

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



NÁVRH SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ HALOVÉHO OBJEKTU

Diplomová práce

Vypracoval:

Bc. Martin Štástka

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Štástka</u>	Jméno: <u>Martin</u>	Osobní číslo: <u>468672</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>Návrh systému vytápění a větrání halového objektu</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Design of the HVAC system in hall structure</u>	
Pokyny pro vypracování: Rešerše: <ul style="list-style-type: none">- 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.	
Projektová část v rozsahu: <ul style="list-style-type: none">- na základě závěrů rešeršní části bude zpracovaný koncept větrání a vytápění pro vybraný halový objekt,- výpočtová část, výkresové část, technická zpráva.	
Seznam doporučené literatury: Petráš, Kotrbatý a spol., Vytápění velkoprostorových a halových objektů, 2006 Jaga Jiří Bašta: Sálavé a průmyslové vytápění, 2021 ČVUT	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Miroslav Urban, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>21.09.2021</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>02.01.2022</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
_____ 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)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Martin Štáštka

Název diplomové práce: Návrh systému vytápění a větrání halového objektu

Základní část: Rešeršní část a projekt řešení vytápění a větrání halového objektu podíl: 100 %

Formulace úkolů: _____

Zpracování rešerše pro zpracování projektu vytápění a větrání halového objektu

Rešeršní část:

- identifikace variant systému vytápění a větrání,
- možnosti prostorového řešení systémů,
- celkové zhodnocení potenciálu způsobu vytápění.

Zpracování projektu: _____

- výpočtová část, bilanční výpočty stanovení topných výkonů,
- výkresová část, textová část.

Podpis vedoucího DP: Datum:

Případně další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

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

V Praze dne

.....

podpis

Poděkování:

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu své diplomové práce, panu Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a trpělivost během zpracování této práce.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Požadavky na vnitřní prostředí halových objektů.....	9
2.1. Tepelná pohoda.....	9
2.2. Třídy práce.....	10
2.3. Prostorové rozložení teploty.....	10
3. Způsoby vytápění halových objektů.....	12
3.1. Sálavé vytápění.....	12
3.1.1. Velkoplošné sálavé vytápění.....	13
3.1.2. Vodní zavěšené sálavé panely.....	17
3.1.3. Světlé plynové zářiče.....	18
3.1.4. Tmavé plynové zářiče.....	20
3.2. Teplovzdušné vytápění.....	21
3.2.1. Centrální systém.....	21
3.2.2. Lokální systém.....	22
4. Charakteristika objektu.....	23
4.1. Popis objektu.....	23
4.1.1. Prodejní plocha.....	25
4.1.2. Sklad.....	25
4.1.3. Administrativní zázemí.....	25
4.1.4. Sociální zázemí.....	25
4.1.5. Strojovny.....	25
4.2. Návrhové parametry objektu.....	26
4.2.1. Klimatické podmínky.....	26

4.2.2.	Součinitel prostupu tepla	26
4.2.3.	Tepelné ztráty.....	27
4.3.	Napojení na inženýrské sítě.....	29
5.	Koncepční řešení.....	29
5.1.	Varianta 1.....	29
5.2.	Varianta 2.....	31
5.3.	Varianta 3.....	32
6.	Výběr vhodné varianty řešení.....	33
7.	Návrh kotelny.....	33
7.1.	Zdroj tepla.....	33
7.2.	Příprava teplé vody.....	34
7.3.	Pojistné zařízení.....	36
7.4.	Rozdělovač otopné vody	39
8.	Závěr.....	40
9.	Citovaná literatura	41
10.	Seznam obrázků	43
11.	Seznam příloh.....	43

Anotace:

Tato diplomová práce se zabývá návrhem systému vytápění a větrání halového objektu.

Teoretická část nejdříve identifikuje požadavky na tepelný komfort a další požadavky na kvalitu vnitřního prostředí halových objektů. Dále jsou uvedeny některé možné způsoby vytápění halových objektů a varianty koncepčního řešení s ohledem na zadaný objekt. Tyto varianty jsou následně porovnám a vybrána vhodná variantu řešení tohoto objektu.

V praktické části bude zpracovaný koncept větrání a vytápění pro vybraný halový objekt na základě závěrů teoretické části. Výstupem bude výpočtová část, výkresová část a technická zpráva.

Klíčová slova:

Vytápění, větrání, varianty

Annotation:

This diploma thesis deals with design of heating and ventilation of a hall structure.

In the theoretical part, I first identify the requirements for thermal comfort and other requirements for the quality of the indoor environment of hall buildings. Furthermore, I will present some possible ways of heating hall buildings and I will present variants of the conceptual solution with regard to the given building. I will then compare these variants and select a suitable variant of solving this object.

In the practical part, the concept of ventilation and heating for a selected hall building will be elaborated on the basis of the conclusions of the theoretical part. The output will be the calculation part, the drawing part and the technical report.

Key words:

Heating, ventilation, variants

1. Úvod

Předmětem této diplomové práce je návrh systému vytápění a větrání halového objektu. Nejdříve jsou identifikovány požadavky na tepelný komfort a další požadavky na vnitřní prostředí halových objektů. Dále jsou uvedeny některé způsoby vytápění halových objektů.

V další části je objekt krátce charakterizován a jsou stanoveny požadavky na vnitřní prostředí. Na základě těchto požadavků jsou vypracovány a porovnány tři varianty koncepčního řešení otopných soustav a systému větrání řešeného objektu. Nejvhodnější varianta je dále zpracovávána v praktické části této práce.

2. Požadavky na vnitřní prostředí halových objektů

Parametry vnitřního prostředí halových budov jsou podřízeny účelu těchto budov, způsobu jejich užívání a jejich technologiím. Požadavky na vnitřní prostředí se liší u kulturních nebo sportovních hal v porovnání s výrobními a skladovacími halami. Tato práce se zabývá výrobními halami, skladovacími halami a prodejními halami, jako jsou například obchodní centra. Vždy je nutné zajistit tepelnou pohodu ve vytápěném prostoru.

2.1. Tepelná pohoda

Pro zajištění tepelné pohody musíme ve vytápěném prostoru zajistit, aby lidé v tomto prostoru nepociťovali ani chlad ani nadměrné teplo. Faktory ovlivňující tepelnou pohodu jsou faktory osob a faktory prostředí. Faktory osob jsou popsány činností vyjádřenou metabolickým tepelným tokem q_m [met] a tepelným odporem oděvu R_o [clo]. Faktory prostředí jsou popsány teplotou vnitřního vzduchu t_i [°C], střední radiační teplotou t_r [°C], rychlostí proudění vzduchu w [$m \cdot s^{-1}$], tlakem vodních par ve vzduchu p_D [Pa] a sálavými a konvekčními tepelnými toky v podobě tepelných zisků q_{s+k} [$W \cdot m^{-2}$]. Snažíme se najít stav těchto veličin, při kterém bude největší podíl osob v posuzovaném prostoru spokojený. Pokud je podíl spokojených osob alespoň 85 %, můžeme tento stav označit za akceptovatelný. (1) (2)

Tyto veličiny je nutné sledovat i v prostoru, abychom zabránili asymetrickému tepelnému sálání, nevhodnému vertikálnímu gradientu vzduchu, nadměrnému zvýšení či poklesu dotykové teploty nebo nežádoucímu lokálnímu zvýšení rychlosti proudění vzduchu. (1) (2)

V řešeném druhu objektů, tedy výrobní, skladovací a prodejní haly, je převážně pracovní prostředí, jehož návrhové parametry udává nařízení vlády č. 93/2012 Sb. Pro prodejní plochy bychom pak měli zohlednit ČSN EN 12831-1.

2.2. Třídy práce

Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. udává 8 tříd práce (I, IIa, IIb, IIIa, IIIb, IVa, IVb a V) rozdělující pracovní činnosti podle celkového energetického výdeje. Nařízení udává rozsah teplot pro dané třídy práce, minimální množství venkovního vzduchu na jednoho zaměstnance, rychlost proudění vzduchu a relativní vlhkost vzduchu v daném prostředí. (1) (3)

Například kancelářská administrativní práce je zařazena do I třídy práce s celkovým energetickým výdejem $\leq 80 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být $25 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ na jednoho zaměstnance, výsledná teplota kulového teploměru od $20 \text{ }^\circ\text{C}$ do $27 \text{ }^\circ\text{C}$. (3)

S rostoucím energetickým výdejem pro jednotlivé třídy práce se mění tyto parametry. Například při ručním kování velkých kusů, které spadá do třídy práce V, je celkový energetický výdej více než $301 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být větší než $90 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ na jednoho zaměstnance, výsledná teplota kulového teploměru od $10 \text{ }^\circ\text{C}$ do $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkost 30 až 70 %. (3)

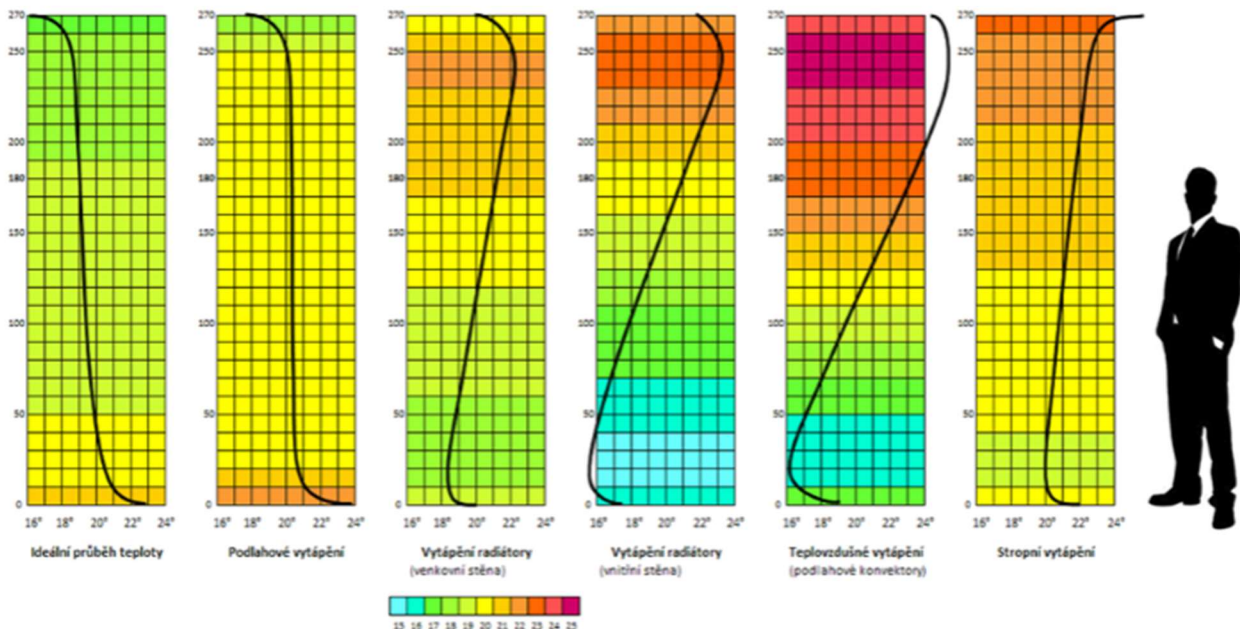
Ve výrobních objektech se můžeme setkat se všemi třídami práce. Často i s více třídami v jednom objektu. Je proto důležité věnovat pozornost určování požadavků na vnitřní prostředí halových objektů.

2.3. Prostorové rozložení teploty

Dalším důležitým bodem je zajištění rovnoměrného ohřívání, a to jak ve smyslu horizontálním, tak ve smyslu vertikálním. Je vhodné si plochu haly rozdělit na jednotlivé zóny

s podobnými vlastnostmi. Pomocí vhodně zvoleného způsobu vytápění a konkrétního technického řešení vytápění jednotlivých zón je možné částečně kompenzovat nerovnoměrné ochlazování například u obvodových stěn objektu.

Vertikální rozložení teplot v prostoru je důležité nejen z pohledu tepelné pohody, ale i z pohledu tepelných ztrát. Dovolené rozdíly mezi teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy a na úrovni kotníků pro různé pracovní provozy jsou uvedeny v nařízení vlády č. 93/2012 Sb. Obecně se snažíme v obytné zóně člověka (do 2 m) dosáhnout optimální teploty. A ve vyšších výškách teplotu udržet co možná nejnižší. Toho je možné docílit vhodným systémem vytápění. (1) (4) (5)



Obrázek 1 – Vertikální rozložení teplot ve vytápěné místnosti (1)

Výškový teplotní gradient je důležitý také při výpočtu tepelných ztrát. Podle ČSN EN 12831-1 je nutné u prostor s vysokým stropem (nad 4 m) zohlednit výškový teplotní gradient, rozdílnost teploty vzduchu a střední radiační teploty a také tepelnou ztrátu stavebních částí využívaných pro sálavé vytápění. Konkrétně se jejich vliv projeví v teplotním opravném činiteli $f_{ie,k}$. Pro obvodovou stěnu platí rovnice (2.1):

$$f_{ie,k} = \frac{\theta_{int,k}^* - \theta_e}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (2.1)$$

kde: $\theta_{int,i}$ [°C] vnitřní výpočtová teplota uvažovaného vytápěného prostoru

θ_e [°C] venkovní výpočtová teplota

$\theta_{int,k}^*$ [°C] průměrná vnitřní povrchová teplota stavební části (1)

$$\theta_{int,k}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} * (h_k - h_{occup,i}) + \Delta\theta_{surf,k} \quad (2.2)$$

kde: $G_{\theta,air,i}$ [K.m⁻¹] výškový teplotní gradient vzduchu v místnosti lišící se podle použitého systému pro sdílení tepla

$\Delta\theta_{surf,k}$ [K] opravná hodnota zohledňující rozdíl mezi teplotou vzduchu a povrchovou teplotou lišící se například v případě sálavého vytápění

h_k [m] průměrná výška hodnocené stavební části nad úrovní podlahy

$h_{occup,i}$ [m] výška uživatelské zóny místnosti (1)

3. Způsoby vytápění halových objektů

V této kapitole jsou uvedeny některé způsoby vytápění halových objektů. Každý z nich má své výhody i nevýhody, které jsou také uvedeny. Pro vytápění halových prostor se používají převážně systémy sálavého vytápění nebo teplovzdušné vytápění.

3.1. Sálavé vytápění

Hlavní složkou tepelného toku u tohoto typu vytápění je sálání. Podíl tepla sdíleného prouděním se liší podle použitého typu sálavé plochy. Do této kategorie vytápění řadíme velkoplošné sálavé vytápění podlahové, stěnové a stropní, teplovodní zavěšené sálavé panely a tmavé a světlé plynové zářiče. (5) (6)

3.1.1. Velkoplošné sálavé vytápění

U tohoto typu vytápění je otopnou plochou jedna z ploch ohraničujících vytápěný prostor. Může se jednat o podlahové vytápění, stěnové vytápění nebo stropní vytápění. Velkoplošné sálavé vytápění využívá celou plochu konstrukcí, je tedy zabráněno asymetrickému tepelnému sálání v horizontálním směru. Díky vyšší teplotě povrchů v porovnání s teplotu vzduchu ve vytápěném prostoru je příznivý i vertikální gradient teploty vzduchu. Vždy je nutné brát v úvahu teplotní roztažnost použitých materiálů a umožnit dilatační změny. (5) (7)

Podle energo nositele rozlišujeme teplovodní systémy a elektrické systémy. Teplovodní systémy můžeme dále dělit podle způsobu provedení. Provedené mohou být suchým způsobem, mokřým způsobem, modulové klima-rohože, nebo kapilární rohože. Podle tvaru otopného hada pak rozlišujeme tvar meandru a tvar plošné spirály. (1) (6)

Podlahové vytápění má nejvyšší nároky na povrchovou teplotu otopné plochy. Optimální povrchová teplota podlahy je závislá na použitém materiálu, délce pobytu na povrchu podlahového vytápění a způsobu užívání. Rozdílnou povrchovou teplotu navrhne pro využívání bosými lidmi, obutými lidmi, nebo dětmi. Obecně by povrchová teplota podlahy neměla překročit 29 °C. V koupelnách je přípustná povrchová teplota podlahy až 33 °C. Při uzpůsobení skladby podlahy můžeme podlahové vytápění navrhnout i pro prostory s vyšší mechanickou zátěží, jako jsou skladové haly, výrobní haly a další objekty. (1) (8)



Obrázek 2 - Podlahové topení pro vyšší zatížení (9)

Stěnové vytápění může mít na rozdíl od podlahového vytápění větší teplotní spád. Tepelný tok se pohybuje v rozmezí 20 až 200 W.m⁻² v závislosti na střední teplotě otopné vody, rozteči trubek otopného hadu a vnitřní výpočtové teplotě. Otopný had se upevňuje na vnitřní stranu ochlazované stěny, a to buď mokřím způsobem na upevňující lištu do omítky nebo suchým způsobem v prefabrikovaných panelech. Je možné je umístit i na vnitřní příčky. Nedoporučuje se použít stěnové vytápění proti oknům. (7) (8)



Obrázek 3 – Stěnové vytápění (10)

Stropní vytápění může být tvořeno otopným hadem zalitým ve stropní konstrukci, otopným hadem upevněným na povrchu stropní konstrukce a předávající teplo lamelami upevněnými na trubkách, nebo sálavými panely a pásy. I u stropního vytápění je výkon omezen požadavkem na maximální hodnotu měrného tepelného sálavého toku $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ v oblasti temene hlavy. (7) (8)



Obrázek 4 – Stropní vytápění (11)

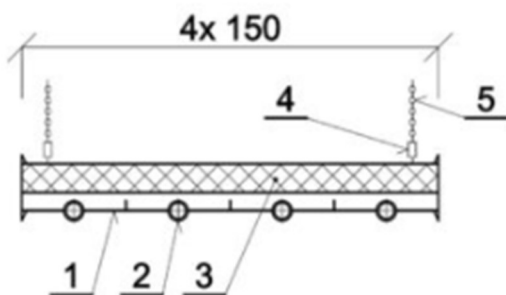
Při výpočtu tepelných ztrát ovlivňuje výpočet teplotní gradient vzduchu a opravná hodnota zohledňující vliv systému pro sdílení tepla na povrchové teploty podle rovnice 2.1. Teplotní gradient vzduchu je v případě zabudovaných otopných ploch roven $0,2 \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$. Pro vytápěné povrchy je opravná hodnota zohledňující vliv systému pro sdílení tepla na povrchové teploty rovna $1,5 \text{ K}$ a pro ostatní povrchy je rovna 0 K . (1) (7)

Výhodou velkoplošného sálavého vytápění je nízký teplotní gradient vzduchu, a tak optimální teplota v pobytové zóně, nízká prašnost a hlučnost, snadný provoz a údržba, dlouhá životnost, možnost využití nízkopotenciálního zdroje tepla a možnost využití i pro chlazení prostoru. (6) (1)

Mezi nevýhody patří omezení v podobě povrchové teploty a s ní omezený měrný tepelný výkon, velká setrvačnost, omezená možnost dodatečné úpravy systému, omezení dispozicí (závěsy, kotvy apod.), vysoké pořizovací náklady. (1) (6)

3.1.2. Vodní zavěšené sálavé panely

Závěsné sálavé panely jsou zařízení volně zavěšeny pod stropem. Jako u velkoplošného sálavého vytápění je hlavní složkou tepelného toku sálání. Panely jsou hydraulicky propojeny s okruhem topné vody. Panely jsou tvořeny rozvodnými otopnými trubkami a otopnou plochou. Trubkami proudí ohřátá tekutina a předává teplo do otopné plochy. Panely je možné napojit za sebe do pásů a je tak možné tímto způsobem vytápět i značně dlouhé prostory. (1) (4) (6)



Obrázek 5 – Princip vodních sálavých panelů,

1 – otopná hliníková plocha, 2 – otopná trubka, 3 – tepelná izolace, 4 – řetězová rychlospojka, 5 – závěsný systém (12)

Samotné panely se vyrábí v různých variantách. Můžeme zvolit různé rozměry, různé materiály trubek a otopné plochy. Panely je možné použít i pro chlazení. Je nutné počítat s kondenzací a použít materiály k tomu určené. Panely je možné vybavit i integrovaným osvětlením, otopnou plochu provést v děrovaném provedení pro zlepšení akustických podmínek ve vytápěném prostoru nebo panely vyrobit v odolném provedení například pro použití v tělocvičnách. (12)



Obrázek 6 – Příklad vodních sálavých panelů s integrovaným LED světlem (12)

Při výpočtu tepelných ztrát ovlivňuje výpočet teplotní gradient vzduchu podle rovnice (2.1). Teplotní gradient vzduchu je pro stropní závěsné sálavé panely roven $0,35 \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$. (1)

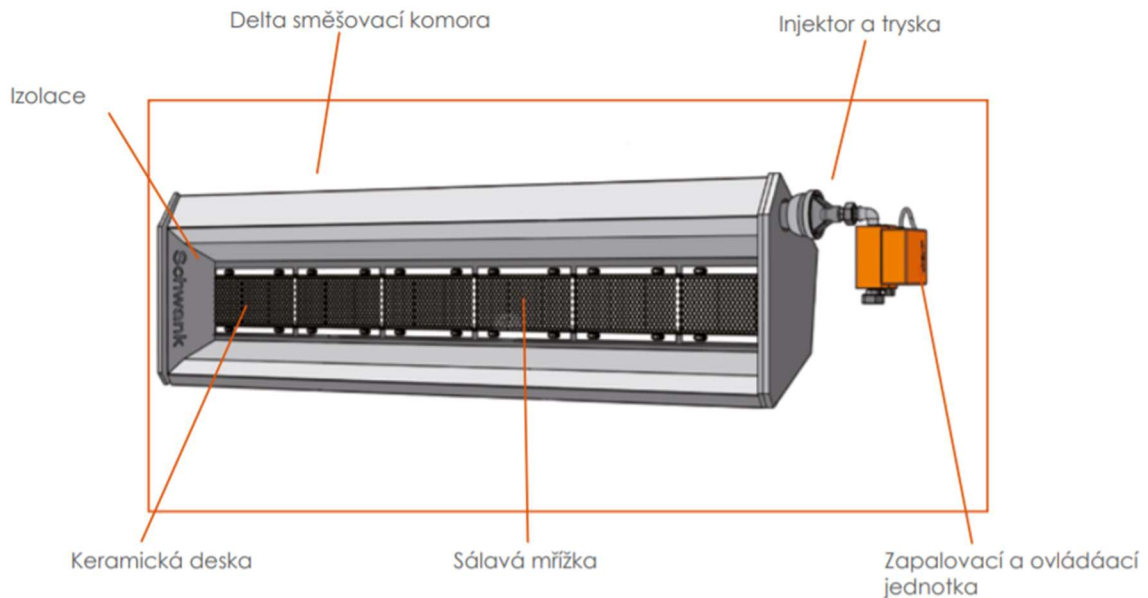
Výhody vodních závěsných sálavých panelů jsou podobné jako u velkoplošného sálavého vytápění. Výhodou oproti velkoplošnému sálavému vytápění jsou nižší pořizovací náklady, nižší setrvačnost a lepší regulovatelnost po sekcích. Nevýhodou oproti velkoplošnému sálavému vytápění může být estetická stránka. (1) (5) (6)

3.1.3. Světlé plynové zářiče

Jak světlé, tak tmavé plynové zářiče vytvářejí teplo spalováním plynu. Princip předávání tepla je stejný jako u vodních zavěšených sálavých panelů. Panely zářením ohřívají okolní exponované plochy. Zářiče se zavěšují převážně vodorovně pod strop vytápěného prostoru. Při šikmé aplikaci se velmi snižuje účinnost. (4) (5) (13)

Při použití světlých plynových zářičů dochází k otevřenému spalování směsi plynu a vzduchu na povrchu keramických destiček. Povrchová teplota se tak pohybuje okolo 850 až $950 \text{ }^\circ\text{C}$. Díky tomu je možné panely použít i v prostorech se značnou výškou (až 20 m). Zároveň je ale nutné panely instalovat minimálně do výšky 4 m . (14) (4)

Plyn je přiváděn plynovým ventilem s automatikou přes trysku do směšovací komory, kde se smísí se vzduchem. Směs je přivedena na keramické destičky, kde je zapálena zapalovací a ionizační elektrodou. Součástí zařízení je i zákryt. (1) (13) (14)



Obrázek 7 – Princip světelných plynových zářičů (13)

Díky malé produkce škodlivin NO_x se mohou spaliny odvádět nepřimo, například pomocí ventilátoru v nejvyšším místě haly. Tento ventilátor musí být v provozu vždy, když je v provozu zářič. (1) (14)

Při výpočtu tepelných ztrát ovlivňuje výpočet teplotní gradient vzduchu podle rovnice 2.1. Teplotní gradient vzduchu je pro světelné plynové zářiče roven $0,2 \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$. (1)

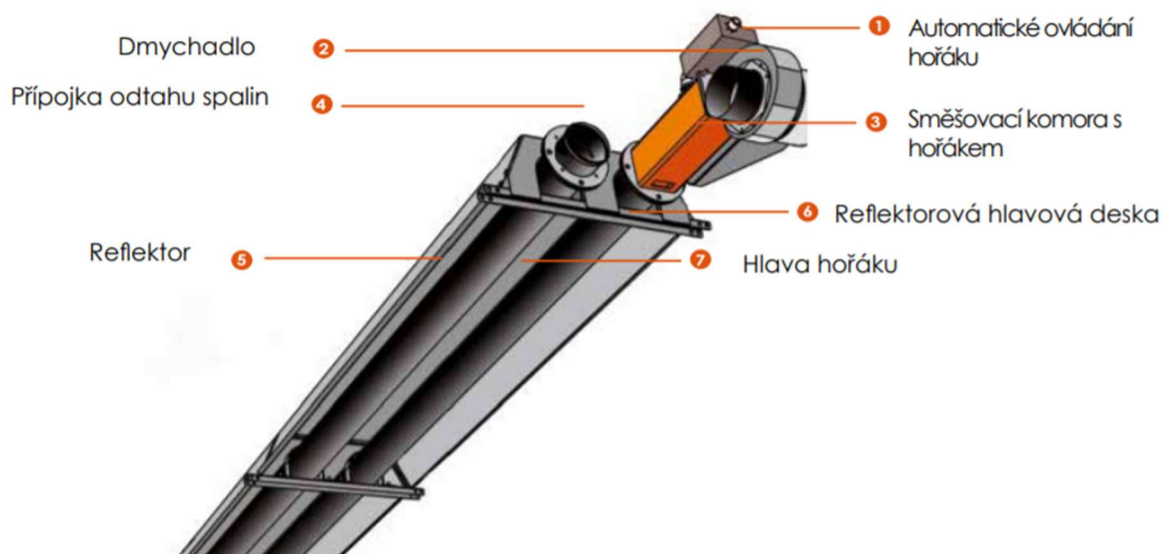
Výhodou je možnost použití ve vyšších prostorách (až 20 m), nízké pořizovací a provozní náklady, nízká prašnost a rychlost reakce. (6) (7)

Nevýhodou je nutnost servisu všech plynových spotřebičů jednou ročně a spalinových cest, velká prostorová teplotní nerovnoměrnost, nutnost odvodu spalin z vytápěného prostoru a minimální výška zavěšení. (6) (7)

3.1.4. Tmavé plynové zářiče

U tmavých zářičů je plyn spalován v hořácích umístěných v hořákové skříni. Spaliny jsou vedeny přes trubice s odrazivými zákryty. Trubice se zahřeje na teplotu do 550 °C. Teplota odváděných spalin se pohybuje okolo 180 °C. V případě kratších zářičů s menším průměrem trubic může být teplota spalin až 280 °C. Takové zářiče mají velký výkon ale malou účinnost. Spaliny jsou pak ventilátorem odváděny mimo vytápěný prostor, většinou nad střechu objektu. Na účinnost má vliv kromě způsobu provedení (šikmé nebo vodorovné) také tvar a provedení zákrytu. Účinnost zářiče stoupá s hloubkou zákrytu a s jeho zaizolováním. Pro izolaci se používá hliníková fólie. Výrobci získají hodnotu sálavé účinnosti ve zkušebně a tu pak musí deklarovat podle platného Ecodesignu. Ecodesign pak stanovuje minimální hodnoty sezónní energetické účinnosti. Pro světlé plynové zářiče to je minimálně 85 % a pro tmavé trubkové infrazářiče to je pak 74 %. Přesnou definici tohoto zařízení najdeme v ČSN EN 416.

(1) (7)



Obrázek 8 – Princip tmavých zářičů (13)

Při výpočtu tepelných ztrát ovlivňuje výpočet teplotní gradient vzduchu podle rovnice (2.1). Teplotní gradient vzduchu je pro tmavé plynové zářiče roven $0,2 \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$. (1)

Výhody jsou podobné jako u světlých plynových zářičů. Na rozdíl od světlých plynových zářičů jsou tmavé plynové zářiče vhodné i do nižších prostor. Naopak tmavé zářiče nejsou

vhodné do vyšších prostor. Další nevýhodou je i vyšší hlučnost způsobená ventilátorem u každého zařízení. (1) (6)

3.2. Teplovzdušné vytápění

Teplovzdušné vytápění postrádá sálavou složku šíření tepla. Do vytápěného prostoru je přiváděn vzduch o vyšší teplotě, než je teplota v prostoru. Spolu s ohřátým vzduchem je možné do prostoru dodávat i čerství vzduch, nebo přivádět pouze čerstvý ohřátý vzduch. Mluvíme potom o cirkulačním provozu, větracím provozu, nebo o provozu se směřováním čerstvého a cirkulačního vzduchu. (1) (15) (6)

Podle tepelné ztráty, kterou chceme teplovzdušným vytápěním pokrýt, volíme teplotu a objem přiváděného vzduchu. Pokud je přiváděn vzduch o teplotě vnitřního vzduchu, jedná se o teplovzdušné větrání. Tepelná ztráta prostupem je pak kryta jiným systémem.

V případě vyšších prostor se pod stropem vytváří polštář teplého vzduchu. To má za následek nežádoucí tepelné ztráty stropem haly. Tento vzduch je možné cíleně odvádět a využít pro zpětné získávání tepla nebo použít destrafitifikátory. Ty vracejí tento ohřátý vzduch zpět do pobytové zóny. (16)

Podle místa přípravy přiváděného vzduchu můžeme systém rozdělit na centrální a lokální.

3.2.1. Centrální systém

Při centrální distribuci vzduchu je vzduch ohříván v centrální vzduchotechnické jednotce a pomocí potrubí přiváděn ke koncovým prvkům, kterými mohou být například anemostaty, talířové ventily, dýzy, trysky, velkoplošné výusti, štěrbinové výusti. Systém je možné doplnit o systém zpětného získávání tepla, filtrování, chlazení. (17)

Nevýhodou tohoto systému je velká dimenze rozvodů a velké rozměry vzduchotechnické jednotky, s čímž je nutno počítat již při prostorovém řešení stavby. Vzduchovody je také nutné čistit. Naopak výhodou může být zjednodušení rozvodů tepla v objektu podle způsobu ohřevu vzduchu. (17) (7)

3.2.2. Lokální systém

Lokální systém využívá lokální jednotky, které ohřívají čerstvý nebo cirkulační vzduch. Lokální systém tak může stejně jako centrální systém pokrývat potřebu čerstvého vzduchu. K ohřátí přiváděného vzduchu dochází přímo v jednotkách a není tak nutný žádný další rozvod. Pro rozlehlý prostor (například skladovou halu) se instaluje větší počet lokálních jednotek, kdy každá může přivádět vzduch o jiné teplotě, nebo pouze cirkulační nebo čerstvý vzduch. Je tak možné zónování. Lokální jednotky jsou umístěny pod stropem haly, označené jako GNC, nebo na obvodových stěnách, označený jako GNS. (15)

Podle energo nositele rozdělujeme lokální jednotky na plynové, teplovodní a s využitím tepelného čerpadla. Teplovodní jednotky jsou napojeny na otopnou soustavu. Teplo je pak předáváno přes výměník přiváděnému vzduchu. (15)

Plynové jednotky spalují plyn ve spalovací komoře odkud jsou odváděny spaliny přes výměník mimo objekt. Přes výměník je teplo předáváno přiváděnému vzduchu. Jedná se o plynové spotřebiče kategorie C. Vzduch pro spalování je přiváděn z venkovního prostoru a spaliny jsou také odváděny do venkovního prostoru. (16) (15)



Obrázek 9 – Schéma střešní větrací jednotky RoofVent se zpětným získáváním tepla (15)

Mezi výhody patří rychlá reakce systému, dispoziční variabilita, využití tepelného polštáře pod střechou pro zpětné získání tepla, absence potrubních rozvodů vzduchu. (15) (6)

Nevýhodou je hluk, prašnost, údržba a servis pro všechny jednotky, náročnější rozvody teplonosné látky, nevhodné pro vyšší prostory (nutné použít destrafitikátory). (15) (6)

4. Charakteristika objektu

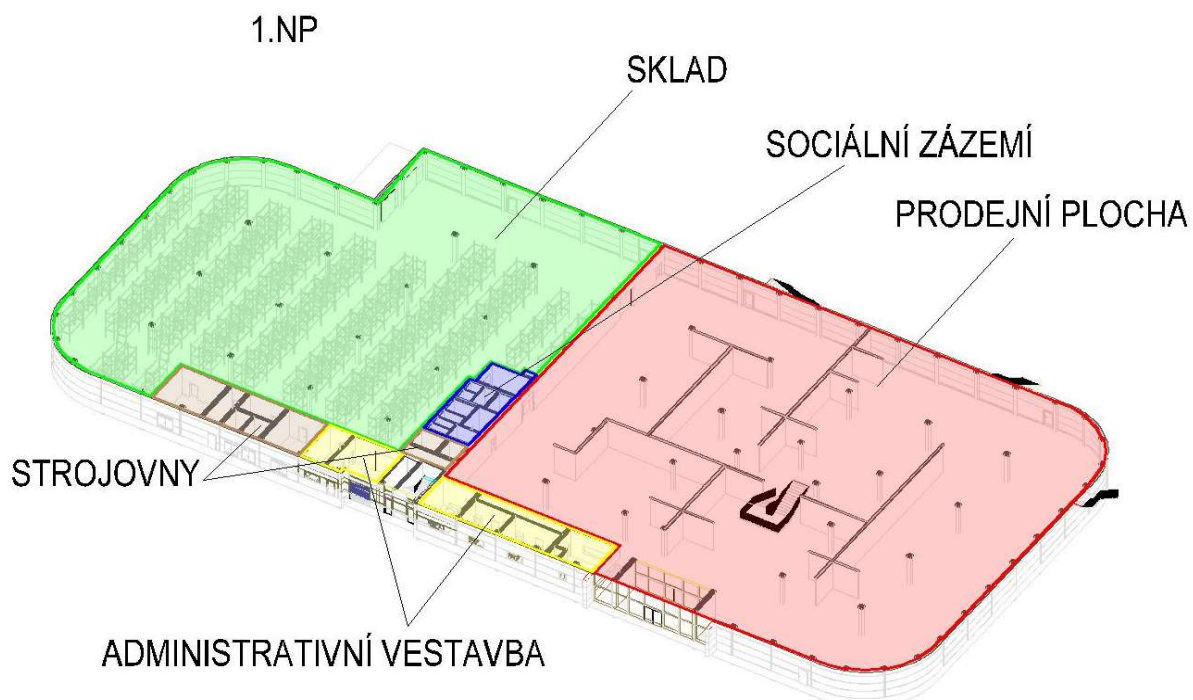
4.1. Popis objektu

Jedná se novostavbu určenou pro skladování a prodej nábytku. Objekt se nachází v Praze. Celková plocha objektu je 5230 m². Objekt je navržen jako dvou podlažní. Celkový počet pracovníků je 30. Předpokládá se jednosměnný provoz.

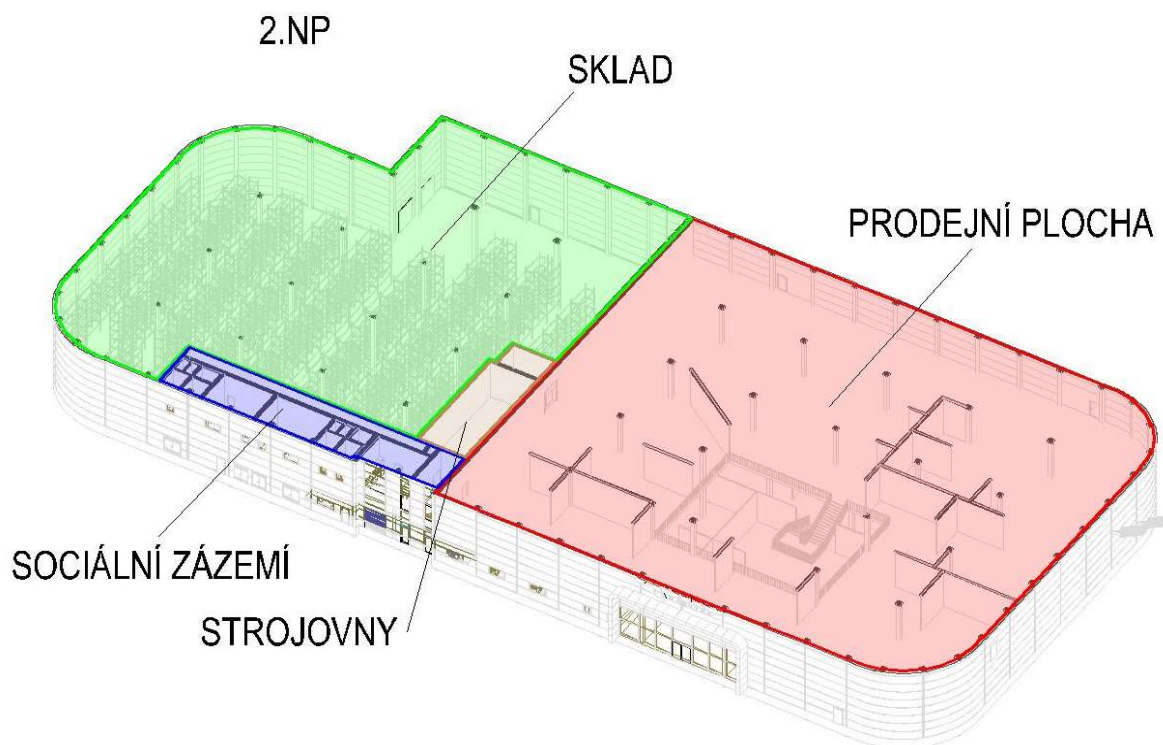
Jedná se o tvarově jednoduchou halovou stavbu. Objekt má rozměry 110 m x 50 m se zaoblenými nárožními, výška atiky je 10,55 m. Objekt je staticky nezávislý. Obvodový plášť je tvořen sendvičovými lakovanými panely v šedé barvě, střední část čelní fasády je tvořena prosklenou stěnou se sloupko-příčnickovou konstrukcí. Hlavní vstup pro zákazníky je překryt portálem obloženým hliníkovými panely červené barvy.

Navrhovaný objekt prodejny je navržen jako jednopodlažní halový objekt s dvoupodlažními vestavky pro administrativu, sociální zázemí, sklady a prodejnu. Hlavní vstup pro zákazníky je z východní strany objektu. Vstup pro zásobování je také z východní strany objektu. Ostatní vstupy v objektu jsou součástí požárních únikových cest nebo jsou to vstupy do technických místností objektu.

Objekt lze rozdělit na 5 funkčních oddílů, a to prodejní plochu (na obrázku 10 a 11 červeně), sklad (zeleně), administrativní vestavbu (žlutě), sociální zázemí (modře) a strojovny (hnědě).



Obrázek 10 – Schéma rozdělení objektu 1. NP



Obrázek 11 – Schéma rozdělení objektu 2. NP

4.1.1. Prodejní plocha

Prodejní plocha je navržena jako dvoupodlažní. Plocha v 1.NP je 2794,73 m² a v 2.NP 2704,36 m². V 1.NP je světlá výška 4,31 m a ve 2.NP 5,17 m. Obě patra jsou propojena schodištěm v otevřené střední části. Na prodejní ploše je uvažováno s 24 zákazníky na m², což je celkem 124 zákazníků. Také je uvažováno s 6 zaměstnanci na prodejní ploše.

4.1.2. Sklad

Skład je navržen jako jednopodlažní přes celou výšku objektu. Podlahová plocha skladu je 1951,30 m². Pro sklad je uvažováno se 6 zaměstnanci. Vstup do skladu je možný přes dvoje vrata pro nakládky ze západní strany objektu, nebo z prodejní plochy. Ve skladu jsou navrženy regály o výšce 6 m.

4.1.3. Administrativní zázemí

V objektu jsou navrženy 4 kanceláře, pokladna s trezorem, expedice a denní místnost. V každé kanceláři a v pokladně je uvažováno se dvěma zaměstnanci. V denní místnosti je uvažováno 8 zaměstnanců.

4.1.4. Sociální zázemí

V 1.NP je navrženo sociální zázemí pro prodejní plochu. Ve 2.NP jsou navrženy šatny pro zaměstnance, každá se 16 šatními skříňkami. Na šatny jsou napojeny sprchy a další sociální zázemí. Ve 2.NP je také uklízející místnost.

4.1.5. Strojovny

Strojovna vzduchotechniky se nachází ve 2.NP. Kotelna je umístěna v 1.NP.

Součástí objektu jsou i rozvodna nízkého napětí, rozvodna vysokého napětí, transformátor, požární rozvodna, strojovna stabilního hasícího zařízení, strojovna výtahu, server a strojovna elektrické požární signalizace. Vytápění a větrání těchto prostor by bylo řešeno po dohodě s projektanty příslušných profesí. V této práci nebudou dále řešeny.

4.2. Návrhové parametry objektu

4.2.1. Klimatické podmínky

Lokalita: Praha

Venkovní výpočtová teplota: -12 °C

Roční průměrná teplota: 5,1 °C

Délka otopného období: 254 dní

4.2.2. Součinitel prostupu tepla

Vzhledem k fázi podkladů projektové dokumentace nejsou známi přesné skladby konstrukcí. Proto jsou uvažovány doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla uvedenými v ČSN 73 0540-2. Vybrané hodnoty doporučeného součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v tabulce 1.

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} K^{-1}$]
Stěna vnější lehká	0,2
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,16
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,3
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	1,8
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,2
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,2

Tab. 1 – Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-2.

4.2.3. Tepelné ztráty

Tepelné ztráty vestavby prodejní plochy a vestavby zázemí byly počítány podle ČSN EN 12 831. Vypočtené hodnoty a návrhové teploty jedlových místností jsou uvedeny v tabulce 2. Podrobný výpočet je součástí této práce.

Č.M.	Místnost	Návrhová teplota [°C]	Tepelná ztráta [W]
101	Kotelna	15	353
107	Kancelář	20	1174
108	Expedice	15	627
109	Chodba	15	170
112	Hygienické zázemí	18	-211
114	Vedoucí prodejny	20	654
115	Kancelář	20	594
116	Kancelář	20	651
117	Chodba	15	34
119	Pokladna	20	864
121	Prodejní plocha	20	26212
201	Šatna m	22	1886
202	Sprcha m	24	1009
203	WC m	18	339
204	WC ž	20	508
205	Šatna ž	22	1565
206	Sprchy ž	24	783
207	Uklízečí místnost	15	6
208	Denní místnost	20	919
212	Prodejní plocha	20	36921

Tab. 2 – Tepelné ztráty

Skladu (místnost číslo 123) má světlou výšku 10 m. Jak bylo uvedeno v kapitole 2.3 je nutné podle ČSN EN 12831-1 zohlednit výškový teplotní gradient a rozdíl teploty vzduchu a

střední radiační teploty. Do výpočtu tepelné ztráty tak zasáhne teplotní opravný činitel $f_{ie,k}$. Tepelná ztráta se pak bude počítat podle vzorce 4.2.

$$\varphi_{T,ix} = \sum_k [A_k * (U_k + U_{TB}) * f_{U,k} * f_{ie,k}] * (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (4.2)$$

kde	A_k	[m ²]	plocha jednotlivých konstrukcí
	U_k	[W.m ⁻² K ⁻¹]	součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí
	U_{TB}	[W.m ⁻² K ⁻¹]	přirážka na lineární tepelné vazby
	$f_{U,k}$	[-]	činitel teplotní redukce
	$f_{ie,k}$	[-]	teplotní opravný činitel
	$\theta_{int,i}$	[°C]	vnitřní výpočtová teplota uvažovaného vytápěného prostoru
	θ_e	[°C]	venkovní výpočtová teplota (1)

Výpočet tepelné ztráty větráním je také nutné provádět s ohledem na značnou výšku prostoru. Pro výpočet tepelné ztráty větráním u místností se světlou výškou větší než 4 m uvádí ČSN EN 12831-1 vzorec 4.3.

$$\varphi_{V,i} = \rho * c_p * q_v * (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (4.3)$$

kde:	ρ	[kg.m ⁻³]	hustota vzduchu
	c_p	[kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita vzduchu
	q_v	[m ³ .h ⁻¹]	množství přiváděného vzduchu
	θ_e	[°C]	teplota venkovního vzduchu
	$\theta_{int,i}^*$	[°C]	průměrná teplota vnitřního vzduchu, která se stanoví podle 4.4

$$\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} * \left(\frac{h_i}{2} * h_{occup,i} \right) - \Delta\theta_{rad} \quad (4.4)$$

kde: $G_{\theta,air,i}$ [K.m⁻¹] výškový teplotní gradient vzduchu v místnosti lišící se podle použitého systému pro sdílení tepla

$\Delta\theta_{rad}$ [K] opravná hodnota zohledňující rozdíl mezi teplotou vzduchu a operativní teplotou lišící se například v případě sálavého vytápění

h_i [m] průměrná výška uvažované místnosti

$h_{occup,i}$ [m] výška uživatelské zóny místnosti (1)

Tepelná ztráta skladu je tak rozdílná podle způsobu vytápění skladu. Konkrétní hodnoty uvedu u každé varianty řešení v kapitole 5.

4.3. Napojení na inženýrské sítě

Objekt bude napojen na stávající vodovod, stávající stoku kanalizace a rozvod vysokého napětí. Objekt je možné napojit i na stávající plynovod. Taková přípojka plynu by byla dlouhá 23 m.

5. Konceptní řešení

Variantní řešení je zpracováno pro vytápění prodejních ploch a skladu. Ve zbylých prostorách budou navržena desková otopná tělesa a nucené větrání se zpětným získáváním tepla. Dále s tímto bude pracováno, jako s požadavkem investora.

5.1. Varianta 1

První posuzovanou variantou je kombinace vodních závěsných sálavých panelů ve skladové části a stropního vytápění na prodejních plochách, které bude krýt tepelnou ztrátu prostupem. Tepelnou ztrátu větráním pokryje vodní ohříváč ve vzduchotechnické jednotce. Vodní závěsné sálavé panely, stropní vytápění i vzduchotechnická jednotka jsou napojeny na rozvod topné vody v objektu.

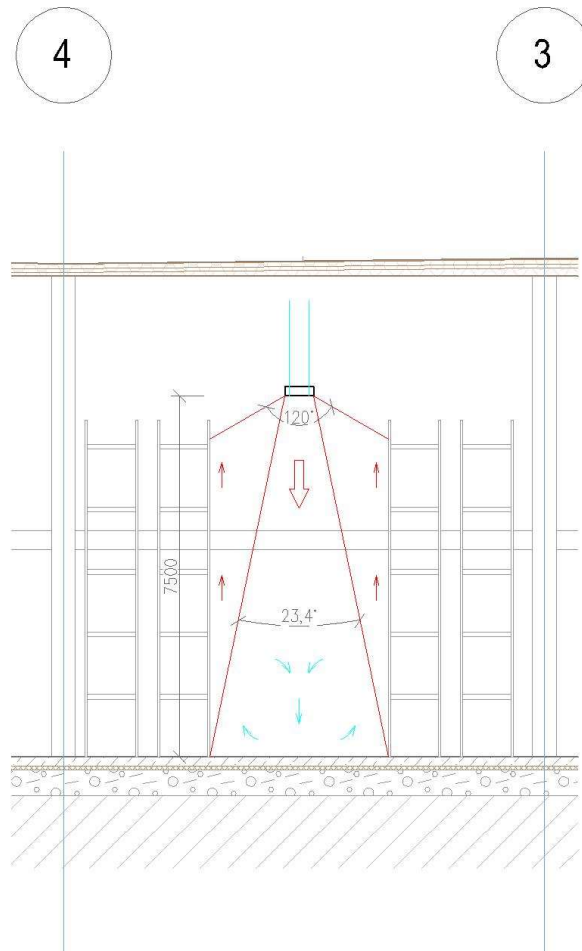
Stropní vytápění je navrženo jako přiznané. V 1.NP i 2.NP je potřebný výkon pro krytí tepelné ztráty 12 W.m^{-2} . Je to dáno větší plochou stropu a zároveň větší tepelnou ztrátou v 2.NP.

Světlá výška haly je 10 m a, jak jsem zmínil v kapitole 4.2.3, je nutné vypočítat tepelnou ztrátu prostupem poníženou teplotním opravným činitelem $f_{ie,k}$ a tepelnou ztrátu větráním podle vzorce 4.3. Pro stropní závěsné sálavé panely je výškový teplotní gradient vzduchu $G_{\theta,air,i}$ roven $0,35 \text{ K.m}^{-1}$ a rozdíl mezi teplotou vzduchu a operativní teplotou $\Delta\theta_{rad}$ roven $1,5 \text{ K}$. Po dosazení do rovnic 2.1, 2.2 a 4.2 pro všechny stavební části nám vyjde tepelná ztráta prostupem $26,01 \text{ kW}$ a tepelná ztráta větráním po započtení vlivu zpětného získávání tepla $36,23 \text{ kW}$. Celková tepelná ztráta je tedy $62,24 \text{ kW}$.

Vodní závěsné panely jsou navrženy v celkové délce 167 m. Jsou rozděleny na 5 samostatných panelů zapojených do 3 okruhů. Krajní panel u ochlazované stěny typu AVH (tedy s plným obsazením trubek) je zapojen na samostatný okruh a má šířku 600 mm při teplotním spádu $55/45 \text{ }^\circ\text{C}$. Další panely jsou zapojeny sériově vždy po dvou. Jeden série má šířku 600 mm a druhá 300 mm. Všechny panely zapojené v sériově jsou typu AVL (tedy s dvoutřetinovým osazením trubek).

Výhodou tohoto řešení je možnost napojení na nízkopotenciální zdroj energie. Teplotní spád je $55/45 \text{ }^\circ\text{C}$ a je tak možné navrhnout například tepelné čerpadlo. V této variantě není nutné zřizovat plynovou přípojku. Toto řešení zajišťuje ideální rozložení teplot po výšce vytápěných prostor. Výhodná může být i oddělenost systému vytápění a větrání, kdy není nutné přivádět velké množství vzduchu do objektu, když není využíván, například v noci. Další výhodou je možnost využít vodních závěsných sálavých panelů i stropního vytápění pro chlazení místností v teplém období.

Nevýhodou tohoto řešení je vysoká pořizovací cena stropního vytápění i vodních sálavých panelů. Ve skladu je také riziko vytvoření polštáře chladného vzduchu v pobytové zóně (Obr.1).



Obrázek 12 - Schéma proudění vzduchu mezi regály

5.2. Varianta 2

V této variantě je vytápění na prodejních plochách i ve skladu navrženo jako teplovzdušné. Na prodejní ploše je to řešeno centrální jednotkou se zpětným získáváním tepla a ve skladu lokálními teplovzdušnými jednotkami vodními.

Čerstvý vzduch je přiváděn do vzduchotechnické jednotky, kde je mu předáno teplo výměníkem zpětného získávání tepla a teplovodním ohřivačem. Teplota tohoto primárního vzduchu je 20 °C. Primární vzduch je dále rozdělen na část pro teplovzdušné vytápění a teplovzdušné větrání. Část vzduchu pro teplovzdušné větrání není dále upravována a je přivedena do větraného prostoru potrubím v podhledu 1.NP a 2.NP. Část vzduchu pro teplovzdušné vytápění bude dále ohřáta ve vodních ohřivači, které jsou také napojeny na

rozvod topné vody. Vzduch přiváděný na prodejní plochu v 1.NP (místnost číslo 121) bude mít teplotu 23,8 °C při průtoku 2950 m³.h⁻¹. Vzduch přiváděný na prodejní plochu v 2.NP (místnost číslo 121) bude mít teplotu 28,9 °C při průtoku 2950 m³.h⁻¹.

Tepelná ztráta haly je v této variantě vyšší díky větší hodnotě výškového teplotního gradientu vzduchu pro teplovzdušné vytápění. Pro teplovzdušné vytápění je výškový teplotní gradient vzduchu $G_{\theta,air,i}$ roven 1 K.m⁻¹ a rozdíl mezi teplotou vzduchu a operativní teplotou $\Delta\theta_{rad}$ roven 0 K. Po dosazení do rovnic 2.1, 2.2 a 4.2 pro všechny stavební části nám vyjde tepelná ztráta prostupem 29,11 kW a tepelná ztráta větráním po započtení vlivu zpětného získávání tepla 41,75 kW. Celková tepelná ztráta je 70,86 kW.

Pro vytápění skladu jsou navrženy 4 teplovzdušné jednotky Monzun – TE 1.2.200 při teplotním spádu 55/40 °C.

Tato varianta může být také napojena na zdroj tepla s nízkým teplotním spádem. Vzhledem k vyšší tepelné ztrátě oproti variantě 1 budou i provozní náklady vyšší.

Výhodou tohoto řešení jsou nižší pořizovací náklady. Není nutné pořizovat další otopná tělesa pro prodejní plochu. Alternativně je možné teplovzdušné jednotky ve skladové části vybavit integrovaným tepelným čerpadlem, a tak omezit vnitřní rozvody tepla. Další výhodou může být malá setrvačnost systému. Po odstávce se prostor rychleji vytopí.

Nevýhoda je spojení systému větrání a vytápění. Není možné prodejní plochu vytápět bez přívodu čerstvého vzduchu. Během přerušení provozu je tak nutné stále udržovat ventilátory v chodu a s tím spojeny vyšší provozní náklady. Nevýhodou jsou také vyšší tepelné ztráty ve skladové hale a s tím spojeny vyšší provozní náklady.

5.3. Varianta 3

Poslední posuzovanou variantou je kombinace vytápění prodejních ploch vodními závěsnými sálavými panely a vytápění skladu pomocí střešních větracích jednotek.

Tepelné ztráty prostupem budu v této variantě uvažovat stejné, jako ve variantě 2, z důvodů převažujícího teplovzdušného vytápění. Střešní větrací jednotky mohou být vybaveny výměníkem pro zpětné získávání tepla. Tepelná ztráta větráním je tak také stejná.

Střešní větrací jednotky je možné napojit na centrální rozvod tepla nebo chladu, decentrální integrovaný plynový kondenzační kotel nebo tepelné čerpadlo. Je tak možné pomocí těchto jednotek vytápět i chladit. Přiváděný vzduch je možné i filtrovat.

Výhodou tohoto řešení je možnost napojení na nízkopotenciální zdroj energie. Teplotní spád je 55/45 °C a je tak možné navrhnout například tepelné čerpadlo. V případě napojení teplovzdušných jednotek na rozvod otopné vody nebo s využitím tepelného čerpadla není nutné zřizovat plynovou přípojku. Také se jedná o oddělené systémy vytápění a větrání jako ve variantě 1. Další výhodou je možnost využít vodních závěsných sálavých panelů i větracích jednotek pro chlazení místností v teplém období.

Nevýhodou tohoto řešení je vysoká pořizovací cena vodních sálavých panelů. Také v této variantě je tepelná ztráta vyšší oproti variantě 1 a tak budou i provozní náklady vyšší.

6. Výběr vhodné varianty řešení

S ohledem na uvedené výhody a nevýhody jednotlivých variant byla vyhodnocena jako nejvhodnější varianta 3. Prodejní plochy budou tedy vytápěny vodními závěsnými sálavými panely a sklad bude vytápěn pomocí střešních větracích jednotek, hlavně z důvodu lepší tepelné pohody na prodejní ploše a nižší pořizovací ceny oproti variantě 1. Tato varianta bude dále zpracována v praktické části této práce.

7. Návrh kotelny

Kotelna je umístěna v 1.NP. V kotelně bude umístěn zdroj tepla, příprava teplé vody a všechny potřebné prvky této soustavy, včetně kombinovaného rozdělovače a sběrače.

7.1. Zdroj tepla

Zdroj tepla bude dodávat teplo pro vytápění, na ohřev teplé vody a na ohřev vzduchu ve vzduchotechnické jednotce. Ohřev teplé vody pro vestavby je zajištěn nepřímotopným zásobníkovým ohřivačem umístěným v technické místnosti. Do zásobníkového ohřivače je napojena cirkulace teplé vody pro vestavbu. Pro oběh cirkulační teplé vody je v potrubí

cirkulace osazeno oběhové čerpadlo. Nepřímotopný zásobníkový ohřívač je specifikovaný v kapitole 7.2.. Tepelný výkon zdroje tepla tak bude součtem všech těchto jmenovitých výkonů.

Vzhledem k nízkému teplotnímu spádu bude navrženo tepelné čerpadlo vzduch voda. Díky tomu nebude nutné zřizovat plynovou přípojku. Také bude možné při použití reverzního chodu čerpadla objekt takto aktivně chladit. Případně by mohla část provozu tepelného čerpadla být zajištěna fotovoltaickými panely umístěnými na střeše objektu.

Konkrétně je navržena kaskáda dvou tepelných čerpadel PZP HEATING HP3AW 40 SBR. Celkový výkon této kaskády tepelných čerpadel je 81,2 kW. Vnitřní jednotky tepelných čerpadel budou umístěna v technické místnosti výparníky pak na střeše objektu.

Od tepelných čerpadel je médium nemrznoucí směsi vedeno do strojovny v 1NP administrativní vestavby, kde je osazen deskový výměník tepla, který odděluje soustavu nemrznoucí směsi v okruhu tepelných čerpadel a soustavu topné vody v objektu, kde je jako médium topná voda 55/45°C. Od deskového výměníku je topná/chladicí voda vedena do kombinovaného rozdělovače a sběrače topné vody, na který je napojeno sedm topných větví V1 až V4, pro vytápění a větrání prostorů hal a administrativní vestavby. Z rozdělovače je napojen ohřev teplé vody, kde pro ohřev teplé vody je osazen nepřímotopný zásobníkový ohřívač. Napojení zásobníkového ohřívače na studenou vodu je provedeno z veřejného vodovodního řadu. Pro oběh teplé vody v objektu je provedena cirkulace teplé vody.

7.2. Příprava teplé vody

Výpočet velikosti nepřímotopného zásobníku na ohřev teplé vody a potřebný výkon byl proveden podle ČSN 06 0320. Pro správný návrh zásobníku teplé vody je třeba sestavit odběrový profil za danou periodu. Na základě tohoto profilu pak lze určit velikost zásobníku a potřebný dodaný výkon.

Pro sestavení odběrového profilu je třeba určit teplo dodané ohřívačem teplé vody a s tím i potřebu teplé vody. Výpočet potřeby teplé vody je rozdělen podle využití teplé vody na potřebu teplé vody na mytí osob, mytí nádobí a úklid. Celková potřeba teplé vody V_{2p} v dané periodě [m³/perioda, např. m³/den] se stanoví ze vztahu (7.1)

$$V_{2p} = V_o + V_i + V_u \quad (7.1)$$

kde V_o [m³den⁻¹] potřeba teplé vody pro mytí osob

V_i [m³den⁻¹] potřeba teplé vody pro mytí nádobí

V_u [m³den⁻¹] potřeba teplé vody pro úklid

Celková potřeba teplé vody je pak 0,925 m³.den⁻¹.

Výpočet tepla dodaného ohříváčem teplé vody se provádí podle vzorce (7.2).

$$Q_{2p} = \frac{(1+z) \cdot V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000} \quad (7.2)$$

kde Q_{2p} [kWh.den⁻¹] teplo dodané ohříváčem TV

z [-] poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV

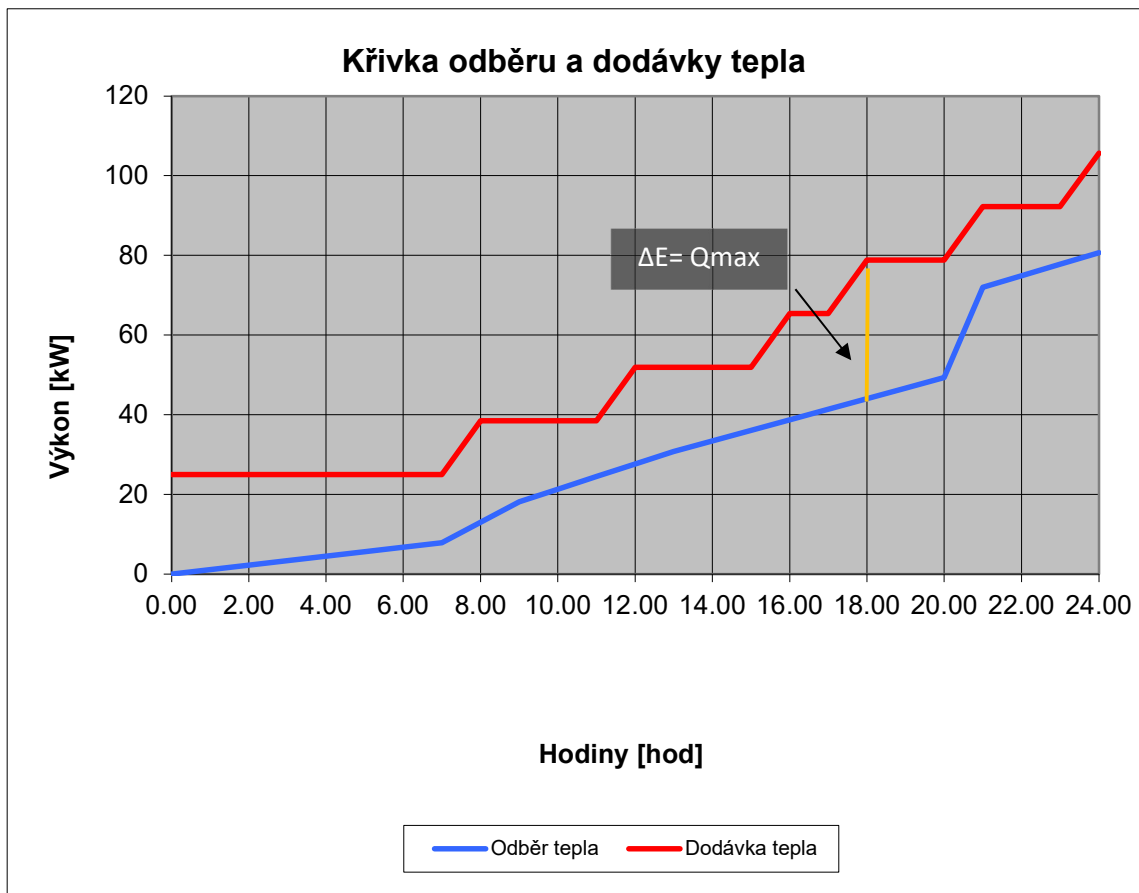
ρ [kg.m⁻³] hustota vody při střední teplotě zásobníku

c [J.kg⁻¹.K⁻¹] měrná tepelná kapacita vody

t_2 [°C] teplota teplé vody

t_1 [°C] teplota studené vody

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody je pak 87,42 kWh.den⁻¹.



Obrázek 13 - Křivka odběru a dodávky tepla

Maximální rozdíl energií (z Obr. 13) $\Delta E = 34,8$ kWh.

Potřebný výkon $Q = 13,4$ kW.

Minimální velikost zásobníku teplé vody $V = 0,6$ m³

7.3. Pojistné zařízení

Topná soustava je jištěna uzavřenou expanzní nádobou, která je napojena na vratnou topnou vodu, mezi rozdělovačem topné vody a deskovým výměníkem tepla, dále je jištěna pojistnými ventily, které jsou osazeny na výstupu topné vody z každého tepelného čerpadla. Okruh tepelných čerpadel je jištěn samostatnou uzavřenou expanzní nádobou. Ohřev teplé vody je jištěn osazenou expanzní nádobou a pojistným ventilem před napojením zásobníkového ohříváče na studené vodě.

Průřez sedla pojistného ventilu A_0 pro vodu se provádí podle rovnice (7.3).

$$A_0 = \frac{2 \cdot \varphi_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_{sv}}} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (7.3)$$

kde: φ_p [kW] je jmenovitý výkon zdroje

α_v [-] je výtokový součinitel pojistného ventilu

p_{sv} [kPa] je otevírací přetlak pojistného ventilu

Po dosažení jmenovitého výkonu zdroje $\varphi_p = 81,2$ kW, výtokového součinitele $\alpha_v = 0,64$ a otevíracího přetlaku pojistného ventilu $p_{sv} = 250$ kPa vyjde průřez sedla pojistného ventilu $A_0 = 23$ mm². Navržený pojistný ventil je pak DN15.

Minimální vnitřní průměr pojistného potrubí se stanoví pro případ, kdy nemůže dojít k vývinu páry, podle (7.4).

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{\varphi_p} = 10 + 0,16 \cdot \sqrt{81,2} = 15 \text{ mm} \quad (7.4)$$

Pro návrh expanzní nádoby je nutné vypočítat expanzní objem V_{ex} , nejnižší provozní přetlak p_0 , konečný přetlak p_{fin} , vodní rezervu V_{wr} a nejmenší jmenovitý objem expanzní nádoby $V_{N,min}$. (18)

Teplotní spád otopné soustavy je navržen 55/45 °C. Výška vodního sloupce od středu expanzní nádoby do nevyššího místa otopné soustavy $h = 9,2$ m. Celkový objem vody v otopné soustavě je $V_{system} = 2240$ l. Otevírací přetlak pojistného ventilu je $p_{sv} = 250$ kPa.

Pro výpočet vlastního expanzního objemu je nutné určit součinitel zvětšení objemu, který je závislý na nejvyšší návrhové expanzní teplotě. Pro navrhovanou soustavu je součinitel zvětšení objemu $e = 1,413$. Vlastní expanzní objem se pak vypočte podle následující rovnice (7.5). (18)

$$V_{ex} = \frac{V_{system} \cdot e}{100} = \frac{2240 \cdot 1,413}{100} = 31,65 \text{ l} \quad (7.5)$$

Nejnižší dovolený přetlak p_0 vypočteme jako hydrostatický tlak vodního sloupce nad expanzní tlakovou nádobou zvětšený o 5 až 10 % (7.6).

$$p_0 = \rho * h * g * 1,1 = 990 * 9,2 * 9,81 * 10^{-3} = 89 \text{ kPa} \quad (7.6)$$

Vzhledem k malé výšce soustavy se volí $p_0 = 100 \text{ kPa}$.

Konečný přetlak je navržen jako otevírací přetlak pojistného ventilu snížený o 50 kPa vypočten podle rovnice (7.7).

$$p_{fin} = p_{sv} - 50 \text{ kPa} = 250 - 50 = 200 \text{ kPa} \quad (7.7)$$

Vodní rezerva V_{wr} se vypočte jako maximum z hodnot 20 % objemu vody v systému pro expanzní nádoby o objemu menším než 15 l a 0,5 % objemu vody v systému pro expanzní nádoby o objemu větším než 15 l a 3 l. Bude navržena expanzní nádoba o objemu větším než 15 l. Výpočet vodní rezervy je proveden podle rovnice (7.8). (18)

$$V_{wr} = \max(V_{system} * 0,005; 3) = \max(2210 * 0,005; 3) = 11,2 \text{ l} \quad (7.8)$$

Nejmenší jmenovitý objem $V_{N,min}$ se vypočte ze vztahu (7.9).

$$V_{N,min} = (V_{ex} + V_{wr}) * \frac{p_{fin} + 1}{p_{fin} - p_0} \text{ [l]} \quad (7.9)$$

Po dosažení vypočtených hodnot vyjde $V_{N,min} = 129 \text{ l}$. Objem nejbližší vyšší expanzní nádoby je dle řady výrobce $V_{EXP} = 140 \text{ l}$.

Doplňovací přetlak se stanoví z rovnic (7.10) a (7.11).

$$p_{a,min} \geq \frac{V_{EXP} * (p_0 + 100)}{V_{EXP} - V_{wr}} - 100 \text{ [kPa]} \quad (7.10)$$

$$p_{a,min} \leq \frac{(p_{fin}+100)}{1 + \frac{V_{EX} \cdot (p_{fin}+100)}{V_{EXP} \cdot (p_0+100)}} - 100 [kPa] \quad (7.11)$$

Po dosazení získáme $p_a \in \langle 117; 124 \rangle$. Počáteční přetlak soustavy je navržen 120 kPa.

7.4. Rozdělovač otopné vody

Rozdělení otopné vody pro jednotlivé větve bude zajišťovat rozdělovač a sběrač umístěný v technické místnosti. Návrh rozdělovače vychází z počtu větví, které je možné připojit na rozdělovač, a objemového průtoku otopné vody do jednotlivých větví.

Optimální rychlost proudění vody v těle rozdělovače je 0,5 až 0,8 m.s⁻¹.

Celkový objemový průtok rozdělovačem je 16 733 m³.h⁻¹. Na rozdělovač jsou připojeny 3 větve.

8. Závěr

Tato diplomová práce se zabývá novostavbou haly pro skladování a prodej nábytku v Praze. Součástí práce je studie vytápění halových objektů. Rozhodujícím faktorem při výběru typu vytápění jsou především dispoziční řešení haly a způsob jejího užívání.

S ohledem na tyto faktory byla navržena tři variantní řešení vytápění haly, která jsou součástí této práce. U každé varianty jsou uvedeny hlavní výhody a nevýhody pro zvolený způsob vytápění. Součástí práce je i projektová dokumentace vybrané varianty.

Vzhledem k dispozičnímu řešení haly je navržena kombinace sálavého vytápění pro prodejní část haly a teplovzdušného vytápění pro skladovou část haly. Pro prodejní část objektu jsou navrženy vodní závěsné sálavé panely napojené na otopný systém. Pro skladovou část haly jsou navrženy lokální teplovzdušné jednotky napojeny na samostatná tepelná čerpadla v jejich blízkosti. Součástí stavby je i administrativní a sociální vestavba, kde je navržena otopná soustava s deskovými tělesy. Jako zdroj tepla pro vytápění vestaveb a prodejních ploch je navržena kaskáda tepelných čerpadel vzduch-voda.

9. Citovaná literatura

1. **Jiří Bašta, Ondřej Hojer.** *Sálavé a průmyslové vytápění.* Praha : ČVUT, 2021. 978-80-01-06814-4.
2. **Centnerová, Ing. Lada.** Tepelná pohoda a nepohoda. *Tzb-info.cz.* [Online] [Citace: 10. 12 2021.] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>.
3. **Mathauserová, Ing. Zuzana.** Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb. *Tzb-info.cz.* [Online] 11. 12 2021. <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>.
4. **HOJER, O., KABELE, K., KOTRBATÝ, M., SOMMER, K. a PETRÁŠ, D.** *Energy Efficient Heating and Ventilation of Large Halls.* Bruxelles : Rehva, 2011. ISBN 978-2-930521-06-0 .
5. **Kotrbatý, Miroslav, Hojer, Ondřej a Kovářová, Zuzana.** *Hospodaření teplem: "nejlevnější energie je energie ušetřená".* Praha : ČSTZ, 2009. 9788086028415.
6. **Ing. Ondřej Hojer, Ph.D.** Volba způsobu vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů. *Tzb-info.cz.* [Online] 21. 1 2020. [Citace: 2021. 10 29.] <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/20131-volba-zpusobu-vytapani-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu>.
7. **Hojer, Ondřej & Petráš, Dušan & Kotrbatý, Miroslav & Strakova, Zuzana & Koudelková, Daniela & Repka, Norbert & Boldiš, Tomáš.** *Vytápění velkoprostorových a halových objektů.* místo neznámé : Jaga, 2006. 80-8076-040-3.
8. **Doc. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.** Velkoplošné vytápění . *Tzb-info.cz.* [Online] [Citace: 20. 11 2021.] <https://vytapani.tzb-info.cz/3383-velkoplosne-vytapani-i>.
9. **EuroSystémy.** *EuroSystémy.cz.* [Online] 16. 11 2021. <https://www.eurosystemy.cz/>.
10. **Dřevostavby.** *drevostavby.cz.* [Online] [Citace: 16. 11 2021.] <https://www.drevoastavby.cz/>.
11. **ASB.** *asb-portal.cz.* [Online] [Citace: 16. 11 2021.] <https://www.asb-portal.cz/>.

12. Kotrbatý - Produkty. *Kotrbatý.cz*. [Online] [Citace: 14. 11 2021.]
<https://www.kotrбаты.cz/produkty/salave-panely/ksp/>.
13. s.r.o., Schwank CZ. Schwank portfolio. *Schwank.cz*. [Online] [Citace: 14. 11 2021.]
https://schwank.cz/content/uploads/2020/04/schwank_tube-heater_brochure_CZ.pdf.
14. KOTRBATÝ, Miroslav, SCHŮRKOVÁ, Ivana. Světlé a tmavé zářiče, konstrukce. *Tzb-info.cz*. [Online] 27. 11 2006. [Citace: 28. 10 2021.] <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapeni-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/3717-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-xi-1-cast>.
15. Hoval - RoofVent. *Hoval.cz*. [Online] [Citace: 2021. 11 16.]
<https://www.hoval.cz/produkty/roofvent/>.
16. Kotrbatý, Ing. Miroslav. Přímotopné plynové teplovzdušné jednotky. *Tzb-info.cz*. [Online] 23. 8 2006. [Citace: 1. 11 2021.] <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapeni-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/3477-vytapeni-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-viii-2-cast>.
17. TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ, VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ. *atrea.cz*. [Online] [Citace: 18. 12 2021.] <https://www.atrea.cz/cz/teplovzduzne-vytapeni-vetrani-a-chlazení>.
18. prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D. Návrh tlakové membránové expanzní nádoby podle ČSN EN 12828/2014. *tz-info.cz*. [Online] 29. 6 2020. [Citace: 18. 12 2021.] <https://vytapeni.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/20865-navrh-tlakove-membranove-expanzni-nadoby-podle-csn-en-12828-2014>.

10. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vertikální rozložení teplot ve vytápěné místnosti (1)	11
Obrázek 2 - Podlahové topení pro vyšší zatížení (4)	14
Obrázek 3 – Stěnové vytápění (5)	15
Obrázek 4 – Stropní vytápění (6).....	16
Obrázek 5 – Princip vodních sálavých panelů,	17
Obrázek 6 – Příklad vodních sálavých panelů s integrovaným LED svítidlem (7)	18
Obrázek 7 – Princip světlých plynových zářičů (8)	19
Obrázek 8 – Princip tmavých zářičů (8)	20
Obrázek 9 – Schéma střešní větrací jednotky RoofVent se zpětným získáváním tepla (12) ...	22
Obrázek 10 – Schéma rozdělení objektu 1. NP	24
Obrázek 11 – Schéma rozdělení objektu 2. NP	24
Obrázek 12 - Schéma proudění vzduchu mezi regály	31

11. Seznam příloh

Příloha	Název přílohy
Příloha č. 1	Varianta 1 - Půdorys 1.NP
Příloha č. 2	Varianta 1 - Půdorys 2.NP
Příloha č. 3	Varianta 2 - Půdorys 1.NP
Příloha č. 4	Varianta 2- Půdorys 2.NP
Příloha č. 5	Varianta 3 - Půdorys 1.NP
Příloha č. 6	Varianta 3 - Půdorys 2.NP