



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

# ENERGETICKY ÚSPORNÁ BUDOVA ZÁKLADNÍ ŠKOLY BOSONOHY

ENERGY-EFFICIENT BUILDING OF BOSONOHY PRIMARY SCHOOL

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniel Vlha

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

BRNO 2022

## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav technických zařízení budov
Student:	<b>Bc. Daniel Vlha</b>
Vedoucí práce:	<b>Ing. Marcela Počinková, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	N0732A260018 Environmentálně vyspělé budovy

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Energeticky úsporná budova základní školy Bosonohy**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Stavební řešení budovy občanského vybavení a koncepční řešení systémů techniky prostředí a hospodaření s vodou, s cílem minimalizovat energetickou náročnost budovy a využívat obnovitelných zdrojů energie.

#### **Cíle a výstupy diplomové práce:**

Zpracování určené části projektové dokumentace zadané budovy s téměř nulovou spotřebou energie ve stupni pro vydání stavebního povolení.

Dispoziční řešení budovy s návrhem vhodné konstrukční soustavy a nosného systému na základě zvolených materiálů a konstrukčních prvků, včetně vyřešení osazení objektu do terénu s respektováním okolní zástavby. Koncepční řešení technických systémů budovy a klasifikace její energetické náročnosti.

(I) Část architektonicko-stavební řešení (podíl 35 %) bude obsahovat: průvodní zprávu, souhrnnou technickou zprávu, koordinační situaci (1:200), požárně bezpečnostní řešení stavby a výkresy (1:100, příp. 1:50): základů, půdorysů podlaží, konstrukce zastřešení, svislých řezů a technických pohledů, sestavy dílců, popř. výkres tvaru stropní konstrukce vybraného podlaží. Součástí dokumentace bude stavebně fyzikální posouzení objektu a konstrukcí a průkaz energetické náročnosti budovy (bez posouzení proveditelnosti alternativních systémů a doporučených opatření)

(II) Část techniky prostředí staveb (podíl 35 %) bude obsahovat koncepční studie relevantních systémů technického zařízení budovy s vazbou na výrobu a užití energie a hospodaření s vodou, schéma zapojení energetických zdrojů, výpočet výkonových parametrů, zjednodušené schéma řízení a dispoziční umístění zdrojů.

(III) Náplň volitelné části (podíl 30 %) bude stanovena vedoucím práce z oblasti energetiky, ekologie či ekonomiky budov, týkající se jejich návrhu nebo provozu. Tato část může být řešena teoretickými nebo experimentálními prostředky.

**Seznam doporučené literatury a podklady:**

1. Platné právní předpisy, zejména Stavební zákon č. 183/2006 Sb., Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a další předpisy související s tématem práce
2. Platné technické národní předpisy a normy ČSN, ČSN EN ISO
3. Katalogy stavebních materiálů, konstrukčních systémů, stavebních výrobků;
4. Odborná literatura

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 10. 3. 2022

L. S.

---

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
vedoucí ústavu

---

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je navrhnout druhý stupeň základní školy s téměř nulovou spotřebou energie v Brně-Bosonohy. Práce se skládá ze 3 částí. První část obsahuje stavebně-konstrukční návrh. Budova je nepodsklepená a má dvě nadzemní podlaží. Konstrukční systém budovy je tvořen podélnými stěnami z keramických tvarovek a předpjatými prefabrikovanými stropními panely. V nižší části budovy se nachází jídelna, nad kterou je umístěna provozní střecha s edukačními záhony. Ve vyšší části budovy se nachází 4 kmenové třídy pro celkem 120 žáků, jazyková učebna, laboratoř a ateliér. Druhá část se zabývá návrhem koncepcí technických systémů. Objekt je vytápěn tepelným čerpadlem země-voda s hlubinnými vrty, které slouží i pro ohřev teplé vody. Tento systém umožňuje také aktivní i pasivní chlazení. Nucené větrání je zajištěno VZT jednotkami s vysokou účinností rekuperace. Pro pokrytí spotřeby elektřiny z OZE jsou na střeše instalovány fotovoltaické panely. Třetí část analyzuje data naměřená na existující základní škole, ve které si její uživatelé stěžují na komfort vnitřního prostředí. Analýza je zaměřena na teplotu v místnosti v letním období. Následně je optimalizováno řízení technických systémů a pasivních prvků ochrany pro zlepšení vnitřního prostředí z hlediska přehřívání. Poznatky ze třetí části byly aplikovány při návrhu školy, která je předmětem první a druhé části této diplomové práce.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

NZEB, základní škola, Bosonohy, pasivní chlazení, tepelná čerpadla, zemní vrty, fotovoltaická elektrárna, aktivní chlazení, energeticky pozitivní budova, energeticky soběstačná budova, energeticky pozitivní budova.

## **ABSTRACT**

The aim of this master thesis is to design a nearly-zero energy primary school in Brno-Bosonohy. The thesis consists of 3 parts. The first part contains architectural and structural design. The second part deals with the design of the concept of building services. The building is designed without a basement and has three above-ground floors. The structural system includes longitudinal masonry wall and prestressed prefabricated floor panels. In the lower part of the building there is a lunchroom, above which there is an operating roof. In the higher part of the building, there are 4 form classes for a total of 120 children, a language lab, a laboratory and a atelier. The building is heated by a ground-water heat pump with deep bore holes, which are also used for hot water heating. The ventilation has a heat recovery system with high efficiency. Photovoltaic panels are installed on the roof. The third part analyses data from a local survey at the primary school. The analysis is focused on the temperature in the room in the summer season, and then the management of building services is optimized to energy consumption. The conclusions from the third part were applied to the design of the school, which is the subject of the first and second parts of this master thesis.

## **KEYWORDS**

NZEB, elementary school, Bosonohy, passive cooling, heat pumps, deep bore holes, photovoltaic power plant, active cooling, energy positive building, energy self-sufficient building, energy positive building

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VLHA, Daniel. *Energeticky úsporná budova základní školy Bosonohy*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/143383>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Marcela Počinková.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Energeticky úsporná budova základní školy Bosonohy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9. 1. 2023

---

Bc. Daniel Vlha  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Energeticky úsporná budova základní školy Bosonohy* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9.1. 2023

---

Bc. Daniel Vlha  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Úvodem bych rád poděkoval vedoucí mé práce Ing. Marcele Počinkové, Ph.D., za obrovskou trpělivost, ochotu a vstřícný přístup při konzultacích a za mnoho cenných rad a zkušeností, které mi předala. Dále chci poděkovat prof. Ing. Milanovi Ostrému, Ph.D. za čas, který mi věnoval při konzultacích a za jeho praktické a užitečné rady. V neposlední řadě chci vyjádřit vděčnost a poděkovat mé rodině a přítelkyni za obrovskou podporu během celého studia, bez které bych tuto práci nedokončil.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Architektonicko-stavební řešení.....</b>	<b>11</b>
1.1	Průvodní zpráva (A) .....	11
1.1.1	Identifikační údaje.....	11
1.1.2	Členění stavby na objekty, technická a technologická zařízení.....	11
1.1.3	Seznam vstupních podkladů .....	11
1.2	Souhrnná technická zpráva (B) .....	12
1.2.1	Popis území stavby.....	12
1.2.2	Celkový popis stavby .....	14
1.2.3	Připojení na technickou infrastrukturu .....	21
1.2.4	Dopravní řešení.....	21
1.2.5	Řešení vegetace a souvisejících terénních úprav .....	22
1.2.6	Popis vlivů stavby na životní prostředí a jeho ochrana .....	22
1.2.7	Ochrana obyvatelstva .....	24
1.2.8	Zásady organizace výstavby .....	24
1.2.9	Celkové vodohospodářské řešení .....	26
1.3	TZ – Architektonicko-stavební řešení (D.1.1) .....	27
1.4	TZ – Stavebně konstrukční řešení (D.1.2) .....	28
1.5	TZ – Požárně bezpečnostní řešení (D.1.3) .....	31
1.5.1	Všeobecné údaje o stavbě .....	31
1.5.2	Požárně technické posouzení.....	32
1.5.3	Bezpečnostní tabulky .....	48
1.5.4	Závěr .....	48
<b>2</b>	<b>Technika prostředí stavby .....</b>	<b>49</b>
2.1	Koncepce umělého osvětlení.....	49
2.1.1	Použitá svítidla .....	49
2.1.2	Stanovení počtu svítidel.....	49
2.2	Koncepce hospodaření s dešťovou vodou.....	51
2.2.1	Akumulace .....	51
2.2.2	Vsakování.....	53
2.2.3	Využití dešťové vody .....	54
2.3	Koncepce nuceného větrání .....	54
2.3.1	Zóna č.1 – bytové prostory (učebny, kabinety, sborovna...) .....	56
2.3.2	Zóna č.2 – komunikační, provozní a hygienické prostory (chodby, schodiště, sklady, WC...) .....	60
2.3.3	Zóna č.3 – jídelna .....	63
2.4	Koncepce vytápění objektu .....	65
2.4.1	Stanovení tepelných ztrát .....	65
2.4.2	Návrh zdrojů tepla .....	67
2.4.3	Návrh hlubinných vrtů .....	69
2.4.4	Návrh distribučních prvků.....	70
2.4.5	Řízení.....	72
2.5	Koncepce přípravy teplé vody .....	73
2.5.1	Objem akumulačního zásobníku a výkon pro ohřev TV .....	73
2.5.2	Kontrola teplosměnné plochy výměníku v zásobníku .....	74
2.6	Koncepce chlazení objektu .....	74
2.6.1	Stanovení tepelné zátěže .....	75
2.6.2	Stanovení výkonu pasivního chlazení.....	76
2.6.3	Stanovení výkonu aktivního chlazení .....	77
2.6.4	Návrh distribučních prvků.....	77



2.6.5	Řízení.....	80
2.7	Koncepce OZE .....	80
2.7.1	Výpočet množství vyrobené elektřiny.....	80
<b>3</b>	<b>Analýza funkčnosti TZB systémů .....</b>	<b>87</b>
3.1	Úvod.....	87
3.2	Měření .....	87
3.2.1	Popis místního šetření.....	87
3.2.2	Použité měřicí přístroje.....	89
3.2.3	Umístění senzorů .....	90
3.3	Analýza výsledků.....	91
3.3.1	Vyhodnocení stávajícího stavu z hlediska větrání a koncentrací CO <sub>2</sub> .....	91
3.3.2	Vyhodnocení stávajícího stavu z hlediska přehřívání budovy .....	93
3.4	Analýza příčin přehřívání místností .....	97
3.4.1	Nadměrné prosklení .....	97
3.4.2	Špatné ovládání venkovního stínění .....	98
3.4.3	Špatné větrání.....	99
3.4.4	Vysoká teplota přiváděného vzduchu .....	99
3.5	Verifikace výpočtového modelu ve stávajícím stavu.....	99
3.5.1	Vstupní parametry a okrajové podmínky.....	100
3.5.2	Verifikace výpočtového modelu.....	104
3.6	Návrh opatření.....	106
3.6.1	Opatření č.1 - Noční větrání .....	106
3.6.2	Opatření č.2 - Autonomní řízení stínící techniky .....	107
3.6.3	Opatření č.3 - Snížení solárního faktoru oken .....	108
3.6.4	Opatření č.4 - Redukce plochy oken .....	110
3.7	Implementace navržených opatření.....	112
3.7.1	Varianta č. 1 .....	112
3.7.2	Varianta č. 2 .....	114
3.8	Závěr .....	115
4	Seznam zdrojů .....	116
5	Seznam příloh .....	119

## Úvod

Diplomová práce je rozdělena do tří částí. První dvě části se zabývají návrhem budovy 2. stupně základní školy a třetí část je věnována analýze dat z místního šetření a následnému návrhu opatření pro zlepšení komfortu vnitřního prostředí.

První část diplomové práce je věnována návrhu dispozic, stavebně konstrukčnímu řešení a posouzení budovy z hlediska stavební fyziky. Ve vyšší části budovy se nachází hlavní provoz školy se 4 kmenovými učebnami, kabinetem, odbornými učebnami a zázemím. V nižší části se nachází samostatná jídelna s vlastním zázemím, nad kterou je provozní střecha přístupná ze školy. Při návrhu byl kladen důraz na využití principů pasivních domů, maximalizaci energetických zisků a minimalizaci tepelných ztrát. Dokumentace je zpracována v podrobnosti požadované pro udělení stavebního povolení.

Druhá část se věnuje návrhu koncepce technických systémů v budově. Jako zdroj tepla a chladu jsou navrženy tepelná čerpadla typu země-voda s vysokou účinností v kombinaci s velkoplošnými distribučními prvky, které zároveň umožňují pasivní chlazení. Celá budova je nuceně větrána VZT jednotkami se systémem zpětného získávání tepla s vysokou účinností. Pro výrobu elektřiny z OZE je na střeše školy navržena FVE. Dále budova disponuje venkovním stíněním a systémem pro využití dešťové vody. Všechny systémy jsou navrženy tak, aby byly maximálně efektivní a v kombinaci tak maximalizovaly energetickou efektivitu budovy.

Třetí část je rozdílná od prvních dvou částí založena na měřených datech z již fungující základní školy. Věnuje se převážně analýze naměřených dat a zhodnocení plnění hygienických požadavků z hlediska koncentrací CO<sub>2</sub> a maximální teploty vzduchu v letním období. Následně jsou navržena opatření vedoucí ke zlepšení vnitřního komfortu a kombinace těchto opatření vedoucí k plnění normových a legislativních požadavků.

# 1 Architektonicko-stavební řešení

## 1.1 Průvodní zpráva (A)

### 1.1.1 Identifikační údaje

#### Údaje o stavbě

Způsob využití:	Budova pro vzdělávání (2. stupeň ZŠ)
Adresa:	Mlaty, Brno-Bosonohy, 642 00
Katastrální území:	Bosonohy [608505]
Parcelní čísla:	3614, 3613, 3612, 3608

#### Údaje o stavebníkovi

Název:	FAST VUT
Adresa:	Veveří 331, Brno, 602 00

#### Údaje o zpracovateli projektové dokumentace

Jméno a příjmení:	Daniel Vlha
Adresa:	Bravinné 70, Bílovec, 743 01

### 1.1.2 Členění stavby na objekty, technická a technologická zařízení

SO 01	Základní škola s jídelnou
SO 02	Přístřešek pro kola
SO 03	Plocha pro uložení komunálního odpadu
SO 04	Zpevněné plochy pro pěší
SO 05	Parkoviště
SO 06	Multifunkční hřiště
SO 07	Zázemí hřiště
SO 08	Akumulační nádrž
SO 09	Vsakovací jímka
IO 01	Vodovodní přípojka
IO 02	Přípojka elektrické energie
IO 03	Přípojka splaškové kanalizace

### 1.1.3 Seznam vstupních podkladů

Územní plán města Brna  
Katastrální mapy  
Ortofoto mapy  
Územní studie Brno-Bosonohy

## 1.2 Souhrnná technická zpráva (B)

### 1.2.1 Popis území stavby

**a) charakteristika území a stavebního pozemku, zastavěné území a nezastavěné území, soulad navrhované stavby s charakterem území, dosavadní využití a zastavěnost území,**

Pozemky, na kterém bude novostavba stát se nachází na okraji obce Bosonohy nedaleko Brna. V současnosti jsou pozemky využívány jako zemědělská půda, ale v územní plánu i územní studii je plocha již vyčleněná jako plocha pro vzdělávání. Pozemek je mírně svažité směrem k jihovýchodu. Vedle se nachází areál odborného učiliště. Okolní zástavba je nízká, převážně určená k bydlení.

**b) údaje o souladu stavby s územně plánovací dokumentací, s cíli a úkoly územního plánování, včetně informace o vydané územně plánovací dokumentaci,**

Budova je navržena v souladu se všemi podmínkami pro umístění stavby a splňuje požadované odstupy i limity. Budova dále plní všechny požadavky uvedené v regulačním a územním plánu.

**c) informace o vydaných rozhodnutích o povolení výjimky z obecných požadavků na využívání území,**

Není potřeba žádat o žádnou výjimku z obecných požadavků.

**d) informace o tom, zda a v jakých částech dokumentace jsou zohledněny podmínky závazných stanovisek dotčených orgánů,**

Závazná stanoviska dotčených orgánů budou součástí dalšího stupně projektové dokumentace.

**e) výčet a závěry provedených průzkumů a rozborů – geologický průzkum, hydrogeologický průzkum, stavebně historický průzkum apod.,**

Pro potřeby diplomové práce byla využita data z geoportálu geology.cz. Na pozemku vedlejšího učiliště bylo provedeno několik vrtaných geologických sond do hloubky 6-8 m. Jedná se o sondy z roku přibližně 1975. Dle těchto sond by na území neměla být podzemní voda a základové podmínky by měly být dobré. To je nutné ověřit průzkumem v místě stavby v další fázi projektu.

**f) ochrana území podle jiných právních předpisů - památková rezervace, památková zóna, zvláště chráněné území, lokality soustavy Natura 2000, záplavové území, poddolované území, stávající ochranná a bezpečnostní pásma apod.**

Stavba se nenachází v chráněném území ani ochranném pásmu.

**g) poloha vzhledem k záplavovému území, poddolovanému území apod.,**

V okolí stavby se nenachází žádné doly ani záplavová území.

**h) vliv stavby na okolní stavby a pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území,**

Okolí bude negativně ovlivněno hlukem, prachem a znečištěním pouze v době výstavby objektu. Vzhledem k účelu využití objektu nenaruší okolí hlukem ani znečištěním. Okolní zástavba nebude nijak ovlivněna. Vliv stavby na odtokové poměry je minimalizován díky navrženému vsakování přímo na pozemku.

**i) požadavky na asanace, demolice, kácení dřevin**

Na pozemku se v současné době nenachází žádné dřeviny či objekty, protože je zemědělsky využíván.

**j) požadavky na maximální zábory zemědělského půdního fondu nebo pozemků určených k plnění funkce lesa**

Pozemek se nenachází v území určeném k plnění funkce lesa. Zastavěné plochy a zpevněné plochy pozemku budou vyňaty ze zemědělského půdního fondu.

**k) územně technické podmínky (zejména možnost napojení na stávající dopravní a technickou infrastrukturu), možnost bezbariérového přístupu k navrhované stavbě**

Pozemek je přístupný z jednosměrné ulice Mlaty. Na tuto ulici je vybudován výjezd z parkoviště, na kterém se nachází 26 standardních parkovacích míst, 1 s nabíječkou pro elektromobil a 2 zvětšená místa pro bezbariérové parkování. Z ulice Mlaty je napojena také komunikace pro pěší, které v mírném spádu pokračuje na pozemku bez schodovitých výškových rozdílů až ke vstupu do objektu.

Objekt je rozdělen na dvě části. Jídelnu, která je veřejně přístupná, a školu, která je přístupná pouze zaměstnancům a žákům. Ke vstupům do obou částí je bezbariérový přístup.

V současné době probíhá v obci Bosonohy rekonstrukce splaškové kanalizace a budování kanalizace dešťové. Tyto sítě vedou společně s vodovodem pod silničním krytem ulice Mlaty. Rozvod elektřiny se nachází pod chodníkem ulice Mlaty. Splašková kanalizace, vodovod a elektřina budou vedeny nejkratší trasou z technické místnosti v jídelně do místa napojení. Dešťová kanalizace bude napojena pouze přes pojistný přepad ve vsakovací jímce.

**l) věcné a časové vazby stavby, podmiňující, vyvolané, související investice**

Stavba nemá tyto vazby.

**m) seznam pozemků podle katastru nemovitostí, na kterých se stavba umísťuje a provádí**

Katastrální území: Bosonohy [608505]  
Parcelní čísla: 3614, 3613, 3612, 3608

**n) seznam pozemků podle katastru nemovitostí, na kterých vznikne ochranné nebo bezpečnostní pásmo.**

Parcelní čísla: 473

## **1.2.2 Celkový popis stavby**

### **1.2.2.1 Základní charakteristika stavby a jejího užívání**

**a) nová stavba nebo změna dokončené stavby**

Jedná se o novostavbu.

**b) účel užívání stavby**

Objekt bude využíván primárně jako druhý stupeň základní školy, který v současné době v Bosonohách chybí. Škola nebude veřejně přístupná. Ke škole náleží také jídelna, která je veřejně přístupná a může se využívat i pro různé akce a shromáždění v době prázdnin či o víkendech.

**c) trvalá nebo dočasná stavba**

Trvalá.

**d) informace o vydaných rozhodnutích o povolení výjimky z technických požadavků na stavby a technických požadavků zabezpečujících bezbariérové užívání stavby**

Pro stavbu nejsou vydány žádné výjimky. Stavba splňuje všechny standardy bezbariérového užívání a dalších požadavků a je navržena v souladu s dle vyhlášky 268/2009 Sb.

**e) informace o tom, zda a v jakých částech dokumentace jsou zohledněny podmínky závazných stanovisek dotčených orgánů**

Nejsou vydána žádná stanoviska dotčených orgánů.

**f) ochrana stavby podle jiných právních předpisů – kulturní památka apod.**

Stavba se nenachází v chráněném území ani ochranném pásmu.

**g) navrhované parametry stavby – zastavěná plocha, obestavěný prostor, užitná plocha, počet funkčních jednotek a jejich velikosti apod.**

Plocha pozemku:	8 630 m <sup>2</sup>
Zastavěná plocha objektem:	934 m <sup>2</sup>
Plocha parkoviště:	1 107 m <sup>2</sup>
Plocha zpevněných ploch:	415 m <sup>2</sup>
Zbývající plocha zeleně:	499 m <sup>2</sup>
Obestavěný prostor:	7 097 m <sup>3</sup>
Energeticky vztažná plocha:	1 765 m <sup>2</sup>
Počet kmenových tříd:	4

**h) základní bilance stavby – potřeby a spotřeby médií a hmot, hospodaření s dešťovou vodou, celkové produkované množství a druhy odpadů a emisí, třída energetické náročnosti budov apod.**

Objekt je napojen pouze na elektřinu, vodovod a dešťovou a splaškovou kanalizaci.

Potřeba energie na vytápění:	36,5 MWh/rok
Celková dodaná el. energie na vytápění:	8,8 MWh/rok
Celková dodaná elektrická energie:	34,1 MWh/rok
Celková výroba el. energie z OZE:	48,4 MWh/rok
Celková bilance roční spotřeby el. v objektu:	-14,3 MWh/rok
Třída en. náročnosti dle PENB:	A
Objem akumulční nádrže:	20 m <sup>3</sup>
Objem/Plocha vsakovací jímky:	12/90 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

**i) základní předpoklady výstavby – časové údaje o realizaci stavby, členění na etapy**

Předpokládané zahájení stavby:	6/2023
Předpokládané dokončení stavby:	8/2024

**j) orientační náklady stavby**

Bude stanoveno v následující fázi projektu podle výkazu výměr.

**1.2.2.2 Celkové urbanistické a architektonické řešení**

**a) urbanismus – územní regulace, kompozice prostorového řešení**

Pozemky, na kterých bude novostavba stát se nachází na okraji obce Bosonohy nedaleko Brna. V současnosti jsou pozemky využívány jako zemědělská půda, ale v územní plánu i územní studii je plocha již vyčleněná jako plocha pro vzdělávání. Pozemek je mírně svažité směrem k

jihovýchodu. Vedle se nachází areál odborného učiliště. Okolní zástavba je nízká, převážně určená k bydlení.

V okolí objektu se nachází základní občanská vybavenost. Přístupnost školy je velmi dobrá díky dvěma nedalekým zastávkám MHD.

#### **b) architektonické řešení – kompozice tvarového řešení, materiálové a barevné řešení**

Budova má dvě hlavní výškové úrovně. Ve vyšší dvoupatrové části se nachází škola a v nižší přízemní části se nachází jídelna, nad kterou se nachází provozní střecha. Objekt svým tvarem a výškou respektuje vzhled okolní zástavby a je navržen tak, aby nenarušoval estetický ráz okolí. Fasáda vyšší části objektu bude bílé barvy. Fasáda nadstavku a jídelny bude silikonová s dekorem dřeva s hnědou barvou.

##### **1.2.2.3 Celkové provozní řešení, technologie výroby**

V objektu se nachází 4 kmenové učebny, laboratoř, ateliér, jazyková učebna, sborovny, ředitelna a další prostory potřebné k plnění účelu stavby. Ve středu dispozice u severní fasády se nachází centrální schodiště s výtahem umístěným v zrcadlovém prostoru schodiště. Přímo ze školy je v 1.NP přístup do jídelny, který je zamykatelný, tak aby se daly provozy oddělit a mohla tak fungovat pouze jídelna.

V objektu se nenachází žádné výrobní prostory ani zařízení.

##### **1.2.2.4 Bezbariérové užívání stavby**

Objekt je zasazen do terénu tak, aby od přístupové komunikace až po vstup do objektu nebyly potřebné žádné vyrovnávací stupně a výškový rozdíl je překonán pouze úpravou terénu v nízkém spádu. Stejný princip je použit také na celém pozemku a všechny objekty jsou tak značené a bezbariérově přístupné dle vyhlášky 398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. Na parkovišti jsou dvě parkovací místa vyhrazena pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Všechny dveře společných prostor mají minimální šířku 900 mm, užitná podlaží jsou přístupná výtahem splňujícím požadavky pro bezbariérové použití.

Jedinou bezbariérově nepřístupnou částí objektu je neužité 3.NP ve kterém se nachází technické místnosti a výlez na střechu s FVE.

##### **1.2.2.5 Bezpečnost při užívání stavby**

Použité materiály, konstrukce a skladby jsou navrženy v souladu s obecnými požadavky na stavby a na budovy pro vzdělávání.

V průběhu životnosti objektu je nutno provádět pravidelné kontroly technických zařízení budovy, jednotlivých rozvodů a instalací. Tyto kontroly budou provádět osoby, oprávněné k provádění této činnosti. O těchto kontrolách bude proveden záznam.



### 1.2.2.6 Základní charakteristika objektů

#### a) stavební řešení

Objekt je nepodsklepený a má 3 nadzemní podlaží, z nichž poslední je pouze neužitné podlaží, ve kterém je umístěno technické zázemí a umožněn přístup na plochou střechu, kde je umístěna FVE. Objekt má podélný stěnový konstrukční systém, který je založen na základových pásech. Horizontální nosné konstrukce jsou tvořeny prefabrikovanými panely. Střešní plášť je jednoplášťový s přitížením.

#### b) konstrukční a materiálové řešení

Objekt je založen v území s dobrými geologickými podmínkami na základových pasech z prostého betonu třídy C 20/25. Rozměry základů jsou stanoveny výpočtem v příloze č. 1.2.3. Na základových pasech jsou umístěny dvě šáry ztraceného bednění pro vytvoření prostoru pro tepelnou izolaci, jednoduchost provádění a založení základového pasu do nezámrazné hloubky. Pro eliminaci pronikání radonu do interiéru je podloží pod podlahou odvětráno nad střešní rovinu. Odvětraná vrstva je tvořena kamenivem frakce 16/32 mm, ve které se nachází perforovaná trubka, která odvětrává tuto vrstvu nad střešní rovinu. Nad touto zhutněnou odvětrávací vrstvou je podkladní beton s karisítí.

Obvodové a vnitřní nosné zdivo je tvořeno keramickými dutinovými tvarovkami v klasickém provedení nebo se zvýšenou zvukovou neprůzvučností dle umístění a požadavků na prostory. Pevnostní třída zdiva je P 15 a jsou zděny na tenkovrstvou zdící maltu M10. Šířka nosného zdiva je všude totožná a to 300 mm. Obvodové stěny jsou zatepleny certifikovaným zateplovacím systémem ETICS s tepelnou izolací EPS v tl. 200 mm.

Vnitřní nenosné příčky a předstěny jsou tvořeny systémovými SDK příčkami. Tloušťka a skladba příček závisí převážně na akustických požadavcích.

Vodorovné konstrukce jsou tvořeny prefabrikovanými dutinovými předepnutými stropními panely Spiroll, které jsou kladeny do maltového lože na věnec, který je umístěn pod stropní konstrukci. Výška panelů je 250 mm. Nad nižší částí, kde se nachází jídelna, je stropní konstrukce osazena níže, aby na ni bylo možné uložit souvrství ploché střechy a byl umožněn přístup z 2.NP bez vyrovnávacích stupňů.

Železobetonové prefabrikované schodiště je rozděleno na 3 díly. Obě schodišťová ramena jsou osazena na ozub z jedné strany na nosní a z druhé na mezipodestu. Ozub bude opatřen akustickou izolační vložkou. Mezipodesta je uložena pomocí speciálních systémových kotev Schöck Tronsole® typ P, které umožňují mezipodestu uložit do vynechaných otvorů v již vyzděných stěnách, což urychlí výstavbu. Schodiště je od všech okolních konstrukcí oddělena akustickou pružnou vložkou.

Objekt je zastřešen plochou jednoplášťovou střechou s vnitřními vtoky. Hydroizolační vrstva je tvořena povlakovou střešní krytinou z PVC-P fólie, která je přitížena násypem z kačírku. Tepelněizolační vrstva je tvořena deskami z PIR pěny v tloušťce 80 mm a spádovými klíny z EPS.

Parotěsná vrstva je tvořena modifikovanými asfaltovými pásy s AL vložkou. Na střeše jsou umístěny FV panely, které jsou přitíženy a nenarušují tak hydroizolační souvrství.

Těžké plovoucí podlahy jsou prováděny mokrou metodou s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny. Součástí souvrství podlah je kročejová izolace a šablony pro vedení podlahového vytápění. Podlahy jsou dilatovány od okolních konstrukcí dilatační spárou v minimální tloušťce 15 mm. Nášlapné vrstvy jsou tvořeny převážně PVC, keramickou dlažbou nebo laminátem.

Okenní výplně otvorů jsou tvořeny okny s výplní z trojskla a s dřevohliníkovým rámem. Pro potřeby diplomové práce bylo uvažováno s vlastnostmi okna PREMIUM MC 78. Dveřní výplně jsou s hliníkovým rámem. Průsvitná výplň dveří je tvořena trojsklem a neprůsvitná výplň je tvořena sendvičovým panelem s izolační vrstvou z PUR pěny.

### **c) mechanická odolnost a stabilita**

Mechanická odolnost je zajištěna vhodným výběrem jednotlivých materiálů, jejichž vlastnosti jsou certifikovány výrobcem. Stabilita je zajištěna správným návrhem nosných konstrukcí.

## **1.2.2.7 Základní charakteristika technických a technologických zařízení**

### **a) technické řešení**

Pitná voda bude vedena přípojkou do technické místnosti, kde se nachází hlavní uzávěr vody a hlavní vodoměr.

Splašková kanalizace bude vyvedena nově vybudovanou přípojkou do veřejné kanalizace.

Dešťová voda ze střech bude zadržena v akumulární nádrži a poté využita na zalévání a splachování v objektu. Při naplnění akumulární nádrže je voda vsakována na pozemku ve vsakovací jímce a v případě extrémních dešťů poteče přepadem do dešťové kanalizace.

Přípojka elektrické energie bude vedena v zemi do technické místnosti, kde se nachází hlavní rozvaděč objektu.

### **b) výčet technických a technologických zařízení**

V objektu se nachází 3 vzduchotechnické jednotky, které zajišťují nucenou výměnu vzduchu pro celý objekt.

Vytápění, chlazení a přípravu teplé vody zajišťují dvě tepelná čerpadla, která jsou umístěna v kotelně, která je přístupná přímo z exteriéru. Pro zálohování části výkonu v případě poruchy je navržen záložní elektrokotel na vytápění a topná patrona pro ohřev TV. Pro potřeby předání tepla do zemních vrtů a oddělení okruhu topné vody, chladicí vody a glykolu jsou v kotelně umístěny dva deskové výměníky.

Pro využívání dešťové vody je v kotelně umístěna přečerpávací stanice s automatickým dopouštěním vody z vodovodu. Tato stanice musí za všech okolností zabránit přepuštění dešťové vody do vodovodního řadu.

Pro snížení tepelné zátěže solárními zisky je na oknech nainstalováno venkovní stínění. Toto stínění je řízeno automaticky ale intenzitou slunečního záření.

Pro snížení spotřeby elektřiny z distribuční sítě jsou na střeše objektu navrženy FV panely, které pokryjí část spotřeby elektřiny.

#### **1.2.2.8 Zásady požárně bezpečnostního řešení**

Tato část je řešena samostatně v části 1.3 této zprávy.

#### **1.2.2.9 Úspora energie a tepelná ochrana**

Skladby všech obvodových konstrukcí jsou navrženy tak, aby splňovaly nejen požadovanou hodnotu, ale také doporučenou hodnotu součinitele prostupu. Obálka budovy byla dle ČSN 73 0540-2 klasifikována třídou A. Dle vyhl. 264/2020 Sb. byla obálka klasifikována třídou B. Průměrný součinitel prostupu tepla splňuje požadavky na domy s téměř nulovou spotřebou energie.

Vytápění a příprava teplé vody je zajištěna tepelnými čerpadly země-voda s vysokou účinností, což výrazně redukuje spotřebu primární energie.

Pro snížení spotřeby elektřiny z distribuční sítě jsou na střeše objektu navrženy FV panely, které pokryjí část spotřeby elektřiny. FVE je dimenzována s ohledem na budoucí změnu zákona č. 406/2000 Sb. a možnost budoucího vytvoření energetického společenství. Proto je FVE v rámci objektu předimenzována a přetoky budou přepouštěny do vedlejšího učiliště, případně prodávány do distribuční sítě. Díky této FVE se objekt stává energeticky pozitivní a v roční bilanci vyrobí více energie než spotřebuje.

Úspora energie byla jednou z priorit při návrhu a promítá se do většiny aspektů budovy. Jedná se velmi účinné osvětlení, větrání, rekuperace atd...

Dle PENB je objekt hodnocen třídou A. V roční bilanci dodá do sítě o 14,3 MWh elektřiny (jediný energonositel) více než spotřebuje. Měrná spotřeba primární energie je tak -21 kWh/m<sup>2</sup> za rok.

#### **1.2.2.10 Hygienické požadavky na stavby – větrání, vytápění, osvětlení, zásobování vodou, odpadů apod., a dále zásady řešení vlivu stavby na okolí – vibrace, hluk, prašnost apod.**

Větrání je v celém objektu zajištěno nuceně pomocí 3 VZT jednotek. Tyto jednotky zajišťují hygienickou výměnu vzduchu a jsou řízeny časově a dle koncentrace CO<sub>2</sub>. Jedná se o teplovzdušné větrání a přiváděný vzduch má v zimě teplotu 20 °C, což je zajištěno teplovodním ohřívačem umístěných ve VZT jednotkách. V létě je teplota přiváděného vzduchu 24 °C, což zajišťují vodní chladiče ve VZT jednotkách.

Vytápění je zajištěno tepelnými čerpadly. Distribuci tepla do prostoru zajišťuje velkoplošné podlahové topení v obytných prostorech a radiátory v komunikacích a hygienických zázemích. Teplota podlahy nesmí překročit 29 °C. To bude zajištěno teplotním spádem topné vody, která bude regulována na směšovací uzlu u rozdělovače a sběrače. Tepelnou ztrátu větráním

kompenzují ohřivače ve VZT jednotkách. Navrhovaná teplota vzduchu v prostoru v zimním období je 20 °C.

Chlazení objektu je zajištěno tepelnými čerpadly. Odvod tepelné zátěže z místností je zajištěno velkoplošným podlahovým a stropním chlazením. Povrchová teplota těchto velkoplošných prvků nesmí klesnout pod teplotu rosného bodu, což bude regulováno teplotním spádem chladné vody, který bude regulován na směšovacím uzlu u rozdělovače a sběrače.

Přirozené osvětlení v objektu je zajištěno vysoko nad požadovanou úroveň díky velkým oknům. Umělé osvětlení je zajištěno LED panely s optimální teplotou chromatičnosti a světelným výkonem pro dostatečnou osvětlenost v pobytové zóně.

Zásobování vodou bude zajištěno z veřejného řadu pomocí stávající vodovodní přípojky. Dešťové vody budou svedeny do akumulární nádrže a znovu využívány na zálivku a na splachování.

V budově budou vznikat běžné odpady, které budou skladovány na venkovní vyhrazené ploše, odkud bude pravidelně odvážen.

Vibrace, hluk a prašnost jsou při běžném užívání stavby nižší než limity požadované normou.

#### **1.2.2.11 Zásady ochrany stavby před negativními účinky vnějšího prostředí**

##### **a) ochrana před pronikáním radonu z podloží**

Objekt se nachází v území, které je dle radonové mapy klasifikováno jako území s nízkým radonovým rizikem, proto jako izolace proti radonu slouží běžná izolace proti zemní vlhkosti, která je tvořena modifikovanými asfaltovými pásy typu S. V přízemí je distribuce tepla zajištěna podlahovým vytápěním, což může způsobovat vyšší riziko pronikání radonu do interiéru. Proto je pod podlahou navržena odvětraná vrstva tvořena násypem kameniva frakce 16/32, ve které jsou vedeny perforované trubky, které jsou vyvedeny nad střechy.

##### **b) ochrana před bludnými proudy**

Významné namáhání bludnými proudy se nepředpokládá. Objekt bude chráněn hromosvodem.

##### **c) ochrana před technickou seismicitou**

Namáhání technickou seismicitou se nepředpokládá, proto není tato ochrana řešena.

##### **d) ochrana před hlukem**

Dostatečné ochrany před hlukem je dosaženo vhodným návrhem konstrukcí a výběrem vhodných materiálů. Zvláštní opatření proti šíření hluku nejsou nutná. Bližší specifikace jsou uvedeny v příloze č. 1.5.4.

**e) protipovodňová opatření**

Stavba se nenachází v záplavové oblasti.

**f) ostatní účinky – vliv poddolování, výskyt metanu apod.**

Nebyly zjištěny žádné další nežádoucí účinky na stavbu.

### **1.2.3 Připojení na technickou infrastrukturu**

**a) napojovací místa technické infrastruktury**

Pro napojení objektu je nutné vybudovat nové přípojky silového vedení nízkého napětí, vodovodu, splaškové kanalizace a dešťové kanalizace. Všechny tyto rozvody jsou na ulici Mlaty. Přípojky budou vybudovány dle požadavků jednotlivých správců sítí.

**b) připojovací rozměry, výkonové kapacity a délky**

Vodovodní přípojka DN 100	23,5	m
Přípojka elektrické energie NN	17,2	m
Přípojka dešťové kanalizace DN 250	8,5	m
Přípojka splaškové kanalizace DN 250	19,8	m

### **1.2.4 Dopravní řešení**

**a) popis dopravního řešení včetně bezbariérových opatření pro přístupnost a užívání stavby osobami se sníženou schopností pohybu nebo orientace**

Vjezd na venkovní parkoviště je situován z ulici Mlaty. Šířka vjezdu je 7 m. Návrhová rychlost pro zakreslení rozhledových trojúhelníků do výkresu situace je 50 km/h. Na parkovišti se nachází 26 klasických parkovacích míst, 1 místo pro elektromobil a 2 místa pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Rozměry těchto parkovacích míst jsou v souladu s normou ČSN 73 6056, která nabyla platnosti 4/2011.

**b) napojení území na stávající dopravní infrastrukturu**

Vjezd na venkovní parkoviště je situován na ulici Mlaty.

**c) doprava v klidu**

Počet parkovacích míst je navržen dle normy ČSN 73 6110 – Projektování místních komunikací a změny č. 1 této normy, která vešla v platnost 2/2010. Celkem je na parkovišti 29 parkovacích míst, z nichž dvě jsou určeny pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Další dvě místa jsou určena pro krátkodobé stání (bez vypnutí motoru).

#### **d) pěší a cyklistické stezky**

Hlavní vchod na pozemek je napojen na chodník ulice Mlaty. Vchod slouží i pro vjezd s kolem, pro které je vedle parkoviště navržen přístřešek se stojany.

### **1.2.5 Řešení vegetace a souvisejících terénních úprav**

#### **a) terénní úpravy**

Část pozemku, kde se nachází parkoviště a komunikace, je vyrovnáno. Vytěžená zeminy je využita pro vyrovnání terénu okolo stavby tak, aby bylo možné jednoduché provedení okapového chodníku.

#### **b) použité vegetační prvky**

Důraz je kladen na osetí travním semenem co největší části pozemku, která není zpevněná. Zbylý vzrostlejší porost bude upřesněn v další fázi projektu.

#### **c) biotechnická opatření**

Není navrženo žádné biotechnické opatření.

### **1.2.6 Popis vlivů stavby na životní prostředí a jeho ochrana**

#### **a) vliv na životní prostředí – ovzduší, hluk, voda, odpady a půda**

Při běžném provozu nevznikají v objektu nadměrné vibrace, hluk ani zplodiny, které by negativně ovlivňovaly životní prostředí. Běžný komunální odpad je skladován na pozemku na určeném místě, kde probíhá pravidelný svoz tohoto odpadu.

V objektu je oddílná kanalizace. Splašková kanalizace je napojena na veřejnou splaškovou kanalizaci, která je napojena na ČOV. Dešťová kanalizace je přes akumulární nádrž napojena na vsakovací jímku s bezpečnostním přepadem do veřejné dešťové kanalizace.

Ornice na pozemku bude před zahájením výstavby stažena a po dokončení stavby bude rozhrnuta po pozemku jako vrchní úrodná vrstva. Objekt leží na velmi cenné půdě, a proto musí být s touto půdou nakládáno s nejlepším vědomím a svědomím. Vliv na odtokové poměry jsou eliminovány vsakováním na pozemku.

Pří výstavbě budou zavedena taková opatření, která zamezí hluku, prašnosti a dalším negativním vlivům. Z hlediska hlučnosti při výstavbě nesmí být překročeny tyto limity.

- v době od 7:00 do 21:00 hod	$L_{aeq} = 65 \text{ dB}$
- v době od 6:00 do 7:00 hod a od 21:00 do 22:00 hod	$L_{aeq} = 55 \text{ dB}$
- v době od 22:00 do 6:00 hod	$L_{aeq} = 50 \text{ dB}$

Při likvidaci odpadů je nutno postupovat dle zákona č. 1541/2020 Sb., o odpadech. Zejména je třeba odpady likvidovat pouze v zařízeních, která jsou k tomu určena, dle uvedeného zákona.

Tabulka 1.2-1: Katalog odpadů

Katalog. číslo	Název druhu odpadu	Kategorie odpadu	Způsob odstranění
<b>15</b>	<b>ODPADNÍ OBALY; ABSORBČNÍ ČINIDLA, ČISTÍCÍ TKANINY, FILTRAČNÍ MATERIÁLY A OCHRANNÉ ODĚVY JINAK NEURČENÉ</b>		
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly	O	1,3
15 01 02	Plastové obaly	O	1,3
15 01 05	Kompozitní obaly	O	1,3
15 01 07	Skleněné obaly	O	1,3
15 01 09	Textilní obaly	O	1,3
15 01 10*	Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné	N	3
<b>17</b>	<b>STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPADY (VČETNĚ VYTĚŽENÉ ZEMINY Z KONTAMINOVANÝCH MÍST)</b>		
17 01 01	Beton	O	1
17 01 02	Cihly	O	1
17 01 03	Tašky a keramické výrobky	O	
17 02 01	Dřevo	O	1,3,5
17 02 02	Sklo	O	1,3
17 02 03	Plasty	O	1,3
17 04 11	Kabely neuvedené pod číslem 17 04 10	O	1,3
17 05 04	Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03	O	1,3
17 06 04	Izolační materiály neuvedené pod čísly 17 06 01 a 17 06 03	O	1
17 08 02	Stavební materiály na bázi sádry neuvedené pod číslem 17 08 01	O	1
17 09 04	Směsné stavební odpady neuvedené pod čísly 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03	O	1,3
<b>20</b>	<b>KOMUNÁLNÍ ODPADY</b>		
20 03 01	Směsný komunální odpad	O	1,3

způsob odstranění: 1 – recyklace, 2 – energetické využití, 3 – skládkování, 4 – kompostování, 5 – spalování  
kategorie odpadů: O – ostatní, N – nebezpečné

**b) vliv na přírodu a krajinu – ochrana dřevin, ochrana památných stromů, ochrana rostlin a živočichů, zachování ekologických funkcí a vazeb v krajině apod.**

Objekt se nenachází v chráněné zóně žádného živočicha a nenaruší žádné chráněné prostředí ani chráněnou dřevinu.

**c) vliv na soustavu chráněných území Natura 2000**

Řešené území se nenachází v chráněné oblasti Natura 2000.

**d) způsob zohlednění podmínek závazného stanoviska posouzení vlivu záměru na životní prostředí, je-li podkladem**

Vliv stavby na životní prostředí není posuzován.

**e) v případě záměrů spadajících do režimu zákona o integrované prevenci základní parametry způsobu naplnění závěrů o nejlepších dostupných technikách nebo integrované povolení, bylo-li vydáno**

Nespadá do režimu zákona o integrované prevenci.

**f) navrhovaná ochranná a bezpečnostní pásma, rozsah omezení a podmínky ochrany podle jiných právních předpisů.**

Nově vzniknou pouze ochranná pásma v odstupové vzdálenosti od objektu z hlediska požární bezpečnosti. Znázornění těchto odstupových vzdáleností viz příloha č. 1.3.4

### **1.2.7 Ochrana obyvatelstva**

Stavba nějak neovlivňuje bezpečnost obyvatelstva a neslouží k jeho obraně.

### **1.2.8 Zásady organizace výstavby**

**a) potřeby a spotřeby rozhodujících médií a hmot, jejich zajištění**

Kvantita jednotlivých hmot bude řešena samostatně a jako podklad bude sloužit projektová dokumentace. Stavební materiály budou na stavbu dováženy postupně dle aktuální potřeby. Materiály je možné krátkodobě skladovat na skládce, která je vybudována na pozemku. Za dodávku materiálu je zodpovědný hlavní zhotovitel. Stavba bude využívat staveništní napojení na elektřinu a vodu, které budou osazeny měřidly spotřeby.

**b) odvodnění staveniště**

Pozemek je svažité, a proto není nutné zřizovat umělé svahování. V severní části pozemku na ploše budoucího parkoviště bude vybudována zpevněná plocha, která je odvodněna spádováním do přilehlých zelených ploch, kde bude zajištěno přirozené vsakování.

**c) napojení staveniště na stávající dopravní a technickou infrastrukturu**

Pozemek bude napojen na stávající komunikaci na ulici Mlaty. Vjezd na pozemek je řešen přes přilehlý chodník, který je nutno překlenout roznášecím plechem. Před vyjetím vozidla z pozemku musí být řádně očištěno, v případě znečištění veřejné komunikace musí být tato komunikace okamžitě vyčištěna na náklady zhotovitele.

Před zahájením výstavby samotného bytového domu musejí být zřízeny přípojky elektrické energie, vodovodu a kanalizace.



**d) vliv provádění stavby na okolní stavby a pozemky**

Při výstavbě objektu bude kladen důraz na co největší eliminaci hluku, vibrací a prašnosti tak, aby nedocházelo k nadměrnému překračování povolených limitů. Práce na výstavbě budou prováděny pouze v pracovní době a nebudou narušovat noční klid. Maximální hlukové limity viz výše.

**e) ochrana okolí staveniště a požadavky na související asanace, demolice, kácení dřevin**

Před zahájením stavebních prací bude pozemek zbaven veškerého porostu mulčováním a celý pozemek bude oplocen tak, aby bylo zamezeno volnému pohybu cizích osob.

**f) maximální dočasné a trvalé zábory pro staveniště**

Plocha pozemku je dostatečně prostorná pro umístění všech technologií, skládek a zařízení staveniště potřebných pro výstavbu objektu.

**g) požadavky na bezbariérové obchozí trasy**

Při realizaci objektu nejsou narušeny žádné bezbariérové komunikační trasy.

**h) maximální produkovaná množství a druhy odpadů a emisí při výstavbě, jejich likvidace**

S odpadem, který vznikne při realizaci objektu bude nakládáno v souladu se zákonem č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Na pozemku bude umístěn kontejner pro objemný stavební odpad. Dále budou na staveništi umístěny menší kontejnery pro tříděný odpad.

*Tabulka 1.2-2: Zjednodušený katalog odpadů*

<i>Ozn. odpadu</i>	<i>Popis odpadu</i>	<i>Způsob likvidace</i>
17 01 01	Beton	Recyklace
17 01 02	Cihly	Recyklace
17 02 01	Dřevo	Recyklace
17 02 02	Sklo	Recyklace
17 02 03	Plasty	Recyklace
17 03 01	Asfaltové směsi obsahující dehet	Skládka
17 04 05	Železo a ocel	Recyklace
17 06 04	Izolační materiály neuvedené pod čísly 17 06 01 a 17 06 03	Skládka
17 08 02	Stavební materiály na bázi sádry neuvedené pod číslem 17 08 01	Skládka
20 03 01	Směsný komunální odpad	Skládka
20 03 04	Kal ze septiků a žump	Skládka

**i) bilance zemních prací, požadavky na přísun nebo deponie zemín**

Stažená ornice bude uskladněna na pozemku po dobu výstavby a poté použita pro terénní úpravy. Nehodnotná vytěžená zemina bude použita pro podsypy a zásypy.

**j) ochrana životního prostředí při výstavbě**

Při výstavbě budou dodržovány všechny pracovní postupy a opatření pro eliminaci vlivu na životní prostředí. Po ukončení výstavby se provede rekultivace travnatých ploch dotčených výstavbou.

**k) zásady bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na staveništi**

Při výstavbě objektu budou dodržovány podmínky BOZP dle nařízení vlády č. 591/2006 Sb. Nařízení vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích. Dále bude při výstavbě dodržováno nařízení vlády č. 362/2005 Sb. Nařízení vlády o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky.

Dále budou dodržovány veškeré technologické postupy dané výrobcem a všechny zásady práce se stroji.

**l) úpravy pro bezbariérové užívání výstavbou dotčených staveb**

Výstavbou řešeného objektu není dotčena žádná zástavba.

**m) zásady pro dopravní inženýrská opatření**

Před vjezd na staveniště bude umístěna dočasná značka upozorňující na možný výjezd a otáčení vozidel stavby a na ulici Mlaty bude snížena rychlost na 30 km/h.

**n) stanovení speciálních podmínek pro provádění stavby – provádění stavby za provozu, opatření proti účinkům vnějšího prostředí při výstavbě apod.**

Nejsou stanoveny žádné speciální podmínky pro provádění výstavby.

**o) postup výstavby, rozhodující dílčí termíny**

Předpokládané zahájení stavby: 6/2023

Předpokládané dokončení stavby: 8/2024

### **1.2.9 Celkové vodohospodářské řešení**

Pro zachycení vody na pozemku je ponechána co největší plocha zeleně, která přirozeně zachytává vodu v krajině. Pro využití dešťové vodu z ploché střechy je navržena akumulací nádrž s přepadem do vsakovací jímky s plochou vsaku 90 m<sup>2</sup>. Vsakovací jímka je napojena bezpečnostním přepadem do veřejné dešťové kanalizace.

## 1.3 TZ – Architektonicko-stavební řešení (D.1.1)

### a) Účel objektu, funkční náplň, kapacitní údaje

Objekt bude využíván primárně jako druhý stupeň základní školy, který v současné době v Bosonohách chybí. Škola nebude veřejně přístupná. Ke škole náleží také jídelna, která je veřejně přístupná a může se využívat i pro různé akce a shromáždění v době prázdnin či o víkendech.

V objektu se nachází 4 kmenové učebny, laboratoř, ateliér, jazyková učebna, sborovny, ředitelna a další prostory potřebné k plnění účelu stavby. Ve středu dispozice u severní fasády se nachází centrální schodiště s výtahem umístěným v zrcadlovém prostoru schodiště. Přímo ze školy je v 1.NP přístup do jídelny, který je zamykatelný, tak aby se daly provozy oddělit a mohla tak fungovat pouze jídelna.

Plocha pozemku:	8 630 m <sup>2</sup>
Zastavěná plocha objektem:	934 m <sup>2</sup>
Plocha parkoviště:	1 107 m <sup>2</sup>
Plocha zpevněných ploch:	415 m <sup>2</sup>
Zbývající plocha zeleně:	499 m <sup>2</sup>
Obestavěný prostor:	7 097 m <sup>3</sup>
Energeticky vztažná plocha:	1 765 m <sup>2</sup>
Počet kmenových tříd:	4
Počet nadzemních podlaží:	2+1 (neužitné 3.NP)
Počet podzemních podlaží:	0

### b) Architektonické, výtvarné, materiálové, dispoziční a provozní řešení, bezbariérové užívání stavby

Pozemky, na kterých bude novostavba stát se nachází na okraji obce Bosonohy nedaleko Brna. V současnosti jsou pozemky využívány jako zemědělská půda, ale v územní plánu i územní studii je plocha již vyčleněná jako plocha pro vzdělávání. Pozemek je mírně svažité směrem k jihovýchodu. Vedle se nachází areál odborného učiliště. Okolní zástavba je nízká, převážně určená k bydlení. V okolí objektu se nachází základní občanská vybavenost. Přístupnost školy je velmi dobrá díky dvěma nedalekým zastávkám MHD.

Budova má dvě hlavní výškové úrovně. Ve vyšší dvoupatrové části se nachází škola a v nižší přízemní části se nachází jídelna, nad kterou se nachází provozní střecha. Objekt svým tvarem a výškou respektuje vzhled okolní zástavby a je navržen tak, aby nenarušoval estetický ráz okolí. Fasáda vyšší části objektu bude bílé barvy. Fasáda nadstavku a jídelny bude silikonová s dekorem dřeva s hnědou barvou.

Objekt je zasazen do terénu tak, aby od přístupové komunikace až po vstup do objektu nebyly potřebné žádné vyrovnávací stupně a výškový rozdíl je překonán pouze úpravou terénu v nízkém spádu. Stejný princip je použit také na celém pozemku a všechny objekty jsou tak značené a bezbariérově přístupné dle vyhlášky 398/2009 Sb. o obecných technických

požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. Na parkovišti jsou dvě parkovací místa vyhrazena pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Všechny dveře společných prostor mají minimální šířku 900 mm, užitná podlaží jsou přístupná výtahem splňujícím požadavky pro bezbariérové použití. Jedinou bezbariérově nepřístupnou částí objektu je neužitné 3.NP ve kterém se nachází technické místnosti a výlez na střechu s FVE.

#### **c) Stavební fyzika**

Posouzení objektu z hlediska stavební fyziky je zpracováno samostatně viz přílohy č. 1.5.1 – 6.

### **1.4 TZ – Stavebně konstrukční řešení (D.1.2)**

#### **a) Zemní práce**

Před zahájením výstavby bude provedena skrývka ornice v přibližné tloušťce 300 mm a dále se zajistí a vyznačí stávající inženýrské sítě. Ornice zůstává na pozemku a po dokončení stavby bude rozhrnuta po pozemku. Po vytyčení objektu se provede výkop hlavní stavební jámy a výkop základových rýh a jámy pod výtahovou šachtou. Vykopaná zemina bude skladována na pozemku pro pozdější využití na terénní úpravy.

#### **b) Základy**

Objekt je založen v území s dobrými geologickými podmínkami na základových pasech z prostého betonu třídy C 20/25. Rozměry základů jsou stanoveny výpočtem v příloze č. 1.2.3. Na základových pasech jsou umístěny dvě šáry ztraceného bednění pro vytvoření prostoru pro tepelnou izolaci, jednoduše provádění a založení základového pasu do nezámrzné hloubky. Pro eliminaci pronikání radonu do interiéru je podloží pod podlahou odvětráno nad střešní rovinu. Odvětraná vrstva je tvořena kamenivem frakce 16/32 mm, ve které se nachází perforovaná trubka, která odvětrává tuto vrstvu nad střešní rovinu. Nad touto zhutněnou odvětrávací vrstvou je podkladní beton s karisítí.

#### **c) Hydroizolace spodní stavby**

Na pozemku se nenachází tlaková voda, proto je jako hydroizolace spodní stavby proti zemní vlhkosti navržen modifikovaný asfaltový pás typu S ve dvou vrstvách. Před lepením hydroizolačního pásu je nutné celý povrch ošetřit penetrační asfaltovou emulzí. Asfaltový pás je celoplošně natavován propan-butanovým hořákem.

#### **d) Svislé nosné a nenosné konstrukce**

Obvodové a vnitřní nosné zdivo je tvořeno keramickými dutinovými tvarovkami v klasickém provedení nebo se zvýšenou zvukovou neprůzvučností dle umístění a požadavků na prostory. Pevnostní třída zdiva je P 15 a jsou zděny na tenkovrstvou zdící maltu M10. Šířka nosného zdiva je všude totožná a to 300 mm. Obvodové stěny jsou zatepleny certifikovaným zateplovacím systémem ETICS s tepelnou izolací EPS v tl. 200 mm.

Vnitřní nenosné příčky a předstěny jsou tvořeny systémovými SDK příčkami. Tloušťka a skladba příček závisí převážně na akustických požadavcích.

#### **e) Vodorovné nosné konstrukce**

Vodorovné konstrukce jsou tvořeny prefabrikovanými dutinovými předepnutými stropními panely Spiroll, které jsou kladeny do maltového lože na věnec, který je umístěn pod stropní konstrukci. Výška panelů je 250 mm. Nad nižší částí, kde se nachází jídelna, je stropní konstrukce osazena níže, aby na ni bylo možné uložit souvrství ploché střechy a byl umožněn přístup z 2.NP bez vyrovnávacích stupňů.

#### **f) Překlady a průvlaky**

Průvlaky v nosných stěnách jsou tvořeny systémovými průvlaky Porotherm KP 7. Pro větší rozpon byly použity monolitické a prefabrikované železobetonové průvlaky. Rozměry a vyztužení těchto žb. prvků bude upřesněno statikem.

#### **g) Konstrukce schodiště**

Železobetonové prefabrikované schodiště je rozděleno na 3 díly. Obě schodišťová ramena jsou osazena na ozub z jedné strany na nosní a z druhé na mezipodestu. Ozub bude opatřen akustickou izolační vložkou. Mezipodesta je uložena pomocí speciálních systémových kotev Schöck Tronsole® typ P, které umožňují mezipodestu uložit do vynechaných otvorů v již vyzděných stěnách, což urychlí výstavbu. Schodiště je od všech okolních konstrukcí odděleno akustickou pružnou vložkou.

#### **h) Konstrukce výtahové šachty**

Výtahová šachta je samostatně působící konstrukce oddilátována od okolních konstrukcí po celé její výšce. Založena je na železobetonové základové desce, na které bude provedena vodorovná izolace a následně přízdívka z tvárnic ztraceného bednění. Na přízdívku bude z vnitřní strany provedena svislá hydroizolace a teprve potom bude vyzděna stěna výtahové šachty. Spára mezi stěnou výtahové šachty a hydroizolací se musí při zdění promaltovat tak, aby v této vrstvě nevznikly vzduchové dutiny. V úrovních stropních konstrukcí bude proveden ztužující věnec. Výtahová šachta bude ukončena v úrovni 3. NP stropní konstrukcí, na které bude souvrství oddilátované podlahy. Výtahová šachta je navržena tak, aby splňovala požadavky společnosti KONE, a ta zodpovídá za následnou dodávku a instalaci výtahu.

#### **i) Střešní konstrukce**

Objekt je zastřešen plochou jednoplášťovou střechou s vnitřními vtoky. Hydroizolační vrstva je tvořena povlakovou střešní krytinou z PVC-P fólie, která je přitížena násypem z kačírku. Tepelněizolační vrstva je tvořena deskami z PIR pěny v tloušťce 80 mm a spádovými klíny z EPS. Parotěsná vrstva je tvořena modifikovanými asfaltovými pásy s AL vložkou. Na střeše jsou umístěny FV panely, které jsou přitíženy a nenarušují tak hydroizolační souvrství.

#### **j) Výplně otvorů**

Okenní výplně otvorů jsou tvořeny okny s výplní z trojskla a s dřevohliníkovým rámem. Pro potřeby diplomové práce bylo uvažováno s vlastnostmi okna PREMIUM MC 78. Dveřní výplně jsou s hliníkovým rámem. Průsvitná výplň dveří je tvořena trojsklem a neprůsvitná výplň je tvořena sendvičovým panelem s izolační vrstvou z PUR pěny.

#### **k) Klempířské výrobky**

Není součástí diplomové práce.

#### **l) Truhlářské výrobky**

Není součástí diplomové práce.

#### **m) Zámečnické výrobky**

Není součástí diplomové práce.

#### **n) Omítky a obklady**

Vnější omítka školy je drhaná minerální bílé barvy se samočisticím efektem. Vnější omítka jídelny a nadstavku je strukturovaná siliková s dekorem dřeva hnědé barvy. Soklová omítka je tvořena marmolitem tmavé barvy. Vnitřní omítky jsou navrženy z klasické jádrové a štukové omítky s cementovým podhazem. Veškeré interiérové omítky se budou provádět strojně. Barvy interiérových nátěrů budou provedeny dle požadavků investora. Keramické obklady budou provedeny podle požadavků investora.

#### **o) Podlahy**

Těžké plovoucí podlahy jsou prováděny mokrou metodou s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny. Součástí souvrství podlah je kročejová izolace a šablony pro vedení podlahového vytápění. Podlahy jsou dilatovány od okolních konstrukcí dilatační spárou v minimální tloušťce 15 mm. Nášlapné vrstvy jsou tvořeny převážně PVC, keramickou dlažbou nebo laminátem.

#### p) Venkovní zpevněné plochy

Parkoviště a přístupová komunikace je v klasickém provedení s povrchem z asfaltu. Zpevněné plochy pro pěší jsou provedeny ze zámkové dlažby s rozšířenými vypískovanými spárami pro větší propustnost vody.

## 1.5 TZ – Požárně bezpečnostní řešení (D.1.3)

### 1.5.1 Všeobecné údaje o stavbě

#### 1.5.1.1 Identifikační údaje stavby

Stavba:	2 stupeň ZŠ
Adresa:	Mlaty, 642 00 Brno-Bosonohy
Katastrální území:	Bosonohy [608505]
Parcelní číslo:	3608
Stavebník:	Městská část Brno - Bosonohy
Zpracovatel PBR:	Bc. Daniel Vlha, Bravinné 70, 743 01 Bílovec
Kontrolovala:	Ing. Markéta Sedláková Ph.D.

#### 1.5.1.2 Urbanistické a architektonické řešení

Pozemek, na kterém bude ZŠ postavena, se nachází v obci Bosonohy u Brna. Jedná se o mírně svažité pozemek, který v současné době slouží jako zemědělská půda. Na pozemku bude mimo jiné umístěno také parkoviště, multifunkční hřiště s běžeckým oválem, zázemí pro sportovní vybavení a plocha pro výchovné zemědělství.

Jedná se o nepodsklepený dvoupodlažní geometricky jednoduchý objekt, který je složen ze dvou výškově odsazených krychlí. Hlavní vstup do objektu je umístěn směrem na jihovýchod, směrem k parkovišti.

#### 1.5.1.3 Dispoziční řešení

V jihovýchodní části se nachází jednopodlažní část, ve které se nachází jídelna s přípravnou jídel, bufetem a zázemím. Ve dvoupodlažní části se nachází hlavní provoz, tedy učebny, kmenové třídy, kabinety a zázemí. U hlavního vstupu je umístěno zázemí pro správce objektu s vrátnicí. Hlavní vstup dispozičně navazuje na šatny, které oddělují čistý a špinavý provoz školy. Ve středu dispozice se nachází podélná chodba, ze které jsou přístupné jednotlivé učebny a kabinety. Z druhého nadzemního podlaží je přístup na provozní střechu, která je vytvořena nad jídelnou, kde se nachází edukační zahrádka městského zemědělství. Dále je nad schodišťovým

prostorem vybudováno neužitné podlaží, ve kterém se nachází nadjezd výtahové šachty, strojovna VZT a strojovna FVE.

#### **1.5.1.4 Konstrukční a materiálové řešení**

Objekt je založen na základových pasech. Konstrukční systém je podélný s nosnými zdmi tvořenými dutinovými keramickými tvarovkami tl. 300 mm., které jsou v nadzemní části zatepleny kontaktním zateplovacím systémem ETICS s tepelnou izolací z EPS a exteriérovou silikon-silikátovou drhanou omítkou bílé barvy. V kontaktu se zeminou a 300 mm nad ní je obvodové zdivo izolováno proti zemní vlhkosti asfaltovými pásy typu S a zatepleno kontaktním zateplovacím systémem ETICS s tepelnou izolací z XPS a ochrannou vrstvou z nopové fólie.

Vodorovné nosné konstrukce jsou tvořeny předpjatými betonovými panely Spiroll tl. 250 mm.

Vnitřní nenosné příčky jsou tvořeny akustickými sádrokartonovými příčkami.

Schodiště je prefabrikované železobetonové dvouramenné se zrcadlem, ve kterém je umístěna výtahová šachta.

Střecha je zateplena spádovými klíny z EPS a tepelnou izolací z PIR s hliníkovou fólií a hydroizolaci tvoří m-PVC.

*Dokumentace je zpracována v souladu s platnými zákonnými předpisy zejména vyhláškami MVČR: č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb ve znění pozdějších předpisů, č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru ve znění pozdějších předpisů, zákonem č. 133/1985 Sb., o požární ochraně ve znění pozdějších předpisů a vyhláškami MMRČR č. 268/2009 Sb., o obecně technických požadavcích na výstavbu ve znění pozdějších předpisů a č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb ve znění pozdějších předpisů. Dále je zpracována v souladu s platnými ČSN viz položka 2.1 této zprávy.*

### **1.5.2 Požárně technické posouzení**

#### **1.5.2.1 Podklady použité ke zpracování TZPO**

##### **1. Stavebně technické podklady stavby**

- Projektová dokumentace stavební části

##### **2. Zákony a vyhlášky**

- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, vzpp
- Vyhláška č. 23/2008 Sb., ve znění Vyhlášky č. 268/2011 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, vzpp



- Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), vzpp
  - Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, vzpp
  - Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, vzpp
3. Normy ČSN včetně aktuálních změn k danému datu zpracování
- ČSN 73 0810: 07/2006 + Opr.1:03/2020 – PBS – Společná ustanovení
  - ČSN 73 0802, ed.2: 10/2020 – PBS – Nevýrobní objekty
  - ČSN 73 0818: 7/1997+ Změna Z1:10/2002 – PBS – Obsazení objektu
  - ČSN 73 0835, ed. 2: 9/2020 – PBS – Budovy zdravotnických zařízení
  - ČSN 73 0872: 1/1996– PBS – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení
  - ČSN 73 0873: 6/2003 – PBS – Zásobování požární vodou
  - ČSN 73 0821, ed. 2: 5/2007 – PBS – Požární odolnost stavebních konstrukcí
  - ČSN EN 1443: 1/2020 – Komíny-všeobecné požadavky
  - ČSN 73 4201, ed. 2: 12/2016 – Komíny a kouřovody
  - ČSN 06 1008: 12/1997 – Požární bezpečnost tepelných zařízení
  - ČSN 01 3495: 6/1997 – Výkresy ve stavebnictví – Výkresy PBS
4. Další podklady
- Zoufal a kol.: Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů
  - technické listy výrobců

#### **1.5.2.2 Požárně technické charakteristiky**

Objekt bude posouzen v souladu s vyhláškou č. 23/2008 Sb., ve znění Vyhlášky č. 268/2011 Sb. ve znění pozdějších předpisů podle ČSN 730802. Objekt je klasifikován dle ČSN 730802, jako nevýrobní objekt. Dále je postupováno dle ČSN 730873 a dalších souvisejících norem.

#### **Stavební objekt:**

2.NP      dvoupodlažní, nepodsklepený

#### **Svislé nosné a požárně dělící konstrukce:**

Obvodové:      Keramické tvárnice Porotherm 30 profi tloušťky 300 mm – DP1  
 Vnitřní nosné:      Keramické tvárnice Porotherm 30 AKU tloušťky 300 mm – DP1  
 Příčky:      Keramické tvárnice Porotherm 11,5 AKU profi tloušťky 115 mm – DP1  
    Systémové sádkartonové příčky Knauf tloušťky 115 mm – DP1

**Svislé nosné a požárně dělící konstrukce:**

Strop: Předpjatý betonový panel Spiroll – DP1

Průvlak: Prefabrikovaný železobetonový průvlak průřezu 250x250 mm – DP1

Dle čl. 7.2.8. a) „02“ svislé konstrukce i vodorovné nosné a požárně dělící konstrukce celého objektu jsou z konstrukčních částí druhu DP1.

**Konstrukční systém budovy: Nehořlavý****Požární výška: h = 3,9 m****Světlá výška: h<sub>s</sub> = 3 m****Poznámka – kontaktní zateplovací systém:**

Objekt je kontaktně zateplen systémem ETICS, izolantem je fasádní polystyrén tl. 200 mm. Zateplovací systém se nachází na objektu s požární výškou 3,9 m, tj. méně než 12 m, izolant má třídu reakce na oheň E, jako celek je systém posuzován třídou reakce na oheň B, is = 0 mm.min-1. Výrobek nemá v souladu s čl. 3.1.3 „10“ vliv na druh konstrukční části obvodové stěn DP1, konstrukční systém lze z daného důvodu zatřídit jako DP1. Výrobek bude mít certifikát deklarující požadované vlastnosti.

**1.5.2.3 Stanovení požárních úseků****Požární úsek č. 1 – N1.01 (Jídelna)**

č.m.	č.p. Účel	S [m <sup>2</sup> ]	p <sub>n</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]	pol. A.1	a <sub>n</sub>	p <sub>s</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]
001	Jídelna	118,8	20,0	07.01.02	0,90	5,0
002	Bufet	10,6	10,0	07.01.01	0,90	5,0
003	Příprava jídel	18,7	30,0	07.01.04	0,95	5,0
004	Sklad kuchyně	2,9	60,0	07.01.05	1,10	2,0
005	WC	2,9	5,0	14.02	0,70	5,0
006	Šatna	3,9	15,0	14.01a	0,70	5,0
007	Chodba	8,7	5,0	02.09	0,80	5,0
008	WC jídelna	24,4	5,0	14.02	0,70	5,0
009	VZT Jídelna	7,9	15,0	15.01	0,90	5,0

### Požární úsek č. 2 – N1.02/N3 (Škola)

č.m.	č.p. Účel	S [m <sup>2</sup> ]	p <sub>n</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]	pol. A.1	a <sub>n</sub>	p <sub>s</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]
010	Zádveří	10,5	5,0	02.08	0,80	5,0
011	Vrátnice	11,6	5,0	02.08	0,80	10,0
012	Šatny	48,8	75,0	02.07	1,10	3,0
013	Chodba	84,3	5,0	02.09	0,80	7,0
014	Technická místnost	35,0	15,0	15.01	0,90	5,0
015	WC	40,0	5,0	14.02	0,70	5,0
016	Sklad	5,6	75,0	02.06	1,00	5,0
017	Schodiště	41,3	5,0	02.09	0,80	5,0
018	Chodba	10,5	5,0	02.09	0,80	2,0
020	Sklad	15,0	75,0	02.06	1,00	10,0
019	Sekretariát	20,6	50,0	02.04	1,10	10,0
021	Ředitelna	31,0	50,0	02.04	1,10	10,0
022	Sklad	6,0	75,0	02.06	1,00	10,0
023	Sborovna	49,7	50,0	02.04	1,10	10,0
024	Kmenová učebna 1	63,0	25,0	02.01	0,80	10,0
025	Kmenové učebny 2	63,0	25,0	02.01	0,80	10,0
026	PC učebna	46,9	35,0	02.02	0,90	10,0
027	Schodiště	18,5	5,0	02.09	0,80	5,0
028	Chodba	104,4	5,0	02.09	0,80	10,0
029	Ateliér	44,6	35,0	02.02	0,90	10,0
030	Laboratoř	51,8	45,0	02.03	1,10	10,0
031	Sklad laboratoře	8,3	75,0	02.06	1,00	10,0
032	WC	40,0	5,0	14.02	0,70	5,0
033	Sklad	10,5	75,0	02.06	1,00	10,0
034	Kabinet 1	26,3	50,0	02.04	1,10	10,0
035	Kabinet 2	25,5	50,0	02.04	1,10	10,0
036	Jazyková učebna	49,7	35,0	02.02	0,90	10,0
037	Kmenová třída 3	63,0	25,0	02.01	0,80	10,0
038	Kmenová učebna 4	63,0	25,0	02.01	0,80	10,0
039	Kabinet 3	23,1	50,0	02.04	1,10	10,0
040	Kabinet 4	22,4	50,0	02.04	1,10	10,0
041	Provozní střecha	214,8	5,0	02.08	0,80	0,0
042	Schodiště (neuž.)	41,5	5,0	02.09	0,80	5,0
043	Strojovna VZT (neuž.)	66,3	15,0	15.01	0,90	5,0
045	Únikové schodiště	18,5	5,0	02.09	0,80	5,0

### Požární úsek č. 2 – N3.03 (Strojovna FVE)

č.m.	č.p.	Účel	S [m <sup>2</sup> ]	p <sub>n</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]	pol. A.1	a <sub>n</sub>	p <sub>s</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]
044		Strojovna FVE (neuž.)	14,5	55,0	15.03	1,10	3,0

#### 1.5.2.4 Posouzení požárních úseků, stanovení požárního rizika a jejich SPB

##### Požární úsek č. 1 – N1.01 (Jídelna)

$$\begin{aligned} p &= 23,18 \text{ kg.m}^{-2} \\ a_n &= 0,907 \\ a &= 0,905 \\ b &= 0,903 \\ c &= 1,000 \\ p_v &= p.a.b.c = 18,96 \text{ kg.m}^{-2} \end{aligned}$$

Stupeň požární bezpečnosti (čl. 7.2) = II.

$$\text{Největší dovolená délka požárního úseku (čl. 7.3)} = 69,61 \text{ m} > 18,5 \text{ m}$$

$$\text{Největší dovolená šířka požárního úseku (čl. 7.3)} = 43,79 \text{ m} > 11,9 \text{ m}$$

$$\text{Mezní půdorysná plocha požárního úseku (čl. 7.3)} = 3048 \text{ m}^2 > 220 \text{ m}^2$$

$$\text{Největší počet užitných podlaží z} = 9 > 1$$

Mezní limity velikosti PÚ jsou splněny.

##### Požární úsek č. 2 – N1.02/N3 (Škola)

$$\begin{aligned} p &= 78 \text{ kg.m}^{-2} \\ a_n &= 0,972 \\ a &= 1,090 \\ b &= 1,142 \\ c &= 1,000 \end{aligned}$$

*V požárním úseku byl zjištěn výskyt vyššího požárního zatížení. Podle čl. 6.2.7a) se za výsledné p<sub>v</sub> pro celý požární úsek považuje výpočtové p<sub>vs</sub> místnosti č. 012 - Šatny*

$$p_v = p.a.b.c = 97,1 \text{ kg.m}^{-2}$$

Stupeň požární bezpečnosti (čl. 7.2) = IV.

$$\text{Největší dovolená délka požárního úseku (čl. 7.3)} = 55,75 \text{ m} > 36,6 \text{ m}$$

$$\text{Největší dovolená šířka požárního úseku (čl. 7.3)} = 36,40 \text{ m} > 18,6 \text{ m}$$

$$\text{Mezní půdorysná plocha požárního úseku (čl. 7.3)} = 2029 \text{ m}^2 > 1540 \text{ m}^2$$

$$\text{Největší počet užitných podlaží z} = 2 = 2$$

Mezní limity velikosti PÚ jsou splněny.

### Požární úsek č. 2 – N3.03 (Strojovna FVE)

$$p = 58 \text{ kg.m}^{-2}$$

$$a_n = 1,100$$

$$a = 1,090$$

$$b = 0,725$$

$$c = 1,000$$

$$p_v = p \cdot a \cdot b \cdot c = 45,8 \text{ kg.m}^{-2}$$

Stupeň požární bezpečnosti (čl. 7.2) = II.

$$\text{Největší dovolená délka požárního úseku (čl. 7.3)} = 55,78 \text{ m} > 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Největší dovolená šířka požárního úseku (čl. 7.3)} = 36,41 \text{ m} > 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Mezní půdorysná plocha požárního úseku (čl. 7.3)} = 2031 \text{ m}^2 > 12 \text{ m}^2$$

$$\text{Největší počet užitných podlaží z} = 4 > 1$$

Mezní limity velikosti PÚ jsou splněny.

#### 1.5.2.5 Posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí v PÚ

Požadovaná hodnota požární odolnosti je určena dle tab. 12 ČSN 730802, skutečné hodnoty požární odolnosti jsou stanoveny dle technických listů výrobců a dle Zoufal a kol.: Určení požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů.

#### Požární odolnost konstrukcí pro II SPB

Tabulka 1.5-1: Posouzení požární odolnosti konstrukcí pro II SPB

Druh konstrukce		Požadovaná odolnost	Skutečná odolnost	Hodnocení
Požární stěny	1.NP – nosná	REI 30	REI 180 DP1	Vyhovuje
	1.NP – nenosná	EI 30	EI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP – nosná	REI 15	REI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP – nenosná	EI 15	EI 180 DP1	Vyhovuje
Požární stropy	1.NP	REI 30	REI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP	REI 15	REI 180 DP1	Vyhovuje
Požární uzávěry	1.NP	EI 15 DP3	-	Osazeno dle požadavků
	3.NP	EI 15 DP3	-	
Obvodové stěny nosné	1.NP	REW 30	REI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP	REW 15	REI 180 DP1	Vyhovuje
Nosné kce. uvnitř PÚ	1.NP – stěna	R 30	REI 180 DP1	Vyhovuje
	1.NP – průvlak	R 30	REI 120 DP1	Vyhovuje
	2.NP – stěna	R 15	REI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP – průvlak	R 15	REI 120 DP1	Vyhovuje

## Požární odolnost konstrukcí pro IV SPB

Tabulka 1.5-2: Posouzení požární odolnosti konstrukcí pro IV SPB

Druh konstrukce		Požadovaná odolnost	Skutečná odolnost	Hodnocení
Požární stěny	1.NP – nosná	REI 60	REI 180 DP1	Vyhovuje
	1.NP – nenosná	EI 60	EI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP – nosná	REI 30	REI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP – nenosná	EI 30	EI 180 DP1	Vyhovuje
Požární stropy	1.NP	REI 60	REI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP	REI 30	REI 180 DP1	Vyhovuje
Požární uzávěry	1.NP	EI 30 DP3	-	Osazeno dle požadavků
	3.NP	EI 30 DP3	-	
Obvodové stěny nosné	1.NP	REW 60	REI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP	REW 30	REI 180 DP1	Vyhovuje
Nosné kce. uvnitř PÚ	1.NP – stěna	R 60	REI 180 DP1	Vyhovuje
	1.NP – průvlak	R 60	REI 120 DP1	Vyhovuje
	2.NP – stěna	R 30	REI 180 DP1	Vyhovuje
	2.NP – průvlak	R 30	REI 120 DP1	Vyhovuje

### Poznámka:

V souladu s čl. 8.4.10. ČSN 730802 lze u požárních úseků umístěných v objektu  $h < 12$  m (zde 3,9 m) upustit od požárních pásů.

Objekt je kontaktně zateplen certifikovaný kontaktní zateplovací systém ETICS s tepelnou izolací z EPS 70F tloušťky 200 mm,  $\lambda = 0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Zateplovací systém se nachází na objektu s požární výškou  $h = 3,9\text{m}$ , tj. méně než 12 m, izolant má třídu reakce na oheň E, jako celek je systém posuzován třídou reakce na oheň B,  $i_s = 0 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ . Výrobek nemá v souladu s čl. 3.1.3 ČSN 73 0810 vliv na druh konstrukční části obvodové stěny DP1, protože popsané vnější zateplení provedené dle uvedených zásad se považuje za povrchovou úpravu, může se použít v požárních pásech i v požárně nebezpečném prostoru požárních úseků téhož objektu a neovlivňuje druh stavební konstrukce DP1, DP2 ani konstrukční systém objektu. Uvedené zásady platí pro vnější zateplení nadzemní části objektů. V neužitném 3.NP a u části s jídelním provozem jsou obvodové stěny zatepleny minerální vatou a fasáda je tvořena předsazenou větranou fasádou z velkoformátových obkladů. Tato konstrukce je rovněž klasifikována jako DP1.

### Vyhodnocení:

Stavební konstrukce při splnění výše uvedených požadavků **vyhoví**.

### 1.5.2.6 Únikové cesty

Evakuace objektu je zajištěna několika únikovými cestami. Ve všech případech se jedná o nechráněné únikové cesty. Nejkritičtější místo z hlediska únikových cest je provozní střecha, ze které lze uniknout pouze přes interiér objektu. Po vstupu do objektu z této provozní střechy stejně jako z celého 2.NP lze uniknout dvěma směry, a to přímo únikovým schodištěm s východem umístěným v jižní stěně objektu nebo klasickým schodištěm, vedle kterého je umístěn vstup pro personál, který bude využit jako únikový východ. Z přízemí lze uniknout již zmíněným vchodem pro personál, nebo klasickou cestou přes šatny a hlavní vstup. Z prostor jídelny lze uniknout hlavním východem nebo skrze zásobovací dveře v přípravně jídel.

#### Obsazenost objektu osobami

M.č.	Účel m.	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Proj. os.	Položka	m <sup>2</sup> /os	Souč.	Počet os.	čl. 6.2
001	Jídelna	118,8	54	7.1.1	1,4	0,00	84	Ne
002	Bufet	10,6	1	7.1.2	1,0	0,00	10	Ne
003	Příprava jídel	18,8	2	7.1.3	0,0	1,30	3	Ne
019	Sekretariát	20,6	1	1.1.1	5,0	0,00	4	Ne
021	Ředitelna	31,0	1	1.1.1	5,0	0,00	6	Ne
023	Sborovna	49,7	10	2.2.4	0,0	1,30	13	Ne
024	Kmenová uč.1	63,0	30	2.2.1	1,5	0,00	40	Ne
025	Kmenové uč.2	63,0	30	2.2.1	1,5	0,00	40	Ne
026	PC učebna	46,9	18	2.2.2	2,0	0,00	32	Ne
029	Ateliér	44,6	15	2.2.2	2,0	0,00	23	Ne
030	Laboratoř	51,7	16	2.2.3	3,0	1,30	17	Ne
034	Kabinet 1	26,3	2	1.1.1	5,0	0,00	5	Ne
035	Kabinet 2	25,5	2	1.1.1	5,0	0,00	5	Ne
036	Jazyková uč.	49,7	15	2.2.2	2,0	0,00	25	Ne
037	Kmenová uč.3	63,0	30	2.2.1	1,5	0,00	40	Ne
038	Kmenová uč.4	63,0	30	2.2.1	1,5	0,00	40	Ne
039	Kabinet 3	23,1	2	1.1.1	5,0	0,00	7	Ne
04	Kabinet 4	22,4	2	1.1.1	5,0	0,00	5	Ne
Celkem:							399	

#### Chráněná úniková cesta:

V objektu se nenachází žádná chráněná úniková cesta.

## **Nechráněná úniková cesta:**

### **5. Volba NÚC:**

V objektu se nachází několik nechráněných únikových cest. Ze všech míst krom provozní střechy existují vždy minimálně dva směry úniku.

### **6. Posouzení použití jediné NÚC z PÚ:**

Jediná úniková cesta je pouze z provozní střechy, ze které se uniká interiérem přes 2.NP. Unikající počet osob z provozní střechy nepřesáhne 100 osob a rovněž součinitel  $a > 1,1$ , proto je možné z tohoto místa použít jedinou únikovou cestu.

### **7. posouzení délek a šířek nechráněných únikových cest:**

#### **Požární úsek č. 1 – N1.01 (Jídelna)**

Jedná se o velkou jídelnu a přilehlé menší místnosti vždy se dvěma směry úniku z místnosti po rovině do exteriéru. Počátek NÚC je v rohu místnosti nejdál od východu. Maximální délka NÚC  $l_{max} = 44,7$  m, což je více než skutečná délka NÚC  $l = 16,8$  m.

Mezní šířka NÚC je 0,55 m tedy 1 únikový pruh  $u_{min} = 1$ , což je méně než skutečný počet únikových pruhů  $u = 1,5$  (dveře š. 900 mm).

Dveře na NÚC jsou otevíravé ve směru úniku a jsou na nich osazeny panikové zámky.

NÚC vyhovuje všem požadavkům.

#### **Požární úsek č. 2 – N1.02/N3 (Škola)**

Jedná se o dvoupodlažní požární úsek převážně se dvěma směry úniku z místnosti po schodech dolů a do exteriéru. Počátek NÚC byl posunut v souladu s čl. 9.10.2. ČSN 730802 do dveří místnosti (všechny místnosti:  $l < 15$  m;  $E < 40$  os;  $S < 100$  m<sup>2</sup>). Maximální délka NÚC  $l_{max} = 35,5$  m, což je více než skutečná délka NÚC  $l = 31,6$  m.

Mezní šířka NÚC je 1,100 m tedy 2,0 únikový pruh  $u_{min} = 2,0$ , což je stejně jako skutečný počet únikových pruhů  $u = 2,0$  (dveře š. 1,1 m, chodba š. 1,4 m).

Dveře na NÚC jsou otevíravé ve směru úniku a jsou na nich osazeny panikové zámky.

NÚC vyhovuje všem požadavkům.

#### **Požární úsek č. 2 – N3.03 (Strojovna FVE)**

Jedná se o požární úsek v neužitném podlaží, bez výskytu osob.



## **Další podmínky vztahující se na únikové cesty**

### **Dveře na únikových cestách ... čl. 9.13. ČSN 730802**

Dveře na únikové cestě musí umožnit snadný a rychlý průchod, musí zabránit zachycení oděvu, nesmí bránit evakuaci osob ani zásahu požárních jednotek, a kromě dále zmíněných případů musí být orientovány ve směru úniku a nesmí být opatřeny prahem. Na únikových cestách nesmí být použity jiné dveře než otevíravé v postranních závěsech a vodorovně posuvné. Těmto požadavkům vyhovují všechny dveře umístěné v únikových cestách.

Dveře z místnosti nebo výchozí dveře z ucelené skupiny místností, kam lze ve smyslu čl. 9.1.0.2 ČSN 730802 posunout počátek únikové cesty, nejsou považovány za dveře na únikové cestě, mohou být orientovány proti směru úniku a mohou mít práh.

Panikový zámek, který umožní otevření i zamčených dveří zevnitř tak, aby byla zachována podmínka trvale volného komunikačního prostoru NÚC až na volné prostranství bude osazený na dveře s mechanickou klikou. Vstupní dveře s elektrickým ovládním budou napojeny na EPS a opatřeny nouzovým tlačítkem pro otevření.

Veškeré uzamykatelné dveře, vrata, požární uzávěry apod., vyskytující se na únikových cestách, musí mít ve směru úniku osob kování, které umožní po vyhlášení poplachu (nebo po jinak vzniklém ohrožení) jejich otevření ručně nebo samočinně (bez použití klíčů nebo jakýchkoli nástrojů a bez zdržení evakuace), ať jsou již zamčené, zablokované nebo jinak zajištěné proti vloupání apod.

Dveře na únikových cestách, které jsou při běžném provozu zajištěny proti vstupu nepovolaných osob (např. mechanicky uzamčeny), musejí být při evakuaci otevíratelné a průchodné (uzamčené dveře musí být vybaveny panikovým zámkem, umožňujícím otevřít dveře bez klíčů apod., např. panikovou klikou).

Pokud je na únikové cestě dle ČSN 730818 maximálně 100 unikajících osob a nejedná se o úniky ze shromažďovacích prostor dle ČSN 730831, je povoleno dveře na únikových cestách všech typů blokovat. Dveře jsou tak v běžném provozu blokovány (bezpečnostními zámkem, kódovými kartami) a musejí být v případě evakuace odblokovány a otevíratelné bez dalších opatření, například pomocí EPS nebo přídržných tlačítek. Za požárně nepřijatelná řešení blokace dveří na únikových cestách se považují varianty, které nezaručují funkčnost požárních uzávěrů, například klíček v krabici. Uzávěry nesloužící k evakuaci osob (např. do instalačních šachet), mohou být a zůstat zamčené.

### **Značky a tabulky**

Únikové cesty budou označeny tabulkami podle požadavků ČSN ISO 3864–1– Grafické značky – Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky – Část 1: Zásady navrhování bezpečnostních značek a bezpečnostního značení, ČSN 01 8013 - Požární tabulky a podle nařízení vlády NV 11/2002 Sb. všude, kde není východ na volné prostranství přímo viditelný.

**Únikové cesty v objektu vyhovují všem uvedeným podmínkám.**

### 1.5.2.7 Odstupové vzdálenosti

Kontaktní zateplovací systém budovy do 12 m odpovídající čl. 3.1.3.2. ČSN 730810

Pokud ucelené sestavy vnějšího zateplení nevykazují třídu reakce na oheň A1 nebo A2 (minerální vlna apod.), je nutné v případě tloušťky tepelně izolačního materiálu větší než 200 mm zhodnotit množství uvolněného tepla z 1 m<sup>2</sup> plochy zateplení.

Zde se nachází 200 mm izolantu z EPS. U těchto zateplení není nutné stanovit množství uvolněného tepla a zhodnotit požární otevřenost takto zateplené stěny.

Na fasádě objektu jsou pouze zcela otevřené požární plochy, které jsou tvořeny plastovými okny a dveřmi.

Konstrukční systém budovy je nehořlavý.

### Odstupové vzdálenosti od vlivu sálání

#### Jihozápadní fasáda:

Tabulka 1.5-3: Stanovení odstupových vzdáleností pro JZ fasádu

PÚ	$\rho_v$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$l_u$ [m]	$h_u$ [m]	$s_p$ [m <sup>2</sup> ]	$s_{p0}$ [m <sup>2</sup> ]	$p_o$ [%]	<b>d</b> [m]
N1.01	19	17,8	2	35,5	21	59	<b>1,92</b>
N1.02 – okna 1.NP	97	32,3	2	64,5	48	74	<b>6,12</b>
N1.02 – okna 2.NP	97	32,3	2	64,5	52	81	<b>6,61</b>
N1.02 – dveře	97	1	6,7	6,7	4	60	<b>2,27</b>
N1.02 – dveře na stří.	97	1,5	2	3	3	100	<b>2,66</b>

#### Severovýchodní fasáda:

Tabulka 1.5-4: Stanovení odstupových vzdáleností pro SV fasádu

PÚ	$\rho_v$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$l_u$ [m]	$h_u$ [m]	$s_p$ [m <sup>2</sup> ]	$s_{p0}$ [m <sup>2</sup> ]	$p_o$ [%]	<b>d</b> [m]
N1.01 – okna	19	11,25	2	22,5	10	44	<b>1,28</b>
N1.01 - dveře	19	2,2	2,1	4,6	4,6	100	<b>1,97</b>
N1.02 – 1.NP V	97	22	2	34	21	62	<b>4,85</b>
N1.02 – 2.NP V	97	22	2	44	26	59	<b>4,77</b>
N1.02 – 1.NP Z	97	6,5	2	13	11	85	<b>4,75</b>
N1.02 – 2.NP Z	97	6,5	2	13	7	54	<b>3,48</b>
N1.02 – schodiště	97	5	7,2	36	16	44	<b>5,55</b>
N1.02 – nadstavek	97	7,5	2	15	6	40	<b>2,85</b>

### Jihovýchodní fasáda:

Tabulka 1.5-5: Stanovení odstupových vzdáleností pro JV fasádu

PÚ	$p_v$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$l_u$ [m]	$h_u$ [m]	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	$S_{p0}$ [m <sup>2</sup> ]	$p_o$ [%]	<b>d</b> [m]
N1.01 – okna	19	5,5	2	11	9	82	<b>2,37</b>
N1.01 – dveře	19	3,6	2,2	7,2	4,4	62	<b>1,62</b>
N1.02 – 1.NP vstup	97	3	2,6	7,8	7,8	100	<b>4,30</b>
N1.02 – 2.NP	97	10	2,9	28,4	13,6	48	<b>4,64</b>

### Severozápadní fasáda:

Tabulka 1.5-6: Stanovení odstupových vzdáleností pro SZ fasádu

PÚ	$p_v$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$l_u$ [m]	$h_u$ [m]	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	$S_{p0}$ [m <sup>2</sup> ]	$p_o$ [%]	<b>d</b> [m]
N1.02 – 1.NP	97	17	2	34	21	62	<b>4,85</b>
N1.02 – 2.NP	97	17	2	34	17	50	<b>3,97</b>
N3.03	46	1	2	2	2	100	<b>1,72</b>

$p_v$  ... výpočtové požární zatížení

$l_u$  ... délka opsaného obdélníku

$h_u$  ... výška opsaného obdélníku

$S_p$  ... plocha opsaného obdélníku

$S_{p0}$  ... plocha zcela požárně otevřených ploch

$p_o$  ... poměr zcela požárně otevřených ploch

$d$  ... odstupová vzdálenost

### Vyhodnocení

Požárně nebezpečný prostor posuzovaných požárně otevřených ploch dosahuje na vlastní pozemek investora nebo na veřejné prostranství, kde se nenacházejí jiné stavební objekty. Kromě veřejného prostranství požárně nebezpečný prostor od vlivu sálání nepřesahuje hranici pozemků jiných vlastníků. Posuzovaná budova se nenachází v požárně nebezpečném prostoru jiného objektu. Stav je **vyhovující**.

### Odstupové vzdálenosti vlivem dopadu hořících částí

Na objektu se nevyskytují konstrukční části druhu DP3, v souladu s čl. 10.4.7. ČSN 73 0802 se odstupová vzdálenost z důvodu odpadávání hořících částí neřeší.

### 1.5.2.8 Technická a technologická zařízení

#### Prostupy rozvodů

Rozvodná potrubí a jejich příslušenství, sloužící k rozvodu nehořlavých látek pro technická zařízení nevýrobních stavebních objektů nebo pro technologické účely těchto objektů, mohou prostupovat dle ČSN 730802 požárně dělící konstrukcí při dodržení podmínek ČSN 73 0810, a to:

a) potrubí světlého průřezu do 40 000 mm<sup>2</sup> (bez ohledu na hořlavost použitého materiálu) bez dalších opatření;

b) potrubí světlého průřezu nad 40 000 mm<sup>2</sup> je ze stavebních výrobků třídy reakce na oheň A1 nebo A2 (z nehořlavých stavebních výrobků) a jeho případná izolace je alespoň do vzdálenosti 1000 mm od obou líců požárně dělící konstrukce z nehořlavých stavebních výrobků.

Potrubí světlého průřezu nad 400 cm<sup>2</sup> a jejich příslušenství z hořlavých stavebních výrobků nesmí být volně vedena požárním úsekem a musí být:

1. zabudována ve stavební konstrukci druhu DP1, nebo jinak chráněna, např. krycí vrstvou o požární odolnosti min. 30 minut; nebo
2. umístěna v instalační šachtě nebo v kanálu.

#### Poznámka

Potrubí z nehořlavých stavebních výrobků může být volně vedené požárním úsekem.

Rozvodná potrubí a jejich příslušenství, sloužící k rozvodu hořlavých látek (kapalin a plynů) pro technická a technologická zařízení nevýrobních stavebních objektů dle ČSN 730802, musí být provedena dle dále uvedených ustanovení. Kromě případů podle bodu a) jsou rozvodná potrubí ze stavebních výrobků třídy reakce na oheň A1. Při prostupu požárně dělící konstrukcí musí být dodržena příslušná ustanovení ČSN 730810 a dále:

a) rozvodná potrubí světlého průřezu do 750 mm<sup>2</sup> v budovách skupiny OB1 nebo OB2 dle ČSN 730833 a požární výšky h 22,5 m mohou být pro hořlavé kapaliny z výrobků třídy reakce na oheň A2 nebo B; v případě hořlavých plynů musí rozvodné potrubí splňovat požadavky podle ČSN EN 1755; v obou případech musí být při požáru spolehlivě zabráněno úniku hořlavých látek mimo rozvodné potrubí (např. požární pojistkou, požárním krytem apod.);

b) rozvodná potrubí o světlém průřezu do 15 000 mm<sup>2</sup> bez dalších opatření;

c) rozvodná potrubí o světlém průřezu nad 15 000 mm<sup>2</sup> do 35 000 mm<sup>2</sup> musí mít v místě prostupu uzávěr (např. ventil nebo šoupě), který se samočinně uzavře, jakmile teplota prostředí překročí stanovený limit.

Rozvodná potrubí nad 35 000 mm<sup>2</sup> nesmějí prostupovat požárně dělícími konstrukcemi a musí být umístěna v samostatných instalačních šachtách nebo kanálech, majících ohraničující konstrukce EI nebo REI 90 DP1 a požární uzávěry otvorů EI 45 DP1. Kromě toho musí být potrubí před vstupem do objektu nebo do instalační šachty, popřípadě v dalších místech vybavena uzávěrem samočinně se uzavírajícím (umožňujícím i ruční ovládání) když teplota vně nebo uvnitř

instalační šachty dosáhne 80 °C. Samočinný uzávěr musí být doplněn vypínačem zdroje pohybu látky dopravované potrubím.

Dle ČSN 730810 prostupy rozvodů a instalací, technických a technologických zařízení, elektrických rozvodů apod. mají být navrženy tak, aby co nejméně prostupovaly požárně dělícími konstrukcemi. Konstrukce, ve kterých se vyskytují tyto prostupy, musí být dotaženy až k vnějším povrchům prostupujících zařízení, a to ve stejné skladbě a se stejnou požární odolností jakou má požárně dělící konstrukce. Požárně dělící konstrukce může být případně i zaměněna (nebo upravena) v dotahované části k vnějším povrchům prostupů za předpokladu, že nedojde ke snížení požární odolnosti konstrukce.

Těsnění prostupů se provádí:

a) realizací požárně bezpečnostního zařízení – výrobku (systému) požární přepážky nebo ucpávky (v souladu s ČSN EN 13501-2+A1:2010), nebo

b) dotěsněním (například dozděním, dobetonováním) hmotami třídy reakce na oheň A1 nebo A2 v celé tloušťce konstrukce, a to pouze nejedná-li se prostupy okolo chráněných únikových cest (nebo okolo požárních nebo evakuačních výtahů) a zároveň v případech určených dále.

Podle bodu a) se prostupy hodnotí kritérii:

- EI v požárně dělících konstrukcích EI a REI anebo
- E v požárně dělících konstrukcích EW nebo REW.

Podle bodu b) tohoto textu lze postupovat pouze v následujících případech:

1) jedná se o vstup zděnou nebo betonovou konstrukcí a jedná se maximálně o 3 potrubí s trvalou náplní vodou nebo jinou nehořlavou kapalinou. Potrubí musí být třídy reakce na oheň A1 nebo A2 anebo musí mít vnější průměr potrubí maximálně 30 mm. Případné izolace potrubí v místě prostupů musí být nehořlavé, tj. třídy reakce na oheň A1 nebo A2, a to s přesahem minimálně 500 mm na obě strany konstrukce (například je-li ve zděné nebo betonové konstrukci v době výstavby vynechán montážní otvor, po instalaci potrubí musí být otvor dozděn nebo dobetonován v kvalitě okolní konstrukce výrobky třídy reakce na oheň A1 nebo A2, a to až k povrchu potrubí, a to v celé tloušťce konstrukce); nebo

2) jedná se o jednotlivý vstup jednoho, samostatně vedeného kabelu elektroinstalace bez chráničky s vnějším průměrem kabelu do 20 mm, předpokládá se provedení vstupu se shodným průměrem, jako je průměr kabelu. Takovýto postup smí být nejen ve zděné nebo betonové, ale i v sádkartonové a sendvičové konstrukci (provede-li se v sendvičové konstrukci otvor většího průměru, než je vstupující kabel, postupuje se podle bodu a)). Tato konstrukce musí být dotažena až k povrchu kabelu shodnou skladbou. Podle bodu b) se samostatně posuzují vstupy, mezi nimiž je vzdálenost alespoň 500 mm.

VZT zařízení musí být provedena tak, aby se jimi nebo po nich nemohl šířit požár nebo jeho zplodiny do jiných požárních úseků. Pro zkoušení požární odolnosti VZT potrubí platí ČSN EN 1366-1. Požárně neuzavřené vstupy VZT zařízení o ploše jednoho vstupu do 40 000 mm<sup>2</sup> nesmí ve svém souhrnu mít plochu větší než 1/100 plochy požárně dělící konstrukce, kterou VZT

prochází, vzájemná vzdálenost prostupů musí být nejméně 500 mm. VZT zařízení bude provedeno v souladu s ČSN 730872.

### **Vytápění**

Objekt je vytápěn pomocí tepelných čerpadel země-voda, které neprodukují žádné spaliny a není potřeba žádný komín. Celkový výkon kotlů bude cca 90 kW. Kotelna netvoří samostatný požární úsek.

Bude dodržena vzdálenost případných tepelných spotřebičů od hořlavých hmot dle vyhl. č. 23/2008 Sb. ve znění vyhl. č. 268/2011 Sb.

### **Větrání**

Celý objekt je větrán nuceně pomocí několika VZT jednotek. Provozní část školy je větrána dvěma VZT jednotkami umístěné ve strojovně VZT v neužitném 3.NP. Tato strojovna netvoří samostatný PÚ, protože větrá pouze jeden PÚ a může být k němu přičleněna. Jídelna je větrána samostatnou VZT jednotkou umístěnou ve strojovně VZT u jídelny. Tato strojovna netvoří samostatný PÚ, protože větrá pouze jeden PÚ a může být k němu přičleněna. Rozvody VZT neprocházejí žádnou požárně dělící konstrukcí.

### **Technické požadavky na technická zařízení**

Veškerá technická zařízení budou instalována a provozována dle nařízení výrobce/dovozce a budou dodržovány návody k použití jednotlivých výrobků, případně zákonná a normativní ustanovení. Bude dodržena bezpečná vzdálenost tepelných spotřebičů od hořlavých hmot dle přílohy č. 8 vyhlášky č. 23/2008 Sb. Střídače a měniče pro systém FVE jsou umístěny v samostatném PÚ tvořeným jedinou místností, a to strojovou FVE, která se nachází v neužitném 3.NP.

#### **1.5.2.9 Zařízení pro protipožární zásah**

### **Přístupové komunikace a nástupní plochy**

Přístupová komunikace musí být zpevněna i pro pojezd vozidel HZS (vozidel se zatížením na jednu nápravu 100kN). Musí mít minimální šířku 3,0m, vzdálenost od objektu max. 20m od vstupu do objektu (u nevýrobních objektů).

Objekt přiléhá k obousměrné zpevněné silniční komunikaci šířky 8 m > 3 m. Hlavní vstup do objektu je od ní vzdálen 16 m < 20 m. Dle čl. 12.2.1 ČSN 73 0802 je navrhovaný stav **vyhovující**.

U objektu s požární výškou do 12 m není třeba zřizovat nástupní plochy dle čl. 12.4.4. ČSN 73 0802. Navrhovaná požární výška je 3,9 m, proto nástupní plocha není navržena.

Vnitřní ani vnější zásahové cesty nejsou požadovány v souladu s čl. 12.5.1. ČSN 73 0802 a s čl. 12.6.2. ČSN 73 0802.

## Zásobování požární vodou

### Vnější odběrové místo

- Požadavek:
- Podzemní hydrant
  - DN min. 125 mm,
  - vzdálenost od objektu max 150 m.
- Návrh:
- Podzemní hydrant
  - DN 150 mm,
  - vzdálenost od objektu 80 m.

### Vnitřní odběrové místo

V požární úseku č. 1 – N1.01 (Jídelna) je součin  $S.p = 4515,7 < 9000$ , a proto lze od vnitřních odběrných míst upustit.

V požární úseku č. 2 – N1.02 (Škola) je součin  $S.p = 119\ 861 > 9000$ , a proto nelze od vnitřních odběrných míst upustit.

- Požadavky pro N1.02:
- Tvarově stálá hadice
  - DN 25 mm
  - Max vzdálenost 40 m
- Návrh:
- 2 odběrná místa (1 v každém patře)
  - Tvarově stálá hadice
  - DN 25 mm
  - délka hadice 30 m + 10 m dostřík

### Vyhodnocení

Vnější i vnitřní odběrové místo je navrženo a vyhovuje požadavkům.

### Návrh počtu PHP

Do požárního úseku N1.01 o ploše 200 m<sup>2</sup> je v souladu s čl. 12.8. ČSN 73 0802 navrženo **2x práškový hasící přístroj s hasící schopností 21A.**

Do požárního úseku N1.02 o ploše 1540 m<sup>2</sup> je v souladu s čl. 12.8. ČSN 73 0802 navrženo **7x práškový hasící přístroj s hasící schopností 21A.**

Do požárního úseku N3.03 o ploše 12 m<sup>2</sup> je v souladu s čl. 12.8. ČSN 73 0802 navrženo **1x práškový hasící přístroj s hasící schopností 21A.**

### Umístění hasicích přístrojů a jejich kontroly dle §3 a §9 vyhlášky č. 246/2001 Sb:

Umístění PHP musí umožňovat jejich snadné a rychlé použití, PHP musí být snadno viditelné a volně přístupné. Umísťují se na svislé stavební konstrukci nejvýše 1,5 m nad podlahou. Pokud je PHP umístěn na podlaze, musí být zajištěn proti pádu.

Kontroly PHP se provádějí po každém použití, při mechanickém poškození a nejméně 1 x za rok, Součástí údržby PHP je jejich periodická zkouška a plnění. Vlastník objektu bude mít k dispozici doklady o provedených kontrolách PHP.

## **Dodávka elektrické energie**

V řešeném stavebním objektu nejsou elektrické rozvody zajišťující funkci nebo ovládání zařízení sloužících pro protipožární zásah dle čl. 12.9.1. ČSN 730802. Elektrická zařízení, která neslouží protipožárnímu zabezpečení objektu, mohou mít dle čl. 12.9.3. ČSN 730802 jakékoli vodiče a kabely, které však odpovídají provozním podmínkám.

Veškeré elektrické zařízení je možné vypnout vypínacím prvkem TOTAL STOP, který bude umístěn do 5 m od vstupu do objektu.

Objekt bude vybaven bleskosvodem dle platných předpisů.

## **Zařízení k zajištění požární bezpečnosti**

Objekt bude vybaven EPS (kouřovými čidly s akumulátorem) ve všech místnostech kromě: místností bez požárního rizika ( $p_v < 7,5 \text{ kg/m}^2$ ;  $a < 1,1$ )

Dále je v objektu instalován rozhlas s nuceným poslechem (nutno pro školní zařízení pro více než 100 žáků).

### **1.5.3 Bezpečnostní tabulky**

Příslušnými bezpečnostními tabulkami podle požadavků ČSN ISO 3864-1 - Grafické značky – Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky – Část 1: Zásady navrhování bezpečnostních značek a bezpečnostního značení, ČSN 01 8013 - Požární tabulky a podle nařízení vlády NV 11/2002 Sb. budou označeny:

směry úniku

přenosné hasicí přístroje

vnitřní odběrní místo

hlavní vypínač elektrické energie – TOTAL STOP

hlavní uzávěr vody

hlavní uzávěr plynu

případné těsnění prostupů, manžety

### **1.5.4 Závěr**

Objekt je řešen dle ČSN 730802 v souladu s navazujícími projektovými normami, zejména ČSN 730835. Budova je rozdělena do 3 požárních úseků. Požární odolnost stavebních konstrukcí vyhoví požadavkům SPB jednotlivých požárních úseků. V objektu jsou k dispozici nechráněné únikové cesty vyhovující parametrů. Odstupové vzdálenosti dosahují pouze na vlastní pozemek investora a na veřejné prostranství, stav je vyhovující.

**Stavební objekt vyhoví požadavkům požární bezpečnosti staveb při dodržení výše uvedených zásad.**



## 2 Technika prostředí stavby

### 2.1 Koncepce umělého osvětlení

#### 2.1.1 Použitá svítidla

Tabulka 2.1-1: Přehled vlastností použitých svítidel

Označení	Světelný výkon svítidla [lm]	Teplota chromatičnosti	Příkon [W]	Typ svítidla	Strmivatelné ANO/NE	Výška x šířka x délka [mm]	Způsob montáže
SV.1	3200	4000	32	LED	ANO	11 x 295 x 1195	Vsazené
SV.2	5000	4000	45	LED	ANO	9 x 595 x 595	Vsazené
SV.3	4400	4000	40	LED	ANO	10 x 590 x 590	Vsazené
SV.4	1500	4000	18	LED	ANO	24 x 190 x 190	Přisazené
SV.5	910	4000	13	LED	NE	170 x 48	Vsazené
SV.6	560	3000	6	LED	NE	115 x 35	Vsazené
SV.7	3800	4100	45	LED	ANO	9 x 300 x 1200	Závěsné
SV.8	4440	4500	48	LED	ANO	12 x 295 x 1195	Závěsné

#### 2.1.2 Stanovení počtu svítidel

##### 2.1.2.1 Vzorový výpočet pro kmenovou učebnu (místnost č. 131)

Činitel prostoru

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{7 \cdot 9}{2,15 \cdot (7 + 9)} = 1,83$$

Reflexní účinnost prostoru

	Odrazivost (činitel odrazu)			
Strop	0,8			
Stěny	0,5		0,3	
Srovnávací rovina	0,3	0,1	0,3	0,1
Činitel místnosti k	Reflexní účinnost prostoru			
0,6	52	49	43	42
1,0	73	67	64	60
1,5	89	81	81	
2,0	97	86	89	
3,0	107	94	101	90

Lineární interpolace → 0,86

Obrázek 1: Reflexní účinnost prostoru [autor]

## Potřebný světelný tok

$$\phi = \frac{E \cdot A}{\eta \cdot z \cdot \eta_p} = \frac{400 \cdot 63}{0,95 \cdot 0,7 \cdot 0,86} = 43\,909 \text{ lm}$$

## Počet svítidel

Navržený typ svítidla: SV7  
 Světelný výkon jednoho svítidla: 3 800 lm  
 Potřebný počet svítidel  $\phi / \phi_i$ : 43 909/3800 = 12 ks

### 2.1.2.2 Výpočet umělého osvětlení pro všechny místnosti v 1. NP

Tabulka 2.1-2: Výpočet potřebného počtu svítidel

Číslo místnosti	S- Plocha [m <sup>2</sup> ]	H <sub>sv</sub> -Světelná výška [m]	h- Výška svítidla nad srov. rov. [m]	E- Požadovaná osvětlenost [lux]	k - Činitel prostoru [-]	$\eta_p$ - Reflexní účinnost prostoru	$\Phi$ - Potřebný světelný tok [lm]	$\Phi_i$ - Světelný tok svítidla [lm]	Počet svítidel [ks]	Označení svítidla	Předimenzování [%]
101	118,8	3,1	2,26	300	2,20	0,91	<b>58 636</b>	4 440	<b>14</b>	<b>SV.8</b>	106
102	3,6	3,1	2,26	150	0,37	0,43	<b>1 904</b>	1 500	<b>2</b>	<b>SV.4</b>	158
103	5,4	3,1	2,26	100	0,52	0,43	<b>1 895</b>	560	<b>4</b>	<b>SV.6</b>	118
104	5,8	3,1	2,26	100	0,52	0,43	<b>2 028</b>	560	<b>4</b>	<b>SV.6</b>	110
105	2,4	3,1	2,26	100	0,33	0,43	<b>832</b>	910	<b>1</b>	<b>SV.5</b>	109
106	3,5	3,1	2,26	100	0,42	0,43	<b>1 231</b>	560	<b>3</b>	<b>SV.6</b>	136
107	4,0	3,1	2,26	100	0,43	0,43	<b>1 395</b>	560	<b>3</b>	<b>SV.6</b>	120
108	18,5	3,0	2,15	100	0,94	0,61	<b>4 566</b>	1 500	<b>4</b>	<b>SV.4</b>	131
109	8,7	3,1	2,26	150	0,53	0,43	<b>4 558</b>	1 500	<b>4</b>	<b>SV.4</b>	132
110	7,9	3,1	2,26	100	0,62	0,44	<b>2 699</b>	910	<b>3</b>	<b>SV.5</b>	101
111	3,9	3,1	2,26	300	0,44	0,43	<b>4 092</b>	1 500	<b>3</b>	<b>SV.4</b>	110
112	2,9	3,1	2,26	100	0,34	0,43	<b>1 000</b>	560	<b>2</b>	<b>SV.6</b>	112
112	18,8	3,1	2,26	300	0,96	0,62	<b>13 685</b>	4 400	<b>4</b>	<b>SV.3</b>	129
113	2,9	3,1	2,26	300	0,34	0,43	<b>3 001</b>	1 500	<b>3</b>	<b>SV.4</b>	150
114	10,6	3,1	2,26	300	0,72	0,49	<b>9 737</b>	4 400	<b>3</b>	<b>SV.3</b>	136
115	10,5	3,0	2,15	150	0,75	0,51	<b>4 649</b>	3 200	<b>2</b>	<b>SV.1</b>	138
116	48,8	3,0	2,15	300	1,62	0,83	<b>26 525</b>	3 200	<b>9</b>	<b>SV.1</b>	109
117	84,3	3,0	2,15	150	1,23	0,72	<b>26 516</b>	3 200	<b>9</b>	<b>SV.1</b>	109
118	11,5	3,0	2,15	300	0,78	0,52	<b>9 911</b>	4 400	<b>3</b>	<b>SV.3</b>	133
119	35,0	3,0	2,15	100	1,34	0,76	<b>6 943</b>	1 500	<b>5</b>	<b>SV.4</b>	108
120	4,3	3,0	2,15	100	0,48	0,43	<b>1 504</b>	560	<b>3</b>	<b>SV.6</b>	112
121	13,4	3,0	2,15	100	0,78	0,53	<b>3 834</b>	560	<b>7</b>	<b>SV.6</b>	102
122	6,3	3,0	2,15	100	0,58	0,43	<b>2 217</b>	560	<b>4</b>	<b>SV.6</b>	101

123	15,0	3,0	2,15	100	0,82	0,55	<b>4 118</b>	560	<b>8</b>	<b>SV.6</b>	109
124	10,5	3,0	2,15	150	0,55	0,43	<b>5 508</b>	560	<b>10</b>	<b>SV.6</b>	102
125	41,3	3,0	2,15	150	1,49	0,81	<b>11 545</b>	1 500	<b>8</b>	<b>SV.4</b>	104
126	15,0	3,0	2,15	150	0,73	0,50	<b>6 759</b>	1 500	<b>5</b>	<b>SV.4</b>	111
127	31,0	3,0	2,15	400	1,29	0,74	<b>25 268</b>	5 000	<b>6</b>	<b>SV.2</b>	119
128	6,0	3,0	2,15	150	0,56	0,43	<b>3 147</b>	1 500	<b>3</b>	<b>SV.4</b>	143
129	20,6	3,0	2,15	300	0,96	0,62	<b>15 036</b>	5 000	<b>4</b>	<b>SV.2</b>	133
130	49,7	3,0	2,15	300	1,64	0,83	<b>26 938</b>	5 000	<b>6</b>	<b>SV.2</b>	111
131	63,0	3,0	2,15	400	1,83	0,86	<b>43 909</b>	3 800	<b>12</b>	<b>SV.7</b>	104
132	63,0	3,0	2,15	400	1,83	0,86	<b>43 909</b>	3 800	<b>12</b>	<b>SV.7</b>	104
133	46,9	3,0	2,15	400	1,59	0,82	<b>34 204</b>	4 440	<b>8</b>	<b>SV.8</b>	104
134	2,2	3,0	2,15	100	0,34	0,43	<b>759</b>	560	<b>2</b>	<b>SV.6</b>	148

Pozn. 1: Udržovací součinitel je u všech místností uvažován 0,7.

Pozn. 2: Činitel využití je u všech místností uvažován 0,95.

Pozn. 3: Odraznost stropu je uvažována ve všech místnostech 0,8 a odraznost stěn a srovnávací roviny 0,3.

## 2.2 Koncepce hospodaření s dešťovou vodou

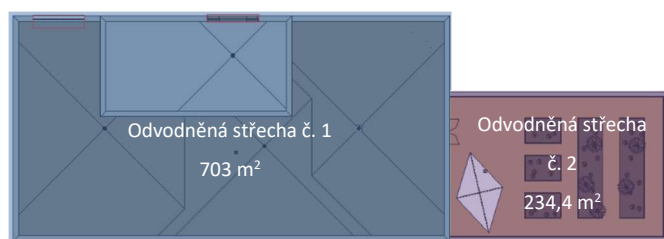
Dešťová voda ze střech bude zachycována do akumulární nádrže, kde bude skladována pro pozdější využití na zalévání a splachování. Dešťová voda je svedena do akumulární nádoby přes podzemní filtrační šachtu. V akumulární nádrži je bezpečnostní přepad, kterým se dešťová voda při naplnění akumulární nádoby dostane do vsakovací jímky. Pro velmi nepravděpodobný případ zaplnění i této vsakovací jímky je navržen i zde přepad do dešťové kanalizace.

Zpevněné plochy na pozemku jsou odvodněny do přilehlých zelených ploch, případně do vsakovací jímky. Parkoviště je odvodněno do jeho středu, kde se nachází vsakovací a retenční prohlubeň se zelení se schopností odlučovat ropné látky.

### 2.2.1 Akumulace

#### Stanovení množství zachytitelných srážek a potřebného objemu nádrže

Pro výpočet byla využita veřejně dostupná kalkulačka v programu: „odpovědné hospodaření s vodou“ pod Ministerstvem životního prostředí.



Obrázek 2: Znárodnění odvodněných střech [autor]

katastrální území Bosonohy ( průměrný roční srážkový úhrn 543 mm )

typ odvodňovaného povrchu	součinitel odtoku [-]	plocha povrchu [m <sup>2</sup> ]	množství zachytitelné srážky [m <sup>3</sup> / rok]
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě se sklonem do 5 %	0.8 (0.7 - 0.9)	703	305.38
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě se sklonem do 5 %	0.7 (0.7 - 0.9)	234,4	89.10

celkové množství zachytitelné srážky: 394.48 m<sup>3</sup> / rok

Obrázek 3: Množství zachytitelných srážek [www.suchovkrajine.cz]

Tabulka 2.2-1: Výpočet objemu akumulční nádrže dle množství využitelných srážek

<b>Množství zachytitelných srážek:</b>	<b>395</b>	<b>m<sup>3</sup>/rok</b>
<i>Koeficient optimální velikosti:</i>	20	
<b>Minimální objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody:</b>	<b>21,6</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

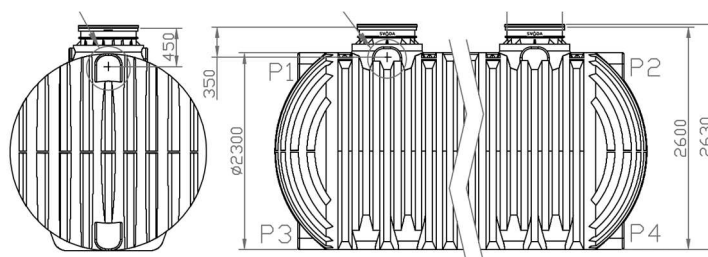
### Stanovení spotřeby dešťové vody a potřebného objemu nádrže

Tabulka 2.2-2: Výpočet objemu akumulční nádrže dle spotřeby

<i>Potřebné množství vody pro splachování (10 l/os.den ; 252 dnů/rok):</i>	302,4	m <sup>3</sup> /rok
<i>Potřebné množství vody pro zalévání záhonů (80 l/m<sup>2</sup>.týden ; 15 týdnů):</i>	31,2	m <sup>3</sup> /rok
<i>Potřebné množství vody pro zalévání zahrady (20 l/m<sup>2</sup>.týden ; 15 týdnů):</i>	30	m <sup>3</sup> /rok
<b>Celková potřeba dešťové vody:</b>	<b>363,6</b>	<b>m<sup>3</sup>/rok</b>
<i>Koeficient optimální velikosti:</i>	20	
<b>Minimální objem nádrže dle spotřeby vody:</b>	<b>19,9</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

### Výběr akumulční nádoby

Z výše uvedeného výpočtu vyplývá, že na střechu spadne ročně větší úhrn srážek, než je spotřeba na splachování v objektu a zalévání záhonů a zahrady. Nevyužitá dešťová voda bude vsakována na pozemku ve vsakovací jímce. Pro akumulaci je navržena samonosná plastová nádrž o objemu 20 000 l.



Obrázek 4: Schéma akumulční nádrže [www.destovenadrze.cz]

## Ekonomické zhodnocení

Tabulka 2.2-3: Zjednodušené ekonomické zhodnocení využití dešťové vody

Skutečné množství využití dešťové vody (80 % z teoretické potřeby):	290,88	m <sup>3</sup> /rok
Odhad ceny akumulací nádrže:	145 000	Kč
Odhad ceny dalších systémů a montáže:	150 000	Kč
Celkové náklady:	295 000	Kč
Cena za vodné a stočné v Brně:	87,10	Kč/m <sup>3</sup>
Celková roční úspora:	25 336	Kč/rok
<b>Prostá doba návratnosti:</b>	<b>11,6</b>	<b>let</b>
Předpokládaná životnost akumulací nádrže:	50	Let

## 2.2.2 Vsakování

### Návrh potřebné vsakovací plochy

Pro výpočet potřebné vsakovací plochy byla využita veřejně dostupná kalkulačka na internetu od společnosti Aliaxis Česká republika s.r.o. Odvodněná plocha střechy je do výpočtu díky akumulaci redukována na 30 %. Přidáno je odhadem 200 m<sup>2</sup> zpevněných ploch s dlažbou s vypískovanými spárami. Přesná plocha zpevněných ploch a velikosti vsakovací nádrže bude upřesněna v dalších fázích projektu, až bude známa velikost multifunkčního hřiště a dalších ploch.

#### Návrhové a vypočítané údaje

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60 \quad T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak} + Q_o}$$

$A_{red}$	324 m <sup>2</sup>	redukovány půdorysný průmět odvodňované plochy
$A_{vz}$	0 m <sup>2</sup>	plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení)
$Q_p$	0 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	jiný přítok
$p$	0.2 rok <sup>-1</sup>	periodicita srážek
$k_v$	$\frac{0.00000100}{1} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	koeficient vsaku
$f$	2	součinitel bezpečnosti vsaku
$Q_o$	0 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	regulovaný odtok
$A_{vsak}$	89.7 m <sup>2</sup>	<b>velikost vsakovací plochy</b>
$h_d$	38.7 mm	návrhový úhrn srážek
$t_c$	360 min	doba trvání srážky
$Q_{vsak}$	$\frac{0.0000449}{1} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	vsakovaný odtok
$V_{vz}$	11.6 m <sup>3</sup>	největší vypočtený retenční objem vsakovacího zařízení (návrhový objem)
$T_{pr}$	71.7 hod	doba prázdnění vsakovacího zařízení - VYHOVUJE

Obrázek 5: Výpočet potřebné vsakovací plochy [www.aliaxis.cz]

## Návrh vsaku

Pro vsakovací jímku je navržen systémový plastový tunel, který společně se štěrkovým zásypem tvoří vsakovací jímku. Celkem je ve vsakovací jímcce navrženo 75 ks systémových tunelů a celkově musí být půdorysná plocha jímky minimálně 90 m<sup>2</sup>.

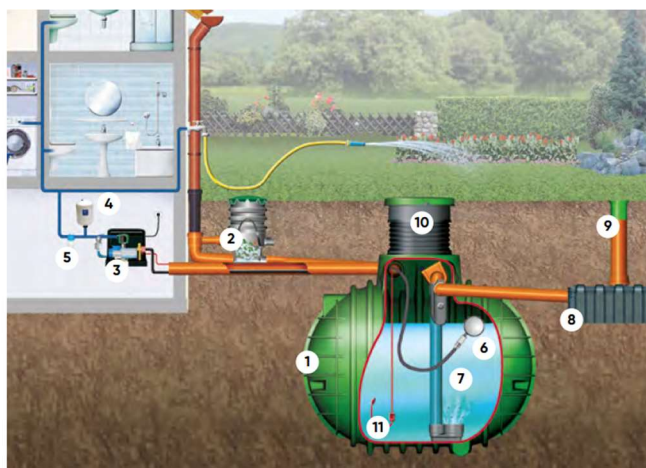


Obrázek 6: Systémový vsakovací tunel [www.aliaxis.cz]

### 2.2.3 Využití dešťové vody

Dešťová voda je využita pro splachování v objektu, zalévání edukačních záhonů na provozní střeše a zahrady. Pro využití je navržena automatická domovní přečerpávací stanice s filtrací a dopouštěním vody z vodovodního řádu.

- 1 Nádrž na dešťovou vodu
- 2 Filtrační šachta
- 3 Domácí vodárna
- 4 Tlaková nádoba
- 5 Filtr 10"
- 6 Plovoucí sání
- 7 Klidný nátok – sada
- 8 Vsakovací tunel
- 9 Kontrolní závěr
- 10 Šachtová kopule
- 11 Plovák

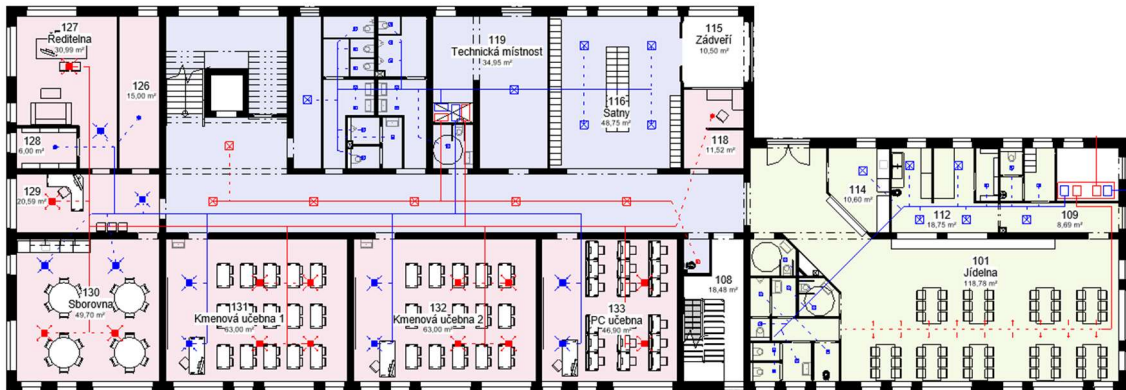


Obrázek 7: Schéma systému využití dešťové vody [www.aliaxis.cz]

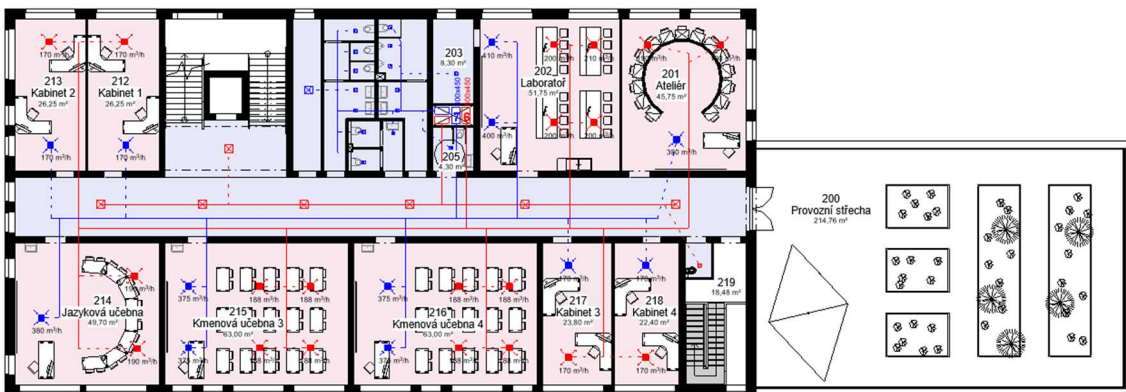
## 2.3 Koncepce nuceného větrání

V objektu jsou navrženy celkem 3 VZT jednotky od společnosti Remak. Objekt je rozdělen do tří zón, z nichž každou obsluhuje jedna VZT jednotka. Zóny jsou děleny dle provozních charakteristik místností tak, aby VZT jednotky mohly fungovat plynule a předvídatelně. Schéma rozvodů je znázorněno v příloze č. 2.2.1 a 2.2.2.

## Schéma zónování



Obrázek 8: Zónování VZT 1.NP [autor]



Obrázek 9: Zónování VZT 2.NP [autor]

## Použité distribuční prvky

V projektu jsou využity převážně vířivé anemostaty, talířové ventily a pro přívod vzduchu do jídelny je využitý textilní distribuční prvek.

Tabulka 2.3-1: Parametry použitých distribučních prvků

Název	Rozměr	Průtok min. - max. [m <sup>3</sup> /hod]	Tlaková ztráta min. - max. [Pa]	Akustický výkon min. - max. [dB]	Výška plenum boxu [mm]
DFR-A 300x8	295x295	150 - 300	10 - 50	32 - 54	239
DFR-A 400x16	395x395	270 - 520	10 - 50	30 - 48	264
DFR-A 500x16	495x495	270 - 520	10 - 50	30 - 48	314
DFR-A 500x24	495x495	370 - 720	10 - 50	28 - 45	314
BDOP 80 LITE	119x119	15 - 60	5 - 76	22 - 46	-
BDOP 100 LITE	185x185	30 - 90	4 - 36	23 - 40	-
BDOP 125 LITE	185x185	45 - 150	6 - 73	23 - 49	-
BDOP 160 LITE	236x236	120 - 240	24 - 94	33 - 53	-
VKE	200x100	110 - 220	5 - 20	22 - 41	-

## Stanovení doby provozu pro energetické hodnocení

Tabulka 2.3-2: Provozní doba VZT 1

VZT 1 - Učebny	Školní rok	Prázdniny	Jednotky
<i>Celkový počet dnů v roce:</i>	303	62	den
<i>Průměrný počet provozních dnů v roce:</i>	200	16	den
<i>Provozní doba:</i>	8	8	hod/den
<i>Celkový počet hodin v roce:</i>	7272	1488	hod
<i>Průměrný počet provozních hodin v roce:</i>	1600	128	hod
<b><i>Podíl provozních hodin v roce:</i></b>	<b>22,0</b>	<b>8,6</b>	<b>%</b>

Pozn.: Během provozního dne je uvažováno se 2 hodinami provozu na 40 % jmenovitého průtoku a 6 hodinami provozu na 80 % jmenovitého průtoku. Průměrně je tedy přiváděno 70 % maximálního jmenovitého průtoku VZT.

Tabulka 2.3-3: Provozní doba VZT 2

VZT 2 – Hygienické zázemí	Školní rok	Prázdniny	Jednotky
<i>Celkový počet dnů v roce:</i>	303	62	den
<i>Průměrný počet provozních dnů v roce:</i>	200	16	den
<i>Provozní doba:</i>	8	8	hod/den
<i>Celkový počet hodin v roce:</i>	7272	1488	hod
<i>Průměrný počet provozních hodin v roce:</i>	1600	128	hod
<b><i>Podíl provozních hodin v roce:</i></b>	<b>22,0</b>	<b>8,6</b>	<b>%</b>

Pozn.: Během provozního dne je uvažováno se 4 hodinami provozu na 80 % jmenovitého průtoku a 4 hodinami provozu na 20 % jmenovitého průtoku. Průměrně je tedy přiváděno 50 % maximálního jmenovitého průtoku VZT.

Tabulka 2.3-4: Provozní doba VZT 3

VZT 3 - Jídelna	Školní rok	Prázdniny	Jednotky
<i>Celkový počet dnů v roce:</i>	303	62	den
<i>Průměrný počet provozních dnů v roce:</i>	200	46	den
<i>Provozní doba:</i>	5	3	hod/den
<i>Celkový počet hodin v roce:</i>	7272	1488	hod
<i>Průměrný počet provozních hodin v roce:</i>	1000	135	hod
<b><i>Podíl provozních hodin v roce:</i></b>	<b>13,8</b>	<b>9,1</b>	<b>%</b>

Pozn.: Po celou dobu provozu VZT je uvažováno se 70 % z maximálního jmenovitého průtoku VZT.

### 2.3.1 Zóna č.1 – pobytové prostory (učebny, kabinety, sborovna...)

#### 2.3.1.1 Okrajové podmínky

- Teplota přiváděného vzduchu v létě: 24 °C
- Teplota přiváděného vzduchu v zimě: 20 °C
- Dávka vzduchu dle obsazenosti: 25 m<sup>3</sup>/os



### 2.3.1.2 Návrh průtoků vzduchu a distribučních prvků

Tabulka 2.3-5: Návrh distribučních prvků a průtoků v jednotlivých místnostech

č. místnosti - název místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Max. obsazenost [os.]	Průtok na přívodu [m <sup>3</sup> /hod]	Průtok na odvodu [m <sup>3</sup> /hod]	Název distribučního prvku	Počet distr. prvků	Násobnost výměny
118 - Zázemí správce objektu	12	35	2	50	-	BDOP 100 LITE	1	1,4
127 - Ředitelna	31	93	3	190	-	DFR-A 300x8	1	2,0
				-	170	DFR-A 300x8	1	
128 - Archiv	6	19	0	-	20	BDOP 100 LITE	1	1
126 - Sklad tiskovin	15	88	0	-	50	BDOP 100 LITE	1	0,6
129 - Sekretariát	21	62	3	130	-	DFR-A 300x8	1	2,1
				-	130	DFR-A 400x16	1	
130 - Sborovna	50	149	15	380	-	DFR-A 300x8	2	2,5
				-	380	DFR-A 300x8	2	
131 - Kmenová učebna 1	63	189	30	750	-	DFR-A 300x8	4	4,0
				-	750	DFR-A 400x16	2	
132 - Kmenová učebna 2	63	189	30	750	-	DFR-A 300x8	4	4,0
				-	750	DFR-A 400x16	2	
133 - PC učebna	47	141	18	450	-	DFR-A 300x8	2	3,2
				-	450	DFR-A 300x8	2	
201 - Ateliér	46	142	15	380	-	DFR-A 300x8	2	2,7
				-	380	DFR-A 400x16	1	
202 - Laboratoř	52	160	16	810	-	DFR-A 300x8	4	5,0
				-	810	DFR-A 500x24	2	
212 - Kabinet 1	26	81	3	170	-	DFR-A 300x8	1	2,1
				-	170	DFR-A 400x16	1	
213 - Kabinet 2	26	81	3	170	-	DFR-A 300x8	1	2,1
				-	170	DFR-A 400x16	1	
214 - Jazyková učebna	50	154	15	380	-	DFR-A 300x8	2	2,5
				-	380	DFR-A 400x16	1	
215 - Kmenová učebna 3	63	195	30	750	-	DFR-A 300x8	4	3,8
				-	750	DFR-A 400x16	2	
216 - Kmenová učebna 4	63	195	30	750	-	DFR-A 300x8	4	3,8
				-	750	DFR-A 400x16	2	
217 - Kabinet 3	24	74	3	150	-	DFR-A 300x8	1	2,0
				-	150	DFR-A 400x16	1	
218 - Kabinet 4	22	69	3	140	-	DFR-A 300x8	1	2,0
				-	140	DFR-A 400x16	1	
<b>Max. průtok přiváděného vzduchu celkem [m<sup>3</sup>/hod]</b>						<b>6 400</b>		
<b>Max. průtok odváděného vzduchu celkem [m<sup>3</sup>/hod]</b>						<b>6 400</b>		

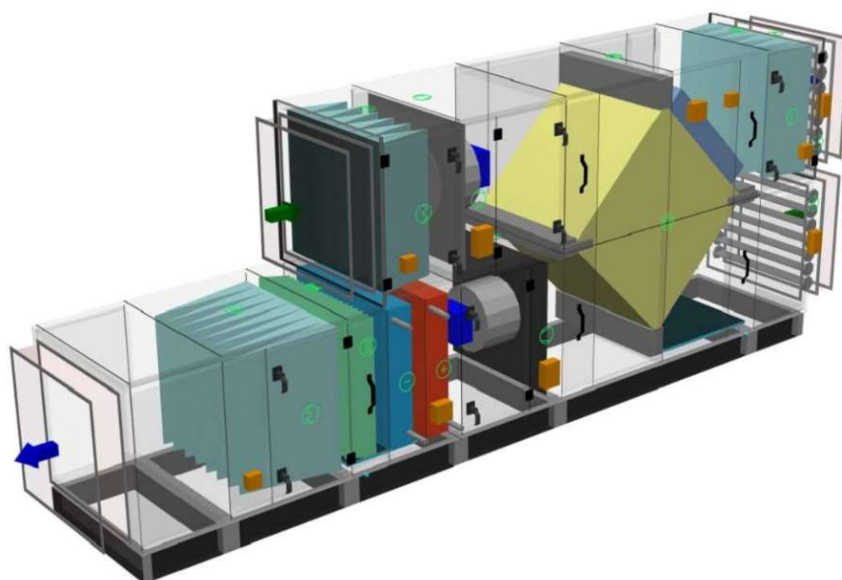
### 2.3.1.3 Návrh VZT jednotky

Návrh konkrétní sestavy VZT jednotek a jejich parametrů byl proveden v software AeroCAD. Upraveny byly pouze parametry vodního ohřivače a chladiče, u kterých byl navýšen výkon pro případ nižší účinnosti nebo nefunkčnosti rekuperace. Do vodních ohřivačů je navržen poměrně nízký teplotní spád 40/25 °C. Reálnost instalace těchto výměníků byla ověřena v software AeroCAD. Výkon vodního ohřivače je navržen tak, aby byl schopen při maximálním průtoku ohřát vzduch z 0 °C na 20 °C. Výkon vodního chladiče byl navýšen o 20 %. Kompletní protokol a detailní parametry jednotlivých komponent ve VZT jednotce jsou uvedeny v příloze č. 2.2.4. Na přívodní větvi bude ve VZT jednotce umístěna rezervní komora pro případné umístění zvlhčovače, pokud reálný provoz budovy prokáže jeho potřebu.

Množství přiváděného vzduchu je řízeno klapkami, které jsou umístěny ve VZT potrubí na odbočce před každou učebnou. Klapky jsou poháněny servopohonem, který je řízen pomocí čidel CO<sub>2</sub> umístěných v učebně. Na klapkách budou instalovány dorazy pro zajištění minimálního průtoku vzduchu do třídy. Výkon ventilátorů je pak řízen pomocí statického tlaku v potrubí.

Tabulka 2.3-6: Výpočet výkonu vodního ohřivače ve VZT 1 pomocí kalorimetrické rovnice

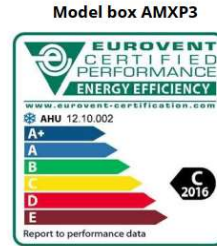
VZT 1	Průtok vzduchu:	6 400	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota vzduchu před ohřivačem:	0	°C
	Požadovaná teplota za ohřivačem:	20	°C
	<b>Výkon výměníku:</b>	<b>43</b>	<b>kW</b>



Obrázek 10: Axonometrický pohled VZT 1 [AeroCAD - REMAK a.s.]

## STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení			
Druh, rozměr	AeroMaster XP 10		
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne		
Nadmožská výška	156 m		
Hmotnost (+10%)	1 157 kg		
Umístění VZT jednotky	Vnitřní		
Materiálové provedení			
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)		
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech		
	Přívod	Odvod	
Průtok vzduchu	6400 m <sup>3</sup> /h	6400 m <sup>3</sup> /h	
Externí tlaková rezerva	150 Pa	100 Pa	
Rychlost v průřezu	2.56 m/s	2.56 m/s	
Výkon motoru nominální	2.50 kW	2.40 kW	
Typ motoru ventilátoru	EC motor	EC motor	
1. stupeň filtrace	G4 / ISO Coarse 60 %	G4 / ISO Coarse 60 %	
2. stupeň filtrace	M5 / ISO ePM 10 >60%	-	
SFP <sub>pl</sub>	1058 W.m <sup>-3</sup> .s	734 W.m <sup>-3</sup> .s	Parametry pláště dle EN1886
SFP <sub>vAHU</sub>	1791 W.m <sup>-3</sup> .s		Mechanická stabilita D2(M)
			Netěsnost skříně L1(M)
			Netěsnost skříně (reál. jednotka) L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
			Termická izolace T4(M)
			Faktor tepelných mostů TB3(M)
			Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)



Nejdůležitější parametry vybraných komponentů			
	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 → 13.4 °C	79 %, 53.6 kW	
Ohřev	13.4 → 20.0 °C	43 14.3 kW	40/27 °C, Voda, 1.3 kPa, 0.95 m <sup>3</sup> /h, 1 "
Chlazení	29.1 → 24.0 °C	11,5 9.4 kW	12.0/18 °C, Voda, 6.3 kPa, 1.49 m <sup>3</sup> /h, 1 "

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

Obrázek 11: Návrh VZT 1 [AeroCAD - REMAK a.s.]

### 2.3.1.4 Dimenzování VZT potrubí

#### Přívodní potrubí

Tabulka 2.3-7: Dimenzování přívodní VZT potrubí

Úsek potrubí	Průtok v úseku [m <sup>3</sup> /hod]	Požadovaná rychlost [m/s]	Předběžná plocha [m <sup>2</sup> ]	Rozměr potrubí [mm]	Skutečná plocha potrubí [m <sup>2</sup> ]	Skutečná rychlost [m/s]
1	190	2,0	0,026	160 x 160	0,026	2,1
2	320	2,5	0,036	160 x 255	0,041	2,2
3	700	3,0	0,065	315 x 255	0,080	2,4
4	1450	3,5	0,115	315 x 400	0,126	3,2
5	2680	4,0	0,186	400 x 450	0,180	4,1
6	6380	4,5	0,394	450 x 800	0,360	4,9

## Odvodní potrubí

Tabulka 2.3-8: Dimenzování odvodního VZT potrubí

Úsek potrubí	Průtok v úseku [m <sup>3</sup> /hod]	Požadovaná rychlost [m/s]	Předběžná plocha [m <sup>2</sup> ]	Rozměr potrubí [mm]	Skutečná plocha potrubí [m <sup>2</sup> ]	Skutečná rychlost [m/s]
1	210	2,0	0,029	<b>160 x 225</b>	0,036	1,62
2	590	2,5	0,066	<b>255 x 315</b>	0,080	2,04
3	700	2,75	0,071	<b>255 x 315</b>	0,080	2,42
4	1450	3,0	0,134	<b>355 x 400</b>	0,142	2,84
5	2200	3,5	0,175	<b>400 x 450</b>	0,180	3,40
6	2650	4,0	0,184	<b>400 x 450</b>	0,180	4,09
7	6350	4,5	0,392	<b>450 x 800</b>	0,360	4,90

## 2.3.2 Zóna č.2 – komunikační, provozní a hygienické prostory (chodby, schodiště, sklady, WC...)

### 2.3.2.1 Okrajové podmínky

- Teplota přiváděného vzduchu v létě: 24 °C
- Teplota přiváděného vzduchu v zimě: 20 °C
- Dávka vzduchu dle zař. předmětů: 25 m<sup>3</sup>/pisoár  
30 m<sup>3</sup>/umyvadlo  
50 m<sup>3</sup>/kabinku

### 2.3.2.2 Návrh průtoků vzduchu a distribučních prvků

Tabulka 2.3-9: Návrh distribučních prvků a průtoků v jednotlivých místnostech

č. místnosti - název místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Průtok na přívodu [m <sup>3</sup> /hod]	Průtok na odvodu [m <sup>3</sup> /hod]	Násobnost výměny
117 - Chodba	84	204	1 850	-	0,5
125 – Schodiště	41	6	120	-	1,6
134 – Úklidová místnost	2	10	50	-	4,9
116 - Šatny	49	119	-	1200	10,1
119 - Technická místnost	35	93	-	50	0,5
120 - WC ženy	4	10	-	120	8,0

121 - WC chlapci	13	35	-	220	5,2
122 - WC muži	6	8	-	150	13,8
123 - WC dívky	15	8	-	250	26,1
124 - Chodba	11	36	-	30	0,6
221 - Chodba	104	257	780	-	0,5
220 - Úklidová místnost	2	99	50	-	0,5
211 - Schodiště	42	36	120	-	2,2
203 - Sklad laboratoře	8	19	-	40	2,1
205 - WC muži	4	8	-	140	10,2
206 - WC chlapci	14	10	-	230	16,1
208 - WC Ženy	6	35	-	240	5,2
209 - WC dívky	15	8	-	280	26,4
210 - Sklad	11	8	-	20	2,5
<b>Max. průtok přiváděného vzduchu celkem [m<sup>3</sup>/hod]</b>				<b>2 970</b>	
<b>Max. průtok odváděného vzduchu celkem [m<sup>3</sup>/hod]</b>				<b>2 970</b>	

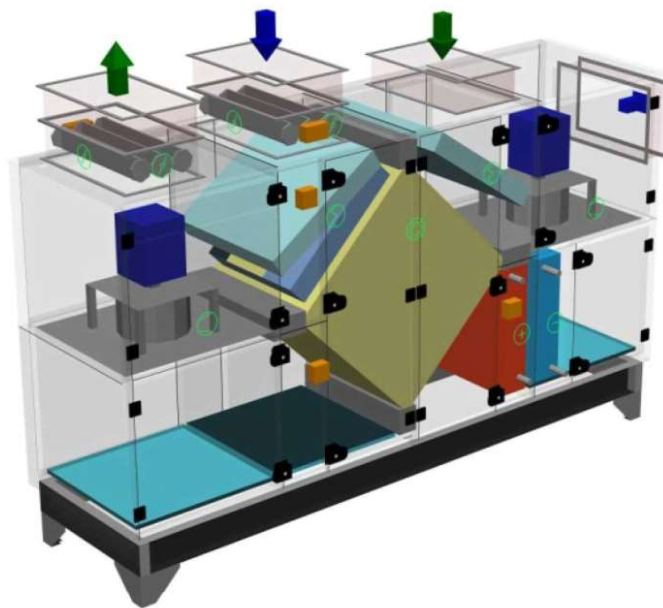
### 2.3.2.3 Návrh VZT jednotky

Návrh konkrétní sestavy VZT jednotek a jejich parametrů byl proveden v software AeroCAD. Upraveny byly pouze parametry vodního ohříváče a chladiče, u kterých byl navýšen výkon pro případ nižší účinnosti nebo nefunkčnosti rekuperace. Do vodních ohříváčů je navržen poměrně nízký teplotní spád 40/25 °C. Reálnost instalace těchto výměníků byla ověřena v software AeroCAD. Výkon vodního ohříváče je navržen tak, aby byl schopen při maximálním průtoku ohřát vzduch z 0 °C na 20 °C. Výkon vodního chladiče byl navýšen o 20 %. Kompletní protokol a detailní parametry jednotlivých komponent ve VZT jednotce jsou uvedeny v příloze č. 2.2.4.

VZT jednotka je řízena časově. Při provozu během vyučovacích hodiny, kdy jsou žáci v učebnách, pojede v utlumeném režimu a během přestávek pojede na téměř maximální vzduchový výkon.

Tabulka 2.3-10: Výpočet výkonu vodního ohříváče ve VZT 2 pomocí kalorimetrické rovnice

VZT 2	Průtok vzduchu:	2 970	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota vzduchu před ohříváčem:	0	°C
	Požadovaná teplota za ohříváčem:	20	°C
	<b>Výkon výměníku:</b>	<b>20</b>	<b>kW</b>



Obrázek 12: Axonometrický pohled VZT 2 [AeroCAD - REMAK a.s.]

#### STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

##### Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP Compact 06
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne

Nadmožská výška	275 m
Hmotnost (+-10%)	959 kg
Umístění VZT jednotky	Vnitřní
Materiálové provedení	
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech

	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	2970 m <sup>3</sup> /h	2970 m <sup>3</sup> /h
Externí tlaková rezerva	200 Pa	150 Pa
Rychlost v průřezu	1.82 m/s	1.82 m/s
Výkon motoru nominální	1.10 kW	1.10 kW
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)
1. stupeň filtrace	M5 / ISO Coarse 90%	G4 / ISO Coarse 60 %
2. stupeň filtrace	-	-

##### Model box AMXP2



	SFP <sub>vi</sub>	SFP <sub>vAHU</sub>	Parametry pláště dle EN1886
	730 W.m <sup>-3</sup> .s	578 W.m <sup>-3</sup> .s	Mechanická stabilita D2(M)
			Netěsnost skříně L1(M)
			Netěsnost skříně (reál. jednotka) L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
			Termická izolace T4(M)
			Faktor tepelných mostů TB3(M)
			Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)

##### Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 -> 10.1 °C	69 %, 21.4 kW	
Ohřev	10.1 -> 20.0 °C	20 9.9 kW	40/27 °C, Voda, 3.1 kPa, 0.67 m <sup>3</sup> /h, 1 "
Chlazení	29.5 -> 24.0 °C	6.2 5.2 kW	12.0/19 °C, Voda, 3.0 kPa, 0.61 m <sup>3</sup> /h, 1 "

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

Obrázek 13: Návrh VZT 2 [AeroCAD - REMAK a.s.]

## 2.3.3 Zóna č.3 – jídelna

### 2.3.3.1 Okrajové podmínky

- Teplota přiváděného vzduchu v létě: 24 °C
- Teplota přiváděného vzduchu v zimě: 20 °C
- Dávka vzduchu dle zař. předmětů: 25 m<sup>3</sup>/pisoár  
30 m<sup>3</sup>/umyvadlo  
50 m<sup>3</sup>/kabinku

### 2.3.3.2 Návrh průtoků vzduchu a distribučních prvků

Tabulka 2.3-11: Návrh distribučních prvků a průtoků v jednotlivých místnostech

č. místnosti - název místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Průtok na přívodu [m <sup>3</sup> /hod]	Průtok na odvodu [m <sup>3</sup> /hod]	Násobnost výměny
101 - Jídelna	119	369	1 850	-	5,0
102 - Chodba	4	11	-	0	0,0
103 - WC muži	5	17	-	150	8,9
104 - WC ženy	6	18	-	150	8,3
105 - Úklidová m.	2	7	-	50	6,8
106 - WC muži	4	11	-	100	9,1
107 - WC ženy	4	12	-	100	8,1
109 - Chodba	9	27	-	50	1,9
110 - Technická místnost	8	25	-	50	2,0
111 - Šatna personál	4	12	-	100	8,3
112 - WC	3	9	-	50	5,6
135 - Příprava jídel	19	58	-	700	12,0
113 - Sklad kuchyně	3	9	-	50	5,6
114 - Bufet	11	33	-	300	9,1
<b>Max. průtok přiváděného vzduchu celkem [m<sup>3</sup>/hod]</b>				<b>1 850</b>	
<b>Max. průtok odváděného vzduchu celkem [m<sup>3</sup>/hod]</b>				<b>1 850</b>	

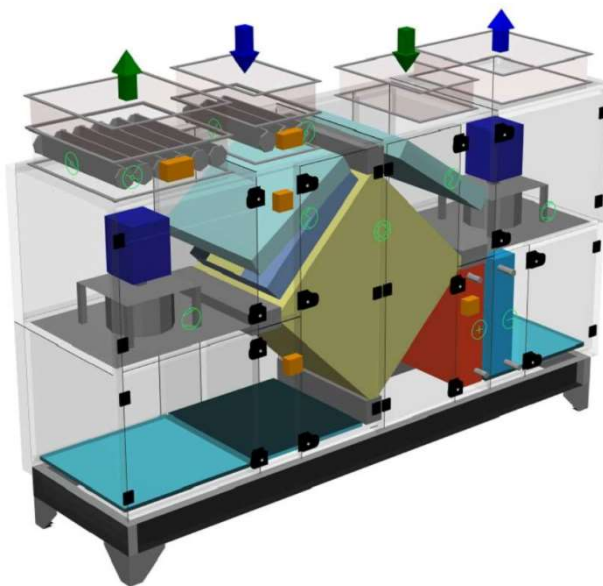
### 2.3.3.3 Návrh VZT jednotky

Návrh konkrétní sestavy VZT jednotek a jejich parametrů byl proveden v software AeroCAD. Upraveny byly pouze parametry vodního ohřivače a chladiče, u kterých byl navýšen výkon pro případ nižší účinnosti nebo nefunkčnosti rekuperace. Do vodních ohřivačů je navržen poměrně nízký teplotní spád 40/25 °C. Reálnost instalace těchto výměníků byla ověřena v software AeroCAD. Výkon vodního ohřivače je navržen tak, aby byl schopen při maximálním průtoku ohřát vzduch z 0 °C na 20 °C. Výkon vodního chladiče byl navýšen o 20 %. Kompletní protokol a detailní parametry jednotlivých komponent ve VZT jednotce jsou uvedeny v příloze č. 2.2.4.

VZT jednotka je řízena dle pobytu osob v místnosti a času.

Tabulka 2.3-12: Výpočet výkonu vodního ohřivače ve VZT 3 pomocí kalorimetrické rovnice

VZT 3	Průtok vzduchu:	1 850	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota vzduchu před ohřivačem:	0	°C
	Požadovaná teplota za ohřivačem:	20	°C
	<b>Výkon výměníku:</b>	<b>12,5</b>	<b>kW</b>



Obrázek 14: Axonometrický pohled VZT 3 [AeroCAD - REMAK a.s.]



## STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

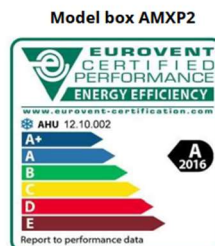
### Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP Compact 06
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne

Nadmořská výška	275 m
Hmotnost (+10%)	966 kg
Umístění VZT jednotky	Vnitřní
Materiálové provedení	
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech

	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	1850 m <sup>3</sup> /h	1850 m <sup>3</sup> /h
Externí tlaková rezerva	150 Pa	150 Pa
Rychlost v průřezu	1.13 m/s	1.13 m/s
Výkon motoru nominální	1.10 kW	1.10 kW
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)
1. stupeň filtrace	M5 / ISO Coarse 90%	G4 / ISO Coarse 60 %
2. stupeň filtrace	-	-

SFP <sub>vi</sub>	559 W.m <sup>-3</sup> .s	508 W.m <sup>-3</sup> .s	Parametry pláště dle EN1886
SFP <sub>vAHU</sub>	1066 W.m <sup>-3</sup> .s		Mechanická stabilita D2(M)
			Netěsnost skříně L1(M)
			Netěsnost skříně (reál. jednotka) L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
			Termická izolace T4(M)
			Faktor tepelných mostů TB3(M)
			Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)



### Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 → 10.9 °C	72 %, 13.8 kW	
Ohřev	10.9 → 20.0 °C	12,5 5.7 kW	40/25 °C, Voda, 0.9 kPa, 0.32 m <sup>3</sup> /h, 1 "
Chlazení	29.4 → 24.0 °C	3,8 3.2 kW	12.0/16 °C, Voda, 3.6 kPa, 0.68 m <sup>3</sup> /h, 1 "

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

Obrázek 15: Návrh VZT 3 [AeroCAD - REMAK a.s.]

## 2.4 Koncepce vytápění objektu

### 2.4.1 Stanovení tepelných ztrát

#### 2.4.1.1 Prostupem

Pro stanovení tepelné ztráty prostupem byla použita zjednodušená obálková metoda. Kompletní výpočet tepelných ztrát prostupem je uveden v příloze č. 1.5.3.

SOUHRNNÉ HODNOTY HODNOCENÉ ZÓNY		
Celková plocha obálky zóny A	m <sup>2</sup>	3 083,86
Měrná ztráta prostupem tepla bez vlivu tepelných vazeb $H_T$	W/K	581,6
Vliv tepelných vazeb $\Delta U_{tb}$	W/(m <sup>2</sup> .K)	0,02
Měrná ztráta prostupem tepla tepelnými vazbami	W/K	61,7
<b>Měrná ztráta prostupem tepla <math>H_T</math></b>	<b>W/K</b>	<b>643,3</b>
Posouzení průměrného součinitele prostupu tepla obálkou dle ČSN 73 0540-2: 2011		
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m <sup>2</sup> .K)	<b>0,21</b>
Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$	Hodnocení:	<b>SPLNĚNO</b>
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$	Hodnocení:	<b>SPLNĚNO</b>
Klasifikační třída prostupu tepla obálkou budovy A-G	Třída:	<b>A</b>

Obrázek 16: Výstřižek z EŠOB [autor]

Tabulka 2.4-1: Tepelné ztráty prostupem

Měrná tepelná ztráta prostupem:	643,3	W/°C
Venkovní teplota:	-12	°C
Vnitřní teplota:	20	°C
<b>Ztráta prostupem:</b>	<b>20,6</b>	<b>kW</b>

#### 2.4.1.2 Nuceným větráním

Tepelné ztráty nuceným větráním jsou stanoveny z kalorimetrické rovnice dle navrženého průtoku vzduchu v jednotlivých VZT jednotkách. Pro účely tepelných ztrát je uvažováno s účinnostmi rekuperačních výměníků 50 %.

Tabulka 2.4-2: Tepelné ztráty nuceným větráním

VZT 1 + 2 + 3	Průtok vzduchu:	11 220	m <sup>3</sup> /hod
	Účinnost ZTZ:	50	%
	Teplota venkovního vzduchu:	-12	°C
	Teplota přiváděného vzduchu:	20	°C
	<b>Výkon výměníku:</b>	<b>60,4</b>	<b>kW</b>

#### 2.4.1.3 Infiltrací

Pro stanovení tepelných ztrát infiltrací byla využita zjednodušená metoda, dle již neplatné normy ČSN EN 12831. Tento zjednodušený postup dává dostatečně přesné výsledky. Vzhledem ke geometrii objektu je uvažována intenzita výměny  $n_{50}$  0,3, protože poměr objemu vzduchu v budově k ploše obálky budovy je poměrně vysoký. Výplně otvorů jsou instalovány včetně těsnících pásek a zasklení je tvořeno trojsklem. Budova je v krajině umístěna tak, že je částečně chráněna.

Tabulka 2.4-3: Tepelné ztráty infiltrací

$g_{v,env,i} = V_i \cdot n_{50} \cdot \epsilon \cdot e$	Objem vnitřního vzduchu $V_i$ :	3 848	m <sup>3</sup>
	Těsnost obálky $n_{50}$ :	0,3	-
	Činitel oken a polohy v krajině $\epsilon$ :	0,03	-
	Výškový korekční činitel $e$ :	1	-
	Průtok vzduchu infiltrací $g_{v,env,i}$ :	34,6	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota venkovního vzduchu:	-12	°C
	Vnitřní teplota:	20	°C
	<b>Tepelná ztráta infiltrací:</b>	<b>3,7</b>	<b>kW</b>

#### 2.4.1.4 Celkové tepelné ztráty

Tabulka 2.4-4: Celkové tepelné ztráty objektu

Tepelné ztráty prostupem:	20,6	kW
Tepelné ztráty nuceným větráním:	60,4	kW
Tepelné ztráty infiltrací:	3,7	kW
<b>Celkové tepelné ztráty objektu:</b>	<b>84,7</b>	<b>kW</b>

### 2.4.2 Návrh zdrojů tepla

#### 2.4.2.1 Primární zdroj

Pro výpočet potřebného výkonu je využita metodika dle ČSN 06 0310.

- $Q_I = 0,7 \times (Q_{VYT} + Q_{VZT} + Q_{TECH}) + Q_{TV}$  (zohledňuje současnost pro vyšší výkon pro přípravu TV)
- $Q_{II} = Q_{VYT} + Q_{VZT}$  (platí pokud je příprava TV pod 30 % tepelné ztráty budovy)

**Potřebný výkon zdroje tepla = větší z hodnot ( $Q_I$ ,  $Q_{II}$ )**

- $Q_{VYT} = Q_V + Q_T$  = Vytápění (tepelná ztráta prostupem konstrukcemi + tepelná ztráta větráním)
- $Q_{VZT}$  = Vzduchotechnika (je-li větrání strojní, nezapočítává se ztráta větráním)
- $Q_{TECH}$  = Potřebný výkon pro technologii
- $Q_{TV}$  = Nabíjecí výkon pro přípravu teplé vody

Obrázek 17: Výpočet potřebného výkonu zdroje tepla [[www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz](http://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz)]

Tabulka 2.4-5: Stanovení potřebného výkonu zdroje tepla

Výkon potřebný pro vytápění $Q_{VYT}$ :	24,3	kW
Výkon potřebný pro vodní ohřivače ve VZT $Q_{VZT}$ :	60,4	kW
Výkon pro technologie $Q_{TECH}$ :	0	kW
Výkon potřebný pro přípravu TV $Q_{TV}$ :	12,9	kW
Koeficient souběhu provozu:	0,7	-
<b>Potřebný výkon zdroje tepla:</b>	<b>72,2</b>	<b>kW</b>

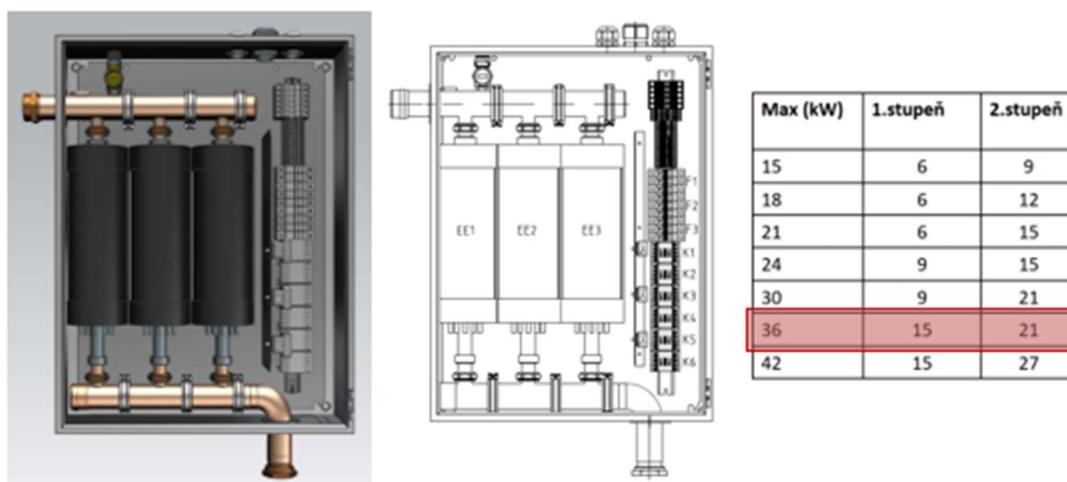
Jako primární zdroj tepla v objektu jsou navržena dvě tepelná čerpadla IVT GEO G 238. Topný výkon každého z čerpadel při teplotě topné vody 40 °C je 38,73 kW. Celkový topný výkon je tak 77,46 kW. Pro akumulaci tepla je navržen akumulární zásobník o objemu 1 000 l, což odpovídá doporučení výrobce TČ, který doporučuje 10-20 l/kW.

Tepelné čerpadlo		G 222	G 228	G 238	G 248	G 254	G 264	G 272	G 280
Energetická třída (systém), vysoká teplota					A+++				
Výkon / COP (0 / 45) EN14825 (2 kompresory)	kW	23,14 / 3,63	29,08 / 3,66	38,53 / 3,6	46,97 / 3,58	56,15 / 3,68	64,72 / 3,59	74,14 / 3,59	80,3 / 3,56
Výkon / COP (0 / 45) EN14825 (1 kompresor)	kW	11,50 / 3,90	14,75 / 3,94	19,70 / 3,83	24,40 / 3,78	28,01 / 3,78	33,52 / 3,84	37,45 / 3,76	41,71 / 3,89
Výkon / COP (0 / 35) EN14825 (2 kompresory)	kW	22,90 / 4,57	28,90 / 4,59	38,73 / 4,5	47,47 / 4,36	54,94 / 4,53	64,01 / 4,42	72,82 / 4,39	78,32 / 4,30
Výkon / COP (0 / 35) EN14825 (1 kompresor)	kW	11,62 / 4,91	15,02 / 4,95	20,05 / 4,78	25,00 / 4,72	28,24 / 4,82	32,96 / 4,77	37,08 / 4,70	41,69 / 4,72
SCOP pro podlahové topení a chladné klima		5,62	5,61	5,48	5,27	5,54	5,39	5,33	5,30
SCOP pro topná tělesa a chladné klima		4,42	4,45	4,49	4,41	4,44	4,34	4,36	4,33
Připojení studeného okruhu	mm	DN 40		DN 50			Vicaltic 76,1		
Připojení teplého okruhu	mm		DN 40				Vicaltic 76,1		
Oběhové čerpadlo studeného/teplého okruhu		ANO / ANO					NE / NE		
Vestavěný elektrokotel	kW	6–9–15		NE			NE		
Pracovní tlak systému studeného okruhu max/min	bar	6 / 0,5							
Teploty nemrzoucí směsi	°C	Vstupní teplota –5 až 30°C, výstupní teplota –8 až 15°C							
Ředění nemrzoucí směsi	%	etylenglykol 30 až 35%, etanol 27 až 29 %, propylenglykol 30%							
Nominální průtok (glykol 30%) (delta 3°C)	l/s	1,44	1,86	2,41	3	3,4	4,0	4,6	5,0
Nominální průtok (etanol 25%) (delta 3°C)	l/s	1,33	1,72	2,23	2,78	3,1	3,7	4,3	4,6
Interní tlaková ztráta glykol 30% / etanol 25%	kPa					23 / 19	22 / 18	22 / 18	25 / 21
Externí tlak čerpadel glykol 30% / etanol 25%	kPa	70 / 79	62 / 72	70 / 80	79 / 91				
Nominální průtok topné vody (delta 8°C)	l/s	0,7	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,4
Min. průtok topné vody (delta 10°C)	l/s	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	1,9
Pracovní tlak topného systému max / min	bar	6 / 0,5							
Interní tlaková ztráta (sekundární okruh)	kPa					13	14	16	15
Externí tlak čerpadel (sekundární okruh)	kPa	43	17	38	29				
Kompresor		t2 x Scroll							
Topná voda		Výstupní teplota 68°C (1 kompresor), 65°C (2 kompresory), Max. vstupní teplota 60°C							
Chladivo R410A	kg	4,5	5,0	6,3	7,5	9,5	9,3	10,6	10,6
Akustický výkon <sup>1)</sup> (1 kompresor – 2 kompresory)	dBA	51 – 55					57 – 63		
Elektrické připojení		400V 3N–50Hz (+/- 10%)							
Regulace / komunikace		REGO 5200/MODbus, BACnet IP, Web							
Jistič gL–gG / D (*bez oběhových čerpadel)	A	25 (50 s kotlem)		40	50	50*	63*	80*	80*
Rozběhový proud včetně / bez softstartéru <sup>2)</sup>	A	22 / 43	30 / 54	39 / 78	48 / 100	40 / 97,5	47 / 105	63,5 / 141	61,3 / 135,4
Max provozní proud (*bez čerpadel, ** s kotlem)	A	42**	47**	36	43	45*	55*	68,5*	71,5*
Rozměry (šířka x hloubka x výška)	mm	700 x 750 x 1620					1450 x 750 x 1000		
Hmotnost	kg	350	360	370	380	460	470	480	490

Obrázek 18: Technické parametry tepelných čerpadel [www.cerpadla-ivt.cz]

#### 2.4.2.2 Záložní zdroj

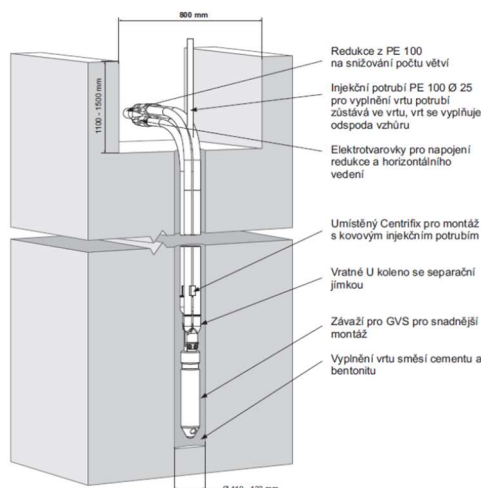
Jako záložní zdroj tepla, pro případ poruchy tepelného čerpadla či jiné nenadálé události, je navržen elektrokotel IVT s dvěma výkonnostními stupni o celkovém výkonu 36 kW. Dokáže tak svým výkonem dočasně nahradit jedno z čerpadel, případně navýšit jejich výkon v případě potřeby.



Obrázek 19: Elektrokotel IVT [www.cerpadla-ivt.cz]

## 2.4.3 Návrh hlubinných vrtů

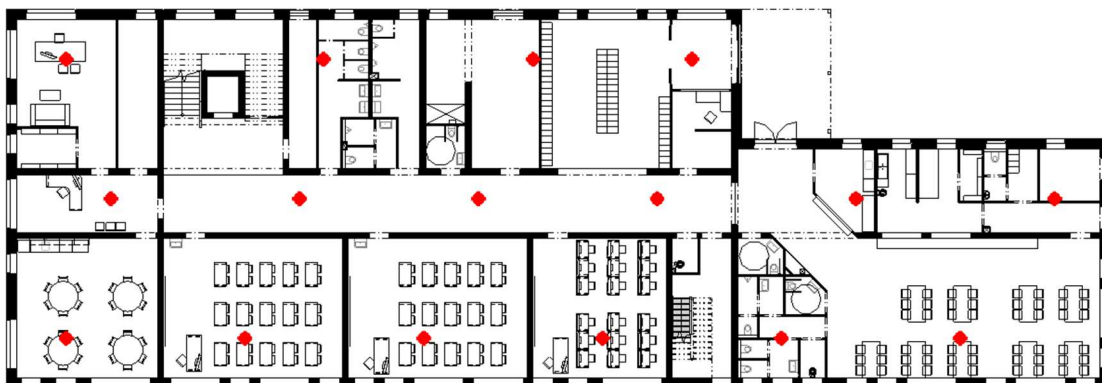
Kvůli nepřiměřeně velké ploše zemního kolektoru, která by vycházela přibližně na 6 000 m<sup>2</sup>, jsou navrženy zemní hlubinné vrty, které mají větší potenciál výkonu na běžný metr délky. Zemní vrty jsou rovněž využívány v létě pro pasivní chlazení. Vrty jsou umístěny pod budovou mimo základové pásy.



Obrázek 20: Schéma hlubinného čtyřtrubkového vrtu [www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz]

Tabulka 2.4-6: Výpočet zemních vrtů

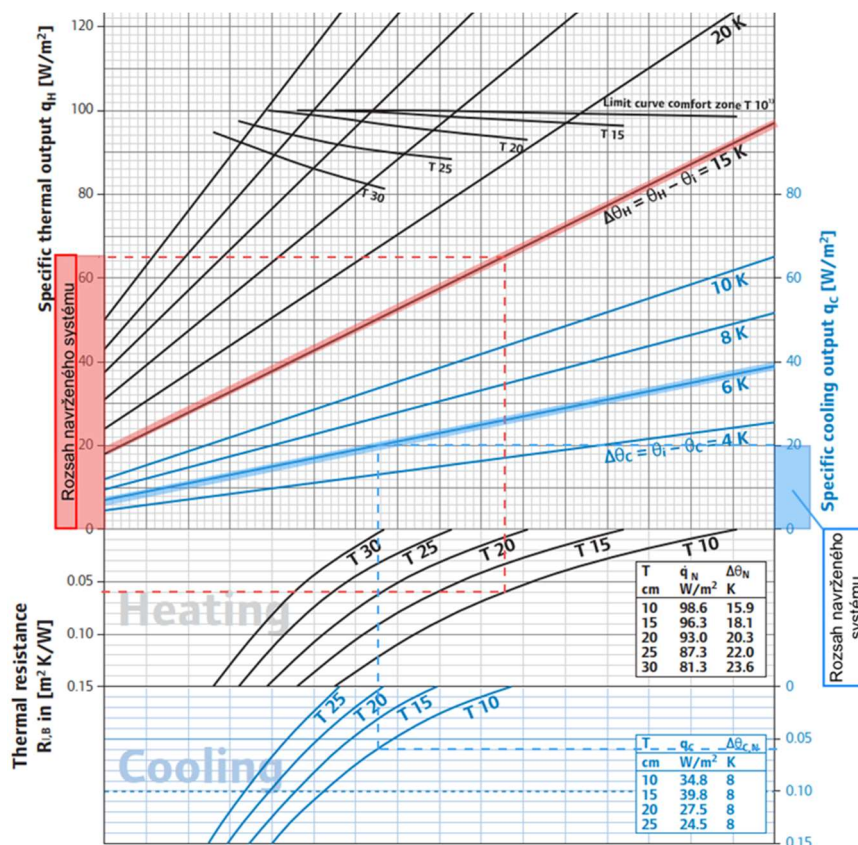
<b>Celkový topný výkon TČ:</b>	77,5	kW
<b>SCOP:</b>	4,5	-
<b>Příkon TČ v elektřině:</b>	17,2	kW
<b>Příkon z energie okolního prostředí:</b>	60,3	kW
<b>Měrná extrakční kapacita vrtu:</b>	50	W/m
<b>Celková potřebná délka vrtů:</b>	1200	m
<b>Počet vrtů:</b>	16	ks
<b>Minimální délka jednoho vrtu:</b>	75	m



Obrázek 21: Schéma rozmístění vrtů [autor]

## 2.4.4 Návrh distribučních prvků

Distribuční prvky jsou tvořeny plošným sálavým podlahovým vytápěním. Pro dimenzování výkonu podlahového vytápění je uvažováno s navýšenou vnitřní teplotou 22 °C. Pro dimenzování byl využit graf od výrobce systému podlahového vytápění Uponor. Teplotní spád pro podlahové vytápění je ekvitermně upravován, pro výpočet je uvažováno s teplotním spádem 35/25 °C. Tepelný odpor podlahy nad topným hadem je uvažován 0,06 m<sup>2</sup>.K/W a je tvořen souvrstvím podlahy s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny a nášlapnou vrstvou z keramické dlažby, linolea nebo laminátové podlahy.



Obrázek 22: Dimenzační graf podlahového topení/chlazení [www.uponor.com]

#### 2.4.4.1 Distribuční prvky v kmenové učebně (m. č. 215)

Tabulka 2.4-7: Návrh podlahového vytápění v učebně 215

Ztráty prostupem	Plocha stěny:	23,2	m <sup>2</sup>
	Součinitel prostupu tepla stěny:	0,15	W/(m <sup>2</sup> .°C)
	Ztráta prostupem stěnou:	118	W
	Plocha oken:	14	m <sup>2</sup>
	Součinitel prostupu tepla okna:	0,73	W/(m <sup>2</sup> .°C)
	Ztráta prostupem okny:	348	W
	Plocha střechy:	63	m <sup>2</sup>
	Součinitel prostupu tepla střechy:	0,12	W/(m <sup>2</sup> .°C)
	Ztráta prostupem střechou:	257	W
	Celkové ztráty prostupem:	723	W
Ztráty větráním	Množství přiváděného vzduchu:	750	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota přiváděného vzduchu:	20	°C
	Požadovaná teplota v místnosti:	22	°C
	Celková ztráta větráním:	505	W
<b>Celková tepelná ztráta místnosti:</b>		<b>1 228</b>	<b>W</b>
<i>Plocha tepelně aktivované podlahy (80 % z plochy místnosti):</i>		50,4	m <sup>2</sup>
<i>Potřebný měrný výkon podlahového vytápění:</i>		24,4	W/m <sup>2</sup>
<i>Přibližná rozteč topných hadic (dle grafu od výrobce):</i>		300	mm

#### 2.4.4.2 Distribuční prvky v jazykové učebně (m. č. 214)

Tabulka 2.4-8: Návrh podlahového vytápění v učebně 214

Ztráty prostupem	Plocha stěny:	47,6	m <sup>2</sup>
	Součinitel prostupu tepla stěny:	0,15	W/(m <sup>2</sup> .°C)
	Ztráta prostupem stěnou:	243	W
	Plocha oken:	14	m <sup>2</sup>
	Součinitel prostupu tepla okna:	0,73	W/(m <sup>2</sup> .°C)
	Ztráta prostupem okny:	347	W
	Plocha střechy:	49,7	m <sup>2</sup>
	Součinitel prostupu tepla střechy:	0,12	W/(m <sup>2</sup> .°C)
	Ztráta prostupem střechou:	203	W
	Celkové ztráty prostupem:	793	W
Ztráty větráním	Množství přiváděného vzduchu:	380	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota přiváděného vzduchu:	20	°C
	Požadovaná teplota v místnosti:	22	°C
	Celková ztráta větráním:	256	W
<b>Celková tepelná ztráta místnosti:</b>		<b>1 049</b>	<b>W</b>
<i>Plocha tepelně aktivované podlahy (80 % z plochy místnosti):</i>		39,8	m <sup>2</sup>
<i>Potřebný měrný výkon podlahového vytápění:</i>		36,4	W/m <sup>2</sup>
<i>Přibližná rozteč topných hadic (dle grafu od výrobce):</i>		300	mm

### 2.4.4.3 Distribuční prvky v kabinetu (m. č. 213)

Tabulka 2.4-9: Návrh podlahového vytápění v kabinetu 213

<i>Ztráty prostupem</i>	Plocha stěny:	37,2	m <sup>2</sup>
	Součinitel prostupu tepla stěny:	0,15	W/(m <sup>2</sup> .°C)
	Ztráta prostupem stěnou:	190	W
	Plocha oken:	14	m <sup>2</sup>
	Součinitel prostupu tepla okna:	0,73	W/(m <sup>2</sup> .°C)
	Ztráta prostupem okny:	347	W
	Plocha střechy:	26,3	m <sup>2</sup>
	Součinitel prostupu tepla střechy:	0,12	W/(m <sup>2</sup> .°C)
	Ztráta prostupem střechou:	107	W
	Celkové ztráty prostupem:	644	W
<i>Ztráty větráním</i>	Množství přiváděného vzduchu:	170	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota přiváděného vzduchu:	20	°C
	Požadovaná teplota v místnosti:	22	°C
	Celková ztráta větráním:	114	W
<b><i>Celková tepelná ztráta místnosti:</i></b>		<b>759</b>	<b>W</b>
<i>Plocha tepelně aktivované podlahy (80 % z plochy místnosti):</i>		21	m <sup>2</sup>
<i>Potřebný měrný výkon podlahového vytápění:</i>		36,1	W/m <sup>2</sup>
<i>Přibližná rozteč topných hadic (dle grafu od výrobce):</i>		300	mm

### 2.4.5 Řízení

Tepelná čerpadla budou v režimu vytápění řízeny dle teploty topné vody v akumulační nádobě. Teplotní spád do jednotlivých distribučních prvků bude řízen směšovacími trojcestnými ventily dle ekvitermní křivky.

Požadavek na teplotu v místnosti (a tím i provoz podlahového topení) bude určen dle reálného provozu. Systém MaR bude propojen se školní aplikací např. Bakaláři, kde jsou data o využívání jednotlivých učeben. Tato data budou převzata do systému MaR a bude se dle nich řídit požadovaná teplota v místnosti. Dle reálného provozu se nastaví počátek vytápění s dostatečným předstihem tak, aby byl vnitřní komfort na začátku hodiny optimální. Vytápění bude rovněž s dostatečným předstihem vypnuto.



## 2.5 Koncepce přípravy teplé vody

Teplá voda je připravována centrálně pomocí tepelných čerpadel. Pro prodloužení životnosti se na přípravě TV střídavě podílejí obě TČ. Okruh pro přípravu TV má teplotní spád 55/40 °C a je od okruhu vytápění zcela oddělen trojcestným ventilem. TV je rozvedena pomocí cirkulačního potrubí do hygienických zařízení a do kuchyně. Před akumulací zásobník teplé vody je umístěn malý vyrovnávací akumulací zásobník topné vody, ve kterém je umístěna také elektrická patrona, která může využívat přebytky elektřiny z FVE či dohřát vodu v případě potřeby na vyšší teplotu.

### 2.5.1 Objem akumulací zásobníku a výkon pro ohřev TV

Tabulka 2.5-1: Výpočet potřebného objemu a výkonu pro přípravu TV

	<i>Dávka vody na osobu:</i>	8	l/os.den
	<i>Počet osob (120 žáků + 15 učitelů):</i>	135	os
	<i>Dávka vody na porci:</i>	1	l/porci.den
	<i>Počet porcí:</i>	135	porcí
	<i>Doba ohřevu:</i>	2	hod
	<i>Součinitel nerovnoměrnosti dle doby ohřevu <math>k_{TV}</math>:</i>	0,3	-
	<i>Součinitel mrtvého prostoru (stojatý zásobník bez m.p.) <math>\varphi</math>:</i>	1,15	-
	<i>Minimální objem zásobníku <math>V_z</math>:</i>	416	l
$V_z = q_{TV,max} \cdot n \cdot k_{TV} \cdot \varphi$	<b>Objem konkrétního zásobníku: (OKC 500 NTR/HP)</b>	<b>469</b>	<b>l</b>
	<i>Měrná ztráta cirkulací <math>q_{cirk}</math>:</i>	7	W/m
	<i>Délka rozvodů <math>l_{cirk}</math>:</i>	80	m
	<i>Teplota studené vody <math>t_1</math>:</i>	10	°C
	<i>Teplota teplé vody <math>t_2</math>:</i>	55	°C
$Q_z = \frac{V_z \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{z \cdot 3600} + Q_{cirk}$	<b>Potřebný výkon tepelného čerpadla <math>Q_z</math>:</b>	<b>12,9</b>	<b>kW</b>



TYP		OKC 200 NTR/HP	OKC 250 NTR/HP	OKC 300 NTR/HP	OKC 400 NTR/HP	OKC 500 NTR/HP	OKC 750 NTR/HP	OKC 1000 NTR/HP
OBJEM	l	208	234	286	352	469	710	930
VÝŠKA	mm	1355	1535	1558	1644	1914	2039	2053
PRŮMĚR	mm	584	584	670	700	700	950	1050
MAX. HMOTNOST BEZ VODY	kg	102	119	133	190	223	259	324
MAX. PROVOZNÍ PŘETLAK V NÁDOBĚ	bar				10			
MAX. PROVOZNÍ PŘETLAK VE VÝMĚNÍKU	bar				10			
MAX. TEPLOTA TOPNÉ VODY	°C				110			
MAX. PROVOZNÍ TEPLOTA V NÁDOBĚ	°C				80			
VÝHŘEVNÁ PLOCHA VÝMĚNÍKU	m <sup>2</sup>	2,1	2,5	3,2	5,2	6,4	7,0	9,0
OBJEM VÝMĚNÍKU	l	13,7	17	21	32	39	47	63
TŘÍDA ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI					C			
STATICKÁ ZTRÁTA	W	82	87	72	90	105	130	142

Obrázek 23: Parametry zásobníku na TV [www.dzd.cz]

## 2.5.2 Kontrola teplosměnné plochy výměníku v zásobníku

Tabulka 2.5-2: Potřebná plocha výměníku pro ohřev TV

	Teplota topné vody na přívodu $T_1$ :	55	°C
	Teplota topné vody na odvodu $T_2$ :	40	°C
	Teplota teplé vody na přívodu $t_1$ :	10	°C
	Teplota teplé vody na odvodu $t_2$ :	52	°C
	Střední rozdíl teplot $\Delta t$ :	11,73	°C
	Součinitel prostupu tepla výměníku $U$ :	420	W/m <sup>2</sup> .°C
	Potřebná plocha výměníku $A$ :	2,89	m <sup>2</sup>
	<b>Skutečná plocha výměníku v zásobníku (OKC 500 NTR/HP):</b>	<b>6,4</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že zásobník o objemu 469 l a s plochou topné spirály 6,4 m<sup>2</sup> je vyhovující.

## 2.6 Koncepce chlazení objektu

Chlazení objektu je zajištěno pasivně pomocí zemních hlubinných vrtů nebo aktivně pomocí dvou tepelných čerpadel v případě nedostatečné kapacity pasivního chlazení.

## 2.6.1 Stanovení tepelné zátěže

### 2.6.1.1 Zátěž ze solárních zisků

Pro stanovení solárních zisků byla využita reálná naměřená data o intenzitě slunečního záření od roku 2010 do roku 2020. Data byla získána z veřejně přístupného online software PVGIS. Dle naměřených dat je měsíc s nejvyšší intenzitou solárního záření červenec. V tomto měsíci byl pro každou fasádu (dle azimutu) stanoven den s nejvyšší intenzitou solárního záření. Tyto data pak byla použita a tvoří tak nejhorší možnou kombinaci nejvyšších intenzit solárního záření od roku 2010 do roku 2020. Podrobný postup stanovení intenzity solárního záření je uveden v příloze č. 2.3.1. Pro průsvitné konstrukce je uvažováno zasklení z trojskla se solárním faktorem 0,52. Kromě severozápadně orientovaných oken je všude uvažováno venkovní stínění se součinitelem 0,13. Pro okna se severozápadní orientací je uvažováno s vnitřními žaluziemi se součinitelem stínění 0,65. Faktor plochy zasklení je uvažován pro všechna okna 0,75. Pro stěny je uvažováno se zisky jednotně 3 W/m<sup>2</sup> a pro plochou střechu 5 W/m<sup>2</sup>.

Tabulka 2.6-1: Maximální solární zátěž

Orientace	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Hodina							
		7	8	9	10	11	12	13	14
Solární zisky průsvitnými konstrukcemi [kW]									
SV (140°)	93,6	2,15	1,46	0,27	0,25	0,25	0,57	0,20	<b>0,21</b>
JV (50°)	32,9	1,18	1,21	1,14	0,95	0,67	0,35	0,12	<b>0,12</b>
JZ (40°)	125,0	0,47	0,52	1,16	2,35	3,33	3,98	4,31	<b>4,13</b>
SZ (130°)	38,0	1,23	1,20	1,74	1,62	1,86	1,73	1,66	<b>2,43</b>
Solární zisky neprůsvitnými konstrukcemi [kW]									
Stěna SV (140°)	281,2	<b>0,8</b>							
Stěna JV	124,8	<b>0,4</b>							
Stěna JZ	252,8	<b>0,8</b>							
Stěna SZ	119,7	<b>0,4</b>							
Střecha	935,5	<b>4,7</b>							
<b>Celková solární zátěž [kW]</b>		<b>13,9</b>							

### 2.6.1.2 Zátěž od osob a pokrmů

Tabulka 2.6-2: Maximální tepelná zátěž od osob a pokrmů

Počet osob v budově (120 žáků a 15 učitelů):	135	os.
Tepelný zisk na osobu:	80	W/os.
Počet porcí:	100	porcí
Tepelný zisk na porci:	5	W/porci
<b>Celková tepelná zátěž od osob a pokrmů:</b>	<b>11,3</b>	<b>kW</b>

### 2.6.1.3 Zátěž z umělého osvětlení

Tabulka 2.6-3: Tepelná zátěž z umělého osvětlení

<i>Celkový příkon osvětlovací soustavy</i>	8,8	kW
<i>Korekční činitel souběžnosti</i>	0,5	-
<i>Korekční činitel regulace</i>	0,8	-
<i>Energie přeměněná na teplo.</i>	80	%
<b><i>Celková tepelná zátěž:</i></b>	<b>2,8</b>	<b>kW</b>

### 2.6.1.4 Zátěž větráním

Tepelné zisky nuceným větráním byly převzaty z návrhu VZT jednotek, které byly navrženy v software AeroCAD. Software ovšem využívá poměrně optimistickou účinnost rekuperačních výměníků pro ZZT, proto byly výkony vodních chladičů navýšeny o 20 %.

Tabulka 2.6-4: Tepelná zátěž větráním

<i>Výkon výměníku ve VZT jednotce č. 1:</i>	11,5	kW
<i>Výkon výměníku ve VZT jednotce č. 2:</i>	6,2	kW
<i>Výkon výměníku ve VZT jednotce č. 3:</i>	3,8	kW
<b><i>Celkový výkon vodních chladičů ve VZT jednotkách:</i></b>	<b>21,5</b>	<b>kW</b>

### 2.6.1.5 Celková tepelná zátěž

Tabulka 2.6-5: Souhrn celkových tepelných zátěží

<i>Solární zátěž:</i>	13,9	kW
<i>Zátěž od osob a pokrmů:</i>	11,3	kW
<i>Zátěž z umělého osvětlení:</i>	2,8	kW
<i>Zátěž větráním:</i>	21,5	kW
<b><i>Celková maximální tepelná zátěž objektu:</i></b>	<b>49,5</b>	<b>kW</b>

## 2.6.2 Stanovení výkonu pasivního chlazení

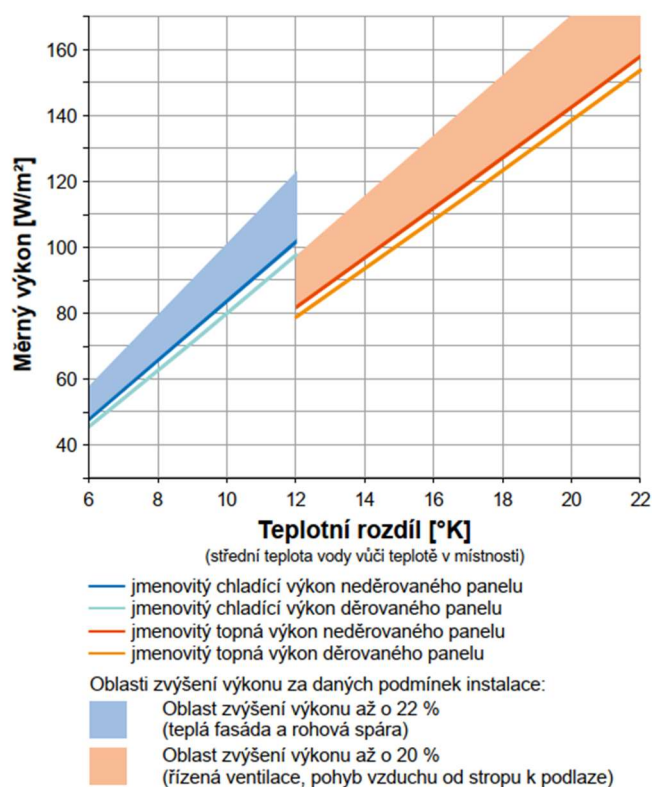
Dle podkladu s názvem „Tepelná čerpadla země/voda vs. chlazení“ na webu [www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz](http://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz) je možno pro pasivní chlazení uvažovat výkon 37 W/m pro čtyřtrubkové hlubinné vrtů v kombinaci s plošnými distribučními prvky chladu. Celkem je navrženo 16 vrtů do hloubky cca 75 m. Celkový výkon pasivního chlazení je tedy 44,4 kW. Výkon vrtů kolísá v průběhu roku a na konci léta už může být výkon pasivního chlazení nedostatečný. Nicméně dokud bude výstupní teplota glykolové směsi z vrtů dostatečně nízká pro ochlazení vnitřních prostor, nebude aktivní chlazení využíváno. Je zde předpoklad, že pasivní chlazení pokryje převážnou většinu potřeby chlazení.

### 2.6.3 Stanovení výkonu aktivního chlazení

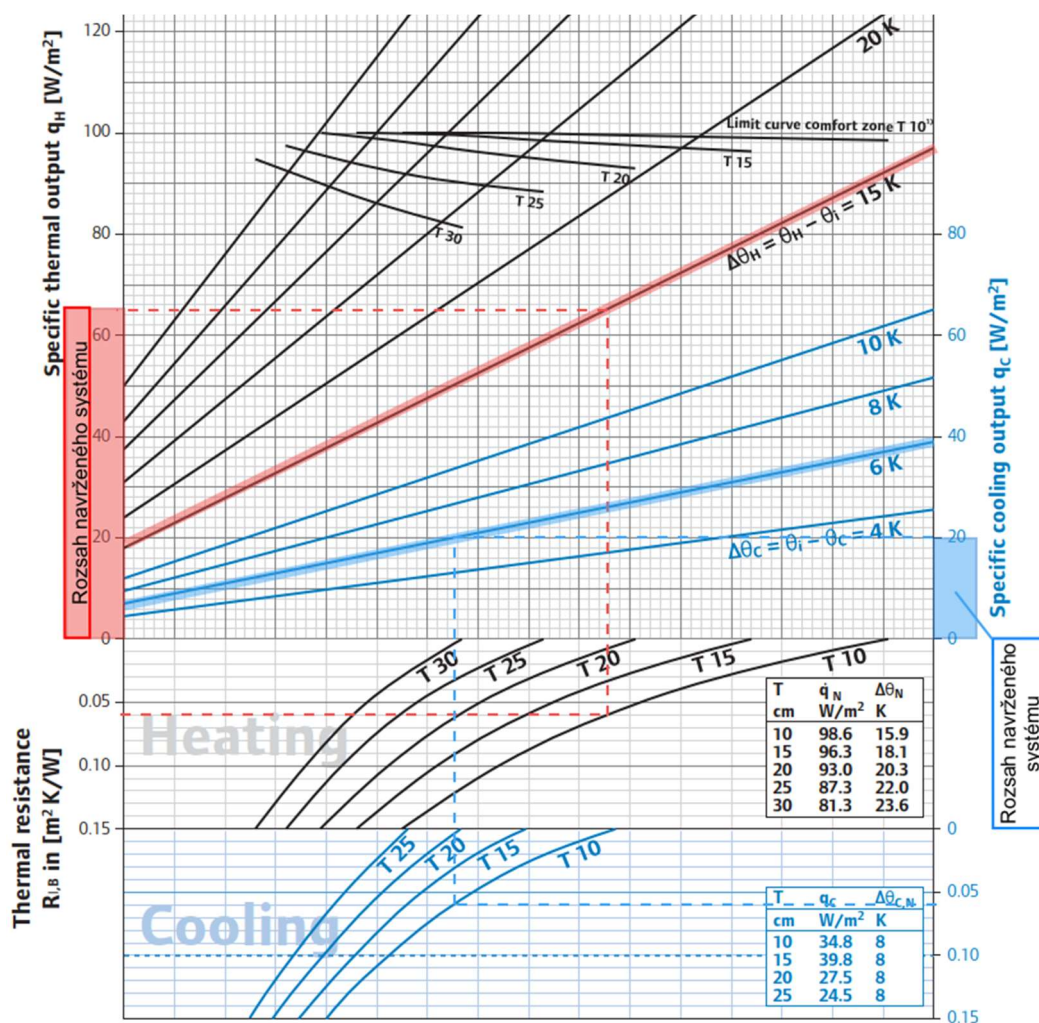
Jako zdroj chladu aktivního chlazení jsou navržena dvě tepelná čerpadla, které jsou výkonem dimenzována primárně na tepelné ztráty objektu a přípravu teplé vody. Chladicí výkon těchto čerpadel je celkem 60,2 kW a je tak dostačující i pro nejnepříznivější možnou situaci. Pro akumulaci chladu je dle doporučení výrobce navržen akumulční zásobník o objemu 500 l.

### 2.6.4 Návrh distribučních prvků

Ve třídách, kabinetech a dalších pobytových místnostech je chlad distribuován pomocí tepelně aktivované podlahy. Ve třídách, kde jsou velké zisky od osob je chlazení doplněno ještě o stropní chlazení v podhledu. V jídelně je chlad distribuován pomocí tepelně aktivované podlahy a pasivního indukčního trámu. Teplotní spád chladné vody do plošných prvků bude upravován podle rosného bodu. Pro výpočet je uvažováno s teplotním spádem 18,5/21,5 °C. Požadovaná teplota v místnosti je 26 °C a teplotní rozdíl vnitřního prostředí a chladné vody je tedy 6 °C.



Obrázek 24: Výkon stropního chlazení [www.uponor.com]



Obrázek 25: Dimenzační graf podlahového topení/chlazení [www.uponor.com + autor]

#### 2.6.4.1 Distribuční prvky v kmenové učebně (m. č. 215)

Tabulka 2.6-6: Stanovení potřebné plochy stropního chlazení v kmenové učebně 215

Solární zisky	Intenzita slunečního záření – JZ (ve 13. hod):	680	W/m <sup>2</sup>
	Plocha průsvitných ploch s JZ orientací:	14	m <sup>2</sup>
	Solární faktor zasklení (trojsklo):	0,52	-
	Koeficient stínění (venkovní žaluzie):	0,13	-
	Koeficient plochy zasklení:	0,75	-
	Tepelný zisk plochou střechou:	5	W/m <sup>2</sup>
	Plocha ploché střechy:	63	m <sup>2</sup>
	Solární zisky:	0,88	kW
Zisky od osob	Počet osob v budově:	31	os
	Tepelný zisk na osobu:	80	W/os
	Zisky od osob:	2,48	kW
Zisky z umělého osvětlení	Celkový příkon osvětlovací soustavy:	0,54	kW
	Korekční činitel souběžnosti:	0,5	-

	Korekční činitel regulace:	0,8	-
	Energie přeměněná na teplo:	80	%
	Zisky z umělého osvětlení:	0,2	kW
<i>Zisky větráním</i>	Množství přiváděného vzduchu:	750	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota přiváděného vzduchu:	24	°C
	Požadovaná vnitřní teplota:	26	°C
	Zisky větráním:	-0,5	kW
<b>Celková tepelná zátěž kmenové učebny:</b>		<b>3,0</b>	<b>kW</b>
<i>Měrný výkon podlahového chlazení dle grafu (rozteč hadic 300 mm):</i>		15,0	W/m <sup>2</sup>
<i>Plocha tepelně aktivované podlahy (80 % z plochy místnosti):</i>		50,4	m <sup>2</sup>
<i>Chladicí výkon podlahy:</i>		0,8	kW
<i>Měrný výkon stropního chlazení:</i>		50	W/m <sup>2</sup>
<b>Potřebná plocha stropního chlazení:</b>		<b>45,4</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

#### 2.6.4.2 Distribuční prvky v jídelně (m. č. 101)

Tabulka 2.6-7: Stanovení potřebné délky chladicího trámu v jídelně

<i>Solární zisky</i>	Intenzita slunečního záření – SV (ve 12. hod):	120	W/m <sup>2</sup>
	Intenzita slunečního záření – JV (ve 12. hod):	208	
	Intenzita slunečního záření – JZ (ve 12. hod):	628	
	Plocha průsvitných ploch s SV orientací:	6,6	m <sup>2</sup>
	Plocha průsvitných ploch s JV orientací:	9	
	Plocha průsvitných ploch s JZ orientací:	18	
	Solární faktor zasklení (trojsklo):	0,52	-
	Koeficient stínění (venkovní žaluzie):	0,13	-
	Koeficient plochy zasklení:	0,75	-
	Tepelný zisk plochou střechou:	5	W/m <sup>2</sup>
	Plocha ploché střechy:	119	m <sup>2</sup>
Solární zisky:	1,3	kW	
<i>Zisky od osob</i>	Počet osob v budově:	40	os
	Tepelný zisk na osobu:	80	W/os
	Zisky od osob:	3,2	kW
<i>Zisky z pokrmů</i>	Počet osob v budově:	40	os
	Tepelný zisk na osobu:	5	W/os
	Zisky od osob:	0,2	kW
<i>Zisky z umělého osvětlení</i>	Celkový příkon osvětlovací soustavy:	0,7	kW
	Korekční činitel souběžnosti:	0,5	-
	Korekční činitel regulace:	0,8	-
	Energie přeměněná na teplo:	80	%
	Zisky z umělého osvětlení:	0,2	kW
<i>Zisky větráním</i>	Množství přiváděného vzduchu:	1 200	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota přiváděného vzduchu:	24	°C

	Požadovaná vnitřní teplota:	26	°C
	Zisky od teplého jídla:	-0,8	kW
	<b>Celková tepelná zátěž kmenové učebny:</b>	<b>4,1</b>	<b>kW</b>
	<i>Měrný výkon podlahového chlazení dle grafu (rozteč hada 300 mm):</i>	15,0	W/m <sup>2</sup>
	<i>Plocha tepelně aktivované podlahy (80 % z plochy místnosti):</i>	106,9	m <sup>2</sup>
	<i>Chladicí výkon podlahy:</i>	2,7	kW
	<i>Měrný výkon stropního chlazení:</i>	150	W/m
	<b>Potřebná délka indukčního pasivního trámu:</b>	<b>16,8</b>	<b>m</b>

## 2.6.5 Řízení

Tepelná čerpadla budou v režimu chlazení řízeny dle teploty chladné vody v akumulační nádobě. Teplotní spád do jednotlivých distribučních prvků bude řízen směšovacími trojcestnými ventily dle potřeby a pro plošné distribuční prvky dle rosného bodu. Aktivní chlazení bude spuštěno až v případě, kdy je v provozu podlahové i stropní chlazení a teplota v pobytové místnosti stoupne nad požadovanou hranici. Do té doby bude v provozu pouze pasivní chlazení.

Požadavek na teplotu v místnosti (a tím i provoz podlahového a stropního chlazení) bude určen dle reálného provozu. Systém MaR bude propojen se školní aplikací např. Bakaláři, kde jsou data o využívání jednotlivých učeben. Tato data budou převzata do systému MaR a bude se dle nich řídit požadovaná teplota v místnosti. Dle reálného provozu se nastaví počátek chlazení s dostatečným předstihem tak, aby byl vnitřní komfort na začátku hodiny optimální. Chlazení bude rovněž s dostatečným předstihem vypnuto.

## 2.7 Koncepce OZE

Pro výrobu energie z OZE je navržena fotovoltaická elektrárna, která je umístěna na střeše objektu. Koncepce OZE vychází z předpokladu, že v brzké době bude schválena novela energetického zákona č. 458/2000 Sb., která umožní zakládat energetická společenství a zvýší limit pro nutnost vlastnit licenci na výrobu elektřiny z 10 kW na 50 kW. Velikost FVE je omezena právě těmito 50 kW tak, aby v budoucnu nebylo nutné žádat o licenci na výrobu elektřiny a plnit tak další podmínky. Dalším předpokladem je, že vedlejší odborné učiliště, které je poměrně rozsáhlé a nemá vlastní OZE, může s navrhovaným objektem utvořit energetické společenství a přetoky z FVE na střeše by tak byly dodávány do učiliště.

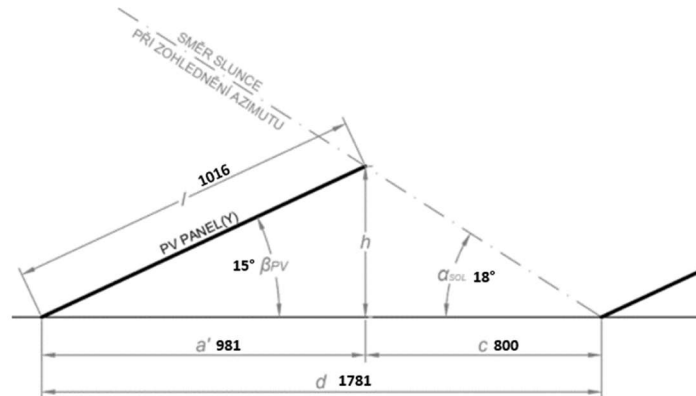
### 2.7.1 Výpočet množství vyrobené elektřiny

#### 2.7.1.1 Stanovení geometrie elektrárny

Vzhledem k orientaci budovy budou panely orientovány rovnoběžně s atikou tak, aby se jich na střechu vlezlo více. Panely na střeše nad 2.NP jsou orientovány na JV s odklonem od jihu 40° a panely na střeše nadstavku jsou orientovány na JZ s odklonem od jihu 50°. Sklon panelů je



navržen na  $15^\circ$ . Panely budou kotveny do hliníkové konstrukce, která je přitížena tak, aby panel nemohl odfouknout vítr. Aby se mezi panely dalo procházet a vzájemně se nestínily, je navržen rozestup panelů 800 mm. Při tomto odstupu a při sklonu  $15^\circ$  se vzájemně zastíní až při paprscích dopadajících pod úhlem  $18^\circ$ .



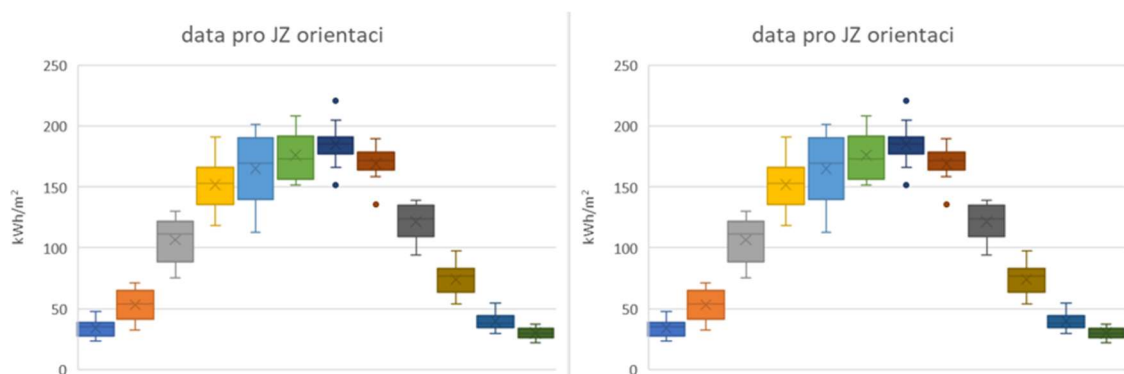
Obrázek 26: Schéma stínění panelů [janhlavaty.cz + autor]



Obrázek 27: Nosná konstrukce FV panelů [www.solarsave.cz]

### 2.7.1.2 Stanovení intenzity slunečního záření

Pro stanovení intenzity slunečního záření byl využit veřejně přístupný online software PVGIS. Výpočet byl proveden v hodinovém kroku. Pro každou hodinu v roce byly zprůměrovány reálné naměřené hodnoty z PVGIS za 12 let (od roku 2009 do roku 2020). Na grafech níže je uvedena průměrná sluneční energie dopadající na  $1 \text{ m}^2$  za měsíc a rozptyl těchto hodnot během měření 12 let.



Obrázek 28: Množství sluneční energie dopadající na  $1 \text{ m}^2$  za měsíc [autor]

### 2.7.1.3 Stanovení množství vyrobené elektřiny

Výpočet byl proveden v hodinovém kroku. Pro výpočet je uvažováno s FV panelem SunPower Max 5 COM 450 Wp. Jmenovitý výkon tohoto panelu je 450 Wp a účinnost je 22,2 %.

Tabulka 2.7-1: Výpočet množství vyrobené energie z FVE

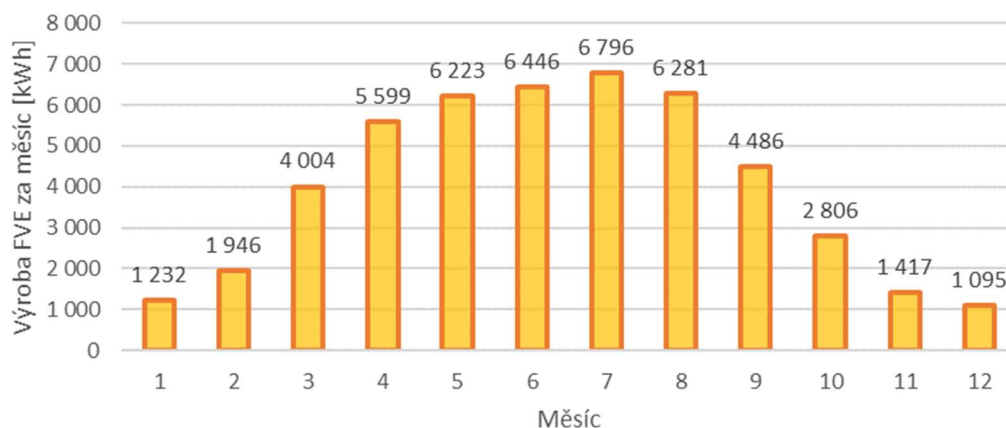
Popis veličiny	JV orientace	JZ orientace	Jednotky
Účinná plocha jednoho panelu:	1,828	1,828	m <sup>2</sup>
Počet panelů:	81	25	ks
Celkový špičkový výkon panelů:	36,5	11,3	kWp
Průměrná energie slunečního záření dopadající během dne:	1 313	1 292	kWh/m <sup>2</sup>
Účinnost panelů:	22,2	22,2	%
Účinnost rozvodů (DC, AC)	95	95	%
Účinnost měniče:	98,3	98,3	%
Účinnost přeměny energie (přehřívání, degradace...):	83	83	%
<b>Celkové množství vyrobené elektrické energie:</b>	<b>37,1</b>	<b>11,3</b>	<b>MWh/rok</b>
<b>Celkové množství vyrobené elektrické energie:</b>	<b>48,4</b>		<b>MWh/rok</b>

Tabulka 2.7-2: Maximální výkony dodávané FVE v kW

		Hodina														
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Měsíc	1	0,0	0,0	0,0	4,1	10,6	16,8	19,6	18,7	16,6	11,5	6,0	0,6	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	1,9	10,3	17,7	23,3	24,2	25,2	23,1	18,8	13,1	6,5	0,2	0,0	0,0
	3	0,0	0,9	10,1	18,0	24,2	28,8	31,4	32,2	29,6	24,9	18,5	11,2	4,0	0,0	0,0
	4	1,0	7,8	15,4	22,2	28,4	32,7	35,1	34,9	32,2	27,5	20,8	13,5	6,3	2,1	0,0
	5	4,6	11,1	18,1	25,3	30,9	35,0	37,1	36,1	33,5	29,3	23,1	16,3	9,8	4,0	1,0
	6	5,1	11,1	18,3	24,9	30,4	34,1	36,7	37,0	34,5	29,8	24,1	17,5	10,5	4,6	1,8
	7	3,9	11,4	18,1	24,7	29,5	33,5	35,1	34,2	32,9	28,1	24,0	17,4	10,7	5,2	1,7
	8	1,9	8,0	15,6	22,2	28,0	32,2	35,1	33,6	32,2	26,7	21,8	15,6	9,1	3,8	0,3
	9	0,0	5,3	12,7	19,9	25,6	29,1	31,1	30,0	27,5	23,3	17,5	10,4	4,9	0,8	0,0
	10	0,0	0,0	9,1	16,2	21,7	26,3	28,4	27,3	24,3	18,8	12,5	6,0	0,7	0,0	0,0
	11	0,0	0,0	1,1	8,1	15,0	19,4	20,3	18,8	15,3	11,7	6,4	0,6	0,0	0,0	0,0
	12	0,0	0,0	0,0	3,8	10,6	14,6	15,6	14,7	13,7	9,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabulka 2.7-3: Množství vyrobené elektřiny [kWh]

		Hodina														
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Měsíc	1	0,0	0,0	0,0	33,4	116,6	194,3	259,3	224,9	191,3	130,7	77,8	3,5	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	5,6	122,4	214,5	288,8	286,6	320,4	244,8	240,1	146,9	75,3	0,4	0,0	0,0
	3	0,0	4,1	120,1	278,2	442,8	530,2	600,9	599,4	494,0	389,5	297,9	191,2	56,0	0,0	0,0
	4	3,7	115,4	276,8	441,5	580,6	690,6	740,1	720,7	649,2	532,2	393,2	290,4	133,6	30,9	0,0
	5	58,7	197,6	344,2	503,7	638,5	706,5	707,4	665,6	631,2	590,1	497,8	373,3	212,4	87,8	8,2
	6	84,2	176,3	330,7	498,0	695,9	711,6	723,2	711,2	700,8	574,6	483,4	378,9	230,0	112,5	35,1
	7	60,8	197,9	387,9	568,6	707,7	769,2	772,9	735,9	703,2	588,1	551,8	379,4	234,0	108,5	30,5
	8	13,0	144,0	301,3	479,7	658,8	762,3	760,2	784,3	704,8	628,4	488,5	309,8	178,5	66,8	0,8
	9	0,0	56,8	217,4	378,2	478,4	589,4	593,0	605,4	535,7	434,7	323,2	200,1	71,8	2,3	0,0
	10	0,0	0,0	106,8	236,6	312,9	384,0	435,1	392,4	345,0	312,5	205,5	73,5	1,6	0,0	0,0
	11	0,0	0,0	4,0	89,1	178,4	237,8	230,3	246,9	208,7	147,6	73,4	1,3	0,0	0,0	0,0
	12	0,0	0,0	0,0	16,3	119,5	172,0	200,4	218,0	193,6	135,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σ	220	892	2095	3646	5145	6037	6309	6225	5602	4703	3579	2277	1118	409	74

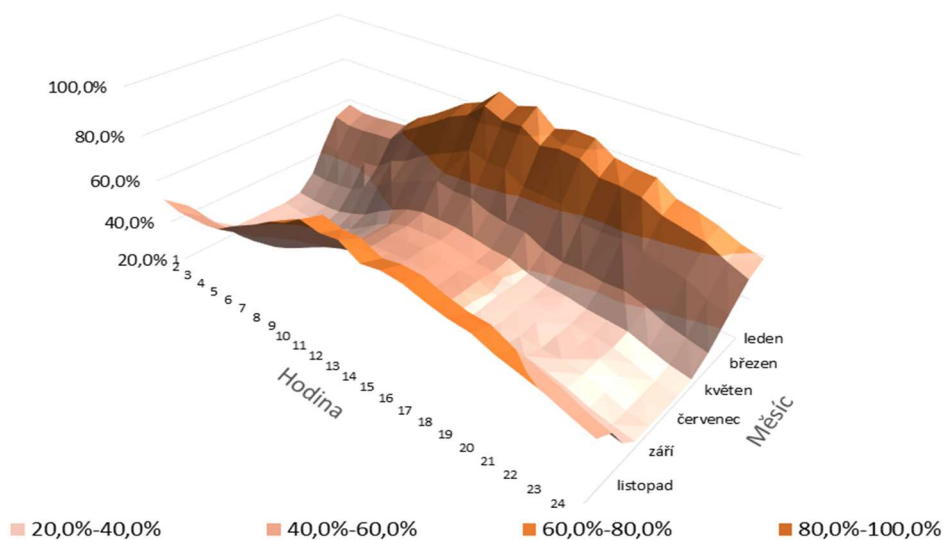


Obrázek 29: Měsíční výroba FVE [autor]

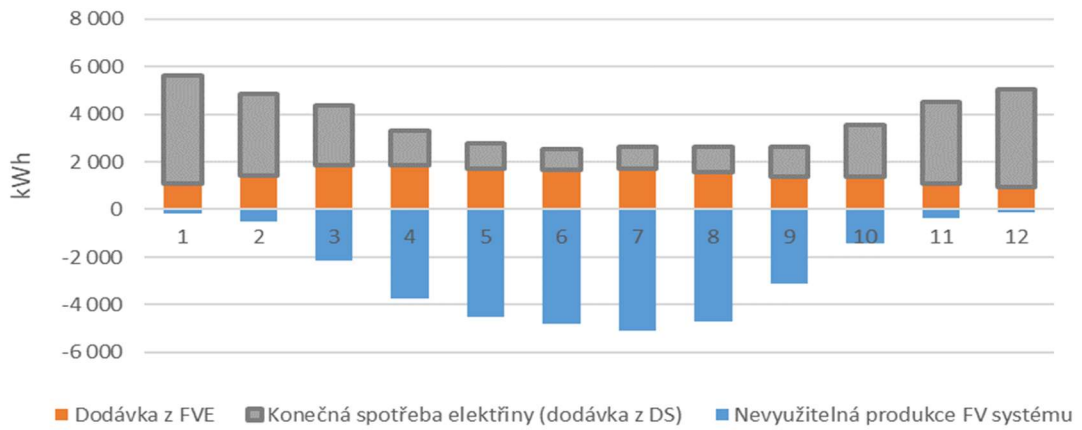
#### 2.7.1.4 Stanovení množství elektřiny využitelné v místě výroby

Elektřina vyrobená ve FVE bude přednostně spotřebovávána v objektu, potom bude elektřina dodávána do vedlejšího učiliště, se kterým bude možné vytvořit energetické společenství. Pokud nastane případ, kdy bude vyrábět FVE více elektřiny, než dokážou oba areály spotřebovat bude elektřina prodávána dodavateli energií a přepouštěna do distribuční sítě.

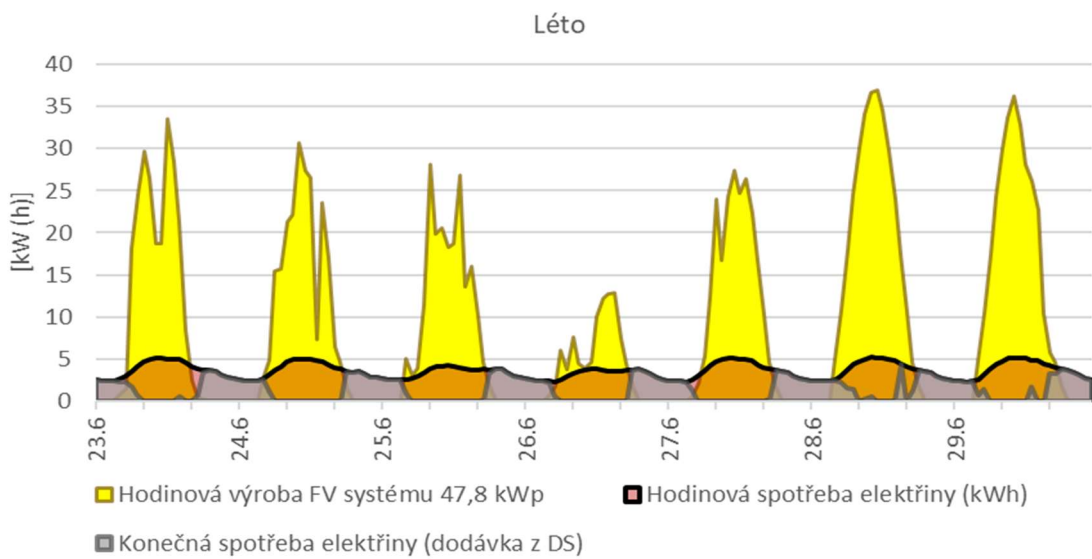
Vzhledem k velikosti FVE a konceptu, s jakým je uvažováno, je použitý zjednodušený postup pro stanovení množství využití energie a přetoků. Profil spotřeby v hodinovém kroku je uvažován dle TDD křivky 3. Množství spotřebované elektřiny je stanoveno dle celkové dodané energie v PENB, která je navýšena o 30 % (navýšení o neregulovanou „zásuvkovou“ spotřebu).



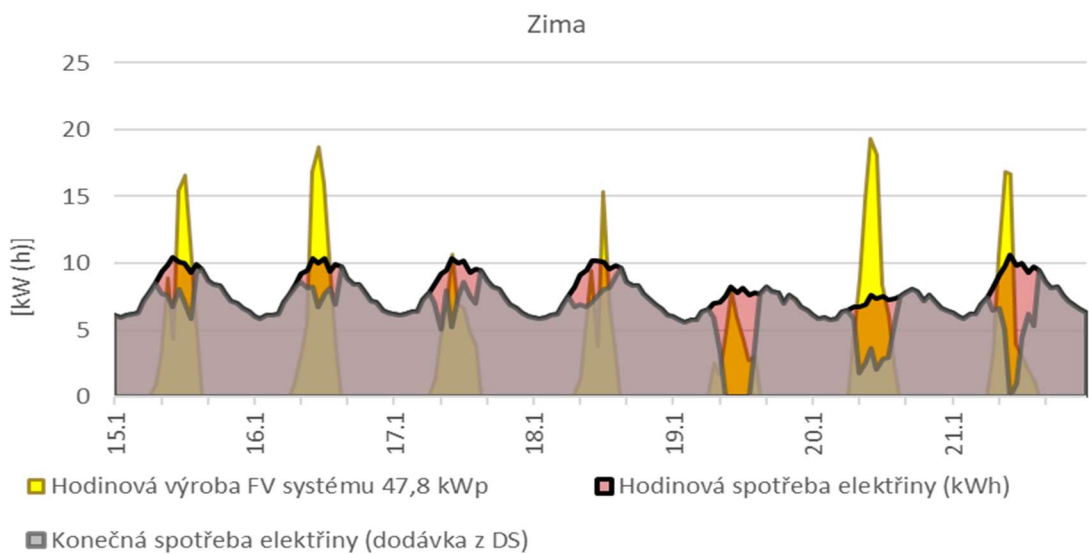
Obrázek 30: Povrchový graf profilu spotřeby [autor]



Obrázek 31: Měsíční bilance využitelné energie a přetoků [autor]



Obrázek 32: Bilance výroby a spotřeby elektřiny ve vybraném letním týdnu [autor]

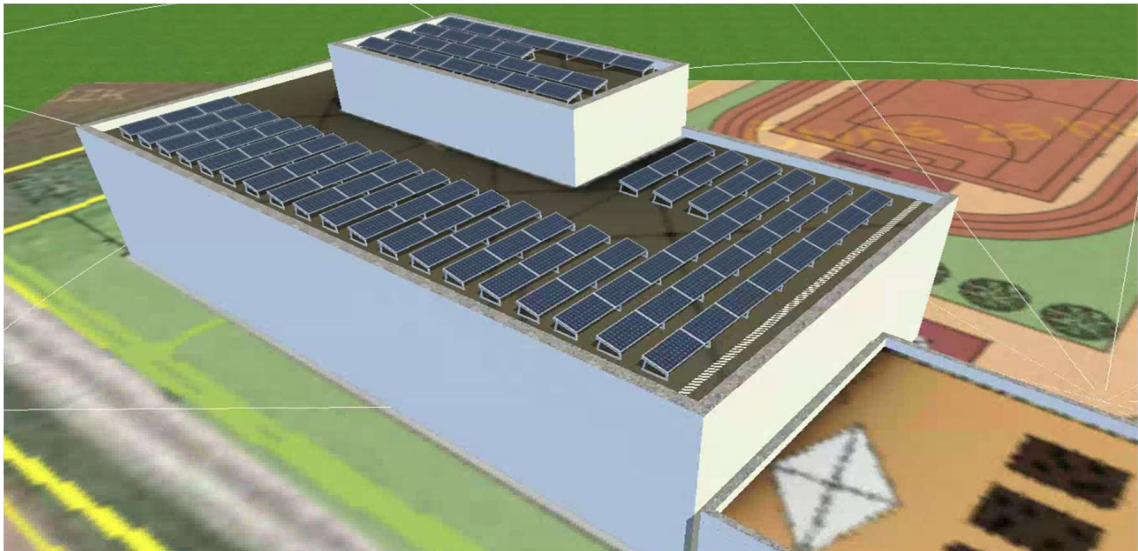


Obrázek 33: Bilance výroby a spotřeby elektřiny ve vybraném zimním týdnu [autor]

Výše uvedené grafy, jsou výstupem hodinového výpočtu výroby a spotřeby elektřiny. Z výpočtu vyplývá, že elektřina z FVE pokryje přibližně 40 % spotřeby v objektu. Z vyrobené elektřiny je v objektu využito 36,5 % a zbylých 63,5 % je možné využít pro vedlejší účeliště, nebo prodat do DS. Tyto údaje jsou pouze orientační, protože profil spotřeby i množství spotřebované elektřiny byly stanoveny jen zjednodušeným odhadem.

### 2.7.1.5 Ověření výsledků výpočtu vyrobené energie v hodinovém kroku

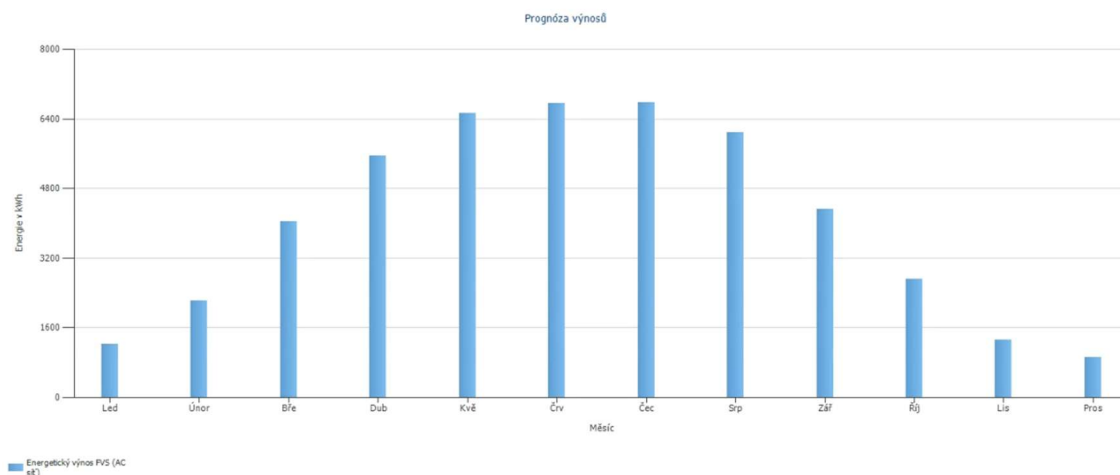
Pro ověření výpočtu byl využit software PVSol, do kterého byly zadány stejné vstupní parametry (geometrie, parametry FV panelu, orientace...), jako do ručního výpočtu v Excelu.



Obrázek 34: 3D model FVE [PVSol]



Obrázek 35: Zastínění panelů [PVSol]



Obrázek 36: Měsíční výroba FVE [PVSol]

Tabulka 2.7-4: porovnání výsledků ručního výpočtu se software

Roční výroba FVE dle software PVSol:	48,47	MWh
Roční výroba FVE dle ručního výpočtu:	48,33	MWh
Rozdíl:	0,14	MWh
Odchylka:	0,3	%

Odchylka ručního a softwarového výpočtu je pouhých 0,3 % a výpočet množství vyrobené energie v hodinovém kroku tak lze považovat za správný.

## 3 Analýza funkčnosti TZB systémů

### 3.1 Úvod

Třetí část diplomové práce je věnována analýze naměřených dat z místních šetření na sledované základní škole a následný návrh opatření vedoucí ke zlepšení vnitřního prostředí.

### 3.2 Měření

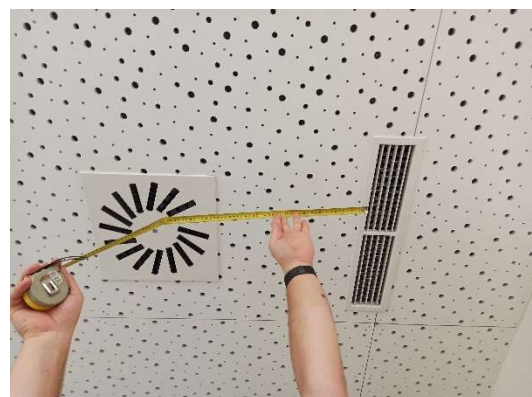
Místní šetření bylo provedeno na základě stížností uživatelů budovy, kteří nejsou spokojeni s kvalitou vnitřního prostředí. Stížnosti se týkali převážně nefunkční vzduchotechniky a problémů s přehříváním místností.

#### 3.2.1 Popis místního šetření

První místní šetření proběhlo při provozu a byly měřeny převážně průtoky na výústích vzduchotechniky v jednotlivých učebnách. Do vybraných učeben byly umístěny senzory se záznamem, které zaznamenávaly teplotu vzduchu, koncentraci CO<sub>2</sub> a vlhkost vzduchu v učebnách.

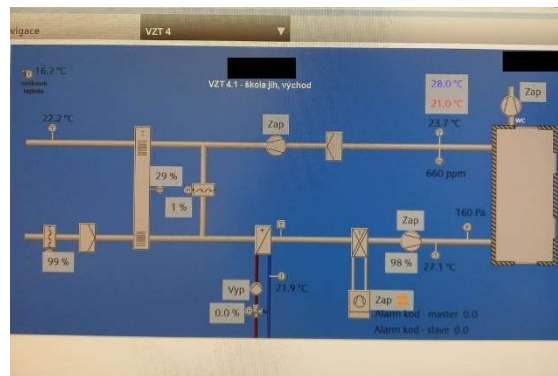


Obrázek 37: Měření průtoku na vyústce VZT [autor]



Obrázek 38: Zkrat VZT vyústek [autor]

Po předběžné analýze dat bylo při druhém místním šetření provedeno kontrolní měření průtoku vzduchu v učebnách a seznámení s uživatelským prostředím software MaR. Byla provedena taky kontrola funkčnosti ovládání akčních prvků ze software MaR, která neměla uspokojivé výsledky. Dále byly opět rozmístěny senzory do vybraných tříd pro záznamové měření a proběhlo měření hladiny akustického tlaku ve vybraných učebnách.



*Obrázek 39: Měření hladiny akustického tlaku [autor]*

*Obrázek 40: Schéma VZT jednotky v uživatelském rozhraní software MaR [autor]*

Na třetí místní šetření byl přizván odborník ze společnosti, která do budovy dodávala software MaR. Kontrolovány byly převážně reakce akčních členů na různá zadání v software MaR. Analyzováno bylo také proudění vzduchu ve vybrané učebně pomocí vyvíječe páry.



*Obrázek 41: Zkouška proudění vzduchu v učebně pomocí vyvíječe páry [autor]*

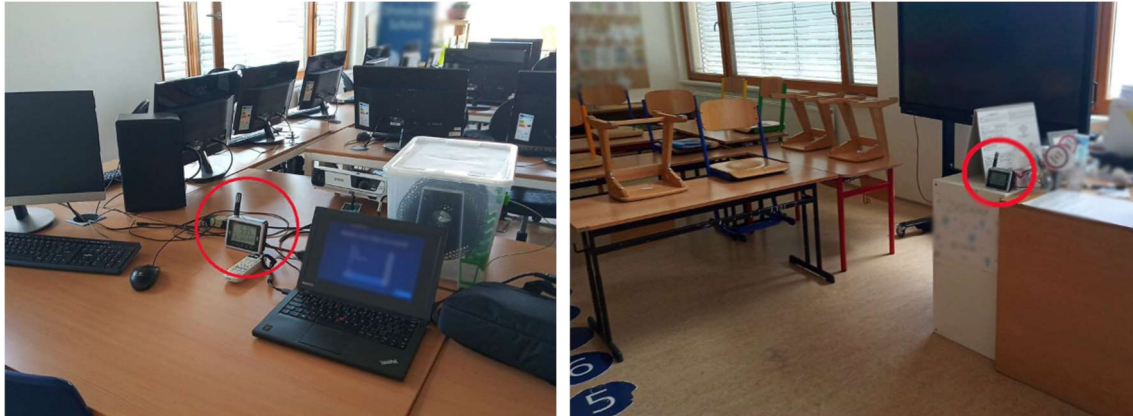


### 3.2.2 Použité měřicí přístroje

	<p><b>Datalogger COMET S3120</b>  <u>Teplota:</u> Měřicí rozsah: -30 / +70°C ; Přesnost: ±0.4°C  <u>Vlhkost:</u> Měřicí rozsah: 0 / 100% ; Přesnost: ±2.5% RH od 5 do 95% (při 23°C)</p>
	<p><b>Datalogger Comet U3430</b>  <u>Teplota:</u> Měřicí rozsah: -20 až +60 °C ; Přesnost ±0,4 °C  <u>Vlhkost:</u> Měřicí rozsah: 0 až 100 % RV ; Přesnost: ± 1,8 % RV  <u>Koncentrace CO2:</u> Měřicí rozsah: 0 až 5000 ppm ; Přesnost: ± (50 ppm +3 % měřené hodnoty) při 25 °C a 1013 hPa</p>
	<p><b>Datalogger Rotronic CL11</b>  <u>Teplota:</u> Měřicí rozsah: -20 až +60 °C ; Přesnost ±0,3 °C při 23 °C  <u>Vlhkost:</u> Měřicí rozsah: 0 až 100 % RV ; Přesnost: ± 2,5 % RV  <u>Koncentrace CO2:</u> Měřicí rozsah: 0 až 5000 ppm ; Přesnost: ± (30 ppm +5 % měřené hodnoty)</p>
	<p><b>Objemový průtokoměr Airflow Instruments ProHood Capture Hood PH731</b>  <u>Průtok vzduchu:</u> Měřicí rozsah: 42 až 4250 m3/h ; Přesnost: ± 3 % měřené hodnoty ± 12 m3/h3 od 85 m3/h</p>
	<p><b>TESTO 400 – Univerzální přístroj pro měření klimatických veličin</b>  <u>Diferenční tlak:</u> Měřicí rozsah: -100 do +200 hPa ; Přesnost: ±(0.3 pa + 1 % z mv) ±1 Digit (0 do 25 hPa)  <u>Absolutní tlak:</u> Měřicí rozsah: 700 do 1100 hPa ; Přesnost: ±3 hPa</p>
	<p><b>Testo 405i – Termický anemometr ovládaný chytrým telefonem</b>  <u>Teplota:</u> Měřicí rozsah: -20 do +60 °C ; Přesnost: ±0.5 °C  <u>Rychlost proudění:</u> Měřicí rozsah: 0 do 30 m/s ; Přesnost: ±(0.1 m/s + 5 % z mv) (0 do 2 m/s) ±(0.3 m/s + 5 % z mv) (2 do 15 m/s)</p>

### 3.2.3 Umístění senzorů

Senzory byly do učeben rozmístěny tak, aby pokud možno byly v pobytové oblasti a zároveň nehrozil dopad slunečních paprsků přímo na senzor, což by negativně ovlivnilo výsledky.



Obrázek 42 a 43: Umístění senzorů v učebnách [autor]



Obrázek 44: Umístění senzoru v učebně [autor]

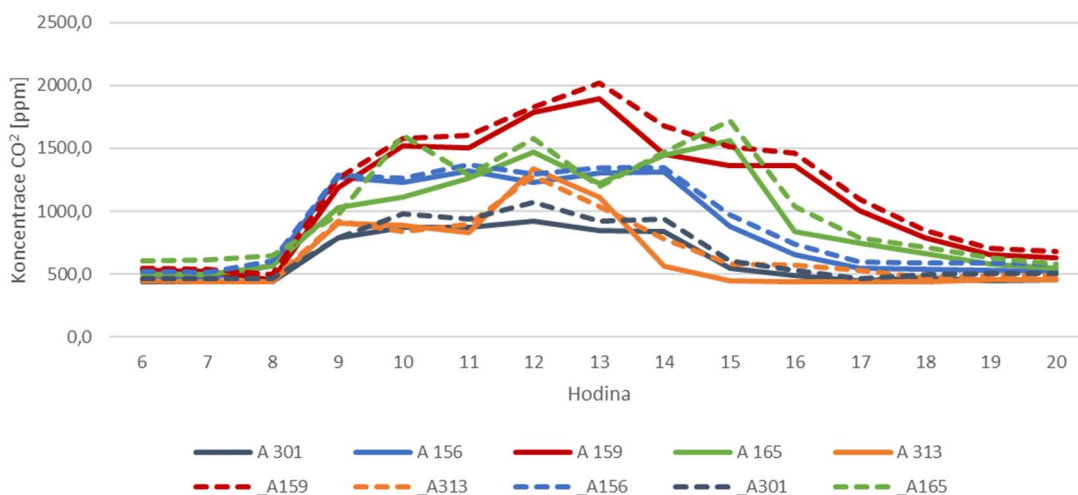
Obrázek 45: Umístění senzoru k přívodní vyústce VTZ [autor]

### 3.3 Analýza výsledků

#### 3.3.1 Vyhodnocení stávajícího stavu z hlediska větrání a koncentrací CO<sub>2</sub>

##### 3.3.1.1 Funkčnost čidel CO<sub>2</sub>

Pro zodpovězení otázky, zda řídicí systém správně ovládá klapky, které ovlivňují průtok vzduchu do jednotlivých tříd, je nutné ověřit, zda měření řídicího systému odpovídá realitě. Pro toto ověření byly porovnány hodnoty z našeho měření ve vybraných třídách a hodnoty, které byly získány ze softwaru MaR od uživatelů budovy. Na níže uvedeném grafu jsou uvedeny průběhy koncentrace CO<sub>2</sub> v průběhu dne (plně jsou značeny naše naměřené hodnoty a čárkovaně hodnoty převzaté ze systému MaR).



Obrázek 46: Porovnání výsledku měření koncentrací CO<sub>2</sub> ve vybraných třídách [autor]

Z výše uvedeného grafu je patrné, že se průběhy téměř shodují. Průměrná odchylka koncentrace CO<sub>2</sub> je pouze 64 ppm, což představuje odchylku přibližně 8 %. Lze tedy konstatovat, že **měření koncentrace CO<sub>2</sub> je ve vybraném vzorku tříd dostatečně přesné**, aby na základě těchto dat je možné řídit chod VZT systému.

##### 3.3.1.2 Posouzení kritických koncentrací CO<sub>2</sub>

Systém VZT by měl být navržen tak, aby zvládl odvést veškerou zátěž a škodliviny. Dle tabulky níže by neměla být v interiéru překročena hranice 1500 ppm, kdy dochází ke zhoršení naší psychické pohody.

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

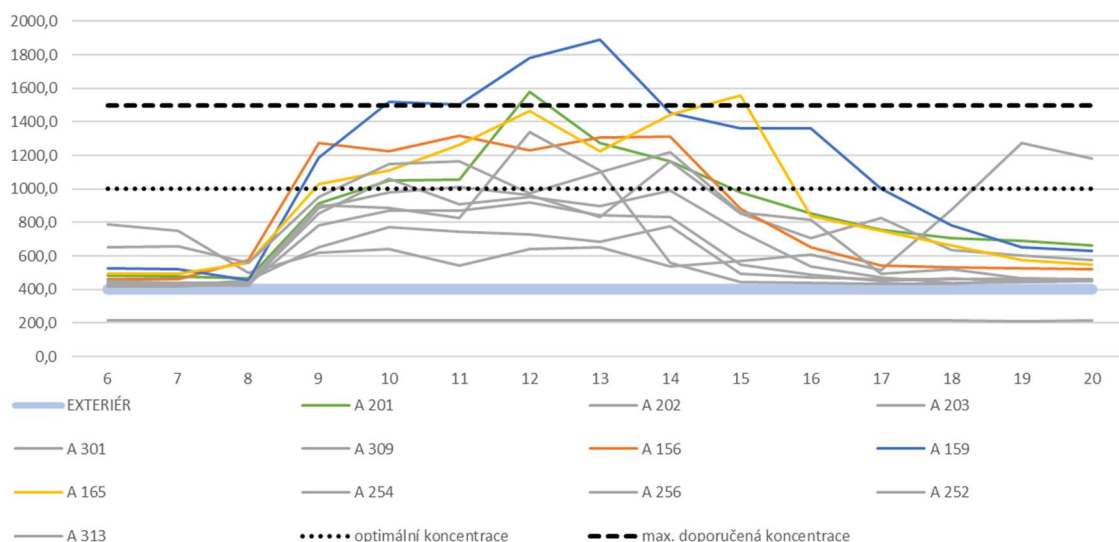
Obrázek 47: Vliv koncentrace CO<sub>2</sub> na člověka [vetrani.tzb-info.cz]

Na fotografii níže vidíme, že v systému, který řídí chod VZT, je nastavena koncentrace CO<sub>2</sub> na 1000 ppm, což znamená, že by se maximální koncentrace v učebnách při provozu měly pohybovat okolo této hodnoty.

přízemí							
A.101 - školní klub	2A	27.1 °C	22.0 °C	0 %	450 ppm	1000 ppm	39 %RH
A.102 - chodba s šatnou	8A	25.9 °C	21.0 °C	0 %			
A.103 - kancelář	1A	24.1 °C	23.0 °C	0 %	630 ppm	1000 ppm	45 %RH
A.104 - ateliér, učebna VV	3A	24.1 °C	22.0 °C	0 %	470 ppm	1000 ppm	45 %RH
A.105 - dílna	20A	27.6 °C	21.0 °C	0 %	440 ppm	1000 ppm	40 %RH
A.106 - cvičná kuchyň	20A	27.2 °C	21.0 °C	0 %	440 ppm	1000 ppm	41 %RH
A.111 - ředitelna	1A	25.8 °C	22.0 °C	0 %	510 ppm	1000 ppm	42 %RH
A.112 - sborovna	1A	23.9 °C	23.0 °C	0 %	550 ppm	1000 ppm	46 %RH
A.113 - kancelář	1A	25.4 °C	22.0 °C	0 %	510 ppm	1000 ppm	43 %RH
A.115 - recepce	4A	26.8 °C	21.0 °C	0 %	600 ppm	900 ppm	41 %RH
A.116 - knihovna	5A	26.2 °C	22.0 °C	0 %	440 ppm	1000 ppm	40 %RH
A.118 - knihovna	5A	26.0 °C	22.0 °C	0 %	450 ppm	1000 ppm	41 %RH
A.150 - šatny	8A	22.7 °C	21.0 °C	0 %			
A.156 - velká učebna	7A	26.7 °C	22.0 °C	0 %	480 ppm	1000 ppm	44 %RH
A.157 - velká učebna	7A	27.3 °C	22.0 °C	0 %	480 ppm	900 ppm	40 %RH
A.159 - učebna	7A	28.3 °C	22.0 °C	0 %	460 ppm	1000 ppm	38 %RH
A.160 - malá sborovna	1A	27.9 °C	22.0 °C	0 %	460 ppm	900 ppm	41 %RH
A.161 - ZUŠ	9A	26.2 °C	22.0 °C	0 %	520 ppm	1000 ppm	41 %RH
A.162 - učebna	7A	27.4 °C	22.0 °C	0 %	490 ppm	1000 ppm	41 %RH
A.165 - učebna	7A	26.3 °C	22.0 °C	0 %	490 ppm	1000 ppm	41 %RH
A.166 - přípravná tř.	6A	25.6 °C	22.0 °C	0 %	500 ppm	1000 ppm	42 %RH

Obrázek 48: Nastavení koncentrací CO<sub>2</sub> v systému MaR [autor]

Na níže uvedeném grafu jsou průběhy maximálních koncentrací CO<sub>2</sub> dle záznamového měření, které probíhalo od 22.6 do 30.6.



Obrázek 49: Průběh maximálních koncentrací CO<sub>2</sub> během výuky v učebnách [autor]

Z výše uvedeného grafu je patrné, že koncentrace CO<sub>2</sub> ve většině tříd během provozu překračuje nastavený limit 1000 ppm. Nicméně jen výjimečně překračuje hodnotu 1500 ppm, což je maximální doporučená koncentrace v interiérech. Lze tedy konstatovat, že řízení systému VZT není bezvadné, nicméně se pohybuje v udržitelných mezích a **koncentrace CO<sub>2</sub> v učebnách se pohybuje v požadovaném rozsahu**. Výjimku tvoří učebna A159, která výrazně převyšuje koncentraci 1500 ppm a při dalším místním šetření je třeba zjistit příčinu tohoto jevu.

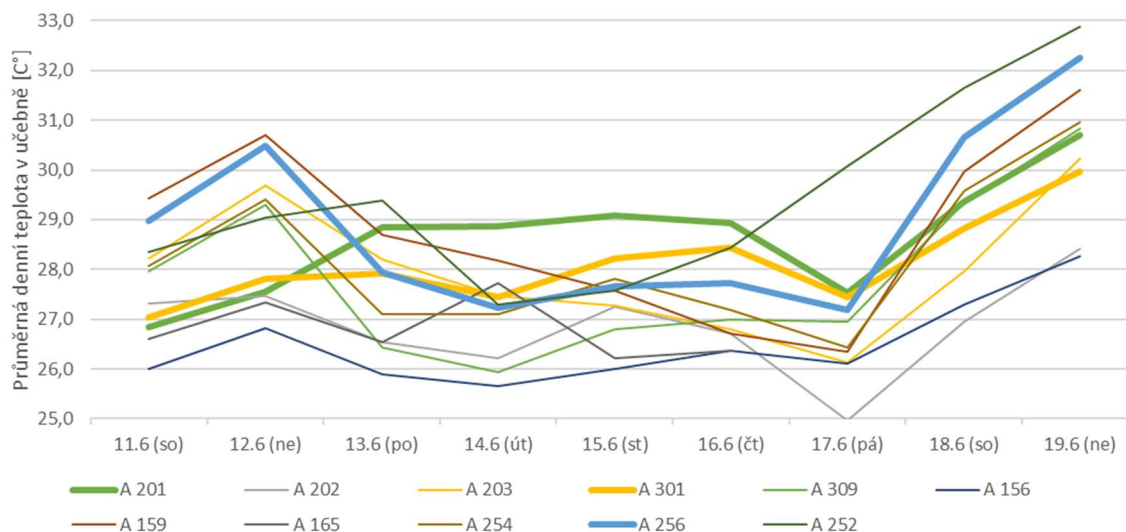
### 3.3.2 Vyhodnocení stávajícího stavu z hlediska přehřívání budovy

#### 3.3.2.1 Stanovení kritických učeben z hlediska přehřívání

Při prvním místním šetření byly umístěny senzory do učeben, které byly vybrány na základě stížností uživatelů. V níže uvedeném grafu jsou znázorněny průměrné denní teploty naměřené v těchto učebnách. Z těchto učeben byly vybrány 3 nejkritičtější, které budou podrobněji analyzovány.

Tabulka 3.3-1: Průměrné denní teploty v učebnách

Učebna	11.6 so	12.6 ne	13.6 po	14.6 út	15.6 st	16.6 čt	17.6 pá	18.6 so	19.6 ne
A 201	26,8	27,6	28,8	28,9	29,1	28,9	27,5	29,4	30,7
A 256	29,0	30,5	27,9	27,2	27,7	27,7	27,2	30,7	32,2
A 301	27,0	27,8	27,9	27,4	28,2	28,4	27,4	28,8	30,0



Obrázek 50: Průměrné denní teploty v učebnách [autor]

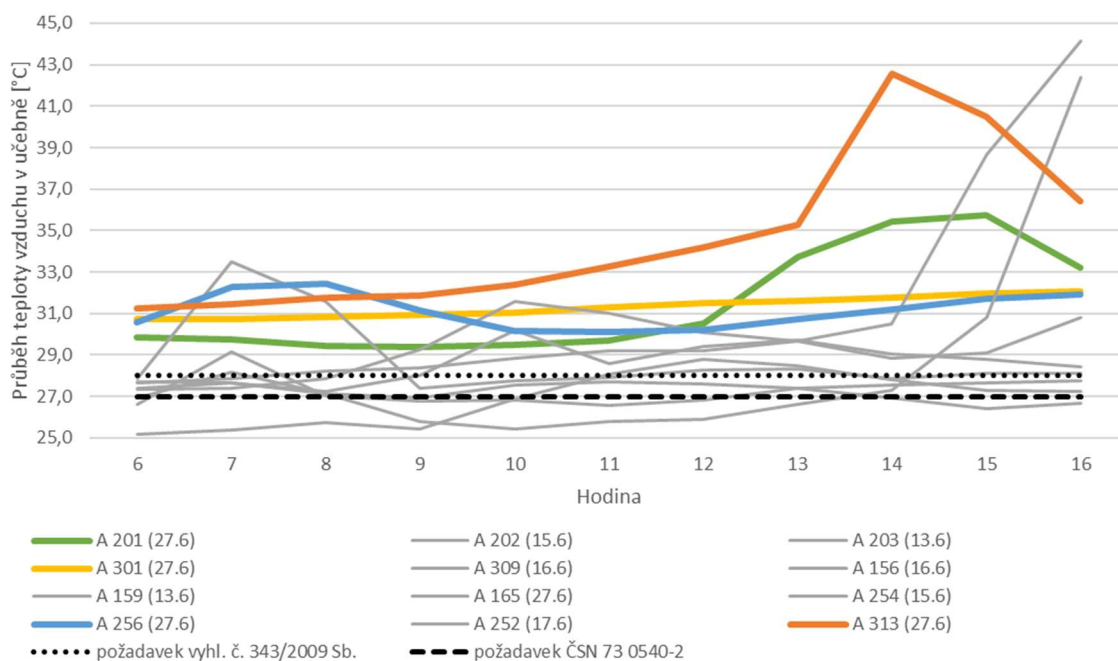
Z výše uvedeného grafu je patrné, že se místnosti přehřívají nejvíce přes víkend, kdy škola není v provozu. Tento jev je podrobněji analyzován dále.

### 3.3.2.2 Maximální teplota vzduchu v učebnách při provozu

Při druhém místním šetření byly opět umístěny senzory do vytipovaných učeben pro podrobnější analýzu. Na níže uvedeném grafu jsou znázorněny průběhy teplot vzduchu v měřených třídách v nejkritičtější den pro danou třídu.

Tabulka 3.3-2: Hodinový průběh teplot vzduchu pro nejnepříznivější den v průběhu měření

Učebna	Hodina										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A 201 (27.6)	29,9	29,7	29,4	29,4	29,5	29,7	30,5	33,7	35,5	35,7	33,2
A 256 (27.6)	30,6	32,3	32,4	31,1	30,2	30,1	30,2	30,7	31,2	31,7	31,9
A 301 (27.6)	30,7	30,7	30,8	30,9	31,0	31,3	31,5	31,6	31,8	32,0	32,1
A 313 (27.6)	31,2	31,4	31,7	31,9	32,4	33,3	34,2	35,3	42,5	40,5	36,4



Obrázek 51: Hodinový průběh teplot vzduchu v učebnách pro kritický den [autor]

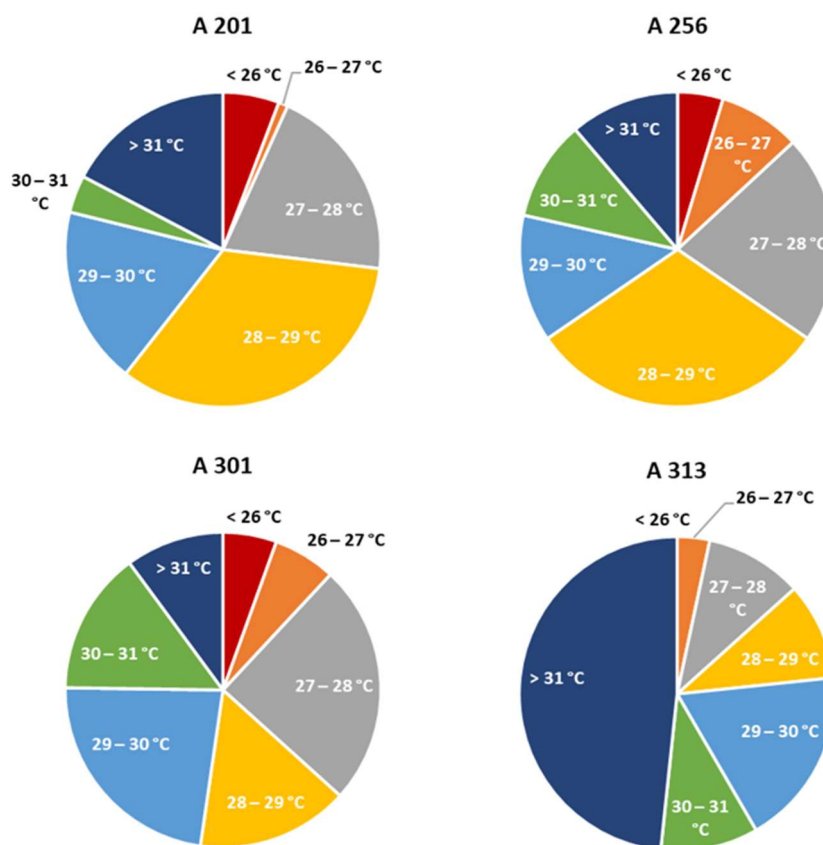
Z grafu je evidentní, že učebny mají veliký problém s přehříváním. Extrémní hodnoty v učebně A 313 od 13:00 jsou způsobeny nejspíš špatně umístěným čidlem, na které v tuto dobu svítilo slunce. Tyto hodnoty tedy nebudou brány v potaz. Téměř ve všech učebnách teplota vzduchu vysoce převyšuje 28 °C, což je maximální povolená teplota v učebnách dle vyhlášky č. 343/2009 Sb.: o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. **Stávající stav je tedy absolutně nevyhovující.**

### 3.3.2.3 Četnost teplot v učebnách

Pro vybrané učebny byla vypočítána četnost výskytu dané teploty při provozu (od 8:00 do 16:00). Hodnoty označené zeleně odpovídají teplotám splňujícím vyhlášku č. 343/2009 Sb. Hodnoty označené červenou barvou odpovídají teplotám nad požadavkem této vyhlášky.

Tabulka 3.3-3: Četnost teplot ve vybraných učebnách

	A 201	A 256	A 301	A 313
< 26 °C	6%	5%	6%	0%
26 – 27 °C	1%	8%	7%	2%
27 – 28 °C	20%	21%	25%	6%
28 – 29 °C	33%	31%	16%	6%
29 – 30 °C	18%	13%	23%	10%
30 – 31 °C	4%	10%	15%	6%
> 31 °C	17%	11%	10%	27%



Obrázek 52: Četnost výskytu teplot v učebnách [autor]

V učebnách je teplota vzduchu při provozu nad limitem 28 °C průměrně 60 % času. Nejedná se tedy o krátkodobé výkyvy, ale o setrvávající stav, který je naprosto **nevhodný** k mentální činnosti a soustředění.



## 3.4 Analýza příčin přehřívání místností

### 3.4.1 Nadměrné prosklení

Pro stanovení míry vlivu prosklení je nutné vypočítat podíl tepelné zátěže ze solárních zisků na celkové zátěži.

Tabulka 3.4-1: Výpočet tepelné zátěže učebny A 256

<i>Solární zisky</i>	Intenzita slunečního záření – JV (v 10:00): Dle ČSN 73 5040-3	708	W/m <sup>2</sup>
	Plocha průsvitných ploch s JZ orientací:	16,2	m <sup>2</sup>
	Intenzita slunečního záření – SV (v 9:00): Dle ČSN 73 5040-3	132	W/m <sup>2</sup>
	Plocha průsvitných ploch s SV orientací:	10,2	m <sup>2</sup>
	Koef. Plochy prosklení:	0,75	-
	Solární faktor zasklení (trojsklo):	0,6	-
	Koeficient stínění (venk. žaluzie-nepoužívané):	1	-
	Solární zisky:	5,8	kW
<i>Zisky od osob</i>	Počet osob v učebně:	30	os
	Tepelný zisk na osobu:	80	W/os
	Zisky od osob:	2,4	kW
<i>Zisky z umělého osvětlení</i>	Celkový příkon osvětlovací soustavy:	0,65	kW
	Korekční činitel souběžnosti:	0,5	-
	Korekční činitel regulace:	0,8	-
	Světelná účinnost svítidel:	25	%
	Zisky z umělého osvětlení:	0,2	kW
<i>Zisky větráním (při vypnutém chlazení)</i>	Množství přiváděného vzduchu:	750	m <sup>3</sup> /hod
	Teplota vzduchu v exteriéru:	32	°C
	Požadovaná vnitřní teplota:	26	°C
	Zisky větráním:	1,5	kW
<b>Celková tepelná zátěž učebny:</b>		<b>9,9</b>	<b>kW</b>

Stejný postup byl aplikován pro další 3 vybrané učebny. V tabulce níže jsou uvedeny výsledné zátěže a podíl solární zátěže na celku.

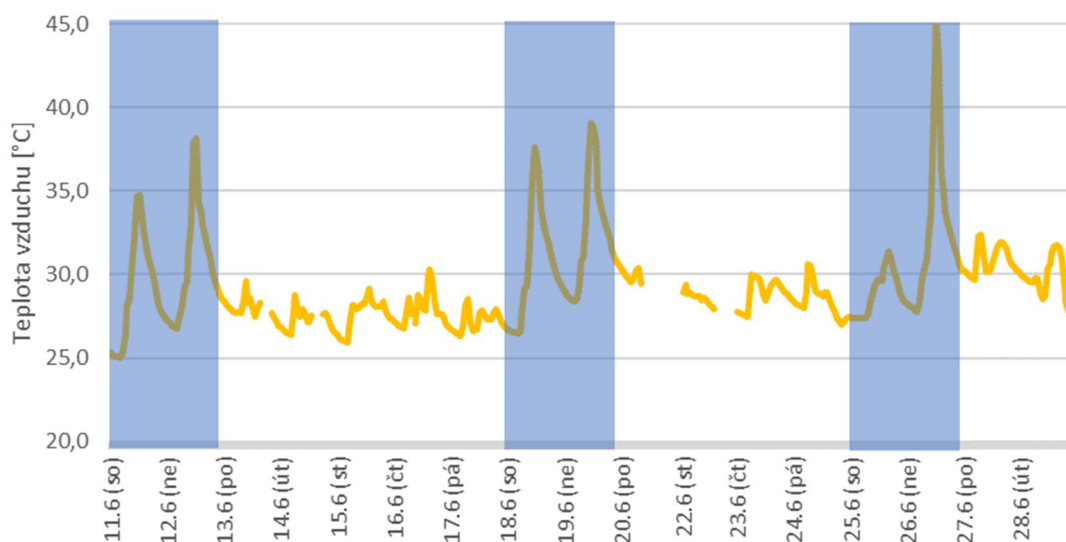
Tabulka 3.4-2: Tepelná zátěž ve vybraných učebnách

Učebna	Plocha místn. [m <sup>2</sup> ]	Solární zátěž [kW]	Zátěž od osob [kW]	Zátěž od osv. [kW]	Zátěž z větrání [kW]	Celková zátěž [kW]	Podíl solární zátěže na celku [%]
A201	58,3	3,3	2,4	0,2	1,8	7,7	43
A256	55,9	5,8	2,4	0,2	1,5	9,9	59
A 301	58,3	3,3	2,4	0,2	1,8	7,7	43
A 313	35,1	4,0	1,2	0,1	0,7	6,0	67

Z výše uvedených výpočtů tepelné zátěže ve vybraných učebnách vychází, že **tepelná zátěž ze solárních zisků tvoří přibližně polovinu celkové zátěže.**

### 3.4.2 Špatné ovládání venkovního stínění

Venkovní stínění má motorový pohon, ale ovládá se ručně tlačítky, která jsou umístěna na stěně v každé učebně. Navíc na venkovním stínění chybí pojistka, která by žaluzie automaticky vytáhla v případě větších větrů. Kombinace těchto skutečností způsobuje, že jsou žaluzie zřídka kdy používány a při odchodu uživatelů jsou vždy vytaženy nahoru. **Potenciál venkovního stínění je tak zmařen.** V níže uvedeném grafu je patrné, jak se třídy přehřívají během víkendu, kdy je škola mimo provoz, vzduchotechnika je vypnutá, okna jsou zavřená a venkovní stínění je vytaženo. V pondělí, kdy se vrátí děti do lavic, dosahují teploty kritických hodnot.



Obrázek 53: Průběh teplot v učebně A256 během týdnů – víkendové přehřívání [autor]

### 3.4.3 Špatné větrání

Průtok vzduchu do učeben je řízen pomocí regulačních klapek se servopohonem na přívodním i odvodním potrubí, které jsou řízeny pomocí čidel CO<sub>2</sub> a teploty. Průtok vzduchu do učeben je poměrně malý a koncentrace CO<sub>2</sub> poměrně vysoká, jak bylo zjištěno v odstavcích výše. Díky vyšším teplotám vzduchu a vyšším koncentracím CO<sub>2</sub> **je v učebnách špatné vnitřní prostředí, což má za následek otevření oken uživateli, což vede k dalšímu zvýšení teploty vnitřního vzduchu.**

### 3.4.4 Vysoká teplota přiváděného vzduchu

V budově je distribuován chlad do místností pouze pomocí VZT jednotek. Průtok vzduchu ovšem není dostačující na to, aby mohl tepelnou zátěž odvést a teplota přiváděného vzduchu byla přitom rozumná. V tabulce níže jsou uvedené teoretické teploty přívodního vzduchu, který by musel být přiváděn při projektovaných průtocích, aby vykompenzoval alespoň 50 % vypočítané tepelné zátěže. Požadovaná vnitřní teplota je uvažována na 26 °C.

Tabulka 3.4-3: Teoretická teploty přívodního vzduchu pro kompenzaci tepelné zátěže

Učebna	Celková tepelná zátěž [kW]	Snížená tepelná zátěž [kW]	Projektované množství přívodního vzduchu [m <sup>3</sup> /hod]	Potřebná teplota přiváděného vzduchu [°C]
A201	7,6	3,80	870	13,0
A256	11,8	5,90	750	2,6
A 301	8,8	4,40	870	11,0
A 313	7,4	3,70	360	-4,5

Z výše uvedených hodnot je patrné, že **průtoky nejsou dimenzovány na odvod tepelné zátěže**, která v učebnách je. Při průtoku 870 m<sup>3</sup>/hod, požadované vnitřní teplotě 26 °C a teplotě přiváděného vzduchu 20 °C, je VZT schopna vykompenzovat maximálně 2,2 kW tepelné zátěže.

## 3.5 Verifikace výpočtového modelu ve stávajícím stavu

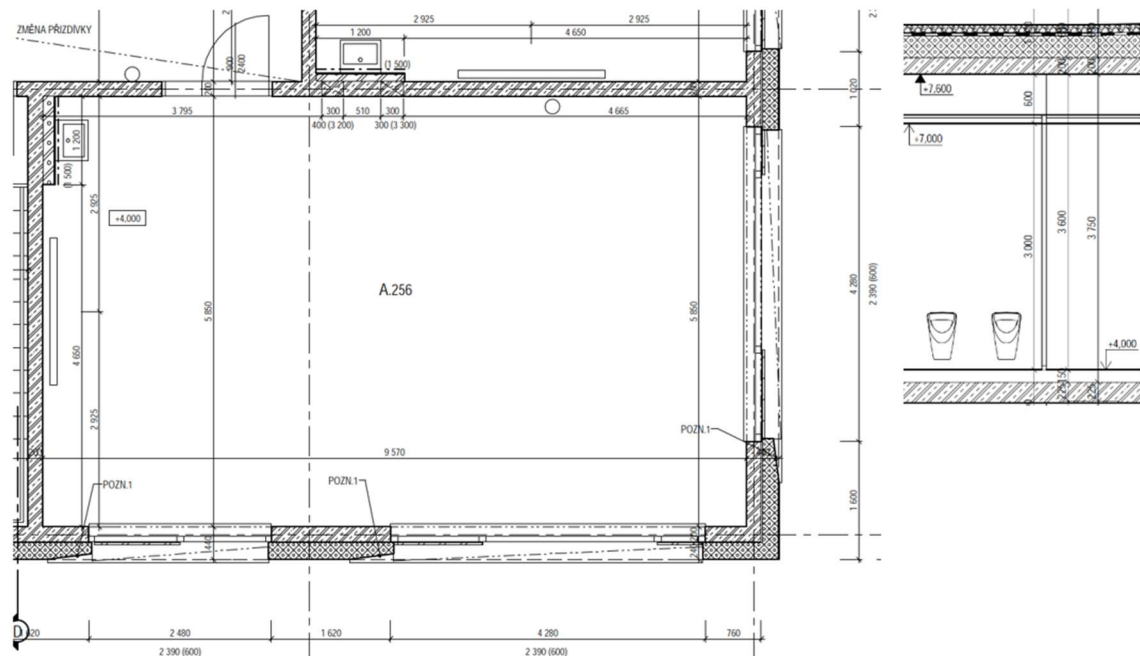
Pro posouzení vlivu opatření na výslednou teplotu v učebně během dne byl využit software Stabilita od doc. Svobody. Výpočetní model místnosti a provozní parametry ve stávajícím stavu jsou zadány dle reálných hodnot z měření. Parametry venkovního prostředí (teplota vzduchu v exteriéru a intenzita slunečního záření) jsou převzaty dle ČSN 73 5040-3 tab. H.8.

### 3.5.1 Vstupní parametry a okrajové podmínky

#### 3.5.1.1 Geometrie

Půdorys

Řez



Obrázek 54: Výstřižek z PD [autor neznámý]

#### 3.5.1.2 Materiálové řešení

Tabulka 3.5-1: Skladba obvodové stěny

Materiál	Tloušťka [mm]	Lambda [W/m.K]	Měrná tepelná kapacita [J/kg.K]	Měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]
Interiérová omítka	10	0,990	1 000	1 000
Železobeton	200	1,580	1 020	2 400
Cementové lepidlo	10	0,720	840	1 760
EPS	240	0,040	1 400	15
Cementové lepidlo	10	0,720	840	1 760
Exteriérová omítka	2	0,720	840	1760

Tabulka 3.5-2: Skladba vnitřní stěny

Materiál	Tloušťka [mm]	Lambda [W/m.K]	Měrná tepelná kapacita [J/kg.K]	Měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]
Interiérová omítka	15	0,990	790	1 000
Železobeton	200	1,580	1 020	2 400
Interiérová omítka	15	0,990	790	1 000

Tabulka 3.5-3: Skladba stropu

Materiál	Tloušťka [mm]	Lambda [W/m.K]	Měrná tepelná kapacita [J/kg.K]	Měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]
Sádrokarton	12,5	0,250	1 000	900
Uzavřená vzduch. dutina	300	1,300	1 010	1,2
Železobeton	200	1,580	1 020	2 400
EPS	280	0,040	1 400	15
Fólie z PVC	2	0,170	900	1 390

Tabulka 3.5-4: Skladba podlahy

Materiál	Tloušťka [mm]	Lambda [W/m.K]	Měrná tepelná kapacita [J/kg.K]	Měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]
Linoleum	5	0,160	960	1 390
Roznášecí bet. mazanina	80	1,300	1 020	2 200
EPS	50	0,037	1 270	20,5
Železobeton	270	1,580	1 020	2 400
Uzavřená vzduch. dutina	300	1,300	1 010	1,2
Sádrokarton	12,5	0,250	1 000	900

Tabulka 3.5-5: Parametry výplně otvorů

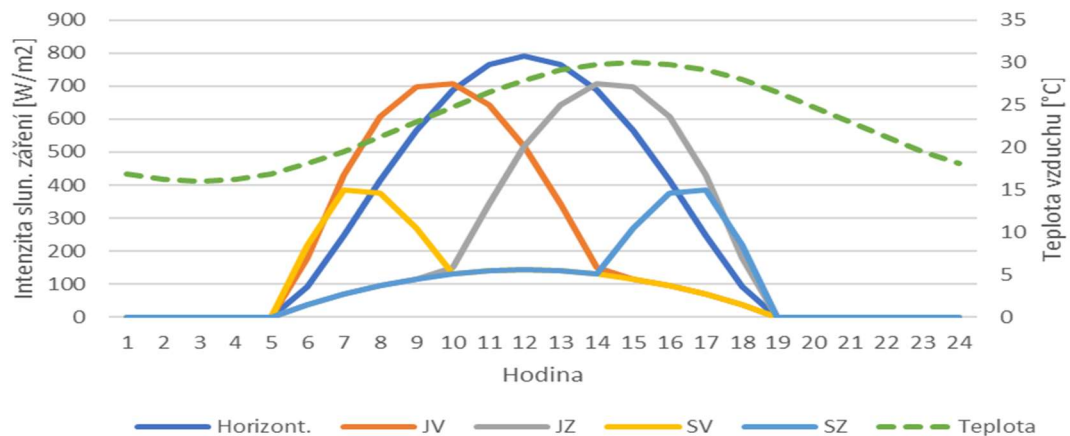
Parametr výplně otvorů	Hodnota	Jednotka
Součinitel prostupu tepla zasklením $U_g$ :	0,7	W/m <sup>2</sup> .K
Propustnost solárního záření zasklením (solární faktor) $g$ :	0,64	-
Korekční činitel zasklení (podíl zasklení na celkové ploše otvoru) $F_g$ :	0,75	-
Typ stínění:	Venkovní žaluzie	
Pohon stínění:	Motorový	
Ovládání stínění:	Ruční	
Solární propustnost stínícího zařízení $T_{aU,E,B}$ :	0,114	-
Solární odrazivost na osluněné straně stínícího zařízení $R_{oE,B}$ :	0,3	-

### 3.5.1.3 Venkovní teploty a intenzita slunečního záření

Parametry venkovního prostředí jsou převzaty z ČSN 73 5040-3 tab. H.8.

Tabulka 3.5-6: Parametry venkovního prostředí dle ČSN 73 0540-3 tab. H.8

Čas [h]	Návrhová teplota vzduchu v letě [°C]	Intenzita globálního slunečního záření [W/m <sup>2</sup> ]				
		Horizont.	JV	JZ	SV	SZ
1	16,9	0	0	0	0	0
2	16,2	0	0	0	0	0
3	16,0	0	0	0	0	0
4	16,2	0	0	0	0	0
5	16,9	0	0	0	0	0
6	18,1	92	178	37	219	37
7	19,5	248	432	69	384	69
8	21,2	415	608	95	376	95
9	23	567	699	116	270	116
10	24,8	687	708	151	132	132
11	26,5	764	644	345	142	142
12	27,9	790	516	516	145	145
13	29,1	764	345	644	142	142
14	29,8	687	151	708	132	132
15	30	567	116	699	116	270
16	29,8	415	95	608	95	376
17	29,1	248	69	432	69	384
18	28	92	37	178	37	219
19	26,5	0	0	0	0	0
20	24,8	0	0	0	0	0
21	23,0	0	0	0	0	0
22	21,2	0	0	0	0	0
23	19,5	0	0	0	0	0
24	18,1	0	0	0	0	0



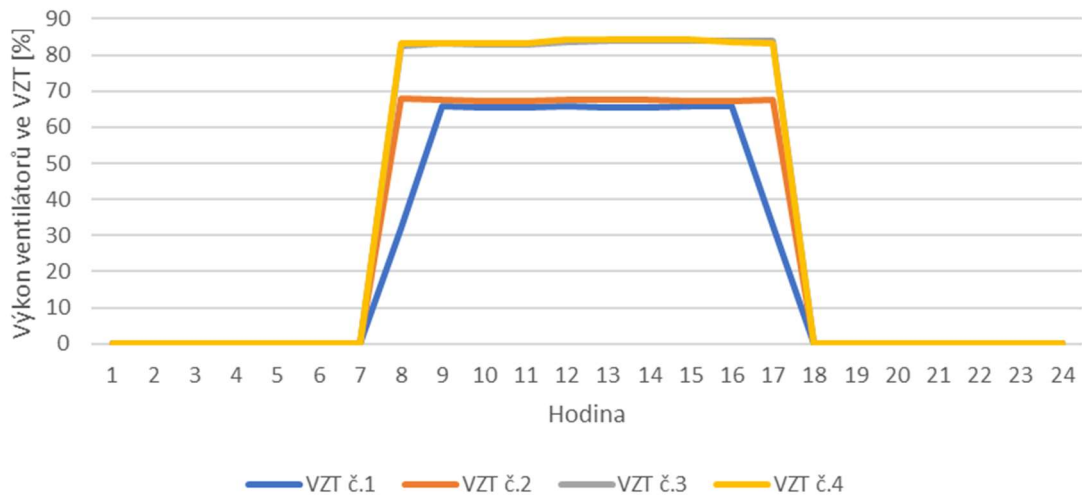
Obrázek 55: Parametry venkovního prostředí [autor]

### 3.5.1.4 Obsazenost

Ve výpočtu není uvažováno s vnitřními zisky v souladu s čl. 8.2.1 v ČSN 730540-2.

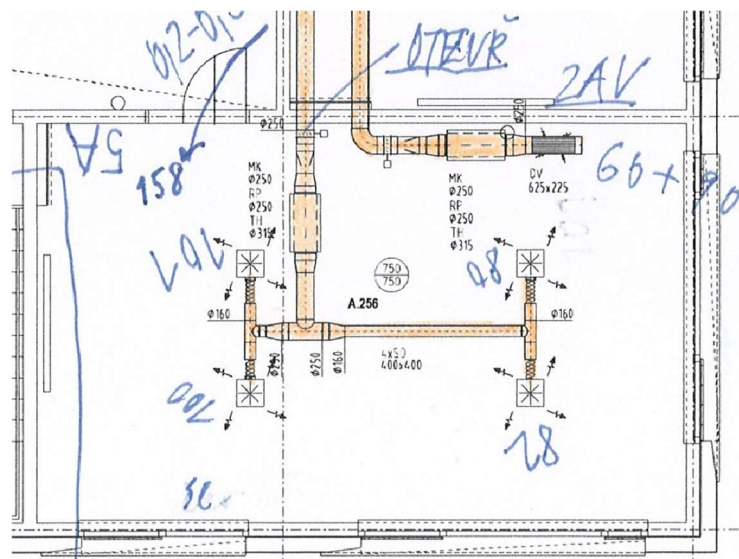
### 3.5.1.5 Intenzita větrání

Níže uvedený graf vychází z dat systému MaR a znázorňuje průměrný procentuální výkon ventilátorů ve VZT jednotkách během pracovního týdne. Data jsou zprůměrována od 13.6 do 30.6. Z grafu je patrné, že VZT systém běží v kontinuálním provozu od 7 do 18 hodin.



Obrázek 56: Provoz VZT jednotek [autor]

Při několika místních šetření byl změřen průtok vzduchu výstky v učebně. Naměřen byl průtok vždy okolo 360 m<sup>3</sup>/hod, což odpovídá 2. násobné výměně vzduchu. Mimo provoz budovy je uvažováno s 0,5násobnou výměnou vzduchu vlivem netěsností, infiltrací a dalšími vlivy.



Obrázek 57: Záznam z místního šetření [autor]

## 3.5.2 Verifikace výpočtového modelu

### 3.5.2.1 Vstupní parametry

Okrajové podmínky výpočtu:

Čas [h]	Intenzita větrání [1/h]		Teplota větr. vzduchu [C]		Vnitřní zisk [W]	Chladicí výkon [W]	Venkovní teplota [C]			Glob. intenzita slun. záření na vod. rovinu [W/m2]
	sada 1	sada 2	sada 1	sada 2			sada 1	sada 2	sada 3	
1	0.5	0.0	16.9	16.9	0	0	16.9	16.9	16.9	0
2	0.5	0.0	16.2	16.2	0	0	16.2	16.2	16.2	0
3	0.5	0.0	16.0	16.0	0	0	16.0	16.0	16.0	0
4	0.5	0.0	16.2	16.2	0	0	16.2	16.2	16.2	0
5	0.5	0.0	16.9	16.9	0	0	16.9	16.9	16.9	0
6	0.5	0.0	18.1	18.1	0	0	18.1	18.1	18.1	92
7	0.0	1.0	19.5	19.5	0	0	19.5	19.5	19.5	248
8	0.0	2.0	21.2	21.2	0	0	21.2	21.2	21.2	415
9	0.0	2.0	23.0	23.0	0	0	23.0	23.0	23.0	567
10	0.0	2.0	24.8	24.8	0	0	24.8	24.8	24.8	687
11	0.0	2.0	26.5	26.5	0	0	26.5	26.5	26.5	764
12	0.0	2.0	27.9	27.9	0	0	27.9	27.9	27.9	790
13	0.0	2.0	29.1	29.1	0	0	29.1	29.1	29.1	764
14	0.0	2.0	29.8	29.8	0	0	29.8	29.8	29.8	687
15	0.0	2.0	30.0	30.0	0	0	30.0	30.0	30.0	567
16	0.0	2.0	29.8	29.8	0	0	29.8	29.8	29.8	415
17	0.0	2.0	29.1	29.1	0	0	29.1	29.1	29.1	248
18	0.0	1.0	28.0	28.0	0	0	28.0	28.0	28.0	92
19	0.5	0.0	26.5	26.5	0	0	26.5	26.5	26.5	0
20	0.5	0.0	24.8	24.8	0	0	24.8	24.8	24.8	0
21	0.5	0.0	23.0	23.0	0	0	23.0	23.0	23.0	0
22	0.5	0.0	21.2	21.2	0	0	21.2	21.2	21.2	0
23	0.5	0.0	19.5	19.5	0	0	19.5	19.5	19.5	0
24	0.5	0.0	18.1	18.1	0	0	18.1	18.1	18.1	0

Obrázek 58: Výstřížek z protokolu o výpočtu [Simulace 2018]

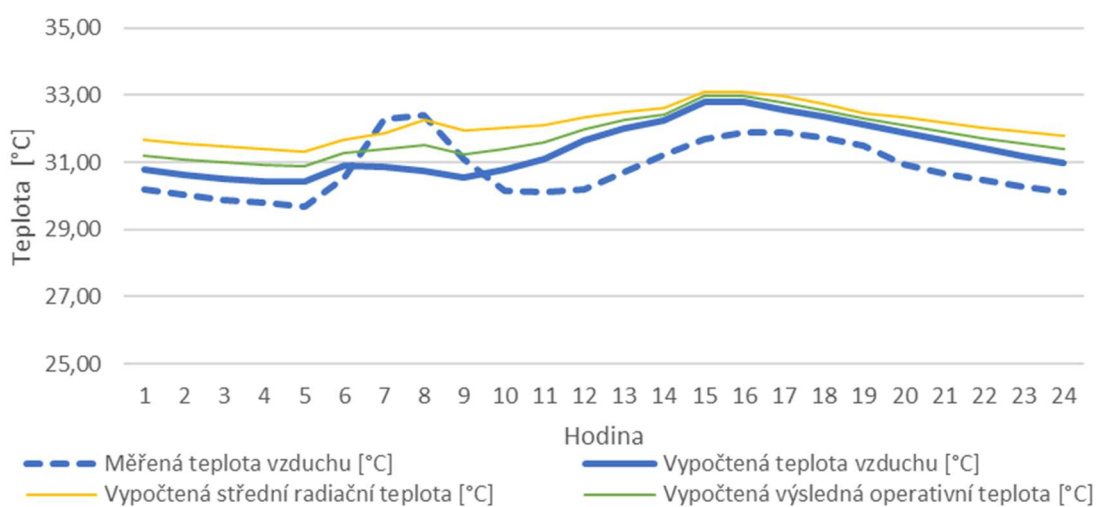
### 3.5.2.2 Výstupy ze software

Tabulka 3.5-7: Měřené a výsledné hodnoty ze software Simulace

Čas	Měřená teplota vzduchu [°C]	Vypočtená tepl. vzduchu [°C]	Vypočtená střední radiální teplota [°C]	Vypočtená výsledná operativní tepl. [°C]
1	30,21	30,78	31,66	31,22
2	30,05	30,63	31,55	31,09
3	29,89	30,52	31,46	30,99
4	29,79	30,45	31,39	30,92
5	29,66	30,44	31,34	30,89
6	30,57	30,92	31,67	31,30
7	32,28	30,88	31,88	31,38
8	32,41	30,76	32,28	31,52
9	31,12	30,54	31,97	31,25
10	30,16	30,79	32,02	31,40
11	30,12	31,12	32,10	31,61
12	30,19	31,64	32,36	32,00
13	30,70	32,01	32,51	32,26
14	31,22	32,23	32,61	32,42
15	31,68	32,81	33,10	32,96
16	31,90	32,82	33,11	32,97



17	31,90	32,56	32,99	32,77
18	31,75	32,36	32,75	32,56
19	31,51	32,12	32,48	32,30
20	30,95	31,88	32,33	32,10
21	30,65	31,64	32,19	31,91
22	30,47	31,41	32,05	31,73
23	30,26	31,18	31,92	31,55
24	30,13	30,97	31,79	31,38
<b>PRŮM.</b>	<b>30,82</b>	<b>31,39</b>	<b>32,14</b>	<b>31,77</b>
<b>MAX</b>	<b>32,41</b>	<b>32,82</b>	<b>33,11</b>	<b>32,97</b>



Obrázek 59: Porovnání měřených a vypočítaných teplot [autor]

Z výše uvedeného grafu je patrné, že se vypočítané teploty pohybují v podobných hodnotách jako teploty měřené. Výsledky nelze snadno přímo porovnat, protože neznáme všechny potřebné vstupní parametry pro přesný výpočet. Nicméně podobnost křivek napovídá, že je výpočetní model správný a může být použit jako výchozí stav pro zhodnocení opatření v další kapitole.

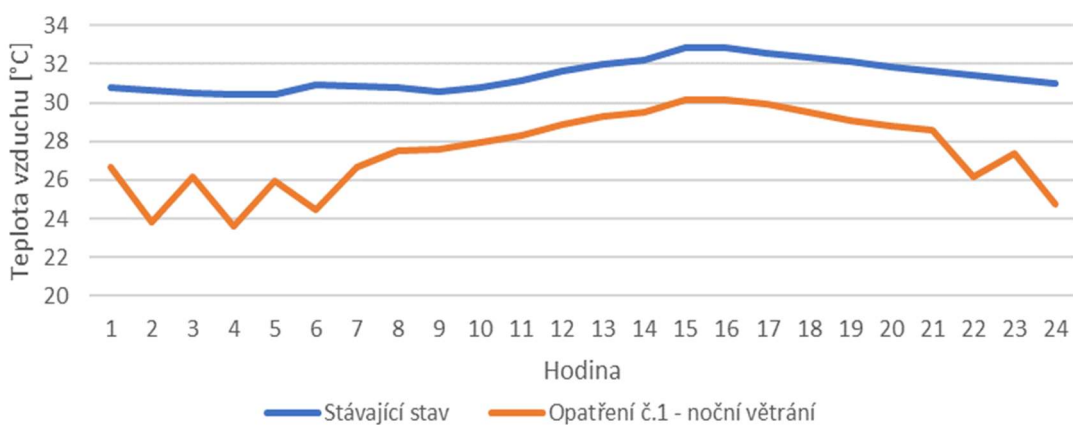
## 3.6 Návrh opatření

### 3.6.1 Opatření č.1 - Noční větrání

V nočních hodinách, kdy venkovní teplota klesne, je vhodné objekt zbavit naakumulovaného tepla ze dne. To lze docílit otevřenými okny nebo spuštěním vzduchotechniky. Uživatelsky je rozhodně snazší naprogramovat zapnutí vzduchotechniky. Toto noční větrání bylo zadáno do software Simulace a porovnáno s výchozím stavem viz níže. Detailní protokol o zadaných parametrech a výsledcích viz příloha č. 3.3.1.

Tabulka 3.6-1: Průběh teploty vzduchu před a po realizaci opatření č.1 - noční větrání

Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]
1	30,78	26,65	9	30,54	27,58	17	32,56	29,93
2	30,63	23,82	10	30,79	27,93	18	32,36	29,52
3	30,52	26,15	11	31,12	28,32	19	32,12	29,09
4	30,45	23,6	12	31,64	28,88	20	31,88	28,79
5	30,44	25,99	13	32,01	29,28	21	31,64	28,55
6	30,92	24,44	14	32,23	29,53	22	31,41	26,17
7	30,88	26,69	15	32,81	30,14	23	31,18	27,41
8	30,76	27,52	16	32,82	30,17	24	30,97	24,76



Obrázek 60: Přínosy opatření č.1 - noční větrání [autor]

Tabulka 3.6-2: Přínosy opatření č.1 - noční větrání

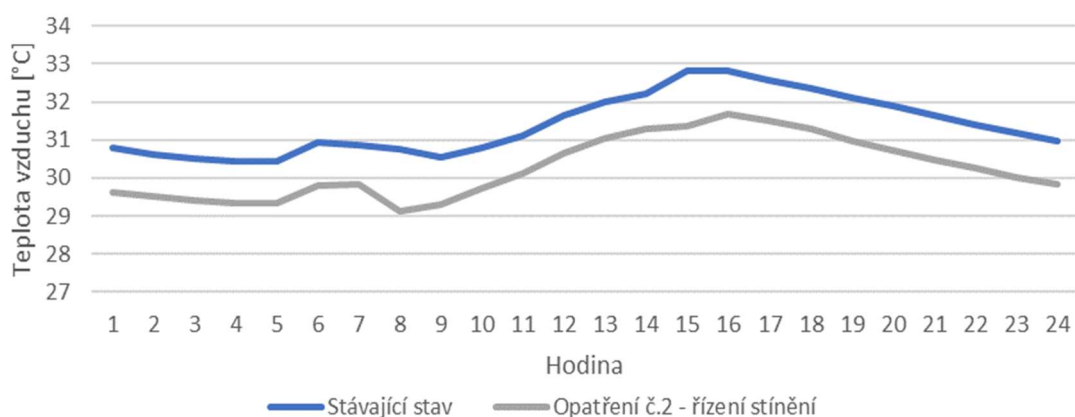
	Stávající stav [°C]	Nový stav [°C]	Rozdíl [°C]	Zlepšení [%]
Průměrná teplota vzduchu:	31,4	27,5	3,9	12,3
Maximální teplota vzduchu:	32,8	30,2	2,7	8,1
Průměrná střední radiační teplota:	32,1	28,5	3,6	11,3
Maximální střední radiační teplota:	33,1	29,8	3,3	9,9
Průměrná operativní teplota:	31,8	28,0	3,7	11,8
Maximální operativní teplota:	33,0	30,0	3,0	9,0

### 3.6.2 Opatření č.2 - Autonomní řízení stínící techniky

Ve stávajícím stavu není venkovní stínění napojeno na žádné řízení, což velice snižuje jeho potenciál. Pro snížení tepelné zátěže a přehřívání budovy i mimo provozní dobu je vhodné, aby byla stínící technika řízena a stahována automaticky. Tím by bylo zabráněno například přehřívání o víkendech. Pro podrobný výpočet přínosu tohoto opatření by byla vhodná delší dynamická simulace. Software Simulace počítá pouze kvazistacionární stav, což neumožňuje dostatečný detail pro posouzení tohoto opatření. I přesto bylo opatření do software zadáno. Detailní protokol o zadaných parametrech a výsledcích viz příloha č. 3.3.2.

Tabulka 3.6-3: Průběh teploty vzduchu před a po realizaci opatření č.2 – řízení stínění

Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]
1	30,78	29,64	9	30,54	29,32	17	32,56	31,51
2	30,63	29,50	10	30,79	29,72	18	32,36	31,28
3	30,52	29,40	11	31,12	30,12	19	32,12	30,98
4	30,45	29,34	12	31,64	30,66	20	31,88	30,72
5	30,44	29,33	13	32,01	31,05	21	31,64	30,48
6	30,92	29,81	14	32,23	31,29	22	31,41	30,26
7	30,88	29,82	15	32,81	31,36	23	31,18	30,03
8	30,76	29,11	16	32,82	31,67	24	30,97	29,83



Obrázek 61: Přínosy opatření č.2 – řízení stínění [autor]

Tabulka 3.6-4: Přínosy opatření č.2 – řízení stínění

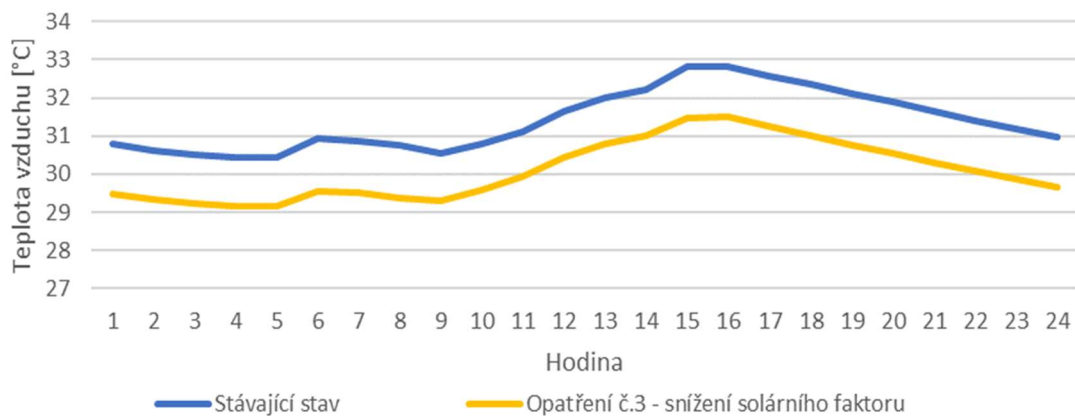
	Stávající stav [°C]	Nový stav [°C]	Rozdíl [°C]	Zlepšení [%]
Průměrná teplota vzduchu:	31,4	30,3	1,1	3,6
Maximální teplota vzduchu:	32,8	31,7	1,2	3,5
Průměrná střední radiační teplota:	32,1	30,9	1,3	4,0
Maximální střední radiační teplota:	33,1	31,8	1,3	4,0
Průměrná operativní teplota:	31,8	30,6	1,2	3,8
Maximální operativní teplota:	33,0	31,7	1,3	3,8

### 3.6.3 Opatření č.3 - Snížení solárního faktoru oken

Pro snížení tepelné zátěže ze solárních zisků lze na zasklení výplní otvorů nalepit reflexní fólii. Fólie snižuje taky propustnost světla oken, ale vzhledem k obrovské prosklené ploše to není problém. Detailní protokol o zadaných parametrech a výsledcích viz příloha č. 3.3.3.

Tabulka 3.6-5: Průběh teploty vzduchu před a po realizaci opatření č. 3 - snížení solárního faktoru

Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]
1	30,78	29,47	9	30,54	29,30	17	32,56	31,25
2	30,63	29,33	10	30,79	29,59	18	32,36	31,02
3	30,52	29,23	11	31,12	29,95	19	32,12	30,77
4	30,45	29,17	12	31,64	30,43	20	31,88	30,53
5	30,44	29,16	13	32,01	30,79	21	31,64	30,30
6	30,92	29,55	14	32,23	31,02	22	31,41	30,08
7	30,88	29,50	15	32,81	31,48	23	31,18	29,86
8	30,76	29,38	16	32,82	31,49	24	30,97	29,66



Obrázek 62: Přínosy opatření č. 3 - snížení solárního faktoru [autor]

Tabulka 3.6-6: Přínosy opatření č. 3 - snížení solárního faktoru

	Stávající stav [°C]	Nový stav [°C]	Rozdíl [°C]	Zlepšení [%]
Průměrná teplota vzduchu:	31,4	30,1	1,3	4,1
Maximální teplota vzduchu:	32,8	31,5	1,3	4,1
Průměrná střední radiační teplota:	32,1	30,7	1,5	4,5
Maximální střední radiační teplota:	33,1	31,6	1,6	4,7
Průměrná operativní teplota:	31,8	30,4	1,4	4,3
Maximální operativní teplota:	33,0	31,5	1,5	4,4

### 3.6.4 Opatření č.4 - Redukce plochy oken

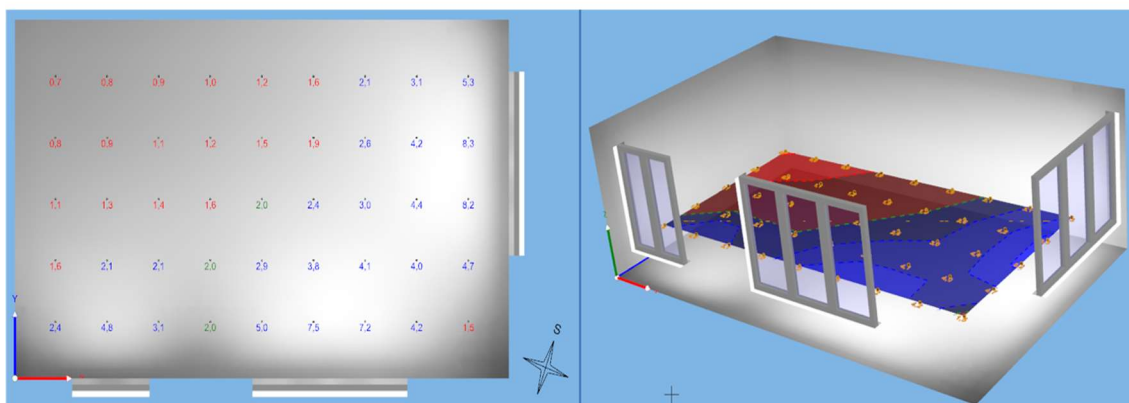
Ve stávajícím stavu jsou okna nepřiměřeně velká vzhledem k osvětlované ploše učeben. Navržená je redukce rozměrů oken tak, aby byl s rezervou splněn činitel denní osvětlenosti. Splnění požadavků na denní osvětlení je posouzeno v software BuildingDesign. Detailní protokol o zadaných parametrech a výsledcích viz příloha č. 3.3.4 a 3.3.5.

Tabulka 3.6-7: Redukce rozměrů oken

	Rozměry oken [m]	Plocha oken [m <sup>2</sup> ]	Podíl zasklení k ploše místnosti [%]
Stávající stav	2,48 x 2,39	26,4	47
	4,28 x 2,39		
Navrhovaný stav	1,50 x 2,00	15,0	27
	3,00 x 2,00		

Název	Minimální hodnota	Požadovaná hodnota	Maximální hodnota	Rovnoměrnost
<b>1.1 - Učebna 256</b>				
Činitel denní osvětlenosti	(0,7) 100 / 95 % ✓	(2,0) 60 / 50 % ✓	8,3 %	0,081

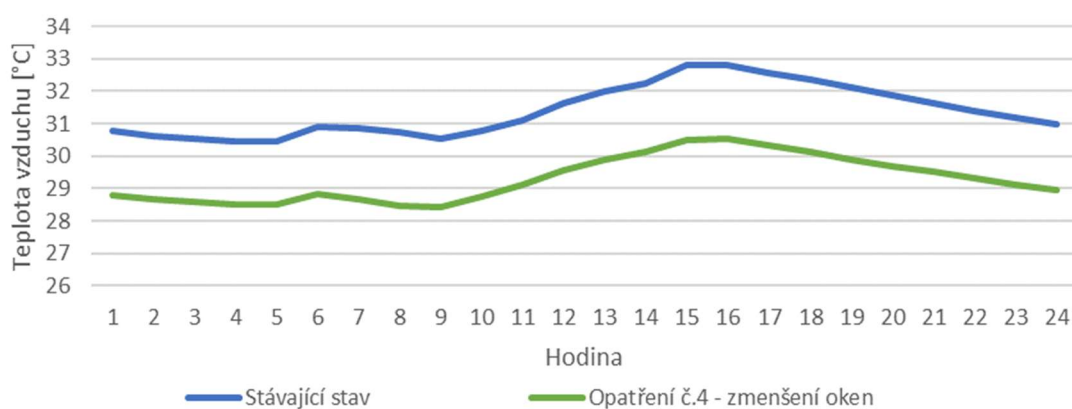
Obrázek 63: Plnění požadavků na denní osvětlení [BuildingDesign]



Obrázek 64: Činitel denní osvětlenosti – grafické znázornění výsledků [BuildingDesign]

Tabulka 3.6-8: Průběh teploty vzduchu před a po realizaci opatření č. 4 – redukce plochy oken

Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]
1	30,78	28,79	9	30,54	28,44	17	32,56	30,34
2	30,63	28,66	10	30,79	28,74	18	32,36	30,12
3	30,52	28,58	11	31,12	29,10	19	32,12	29,91
4	30,45	28,53	12	31,64	29,55	20	31,88	29,70
5	30,44	28,53	13	32,01	29,91	21	31,64	29,51
6	30,92	28,83	14	32,23	30,14	22	31,41	29,31
7	30,88	28,69	15	32,81	30,51	23	31,18	29,12
8	30,76	28,46	16	32,82	30,53	24	30,97	28,95



Obrázek 65: Přínosy opatření č. 4 – redukce plochy oken [autor]

Tabulka 3.6-9: Přínosy opatření č. 4 – redukce plochy oken

	Stávající stav [°C]	Nový stav [°C]	Rozdíl [°C]	Zlepšení [%]
Průměrná teplota vzduchu:	31,4	29,3	2,1	6,7
Maximální teplota vzduchu:	32,8	30,5	2,3	7,0
Průměrná střední radiační teplota:	32,1	29,8	2,3	7,2
Maximální střední radiační teplota:	33,1	30,5	2,7	8,0
Průměrná operativní teplota:	31,8	29,6	2,2	7,0
Maximální operativní teplota:	33,0	30,5	2,5	7,5

## 3.7 Implementace navržených opatření

I přes existenci chlazení v objektu je pro vyhodnocení navržených variant využít čl. 8.2 ČSN 73 0540-2. Splněním tohoto požadavku by mělo být zaručeno splnění požadavků vyhlášky č. 343/2009 Sb., která stanovuje maximální teplotu vnitřního vzduchu na 28 °C. Žádné z výše uvedených opatření by nemělo takový efekt, aby po realizaci byly splněny požadavky pro letní stabilitu, proto je potřeba tato opatření kombinovat. Níže jsou uvedeny varianty kombinací opatření, které vedou ke splnění požadavků.

### 3.7.1 Varianta č. 1

Tato varianta kombinuje opatření č.1 – noční větrání a opatření č.2 – autonomní řízení stínící techniky. Ani kombinace těchto opatření nestačí ke splnění požadavků, proto je v době mezi 8. a 16. hodinou upravena intenzita větrání (na projektované průtoky) a omezena také teplota přiváděného vzduchu na 22 °C. Tato zadání reflektuje chlazení ve VZT jednotce.

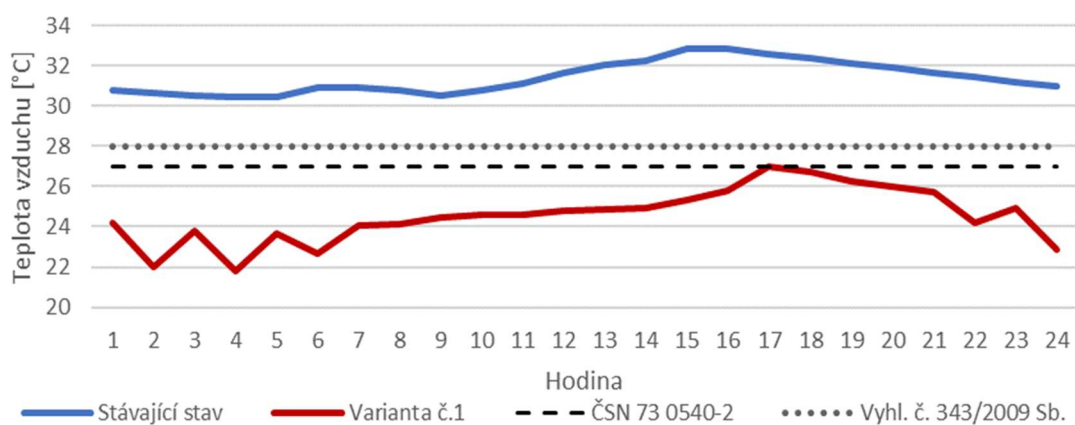
Čas [h]	Intenzita větrání [1/h]		Teplota větr. vzduchu [C]		Vnitřní zisk [W]	Chladicí výkon [W]	Venkovní teplota [C]			Glob. intenzita slun. záření na vod. rovinu [W/m2]
	sada 1	sada 2	sada 1	sada 2			sada 1	sada 2	sada 3	
1	0.5	0.0	16.9	16.9	0	0	16.9	16.9	16.9	0
2	5.0	0.0	16.2	16.2	0	0	16.2	16.2	16.2	0
3	0.5	0.0	16.0	16.0	0	0	16.0	16.0	16.0	0
4	5.0	0.0	16.2	16.2	0	0	16.2	16.2	16.2	0
5	0.5	0.0	16.9	16.9	0	0	16.9	16.9	16.9	0
6	5.0	0.0	18.1	18.1	0	0	18.1	18.1	18.1	92
7	0.0	2.0	19.5	19.5	0	0	19.5	19.5	19.5	248
8	0.0	4.0	21.2	21.2	0	0	21.2	21.2	21.2	415
9	0.0	4.0	23.0	22.0	0	0	23.0	22.0	23.0	567
10	0.0	4.0	24.8	22.0	0	0	24.8	22.0	24.8	687
11	0.0	4.0	26.5	22.0	0	0	26.5	22.0	26.5	764
12	0.0	4.0	27.9	22.0	0	0	27.9	22.0	27.9	790
13	0.0	4.0	29.1	22.0	0	0	29.1	22.0	29.1	764
14	0.0	4.0	29.8	22.0	0	0	29.8	22.0	29.8	687
15	0.0	2.0	30.0	22.0	0	0	30.0	22.0	30.0	567
16	0.0	2.0	29.8	22.0	0	0	29.8	22.0	29.8	415
17	0.0	2.0	29.1	29.1	0	0	29.1	29.1	29.1	248
18	0.0	1.0	28.0	28.0	0	0	28.0	28.0	28.0	92
19	0.5	0.0	26.5	26.5	0	0	26.5	26.5	26.5	0
20	0.5	0.0	24.8	24.8	0	0	24.8	24.8	24.8	0
21	0.5	0.0	23.0	23.0	0	0	23.0	23.0	23.0	0
22	5.0	0.0	21.2	21.2	0	0	21.2	21.2	21.2	0
23	0.5	0.0	19.5	19.5	0	0	19.5	19.5	19.5	0
24	5.0	0.0	18.1	18.1	0	0	18.1	18.1	18.1	0

Obrázek 66: Výstřižek z protokolu o výpočtu [Simulace 2018]



Tabulka 3.7-1: Průběh teploty vzduchu před a po realizaci varianty č.1

Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]
1	30,78	24,22	9	30,54	24,44	17	32,56	26,99
2	30,63	22,01	10	30,79	24,58	18	32,36	26,74
3	30,52	23,77	11	31,12	24,62	19	32,12	26,26
4	30,45	21,83	12	31,64	24,81	20	31,88	25,97
5	30,44	23,65	13	32,01	24,89	21	31,64	25,74
6	30,92	22,7	14	32,23	24,91	22	31,41	24,22
7	30,88	24,08	15	32,81	25,36	23	31,18	24,91
8	30,76	24,11	16	32,82	25,8	24	30,97	22,9



Obrázek 67: Průběh teplot před a po realizaci varianty č.1 [autor]

Tabulka 3.7-2: Přínosy realizace varianty č.1

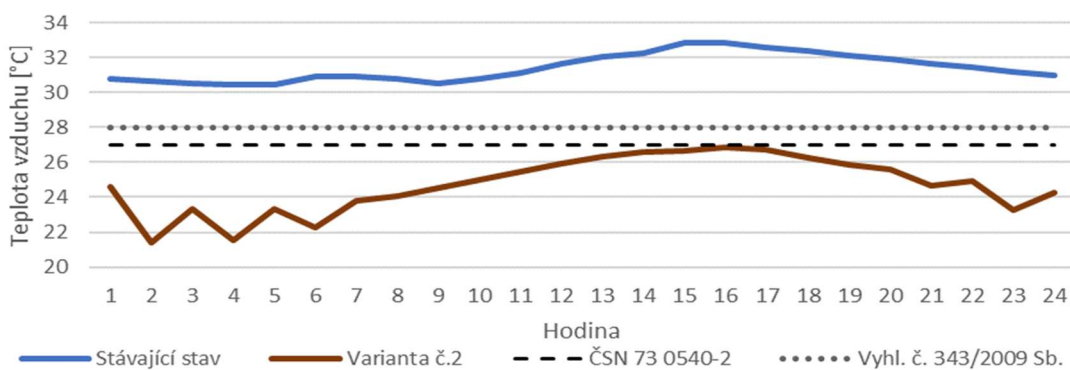
	Stávající stav [°C]	Nový stav [°C]	Rozdíl [°C]	Zlepšení [%]
Průměrná teplota vzduchu:	31,4	24,6	6,8	21,8
Maximální teplota vzduchu:	32,8	27,0	5,8	17,8
Průměrná střední radiční teplota:	32,1	25,5	6,6	20,6
Maximální střední radiční teplota:	33,1	26,6	6,6	19,8
Průměrná operativní teplota:	31,8	25,0	6,7	21,2
Maximální operativní teplota:	33,0	26,8	6,2	18,8

### 3.7.2 Varianta č. 2

Tato varianta kombinuje všechny 4 navržené opatření (noční větrání, řízení stínící techniky, snížení solárního faktoru, redukce plochy oken). Kombinace těchto opatření dostačuje ke snížení teploty vzduchu v místnosti pod úroveň požadovanou ČSN 73 0540-2.

Tabulka 3.7-3: Průběh teploty vzduchu před a po realizaci varianty č.2

Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]	Hodina	Teplota vzduchu ve stávajícím stavu [°C]	Teplota vzduchu po optimalizaci [°C]
1	30,78	24,59	9	30,54	24,52	17	32,56	26,73
2	30,63	21,39	10	30,79	25,00	18	32,36	26,25
3	30,52	23,35	11	31,12	25,45	19	32,12	25,83
4	30,45	21,55	12	31,64	25,92	20	31,88	25,57
5	30,44	23,36	13	32,01	26,3	21	31,64	24,64
6	30,92	22,29	14	32,23	26,56	22	31,41	24,94
7	30,88	23,8	15	32,81	26,68	23	31,18	23,25
8	30,76	24,07	16	32,82	26,83	24	30,97	24,25



Obrázek 68: Průběh teplot před a po realizaci varianty č.2 [autor]

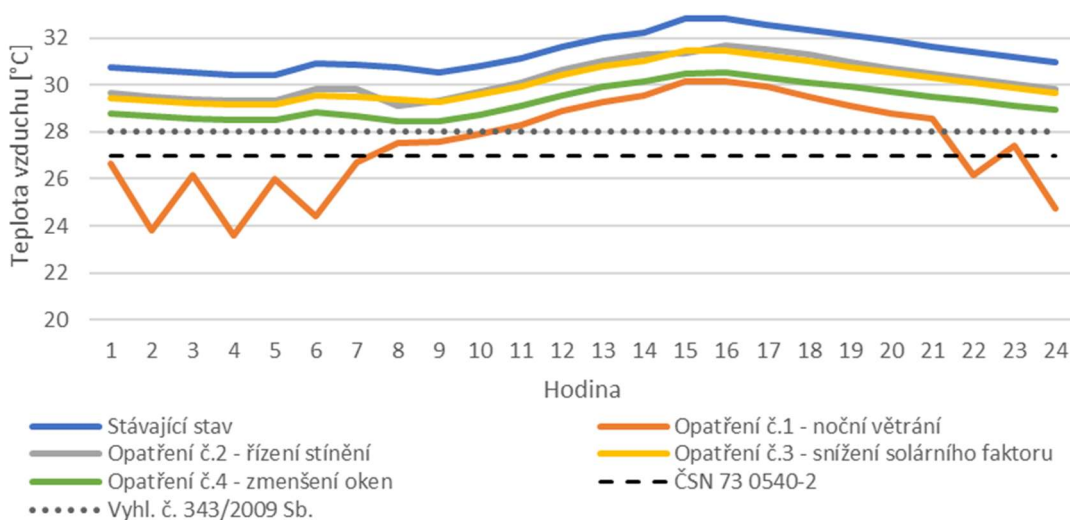
Tabulka 3.7-4: Přínosy realizace varianty č.2

	Stávající stav [°C]	Nový stav [°C]	Rozdíl [°C]	Zlepšení [%]
Průměrná teplota vzduchu:	31,4	24,7	6,7	21,3
Maximální teplota vzduchu:	32,8	26,8	6,0	18,3
Průměrná střední radiační teplota:	32,1	25,1	7,1	22,0
Maximální střední radiační teplota:	33,1	25,9	7,2	21,7
Průměrná operativní teplota:	31,8	24,9	6,9	21,7
Maximální operativní teplota:	33,0	26,4	6,6	20,0

### 3.8 Závěr

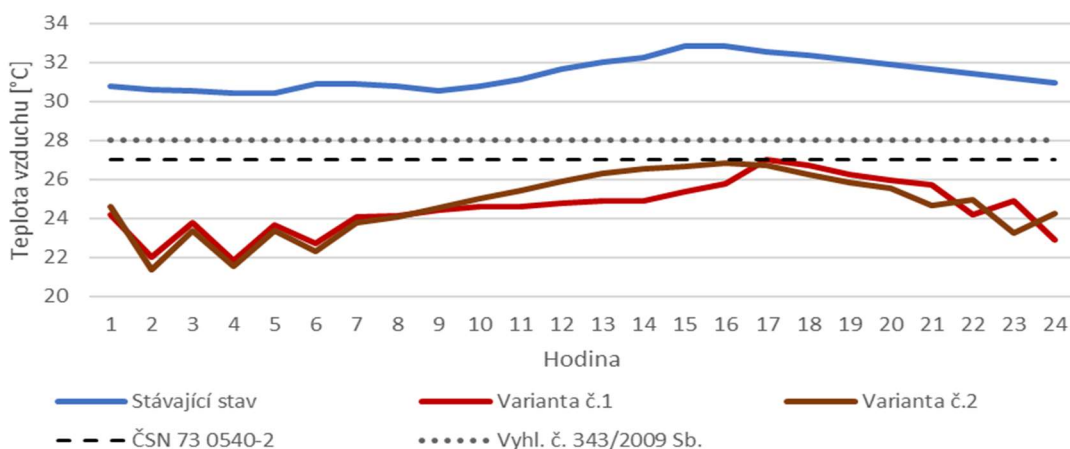
Na ZŠ byly při několika místních šetřeních rozmístěny senzory, které snímaly teplotu, vlhkost a koncentraci CO<sub>2</sub>. Následná analýza naměřených dat prokázala, že ve většině tříd je účinnost větrání z hlediska koncentrace CO<sub>2</sub> dostatečná. Dále byla analyzována data o teplotě, která prokázala, že většina tříd má veliký problém s přehříváním. Hlavním důvodem je špatné ovládání stínící techniky, předimenzovaná plocha oken, špatné fungování chlazení ve VZT jednotkách a špatné větrání.

Následně byl verifikován výpočetní model v software Simulace 2018, ve kterém byla následně navržena série opatření vedoucí ke snížení vnitřní teploty.



Obrázek 69: Přehled navržených opatření [autor]

Žádné z opatření nemá takový efekt, aby učebna plnila požadavky ČSN 73 0540-2 či vyhlášky č. 343/2009 Sb., proto je potřeba tyto opatření kombinovat. Navrženy byly dvě varianty kombinací opatření.



Obrázek 70: Přehled navržených variant [autor]

## 4 Seznam zdrojů

### Odborná literatura

- KLIMEŠOVÁ, Jarmila. *Nauka o pozemních stavbách: modul M01*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-80-7204-530-3.
- ČUPROVÁ, Danuše a Sylva KLÍMOVÁ. *Tepelná technika budov: Modul 01 až 04*. Brno: Vysoké učení technické v Brně: Fakulta stavební.
- REMEŠ, Josef. *Stavební příručka: to nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů. 2., aktualiz. vyd.* Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-5142-9.
- BENEŠ, Petr, Markéta SEDLÁKOVÁ, Marie RUSINOVÁ, Romana BENEŠOVÁ a Táňa ŠVECOVÁ. *Požární bezpečnost staveb: modul M01: požární bezpečnost staveb*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2016. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-80-7204-943-1.

### Normy

- ČSN 73 0532 (Z1 – 2020): Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků - Požadavky.
- ČSN 73 0540-1: Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie.
- ČSN 73 0540-2 (Z1 - 2012): Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky.
- ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin.
- ČSN 73 0540-4: Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody.
- ČSN 74 4505 Podlahy: společná ustanovení
- ČSN 01 3420. Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části.
- ČSN 01 3495. Výkresy ve stavebnictví – Výkresy požární bezpečnosti staveb
- ČSN 73 4301. Obytné budovy
- ČSN 73 1901. Navrhování střech – Základní ustanovení
- ČSN 73 3305. Ochranná zábradlí
- ČSN 73 4130. Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky
- ČSN 73 6056. Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel
- ČSN 73 0802. Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty
- ČSN 73 0818. Požární bezpečnost staveb. Obsazení objektů osobami
- ČSN 73 0833. Požární bezpečnost staveb. Budovy pro bydlení a ubytování
- ČSN 73 0873. Požární bezpečnost staveb. Zásobování požární vodou
- ČSN 73 0580-1:2007 + Z3:2019. Denní osvětlení budov – část 1: Základní požadavky
- ČSN 73 0580-2:2007 + Z1:2019. Denní osvětlení budov – část 2: Denní osvětlení bytných budov
- ČSN 73 0581. Oslunění budov a venkovních prostor – Metoda stanovení hodnot

## Internetové zdroje

- Suchovkrajine.cz [online]. [cit. 2022-11-23]. Dostupné z: <https://www.suchovkrajine.cz/nastroje/vypocet-mnozstvi-zachytitelne-srazky/>
- Pocitamesvodou.cz [online]. [cit. 2022-11-23]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/>
- Aliaxis.cz [online]. [cit. 2022-11-23]. Dostupné z: <https://www.aliaxis.cz/cs/produkty/inzenyrske-site/vsakovani-a-retence/dimenzovani-vsakovaciho-zarizeni>
- PVGis. Re.jrc.ec.europa.eu [online]. [cit. 2022-12-03]. Dostupné z: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- Projektuj tepelná čerpadla [online]. [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/>
- Uponsor.com [online]. [cit. 2022-12-04]. Dostupné z: <https://www.uponor.com/cs-cz/produkty/stropni-vytapeni-a-chlazení>
- Tzb-info.cz [online]. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/>
- Gis.brno.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://gis.brno.cz/>
- Zakonyprolidi.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/>
- New.abb.com/cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://new.abb.com/cz>
- Pasivnidomy.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/>
- Solsol.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.solsol.cz/>
- Geologicke-mapy.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <http://www.geologicke-mapy.cz/>
- Geoportal.mzcr.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://geoportal.mzcr.cz/shm/>
- Apko.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.apko.cz/aplikace/index.html>
- Deksoft.eu [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://deksoft.eu/www/bimplugin/>
- Nahlizenidokn.cuzk.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- Schoeck.com [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.schoeck.com/cs/home>
- Kone.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.kone.cz/>
- Dek.cz [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/>

### **Zákony vyhlášky a právní předpisy**

- Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Účinný od: 1.1.2007
- Vyhláška č. 499/2006 Sb. Vyhláška o dokumentaci staveb Účinný od: 1.1.2007
- Vyhláška č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby. Účinný od: 26.8.2009
- Vyhláška č. 398/2009 Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. Účinný od: 18.11.2009
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Účinný od: 1.11.2011
- Vyhláška č. 264/2020 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov. Účinný od: 1.9.2020
- Vyhláška č. 8/2021 Sb. Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů). Účinný od 27.1.2021
- Zákon č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech. Účinný od 1.1.2021
- Zákon č. 406/2000 Sb. Zákon o hospodaření energií. Účinný od 1.1.2001

### **Použitý software**

- Autodesk AutoCAD 2020
- Revit 2022
- Teplo 2017
- Simulace 2017
- Energie 2021
- Building Design
- SketchUp 2017
- AeroCAD
- Fire
- PVSOL
- Programy sady Microsoft Office

## 5 Seznam příloh

### Přílohy části 1

#### 1.0 – Studie

Příloha 1.0.1	STUDIE 1.NP
Příloha 1.0.2	STUDIE 2.NP

#### 1.1 – Architektonicko-stavební řešení

Příloha 1.1.1	PŮDORYS 1.NP
Příloha 1.1.2	PŮDORYS 2.NP
Příloha 1.1.3	PŮDORYS 3.NP
Příloha 1.1.4	ŘEZ A - A
Příloha 1.1.5	ŘEZ B - B
Příloha 1.1.6	POHLEDY
Příloha 1.1.7	VÝPIS SKLADEB
Příloha 1.1.8	VÝKRES PLOCHÉ STŘECHY

#### 1.2 – Stavebně konstrukční řešení

Příloha 1.2.1	PŮDORYS ZÁKLADŮ
Příloha 1.2.2	VÝKRES SESTAVY STROPNÍCH DÍLCŮ NAD 1.NP
Příloha 1.2.3	VÝPOČET ZÁKLADŮ

#### 1.3 – Požárně bezpečnostní řešení

Příloha 1.3.1	PŮDORYS 1.NP
Příloha 1.3.2	PŮDORYS 2.NP
Příloha 1.3.3	PŮDORYS 3.NP
Příloha 1.3.4	SITUAČNÍ VÝKRES

#### 1.4 – Situační výkresy

Příloha 1.4.1	KOORDINAČNÍ SITUAČNÍ VÝKRES
---------------	-----------------------------

#### 1.5 – Stavební fyzika

Příloha 1.5.1	TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ
Příloha 1.5.2	PROTOKOL O VÝPOČTU DENNÍHO OSVĚTLENÍ
Příloha 1.5.3	ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY – EŠOB
Příloha 1.5.4	POSOUZENÍ AKUSTICKÝCH POŽADAVKŮ
Příloha 1.5.5	PENB – S FVE
Příloha 1.5.6	PENB – BEZ FVE

## **Přílohy části 2 – Technické zařízení budovy**

Příloha 2.1.1	OSV - PŮDORYS 1.NP
Příloha 2.2.1	VZT - PŮDORYS 1.NP
Příloha 2.2.2	VZT - PŮDORYS 2.NP
Příloha 2.2.3	VZT - NÁVRH VZT JEDNOTEK
Příloha 2.3.1	CHL - STANOVENÍ INTENZITY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ
Příloha 2.3.2	HYDRAULICKÉ SCHÉMA (VYTÁPĚNÍ, CHLAZENÍ, PŘÍPRAVA TV)
Příloha 2.3.3	GLOBALNÍ SCHÉMA
Příloha 2.4.1	FVE - ROZMÍSTĚNÍ FV PANELŮ
Příloha 2.5.1	PŮDORYS DISPOZICE KOTELNY
Příloha 2.5.2	PŮDORYS DISPOZICE TECHNICKÝCH MÍSTNOSTÍ - VZT

## **Přílohy části 3**

### **3.1 – Místní šetření**

Příloha 3.1.1	ZÁZNAM Z MÍSTNÍHO ŠETŘENÍ
---------------	---------------------------

### **3.2 – Verifikace výpočtového modelu**

Příloha 3.2.1	PROTOKOL ZE SIMULACE 2018 - VERIFIKACE
---------------	--

### **3.3 – Návrh opatření**

Příloha 3.3.1	PROTOKOL ZE SIMULACE 2018 – OPATŘENÍ Č.1
Příloha 3.3.2	PROTOKOL ZE SIMULACE 2018 – OPATŘENÍ Č.2
Příloha 3.3.3	PROTOKOL ZE SIMULACE 2018 – OPATŘENÍ Č.3
Příloha 3.3.4	PROTOKOL ZE SIMULACE 2018 – OPATŘENÍ Č.4
Příloha 3.3.5	PROTOKOL Z BUILDINGDESIGN – POSOUZENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ

### **3.4 – Implementace navržených opatření**

Příloha 3.4.1	PROTOKOL ZE SIMULACE 2018 – VARIANTA Č.1
Příloha 3.4.2	PROTOKOL ZE SIMULACE 2018 – VARIANTA Č.2