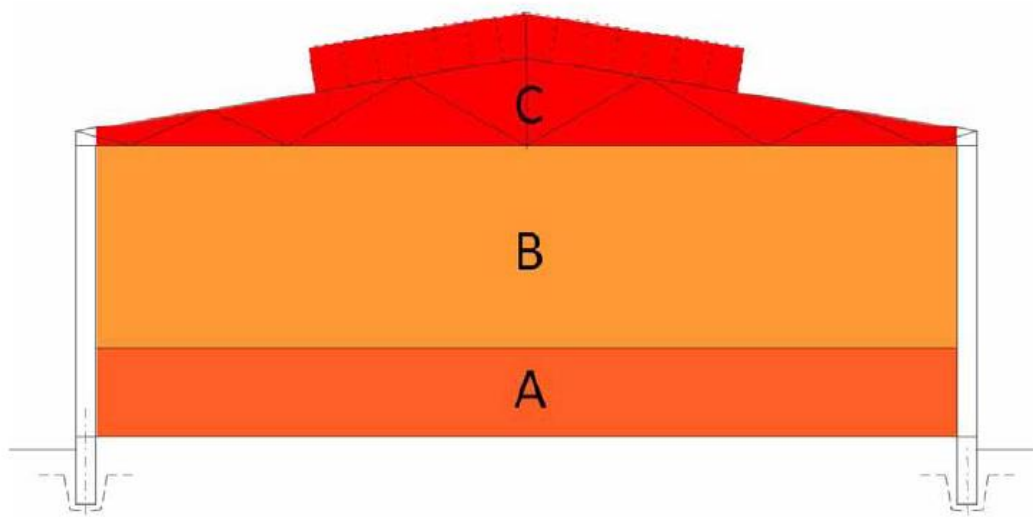
### 2.1 Zónování

Průmyslovou halu je třeba rozdělit na pomyslné horizontální a vertikální roviny, z nichž každá musí plnit svou funkci. Není přípustné, aby v nepříznivě položených místech panovali rozdílné podmínky, které by mohli rozporovat s předepsanými hodnotami. Velké výšky umocňují fyzikální zákon stratifikace vzduchu a oproti výškám prostoru do 4 m zde vchází do výpočtu teplotní gradient. V horizontální

rovině jsou haly obklopeny stěnami o velkých plochách a tím dochází k větší míře osálení vnitřního prostoru okolními chladnějšími konstrukcemi. [3]

### Vertikální rozdělení

Z hlediska vertikálního rozdělení se průmyslové a halové objekty rozdělují na 3 části, z nichž každá má rozdílný vliv na celkovou spotřebu prostoru.



Obrázek 2 Vertikální dělení halového objektu

Zdroj: [3]

#### 1. Pobytová zóna (A)

Zóna, která sahá do výšky cca 2 m nad podlahu haly. Zde je potřeba dodržet normativní požadavky a hygienické předpisy, které jsou uvedeny výše. Jedná se zejména o operativní teplotu, přívod čerstvého vzduchu, vlhkost, osvětlení atd. Vzhledem ke splnění mikroklimatických podmínek je pro tuto zónu výhodnější sálavý způsob vytápění oproti teplotovzdušnému. Jednak kvůli osálení podlahy, jež patří k okolním konstrukcím, které ovlivňují výslednou teplotu. Dále kvůli nižší teplotě vzduchu v pobytové zóně, která ovlivňuje dýchání pracovníků, a nakonec vzhledem k nižší hodnotě teplotního gradientu, který redukuje tepelné ztráty střešním pláštěm. [3]

#### 2. Neutrální zóna (B)

Neutrální zóna nijak neovlivňuje pobytovou zónu A, na druhou stranu zásadně ovlivňuje energeticky výkonnou zónu C. Je to hlavně díky již zmiňovanému teplotnímu gradientu, který udává, o kolik se změní teplota vzduchu ve vertikálním



směru za 1 m při použití zvoleného způsobu vytápění. Cílem této zóny je maximální využití tepelné kapacity v této zóně. U sálavého vytápění se teplotní gradient pohybuje v rozmezí 0,3 – 0,5 K/m a u teplovzdušného vytápění 0,9 – 1,1 K/m. [3]

### 3. Energeticky výkonná zóna (C)

Tato zóna je stěžejní pro tepelné ztráty celého prostoru. Pod střešním pláštěm se díky stratifikaci vzduchu akumuluje největší množství vyprodukovaného tepla. Teploty vzduchu zde dosahují nejvyšších hodnot a tvoří se zde tepelné polštáře. Proto je potřeba této oblasti věnovat značnou pozornost. Dobré využití představuje využití naakumulovaného tepla k ohřevu nově přivedeného čerstvého venkovního vzduchu. [3]

## **Horizontální rozdělení**

Tepelný diskomfort z hlediska horizontálního rozdělení vzniká především u rozlehlejších a vyšších prostorech než u těch menších. Čím větší je plocha okolních povrchů, tím více je ovlivněný vnitřní prostor. Důležitá vlastnost je zde kvalita provedení tepelné izolace okolních stěn, podlahy, střechy a počet oken a míra průvzdušnosti jejich spár. U toho typu průmyslových hal je výhodné použít sálavé panely (plynové, teplovodní), jelikož mají tu výhodu, že vytápí potřebnou oblast pracovního prostředí. [3]

## **2.2 Rozdělení podle přenosu tepla**

Z hlediska dodávek tepelné energie do haly lze systémy rozdělit na:

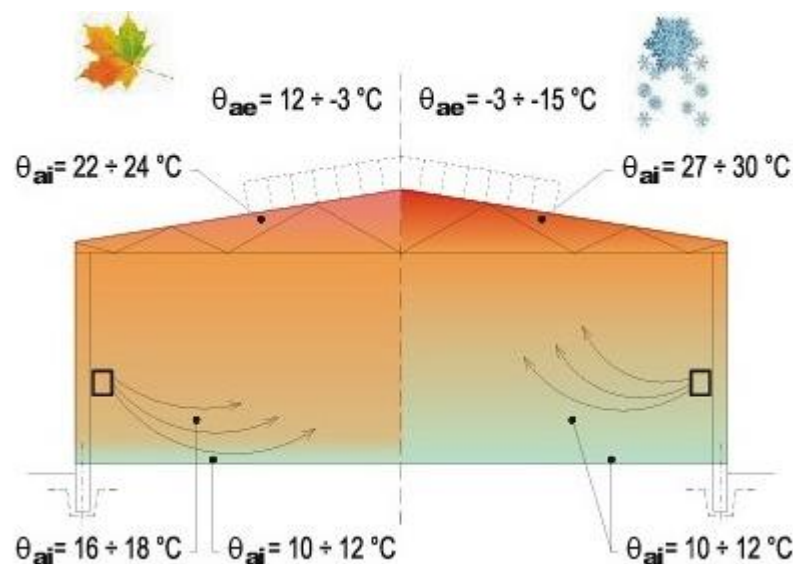
- teplovzdušné,
- sálavé.
- kombinované

### **Teplovzdušné systémy**

U teplovzdušných systémů se jedná o zařízení, které pomocí ventilátoru a ohřívače vzduchu upravuje a následně distribuuje teplý vzduch do uvažovaného prostoru. V tomto případě se odevzdávané teplo do místnosti šíří převážně prouděním. Rozdílem oproti sálavým systémům je zejména vyšší teplota vzduchu oproti teplotám okolních ploch. Může se jednat o lokální zařízení nebo o centrální vzduchotechnickou jednotku, která je schopna dodávat čerstvý vzduch s dodatečnou úpravou jeho

parametrů. Z hlediska dodávání tepelné energie do vzduchu jde o vodní, elektrické nebo plynové ohřívače v jednotkách. [1]

Výhodné je tyto zařízení používat spíše u nižších prostor, zpravidla do 4 m. Důvodem k tomu je fyzikální parametr zvaný teplotní gradient, který zobrazuje teplotní rozvrstvení vzduchu ve vertikální rovině. V tomto případě je ohřátý vzduch distribuován do pobytové zóny, kde je potřeba držet požadované mikroklimatické podmínky, ale v důsledku rozdílných hustot dále stoupá směrem ke střeše. U vysokých místností se tedy kumuluje ohřátý vzduch v prostoru pod střešou, kde není vyžadován, a navíc vzhledem k vyššímu rozdílu teplot na stranách konstrukce zvyšuje tepelné ztráty. Hodnota teplotního gradientu je  $g = 1,0 \text{ K/m}$ . Další výhodou těchto zařízení je relativně rychlá reakce a regulace. Oproti podlahovému vytápění nebo teplovodním sálavým panelům začne teplovzdušné vytápění reagovat během krátké chvíle, což příznivě ovlivní tepelnou pohodu v pobytové zóně. [15]



Obrázek 3 Teplotní podmínky v hale s konvenčním vytápěním

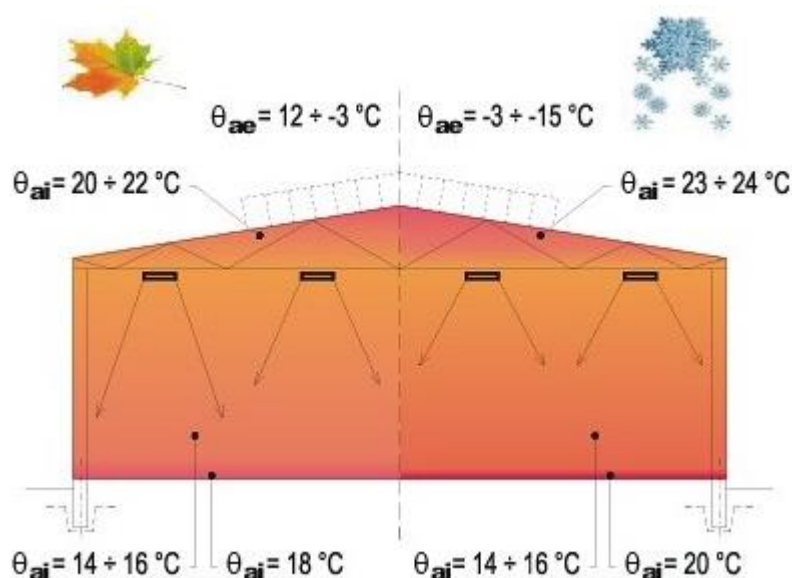
Zdroj: [3]

Velkou nevýhodou teplovzdušných systémů jsou vysoké výšky místností. Kromě toho to jsou zejména u vzduchotechnických jednotek pořizovací i provozní náklady. Zde hraje velkou roli elektrický pohon na provoz ventilátorů a potřebné kanály pro distribuci vzduchu. V tomto případě lze ale uplatnit rekuperaci vzduchu a společně s odpadním teplem od zařízení, které se v hale mohou nacházet, lze celkové náklady redukovat a v lepším případě i obrátit celou bilanci. V poslední řadě je třeba upozornit na víření prachu a hluchost, kterou koncové elementy způsobují. V čistých prostorech

a prostorech ke skladování je tedy toto řešení výrazně omezeno a je upřednostněn sálavý systém. [3]

### Sálavé systémy

Do tohoto typu jsou zařazeny veškeré elementy, které předávají teplo převážně sálavou složkou přičemž platí, že povrchová teplota obklopujících konstrukcí je vyšší než teplota vnitřního vzduchu. Spadají sem podlahové či stěnové vytápění, tmavé a světlé plynové zářiče a teplovodní sálavé panely. Tyto systémy fungují na principu ohřátí většinou podlahové nebo pracovní plochy, která pak následně předává teplo okolnímu vzduchu. Přestože u těchto systému dochází k tvorbě tepelných polštářů pod střešou, tak vertikální rozložení teplot v místnosti je rovnoměrnější a příznivější než u teplovzdušných systémů. Teplotní gradient zde nabývá hodnot  $g = 0,3 - 0,5 \text{ K/m}$ . [15]



Obrázek 4 Teplotní podmínky v hale vytápěné závěsnými sálavými panely

Zdroj: [15]

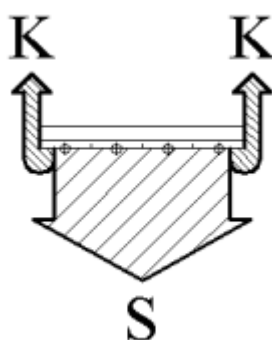
### Kombinované systémy

Kombinací obou systémů lze při dodržení fyzikálních principů lze docílit ekonomicky, enviromentálně a energeticky optimálně vyváženého prostředí. Teplo se zde dostává do místnosti jak konvenční formou, tak formou sálání. [1]

## 2.3 Prostorové řešení – koncové elementy

### Sálavé teplovodní panely

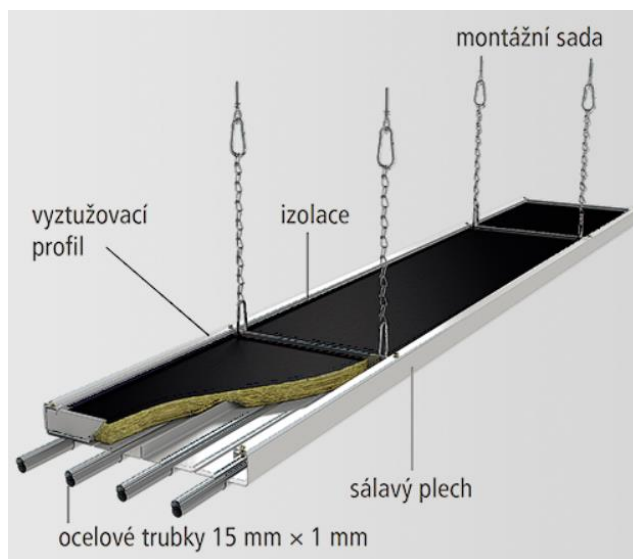
Tento typ vytápění funguje na způsob sálání. Teplá voda o teplotě v rozmezí 30 – 130 °C a maximálním tlaku 1,6 MPa protéká skrze měděné či ocelové potrubí, které ohřívá hliníkový nebo ocelový profilovaný plech. Ten následně pomocí radiace ohřívá potřebnou oblast podlahy a stěn. Tím zvyšuje jejich teplotu a následně se ohřeje i okolní vzduch, který stoupá vzhůru. Podíl radiace a konvence závisí na horizontálním sklonu panelu, ale při vodorovné poloze je cca 80 % předáno sáláním a 20 % konvencí. [2]



Obrázek 5 Teplotní podmínky v hale vytápěné závěsnými sálavými panely

Zdroj: [2]

Na vrchní straně panelu je umístěna tepelná izolace s hliníkovou fólií, aby se vytvořené teplo neztrácelo směrem ke stropu. Panely jsou zavěšeny pomocí řetězu do konstrukce stropu nebo nosníku a to do výšek v rozmezí 5 – 30 m. Výhodou je spojování libovolných délek v závislosti na přípustných tlakových ztrátách. [16,17]



Obrázek 6 Závěsný stropní sálavý panel

Zdroj: [17]

Napojení sálavých panelů na otopnou soustavu probíhá pomocí sběrných kolektorů. Ty mohou být průběžné a je možné tak napojit až několik řad panelů. Takovýmto způsobem je možné zajistit vytápění pro složitě koncipované půdorysné plochy. Součástí kolektorů by měl být i odvzdušňovací a vypouštěcí ventil, které zajišťují údržbu. Pravidlo říká, že vzdálenost mezi jednotlivými panely by neměla být větší, než je výška zavěšení. Na efektivitu vytápění má pak teplota otopné látky a šířka panelu. [1]

#### Výhody:

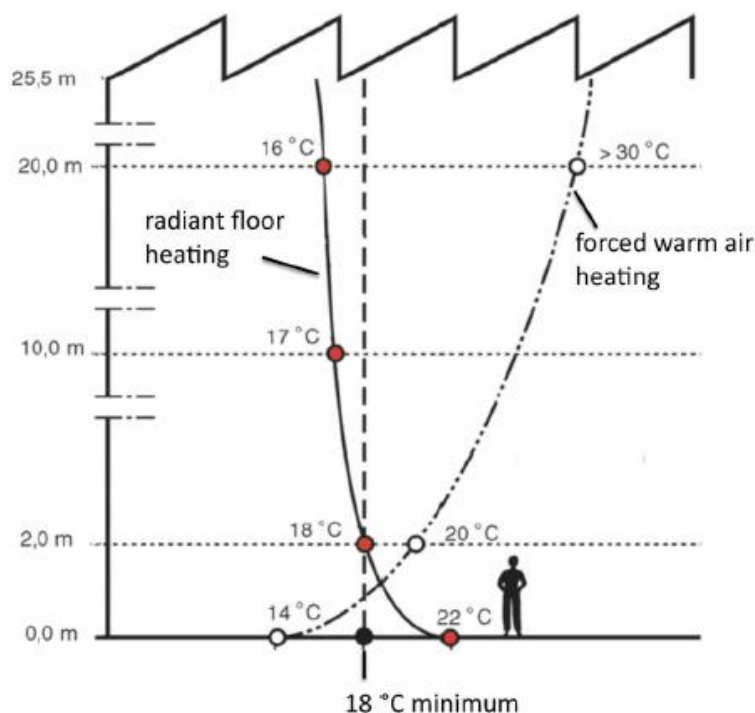
- Použití pro vytápění i chlazení
- Ohřívání pouze potřebných ploch
- Nízký teplotní gradient – rozložení vzduchu a nízké ztráty střechou
- Servis, údržba
- Nízká hlučnost a prašnost
- Provozní náklady
- Nižší teplota vzduchu při stejné operativní teplotě

#### Nevýhody:

- Pořizovací náklady
- Náklady na zdroj tepla
- Rychlost reakce

## Podlahové vytápění

Podlahové vytápění je další možnost převážně sálavého vytápění. Podíl sálavé a konvenční složky je přibližně 55:45 %. Výhodou tohoto způsobu je relativně rovnoměrné rozložení teploty ve vertikálním směru, avšak platí zde omezení na povrchové teploty podlahy, což do jisté míry omezuje měrný tepelný výkon. Z toho důvodu se ve většině případech navrhuje po celé ploše místnosti. [2]



Obrázek 7 Typický vertikální teplotní průběh teploty vzduchu různých systémů v hale

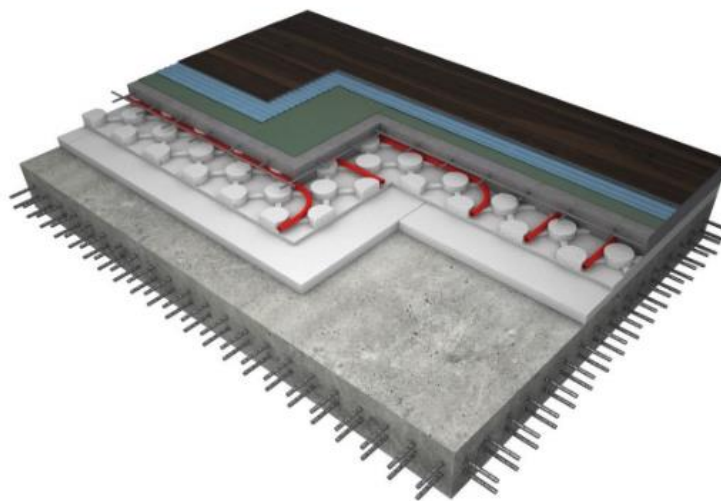
Zdroj: [3]

Tato skupina se řadí díky své rozsáhlé ploše do nízkoteplotních způsobů vytápění. Otopná voda zpravidla nepřesahuje teplotu 50 °C. To přináší výhodu použití nízkopotenciálních energetických zdrojů a s tím i možné úspory energie na vytápění.

Konstrukci podlahy pro podlahové vytápění tvoří zpravidla tyto vrstvy: [1]

- Podkladový beton
- Tepelně akustická izolace
- Hydroizolace
- Tepelněreflexní fólie (volitelné)
- Otopné hady
- Betonová mazanina

- Podlahová krytina



*Obrázek 8 Skladba podlahy podlahového vytápění*

Zdroj: [18]

Při návrhu je třeba dbát na dostatečnou tloušťku tepelné izolace v závislosti na umístění podlahy. Zpravidla se tloušťka pohybuje od 20 mm do 60 mm. Důležité je zajistit pevnost desek a to tak, aby stlačitelnost nepřekročila 5 mm. Výrobci dnes dodávají speciálně upravené profilované tepelné izolace s hydroizolační a akustickou vrstvou pro ulehčení pokládání topných hadů. [1]

Průmyslové haly jsou náchylné na lokální zatížení. Proto se v dnešní době zhotovuje většina mazanin z drátkobetonu, který přispívá k nosnosti podlahy. Také je možno použití KARI sítě pro lepší roznášení sil. Dalším důležitým aspektem při projektování podlahového vytápění je řešení dilatace. Pro oddělení betonové mazaniny od okolních konstrukcí se používají obvodové pásy z polyethylenu, které musí být po celém obvodu místnosti. Zpravidla se dilatují celky, které:

- nemají čtvercový půdorys
- delší strana je více než dvojnásobek strany kratší
- plocha dilatačního úseku je větší než  $40 \text{ m}^2$

[19]

Jako topné hady se používají zpravidla polyethylenové nebo kompozitní trubky, ale zle se setkat i s trubkami z mědi. Výhoda kompozitních trubek spočívá v kyslíkové bariéře, která zamezuje vniknutí kyslíku do potrubí a síťovaného polyethylenu.

Důležitá je také výška krytí podlahových hadů. Minimální výška je 45 mm, ale doporučuje se 60 mm. Kladení potrubí se provádí buď do podlahové smyčky nebo do meandru. Výhoda podlahové smyčky je relativně rovnoměrné rozložení teplot po povrchu. Meandrový systém se použije u místností s jednou ochlazovanou stěnou. [1]

#### Výhody:

- rovnoměrné rozložení teplot jak horizontálně, tak vertikálně
- nízká hlučnost
- nevíří prach
- nízké provozní náklady
- bezúdržbové
- využití pro chlazení

#### Nevýhody:

- pomalá reakce – nevýhodné v přerušovaných provozech
- pořizovací náklady a náklady na rozvody
- náklady na zdroj tepla
- nákladné opravy v případě poruchy
- omezený výkon kvůli maximální povrchové teplotě

[20]

### **Elektrické podlahové vytápění**

Jedná se o podobný způsob jako teplovodní, ale místo otopných hadů jsou použity elektrické odporové kabely, elektrické topné rohože a fólie. Tento způsob lze použít jako lokální vytápění. Účinnost přeměny energie zde dosahuje i 100 %. Výhodou použití je ekologičnost v místě použití a žádný požadavek na zdroj. Lze jej jednoduše použít i v případě rekonstrukcí. Skladba podlahy se volí dle potřeby použití a rozdělujeme ji na:

- Akumulační – pomalejší náběh a regulace. Akumulační vrstva je tvořena betonovou deskou o tloušťce od 90 do 150 mm. Rohože se kladou přibližně do druhé třetiny od povrchu desky. Výhodou je velká akumulace a používá se převážně u nepřerušovaných druhů vytápění. Tento způsob dosahuje nejvyšších měrných výkonů až 200 W/m<sup>2</sup>. [1]



- Poloakumulační – Obdobný případ jako akumulaci s rozdílem, že je potřeba menší tloušťka desky 60 – 90 mm a rohože se umísťují do poloviny tloušťky desky. Výhoda je rychlejší reakce za cenu nižší tepelné kapacity. [1]
- Přímotopný – U této aplikace nedochází k žádné akumulaci tepla. Tloušťka desky je max. 50 mm. Kabele jsou umístěny co nejbližší k povrchu. Výhodou je velice rychlá reakce, ale měrné výkony nedosahují vysokých hodnot (140 W/m<sup>2</sup>). [1]

V dnešní době ale již není možné používat elektrické podlahové vytápění jako jediný zdroj tepla. Vzhledem k aktuální legislativě ohledně primární neobnovitelné energie mohou být elektrické zdroje navrhovány jen za ojedinělých podmínek. Mezi ně se počítá především fotovoltaické panely či boiler TV s funkcí tepelného čerpadla. [21]

#### Výhody:

- Nízké pořizovací náklady
- Výhodné použití v dobře izolovaných objektech
- Použití jen v potřebném místě
- Bezúdržbové
- Rychlá reakční doba

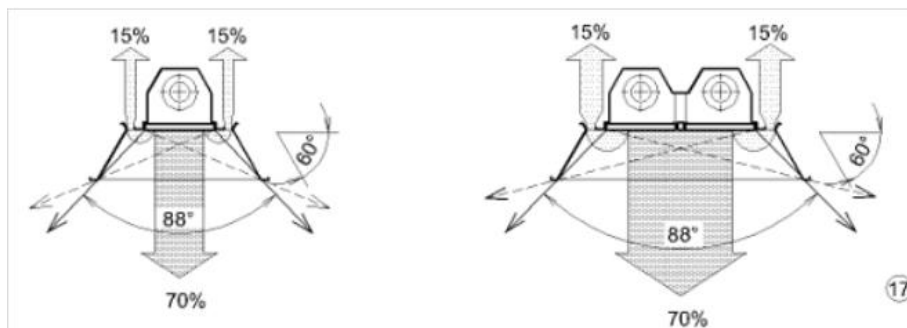
#### Nevýhody

- Vzhledem k legislativě těžko realizovatelné
- Nelze použít jako jediný zdroj tepla
- Omezení maximální povrchové teploty podlahy
- Vysoké provozní náklady

#### **Plynové infračervené zářiče – světlé**

Jako sdílená plocha slouží keramické perforované destičky s povrchovou teplotou 850-950 °C, které za provozu svítí – proto světlé zářiče. Na povrchu destiček dochází k difúznímu katalytickému spalování směsi. Podobně jako teplovodní sálavé panely je zde ohřívána podlaha, od které se dále ohřívá okolní vzduch. Teplotní gradient se pohybuje v mezi 0,3 – 0,5 K/m. Vliv na výkon má především teplota plamene, která závisí na tlakových poměrech a přebytku spalovacího vzduchu. Kromě toho má na výkon vliv i velikost sálavé plochy. Někteří výrobci osazují pod keramické destičky i ocelovou drátěnou mřížku, která slouží pro zachycení destiček, které mohou

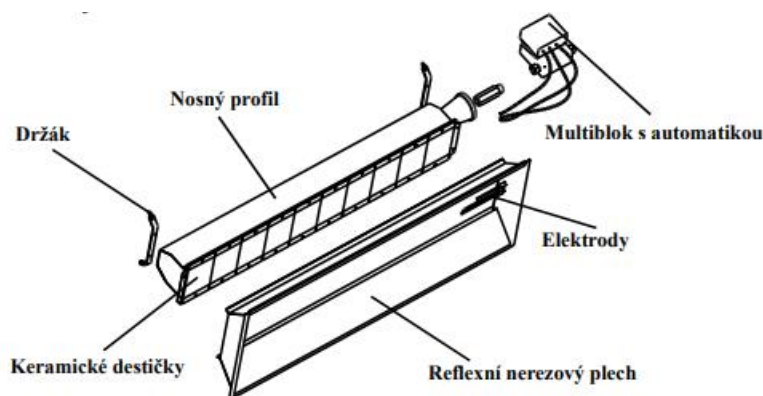
vypadnout. Účinnost těchto zářičů lze zvýšit pomocí využití tepla ze spalin k předehřevu spalovací směsi nebo zaizolováním horní strany panelu. Výkony se pohybují od malých lokálních topidel s 3,5 kW až po závěsné provedení s až 50 kW. Výšky zavěšení jsou od 4 do 20 m, ale upřednostňují se spíše pro vyšší prostory. [1]



Obrázek 9 Tmavé zářiče KMU alfa 30 a KMU alfa 10

Zdroj: [22]

Způsob spalování napomáhá menší produkci škodlivin a spaliny se proto mohou odvádět nepřímo ventilátorem v nejvyšším místě haly. Tento ventilátor musí být v provozu, pokud je jakýkoli zářič zapnutý. Konstrukce světlého zářiče se skládá ze zákrytu, keramických destiček, zapalovací a ionizační elektrody, plynové trysky a směšovací komory. [2]



Obrázek 10 Konstrukce světlého plynového zářiče

Zdroj: [2]

#### Výhody:

- Použití do vysokých prostor
- Nízké pořizovací i provozní náklady
- Vytápění osamělých pracovišť

- Víření prachu
- Hlučnost
- Rychlost reakce

#### Nevýhody:

- Použití v nízkých halách
- Častý servis a údržba
- Nevhodné do hořlavého prostředí
- Nutno zajistit přívod spalovacího vzduchu

#### **Tmavé infrazářiče**

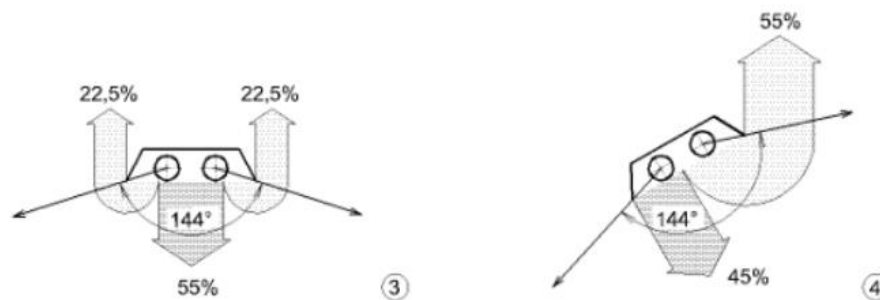
V řídicí skříňce panelu je umístěný hořák, který spaluje plyn a ohřívá trubice ve tvaru U nebo I. Tímto způsobem se počáteční povrch trubice ohřeje na teplotu cca 500 °C. Na konci trubice už je pouze kolem 180 °C. Důvodem toho je ideální využití spalovacího plynu. Výkony se zde pohybují v rozmezí 6 – 50 kW. Nevýhodou oproti světlým zářičům je nutnost odvedení spalin mimo objekt. Vyrůstají tedy náklady na rozvody. Teplo je distribuováno do prostoru stejně, jako u světlých zářičů tzn. osáláním okolních povrchů. [2]

Podle studie v Německu se u tmavých zářičů s rostoucí výškou výrazně snižuje i účinnost. V porovnání se světlými zářiči se ve výšce:

- 5 m dosahuje přibližně stejné účinnosti
- 10 m snižuje účinnost o 15 %
- 15 m snižuje účinnost o 27 %

Podle této studie je tedy zřejmé, že není vhodné používat tmavé zářiče do vyšších výšek.

Zavěšování panelů se řeší buď vodorovně pod střešou, nebo šikmo na stěny prostoru. Šikmé zavěšení ale dosahuje snížené účinnosti. Při sklonu infračerveného zářiče 30 ° od vodorovné roviny se dosahuje přibližně 45 % celkové účinnosti. Tímto způsobem se zářiče začínají chovat spíše jako konvenční tělesa a ohřátý vzduch se akumuluje pod střešou. Významnou roli v energetické účinnosti hraje konstrukce reflexního zákrytu. Zářič s mělkým zákrytem bez koncových čel není vůbec vhodné řešení. [1]



Obrázek 11 Tmavý zářič s mělkým jednoduchým zákrytem a bez koncových čel vodorovný a zavěšený šikmo

Zdroj: [22]

#### Výhody:

- Použití do nižších prostor
- Nízké pořizovací i provozní náklady
- Vytápění osamělých pracovišť
- Víření prachu
- Hlučnost
- Rychlost reakce

#### Nevýhody:

- Použití ve vysokých prostorech
- Častý servis a údržba
- Nevhodné do hořlavého prostředí
- Nutno zajistit přívod spalovacího vzduchu
- Nutno zajistit odvod spalin

#### **Centrální vzduchotechnické jednotky**

Chování předávky tepla se zde výrazně liší od sálavých typů vytápění. Ohřívání nyní neprobíhá osáláním okolních ploch, ale ohřátím vzduchu ve vzduchotechnické jednotce a následnou distribucí pomocí vzduchovodů ke koncovým elementům. Ty pak dále vyfukují teplý vzduch pod určitým sklonem do prostoru pracoviště. Jelikož je někdy potřeba dopravit vzduch z koncových elementů na delší vzdálenosti, je potřeba někdy vyšších rychlostí, což je v některých případech zdrojem diskomfortu na pracovišti. [5]

Výhodou tohoto systému je především komplexní úprava vzduchu přímo v jednotce. Lze díky ní dodatečně vlhčit, odvlhčovat, filtrovat nebo dokonce v létě chladit přiváděný vzduch. Ohřev vzduchu je řešen většinou lamelovým výměníkem, skrz který proudí ohřátá voda. Ve výjimečných případech může jít i o elektrické výměníky. Není výjimkou, že je výměník napojen přímo na tepelné čerpadlo (tzv. přímý výpar). [5]

#### Výhody:

- Komplexní úprava vzduchu
- Výhodnější u nižších stropů
- Rychlost reakce
- Životnost

#### Nevýhody:

- Vysoké pořizovací náklady
- Náklady na rozvody vzduchu
- Víření prachu
- Hlučnost
- Náročná montáž

### **Lokální vzduchotechnické jednotky**

Mnohem rozšířenější než centrální jednotky, ale mnohem méně energeticky účinné. Je to hlavně z důvodu vyšších světlych výšek, kdy v obytné zóně často není dosažena požadovaná teplota a pod střešním pláštěm je naakumulováno velké množství teplého vzduchu o teplotě až 30 °C. Z tohoto důvodu se doporučuje návrh takových jednotek do výšek stropu max. 10 m. Tyto jednotky se navrhují do prostor, kde není umístěno příliš mnoho zdrojů prachu a škodlivých plynů. [23]

Podle energonositele, který ohřívá přiváděný vzduch, můžeme rozdělit jednotky na:

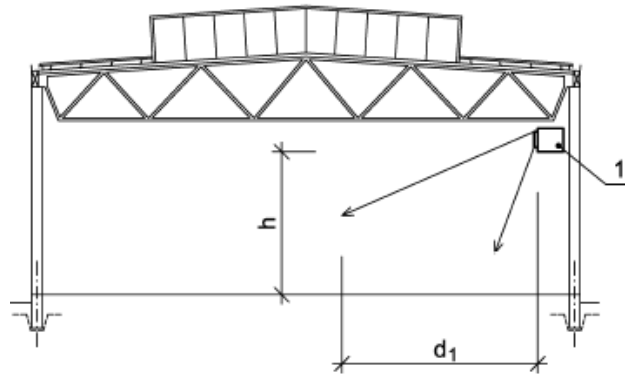
- Vodní
- Plynové
- Elektrické

Výhodou plynových teplovzdušných jednotek má výhodu, že je konstantní obraz proudění vzduchu během otopné sezóny. To je umožněno díky přerušovanému

vytápění. Výhodou je také téměř okamžitá reakce. Je ale také nutno řešit odvod spalin mimo objekt. [1]

Elektrické výměníky mají stejně jako plynové krátkou reakční dobu. Ovšem vytápění elektrikou je velmi neekonomické a není možné navrhovat jako jediný zdroj tepla.

Podle druhu ventilátoru se rozlišují na GNS s jedním nebo dvěma axiálními ventilátory a GNC s radiálními ventilátory. [1]



Obrázek 12 Dosah jednotek s difuzéry

Zdroj: [3]

#### Výhody:

- Nízké pořizovací náklady
- Rychlost reakce
- Možná kombinace s přívodem čerstvého vzduchu
- Dlouhá životnost

#### Nevýhody:

- Nevhodné do vysokých prostor
- Provozní náklady
- Servis a údržba
- Víření prachu a hlučnost
- U plynových jednotek je nutné odkouření

# Praktická část

V této části je popsán vybraný objekt jak z konstrukční, tak provozní části. Také je zde popsán návrh větrání, který bude koncepčně zpracován v projektové dokumentaci. Dále jsou zde vybrány a porovnány tři varianty vytápění v závislosti na teoretické části a vybrána varianta, která bude zpracována jako dokumentace pro provedení stavby.

## 3 Popis objektu

Objekt se nachází v obci Velké Přítočno na P.P.Č. 121/91 poblíž města Kladno. Jedná se převážně o výrobní halu pro obrábění. Budova je jednopodlažní se sníženou administrativní částí. Celkové rozměry objektu jsou 41,08 x 20,25 m.

Administrativní část je orientována na jihovýchod a její rozměry jsou 20,25 x 10,75 m. Světlá výška kanceláří je 3,0 m a konstrukční je 3,6 m. V administrativní části se nachází pět kanceláří, kuchyňka, technická místnost, sociální zázemí a šatny. Kanceláře jsou orientovány na jihovýchod a ostatní místnosti jsou orientovány směrem k výrobnímu prostoru na severozápad. Základová konstrukce je tvořena základovými pasy pomocí prolévaných betonových tvárnic. Obvodové zdivo je z pórobetonových bloků od výrobce Ytong s dodatečnou izolací. Střešní konstrukce je z předepnutých betonových panelů Spiroll.

Výrobní a skladovací část je orientována na severozápad s rozměry 30,6 x 17,8 m. Plocha je rozdělena na tři části, z nichž dvě slouží pro opracování polotovarů a jedna jako sklad potřebných kapalin. Kapaliny jsou v tomto případě uvažovány jako nehořlavé. Skladování se uvažuje pomocí palet. Konstrukce podlahy je z drátkobetonu bez zateplení. Nosný skelet tvoří železobetonové sloupy s osovou vzdáleností 6 m a vnitřní stěny. Obvodový plášť je sendvičová konstrukce.

Provoz administrativní i halové části je jednosměrný. Délka směn je uvažována od sedmé hodiny ráno do šesté hodiny večer.

## 4 Koncept větrání

Protože tepelné ztráty větráním tvoří nedílnou a významnou část tepelných ztrát objektu, tak je v tomto případě vytvořen koncept. Dokumentace zahrnuje jednočarový půdorys (bez výpočtu akustiky a dimenzí), technickou zprávu a návrh vzduchotechnické jednotky pro administrativní část.

### 4.1 Administrativní část

Celá administrativní část je větrána pomocí vzduchotechnické jednotky vybavené rekuperačním výměníkem. Vzduch je přiváděn do prostorů kanceláří a kuchyňky. Část vzduchu z kanceláří a kuchyňky je odvedena zpět do VZT jednotky za účelem rekuperace. Zbylé množství je vedeno přes dveře do sociálního zázemí, technické místnosti a prostoru šaten. Odtud je pomocí axiálních ventilátorů znehodnocený vzduch vyveden nad střechu objektu. Tyto prostory jsou v podtlakové dispozici, aby se zamezilo pronikání znehodnoceného vzduchu do okolních prostor.

Přívod čerstvého vzduchu pro administrativní část je navržen dle normy ČSN EN 15665/Z1. Do prostoru kanceláří je počítán přívod čerstvého vzduchu  $35 \text{ m}^3/(\text{hod} \cdot \text{os})$ . [24]

Pro větrání sociálního zázemí, šaten a sprchy byly použity tyto hodnoty dle nařízení vlády č.361/207 Sb.:

Tabulka 4 Výměna vzduchu v sociálních zařízeních

Zařízení	Výsledná teplota °C	Výměna vzduchu m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
Šatny	20	20 na jedno šatní místo
Umývárny	22	30 na jedno umyvadlo
Sprchy	25	150-200 na jednu sprchu
Záchody	18	50 na jednu kabinu 25 na jeden pisoár

Zdroj: [25]



## 4.2 Výrobní a skladovací prostor

Prostor výroby je větraný pomocí teplovodních nástěnných jednotek. Jednotky neobsahují deskový ani rotační výměník a tak pro minimalizaci nákladů na vytápění je uvažována směšovací komora se servopohonem. Poměr směšování je 50 % přívod čerstvého vzduchu. Jednotky jsou dále vybaveny venkovní žaluzií, filtrem, ventilátorem, a vnitřní žaluzií s nastavitelnými lamely. Jednotky byly navrženy dle podkladů Sahara MAXX NH. Teplota vyfukovaného vzduchu je 22 °C a jednotky zajišťují pouze ohřev vzduchu, nikoli prostoru.

Množství přiváděného venkovního vzduchu je stanoveno na základě Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Zaměstnanci vykonávají práci vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin občas v předklonu nebo vkleče, chůze - údržba strojů, mechanici. Proto je zvolena třída práce IIIa, které odpovídá přívod čerstvého venkovního vzduchu 70 m<sup>3</sup>/(os\**hod*). Zaměstnanci jsou také zatíženi různými pachy a proto se přívod navyšuje o 10 m<sup>3</sup>/(os\**hod*). Pracovní prostory nejsou přístupné veřejnosti.

Větrání skladu je uvažováno dle intenzity větrání a to hodnotou 0,3 h<sup>-1</sup>. V tomto prostoru se budou lidé vyskytovat pouze krátkodobě a není nutné zajistit vyšší výměnu. Jednotka byla navržena dle podkladů Sahara MAXX NH. Teplota vyfukovaného vzduchu je 16 °C a jednotky zajišťují díky nízké tepelné ztrátě vytápění celé místnosti.

Dále jsou kolem dveří uvažovány cirkulační vratové clony, které odebírají teplý vzduch z místnosti. Umístění je ve vertikální poloze, kvůli výsuvným vratům.

Množství přiváděného a odváděného vzduchu pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 5 Tabulka přívodů a odvodů vzduchu

číslo m.	název m.	plocha [m <sup>2</sup> ]	sv. výška [m]	objem [m <sup>3</sup> ]	počet os.	intenzita vět. [h <sup>-1</sup> ]	Přívod	Odvod
A.103	Kancelář	19	2.7	51.3	2	0.5	150	100
A.104	Kancelář	19.1	2.7	51.57	2	0.5	150	100
A.105	Kancelář	19.1	2.7	51.57	2	0.5	150	100
A.106	Kancelář	19.1	2.7	51.57	2	0.5	150	100
A.107	Zasedací místnost	19	2.7	51.3	10	0.5	400	200
A.108	Kuchyňka	12.7	2.7	34.29	-	-	200	100
A.109	Technická místnost	6.5	3	19.5	-	0.3	-	30
A.110	Úklidová místnost	3.9	3	11.7	-	-	-	30
A.111	Šatna	6.4	2.5	16	-	-	-	100
A.112	WC muži	12.3	2.5	30.75	-	-	-	130
A.113	WC ženy	7.7	2.5	19.25	-	-	-	80
A.116	Sprcha	1.4	2.5	3.5	-	-	-	200
S.101	Výroba	217	6.15	1334.55	6	0.5	1400	1400
S.102	Výroba	199.5	6.15	1226.925	6	0.5	1300	1300
S.103	Sklad použitých kapalin	112	6.15	688.8	-	0.3	650	650

## 5 Parametry pro návrh

Vnější výpočtová teplota -15 °C

Průměrná teplota za otopné období 4,5 °C

Hladina podzemní vody > 1 m

### 5.1 Hodnoty U

Součinitele prostupu tepla byly částečně vypočítány (obvodové konstrukce, střešní plášť, podlaha, vnitřní stěny) dle dostupných údajů a částečně převzaty od podkladů výrobce (dveře, vrata, okna). Kompletní soupis konstrukcí a jejich hodnot U jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 6 Součinitele prostupu tepla

Tabulka součinitelů prostupů tepla U [W/(m <sup>2</sup> *K)]						
Název konstrukce	Označení	U <sub>k</sub>	ΔU <sub>tb</sub>	U <sub>k</sub> +ΔU <sub>tb</sub>	Poznámka	
		[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]		
Stěna vnější - plynosilikát	Ve,adm	0.174	0.05	0.224	Vypočítáno	
Stěna vnější - Kingspan	Ve,hal	0.226	0.05	0.276	Vypočítáno	
Příčka - sádrokarton 150mm	Vi,amd150	0.335	0.00	0.335	Vypočítáno	
Stěna vnitřní nosná - plynosilikát 250mm	Vi,adm250	0.285	0.00	0.285	Vypočítáno	
Stěna vnitřní nosná - plynosilikát 300mm	Vi,hal300	0.241	0.00	0.241	Vypočítáno	
Podlaha - administrativní budova	Podl,adm	0.240	0.05	0.290	Vypočítáno	
Podlaha - hala	Podl,hal	3.245	0.05	3.295	Vypočítáno	
Střeška - administrativní budova	Stř,adm	0.184	0.05	0.234	Vypočítáno	
Střeška - hala	Stř,hal	0.213	0.05	0.263	Vypočítáno	
Okno	O	0.950	0.05	1.000	U dle podkladů výrobce	
Dveře exteriér	De	1.130	0.05	1.180	U dle podkladů výrobce	
Dveře interiér	Di	2.300	0.00	2.300	U dle podkladů výrobce	
Vrata exteriér	Vr,e	1.450	0.05	1.500	U dle podkladů výrobce	
Vrata interiér	Vr,i	1.790	0.00	1.790	U dle podkladů výrobce	
Sokl v hale	Ve,sok,h	0.210	0.05	0.260	Vypočítáno	
Střešní okno	Ostř	1.150	0.05	1.200	U dle podkladů výrobce	
Sokl v administrativní budově	Ve,sok,a	0.156	0.05	0.206	Vypočítáno	

## 5.2 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty byly vypočítány programem Microsoft Excel dle hodnot a požadavků evropské normy ČSN EN 12 831. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v následující tabulce.

*Tabulka 7 Návrhové teploty a tepelné ztráty místností*

Tepelné ztráty jednotlivých místností			
č. místnosti	Název místnosti	Návrhová teplota	Tepelná ztráta
		[°C]	[W]
A.101	Vstup, čekárna	18	682
A.102	Chodba	15	N
A.103	Kancelář	20	942
A.104	Kancelář	20	625
A.105	Kancelář	20	625
A.106	Kancelář	20	625
A.107	Zasedací místnost	20	824
A.108	Kuchyňka	20	1,004
A.109	Technická místnost	15	N
A.110	Úklidová místnost	15	N
A.111	Šatna	22	392
A.112.1	Předsíň WC muži	20	80
A.112.2	WC muži	20	291
A.113.1	Předsíň WC muži	20	88
A.113.2	WC ženy	20	150
A.116	Sprcha	20	683
S.101	Výroba	18	6,722
S.102	Výroba	18	7,460
S.103	Sklad kapalin	10	4,539
SUMA			25,730

## 6 Výběr vhodné varianty

Zde budou zhodnoceny jednotlivé varianty vytápění s ohledem na koncept větrání a vybrána jedna, která bude zpracována jako projektová dokumentace. Na konci části je sepsána tabulka s výsledky porovnání. Porovnávány budou na základě zmíněných informací v teoretické části a dodatečném ekonomickém posouzení:

- Podlahové vytápění
- Teplovodní sálavé panely
- Plynové infrazářiče
- Teplovzdušné jednotky

Kriteriálními body pro zadaný objekt jsou:

- Náklady
- Způsob vytápění
- Rychlost reakce
- Víření prachu
- Hlučnost
- Servis
- Komfort
- Životnost

### 6.1 Náklady

Cena je důležitý parametr pro volbu systému. Nejedná se zde pouze o cenu pořizovací, ale také cenu za provoz v průběhu let. Společně s odhadovanou životností lze stanovit kompletní náklady za celý životní cyklus systému. Do pořizovacích nákladů se počítá cena za zdroj, rozvody a koncové prvky. Zde budeme pro potřebné případy uvažovat jako zdroj plynový kondenzační kotel. Návrh jednotlivých variant je dimenzován na 25,73 kW.

#### Podlahové vytápění

V tomto případě je nutné připočíst i cenu za potřebnou skladbu podlahy a dilatačních prvků. Do ceny se tedy přidává profilovaná tepelněizolační deska a topné hady. Ceny jsou převzaty od výrobce Rehau. Kotel je navržen od výrobce Protherm. Teplotní spád otopné vody je 50/40 °C. [26]

<u>Materiál</u>	<u>Výměr</u>	<u>Cena</u>
Trubka	2200 m	72 600 Kč
Tepelněizolační profilovaný profil	530 m <sup>2</sup>	181 790 Kč
Dilatace (pásky, trubky)		15 200 Kč
Rozdělovač + skříň	3 ks	34 350 Kč
Rozvody (měď) + armatury	200 m	48 000 Kč
<u>Zdroj (plynový kotel)</u>	<u>2 ks</u>	<u>40 570 Kč</u>
CELKEM		392 510 Kč

### **Teplovodní sálavé panely**

Ceny panelů a příslušenství jsou převzaty od výrobce Kotrbatý. Teplotní spád otopné vody je 50/40 °C pro porovnání s podlahovým vytápěním.

<u>Materiál</u>	<u>Výměr</u>	<u>Cena</u>
Sálavý panel 600x3000 mm	24 ks	202 320 Kč
Koncový rozdělovač	10 ks	3710 Kč
Příslušenství (spojky, kryty, závěsy)	24 ks	30 072 Kč
Rozvody (měď) + armatury	200 m	48 000 Kč
<u>Zdroj (plynový kotel)</u>	<u>2 ks</u>	<u>40 570 Kč</u>
CELKEM		324 672 Kč

### **Plynové infrazářiče**

Při tomto řešení odpadají dodatečné náklady na zdroj tepla, ale jsou potřebné rozvody plynu. Ceny byly převzaty od výrobce Kotrbatý.

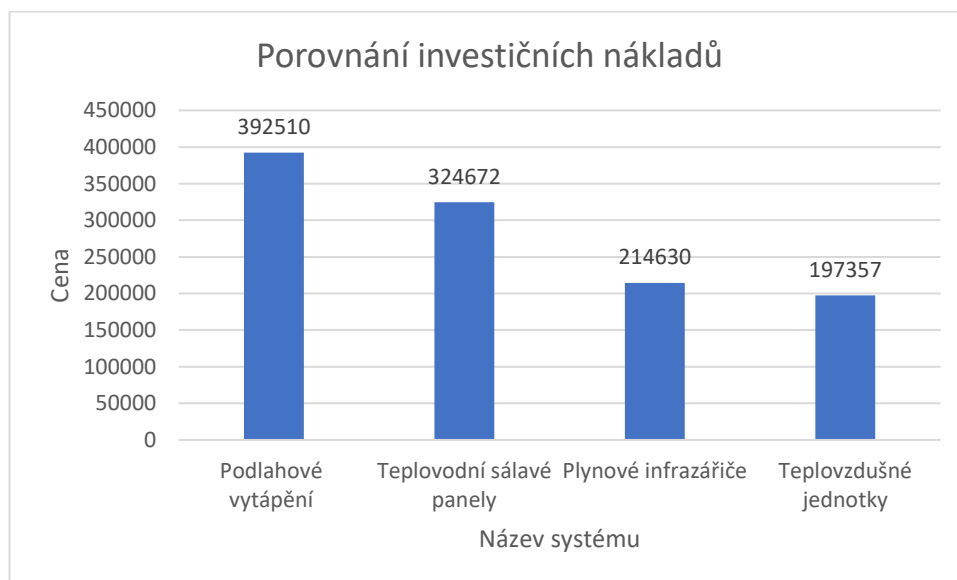
<u>Materiál</u>	<u>Výměr</u>	<u>Cena</u>
Plynový infrazářič KM10-U/6 5,9 kW	1 ks	41 090 Kč
Plynový infrazářič KM10-U/9 8,8 kW	2 ks	84 140 Kč
Odvod spalin	3 ks	39 600 Kč

Zavěšení	3 ks	4 300 Kč
Rozvod plynu	100 m	45 500 Kč
CELKEM		214 630 Kč

### Teplovzdušné jednotky

Pro návrh byl vybrán výrobek ATLAS 4A12EX s výkonem 8,4 kW při teplotním spádu 90/70/15 °C. Jedná se o jednotky s teplovodním výměníkem.

<u>Materiál</u>	<u>Výměr</u>	<u>Cena</u>
ATLAS 4A12EX	3 ks	89 187 Kč
Závěsy	3 ks	7 200 Kč
Měření a regulace	3 ks	12 400 Kč
Rozvody (měď) + armatury	200 m	48 000 Kč
<u>Zdroj (plynový kotel)</u>	2 ks	40 570 Kč
CELKEM		197 357 Kč



Graf 1 – Porovnání investičních nákladů

## **Provozní náklady**

Společným energonositelem pro všechny druhy vytápění je uvažován plyn. Provozní náklady se tedy liší hlavně v účinnosti jednotlivých zařízení. Zatímco kondenzační kotle dosahují účinnosti cca 98 %, tak plynové infrazářiče mají zhruba 70 % a tím i větší spotřebu plynu. Do provozních nákladů se započítává i provoz oběhových čerpadel.

## **6.2 Způsob vytápění**

Zde lze rozdělit systémy na teplovzdušné a sálavé. Z hlediska vertikálního rozložení teploty jsou výhodnější sálavé systémy, díky svému teplotnímu gradientu. Tím se také omezí tepelná ztráta střešním pláštěm. Teplota vzduchu je nižší a lépe se v pracovním prostředí dýchá. Navíc u teplovzdušného systému může být kvůli kratší vzdálenosti obvodových stěn nebo nižší výšce stropu způsobena vyšší rychlost proudění vzduchu. [1]

V dispozici hal se nenachází žádné prvky, které by bránili použití sálavého vytápění (např. jeřáby, rozvody stlačeného vzduchu). Z těchto důvodů bych se v tomto ohledu přiklonil k sálavému způsobu vytápění.

## **6.3 Rychlost reakce**

Z hlediska rychlosti reakce se nejlépe jeví teplovzdušné vytápění a plynové infrazářiče. Jejich rychlost náběhu je téměř okamžitá. Je proto vhodné je používat do provozů s přerušovaným vytápěním. Hůře pak na tom jsou sálavé teplovodní panely, u kterých se se nejprve musí nahřát deska a je potřeba počítat s menší prodlevou. Nejhůře je na tom podlahové vytápění, kde se nejprve musí zahřát betonová mazanina, která dále sálá teplo. Při vypnutí systému ještě dlouhou dobu dochází k vytápění místnosti. Není teda příliš vhodné pro tento případ, kdy výroba pracuje na jednosměnný provoz.

## **6.4 Víření prachu**

Výroba je zaměřena na obrábění oceli. Předpokládá se tedy výskyt ocelových pilin a jiných částí prachu a aerosolu. Proto je méně vhodné navržení teplovzdušného vytápění, které může prach vířit.

## **6.5 Hlučnost**

Některé provozy mají zvýšené požadavky na míru akustického tlaku. V tomto případě nejsou kladeny vysoké požadavky na hluk zařízení, a tak je možné použití všech variant. V lepší pozici se zde ale jistě nacházejí sálavé teplovodní panely a podlahové

vytápění, jelikož při správném výběru regulačních armatur neprodukují žádný hluk. U infrazářičů je zdrojem hluku ventilátor pro odvod spalin

## **6.6 Servis**

Servis jednotlivých systémů je potřebný pro zajištění správné funkce zařízení a splnění normativních požadavků. Koncovým elementům, které nemají připojení na plyn, stačí pouze standartní revize jako je čištění filtrů, kontrola zdroje tepla či odvodu vzdušného systému. Plynové infrazářiče a lokální plynové teplovzdušné jednotky mají ze zákona povinné pravidelné revize společně s kontrolou spalinové cesty, které se provádí z pravidla jednou ročně. V tomto ohledu jsou tedy plynové spotřebiči v nevýhodě. [20]

## **6.7 Komfort**

Podlahové vytápění společně s teplovodními sálavými panely poskytují nejrovnoměrnější dodávku tepla a zároveň nedochází k místnímu přetápění. Zároveň nejsou zdroji hluku a tak je úroveň komfortu pracovníků na vysoké úrovni.

U infrazářičů je velmi znát, jestli osoba stojí pod polem osálení, nebo mimo něj, jelikož keramické destičky mají vysokou povrchovou teplotu. [20]

Teplovzdušné jednotky často obtěžují lidi z hlediska průvanu a vydávaného hluku.

## **6.8 Životnost**

V této kategorii opět převládají systémy podlahového vytápění a sálavých panelů. Zpravidla je zde životnost spojena s životností budovy. U teplovzdušných jednotek a infrazářičů je životnost dána ve velké míře pravidelností údržby. Kromě toho jsou to také typy ventilátorů a výměníků. Zpravidla ale platí doba životnosti do patnácti let. [20]



## 7 Porovnání

V následující tabulce jsou shrnuty veškeré výše zmíněné údaje o jednotlivých systémech vytápění. Všechny údaje jsou zohledněny na základě vybraného objektu.

	Podlahové vytápění	Závěsné sálavé panely	Plynové infrazářiče	Teplovzdušné jednotky
<b>Pořizovací náklady</b>				
<b>Provozní náklady</b>	vysoká účinnost kotle - nižší spotřeba	vysoká účinnost kotle - nižší spotřeba	Nižší účinnost zářiče - vyšší spotřeba	Nižší účinnost jednotky - vyšší spotřeba
<b>Způsob vytápění</b>	Vhodnější	Vhodnější	Vhodnější	Méně vhodné
<b>Rychlost reakce</b>	Velmi pomalá (i několik hodin)	Pomalá (1-2 hod)	Velmi rychlá	Velmi rychlá
<b>Víření prachu</b>	Nevíří prach	Nevíří prach	Nevíří prach	Víří prach
<b>Hlučnost</b>	Žádný hluk	Žádný hluk	Hluk spalínového ventilátoru	Hluk ventilátoru jednotky
<b>Servis</b>	Bezúdržbové	Bezúdržbové	Pravidelný servis (1x ročně)	Pravidelný servis (1x ročně)
<b>Komfort</b>	Vysoká úroveň	Vysoká úroveň	Velká úroveň osálení	Vznik průvanu, hluk
<b>Životnost</b>	Jako objekt	Jako objekt	do 15ti let	do 15ti let

Jako vhodnou variantou pro vytápění výrobní a skladovací haly ve Velkém Přítočnu jsem vybral v kombinaci s konceptem větrání závěsné sálavé panely. Důvodem pro toto rozhodnutí je:

- kvalitní rovnoměrné rozprostření tepla v horizontální i vertikální rovině
- Nižší teplota osálení vzhledem k nižší světlé výšce haly
- Minimální hlučnost
- Nižší provozní náklady
- Komfortní vytápění pro vykonávání práce
- Dlouhá životnost systému
- Není zapotřebí častý servis

Na úkor těchto výhod jsou zde o něco vyšší investiční náklady a je pomalejší rychlost reakce systému. To lze ale řešit zapnutím systému v době, kdy ještě nejsou zaměstnanci na svých pracovištích.

## 8 Závěr

Dodržování normativních požadavků a právních předpisů je nutností a předpokladem každé projektové dokumentace. V této práci byli vysvětleny základní požadavky na vnitřní mikroklima, větrání a osvětlení průmyslových objektů. Tyto požadavky byli do jisté míry zohledněny i v koncepčním návrhu větrání a způsobu vytápění haly ve Velkém Přitochu.

Není možné říci, že je pouze jediný vhodný způsob na vytápění hal a velkokapacitních objektů. Je potřeba posoudit široké spektrum vnějších a vnitřních vlivů, které spadají pod návrh vhodného konceptu. Ať už se jedná o návrh distribučních elementů, prostorového řešení nebo o návrh zdroje. Vždy je nutné řešit systémy technických zařízení budov jako celek, protože se ve velké míře navzájem ovlivňují.

Z důvodů vyplívajících z této diplomové práce byl jako nejvhodnější vybrán způsob vytápění pomocí závěsných teplovodních panelů. Pro administrativní část byl posléze v projektu vybrán systém vytápění otopnými tělesy.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] PETRÁŠ, Dušan a KOTRBATÝ, Miroslav. Vytápění velkoprostorových a halových objektů. Vytápění. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-040-3.
- [2] BAŠTA, Jiří a HOJER, Ondřej. Sálavé a průmyslové vytápění. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2021. ISBN 978-80-01-06814-4.
- [3] KABELE, Karel; HOJER, Ondřej; KOTRBATÝ, Miroslav; SOMMER, Klaus a PETRÁŠ, Dušan. Energy Efficient Heating and Ventilation of Large Halls. Forssa Print, 2011. ISBN 978-2-930521-06-0.
- [4] KOTRBATÝ, Miroslav; HOJER, Ondřej a KOVÁŘOVÁ, Zuzana. Hospodaření teplem: "nejlevnější energie je energie ušetřená". Praha: ČSTZ, 2009. ISBN 978-80-86028-41-5.
- [5] DRKAL, František a ZMRHAL, Vladimír. Větrání. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06378-1.
- [6] MATHAUSEROVÁ, Zuzana. Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb. Online. <https://vetrani.tzb-info.cz>. 2013. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>. [cit. 2024-01-05].
- [7] Borowski, M.; Zwolinska, K.; Czerwinski, M. An Experimental Study of Thermal Comfort and Indoor Air Quality—A Case Study of a Hotel Building. *Energies* 2022, 15, 2026. <https://doi.org/10.3390/en15062026>
- [8] MATHAUSEROVÁ, Zuzana a LEPŠÍ, Jana. Hygiena vnitřního prostředí (A 3.10). Online. <https://profesis.ckait.cz>. 2022. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/a-3-10/>. [cit. 2024-01-05].
- [9] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- [10] ČSN 65 0201 Hořlavé kapaliny - Prostory pro výrobu, skladování a manipulaci
- [11] Požární ochrana. 35 Hořlavé kapaliny - provozovny a sklady, plnění a stáčení, výdejní čerpací stanice. Online. [Pozarniochrana.netstranky.cz](http://Pozarniochrana.netstranky.cz). 2024. Dostupné z: <https://pozarniochrana.netstranky.cz/temata/35-horlave-kapaliny-provozovny-a.html>. [cit. 2024-01-05].

- [12] Viessmann. Nadměrná vlhkost v bytě. Online. Www.viessmann.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/info-a-tipy-k-nakupu/nadmerna-vlhkost.html>. [cit. 2024-01-05].
- [13] Novinky. Osvětlení pracoviště ve vztahu k BOZP. Hygienické normy, doporučená intenzita, projektování. Online. Dokumentacebozp.cz. 2018. Dostupné z: <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/osvetleni-pracoviste/>. [cit. 2024-01-05].
- [14] Novinky. Prašnost na pracovišti. Definice, rizika, škodlivost a prevence proti prachu. Online. Www.bozp.cz. 2022. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/prasnost-na-pracovisti/>. [cit. 2024-01-05].
- [15] KOTRBATÝ, Miroslav; KOVÁŘOVÁ, Zuzana a HOJER, Ondřej. Základní faktory ovlivňující návrh vytápění velkoprostorových objektů. Online. Elektro.tzb-info.cz. 2009. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/6136-inteligentni-prumyslove-haly-cast-1>. [cit. 2024-01-05].
- [16] KOTRBATÝ, Miroslav. Zavěšené sálavé panely k vytápění - montážní podmínky, obsluha, údržba a servis. Online. /vytapani.tzb-info.cz. 2006. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovyeh-hal-a-velkych-objektu/3366-vytapani-prumyslovyeh-a-velkoprostorovyeh-objektu-vi>. [cit. 2024-01-05].
- [17] Zehnder. Stropní panely pro úsporné sálavá vytápění a chlazení výrobních, skladovacích a sportovních hal a jiných veřejných objektů. Online. ZEHNDER GROUP CZECH REPUBLIC S.R.O. Www.topin.cz. 2016. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/stropni-panely-pro-uspodne-salave-vytapani-a-chlazeni-vyrobnich-skladovacich-a-sportovnich-hal-a-jinych-verejnych-objektu-detail-1113>. [cit. 2024-01-05].
- [18] Skladba podlahy. Skladba podlahy - konstrukcí u běžného rodinného domu. Online. Www.1-topeni-levne.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.1-topeni-levne.cz/technicke-informace/skladba-podlahy-konstrukci-u-bezneho-rodinneho-domu>. [cit. 2024-01-05].
- [19] DUFKA, Jaroslav. Základy podlahového vytápění a chlazení. Část 2. Trubkové hady. Online. Vytapani.tzb-info.cz. 2024. Dostupné z: <https://vytapani.tzb->

info.cz/podlahove-vytapeni/19169-zaklady-podlahoveho-vytapeni-a-chlazenici-cast-2-trubkove-hady. [cit. 2024-01-05].

- [20] HOJER, Ondřej. Volba způsobu vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů. Online. <https://vytapeni.tzb-info.cz>. 2024. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapeni-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/20131-volba-zpusobu-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu>. [cit. 2024-01-05].
- [21] MATĚJKA, Jan. Elektrické podlahové topení dle platné legislativy v novostavbách rodinných domů. Online. <https://vytapeni.tzb-info.cz>. 2024. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/127684-elektricke-podlahove-topeni-dle-platne-legislativy-v-novostavbach-rodinnych-domu>. [cit. 2024-01-05].
- [22] KOTRBATÝ, Miroslav a SCHŮRKOVÁ, Ivana. Světlé a tmavé zářiče, konstrukce, použití. Online. <https://vytapeni.tzb-info.cz>. 2006. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapeni-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/3717-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-xi-1-cast>. [cit. 2024-01-05].
- [23] KOTRBATÝ, Miroslav a POUBA, Josef. Teplovzdušné jednotky s bezpotrubním přívodem vzduchu - zásady, výpočet. Online. <https://vytapeni.tzb-info.cz>. 2006. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapeni-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/3536-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-ix-1-cast>. [cit. 2024-01-05].
- [24] ČSN EN 15665 (127021) Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov
- [25] POUBA, Hazmuka. MNOŽSTVÍ PŘÍVODU ČERSTVÉHO VZDUCHU A VÝMĚNY VZDUCHU. Online. [www.hazmuka.com](http://www.hazmuka.com). 2024. Dostupné z: <https://www.hazmuka.com/vytvarim/proProjektanty/Vzduchotechnika/vymenavzduchu.php>. [cit. 2024-01-05].
- [26] Jaká je cena teplovodního podlahového topení za 1 m<sup>2</sup>? Online. REHAU. <https://kvalitnipodlahovka.cz>. 2024. Dostupné z: <https://kvalitnipodlahovka.cz/jaka-je-cena-teplovodniho-podlahoveho-topeni-za-1-m2/>. [cit. 2024-01-05].

# Seznam obrázků, tabulek a grafů

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Index PMV a PPD .....	10
Obrázek 2 Vertikální dělení halového objektu .....	16
Obrázek 3 Teplotní podmínky v hale s konvenčním vytápěním .....	18
Obrázek 4 Teplotní podmínky v hale vytápěné závěsnými sálavými panely .....	19
Obrázek 5 Teplotní podmínky v hale vytápěné závěsnými sálavými panely .....	20
Obrázek 6 Závěsný stropní sálavý panel.....	21
Obrázek 7 Tipický vertikální teplotní průběh teploty vzduchu různých systémů v hale .....	22
Obrázek 8 Skladba podlahy podlahového vytápění .....	23
Obrázek 9 Tmavé zářiče KMU alfa 30 a KMU alfa 10 .....	26
Obrázek 10 Konstrukce světlého plynového zářiče .....	26
Obrázek 11 Tmavý zářič s mělkým jednoduchým zákrytem a bez koncových čel vodorovný a zavěšený šikmo .....	28
Obrázek 12 Dosah jednotek s difuzéry .....	30

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Třídy práce .....	11
Tabulka 2 Rychlost proudění vzduchu a relativní vlhkost .....	13
Tabulka 3 Prachy s převážně nesespecifickým účinkem.....	15
Tabulka 4 Výměna vzduchu v sociálních zařízeních .....	32
Tabulka 5 Tabulka přívodů a odvodů vzduchu .....	34
Tabulka 6 Součinitele prostupu tepla .....	34
Tabulka 7 Návrhové teploty a tepelné ztráty místností .....	35

## Seznam grafů

Graf 1 Porovnání investičních nákladů .....	38
---	----

# Seznam dokumentace praktické části

## Vytápění

01	Technická zpráva ÚT	-
02	Vytápění – Půdorys 1.NP	1:50
03	Vytápění + větrání – Půdorys 2.NP	1:50
04	Vytápění – schéma zdroje tepla	schéma
05	Vytápění – schéma	schéma
06	Vytápění – řezy sálavých panelů	1:50

## Větrání

07	Technická zpráva konceptu VZT	-
08	Koncept VZT – Půdorys 1.NP	1:50

## Přílohy

Příloha A	Výpočet tepelných ztrát objektu
Příloha B	Výpočet hydraulické sítě
Příloha C	Návrh velikost OT
Příloha D	Návrh zásobníku TV
Příloha A (VZT)	Návrh VZT jednotky