

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**STUDIE NA TÉMA**

**KONCEPČNÍ NÁVRH CHLAZENÍ BUDOVY CRASHTEST  
CENTRA**

**Bc. KRISTÝNA KOLLAROVÁ**

**Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Musil, Ph.D.**

**2018/2019**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kollarová

Jméno: Kristýna

Osobní číslo: 424470

Zadávací katedra: K125 Technická zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vzduchotechnika budovy Crashtest centra

Název diplomové práce anglicky: Air-conditioning in the Crashtest center

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude návrh systému vzduchotechniky pro provedení stavby, která bude obsahovat: půdorysy M1:100, řezy stoupacím potrubím případně 3D model VZT systému, návrh a řezy VZT jednotek, návrh tlumičů hluku, technická zpráva včetně požadavků na ostatní profese

Studie na téma koncepční návrh chlazení budovy Crashtest centra. K návrhu budou použity současné legislativní předpisy, které je možno doplnit výpočty v simulačních programech. Výstupem práce bude základní koncepce chladicího systému objektu s odůvodněním volby tohoto systému.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Roman Musil, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 11.10.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

11.10.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

**Prohlášení:**

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

V Praze dne 28.12.2018

.....

Bc. Kristýna Kollarová

**Poděkování:**

Děkuji vedoucímu mé závěrečné diplomové práce Ing. Romanu Musilovi, Ph.D. ze stavební fakulty, katedry technických zařízení budov, za odborné vedení a ochotu při zpracování této diplomové práce.

## **Vzduchotechnika budovy Crashtest centra**

### **Abstrakt:**

Diplomová práce se skládá z projektu vzduchotechniky a studie. Projekt vzduchotechniky budovy Crashtest centra se skládá z technické zprávy, příloh a výkresů. V přílohách je uveden výpočet množství větracího vzduchu, výpočet tlakových ztrát, návrh vzduchotechnických jednotek, tlumičů hluku, odsávací digestoře a výpis prvků. Výkresová část obsahuje 6 výkresů a to půdorysy podlaží, řezy stoupacím potrubím a vzduchotechnickými jednotkami. Vše je popsáno a shrnuto v technické zprávě. Studie se zabývá koncepčním návrhem chlazení budovy Crashtest centra. Cílem studie je posoudit riziko přehřívání objektu, vybrat vhodný způsob chlazení v budově a popsat jeho koncepční návrh.

**Klíčová slova:** vzduchotechnika, přehřívání, chlazení, budova Crashtest centra

## **Air-conditioning in the Crashtest center**

### **Abstract:**

The diploma thesis consists of air-conditioning project and study. The Crashtest center's air-conditioning project consists of a technical report, attachments and drawings. The annexes include the calculation of the amount of ventilation air, the calculation of pressure losses, design of air-conditioning units, noise mufflers, exhaustion hoods and a list of elements. The drawing part consists of 6 drawings, namely floor plans, sections with rising pipes and air-conditioning units. Everything is described and summarized in a technical report. The study deals with a conceptual proposal for cooling the Crashtest center building. The aim of the study is to assess the risk of overheating, to choose the appropriate cooling method in the building and to describe its conceptual design.

**Key Words:** air conditioning, overheating, cooling, building Crashtest center

## Obsah:

1	Úvod .....	1
2	Formulace zadání studie .....	1
2.1	Posouzení rizika přehřívání .....	1
2.2	Návrh a porovnání stínících prvků.....	1
2.3	Stanovení chladícího výkonu.....	1
2.4	Porovnání variant systémů chlazení .....	2
2.5	Popis vybraných variant systému chlazení .....	2
3	Posouzení rizika přehřívání, návrh a porovnání stínících prvků a stanovení chladícího výkonu pomocí dynamické simulace .....	2
3.1	Popis modelu.....	2
3.1.1	Zjednodušení pro tvorbu modelu.....	2
3.1.2	Lokalita.....	3
3.1.3	Funkce objektu .....	3
3.1.4	Popis použitých šablon .....	4
3.1.5	Rozdělení modelu do zón .....	7
3.1.6	Skladby konstrukcí .....	9
3.1.7	Výplně otvorů.....	10
3.2	Okrajové podmínky .....	10
3.2.1	Posouzení rizika přehřívání .....	10
3.2.2	Porovnání variant zastínění .....	11
3.2.3	Stanovení chladícího výkonu .....	11
3.3	Parametry simulace.....	11
3.4	Výsledky simulace.....	11
3.4.1	Posouzení rizika přehřívání .....	11
3.4.2	Porovnání variant zastínění a stanovení chladícího výkonu.....	12
4	Porovnání variant systémů chlazení .....	14

4.1	Chlazení systémem VZT .....	14
4.2	Vodní systémy .....	15
4.2.1	Fan-Coil .....	15
4.2.2	Chladicí stropy.....	16
4.2.3	Indukční jednotky (aktivní chladicí trámce).....	16
4.2.4	Pasivní chladicí trámce .....	17
4.3	Chladivový VRF systém .....	17
5	Popis a srovnání vybraných variant.....	18
5.1	Vodní chladicí systém s cirkulačními fan-coily.....	18
5.1.1	Zařízení č. 1 – Chlazení západní části objektu .....	18
5.1.2	Zařízení č. 2 – Chlazení kanceláří .....	19
5.1.3	Zařízení č. 3 – Chlazení jídelny a restaurace.....	19
5.2	Chladivový VRF systém .....	19
5.2.1	Zařízení č. 1 – Chlazení západní části objektu .....	19
5.2.2	Zařízení č. 2 – Chlazení kanceláří .....	20
5.2.3	Zařízení č. 3 – Chlazení jídelny a restaurace.....	20
5.3	Srovnání vybraných variant.....	21
6	Závěr.....	21
7	Zdroje: .....	23

# 1 Úvod

Předmětem této studie je posouzení rizika přehřívání a koncepční návrh chlazení v budově Crashtest centra v Mladé Boleslavi. Podrobnější formulace zadání bude popsána v následující kapitole.

## 2 Formulace zadání studie

### 2.1 Posouzení rizika přehřívání

Zadáním studie je nejprve posoudit riziko přehřívání objektu v letním období, tedy zjistit, zda bude překročena maximální teplota vzduchu v interiéru 27°C bez jakéhokoliv opatření. Pro posouzení bude použit dynamický model v programu Designbuilder. „Použití programů pracujících na základě dynamické simulace jsou pro hodnocení letní tepelné stability v souladu s ČSN 73 0540-4 přílohou G. Metody využívající dynamických simulací dokáží zachytit reálné chování budovy.“ [1]

### 2.2 Návrh a porovnání stínících prvků

Pokud bude limitní teplota překročena, dále porovnáám tyto varianty zastínění skleněných ploch:

- a) stínění vnitřními žaluziemi,
- b) stínění vnějšími žaluziemi,
- c) stínění vnějšími roletami

Pro každou variantu bude zjištěna maximální teplota vnitřního vzduchu.

### 2.3 Stanovení chladícího výkonu

Pokud stínění nezajistí teplotu vnitřního vzduchu nižší než 27°C, stanovím pro nejlepší z variant potřebný chladící výkon.



## 2.4 Porovnání variant systémů chlazení

V další části studie budou porovnány varianty systémů chlazení. Budou uvedeny jejich výhody a nevýhody a jejich možnost využití v objektu Crashtest centra.

## 2.5 Popis vybraných variant systému chlazení

Pro vybrané varianty bude v závěru studie popsán koncepční návrh systému chlazení v objektu Crashtest centra. Vybrané varianty budou porovnány.

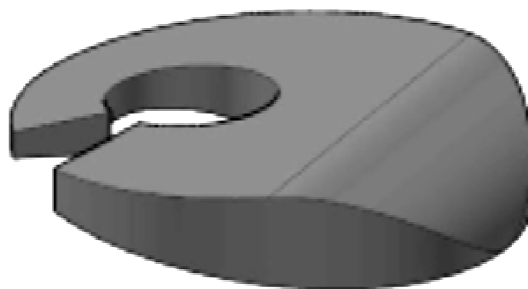
# 3 Posouzení rizika přehřívání, návrh a porovnání stínících prvků a stanovení chladícího výkonu pomocí dynamické simulace

Posouzení rizika přehřívání, návrh a porovnání stínících prvků a stanovení chladícího výkonu bude proveden pomocí dynamické simulace v programu Deignbuilder.

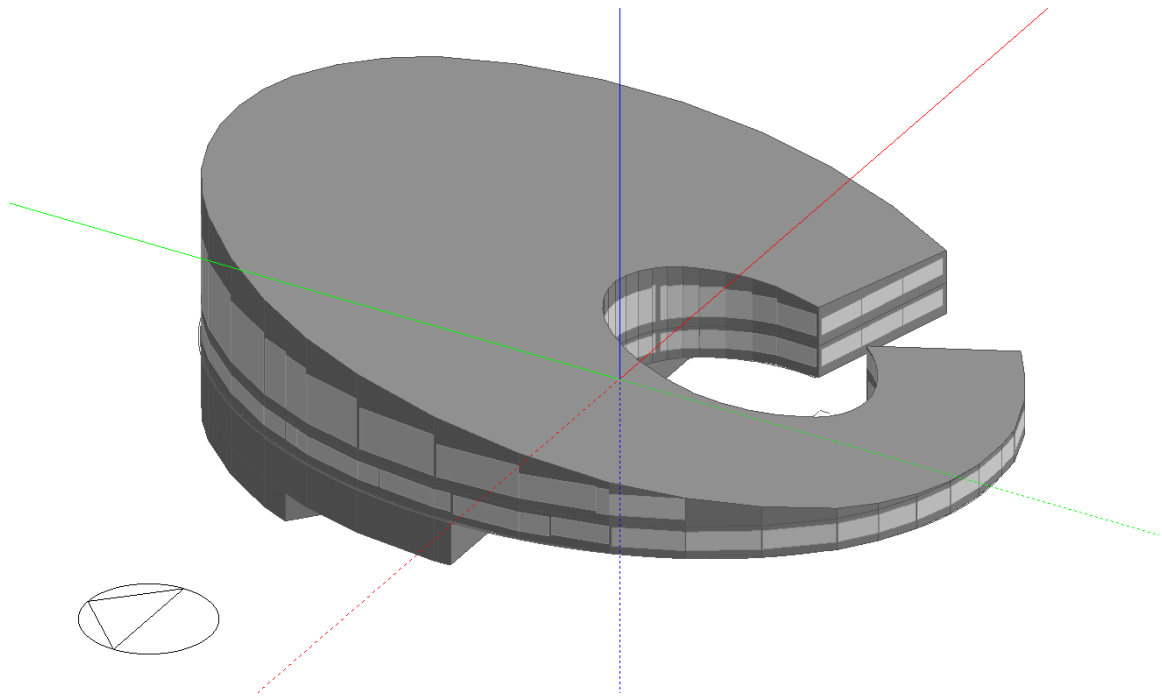
## 3.1 Popis modelu

### 3.1.1 Zjednodušení pro tvorbu modelu

Objekt Crashtest centrum je elipsovitého tvaru s vnitřním atriem a sklonem střechy 20 %. Hala pro nárazové zkoušky je kryta střechou z ocelových vazníků. Zjednodušení tvaru střechy je zřejmé z následujícího **Obrázku 1** a **Obrázku 2**. Jelikož je hala umístěna na sever, nebude mít toto zjednodušení negativní vliv na výsledky simulací týkající se přehřívání objektu.



Obrázek 1: Skutečný tvar objektu



**Obrázek 2: Zjednodušený tvar objektu**

### **3.1.2 Lokalita**

Objekt Crashtest centrum je situován na p. č. 172/1 v k. ú. Jemníky u Mladé Boleslavi a spadá pod klimatická data PRAHA/RUZYNE. Zeměpisná šířka polohy je  $50,10^\circ$ , zeměpisná délka  $14,25^\circ$  a nadmořská výška 365 m. n. m. Objekt je orientován zkušební halou na sever, proto je orientace uvažována  $0^\circ$  viz **Obrázek 2**.

### **3.1.3 Funkce objektu**

Provozně se jedná o výzkumný ústav s prostory pro veřejnost. Hlavní funkcí navrhované budovy je ověřování a vyhodnocování bezpečnosti automobilů nárazovou zkouškou. Nárazová zkouška probíhá pomocí speciálního mechanismu a nedochází při ní ke vzniku spalin. V západní části objektu jsou situovány prostory pro veřejnost jako například hlediště, kino, kavárna. Ve východní části objektu je situována restaurace pro veřejnost, dále jídelna, kanceláře a výzkumné centrum pro zaměstnance. V 1.PP je umístěno technické zázemí objektu a zkušební hala a v 2.PP přípravná automobilů pro nárazové zkoušky. Dle funkcí jednotlivých prostor v objektu byly programy vytvořeny šablony popsány v další kapitole. Znázornění rozdělení modelu do zón je uvedeno v kapitole 3.1.5.

### **3.1.4 Popis použitých šablon**

#### **3.1.4.1 Schodiště**

- rozvrh: celoročně, Po - So 8:00-18:00, Ne 9:00-15:30
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 10 W/m<sup>2</sup>

#### **3.1.4.2 Vstupní hala**

- obsazenost: 0,04 os/m<sup>2</sup>
- rozvrh: celoročně, Po - So 8:00-18:00, Ne 9:00-15:30
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 9 W/m<sup>2</sup>

#### **3.1.4.3 Sociální zařízení**

- rozvrh: celoročně, Po - So 8:00-18:00, Ne 9:00-15:30
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 10 W/m<sup>2</sup>

#### **3.1.4.4 Kanceláře, zasedací místnost**

- obsazenost: 0,11 os/m<sup>2</sup>
- rozvrh: celoročně, Po - Pá 8:00-18:00
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 10 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od zařízení: 11,7 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od osob: 70 W/os

#### **3.1.4.5 Sál, hlediště**

- obsazenost: 0,9 os/m<sup>2</sup>
- rozvrh: celoročně, Po - So 8:00-18:00, Ne 9:00-15:30
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 10 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od zařízení: 1,5 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od osob: 70 W/os

#### **3.1.4.6 Showroom**

- obsazenost: 0,1 os/m<sup>2</sup>
- rozvrh: celoročně, Po - So 8:00-18:00, Ne 9:00-15:30
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 10 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od zařízení: 1,5 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od osob: 70 W/os

#### **3.1.4.7 Obchod**

- obsazenost: 0,02 os/m<sup>2</sup>
- rozvrh: celoročně, Po - So 8:00-18:00, Ne 9:00-15:30
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 10 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od osob: 70 W/os

#### **3.1.4.8 Technické zázemí**

- rozvrh: celoročně, Po - Ne 0:00-24:00
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky od zařízení: 5 W/m<sup>2</sup>

### **3.1.4.9 Kuchyně**

- obsazenost: 0,1 os/m<sup>2</sup>
- rozvrh: celoročně, Po - So 8:00-18:00, Ne 9:00-15:30
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 20 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od zařízení: 42 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od osob: 150 W/os

### **3.1.4.10 Jídelna, restaurace**

- obsazenost: 0,18 os/m<sup>2</sup>
- rozvrh: celoročně, Po - So 8:00-18:00, Ne 9:00-15:30
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 10 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od zařízení: 14,7 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od osob: 70 W/os

### **3.1.4.11 Přípravna automobilů**

- obsazenost: 0,05 os/m<sup>2</sup>
- rozvrh: celoročně, Po - Pá 8:00-18:00
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C
- vnitřní zisky z osvětlení: 10 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od zařízení: 11 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od osob: 150 W/os

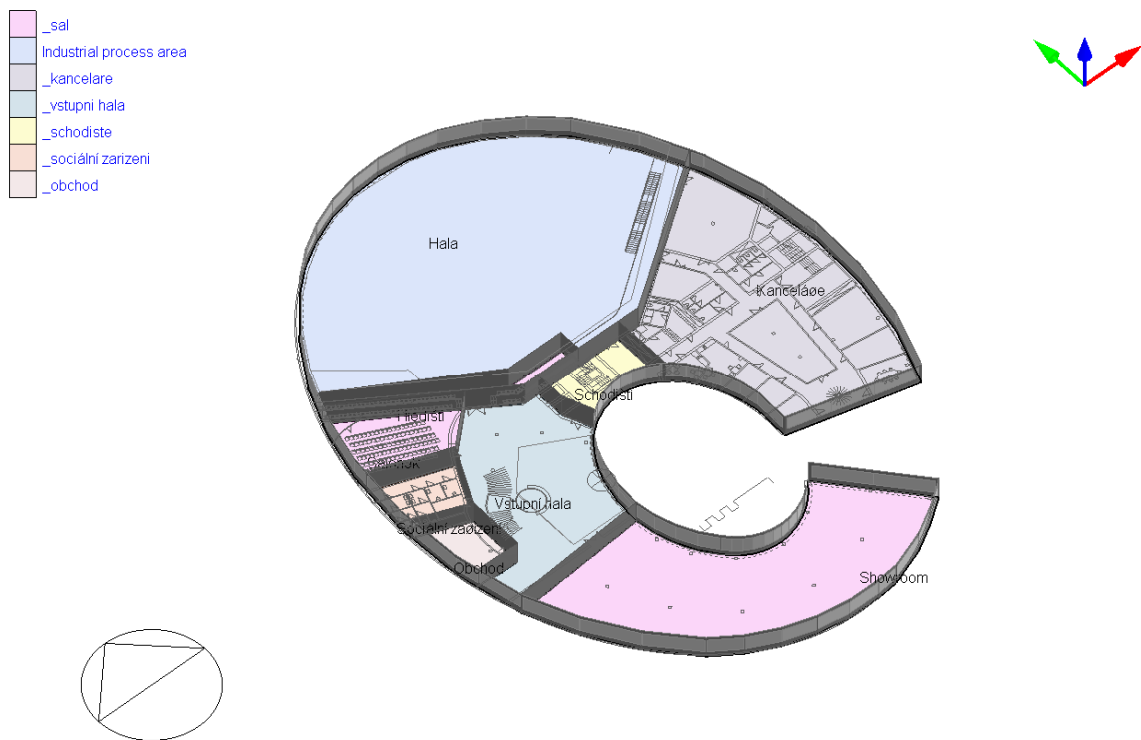
### **3.1.4.12 Hlediště**

- obsazenost: 0,9 os/m<sup>2</sup>
- rozvrh: celoročně, Po - So 8:00-18:00, Ne 9:00-15:30
- izolace jednotlivých součástí oblečení léto: 0,5 clo
- vnitřní návrhová teplota: 24°C

- vnitřní zisky z osvětlení: 10 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od zařízení: 1,5 W/m<sup>2</sup>
- vnitřní zisky od osob: 70 W/os

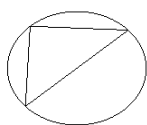
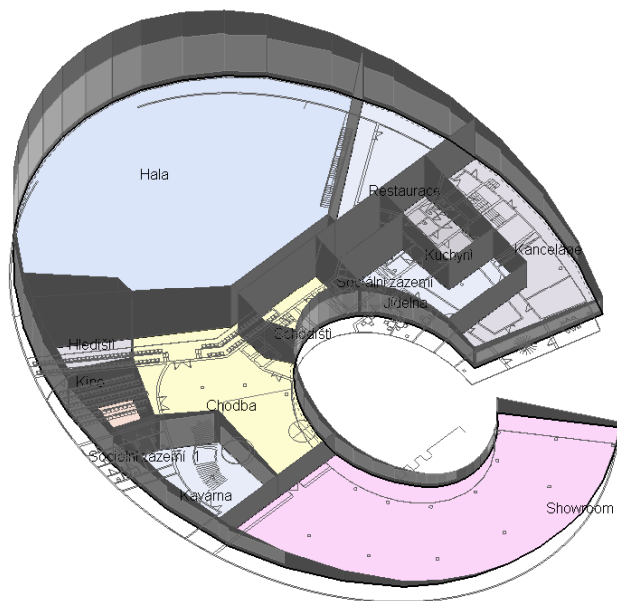
### 3.1.5 Rozdělení modelu do zón

Dle funkcí jednotlivých částí objektu popsaných v kapitole 3.1.3 jsem model rozdělila do zón. K zónám jsem přiřadila příslušné šablony popsané v předchozí kapitole. Rozdělení objektu do zón je znázorněno na **Obrázku 3, 4, 5, a 6.**



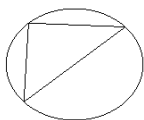
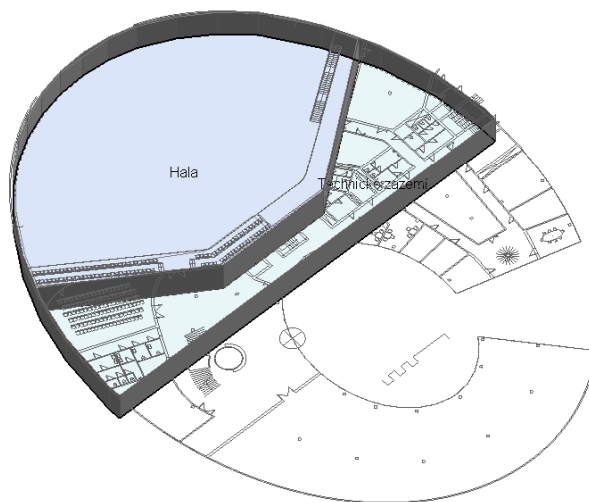
**Obrázek 33: 1. NP**

- \_sal
- \_jidelna
- \_sociální zarizeni
- \_kancelare
- \_kuchyne
- \_schodiste
- Industrial process area

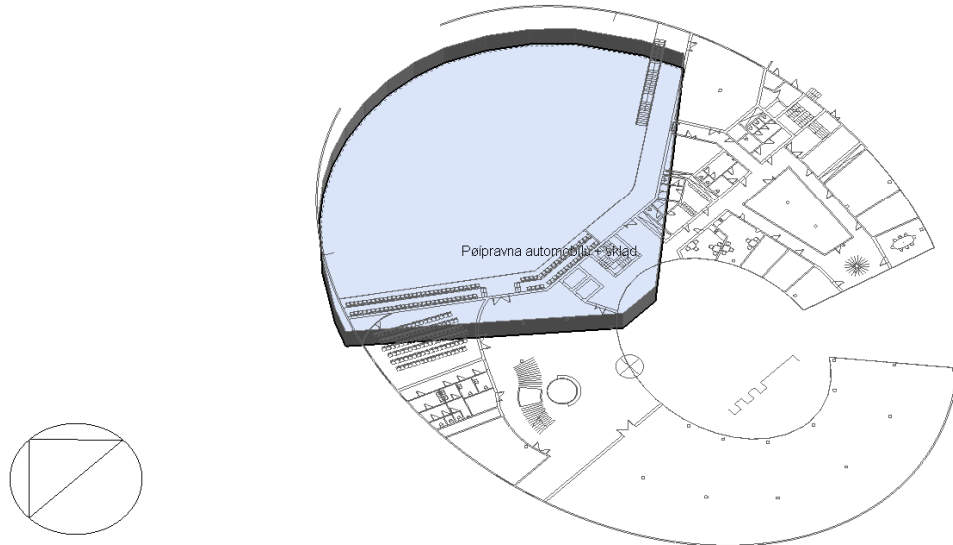


**Obrázek 44: 2.NP**

- \_technické zarizeni+sklady
- Industrial process area



**Obrázek 5: 1.PP**



Obrázek 6: 2.PP

### 3.1.6 Skladby konstrukcí

V **Tabulce 1** jsou uvedeny skladby a součinitele prostupu tepla konstrukcí, které byly podstatné pro posouzení rizika přehřívání a byly v modelu použity. Vnější obvodová stěna je železobetonová z velké části prosklena. Vlastnosti zasklení jsou popsáno v kapitole 3.1.7. Nosné konstrukce a vnitřní příčky jsou železobetonové. Střecha objektu je navržena jako zelená.

Tabulka 1: Skladby konstrukcí

Konstrukce	Skladba	U (W/m <sup>2</sup> K)
SO	Cementová omítka tl. 15 mm Železobeton tl. 200 mm Tepelná izolace EPS tl. 150 mm Cementová omítka tl. 15 mm	0,208
SN	Cementová omítka tl. 15 mm Železobeton tl. 150 mm Cementová omítka tl. 15 mm	2,423
STR	Železobeton tl. 200 mm Skladba podlahy tl. 100 mm	2,422
SCH	Železobeton tl. 200 mm Fólie PVC tl. 15 mm Separační textilie tl. 15 mm Tepelná izolace XPS tl. 200 mm Fólie PVC tl. 15 mm Separační textilie tl. 15 mm Tepelná izolace XPS tl. 100 mm Separační textilie tl. 15 mm Zemina tl. 100 mm	0,097

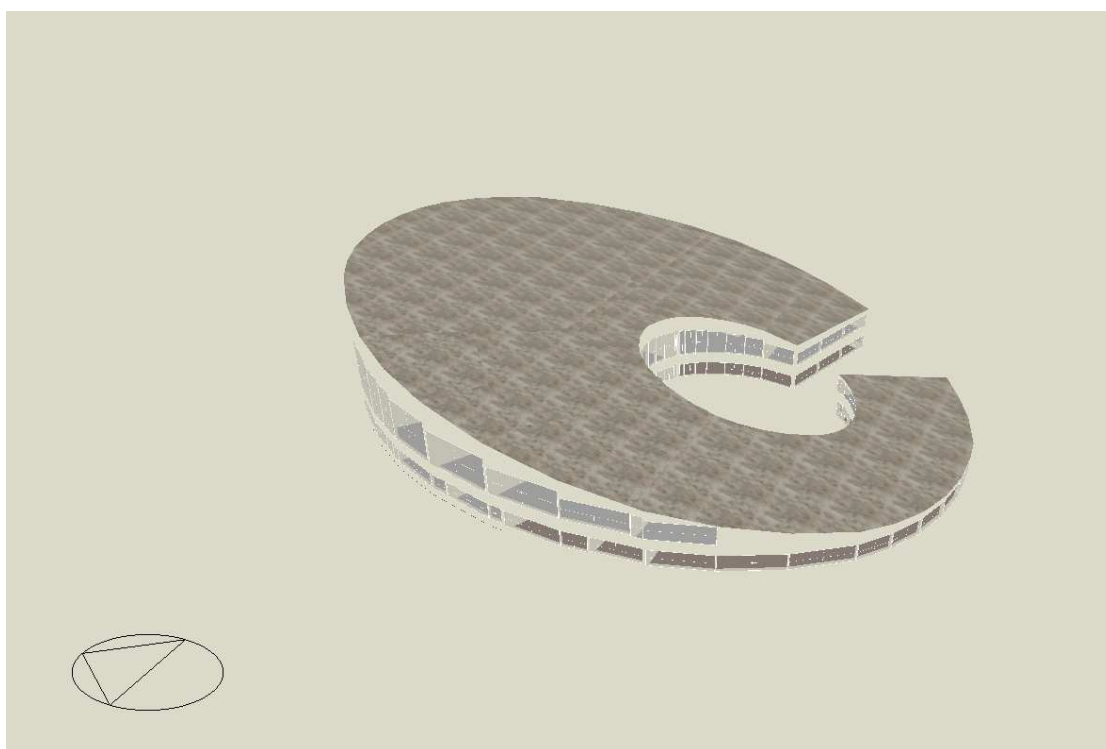


### 3.1.7 Výplně otvorů

Vnější obvodové konstrukce jsou z velké části prosklené. V modelu bylo proto nastaveno 80% prosklení. Rozložení prosklení je znázorněno na **Obrázku 7**. Vlastnosti zasklení jsou uvedeny v **Tabulce 2**.

Tabulka 2: Výplně otvorů

Konstrukce	Skladba	U (W/m <sup>2</sup> K)
zasklení	trojsklo tl. 6 mm	0,956



Obrázek 7: Rozložení prosklených ploch

## 3.2 Okrajové podmínky

### 3.2.1 Posouzení rizika přehřívání

Pro posouzení rizika přehřívání bylo vypnuto strojní chlazení. Nebylo zadáno ani žádné stínění prosklených ploch.

### 3.2.2 Porovnání variant zastínění

Pro porovnání variant zastínění bylo vypnuto strojní chlazení. Dále bylo pro každou variantu nastaveno stínění dle **Tabulky 3**.

**Tabulka 3: Varianty zastínění**

Varianta	Popis varianty
A	Vnitřní žaluzie
B	Vnější žaluzie
C	Vnější rolety

### 3.2.3 Stanovení chladicího výkonu

Pro stanovení chladicího výkonu bylo nastaveno stínění vnějšími roletami a bylo zapnuto chlazení. Maximální teplota vnitřního vzduchu pro chlazení je nastavena na 27°C. Vnitřní návrhová teplota v interiéru v letním období je 24°C.

## 3.3 Parametry simulace

Jelikož je pro tuto studii zásadní letní období, byly pro všechny varianty nastaveny hodinové simulace od 1. července do 31. srpna.

## 3.4 Výsledky simulace

### 3.4.1 Posouzení rizika přehřívání

Výsledky v **Tabulce 4** simulace ukazují, že nejvyšší teplota vnitřního vzduchu bez zajištění stínění je **34,8 °C**. a nastává v kancelářích v 1.NP 8.srpna v 15 hodin a v salonku v 2.NP 8.srpna v 15:30 hodin. Tato teplota překračuje o 7,8 °C maximální dovolenou teplotu vnitřního vzduchu 27°C. Dále jsem proto porovnávala varianty zastínění.

**Tabulka 4: Vnitřní teploty bez stínění**

PDL.	ZÓNA	TEPLOTA BEZ STÍNĚNÍ	DATUM	ČAS
		[°C]	[D.M]	[h]
1.NP	Hala	30,8	8. srpna	17:00
	Hlediště	31,8	8. srpna	15:00
	Kanceláře	31,6	8. srpna	15:00
	Obchod	30,3	8. srpna	16:00
	Kino	29,9	8. srpna	15:00
	Schodiště	31,3	8. srpna	13:30
	Soc. zázemí	30,5	8. srpna	15:00
	Vsutpní hala	30,1	8. srpna	15:00
	Showroom	27,6	8. srpna	15:00
2.NP	Hala	30,8	8. srpna	17:00
	Hediště	34,2	8. srpna	15:00
	Chodba	32,6	8. srpna	13:00
	Jídlna	32,2	8. srpna	13:00
	Kanceláře	34,8	8. srpna	15:00
	Kavárna	31,5	8. srpna	13:00
	Kuchyně	33,1	8. srpna	13:00
	Restaurace	32,8	8. srpna	13:00
	Schodiště	33,1	8. srpna	13:00
	Soc. zázemí	32,7	8. srpna	14:00
	Soc. zázemí	33,7	8. srpna	15:00
	Showroom	27,6	8. srpna	15:00
	Salonek	34,8	8. srpna	15:30
1.PP	Hala	30,8	8. srpna	17:00
	Technické zázemí	26,1	8. srpna	15:00
2.PP	Příprava automobilů	25,4	8. srpna	15:00

### 3.4.2 Porovnání variant zastínění a stanovení chladícího výkonu

Výsledek simulace uvedený v **Tabulce 5.** ukázal, že nejlepší variantou stínění je varianta C – vnější rolety. V některých zónách přesto byla překročena limitní teplota 27 °C. Proto jsem dále pro variantu stínění C stanovila potřebný chladící výkon v zónách, pro které bude nutné navrhnout strojní chlazení tj. v zónách, kde vnitřní teplota překračuje 27°C, dále i tam, kde bude trvalý pobyt osob a teplota překračuje návrhovou vnitřní teplotu v letním období 24°C. Naopak nebudou chlazeny zóny, ve kterých nebude trvalý pobyt osob tj. sociální zázemí, schodiště. Strojně nebude chlazená ani zóna Hala, jelikož se předpokládá, že během

nárazových zkoušek budou otevřena vrata pro vjezd automobilů a bude tak zajištěno přirozené provětrání. Trvalý pobyt osob se zde nepředpokládá.

V následující **Tabulce 5** jsou uvedeny potřebné chladicí výkony. Celkový potřebný chladicí výkon objektu je **119 kW**. Na barevné rozlišení v **Tabulce 5** se budu odkazovat v dalších kapitolách, ve kterých budu porovnávat možné varianty systému chlazení v objektu Crashtest centra.

**Tabulka 5: Porovnání variant stínění a stanovení chladicí výkonu pro variantu stínění C**

Podlaží	Zóna	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Datum	Čas	Chladicí výkon	Návrhová vnitřní teplota v letním období
		[°C]	[°C]	[°C]				
1.NP	Hala	31,1	28,3	26,4	8. srpna	17:00	Nechlazeno	
	Hlediště	30,1	28,1	26,7	8. srpna	15:00	1,3	24
	Kanceláře	30,7	28,9	27,9	8. srpna	15:00	26,3	24
	Obchod	28,9	26,2	24,8	8. srpna	16:00	0,5	24
	Kino	28,9	27,6	26,7	8. srpna	15:00	12,4	24
	Schodiště	29,9	27,7	26,4	8. srpna	13:30	Nechlazeno	
	Soc. zázemí	29,4	27,2	26,0	8. srpna	15:00	Nechlazeno	
	Vstupní hala	28,8	26,9	25,7	8. srpna	15:00	5,3	24
	Showroom	26,8	24,5	23,5	8. srpna	15:00	Nechlazeno	
2.NP	Hala	31,6	28,2	25,9	8. srpna	17:00	Nechlazeno	
	Hediště	32,2	29,2	27,0	8. srpna	15:00	1,7	24
	Chodba	30,9	28,4	26,7	8. srpna	13:00	13,0	24
	Jídelna	31,2	29,1	27,9	8. srpna	13:00	5,9	24
	Kanceláře	33,5	31,1	29,8	8. srpna	15:00	19,2	24
	Kavárna	30,2	27,5	26,1	8. srpna	13:00	4,8	24
	Kuchyně	32,1	30,4	29,3	8. srpna	13:00	7,5	24
	Restaurace	31,4	28,9	27,2	8. srpna	13:00	16,2	24
	Schodiště	31,5	28,6	26,9	8. srpna	13:00	Nechlazeno	
	Soc. zázemí	31,4	29,1	27,8	8. srpna	14:00	Nechlazeno	
	Soc. zázemí	32,2	29,1	27,3	8. srpna	15:00	Nechlazeno	
	Showroom	26,8	24,5	23,5	8. srpna	15:00	Nechlazeno	
	Salonek	32,9	30,4	28,5	8. srpna	15:30	5,0	24
1.PP	Hala	29,5	28,2	26,3	8. srpna	17:00	Nechlazeno	
	Technické zázemí	26,5	25,9	23,8	8. srpna	15:00	Nechlazeno	
2.PP	Přípravna automobilů	24,7	24,1	23,6	8. srpna	15:00	Nechlazeno	

## 4 Porovnání variant systémů chlazení

### 4.1 Chlazení systémem VZT

Pro výpočet množství přiváděného vzduchu dle tepelné zátěže byl použit následující **Vzorec 1**. Použité veličiny jsou popsány v **Tabulce 6**.

$$V = \frac{Q}{\rho * c * \Delta t} * 3600 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

**Tabulka 6:** Veličiny použité pro výpočet množství přiváděného vzduchu dle tepelné zátěže

Symbol	Veličina	Hodnota	Jednotky
V	Množství přiváděného vzduchu dle tepelné zátěže	-	[m <sup>3</sup> /h]
Q	Tepelná zátěž	-	[W]
ρ	Hustota vzduchu	1,2	[kg/m <sup>3</sup> ]
c	Měrná tepelná kapacita vzduchu	1010	[J/kg.K]
Δt	Rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu a návrhovou vnitřní teplotou	5	[K]

Z následující **Tabulky 7** vyplývá, že pomocí systému VZT bude možné chladit pouze systémem VZT4 - hlediště a VZT7 - kuchyň. Množství přiváděného vzduchu potřebného pro odvod tepelné zátěže je zde nižší než navržené množství přiváděného vzduchu. Tyto zóny jsou červené vyznačeny v **Tabulce 5**.

U ostatních systémů je množství vzduchu potřebného pro odvod tepelné zátěže až 5x vyšší. Při použití těchto VZT systému pro chlazení by došlo k zvětšení rozměrů vzduchotechnických jednotek, dimenzí potrubí a ostatních komponent, což by způsobilo prostorovou náročnost systému. Dle mého názoru bude v těchto případech vhodné navrhnout samostatný systém chlazení.

**Tabulka 7: Výpočet množství přiváděného vzduchu dle tepelné zátěže pro systémy VZT**

VZT systém	Rozsah systému VZT	Tepelná zátěž	Množství přiváděného vzduchu dle tepelné zátěže	Množství přiváděného vzduchu dle tepelné zátěže	Navržené množství přiváděného vzduchu
		[kW]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
VZT1	Západní část objektu	23,62	3,90	<b>14032</b>	2995
VZT2	Východní část objektu	67,6	11,16	<b>40158</b>	7802
VZT3	Kino	12,4	2,05	<b>7366</b>	3000
VZT4	Hlediště	3	0,50	<b>1782</b>	3750
VZT5	Showroom	Nechlazeno			
VZT6	1. PP	Nechlazeno			
VZT7	Kuchyň	7,5	1,24	<b>4455</b>	4830



## 4.2 Vodní systémy

V této kapitole budou porovnány vodní chladicí soustavy a bude zvážena možnost jejich použití v objektu Crashtest centra. Vybraná varianta bude podrobněji popsána v kapitole 5.

### 4.2.1 Fan-Coil

Myslím, že v objektu Crashtest centra je možné využít systém s cirkulačními jednotkami fan-coil. V porovnání s pasivními trávci vykazují fan-coily více negativních vlastností, které jsou uvedeny v **Tabulce 8**. Přesto, je z důvodu jejich většího chladicího výkonu považují za vhodnější koncový prvek. Tuto variantu dále podrobněji popíši v kapitole 5 a srovnám s chladivovým VRF systémem.

**Tabulka 8: Výhody a nevýhody vodního systému chlazení s fan-coily**



	
větší chladicí výkon oproti ostatním systémům	nutnost napojení na kondenzát
možnost využít pro chlazení i vytápění	zdroj hluku
různé varianty provedení: podstropní, parapetní	musí být napájen profesí silnoproud
možnost přivádět větrací vzduch	jednotka je zdrojem častých závad
	v případě cirkulačních jednotek nutnost zajistit větrání samostatným systémem

[2], [5], [6], [7]

## 4.2.2 Chladicí stropy

Vzhledem k navrženým podhledům v celém objektu nebude možné použít chladicí stropy jako chladicí systém. Pro úplnost jsou v **Tabulce 9** uvedeny klady a zápory tohoto systému.

Tabulka 9: Výhody a nevýhody vodního systému chlazení s chladicími stropy



	
nízkoenergetický systém	nutnost zajistit větrání samostatným systémem
není nutný odvod kondenzátu	menší chladicí výkon
není přítomen točivý element – není zdroj hluku	omezeny plochou stropu
	komplikovaná koordinace řešení stropů společně s dalšími profesemi
	vysoká setrvačnost
	nutnost při návrhu dbát na rozmístění chladicích ploch
	zabudování v konstrukci

[2], [4], [6], [7]

## 4.2.3 Indukční jednotky (aktivní chladicí trámce)

Z důvodu uvedených v kapitole 4.1. a v **Tabulce 10** nepovažují tyto koncové prvky za vhodné u systémů VZT, které vyžadují mnohonásobně vyšší množství přiváděného vzduchu pro odvod tepelné zátěže než množství navrženého přiváděného vzduchu.

Tabulka 10: Výhody a nevýhody vodního systému chlazení s indukčními jednotkami (aktivními chladicími trámcí)



	
není nutný odvod kondenzátu	velké průtoky vzduchu – průtok vzduchu by měl odpovídat požadovanému chladicímu výkonu
možnost využít pro chlazení i vytápění	
mají funkci distribučního elementu	
není napájení profesí silnoproud	
bez točivých elementů - minimální náklady na údržbu, bezhlučné	

[2], [5], [6], [7]

#### 4.2.4 Pasivní chladicí trámce

V porovnání s fan-coily pasivní trámce vykazují více kladných vlastností, které jsou uvedeny v **Tabulce 11**. Přesto, je z důvodu jejich nízkého chladicího výkonu nepovažují za vhodný koncový prvek. Chladicí trámce s požadovanými chladicími výkony v objektu Crashtest centra jsou prostorově náročné.

Tabulka 11: Výhody a nevýhody vodního systému chlazení s pasivními chladicími trámcí


	
není nutný odvod kondenzátu	nutnost zajistit větrání samostatným systémem
možnost využít pro chlazení i vytápění mají funkci distribučního elementu	nízký chladicí výkon
není napájení profesí silnoproud	
bez točivých elementů - minimální náklady na údržbu, bezhlučné	

[2], [5],[6], [7]

#### 4.3 Chladivový VRF systém

Vzhledem k výhodám uvedených v **Tabulce 12** považují chladivový VRV systém za vhodný v objektu Crashtest centra. Proto tuto variantu podrobněji popíši v kapitole 5, kde bude porovnána s vodním systémem chlazení.

Tabulka 12: Výhody a nevýhody chladivového VRF systému

	
průtok chladiva dle aktuální potřeby chlazení	nutnost zajistit větrání samostatným systémem
variabilní teplota chladiva umožňuje vysokou účinnost	vnitřní jednotky mohou být zdrojem hluku
možnost v některých místnostech chladit a současně v jiných topit	nutnost napájení profesí silnoproud
možnost napojení až 40 vnitřních jednotek na jednu venkovní	nutnost napojení vnitřních jednotek na odvod kondenzátu
	uzavřený systém
	rozvod chladiva po objektu

[3], [6], [7], [9]



## 5 Popis a srovnání vybraných variant

V této kapitole podrobněji popíši a srovnám vodní systém chlazení s fan-coily a chladivový VRF systém.

Prostory objektu, které budou vyžadovat strojní chlazení, jsem pro návrh chlazení rozdělila do tří systémů chlazení o potřebných chladících výkonech dle **Tabulky 13**. Rozsah systémů je znázorněn barevným rozlišením a podrobné pokrytí zón systémy je znázorněno v **Tabulce 5**.

**Tabulka 13: Chladící výkony navržených zařízení**

Navržená zařízení	Popis zařízení	Celkový chladící výkon
		[kW]
Zařízení č. 1	Chlazení západní části objektu	41,1
Zařízení č. 2	Chlazení kanceláří	45,5
Zařízení č. 3	Chlazení jídelny a restaurace	22,1

Schematické rozmístění venkovních a vnitřních jednotek a rozvody chladu v objektu Crashtest centra je zobrazeno v **Příloze studie**.

### 5.1 Vodní chladicí systém s cirkulačními fan-coily

#### 5.1.1 Zařízení č. 1 – Chlazení západní části objektu

Zdrojem chladu pro strojní chlazení západní části objektu bude kompresorová vzduchem chlazená jednotka o chladícím výkonu 41,1 kW umístěná venku na západní straně objektu na úrovni 1.PP.

*Příklad venkovní chladicí jednotky: Vzduchem chlazená chladicí jednotka Daikin EWAQ-BAWN 040 o jmenovitém chladícím výkonu 53,4 kW, [14]*

Vnitřními jednotkami budou cirkulační podstropní kazetové fan coily s čerpadlem kondenzátu o potřebných chladících výkonech.

*Příklad vnitřní chladicí jednotky: Fan coil Daikin FWC-B, [14]*

Vnitřní a venkovní jednotky budou propojeny dvojicí měděného potrubí v tepelné izolaci. Rozvody chladicí distribuční soustavy budou vedeny v podhledech.

### **5.1.2 Zařízení č. 2 – Chlazení kanceláří**

Zdrojem chladu pro strojní chlazení kanceláří bude kompresorová vzduchem chlazená jednotka o chladícím výkonu 45,5 kW umístěná venku na východní straně objektu na úrovni 1.PP.

*Příklad venkovní chladicí jednotky: Vzduchem chlazená chladicí jednotka Daikin EWAQ-BAWN 050 o jmenovitém chladícím výkon 51,8 kW, [14]*

Vnitřními jednotkami budou cirkulační podstropní kazetové s čerpadlem kondenzátu o potřebných chladících výkonech.

*Příklad vnitřní chladicí jednotky: Fan coil Daikin FWC-B, [14]*

Vnitřní a venkovní jednotky budou propojeny dvojicí měděného potrubí v tepelné izolaci. Rozvody chladicí distribuční soustavy budou vedeny v podhledech.

### **5.1.3 Zařízení č. 3 – Chlazení jídelny a restaurace**

Zdrojem chladu pro strojní chlazení západní části objektu bude kompresorová vzduchem chlazená jednotka o chladícím výkonu 22,1 kW umístěná vně objektu ze západní strany na úrovni 1.PP.

*Příklad venkovní chladicí jednotky: Vzduchem chlazená chladicí jednotka Daikin EWAQ-BAWN 025 o jmenovitém chladícím výkon 25,8 kW, [14]*

Vnitřními jednotkami budou cirkulační podstropní kazetové s čerpadlem kondenzátu o potřebných chladících výkonech.

*Příklad vnitřní chladicí jednotky: Fan coil Daikin FWC-B, [14]*

Vnitřní a venkovní jednotky budou propojeny dvojicí měděného potrubí v tepelné izolaci. Rozvody chladicí distribuční soustavy budou vedeny v podhledech.

## **5.2 Chladivový VRF systém**

### **5.2.1 Zařízení č. 1 – Chlazení západní části objektu**

Zdrojem chladu pro strojní chlazení západní části objektu bude venkovní VRF jednotka o chladícím výkonu 41,1 kW umístěná venku na západní straně objektu na úrovni 1.PP.

*Příklad venkovní chladicí jednotky: Venkovní jednotka VRF Toshiba SMMS-e o jmenovitém chladícím výkon 45 kW, [12]*

Vnitřními jednotkami budou cirkulační podstropní VRF kazetové jednotky s čerpadlem kondenzátu o potřebných chladících výkonech.

*Příklad vnitřní chladicí jednotky: Vnitřní kazetová VRF jednotka Toshiba 60x60 SLIM Compact , [13]*

Vnitřní a venkovní jednotky budou propojeny dvojicí měděného potrubí v tepelné izolaci. Rozvody chladicí distribuční soustavy budou vedeny v podhledech.

### **5.2.2 Zařízení č. 2 – Chlazení kanceláří**

Zdrojem chladu pro strojní chlazení kanceláří bude venkovní VRF jednotka o chladícím výkonu 45,5 kW umístěná venku na východní straně objektu na úrovni 1.PP.

*Příklad venkovní chladicí jednotky: Venkovní jednotka VRF Toshiba SMMS-e o jmenovitém chladícím výkon 50,4 kW, [12]*

Vnitřními jednotkami budou cirkulační podstropní VRF kazetové jednotky s čerpadlem kondenzátu o potřebných chladících výkonech.

*Příklad vnitřní chladicí jednotky: Vnitřní kazetová VRF jednotka Toshiba 60x60 SLIM Compact , [13]*

Vnitřní a venkovní jednotky budou propojeny dvojicí měděného potrubí v tepelné izolaci. Rozvody chladicí distribuční soustavy budou vedeny v podhledech.

### **5.2.3 Zařízení č. 3 – Chlazení jídelny a restaurace**

Zdrojem chladu pro strojní chlazení kanceláří bude venkovní VRF jednotka o chladícím výkonu 22,1 kW umístěná venku na východní straně objektu na úrovni 1.PP.

*Příklad venkovní chladicí jednotky: Venkovní jednotka VRF Toshiba SMMS-e o jmenovitém chladícím výkon 22,4 kW, [12]*

Vnitřními jednotkami budou cirkulační podstropní VRF kazetové jednotky s čerpadlem kondenzátu o potřebných chladících výkonech.

*Příklad vnitřní chladicí jednotky: Vnitřní kazetová VRF jednotka Toshiba 60x60 SLIM Compact , [13]*

Vnitřní a venkovní jednotky budou propojeny dvojicí měděného potrubí v tepelné izolaci. Rozvody chladicí distribuční soustavy budou vedeny v podhledech.

## 5.3 Srovnání vybraných variant

Dle mého názoru je možné použít oba výše popsané systémy.

Nevýhodou chladivového VRF systém je využití chladiva jako teplotního média a s tím související legislativní požadavky na vlastnosti používaných chladiv a jejich provoz. V případě vodních systémů tato komplikace nejsou. [15]

Za výhodu chladivového VRF systému zase můžeme považovat menší dimenze potrubí oproti systému vodnímu.

Podstatnou roli při výběru systému chlazení by hrálo ekonomické hodnocení. V následující Tabulce č. uvádím porovnání cen vnitřních a venkovních jednotek vodního a chladivového VRF systému. Z **Tabulky 14** vyplývá, že ceny se o mnoho neliší. Pro podrobné posouzení by však bylo nutné zpracovat kalkulaci systému s veškerým příslušenstvím, což není předmětem této práce.

Konečný výběr systému chlazení by závisel na rozhodnutí investora.

**Tabulka 14: Cenové srovnání hlavních prvků systémů chlazení**

<b>Položka</b>	<b>Cena [Kč]*1)</b>
<b>Vodní systém: Venkovní jednotky</b>	
<i>Vzduchem chlazená chladicí jednotka Daikin EWAQ-BAWN</i>	272.511 – 415.746,-
<b>Vodní systém: Vnitřní jednotky</b>	
<i>Fan coil Daikin FWC-B</i>	20.682 – 24.057,-
<b>Chladivový VRF systém: Venkovní jednotky</b>	
<i>Venkovní jednotka VRF Toshiba SMMS-e</i>	211.270 – 345.630,-
<b>Chladivový VRF systém: Vnitřní jednotky</b>	
<i>Vnitřní kazetová VRF jednotka Toshiba 60x60 SLIM Compact</i>	29.380 – 37.370,-

\*1) Ceny jsou pouze orientační, ceny různých výrobců se mohou lišit.

[10], [11]

## 6 Závěr

Cílem studie bylo nejprve posoudit riziko přehřívání objektu Crashtest centra. Pro toto posouzení jsem vypracovala model v simulačním programu Designbuilder. Ve studii jsem podrobně popsala použitý model a okrajové podmínky dynamické simulace.

Pomocí dynamické simulace jsem vyhodnotila, že bez stínících prvků dochází k překročení maximální povolené teploty.

Proto jsem dále navrhla a porovnala tři varianty stínění. V některých částech objektu stínění zajistilo snížení teploty pod limitní hodnotu, ve většině však stínění pro nestačilo. Pro

nejlepší variantu stínění jsem proto dále stanovila potřebný chladicí výkon v zónách, kde bylo nutné zajistit odvod tepelné zátěže systémem chlazení.

V další části studie jsem ověřila možnost chladit pomocí systému VZT a dále uvedla a porovнала další varianty systému chlazení. K variantám systému chlazení jsem uvedla výhody, nevýhody a vhodnost či nevhodnost použití v objektu Crashtest centra.

Za vhodné varianty jsem vybrala vodní chladicí soustavu s cirkulačními fan-coily a chladičový VRF systém. Pro tyto dvě varianty jsem dále popsala koncepční návrh systému chlazení Crashtest centra. V závěru jsem uvedla výhody a nevýhody vybraných variant a orientační ceny hlavních prvků obou systémů. Konečný výběr systému chlazení by závisel na podrobné kalkulaci systémů, která není předmětem této práce, a rozhodnutí investora.

## 7 Zdroje:

- [1] MORÁVKOVÁ, Ing. Nicole. Výpočet letní tepelné stability místnosti klasickou metodou a s využitím dynamické simulace. In: *Atelier DEK* [online]. 2015 [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/v%C3%BDpo%C4%8Det-letn%C3%AD-tepeln%C3%A9-stability-m%C3%ADstnosti-klasickou-metodou-s-vyu%C5%BEit%C3%ADm-dynamick%C3%A9-simulace-672>
- [2] KLÍMA, Ing. Miroslav a Ing. Jan ČERNÝ. VOLBA SYSTÉMŮ VZT a CHLAZENÍ. In: *DOCPLAYER* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: <https://docplayer.cz/16334574-Volba-systemu-vzt-a-chlazen.html>
- [3] ADAMOVSKEÝ PH.D., Ing. Daniel. Chlazení pro klimatizaci. In: *Tzb Fsv ČVUT* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125vkb/prednasky/125vkb-05.pdf>
- [4] ZMRHAL, Vladimír. *POROVNÁNÍ VODNÍCH KLIMATIZAČNÍCH SYSTÉMŮ Z HLEDISKA SPOTŘEBY ENERGIE*. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, 2010. článek. ČVUT Fs.
- [5] FARKA, Ing. Jan. Chladicí trám nebo fan-coil?. In: *Tzb Info* [online]. 6.6.2011 [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazen/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil>
- [6] Ambox emblem plus.svg. In: *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ambox\\_emblem\\_plus.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ambox_emblem_plus.svg)
- [7] Less , minus sign , negative , subtract symbol , subtraction icon. In: *Iconfinder* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: [https://www.iconfinder.com/icons/2996933/less\\_minus\\_sign\\_negative\\_subtract\\_symbol\\_subtraction\\_icon](https://www.iconfinder.com/icons/2996933/less_minus_sign_negative_subtract_symbol_subtraction_icon)
- [8] ADAMOVSKEÝ PH.D., Ing. Daniel. Klimatizace a úpravy vlhkého vzduchu. In: *Tzb Fsv ČVUT* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/prednasky/125tz02-05.pdf>

- [9] Katalog 2016-2017. In: *CZ-klimatizace* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: [http://www.cz-klimatizace.cz/files/cenik\\_-\\_katalog\\_2016/daikin-katalog-vrv-2016-2017.pdf](http://www.cz-klimatizace.cz/files/cenik_-_katalog_2016/daikin-katalog-vrv-2016-2017.pdf)
- [10] *Daikin: Skupiny výrobků* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: [https://www.daikin.cz/cs\\_cz/skupiny-vyrobku/vrv.html](https://www.daikin.cz/cs_cz/skupiny-vyrobku/vrv.html)
- [11] Ceník 2016-2017. In: *Klimma-kcassic* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: <http://www.klima-classic.cz/lp-ke-stazeni/toshiba/ceniky/ceniky-archiv/ceniky-2016/2016-02-vrf-kc.pdf>
- [12] *Toshiba: Venkovní jednotky VRF* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: <https://www.toshiba-klima.at/cz/venkovni-jednotky-vrf.html>
- [13] *Toshiba: Vnitřní jednotky VRF* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: <https://www.toshiba-klima.at/cz/vnitri-jednotky-vrf.html>
- [14] Katalog 2017-2018. In: *CZ-klimatizace* [online]. [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: [http://www.cz-klimatizace.cz/files/cenik\\_-\\_katalog\\_2017/katalog-aplikovane-systemy-daikin-2017-2018-azchl.pdf](http://www.cz-klimatizace.cz/files/cenik_-_katalog_2017/katalog-aplikovane-systemy-daikin-2017-2018-azchl.pdf)
- [15] SEDLÁŘ, Ing. Jan. Legislativní situace v oblasti chladiv a výhledy do budoucna. In: *Tzb Info* [online]. 4.1.2016 [cit. 2018-12-28].  
Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/13646-legislativni-situace-v-oblasti-chladiv-a-vyhledy-do-budoucná>