



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 MATEŘSKÉ ŠKOLY V HOLUBICÍCH

ENERGY EFFICIENT BUILDING OF KINDERGARTEN IN HOLUBICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Václav Čtvrtečka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR BLASINSKI, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-EVB Environmentálně vyspělé budovy
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Václav Čtvrtečka
Název	Energeticky úsporná budova mateřské školy v Holubicích
Vedoucí práce	Ing. Petr Blasinski, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.

Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- (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

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zadání:

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

Cíle:

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 průkaz energetické náročnosti budovy (bez posouzení proveditelnosti alternativních systémů a doporučených opatření)

(II) Část technika 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.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Blasinski, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cílem magisterského projektu je návrh mateřské školy v Holubicích. Budova má tři části. První zahrnuje učebny a pomocné prostory (šatny, umývárny atd.), Druhé technické a personální zázemí a třetí zahrnuje tělocvičnu se skladem vybavení. První dvě části jsou navrženy pomocí nosného zdiva, železobetonové podlahové desky a ploché střechy. Tělocvična má nosný systém kombinující zdivo a konstrukční rám zakrytý půlkruhovou plochou střechou.

Celá budova je vybavena TZB systémy. energii na vytápění dodávají dva kondenzační plynové kotle. Kvalita vzduchu bude udržována klimatizačním systémem. Fotovoltaické panely jsou umístěny na střeše pro podporu elektřiny. Dešťová voda bude shromažďována v akumulčních nádržích a dále využívána k splachování toalet a zavlažování zahrady.

Projekt byl vytvořen za pomoci softwaru AutoCAD (výkresy) a Revit.

Jako druhým úkolem práce bylo měření koncentrace CO₂ v místnosti s nuceným větráním. Cílem je spojit automatickou regulaci nuceného větrání, v závislosti na koncentraci CO₂. Výsledkem takovéto regulace je vyšší komfort ovzduší, životnost jednotlivých akčních členů VZT soustavy a úspora elektrické energie.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mateřská škola, TZB systémy, koncentrace CO₂, MaR

ABSTRACT

The aim of the master project is to design a kindergarten in Holubice, Czechia. The building has three parts. First includes classrooms and auxiliary premises (locker rooms, washrooms, etc.), second technical and staff facilities and the third one includes a gym with equipment storage. The first two parts are designed using load-bearing masonry, reinforced concrete floor slab and flat roof. Gym has a load-bearing system combining masonry and structural frame covered by a semi-circular flat roof.

The whole building is equipped with HVAC systems. Heating energy is supplied by two condensing gas boilers. Air quality will be maintained by an air conditioning system. Photovoltaic panels are placed on the roof to support electricity. Rainwater will be collected in accumulation tanks and further used for flushing on the toilets and garden irrigation.

The project was developed using AutoCAD (drawings) and Revit.

The secondary task of the work is an extensive measurement of the CO₂ concentration in a room with forced ventilation. The aim is to combine automatic regulation of forced ventilation, depending on the concentration of CO₂. The result of such regulation is higher air comfort, service life of individual HVAC members and saving electricity.

KEYWORDS

Kindergarten, HVAC, concentration of CO₂, MaC

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Václav Čtvrtečka *Energeticky úsporná budova mateřské školy v Holubicích*.
Brno, 2021. 105 s., 443 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta
stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Petr Blasinski, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Václav Čtvrtečka

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Václav Čtvrtečka

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych velmi poděkovat panu Ing. Petru Blasinskému, Ph.D., za čas a cenné rady při tvorbě diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Luborovi Kalouskovi Ph.D., za pomoc při tvorbě stavební části diplomové práce.

Také bych chtěl poděkovat paní Ing. Anně Čtvrtečkové a paní Mgr. Heleně Plockové za korekturu textové části diplomové práce.

Obsah

Úvod	13
A. Stavební část.....	14
A.1 Průvodní zpráva	14
A.1.1 Identifikační údaje	14
A.1.2 Seznam vstupních podkladů	14
A.1.3 Údaje o území	15
A.1.4 Údaje o stavbě	17
A.1.5 Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení	19
A.2 Souhrnná technická zpráva	20
A.2.1 Popis území stavby.....	20
A.3 Celkový popis stavby	22
A.3.1 Účel užívání stavby, základní kapacity funkčních jednotek	22
A.3.2 Celkové urbanistické a architektonické řešení	22
A.3.3 Celkové provozní řešení, technologie výroby.....	23
A.3.4 Bezbariérové užívání stavby.....	23
A.3.5 Bezpečnost při užívání stavby	24
A.3.6 Základní charakteristika objektu	24
A.3.7 Základní charakteristika technických a technologických zařízení ...	27
A.3.8 Požárně bezpečnostní řešení	31
A.3.9 Zásady hospodaření s energiemi.....	31
A.3.10 Hygienické požadavky na stavby, požadavky na pracovní a komunální prostředí	32
A.3.11 Ochrana stavby před negativními účinky vnějšího prostředí	32
A.4 Připojení na technickou infrastrukturu	34
A.5 Dopravní řešení.....	35
A.6 Řešení vegetace a souvisejících terénních úprav	35

A.7	Popis vlivu stavby na životní prostředí a jeho ochrana.....	36
A.8	Ochrana obyvatelstva	38
A.9	Zásady organizace výstavby	38
B.	Studie TZB systémů	41
B.1	Návrh pitné a srážkové vody	41
B.1.1	Výpočet potřeby vody	41
B.1.2	Dimenzování zařízení pro využití srážkové vody	42
B.1.3	Shrnutí návrhu pitné a srážkové vody	44
B.2	Návrh vzduchotechniky.....	45
B.2.1	Navržené VZT a chladicí zařízení	45
B.3	Návrh zdroje tepla.....	51
B.3.1	Výpočet zdroje tepla	51
B.3.2	Shrnutí návrhu zdroje tepla	56
B.4	Návrh chlazení	57
B.4.1	Výpočet zdroje chladu pro vybrané místnosti.....	57
B.4.2	Shrnutí návrhu chlazení	61
B.5	Návrh fotovoltaického systému	63
B.5.1	Výpočet fotovoltaického systému.....	63
B.5.2	Shrnutí návrhu FVE	71
B.6	Návrh osvětlení.....	72
B.6.1	Výpočet umělého osvětlení tokovou metodou	72
B.6.2	Shrnutí návrhu	75
B.7	Měření a regulace budovy	76

C.	Specializovaná část TZB (měření koncentrace CO ₂)	77
C.1	Úvod.....	77
C.1.1	Aspekty úspory energie při návrhu VZT soustav	77
C.1.2	Experimentální měření koncentrace CO ₂ na vytvořeném modelu .	79
C.1.3	Analytický výpočet koncentrace CO ₂ na daném modelu.....	87
C.1.4	Automatické řízení ventilátoru dle koncentrace CO ₂	89
	Přílohy	99

Úvod

Tato diplomová práce má za úkol návrh energeticky úsporné stavby mateřské školy včetně koncepce a studie veškerých TZB systémů. Dokumentace byla zpracovaná ve stupni na stavební povolení (DSP). Při návrhu budovy byla snaha skloubit moderní stavební materiály a technologie TZB, aby bylo docíleno plynulého efektivního provozu budovy.

Práce je provedena v souladu s aktuálními zákony, vyhláškami a normami platnými v České republice.

Celá budova je rozdělena na dva objekty školka (SO01) a tělocvična (SO02). Při návrhu prostoru školky (SO01) byl použit na svislé konstrukce systém Porotherm a vodorovné konstrukce byly řešeny soustavou železobetonových desek. Zateplení objektu je provedeno certifikovaným kontaktním zateplovacím systémem ETICS. Jako základové konstrukce byly zvoleny základové pasy z prostého betonu. Zastřešení je tvořeno jednoplášťovou plochou střechou s klasickým pořadím vrstev (z části vegetační), hydroizolace tvořena PVC fólií. Při návrhu prostoru tělocvičny (SO02) byl použit kombinovaný systém prefabrikovaného skeletu s výplňovým zdivem Porotherm. Vodorovné nosné prvky jsou navrženy z lepených dřevných vazníků. Zateplení objektu je řešeno provětrávanou fasádou zakončenou opláštěným z hliníkového obkladu v dekoru dřeva (Alubky). Jako základové konstrukce jsou zde voleny základové patky. Střešní konstrukce je navržena jako plochá střecha z trapézového plechu, na němž je osazena skladba ploché střechy zakončená PVC fólií.

Umístění stavby bylo vybráno v obci Holubice vzhledem k rozvíjející se developerské činnosti v tamní oblasti a předpokladu navýšení počtu obyvatelstva z důvodu nové výstavby bytového komplexu.

A. Stavební část

A.1 Průvodní zpráva

A.1.1 Identifikační údaje

Údaje o stavbě

Novostavba mateřské školy s tělocvičnou v Obci Holubice, Sadůvky 1080, Holubice 68351, kat. území Holubice č.p. 585/70, 71, 72

Údaje o stavebníkovi

Obec Holubice

Náves 588, Holubice 68351

Údaje o zpracovateli projektové dokumentace

Bc. Václav Čtvrtečka

U kostela 137, Blažovice 66408

A.1.2 Seznam vstupních podkladů

Při zpracování projektové dokumentace byly k dispozici tyto podklady:

- Vizuální obhlídka stavebního pozemku
- Katastrální mapa
- Polohopis inženýrských sítí
- Územní plán obce Holubice
- Inženýrsko-geologický průzkum
- Radonová mapa
- Informace správců inženýrských sítí

A.1.3 Údaje o území

a) Rozsah řešeného území

Budova mateřské školy je umístěná na stavební parcele 585/70,71,72. Pozemek je určen dle územního plánu k zástavbě budov občanské vybavenosti (plocha pro veřejnou vybavenost). Pozemek je mírně svažité a je majetkem obce. Z jihozápadní strany je ve vzdálenosti 12,5 m stávající komunikace III.

b) Dosavadní využití a zastavěnost území

Jedná se o pozemek označený v územním plánu jako zastavitelná plocha. Na místě parcely se nachází zatravněná orná půda s porosty menšího vzrůstu (keře). Přístup k pozemku je z místní komunikace z ulice Sadůvky. Parcela je nachystaná na napojení na stávající inženýrské sítě.

c) Údaje o ochraně území podle jiných právních předpisů

Stavební pozemek se nenachází v chráněném ani v záplavovém území okolních řek. Stavba je umístěná na pozemku určeném pro výstavbu a v její lokalitě se nenachází žádná ochranná pásma.

d) Údaje o odtokových poměrech

Budova bude napojena na jednotnou kanalizaci. Srážková voda z plochých střech a zpevněných ploch bude sbírána a akumulována v akumulčních nádržích. Odtamtud bude voda použita jako zásoba potřeby nepitné vody pro objekt a pro potřeby kropení zahrady. Přepad kanalizace budu napojen na trativod, který povede až na okraj pozemku směr severovýchod.

e) Údaje o souladu s územně plánovací dokumentací, s cíli a úkoly územního plánování

Dle platné územně plánovací dokumentace má parcela druh plochy – stavební, název funkce – veřejná vybavenost, funkční typ školství. Projektová dokumentace MŠ vyhovuje cílům územního plánování obce Holubice ve všech bodech.

f) Údaje o dodržení obecných požadavků na využití území

Stavba je řešena v souladu s obecnými požadavky dané lokality. A je v souladu s funkčním typem území (plocha pro veřejnou vybavenost).

g) Údaje o splnění požadavků dotčených orgánů

Napojení veškerých inženýrských sítí bude provedeno v souladu s požadavky dotčených orgánů, včetně napojení parkovacích ploch na stávající komunikaci.

h) Seznam výjimek a úlevových řešení

V projektu nejsou řešeny žádné výjimky ani úlevové řešení.

i) Seznam souvisejících a podmiňujících investic

Podmíněnými investicemi k výstavbě MŠ jsou napojení stavby na inženýrské sítě, tj, kanalizace (jednotná), vodovodní řád, elektrická síť NN a plyn. Hranice přípojek je stanovena na hranici pozemku stavebníka.

j) Seznam pozemků a staveb dotčených prováděním stavby (podle katastru nemovitostí)

Sousedící pozemky se nacházejí v katastrálním území Holubice.

č. parcely: vlastník: druh pozemku

580 – obec Holubice, Náves 588, 68351 Holubice – zahrada

580/71 – obec Holubice, Náves 588, 68351 Holubice – stavební pozemek

586 – obec Holubice, Náves 588, 68351 Holubice – stavební pozemek

A.1.4 Údaje o stavbě

a) Nová stavba nebo změna dokončené stavby

Jedná se o novostavbu

b) Účel užívání stavby

Stavba slouží pro výchovu a vzdělávání dětí předškolního věku (mateřská škola).

c) Trvalá nebo dočasná stavba

Jedná se o stavbu trvalého charakteru.

d) Údaje o ochraně stavby podle jiných předpisů

Navrhovaná stavba není kulturně ani památkově chráněna.

e) Údaje o dodržení technických požadavků na stavby a obecných technických požadavků zabezpečujících bezbariérové užívání staveb

Projekt je navržen v souladu s vyhláškou č.268/2009 Sb. o obecných technických požadavcích na výstavbu. Celá stavba je řešena jako jednopodlažní a splňuje obecné požadavky pro bezbariérové užívání osobami dle vyhlášky č.398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb.

f) Údaje o splnění požadavků dotčených orgánů a požadavků vyplívajících z jiných právních předpisů

Stavba svým řešením splňuje požadavky dotčených orgánů a požadavky vyplívající z jiných právních předpisů.

g) Seznam výjimek a úlevových řešení

V projektu stavby nebyly řešeny žádné výjimky ani úlevové řešení.

h) Navrhované kapacity stavby

Zastavěná plocha:	1230 m ²
Užitná plocha:	1068 m ²
Navrhovaná kapacita MŠ	50 dětí ve 2 třídách
Zpevněná plocha:	1168 m ²
Počet podlaží	1
Počet objektů:	SO01 – školka – 50 dětí + 8 dospělých SO02 – tělocvična

i) Základní bilance stavby

Bilance spotřeby vody:

Průměrná denní spotřeba vody	3480 l/den
Roční spotřeba vody	925 m ³ /rok

Bilance množství odpadních vod:

Splaškové vody:

Průměrný denní odtok	3480 l/den
Roční odtok	925 m ³ /rok

Srážková voda zachytávána a použita na provoz objektu

Energetická bilance v dokumentaci ke stavebnímu řízení

Třída energetické náročnosti budovy A. Podrobně zpracováno v PENB viz příloha A.1.5.

Komunální odpad

Likvidace odpadu při užívání hotové stavby bude probíhat v souladu s místním systémem komunálního odpadového hospodářství.

j) Základní předpoklady výstavby

Předpokládané zahájení výstavby	03/2021
Předpokládané ukončení výstavby	06/2022

k) Orientační náklady na výstavbu

Předpoklad podle JKSO –

- svislá nosná konstrukce z cihel, tvárnic, bloků – 5835
- svislá nosná konstrukce z montovaných dílců betonových tyčových 7505

Předpokládané náklady bez DPH: 23,34 mil. Kč

A.1.5 Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení

1. Stavba mateřské školy
2. Stavba tělocvičny
3. Zpevněné plochy
4. Parkoviště (připojení na mk)
5. Přípojka elektro NN
6. Plynovodní přípojka NTL
7. Přípojka jednotné kanalizace
8. Vodovodní přípojka
9. Veřejné osvětlení
10. Oplocení pozemku
11. Dešťové vedení do RT

A.2 Souhrnná technická zpráva

A.2.1 Popis území stavby

a) Charakteristika stavebního pozemku

Stavba se nachází v obci Holubice na jižní straně vesnice. Budova mateřské školy je umístěná na stavební parcele 585/70,71,72. Parcela má celkovou rozlohu dle katastru 5432 m². Pozemek je určen dle územního plánu k zástavbě budov občanské vybavenosti (plocha pro veřejnou vybavenost). Pozemek je mírně svažité a je majetkem obce. Z jihozápadní strany je ve vzdálenosti 12,5 m stávající komunikace III.

b) Výčet a závěry provedených průzkumů a rozborů (geologický průzkum, hydrogeologický průzkum, stavebně historický průzkum)

Geologický a hydrogeologický průzkum:

V lokalitě se dle provedeného geologického průzkumu nachází jemnozrnná zemina, šterkovitá hlína tuhé konzistence (F1 MG). Zemina je polopropustná. V hloubce 5 m pod povrhem nalezeny už jen jíl vápnitý, pevný (F8 CH). Hladina podzemní vody byla zjištěna v hloubce 5 m, tedy v dostatečné hloubce pod budovou (není potřeba řešit opatření proti spodní vodě).

Radonové riziko zde bylo stanoveno s indexem nízkým, není tedy potřeba zavádět zvláštní opatření proti radonu.

c) Stávající ochranná a bezpečnostní pásma

Stavební parcela se nenachází v žádném ochranném pásmu.

d) Poloha vzhledem k záplavovému území, poddolovanému území

Stavební pozemek se nenachází v záplavovém území ani v poddolovaném území.

e) Vliv stavby na okolní stavby a pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území

Stavba více méně nebude mít žádný zásadní vliv na okolní zástavbu, nicméně může dojít k zastínění pozemku na jihovýchodě (č.p.585/1 na parcele není žádná výstavba a je ve vlastnictví obce) od tělocvičny. Stavba bude vybavena TZB systémy, u kterých bude hlídána přípustná hladina akustického tlaku v denních (50 dB) a nočních

(40 dB) hodinách. Po dobu výstavby bude staveniště ohraničeno plotem výšky 2 m a bude hlídána prašnost a hlučnost.

f) Požadavky na sanace, demolice a kácení dřevin

Před zahájením stavby bude stavební pozemek zbaven veškerých dřevin (keře, porosty, drobné stromky) a bude sejmuta ornice a přemístěna do zadní části pozemku (později použita na terénní úpravy kolem objektu).

g) Požadavky na maximální zábory zemědělského půdního fondu nebo pozemků určených k plnění funkce lesa (dočasné / trvalé)

Na stavbu z hlediska realizace nejsou kladeny žádné požadavky na zábory zemědělského půdního fondu nebo pozemků určených k zalesnění.

h) Územně technické podmínky (zejména možnost napojení na stávající dopravní a technickou infrastrukturu)

Z jihozápadní strany bude před vstupem do budovy vytvořena zpevněná plocha, která bude plnit funkci parkoviště a bude plynule napojena na stávající komunikaci III. K objektu jsou přivedeny všechny potřebné inženýrské sítě. V rámci výstavby budou provedeny přípojky k jednotlivým sítím:

- Vodovodní přípojka
- Elektro přípojka NN
- Jednotná kanalizace
- Plynovodní přípojka NTL
- Přípojka sdělovacího kabelu

Napojení veškerých inženýrských sítí proběhne v souladu s požadavky správců dotčených sítí.

i) Věcné a časové vazby stavby, podmiňující, vyvolané, související investice

Započetí výstavby je plánované na 03/2021. Veškeré venkovní práce by měly být realizovány, pokud možno v období mimo mrazů (do 11 měsíce roku), popřípadě jak dovolí technologický postup konkrétní práce. Před objektem bude zřízené dvouramenné schodiště a pochozí rampa pro imobilní, která bude vyrovnávat výškové převýšení mezi komunikací a srovnávací rovinou stavby.

A.3 Celkový popis stavby

A.3.1 Účel užívání stavby, základní kapacity funkčních jednotek

Stavba je navržena jako novostavba pro výuku dětí předškolního věku (od 3 do 6 let). Kapacita budovy je navržena pro 50 dětí rozdělené do dvou tříd po 25.

A.3.2 Celkové urbanistické a architektonické řešení

a) Urbanismus – územní regulace, kompozice prostorové řešení

V lokalitě kolem objektu se nachází rozvíjející se výstavba bytových domů. Stavba nijak nenarušuje okolní zástavbu a plně respektuje požadavky územního plánu. Nezpevněné plochy kolem objektu budou opatřeny zelení a budou udržovány správou MŠ. K objektu bude nově zbudovaná příjezdová komunikace s volnými místy pro parkování.

b) Architektonické řešení – kompozice tvarového řešení, materiálové a barevné řešení

Mateřská škola je řešena z architektonického hlediska jako jednopodlažní samostatně stojící objekt. Stavba je rozdělena na dva objekty SO01 a SO02. Objekt SO01 je řešen jako zděný systém v kombinaci s železobetonovými (později už jen ŽB) vodorovnými konstrukcemi. Objekt SO02 je řešen jako kombinovaný systém ŽB prefabrikovaného skeletu s výplňovým zdivem. Jako vodorovné prvky jsou zde voleny lepené vazníky doplněné trapézovými plechy.

Na celé zastřešení stavby byl navržen systém plochých střech (vegetační, přitížená oblázkovým násypem, ukončena PVC fólií). Pro zateplení stavby byl navržen kontaktní zateplovací systém ETICS (SO01) a jako finální vrstva byla zvolená probarvená pastovitá omítka s fotokatalytickým efektem (weberpas-ectraclean active). Pro část stavby tělocvičny byla volena provětrávaná fasáda s hliníkovým obkladem v dekoru dřeva, systém aludřeva. (SO02). Skladby střech jsou voleny s klasickým pořadím vrstev. Celý vzhled stavby je uvažován jako mořská hladina tedy kombinace barev na fasádě je složena z pěti odstínů modré od nejtmavší po nejsvětlejší (RAL 5010, 5012, 5015, 5020, 5021). Výplně otvorů jsou řešeny v souladu s celkovou vizáží stavby odstín oken

čistě bílá RAL 9010 okna na tělocvičně v odstínu grafitová šedá RAL 7024. Dveře jsou barevně sladěny do odstínu oken grafitové šedé RAL 7024.

A.3.3 Celkové provozní řešení, technologie výroby

c) Provozní řešení

Z provozního hlediska lze objekt rozdělit na 4 zóny. Do první zóny spadají komunikační, administrativní a provozní celky budovy (chodby, prádelny, kanceláře, archiv, WC atd.). Druhou zónu tvoří zázemí pro děti (herny, šatny, umývárny). Třetí zóna je tvořena technologickým zázemím, sklady a místností s výlevkou (strojovna ÚT, VZT, sklad, kočárkárna, výlevka). Čtvrtou zónu tvoří tělocvična a přidružený sklad náradí. Zóny jsou navzájem odděleny centrální chodbou. Hlavní vstup do objektu je z Jihozápadní strany. Herny a zázemí dětí jsou navrženy z části severovýchodní strany a z části jihovýchodní strany a je doplněné terasou s pozvolným přechodem do zahrady. Oblast technologického zázemí je navržena na severozápad budovy. Tělocvična je orientovaná na jih objektu.

d) Technologie výroby

V budově je navržena fotovoltaická elektrárna, která bude fungovat v ostrovním režimu. Fotovoltaické panely budou umístěné na ploché střeše objektu SO01 a technologie k elektrárně bude umístěná ve strojovně ÚT na pravé straně.

A.3.4 Bezbariérové užívání stavby

Budova je řešena a navržena s ohledem na vyhlášku č. 398/2009 Sb. o technických požadavcích zabezpečující bezbariérové užívání staveb. Budova je navržena jako jednopodlažní, kde jsou všechny řešené celky navrženy tak aby výškový rozdíl byl maximálně do 20 mm. Šířka dveří vedoucích do společných prostor jsou šířky min. 900 mm a jsou opatřeny vodorovným madlem. Při vstupu do objektu je zřízena vstupní rampa ve sklonu 6,25 %. Rampa je opatřena zábradlím, které respektuje požadavky pro imobilní a pro děti do 6 let. Pro vyrovnání výškového rozdílu pro vstup z veřejné komunikace je před budovou vybudována rampa ve sklonu 6,25 % a po 9 m rozdělena podestou o min šířce 1,5 m. Před budovou jsou na zpevněné plochy umístěny

reflexní a bezpečnostní varovné prvky (snížený obrubník apod. Na parkovišti před budovou je vyčleněno jedno parkovací místo pro imobilní.

A.3.5 Bezpečnost při užívání stavby

Budova je navržena tak, aby svým užíváním byla dle českých vyhlášek a norem bezpečná pro osoby pobývající uvnitř. Kritické oblasti budovy s pobytém dětí jsou navrženy s protiskluzovou nášlapnou vrstvou třídy R11.

A.3.6 Základní charakteristika objektu

a) Stavební řešení

Budova MŠ je navržena jako jednopodlažní budova rozdělená na dva objekty (SO01-škola a SO02 tělocvična). Objekt školy je navržen jako stěnový systém z keramických tvárnic Porotherm 300 Profi v modulu 250 mm. Nosný vodorovný systém je navržený soustavou ŽB desek vetknutých do věnce. Objekt tělocvičny je navržený kombinací ŽB prefabrikovaného skeletu a výplňového zdiva Porotherm 300 AKU. Jako vodorovné nosné prvky jsou navrženy lepené vazníky. Jako zastřešení na celé budově jsou navrženy ploché střechy s klasickým pořadím vrstev.

b) Konstrukční a materiálové řešení

Objekt SO01

Obvodové stěny jsou navrženy z keramických tvárnic Porotherm 300 Profi v modulu 250 mm. Vnitřní nosné a dělicí příčky jsou navrženy z Porotherm tvárnic Profi. Stěny kolem herny a strojoven jsou navrženy z Akustických cihel Porotherm AKU. Stropní konstrukce je tvořena soustavou ŽB desek vetknutých do věnce. Jako roznášecí systém jsou navrženy základové pasy po obvodě hluboké 900 mm. Pro zastřešení objektu byla navržena soustava plochých střech (vegetační nad hernami, oblázková stabilizační vrstva nad přední částí objektu).

Obvodové konstrukce budou zatepleny certifikovaným kontaktním zateplovacím systémem ETICS (ISOVER). Jako izolant jsou použity minerální desky s podélnými vlákny. Kolem soklu (výška 500 mm nad ÚT) je navržený zúžený izolant XPS tl. 100 mm. Na zastřešení jsou navrženy ploché střechy s klasickým pořadím vrstev. Nad herny je

navržená vegetační střecha se spádovou vrstvou ze spádového betonu (spádový beton dilatován v ploše 6x6 m). Hydroizolační vrstva navržena z PVC fólie určené pro přitížení. Nad přední část objektu je navržena střecha se stabilizační vrstvou z oblázkového kameniva FR 16/32, spádová vrstva ze spádových klínů. Hydroizolační vrstva navržena z PVC fólie určené pro přitížení.

Povrchové úpravy venkovních stěn bude provedeno ze silikátové omítky na bázi silikonu weberepas xtraclean active (barevný návrh viz pohledy). Vnitřní povrchy budou opatřeny vápennými omítkami s finálním barevným nátěrem.

Výplně otvorů budou řešeny jako plastová s izolačním trojsklem (barevné rozvržení viz pohledy).

Objekt SO02 (tělocvična)

Objekt je navržený jako kombinace nosného prefabrikovaného ŽB skeletu a výplňového zdiva Porotherm 300 AKU. Jako nosné vodorovné prvky jsou navrženy lepená vazníky, které jsou uloženy na (jedna strana kloub, druhá pevná podpora) na ŽB sloupy. Roznášecí vrstvu střechy tvoří trapézový plech (TR 150). Jako zastřešení je navržena plochá střecha s klasickým pořadím vrstev. Střecha bude mít tvar do mírného půlkruhu sklon 10°. Jako roznášecí systém skeletu jsou navrženy ŽB patky hluboké 850 mm. Mezi patkami jsou navrženy základové pásy po obvodě hluboké 850 mm.

Obvodový plášť je navržen jako provětrávaná fasáda (systém Knauf Diagonal H2). Jako izolant je navržena minerální vlna (čedičová). Střecha je navržena s klasickým pořadím vrstev s izolantem z minerálních desek kladených ve vrstvách. Jako hydroizolační vrstva je navržena PVC fólie, která je mechanicky kotvena přes všechny vrstvy až do TR plechu.

Finální vrstva provětrávané fasády je navržena jako obklad z hliníkových latí (systém aludřeva „alubky“), kotvený do hliníkového roštu fasády.

Výplně otvorů budou řešeny jako hliníková s izolačním trojsklem (barevné rozvržení viz pohledy). Okna nad střechu budovy budou neotevratelná protipožární.

c) **Mechanická odolnost a stabilita**

Projekt je řešen z certifikovaných a ověřených konstrukčních systémů a materiálů a respektuje české vyhlášky a normy.

Objekt SO01

Nosné konstrukce jsou navrženy v souladu se standardy výrobců a návrh respektuje pokyny výrobců pro použití. Základové konstrukce jsou navrženy z PB. Beton C20/25 XC2 navrženo vždy min. do nezámrzné hloubky. Základové konstrukce jsou navrženy jako základové pasy zakončené podkladní deskou. Podkladní deska je vyztužena kari sítěmi s průměry prutů 6 mm a oky 150x150 mm. Zatížení, které působí na stavbu, nebude mít za následek:

- zřícení stavby
- větší stupeň nepřípustného přetvoření

Objekt SO02 (tělocvična)

Nosné konstrukce jsou navrženy v souladu se standardy výrobců a návrh respektuje pokyny výrobců pro použití. Základové konstrukce jsou navrženy z ŽB. Beton C20/25 B500B XC2 navrženo vždy min. do nezámrzné hloubky. Základové konstrukce jsou navrženy jako monolitické základové patky zakončené podkladní deskou. Podkladní deska je vyztužena kari sítěmi s průměry prutů 6 mm a oky 150x150 mm. Zatížení, které působí na stavbu, nebude mít za následek:

- zřícení stavby
- větší stupeň nepřípustného přetvoření

A.3.7 Základní charakteristika technických a technologických zařízení

a) Technické řešení

Vnitřní vodoinstalace

Co se týče vnitřní vodoinstalace tak budova bude rozdělena na dva okruhy, okruh pitné a nepitné vody.

Pitná voda bude do objektu přivedena z vodovodní přípojky (městská voda). Přípravu teplé vody bude zajišťovat soustava plynových kondenzačních kotlů (zapojeno do kaskády) o teplotním spádu 50/30 °C. Rozvod vnitřního vodovodu bude v plastovém potrubí (PPR).

Bilance potřeb

- počet dětí 50
- počet dospělých 8
- Průměrná denní spotřeba vody – $Q_{dp} = 3480$ l/den
- Roční spotřeba vody – $Q_{rok} = 925$ m³/rok

Maximální teplota na výtoku teplé vody z baterie je 45 °C.

Minimální teplota na výtoku studené vody je 10 °C.

Pro potřeby užitkové (nepitné) vody bude fungovat vnitřní pitná voda jen omezeně. Projekt uvažuje s využitím zachycené srážkové vody. Vnitřní vodovod bude tedy napojen na splachovací nádrže WC, nicméně bude fungovat s návazností na hladinu vody v akumulčních nádržích srážkové vody. Ve chvíli, kdy v nádržích na srážkovou vodu nebude dostatek vody, přepne se trojcestný ventil a bude fungovat na splachování vnitřní vodovod (městská voda).

Podrobný popis návrhu řešení v samostatné části – **Studie TZB systémů.**

Kanalizace objektu

Kanalizace objektu je řešena soustavou odpadních potrubí ústící do jednotné kanalizace. U objektu je zřízena pouze kanalizace pro splašky, projekt uvažuje s využitím zachycené srážkové vody.

V projektu je počítáno, že bude srážková voda používána na splachování na WC a k zavlažování rozsáhlé zahrady. Pro akumulaci vody jsou na pozemku zřízeny dvě podzemní akumulční nádrže o celkovém objemu 8 a 6 m³, do kterých ústí veškerá voda zachycená na zastřešení objektu. Přebytečná voda je vyvedena trativodem do zadní části

zahrady. Pro účely splachování v objektu bude užitková voda pracovat v součinnosti s vnitřním vodovodem. Ve chvíli, kdy bude nedostatek vody v akumulární nádrži, přepne se splachování na vnitřní vodovod. Vnitřní odpadní potrubí pro srážkovou vodu bude vedeno v třívrstvých odhlučňených trubkách (např. systém DBLUE). Materiál potrubí bude typu PP-POLlcomp a bude obaleno minerální izolací tl. 40 mm.

Bilance potřeb nepitné vody

- denní spotřeba nepitné vody - $D_{n,d} = 348$ l/den
- denní potřeba nepitné vody na zalévání - $D_{f,d} = 505$ l/den
- roční potřeba nepitné vody – $D_{ta} = 169,52$ m³/rok
- roční nátok srážkové vody – $Y_R = 379,06$ m³/rok
- Podrobný popis návrhu řešen v samostatné části – **Studie TZB systémů.**

Vzduchotechnika

Budovu z hlediska vzduchotechniky lze rozdělit na dvě zařízení.

Zařízení č.1 - teplovzdušné větrání – SO01

V objektu SO01 bude vzduchotechnika zajišťovat větrání provozních celků dle potřeby. Jednotka bude pracovat v rovnotlakém režimu a bude přivádět a odvádět 5000 m³. Jedná se o větrání zázemí dětí, WC, kanceláří, ředitelny, zázemí zaměstnanců a prádelny. V celém objektu se bude jednat o teplovzdušné větrání. Teplota přiváděného vzduchu v létě 26 C, v zimě 23°C. Pro zachování těchto parametrů je jednotka vybavena deskovým rekuperátorem, vodním ohřívacem (teplotní spád 50/30) a chladičem. Chladič je navržen jako přímý výparník. Jednotka je navržená jako sestavná z jednotlivých komor a bude umístěná v místnosti 120 (strojovna VZT).

Zařízení č.2 – teplovzdušné vytápění a chlazení– SO02

Pro objekt SO02 bude vzduchotechnika zajišťovat v zimním období provozní větrání a vytápění a v letním období větrání a chlazení. V zimním období bude zde udržována teplota 20 °C v letním pak 28 °C. S ohledem na využívání tělocvičny je zde pro stanovení celkového průtoku pro VZT zařízení navržena dávka vzduchu 30 m³/h. Celkový průtok pro jednotku je stanoven na 1560 m³. Jednotka je navržena do venkovního prostředí a je osazena na střeše objektu. Jednotka je navržena jako sestavná a bude

vybavena deskovým rekuperátorem, vodním ohřivačem (teplotní spád 50/30) a chladičem. Chladič je navržen jako přímý výparník.

Podrobný popis návrhu VZT řešen v samostatné části – **Studie TZB systémů.**

Vytápění

Přípravu topné a teplé pitné vody bude zajišťovat soustava plynových kondenzačních kotlů (zapojeno do kaskády) o teplotním spádu 50/30 °C. Kondenzační kotle budou sloužit jako zdroj tepla pro teplou (pitnou) vodu, topnou vodu pro vytápění (kombinace podlahové a otopná tělesa) a jako zdroj tepla pro výměníky VZT. Otopná soustava bude řešena z části podlahovým vytápěním (zázemí dětí) a z části otopnými sálavými tělesy. Kotle budou osazeny v místnosti 121 (kotelna). Součástí otopné soustavy bude akumulční nádrž. Pro zajištění celkového komfortu při užívání je pro rozvod pitné vody navržena třípotrubní soustava přívod, vrat a cirkulace.

Výkonové požadavky:

- a) vytápění – **16,15 kW**
- b) příprava teplé vody – **7,55 kW/den**
- c) ohřivač VZT1 – **4,2 kW**
- d) ohřivač VZT2 (tělocvična) – **9,63 kW**

Chlazení

Zařízení č.1 chlazení zázemí dětí (m. č. 128)

Pro pokrytí tepelných zisků herny dětí je navržen chladicí systém typu multi-split. Systém je složen z jedné venkovní jednotky o výkonu 13,5 kW a dvou vnitřních kazetových jednotek každá o výkonu 6,7 kW. Vnitřní jednotky jsou navrženy v podstropním provedení a jsou opatřena čerpadlem kondenzátu. Rozvody mezi vnitřními a venkovní jednotkou jsou vedeny z Cu potrubí a izolovány izolací na bázi kaučuku. Řízení dle kabelového ovladače umístěného na stěně. Systém pracuje s chladivem R410. Venkovní jednotka je umístěná na střeše objektu. Kondenzát od venkovní jednotky bude volně odkapávat na střechu. Pod jednotku bude zřízena ocel. konstrukce min 500 mm nad rovinu střechy.

Zařízení č.2 chlazení zázemí dětí (m. č. 130)

Stejně viz zařízení č.1.

Zařízení č.3 a 4 – zdroj chladu pro VZT1 a VZT2

Zařízení se skládá z venkovních kondenzačních jednotek o výkonu 7,8 kW (VZT1) a 8,8 kW (VZT2), které jsou napojeny na VZT jednotky. Dle řídicího boxu bude regulován výkon chladiče VZT jednotek. Systém pracuje s chladivem R32. Řízení jednotky zajistí MaR. Kondenzát od venkovní jednotky bude volně odkapávat na střechu. Pod jednotky bude zřízena ocel. konstrukce min 500 mm nad rovinu střechy.

Podrobný popis návrhu chlazení řešen v samostatné části – **Studie TZB systémů.**

Výkonové požadavky:

- a) chlazení herny m.č. 128 – **13,13 kW**
- b) chlazení herny m.č. 132 – **13,13 kW**
- c) chladič VZT1 – **6,72 kW**
- d) chladič VZT2 (tělocvična) – **8,4 kW**

Fotovoltaický systém

Pro částečné pokrytí výdajů elektrické energie je navržena samostatná fotovoltaická elektrárna, která bude fungovat v hybridním režimu. Elektrárna je složena z 57 ks fotovoltaických panelů s celkovým výkonem 134,0 kWh/den. Elektrárna bude fungovat při potřebě jako podpůrný zdroj elektrické energie a při nadbytcích bude přenášet nadbytečný výkon do veřejné sítě. Celý systém bude řízen MaR z velící místnosti. Umístění komponentů fotovoltaické elektrárny bude v místnosti 121 (kotelna).

Podrobný popis návrhu fotovoltaické elektrárny je řešen v samostatné části

Studie TZB systémů.

Osvětlení

V celém objektu je navrženo umělé osvětlení, tak aby odpovídalo normovým požadavkům na umělé osvětlení v zařízeních pro vzdělání.

Podrobný popis návrhu osvětlení řešen v samostatné části – **Studie TZB systémů.**

System měření a regulace (MaR)

Objekt je vybaven nadřazeným systémem měření a regulace, který zajišťuje ovládání a monitoring, veškerých TZB systému navržených v budově.

Podrobné globální schéma řízení objektu řešeno v samostatné části – **Studie TZB systémů**.

e) Výčet technických a technologických zařízení

Budova je vybavena:

- zdravotně technickými instalacemi (ZTI)
- systémem vzduchotechniky (VZT)
- systémem chlazení (CHL)
- systémem vytápění (ÚT)
- rozvodem plynu (NTL)
- rozvodem elektro včetně uzemnění (ELE)
- fotovoltaickým systémem (FVE)
- sdělovacím kabelem

A.3.8 Požárně bezpečnostní řešení

Požárně bezpečnostní řešení objektu je řešeno v samostatné části projektu příloha A.1.3

A.3.9 Zásady hospodaření s energiemi

a) Kritéria tepelně technického hodnocení

Stavební řešení a použité materiály splňují energetickou náročnost budovy. Navržené zateplení budovy všech obalových konstrukcí splňují požadavky dle ČSN 73 0540–2 Tepelná ochrana budov.

Podrobně řešeno viz samostatná příloha A.1.4 tepelně technické posouzení budovy.

b) Energetická náročnost stavby

Tepelné ztráty budovy – 22,7 kW

Podrobně řešeno v průkazu energetické náročnosti budovy viz příloha A.1.5.

c) Posouzení využití alternativních zdrojů energií

V projektu je uvažováno s návrhem fotovoltaické elektrárny, která bude fungovat v hybridním režimu a bude částečně snižovat dodávky elektrické energie z veřejné sítě.

A.3.10 Hygienické požadavky na stavby, požadavky na pracovní a komunální prostředí

Projekt je navržen dle českých norem a respektuje všechny české aktuální vyhlášky. Navržené systémy, které zabezpečují hygienické limity, jsou blíže popsány v samostatné části „**Studie TZB systémů**“. Odpadní vody budou svedeny svodným potrubím do jednotné kanalizace. Komunální odpad bude skladován v kontejnerech na předem určeném místě a odtamtud bude svážen běžnými dopravci, které zajišťuje obec.

Okna orientovaná na jihozápad a na jih budou opatřena venkovními žaluziemi. Okna na tělocvičně budou opatřena žaluziemi ve sklonu 45° (tmavé) s pevnými lamelami.

A.3.11 Ochrana stavby před negativními účinky vnějšího prostředí

a) ochrana před pronikáním radonu z podloží

Radonové riziko zde bylo stanoveno s indexem nízkým, není tedy potřeba zavádět zvláštní opatření proti radonu.

b) ochrana před bludnými proudy

V dané lokalitě se nevyžadují žádná opatření proti bludným proudům

c) ochrana před technickou seizmicitou

Budova se nenachází v oblasti se zvýšenou technickou seizmicitou, proto v projektu nejsou řešena žádná opatření.

d) ochrana před hlukem

V dané lokalitě nejsou vyžadována žádná zvýšená opatření proti šíření hluku, nicméně v objektu se vyskytují stacionární zdroje hluku. Tyto zdroje hluku budou navrženy tak, aby svým působením nepřesahovali dovolenou hodnotu akustického tlaku v denních a nočních hodinách.

e) protipovodňová opatření

V dané lokalitě nejsou vyžadovány žádné zvýšené požadavky na protipovodňová opatření.

A.4 Připojení na technickou infrastrukturu

a) Napojovací místa technické infrastruktury

K objektu budou přivedeny tyto přípojky:

- Vodovodní přípojka
- Elektro přípojka NN
- Jednotná kanalizace
- Plynovodní přípojka NTL
- Přípojka sdělovacího kabelu

Jedná se o sítě vedené v dané lokalitě, hranice napojení je hranice pozemku odtud si vlastník zřídí připojení sám.

b) Připojovací rozměry, výkonové kapacity a délky

Vodovodní přípojka

Pro zásobování objektu pitnou vodou bude zřízena nová vodovodní přípojka z HDPE 100 SDR 11 \varnothing 63x5,3. Přípojka bude napojená na stávající vodovodní řád v ulici Sadůvky.

Kanalizační přípojka

Pro odvod splaškových vod bude zřízena nová kanalizační přípojka PVC KG DN 200 mm. Dešťová voda bude akumulována do akumulární nádrže a tam dále použita na chod budovy. Přepad akumulární nádrže je veden trativodem do zadní části zahrad.

Plynová přípojka

Pro přívod plynu do budovy bude zřízena nová NTL plynová přípojka z potrubí HDPE 100 SDR 11 \varnothing 32x3 (provozní tlak 1,8 – 2,2 kPa).

Vedení NN

Pro zásobování budovy elektrickou energií bude požádáno dodavatele elektrické energie o připojení objektu ke stávající síti. Požadováno napojení 230 V a 400 V. Kabel veden v zemi.

Sdělovací kabel

Budova bude připojena ke stávajícímu sdělovacímu kabelu z ulice Sadůvky.

A.5 Dopravní řešení

a) Popis dopravního řešení

Pro napojení nového areálu budovy bude sloužit nová zpevněná plocha (zámková dlažba) na jihozápadní straně areálu, která bude přímo napojena na stávající komunikaci z ulice Sadůvky. Vlastník této komunikace je obec Holubice.

Dále bude k budově zřízeno terénní schodiště, které povede z veřejného chodníku pro vyrovnání výškového rozdílu mezi stavbou a komunikací. Vedle terénního schodiště bude vybudovaná rampa pro imobilní v maximálním sklonu 6,25 %.

b) Napojení území na stávající dopravní infrastrukturu

Napojení objektu na dopravní infrastrukturu je řešeno v jihozápadní části areálu, kde jsou vytvořené zpevněné plochy ze zámkové dlažby, která je přímo napojená na stávající komunikaci. Před napojením na komunikaci a pak zhruba v půli zámkové dlažby je vybudovaný výškový retardér pro zajištění pomalého provozu vozidel. Na zpevněné ploše je zajištěné parkování pro 8 vozidel a jedno místo pro invalidy.

c) Doprava v klidu

Plocha pro parkování je zajištěna z jihozápadní strany a je zde navrženo 8 parkovacích míst a jedno místo pro invalidy.

d) Pěší a cyklistické stezky

Pěší a cyklistické stezky nejsou v projektu řešeny.

A.6 Řešení vegetace a souvisejících terénních úprav

a) Terénní úpravy

Jelikož se budova nachází v mírném svahu a bude srovnána do srovnávací roviny (-150 mm), tak veškerá vykopaná zemina při výstavbě budovy bude ponechána na pozemku a použita při dotvarování finálního vzhledu pozemku zejména zahrady (srovnávací rovina -1000 mm).

Kolem celého objektu bude vybudován chodníček ze zámkové dlažby o minimální šířce 900 mm.

b) **Použité vegetační prvky**

Na pozemku se nenachází žádná stávající zeleň, bude zde tedy vysázena nová. Kolem všech plotů budou vysázeny vysoké tůje pro zamezení viditelnosti do zahrady MŠ. V prostoru pak budou umístěné dva stromy většího vzrůstu (listnaté např. javor). Veškerou nezpevněnou plochu na pozemku bude tvořit zatravněná plocha; v oblasti zahrady bude travnatá plocha živena pravidelnou závlahou.

c) **Biotechnická opatření**

V projektu není řešeno.

A.7 Popis vlivu stavby na životní prostředí a jeho ochrana

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

Provoz stavby nebude mít negativní dopad na životní prostředí v okolí stavby. Drobný dopad (pouze dočasný) bude mít během výstavby, zejména zvýšení prašnosti a hluku, nicméně bude snaha tyto negativní aspekty omezovat na minimálně nutnou dobu.

Ovzduší nebude nijak znečištěno, nadměrná prašnost v době výstavby bude řešena kropením.

V okolí stavby se nenacházejí žádné vodní toky nebo vodní díla, která by mohla být znečištěna.

Stavba je vybavená TZB systémy, které budou navrženy tak, aby dodržovaly předepsané hodnoty hluku dle vyhlášky 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Odpad vzniklý při stavbě bude tříděn a následně likvidován recyklací nebo odvozem na příslušné skládky. Zatřídění odpadů dle vyhlášky 381/2001 Sb. a novely zákona vyhlášky č. 154/2010 Sb. Odpad vzniklý při provozu budovy bude skladován v kontejnerech na předem určeném místě a následně svážen dle provozu obce.

b) **Vliv na přírodu a krajinu, zachování ekologických funkcí a vazeb v krajině**

Na pozemku se nenacházejí žádné chráněné rostliny ani živočichové. Stavba tedy nenarušuje ekologické funkce a vazby v této lokalitě.

c) Vliv na soustavu chráněných území Natura 2000

Dle územního rozvoje stavba nenarušuje soustavu chráněných území Natura 2000.

d) Návrh zohlednění podmínek ze závěru zjišťovacích řízení nebo stanovisek EIA

K projektu není vyžadováno žádné stanovisko ani nebyly vzneseny žádné podmínky.

e) Navrhovaná ochrana a bezpečnostní pásma, rozsah omezení a podmínky ochrany podle jiných právních předpisů.

V blízkosti pozemku se nenachází žádné ochranné pásmo.

A.8 Ochrana obyvatelstva

Druh a funkce stavby nijak neohrožuje obyvatelstvo, není tedy zapotřebí žádných opatření pro ochranu obyvatelstva v dané lokalitě.

A.9 Zásady organizace výstavby

a) Potřeby a spotřeby rozhodujících médií a hmot, jejich zajištění

Staveniště bude zásobováno elektrickou energií ze zřízeného provizorního antoníčku. Zásobování vodou bude zřízeno přes nově zbudovanou přípojku.

b) Odvodnění staveniště

Odvodnění staveniště a stavební jámy bude pomocí drenážního potrubí, v případě potřeby bude voda ze stavební jámy odčerpávána a svedena do původní kanalizace. Nicméně není předpoklad vzniku přebytku vody v důsledku mírného svažování pozemku.

c) Napojení staveniště na stávající a dopravní technickou infrastrukturu

Příjezdová cesta bude zřízena přímo ze stávající komunikace z ulice Sadůvky.

d) Vliv provádění stavby na okolní stavby a pozemky

Provádění výstavby areálu MŠ nebude mít žádný negativní vliv na okolní zástavbu a pozemky.

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

Na stavebním pozemku se nachází pouze menší keře a zatravněná plocha ty budou před započítím prací odstraněny.

f) Maximální zábory pro staveniště (dočasné/trvalé)

Během výstavby dojde k výkopovým pracím ke srovnání terénu do srovnávací roviny. Nicméně, dáno velkou rozlohou pozemku, není uvažováno s potřebou záboru na okolních pozemcích.

g) Maximální produkovaná množství a druhy odpadů a emisí při výstavbě, jejich likvidace

Odpad vzniklý při výstavbě musí být řádně tříděn a skladován v označených kontejnerech, které se pak odvezou k recyklaci, popřípadě na patřičnou skládku.

Odpad vzniklý během výstavby:

- Papírové a lepenkové obaly 150101
- Plastové obaly 150102
- Beton 170101
- Cihly 170102
- Dlaždice, obklady 170103
- Dřevo 170201
- Asfaltové směsi s dehtem 170301
- Odřezky z PVC izolací 170401
- Železo 170405
- Tepelná izolace 170604
- Směsný stavení odpad 170904

Likvidace těchto odpadů je podmíněno smlouvou o stavební dílo a zodpovídá za ně generální dodavatel stavby.

h) Bilance zemní prací, požadavky na přísun nebo deponie zemin

V rámci výstavby se vzhledem ke srovnání mírně svažitého terénu předpokládá 100% využití výkopů na terénní úpravy kolem objektu a finální dotvarování podoby terénu na pozemku. Vykopaná zemina bude skladována na severovýchodní části pozemku (zahrada).

i) Ochrana životního prostředí při výstavbě

Během výstavby bude dbáno na dodržování zákonných požadavků na ochranu životního prostředí. Použité stroje pro výstavbu musí být použité v patřičném stavu a musí být zajištěno, že nedojde k znečištění půdy a spodních vod od pohonných hmot strojů. Bude dbáno na znečištění silnic okolí stavby, před odjezdem stavebních strojů ze staveniště musí být stroje očištěny. Odpady vzniklé při výstavbě budou patřičně tříděny a zlikvidovány dle platných českých předpisů odbornou firmou. O zlikvidování jednotlivých druhů odpadu bude vedena evidence. Při výstavbě nebude docházet k znečištění ovzduší pálením nespalných materiálů.

j) Zásady bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na staveništi

Pracovníci podílející se na stavbě budou řádně proškoleni a budou respektovat požadavky BOZP dle nařízení vlády č. 591/2006 o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništi a dále nařízení vlády č. 362/2005 Sb. o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky. O případných zraněních musí být vždy proveden zápis do stavebního deníku.

k) Úpravy pro bezbariérové užívání výstavbou dotčených staveb

Během výstavby bude přísný zákaz vstupu na staveništi všem osobám, které nemají povolení stavby, proto není nutné řešit bezbariérové opatření.

l) Zásady pro dopravně inženýrské opatření

Vjezd a výjezd ze staveniště bude označen patřičným značením (vjezd/výjezd ze stavby).

m) Stanovení speciálních podmínek pro provádění (provádění stavby za provozu, opatření proti účinkům vnějšího prostředí při výstavbě apod.)

Během výstavby bude kolem celého staveniště veden plot výška min 2 m a bude opatřen plachtou. Staveniště bude označeno patřičnými značkami (pozor stavba apod.).

n) Postup výstavby, rozhodující dílčí termíny

- Předpokládané zahájení výstavby 03/2021
- Předpokládané ukončení výstavby 06/2022

B. Studie TZB systémů

B.1 Návrh pitné a srážkové vody

Cílem je správný návrh potřeby pitné a srážkové vody a snaha co nejvíce využít srážkovou vodu zachycenou na střechách a zpevněných plochách budovy.

B.1.1 Výpočet potřeby vody

V objektu se za běžných provozních podmínek nachází 50 dětí a 8 dospělých. Výpočet je proveden dle vyhlášky č. 48/2014 Sb. kterou se mění vyhláška 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu.

Průměrná denní spotřeba vody

$$Q_{dp} = q_s \cdot n$$

$$Q_{dp} = 60 \cdot 58 = 3480 \text{ l/den}$$

q_s – je specifická denní spotřeba vody na měrnou jednotku (dítě, zaměstnanec)

n – počet měrných jednotek

Maximální denní spotřeba vody

$$Q_{dmax} = Q_{dp} \cdot k_d$$

$$Q_{dmax} = 3480 \cdot 1,5 = 5220 \text{ l/den}$$

Q_{dp} – je průměrná denní spotřeba vody [l/den]

k_d – součinitel denní nerovnoměrnosti

Maximální hodinová spotřeba vody

$$Q_{hmax} = (Q_{dmax}/t) \cdot k_h$$

$$Q_{hmax} = (5220/9) \cdot 1,9 = 1102 \text{ l/h}$$

Q_{dmax} – je maximální denní spotřeba vody [l/den]

t – doba provozu budovy během dne [h]

k_h – součinitel hodinové nerovnoměrnosti

Roční spotřeba vody

$$Q_{\text{rok}} = q_{\text{rok}} \cdot n$$

$$Q_{\text{rok}} = 16 \cdot 58 = 928 \text{ m}^3/\text{rok}$$

q_{rok} – směrné číslo roční potřeby vody na měrnou jednotku

n – počet měrných jednotek

B.1.2 Dimenzování zařízení pro využití srážkové vody

Dimenzování zařízení pro využití srážkové vody je provedeno podle ČSN EN 16941-1

- stanovení objemu nádrže pro srážkovou (nepitnou) vodu
- posouzení využití srážkové vody

Denní potřeba nepitné vody

$$D_{n,d} = D_{p,d} \cdot n$$

$$D_{n,d} = 6 \cdot 58 = 348 \text{ l/den}$$

$D_{p,d}$ – je denní potřeba nepitné vody související s osobami [l/osoba · den]

n – počet měrných jednotek

Potřeba nepitné vody na zalévání

$$D_{f,d} = q_{\text{zal}} \cdot S$$

$$D_{f,d} = 1,01 \cdot 500 = 505 \text{ l/den}$$

q_{zal} – je potřeba nepitné vody na zalévání nebo kropení [l/ (m² · den)]

S – plocha pro zalévání

Celková potřeba nepitné vody

$$D_{N,d} = D_{p,d} \cdot n + D_{f,d}$$

$$D_{N,d} = 6 \cdot 58 + 505 = 853 \text{ l/den}$$

$D_{N,d}$ – je denní potřeba nepitné vody

$D_{f,d}$ – je denní potřeba vody na zalévání

Roční potřeba nepitné vody

$$D_{\text{ta}} = D_{p,d} \cdot n \cdot d_a + D_{f,a} \cdot S$$

$$D_{t,a} = 6 \cdot 58 \cdot 269 + 150 \cdot 505 = 169,52 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$D_{P,d}$ – je denní potřeba nepitné vody související s osobami [l/osoba · den]

n – počet osob v budově

d_a – počet dnů v roce kdy se nepitná voda využívá

$D_{f,a}$ – je roční potřeba vody na zalévání

S – plocha pro zalévání

Roční nátok srážkové vody

$$Y_R = \Sigma A \cdot h \cdot e \cdot \eta$$

$$Y_R = \Sigma 1230 \cdot 686 \cdot 05 \cdot 0,9 = 379,06 \text{ m}^3/\text{rok}$$

A – je půdorysný průmět sběrné plochy střechy [m^2]

h – dlouhodobý srážkový normál [mm]

e – součinitel výtěžnosti sběrné plochy střechy

η – hydraulická účinnost mechanického čištění srážkové vody

Posouzení využití srážkové vody

$$Y_R > D_{t,a}$$

$$379,06 > 164,52 \text{ m}^3/\text{rok} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Y_R – je průměrný roční nátok srážkové povrchové vody [l/rok]

$D_{t,a}$ – je celková roční potřeba nepitné vody [l/rok]

Návrh nádrže na srážkovou vodu

Předpoklad zásoby vody na 3 týdny.

Týdenní spotřeba nepitné vody

$$5 \cdot 348 + 7 \cdot 505 = 5275 \text{ l/týden}$$

Návrh 2x válcová nádrž s objemem 6 a 8 m^3 (objem nerozdělen rovnoměrně kvůli nerovnoměrnému odtoku srážkové vody ze střech)

$$6+8 = 14 \text{ m}^3$$

$$14 / 15,825 = 0,88$$

$$0,9 \cdot 21 = 18,5 = \mathbf{18 \text{ dní} + \text{mírná rezerva}}$$

Navržené nádrže nám zajistí akumulaci vody v plné kapacitě na 18 dní. Podrobné rozměry a umístění nádrží viz situační výkres

B.1.3 Shrnutí návrhu pitné a srážkové vody

V budově je navržený systém zachytávání srážkové vody, který počítá s jejím využitím pro chod školy i pro udržování zeleně. Pro akumulaci vody jsou navrženy dvě akumulační nádrže umístěné v zemi na pozemku školy (umístění viz situační výkres). Objem nádrží počítá s užíváním nepitné vody na splachování a pro udržování zeleně na pozemku školy.

Proces zachytávání je navržen tak, že zachycená voda na plášti střešní krytiny bude pomocí odpadního potrubí vedena v podhledech a spojena do jednoho potrubí. To pak bude v napojených místech svedeno do země a odtamtud svodným potrubím vyústěno do akumulačních nádrží. Plastové potrubí vedeno v podhledech bude provedené z potrubí systému DBLUE a bude vypsádováno minimálně 0,5 %. Potrubí DBLUE je odhlučňené třívrstvé potrubí určené pro vnitřní vedení. Materiál potrubí PP-POLlcomp. Veškeré odpadní potrubí vedené v pohledech bude izolováno tepelně-akustickou izolací z minerální vaty min. tl. 40 mm.

Akumulační nádrže jsou navrženy válcového průměru v objemech 6 a 8 m³. Nerovnoměrný návrh objemu zvolen z důvodu nerovnoměrného nátoků vody. Navržené objemy počítají s 18denní zásobou vody. Při plné kapacitě akumulačních nádrží bude přebytečná voda odvedena trativodem napojeným na přepad do zadní čisti zahrady. Trativod bude z drenážní trubky pro zajištění pozvolného vsaku vody.

Systém využití nepitné vody pro splachování bude fungovat v součinnosti s vnitřním vodovodem. V nádržích budou umístěna čerpadla s plováky, která budou hlídat hladinu vody. Jestliže hladina poklesne pod minimální výšku, čerpadla se vypnou a v návaznosti na to se přepne třícestný ventil vnitřního vodovodu, který zajistí přívod splachovací vody pro toalety.

B.2 Návrh vzduchotechniky

Cílem je správný návrh vzduchotechnických a chladicích systémů pro zajištění tepelné pohody uvnitř objektu. Z pohledu návrhu VZT je budova rozdělena do dvou zón:

- 1. zóna** – je tvořena celou částí školky (herny, zázemí dětí, ale také kanceláře, zázemí zaměstnanců, hygienické zázemí, sklady, prádelna a archiv)
- 2. zóna** – je tvořena tělocvičnou a přilehlým skladem nářadí.

B.2.1 Navržené VZT a chladicí zařízení

Zóna 1:

- Zařízení č.1 – Teplovzdušné větrání

Zóna 2:

- Zařízení č.2 – V zimě teplovzdušné vytápění, v létě větrání a chlazení

B.2.1.1 Návrhové parametry vnějšího vzduchu

- Umístění stavby Holubice
- Letní období $t_e = 33 \text{ °C}$; $\phi_e = 37 \%$
- Zimní období $t_e = -15 \text{ °C}$; $\phi_e = 95 \%$

B.2.1.2 Návrhové parametry vzduchu v interiéru

Tabulka 1: Návrhové parametry vzduchu

Místnost	Zařízení	Teplota		Relativní vlhkost
		Léto	Zima	
Kanceláře, recepce, zasedací místnosti	1	26 °C	23 °C	30–60 %
Chodby, hygienické zázemí, šatna	1	28 °C	20 °C	30–60 %
Tělocvična	2	28 °C	20 °C	30–60 %

B.2.1.3 Stanovení potřebných průtoků vzduchu

Stanovení potřebných průtoků vzduchu bylo provedeno v souladu s hygienickými požadavky na větrání dle vyhlášky, č. 361/2007 Sb. a č. 6/2003 Sb.

Navrhované dávky vzduchu na osobu a zařízení

Tabulka 2: Návrhové dávky vzduchu

	Dávka vzduchu [m ³ /h]
Dávka na dítě	25
Dávka na dítě v tělocvičně	30
Dávka na učitele	30
Záchodová mísa	50
Sprcha	110
Umyvadlo, výlevka	30
Pisoár	25

Návrh VZT je rozdělen do dvou zón:

1. zóna – větrání školky (SO01)
2. zóna – větrání tělocvičny (SO02)

Dále je v DP řešena pouze část zóny 1.

Tabulka 3: Přehled navržených průtoků

č. místnosti	Název	plocha A	SV	Objem V	Přívod	Odvod
-	-	[m ²]	[m]	[m ³]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
101	chodba	152,40	3,20	487,68	500	-
102	úklid. místnost	3,90	3,20	12,48	-	30
105	wc,invalidé	8,00	3,20	25,60	-	80
107	wc ženy	7,30	3,20	23,36	-	260
108	wc muži	14,43	3,20	46,18	-	235
109	wc děti	13,56	3,20	43,39	-	235
112	zasedací místnost	17,20	3,20	55,04	210	-
113	ředitelna	17,20	3,20	55,04	60	-
114	kabinet	12,40	3,20	39,68	90	-
115	řídící místnost	12,40	3,20	39,68	60	-
116	kabinet	12,40	3,20	39,68	90	-
117	zázemí zaměstnanci	22,00	3,20	70,40	150	-
118	koupelna	9,60	3,20	30,72	-	150
119	prádelna, sklad	31,35	3,20	100,32	-	270
122	šatna děti	41,64	3,20	133,25	770	500
123	umývárna	18,24	3,20	58,37	-	525
124	izolace	9,30	3,20	29,76	50	-
125	izolace	9,30	3,20	29,76	50	-
126	šatna děti	41,64	3,20	133,25	770	500
127	umývárna	18,24	3,20	58,37	-	525
128	herna	104,02	3,20	332,86	1100	745
129	výdej jídla	17,40	3,20	55,68	-	200
132	herna	104,02	3,20	332,86	1100	745
	suma	697,94	-	2233,41	5000	5000

Celkový vzduchový výkon VZT jednotky činí:

- přívod 5000 m³/h
- odtah 5000 m³/h

B.2.1.4 Návrh distribučních prvků

Pro řešenou část zóny 1 byly navrženy tyto distribuční prvky:

Přívod

- vířivá vyústka 400x400 16 lamel
- čtyřhranná vyústka 320x125 mm s regulací
- čtyřhranná vyústka 200x75 mm

Odtah

- vířivá vyústka 500x500 24 lamel
- čtyřhranná vyústka 320x125 mm bez regulace
- talířový ventil DN 160 mm

B.2.1.5 Dimenzování hlavních větví VZT soustavy

Tabulka 4: Výpočet tlakové ztráty hlavní přívodní větve

č. úseku	V m ³ /h	L m	v' m/s	S m ²	d' m	A m	B m	d m	v m/s	R Pa/m	xi	z Pa	z+R*L Pa
1	300	4,10	2,00	0,042	0,23	0,200	0,250	0,050	1,667	0,31	0,60	1,00	2,27
2	600	4,00	2,42	0,069	0,30	0,200	0,315	0,063	2,646	1,00	0,60	2,52	6,52
3	1200	5,10	2,84	0,117	0,39	0,200	0,560	0,112	2,976	0,67	1,50	7,97	11,39
4	2400	6,78	3,26	0,204	0,51	0,315	0,630	0,198	3,359	0,67	0,60	4,06	8,61
5	3220	1,00	3,68	0,243	0,56	0,315	0,800	0,252	3,549	0,31	0,60	4,54	4,85
6	4040	6,82	4,10	0,274	0,59	0,355	0,800	0,284	3,951	0,45	0,90	8,43	11,50
7	4670	8,26	4,52	0,287	0,60	0,355	0,800	0,284	4,568	0,45	0,90	11,27	14,98
8	5000	6,00	5,00	0,278	0,59	0,355	0,800	0,284	4,890	0,45	0,90	12,91	15,61
suma													75,73

Tabulka 5: Výpočet tlakové ztráty hlavní odvodní větve

č. úseku	V m ³ /h	L m	v' m/s	S m ²	d' m	A m	B m	d m	v m/s	R Pa/m	xi	z Pa	z+R*L Pa
1	373	6,60	2,00	0,052	0,26	0,200	0,250	0,050	2,072	0,31	0,60	1,55	3,59
2	573	1,00	2,50	0,064	0,28	0,200	0,315	0,063	2,526	1,00	0,60	2,30	3,30
3	945	4,82	3,00	0,088	0,33	0,200	0,450	0,090	2,917	0,67	1,50	7,66	10,89
4	1690	6,26	3,50	0,134	0,41	0,250	0,560	0,140	3,353	0,67	0,60	4,05	8,24
5	3740	5,42	4,00	0,260	0,58	0,315	0,800	0,252	4,123	0,31	0,60	6,12	7,80
6	4850	13,82	4,50	0,299	0,62	0,355	0,800	0,284	4,744	0,45	0,90	12,15	18,37
7	5000	1,70	5,00	0,278	0,59	0,355	0,800	0,284	4,890	0,45	0,90	12,91	13,68
suma													65,87

B.2.1.6 Tlaková ztráta soustavy, návrh VZT jednotky

Přívod

Tabulka 6: Celková tlaková ztráta přívodního ventilátoru jednotky

Prvky	ΔP
Tlaková ztráta potrubím uvnitř budovy	76
Tlaková ztráta potrubím ve strojovně	48
Tlaková ztráta koncového prvku	13
Tlaková ztráta tlumiče sání	40
Tlaková ztráta tlumiče výtlak	40
tlaková ztráta venkovní žaluzie	30
15% rezerva	33
Celkem	280

Odtah

Tabulka 7: Celková tlaková ztráta odtahového ventilátoru jednotky

Prvky	ΔP
Tlaková ztráta potrubím uvnitř budovy	66
Tlaková ztráta potrubím ve strojovně budovy	48
Tlaková ztráta koncového prvku	13
Tlaková ztráta tlumiče sání	40
Tlaková ztráta tlumiče výtlač	40
Tlaková ztráta venkovní žaluzie	26
15% rezerva	35
Celkem	268

Návrh jednotky DUPLEX 5500

Jednotka je ve složení:

Přívod

Pružná manžeta, uzavírací klapka, kapsový filtry F7 (ePM 50), deskový rekuperátor, chladič (přímý výparník), vodní ohřivač, ventilátor s EC motorem, pružná manžeta.

Odtah

Pružná manžeta, uzavírací klapka, kapsový filtry M5 (ePM 10), deskový rekuperátor, ventilátor s EC motorem, pružná manžeta.

Parametry jednotky:

- vzduchový výkon V_p/V_o - 5000 m³/h
- příkon ventilátoru přívod - 1,4 kW
- příkon ventilátoru odvod - 1,3 kW
- výkon rekuperátoru 92 % - 60,5 kW
- výkon ohřivače – 4,17 kW (50/30)
- výkon chladiče – 7,14 kW (R32)

Jednotka je vybavená autonomní regulací RD5 s možností připojení na nadřazenou MaR přes rozhraní ModBus TCP. Jednotka bude ovládána z řídicí místnosti

a pojedle dle koncentrace CO₂ a dle poklesu tlaku v soustavě. V místnosti heren budou umístěné externí čidla CO₂, podle kterých bude řízen výkon jednotky.

Shrnutí návrhu vzduchotechniky

V budově je navržený systém nuceného větrání. Systém je koncipován, tak aby se dosáhlo co největších úspor energie, a to zejména při tepelné ztrátě větráním. Pro zajištění celkového provětrání budovy byly navrženy dvě vzduchotechnické jednotky: zařízení č. 1 a zařízení č. 2 (větrání tělocvičny). Podrobně řešeno pouze zařízení č. 1.

Zařízení č. 1 – větrání školky

Zařízení je navrženo jako teplovzdušné větrání. Teplota přiváděného vzduchu bude v létě 26 °C a v zimě 23 °C. Zařízení nebude pokrývat tepelné ztráty ani zisky řešených oblastí. Pokrytí tepelných ztrát zajistí profese ÚT. Pokrytí tepelných zisků profese CHL. Jednotka je umístěná v strojovně VZT (m.č. 120). Jednotka bude osazena na betonový základ výšky 100 mm nad rovinou podlahy a bude podložena pružnými podkladky pro zamezení šíření vibrací do okolních konstrukcí. V jednotce bude vznikat velké množství kondenzátu (rekuperátor, chladič), profese ZTI zajistí plynulý a bezproblémový odvod kondenzátu přes zápachovou uzávěrku do kanalizace.

Pro distribuci vzduchu byly voleny dle prostoru vířivé anemostaty, čtyřhranné vyústky a talířové ventily.

Na přívodních větvích do heren budou osazeny regulátory průtoku s variabilním průtokem vzduchu pro zajištění požadovaného průtoku vzduchu dle čidel CO₂ umístěnými v prostorách heren.

Rozvody vzduchu povedou v čtyřhranném pozinkovaném plechovém potrubí třídy těsnosti B. Přívodní větev bude opatřena tepelnou izolací z minerálních desek tl. 20 mm. Veškeré potrubní vedení bude respektovat požadavky PBŘ a v místech průchodu do jiného požárního úseku bude patřičně utěsněno, popřípadě odděleno požární klapkou (viz stavební část TZ PBŘ).

Řízení jednotky je pomocí čidel CO₂ umístěných v prostorách heren a dle tlakových čidel umístěných v potrubí. Řízení také bude probíhat dle časového režimu. Řízení bude zajišťovat nadřazená MaR objektu.

B.3 Návrh zdroje tepla

Cílem je správný návrh zdroje tepla pro zaručení plynulého chodu všech TZB systémů napojených na potřebu tepla.

B.3.1 Výpočet zdroje tepla

Pro výpočet zdroje tepla budovy budeme uvažovat s:

- Tepelnou ztrátou budovy ($\dot{Q}_{HL,build}$)
- Potřebou tepla pro TV (Q_{TV})
- Potřebou tepla pro VZT (Q_{VZT})

B.3.1.1 Výpočet tepelných ztrát budovy

Tepelná ztráta budovy byla provedena obálkovou metodou dle ČSN 06 0210 v programu DEKSOFT viz příloha E 1.1.5 PENB. Při výpočtu tepelné ztráty program počítá s předdefinovanou teplotou zóny 20 °C, nicméně při obálkové metodě se bere teplota interiéru jako průměrná hodnota všech teplot v objektu, tudíž, při dodržení normových hodnot teplot pro jednotlivé prostory dle ČSN 12831 činí výsledná průměrná teplota 19,96 °C. Předdefinované hodnoty nám tedy pro náš účel vyhovují.

Celková ztráta budovy prostupem konstrukcemi = 22,7 kW

Odečet část tělocvičny (řešena v části VZT) = 22,7 – 6,65 = 16,1 kW

Budova je nuceně větraná se zpětným získáváním tepla. Tepelné ztráty větráním tedy zanedbáváme, nicméně vzhledem k celkové rozloze budovy je nutné počítat s tepelnou ztrátou infiltrací.

Výpočet tepelné ztráty infilrací

Tok vzduchu infilrací:

$$q_{v,env,i} = V_i \cdot N_{50} \cdot \varepsilon \cdot E$$

Vzduchový objem budovy $V_i = 4945 \text{ m}^3$

Vzduchový objem budovy 80 % = 3956 m^3

Vzduchová těsnost obálky budovy $N_{50} = 0,6 \text{ 1/h}$

Činitel na počet oken a polohu budovy v krajině $\varepsilon = 0,03$

Výškový korekční činitel do 10 m $E = 1$

$$q_{v,env,i} = 3956 \cdot 0,6 \cdot 0,03 \cdot 1 = 71,21 \text{ m}^3/\text{hod}$$

Ztráta budovy infilrací:

$$O_{V,i} = \rho \cdot c \cdot [(q_{v,env,i}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)]$$

Tok infilrací $q_{v,env,i} = 71,21 \text{ m}^3/\text{h}$

Převládající vnitřní teplota $\theta_{int,i} = 20,5 \text{ °C}$

Venkovní návrhová teplota $\theta_e = -15 \text{ °C}$

$$O_{V,i} = 1,2 \cdot 1010 \cdot [(71,21) \cdot (20,5 - (-15))]$$

$$O_{V,i} = \mathbf{852W}$$

B.3.1.2 Výpočet potřeby tepla pro TV

Použité normy pro výpočet:

- ČSN 06 0320 tepelné soustavy v budovách
- Technická pravidla H–132 98 ohřívání užitkové vody

Výpočet denní spotřeby teplé vody:

$$Q_t = 1,163 \cdot V_p \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

Tabulka 8: Návrh potřeby tepla pro TV

Spotřební jednotka	Počet	Normová spotřeba TV [l/den]	Vypočtená spotřeba TV [l/den]	Potřebný výkon při 45/10 [Wh]	Požadovaný výkon doba provozu 7:00 - 16:00 [W]
dítě	50	14	700	45264	5029
učitelky	6	14	84		
uklízečky	-	0,02 m ³ / 100 m ² (750m ²)	150		
výdej jídel	3	50	150		
ředitelka	1	14	14		
školník	1	14	14		
celkem l/den			1112		

Ztracený výkon cirkulací (cirkulace 24 h)

$$Q_z = Q_t \cdot z$$

z – doba ohřevu vody (0,5 h)

$$Q_z = 4,622 \cdot 0,5 = 2,515 \text{ kW}$$

Celkový výkon pro potřebu TV

$$Q_{TV} = Q_t + Q_z$$

$$Q_{TV} = 4,622 + 2,515 = \mathbf{7,55 \text{ kW}}$$

B.3.1.3 Výpočet potřeby tepelného výkonu pro VZT

Celá budova je navržena s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Tepelné ztráty větráním tedy budou zanedbány, nicméně je potřeba počítat s tepelnými výměníky ve VZT jednotkách, které zajišťují úpravu vzduchu.

Zařízení č. 1 – teplovzdušné větrání

Celkový výkon pro ohřev vzduchu na teplotu v místnosti:

$$Q = \mathbf{4,2 \text{ kW}}$$
 (viz příloha technika AHU 1.01)

Zařízení č. 2 – teplovzdušné vytápění tělocvičny

Tepelná ztráta tělocvičny tvoří 6650 W (zanedbána ztráta větráním viz PENB)

Výpočet teploty přiváděného vzduchu pro pokrytí tepelných ztrát:

$$t_p = t_i + \frac{Q}{V \cdot \rho \cdot c} = 20 + \frac{6650}{\left(\frac{1560}{3600}\right) \cdot 1,2 \cdot 1010} = 32,67 \text{ °C}$$

Návrh – $t_p = 33 \text{ °C}$

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \left(\frac{1560}{3600}\right) \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (33 - 20) = 6822 \text{ W}$$

Celkový výkon pro vytápění tělocvičny:

$Q = 9,63 \text{ kW}$ (viz příloha technika AHU 2.01)

B.3.1.4 Návrh zdroje tepla

Přípojný výkon kotelný se volí jako vyšší hodnota z níže uvedených vzorců

$$Q_I = 0,7 \cdot \phi_{HL,build} + 0,7 \cdot Q_{VZT} + Q_{TV}$$

$$Q_I = 0,7 \cdot 16,1 + 0,7 \cdot (4,2 + 9,63) + 7,55$$

$$Q_I = 28,5 \text{ kW}$$

$$Q_{II} = \phi_{HL,build} + Q_{VZT}$$

$$Q_{II} = 16,1 + (4,2 + 9,63)$$

$$Q_{II} = 30 \text{ kW} \text{ (dále uvažuji s vyšší hodnotou)}$$

Tepelná ztráta budovy ($\phi_{HL,build}$)

Potřeba tepla pro TV (Q_{TV})

Potřeba tepla pro VZT (Q_{VZT})

Návrh – 2x stacionární plynový kondenzační kotel Viessmann Vitocrossal 300 (zapojeno v kaskádě)

Autonomní regulace Vitotronic 200 s možností připojení na nadřazenou MaR

Teplotní spád 50/30 °C

Výkon 2,6 – 19 kW (společný výkon obou kotlů - **38 kW**)

Rozměr VxŠxH – 1707x660x595 mm (další specifikace viz příloha technický list kotle)

Třída energetické účinnosti – A

B.3.1.5 Návrh akumulční nádrže pro TV

Výpočet objemu zásobníku na TV

$$V_z = q_{TV,max} \cdot n \cdot k_{TV} \cdot \varphi$$

$q_{TV,max}$ - maximální specifická potřeba vody v [l/den]

n – počet obyvatel (50 dětí + 5 lidí na zázemí)

k_{TV} – součinitel nerovnoměrnosti v [spotřební jednotka · den]

φ – součinitel mrtvého prostoru [-]

$q_{TV,max}$ a počet obyvatel nahrazeno celkovou spotřebou vody viz výpočet potřeby TV.

$$V_z = 1112 \cdot 0,21 \cdot 1,5 = 351 \text{ l}$$

Návrh akumulční nádrže OKC 400 NTR/BP (ohřev TUV topnou vodou)

Objem zásobníku = 363 l

Prostor pro zásobník 810 mm

Průměr zásobníku 650 mm

Výška nádoby 1920 mm

Výpočet teplosměnné plochy spirály:

Potřebná teplosměnná plocha (50/30)

Maximální potřeba TV

$$Q_{TV} = 7,55 \text{ kW}$$

Velikost teplosměnné plochy

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} = \frac{(50 - 45) - (30 - 10)}{\ln\left(\frac{50 - 45}{30 - 10}\right)} = 10,82 \text{ °C}$$

$$A = \frac{Q_{TV}}{U \cdot \Delta t} = \frac{7550}{420 \cdot 10,82} = 1,66 \text{ m}^2$$

Teplosměnná plocha výměníku **2 m²** (viz technický list aku. nádoby)

Navržená akumulční nádrž vyhovuje na potřebu přípravy TV.

B.3.2 Shrnutí návrhu zdroje tepla

V objektu je navržena teplovodní otopná soustava s plynovým zdrojem tepla. Jako zdroj tepla byla použita kaskáda dvou kondenzačních kotlů o teplotním spádu 50/30 °C s celkovým společným výkonem 38 kW. Pro rozvod do jednotlivých technologických celků bude použit sdružený rozdělovač a sběrač umístěný ve strojovně ÚT. Na jednotlivých větvích bude osazeno čerpadlo a směšovací uzel pro namíchání požadovaného teplotního spádu dle potřeby. Celkový systém rozvodu tepla v budově je rozdělen do tří částí (vytápění, příprava TUV a zdroj tepla pro VZT).

Pro část vytápění byla volena kombinace podlahového vytápění a deskových otopných těles. Podlahové vytápění je navrženo v části zázemí dětí (herny, šatny, umývárny) ve zbytku objektu jsou navržena otopná tělesa, kromě tělocvičny ta je řešena teplovzdušným vytápěním v rámci VZT. Podlahové vytápění bude řízeno dle teplotních čidel umístěných na vratu v potrubí a dle prostorových čidel umístěných v místnosti. Prostorová čidla budou umístěna, tak aby nedocházelo k osálení od cizích zdrojů tepla. Dále budou také umístěna teplotní čidla v podlaze. Teplota podlahy nesmí překročit teplotu 29 °C. Otopná tělesa budou řízena termoregulačními hlavice přímo na otopných tělesech.

Pro část pro přípravu TV je ve strojovně doplněná akumulární nádrž s objemem 363 l. Celkový systém pro přípravu TV je koncipován v provedení s cirkulací vody. Teplotní spád vody v akumulární nádrži je 45/10 °C. Teplota na výtoku z baterie v žádném případě nepřesáhne 45 °C.

Přípravu topné vody pro výměníky VZT (50/30) budou zajišťovat kondenzační kotle. Technologie VZT bude napojena na R+S a odtud vedena v podhledu až do míst umístění VZT zařízení v těchto místech bude proveden průraz střechou a dopojení k výměníku VZT. Celá soustava bude doplněna o bezpečnostní prvky (expanzní nádoby, pojišťovací ventily, HVDT apod.)

Veškeré vedení potrubí bude vedeno v podlaze (krom vedení k VZT – podhled). Veškeré vedení potrubí budou tepelně izolovány izolací na bázi kaučuku. Potrubí vedené v exteriéru bude opatřeno izolací proti UV záření a proti povětrnostním vlivům (plechový kryt). Veškeré potrubní vedení bude respektovat požadavky PBR a v místech průchodu do jiného požárního úseku bude patřičně utěsněno (viz stavební část TZ PBRŠ).

B.4 Návrh chlazení

Cílem návrhu chlazení je zajištění optimálního teplotního komfortu uvnitř budovy v letních a přechodových obdobích.

B.4.1 Výpočet zdroje chladu pro vybrané místnosti

Pro správný a efektivní návrh chladicího zařízení je nutné znát nejenom solární zisky budovy, ale i zisky od vnitřních zdrojů tepla, jako je například osvětlení, technologie uvnitř budovy, metabolické teplo osob nebo příprava jídel.

B.4.1.1 Výpočet tepelné zátěže a zisků vybraných místností

Výpočet tepelné zátěže a zisků byl proveden pro nejkritičtější místnosti v budově (128 herna, 118 ředitelna, 110 tělocvična).

Pro výpočet byl použit program Teruna a byla do něj zahrnuta i tepelná zátěž z vnitřních zdrojů a od metabolického tepla osob pobývajících uvnitř místnosti (podrobný výpis viz příloha B.1.4.2).

Výsledky – citelná zátěž

- herna – 10,1 kW (včetně tepelné zátěže od vnitřních zdrojů)
- ředitelna – 0,62 kW (včetně tepelné zátěže od vnitřních zdrojů)
- tělocvična – 15,86 kW (bez tepelné zátěže od vnitřních zdrojů)

Do výsledné tepelné zátěže místnosti je potřeba započítat ještě vázané teplo. Vychází z hx diagramu z rozdílu entalpii přiváděného vzduchu a interiéru, pohybuje se okolo 30 %.

Výsledky – totální zátěž

- herna – 13,13 kW (včetně tepelné zátěže od vnitřních zdrojů)
- ředitelna – 0,81 kW (včetně tepelné zátěže od vnitřních zdrojů)

Podrobný výpočet zátěže v tělocvičně m.č. 110

Při výpočtu tepelné zátěže v tělocvičně bylo uvažováno pouze s tepelnými zisky od sluneční radiace, nicméně v tělocvičně budou nárazově pobývat děti. Proto je nutné počítat s metabolickým teplem dětí v pohybu.

Metabolické teplo dětí:

Děti do 6 let, uvažovaná činnost zvýšený pohyb (tělocvik)

Uvažovaná produkce:

$$Q_m = 150 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Počítáno, že v tělocvičně bude vždy jen jedna třída, tedy 25 dětí a 2 dospělí

$$27 \cdot 150 = 4050 \text{ W}$$

Děti se v tělocvičně budou vyskytovat nárazově a vždy jen určitou dobu (max. 1 hodinu). Je tedy možné tepelné zisky od dětí redukovat součinitelem současnosti 0,5.

Výsledná zátěž od dětí tedy činí 2,025 kW

Korekce tepelných zisků radiací:

Z výsledků tepelné zátěže z programu Teruna (16,4 kW) je patrné že dominantní budou v tělocvičně tepelné zisky od sluneční radiace okny, je tedy nutné opatřit výplně otvorů stínícími prvky.

Navrženy pevné venkovní žaluzie se sklonem 45 (tmavé), při letních extrémech téměř zavřené

Stínící součinitel $s = 0,2$

$$Q_{\text{tělocvična}} = 15,86 \cdot 0,2 = 2,38 \text{ kW}$$

Výsledky – citelná zátěž

- tělocvična – $2,38 + 2,025 = 4,41 \text{ kW}$

Výsledky – totální zátěž

- tělocvična – 5,73 kW (včetně tepelné zátěže od vnitřních zdrojů)

B.4.1.2 Návrh řešení chlazení jednotlivých částí budovy

Návrh chlazení bude rozdílný dle provozu v jednotlivých částech budovy.

Herna:

U herny tvoří dominantní zátěž místnosti od pohybu lidí (děti). Pro oblast herny bude tedy navržen chladivový systém typu multi-split složený z jedné venkovní a dvou vnitřních kazetových jednotek.

Tabulka 9: Ukázka návrhu chlazení místnosti 128

Místnost	Citelné teplo [kW]	Vázané teplo [kW]	Totální [kW]
128	10,1	3,03	13,13

Návrh:

Venkovní jednotka – LG MUM40 UO2

- Výkon chl/top – 13,5/15 kW
- Příkon – 4,5 kW
- Napájení – 230 V
- Chladivo R410A

Další specifikace viz příloha technický list.

Vnitřní jednotka – 2x LG CT24 NP4

- Výkon chl/top – 6,7/7,5 kW
- Příkon – 60 W
- Napájení – z venkovní jednotky

Další specifikace viz příloha technický list.

Herna je vybavena také nuceným větráním (zařízení č.1), které pouze upravuje vzduch na teplotu interiéru.

Zdroj chladu pro VZT zařízení č.1

Potřebný chladicí výkon pro VZT jednotku

- Zařízení č.1 – 6,72 kW (viz technický list AHU 1.01)

Návrh:

Venkovní kondenzační jednotka – LG UU24 WR U32

- Výkon chl/top – 7,8/8,8 kW
- Příkon – 2 kW
- Napájení – 230 V
- Chladivo R32

Ředitelna

Vzhledem k nízké tepelné zátěži bude tato část budovy opatřena pouze stínícími prvky (venkovní žaluzie) a nebude potřeba oblast strojně chladit.

Tělocvična

Pro pokrytí tepelné zátěže v tělocvičně je navrženo větrání systémem vzduchotechniky.

Zařízení č.2 – chlazení tělocvičny centrální VZT

Tepelná zátěž tělocvičny tvoří 5,73 kW

Výpočet teploty přiváděného vzduchu pro pokrytí tepelných zisků:

Návrhový vzduchový výkon pro tělocvičnu činí 1560 m³/h, nicméně v případě teplotních extrémů v letním období bude vzduchový výkon navýšen na 1850 m³/h.

$$t_p = t_i - \frac{Q}{V \cdot \rho \cdot c} = 28 - \frac{5730}{\left(\frac{1850}{3600}\right) \cdot 1,2 \cdot 1010} = 18,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Návrh – t_p = 18,5 °C

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \left(\frac{1850}{3600}\right) \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (28 - 18,5) = 5916 \text{ W}$$

Celkový výkon pro chlazení tělocvičny:

$$Q = 7,08 \text{ kW (viz příloha technika AHU 2.01)}$$

$$Q = 8,4 \text{ kW (výkon chladiče při navýšení vzduchového výkonu)}$$

Návrh proveden na horší variantu.

Návrh:

Venkovní kondenzační jednotka – LG UU30 WR U40

- Výkon chl/top – 8,8/9,9 kW
- Příkon – 2,65 kW
- Napájení – 230 V
- Chladivo R32

B.4.2 Shrnutí návrhu chlazení

V budově je navržen systém strojního chlazení na principu kompresorového chladivového okruhu. Dle výpočtu tepelné zátěže je nutné strojně chladit herny a poté celý objekt tělocvičny. Ostatní prostory budovy svým stavebně technickým řešením není potřeba strojně chladit.

Pro chlazení heren byl navrhnout chladivový systém typu multisplit. Navržený systém bude v letních obdobích pokrývat tepelnou zátěž místnosti a je možné i přitápět v přechodových obdobích.

Systém se skládá z jedné venkovní kondenzační jednotky a ze dvou vnitřních kazetových jednotek umístěných v podhledu místnosti. Kazetové jednotky budou vzájemně propojeny komunikačním kabelem a budou se obě jednotně ovládat nástěnným ovladačem umístěným na zdi v hernách v dostatečné výšce, tak aby na ovladač nedosáhly děti.

Venkovní jednotka bude s vnitřními jednotkami propojena chladivovým potrubím, ve kterém bude proudit chladivo R410A. Chladivové rozvody budou tepelně izolovány izolací na bázi kaučuku, ve venkovním prostředí budou rozvody chráněny proti UV záření.

Vnitřní kazetové jednotky jsou opatřeny čerpadlem kondenzátu, který zajistí výtlač až do 700 mm. Profese ZTI zajistí napojení vnitřních jednotek plastovým potrubím

patříčné dimenze a svedení kondenzátu do odpadu přes protizápachovou uzávěrku. Kondenzát zaniklý od venkovní jednotky bude volně odkapávat na střechu budovy.

Venkovní jednotka bude umístěná na střeše nad místnostmi herny a bude pod ní zřízena ocelová konstrukce výšky min. 500 na úrovni střešního pláště.

Oblast zázemí školky včetně heren bude strojně větraná (zařízení č.1) s přívodem vzduchu stejným jako je v místnosti. Pro zajištění těchto parametrů byl do vzduchotechnické jednotky navržen chladič vzduchu s přímým výparem. Pro tento chladič byl navrhnout zdroj chladu v podobě kondenzační jednotky umístěné na střeše objektu nad strojovnou VZT (m.č.120).

Jednotka bude s VZT jednotkou propojena měděným potrubím opatřeným tepelnou izolací a ochranou proti UV záření. Jednotka bude osazena na ocelové konstrukci ve výšce min. 500 mm nad úrovní střešního pláště. Vzniklý kondenzát od jednotky bude volně odkapávat na střechu. Kondenzační jednotka bude opatřena vstřikovacím ventilem a řídicím boxem, který bude napojený na nadřazenou MaR pomocí ModBus protokolu. Ovládání zařízení bude z řídicí místnosti.

Chlazení tělocvičny je navrženo centrální klimatizací přímo z větrací jednotky (zařízení č.2). Jednotka je opatřena chladičem s přímým výparem a bude fungovat obdobně jako zařízení č.1. Pro jednotku platí všechny zmíněné podmínky osazení ve venkovním provedení jako u předešlého zařízení. Ovládání zajistí nadřazená MaR z řídicí místnosti. Řízení kondenzační jednotky bude dle prostorového čidla umístěného v prostoru tělocvičny.

B.5 Návrh fotovoltaického systému

Cílem návrhu fotovoltaického systému je zajistit dodávku elektrické energie z jiného zdroje než z veřejné sítě pro podporu elektrických spotřebičů budovy.

B.5.1 Výpočet fotovoltaického systému

Fotovoltaické panely budou umístěné na střeše budovy a budou orientovány na jihozápadní světovou stranu ve sklonu 35°. Fotovoltaická elektrárna bude fungovat v hybridním režimu. Při nedostatku elektrické energie si budova bude odebírat elektřinu ze sítě a při přebytcích bude elektřinu posílat zpět do sítě.

Provozní doba jednotlivých spotřebičů je dle provozu budovy 7:00-16:00 pokud není uvedeno jinak.

Ve výpočtu je uvažováno s doběhem provozu do 17:00. (cca 1 h)

B.5.1.1 Stanovení denního profilu spotřeby elektrické energie:

Pro stanovení denního profilu byla použita klimatická data z portálu **PVGIS**. [3]

Pro stanovení největšího výkonu fotovoltaických panelů byly uvažovány tři nejnvýkonnější měsíce (květen, červen, červenec) a z nich sestaven denní profil dopadu sluneční energie na kolektorové pole. Z těchto tří měsíců byl vybrán jeden s nejvyššími hodnotami dopadu sluneční energie.

Tabulka 10: Denní bilance dopadu sluneční energie jihozápad sklon 35°

čas [h]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
květen	0	0	0	0	0	27	76	114	253	394	508	561
červen	0	0	0	0	0	40	83	130	266	413	534	599
červenec	0	0	0	0	0	31	79	115	252	407	550	612
čas [h]	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
květen	609	619	593	530	441	287	144	12	0	0	0	0
červen	633	653	642	555	462	338	194	49	0	0	0	0
červenec	660	680	626	577	484	352	192	42	0	0	0	0

Nejvýkonnější den pro výpočet byl uvažován 21. červenec.

Navržená FVE elektrárna uvažuje s plnou podporou všech spotřebičů využívaných pro chod budovy.

Přehled spotřebičů:

Tabulka 11: Bilance potřeb elektrické energie pro spotřebiče budovy

čas [h]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
spotřebiče s celodenním provozem	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
vzduchotechnika - zařízení č.1 (P-prac.bod)*								2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
vzduchotechnika - zařízení č.2(P-prac.bod)*								920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920
osvětlení v místnostech bez denního světla							50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
PC (ředitelna, kabinety, velín MaR)								1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
klimatizace herna děti m.č. 132 (P-jm)**												2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
klimatizace herna děti m.č. 128 (P-jm)**												2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
zdroj chladu pro VZT č.1 (P-jm)**								970	970	970	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940	1940
zdroj chladu pro VZT č.2 (P-jm)**								1195	1195	1195	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390
spotřebiče ve výuce a výdejně jídla								200	200	200	200	400	400	200	200	100	100	100						
plynové kotle 2x Vitocrossal	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
spotřeba celkem	360	360	360	360	360	360	410	7395	7395	7395	9560	15160	15160	14960	14960	14860	14860	8155	410	360	360	360	360	360

* příkonové parametry uvedeny v pracovním bodě

** příkonové parametry uvedeny pro jmenovitý výkon

Celková spotřeba elektrické energie činí **142,0 kWh**

B.5.1.2 Návrh velikosti kolektorového pole

Výběr panelů:

Pro projekt byly navrženy monokrystalické panely DAH solar HCM72X9 415 o rozměrech 2010x1002x35 mm.

Parametry:

- váha - 23 kg
- krytí – IP68
- účinnost 20,63 %
- maximální výkon 415 W
- plocha panelu – 2,01 m²
- maximální provozní proud 49,6 V

Návrh velikosti kolektorového pole je dimenzován tak, aby téměř pokrývalo celou denní potřebu elektrické energie budovy.

Dle nejvyšší hodnoty ozáření a maximálním denním odběrem byla spočtena potřebná plocha kolektorového pole.

Nejvyšší dopad sluneční energie je ve 13h – 680 W

Nejvyšší denní spotřeba je od 11:00 do 12:00 – 15160 W

Výpočet potřebné plochy:

$$S_{FV} = Q_{\max} / (H_{\max} \cdot \eta_{\text{ref}}) / 100$$

S_{FV} – plocha kolektorového pole

Q_{\max} – maximální denní spotřeba energie

H_{\max} – maximální denní dopad sluneční energie

η_{ref} – referenční účinnost FV panelů

$$S_{FV} = 15160 / (680 \cdot 20,63) / 100 = 115,2 \text{ m}^2$$

$$115,2 / 2,01 = 57,21$$

Návrh 57 panelů osazených na ploché střeše pod úhlem 35° orientovány na JZ.

B.5.1.3 Denní výroba kolektorového pole

Vyrobena elektrická energie pro 21. červenec

Tabulka 12: Vyrobena elektrická energie pro kolektorové pole o 57 ks FV panelů

čas [h]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Celková vyrobena elektrická energie	0	0	0	0	0	734	1871	2724	5968	9639	13026
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	16104	14826	13665	11463	8336	4547	995	0	0	0	0
spotřeba celkem [kWh]	134,6										
výroba celkem [kWh]	134,0										
přímá spotřeba [kWh]	121,2										
celkem dodáno do sítě [kWh]	13,1										
celkem odebráno ze sítě [kWh]	-13,7										

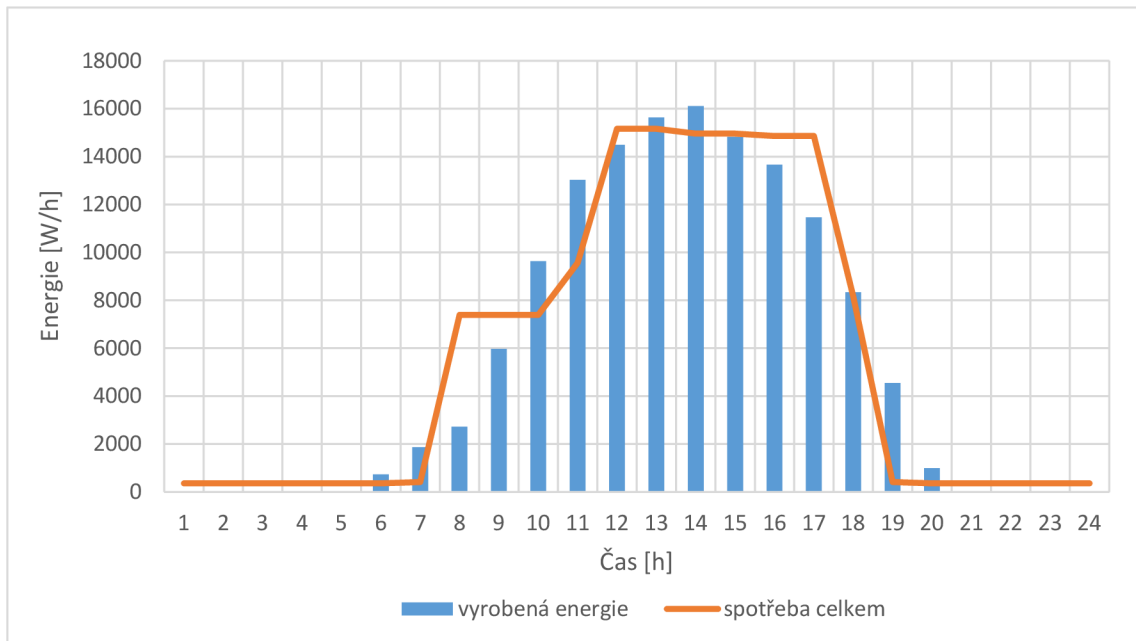
$$Q = S_{FV} \cdot H \cdot \eta_{ref}$$

S_{FV} – plocha kolektorového pole

H – Hodinový dopad sluneční energie

η_{ref} – referenční účinnost FV panelů

Graf 1: Spotřeba vs výroba s referenční účinností



B.5.1.4 Skutečná účinnost FV panelů

Skutečná účinnost FV panelů se spočítá z následujícího vztahu:

$$\eta_{FV} = \eta_{ref} \cdot \left[1 + \frac{\gamma}{100} \left(t_{es} + \left(1 - \frac{\eta_{ref}/100}{0,95} \right) \frac{G_m}{800} (NOCT - 20) - 25 \right) \right] \cdot \left(1 + k \ln \frac{G_m}{1000} \right)$$

η_{ref} – referenční účinnost FV panelů při zkušebních normových hodnotách 45 °C

γ – je teplotní součinitel výkonu [% / K]

NOCT – jmenovitá provozní teplota článku (800 W/m², $t_e = 20$ °C, $w = 1$ m/s)

k – součinitel snížení výkonu při menším ozáření

t_{es} – střední měsíční teplota v době slunečního svitu

G_m – střední intenzita slunečního záření pro danou orientaci a sklon [W/m²]

Tabulka 13: Výpočet měsíční účinnosti FV systému

Panely na střeše k jihozápadu, sklon 35°							
měsíc	G_m	G/G_{ref}	\ln_g/G_{ref}	k	t_e	hranatá závorka	účinnost FV
	[W/m ²]				°C		
leden	298	0,298	-1,2107	-0,0248	0,6	1,0009	21,27
únor	373	0,373	-0,9862	-0,0304	-2,0	0,9971	21,19
březen	453	0,453	-0,7919	-0,0379	2,9	1,0042	21,34
duben	491	0,491	-0,7113	-0,0422	10,4	1,0151	21,57
květen	514	0,514	-0,6655	-0,0451	14,6	1,0212	21,70
červen	520	0,520	-0,6539	-0,0459	17,9	1,0260	21,80
červenec	512	0,512	-0,6694	-0,0448	20,0	1,0291	21,87
srpen	493	0,493	-0,7072	-0,0424	17,9	1,0260	21,80
září	456	0,456	-0,7853	-0,0382	15,3	1,0222	21,72
říjen	389	0,389	-0,9442	-0,0318	10,2	1,0148	21,56
listopad	313	0,313	-1,1616	-0,0258	2,7	1,0039	21,33
prosinec	270	0,270	-1,3093	-0,0229	-0,4	0,9994	21,24

$$k = \frac{\Delta\eta_G / 100}{\ln \frac{G}{G_{ref}}}$$

G_{ref} – referenční hodnota intenzity slunečního záření 1000 [W/m²]

$\Delta\eta$ – 3 %

B.5.1.5 Měsíční produkce kolektorového pole

Pro výpočet měsíční produkce elektrické energie kolektorovým polem bylo vycházeno z následujícího vzorce:

$$E_{FV} = 0,9 \cdot \eta_{FV} \cdot H_m \cdot A_{FV} \cdot (1-p)$$

0,9 – jsou optické ztráty vlivem nekolmého dopadu paprsku během roku

H_m – měsíční dávka dopadající sluneční energie [kWh/m²·měsíc]

A_{FV} – efektivní plocha panelů

P – ztráty orientačně (voleny 3 %)

η_{FV} – provozní účinnost FV panelů

Tabulka 14: Přehled roční výroby a spotřeby elektrické energie

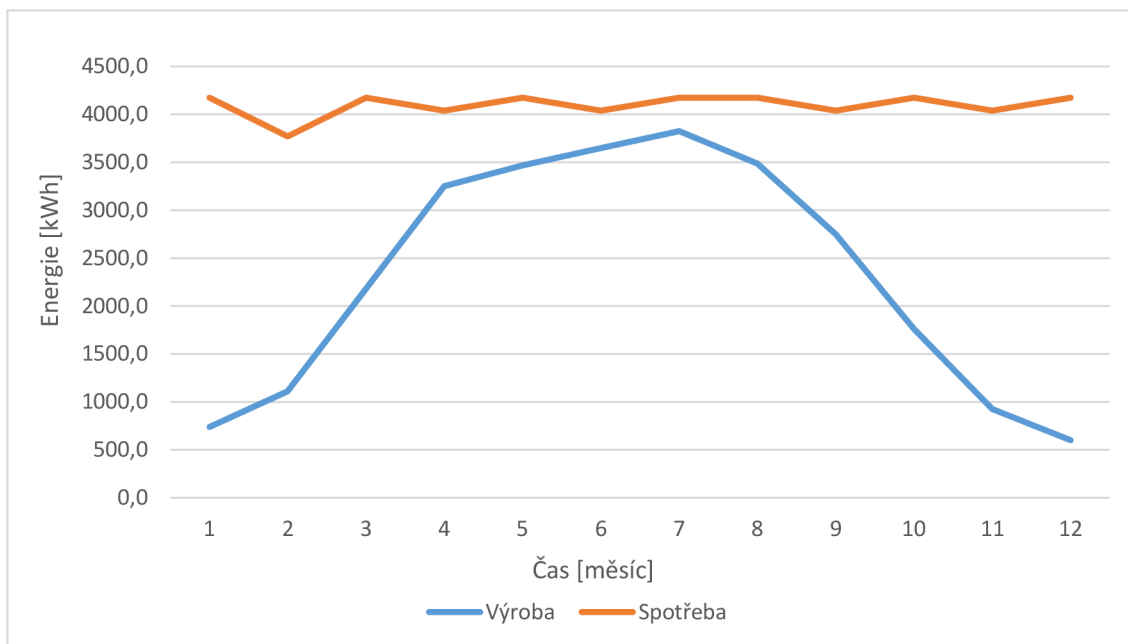
měsíc	počet dní	H (PVGIS)	účinnost	účinnost	výroba	spotřeba
		[kWh/m ²]	panelů	soustavy	[kWh/měsíc]	[kWh/měsíc]
leden	31	34,7	21,3	18,6	738,1	4173,8
únor	28	52,4	21,2	18,5	1110,4	3769,9
březen	31	102,2	21,3	18,6	2181,2	4173,8
duben	30	150,7	21,6	18,8	3251,3	4039,2
květen	31	159,8	21,7	18,9	3468,3	4173,8
červen	30	167,3	21,8	19,0	3648,2	4039,2
červenec	31	174,9	21,9	19,1	3825,3	4173,8
srpen	31	159,9	21,8	19,0	3486,8	4173,8
září	30	126,5	21,7	19,0	2748,3	4039,2
říjen	31	81,6	21,6	18,8	1760,0	4173,8
listopad	30	43,4	21,3	18,6	926,0	4039,2
prosinec	31	28,3	21,2	18,5	601,1	4173,8
celkem		1282			27745	49144
pokrytí spotřeby %						56,5

Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	29.3	34.7	8.8
February	44.7	52.4	14.5
March	85.0	102.2	18.8
April	121.0	150.7	16.7
May	126.2	159.8	17.0
June	129.6	167.3	9.8
July	133.0	174.9	14.7
August	122.9	159.9	12.6
September	100.4	126.5	12.4
October	66.5	81.6	17.2
November	35.8	43.4	6.9
December	23.1	28.3	4.0

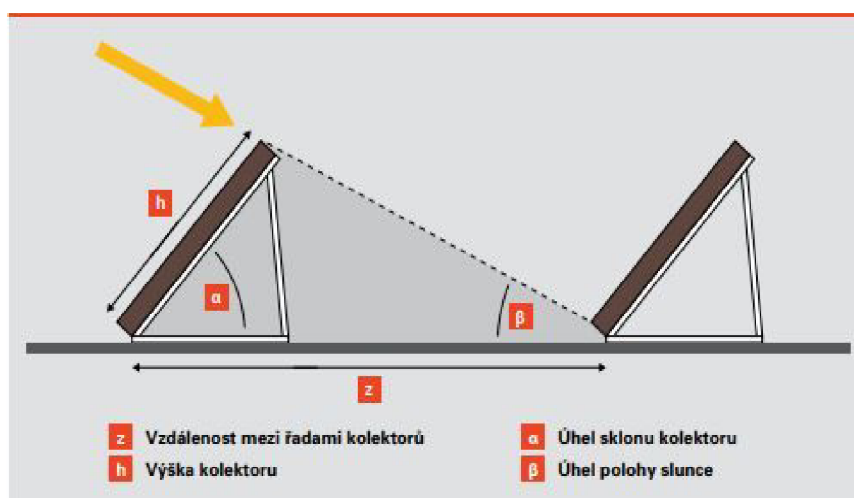
Obrázek 1: Měsíční hodnoty dopadající sluneční radiace [3]

Graf 2: Měsíční výroba vs spotřeba



B.5.1.6 Výpočet rozmístění panelů

Jednotlivé panely nemohou být umístěny přímo vedle sebe, aby nedocházelo k vzájemnému zastínění a tím snížení účinnosti dopadajícího slunečního záření na účinnou plochu panelu.



Obrázek 2: Schéma určení odstupových vzdáleností kolektorů [1]

Při výpočtu vycházíme ze vzorce:

$$\frac{z}{h} = \frac{\sin(180^\circ - (\alpha + \beta))}{\sin\beta}$$

z – je vzdálenost mezi řadami kolektorů

h – je výška kolektoru

α – je úhel kolektoru

β – úhel polohy slunce

Pro určení výšky slunce nad obzorem byl vybrán kritický zimní den 21. prosinec.

Sluneční souřadnice pro 21. den každého měsíce (výška Slunce nad obzorem; azimut)		Sluneční čas (h)														
Měsíc	dekli-nace	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18
Prosinec	-23,5					6	12	15	17	15	12	6				
						139	152	166	180	194	208	221				
Leden	-20,4				3	10	15	19	20	19	15	10	3			
listopad					125	138	151	165	180	195	209	222	235			
Únor	-11,8			0	10	17	23	27	29	27	23	17	1	0		
Říjen				109	121	134	148	164	180	196	212	226	239	241		
Březen	0		1	10	19	27	34	39	40	39	34	27	19	10	1	
Září			89	101	114	127	143	160	180	200	217	233	246	259	271	
Duben	11,8	0	9	18	28	37	44	49	51	49	44	37	28	18	9	0
srpen		72	83	94	106	120	137	157	180	203	223	240	254	266	277	288
květen	20,4	6	15	25	34	44	52	58	60	58	52	44	34	25	15	6
Červenec		67	77	88	100	114	131	152	180	208	229	246	260	272	283	293
červen	23,5	9	18	27	37	46	55	61	63	61	55	46	37	27	18	9
		64	74	85	97	110	128	151	180	209	232	250	263	275	286	296

Obrázek 3: Přehled slunečních souřadnic pro 21. den v měsíci [2]

$$\frac{z}{1} = \frac{\sin(180^\circ - (35^\circ + 15^\circ))}{\sin 15^\circ} = 2,95 \text{ m}$$

Přípustné zastínění kolektorů je při brzkých ranních hodinách a při západu slunce, s ohledem na prostorové možnosti umístění FV panelů je zvolený rozstup mezi řadami panelů 3 m.

B.5.2 Shrnutí návrhu FVE

Cílem návrhu fotovoltaického systému je zajištění alternativního zdroje elektrické energie pro podporu elektrických spotřebičů budovy.

V budově je navržena elektrická elektrárna v hybridním režimu, kdy v době spotřeby bude přímo podporovat spotřebiče budovy a v době přebytku bude posílat elektrickou energii zpět do sítě. V případě nedostatku výroby bude síť podporována z veřejné sítě.

Fotovoltaické panely jsou rozmístěny na střeše objektu v dostatečné vzdálenosti, tak aby svým tvarem nezastiňovaly ostatní panely. Panely budou vzájemně pospojovány elektrickým vedením patřičné dimenze dle výpočtu ELE. Na straně fotovoltaické elektrárny bude proudit stejnosměrný proud (DC), proto je v m. č. 121 (kotelna) umístěn střídač proudu, tak aby vyrobená elektrická energie mohla být použita pro podporu vnitřní elektrické sítě, která je navržena ve střídavém proudu AC.

Fotovoltaické panely budou osazeny na ocelové konstrukci a patřičně upevněny a zajištěny proti povětrnostním vlivům.

Venkovní vedení elektrických kabelů bude vedeno v nehořlavých chráničkách a bude chráněno proti UV záření. Celá síť bude vybavena pojistnými prvky (ochrannými pojistkami proti uvolnění konektorů, správnými vodotěsnými kabely apod.). Celá soustava bude také elektricky uzemněna a pospojována. Celá soustava bude napojená na systém nadřazené MaR, která bude zajišťovat monitoring a v případě vyhlášení požárního poplachu odstaví zařízení z provozu.

B.6 Návrh osvětlení

Cílem návrhu umělého osvětlení je zaručit dostatečnou osvětlenost pracovních a pobytových ploch pro zaručení zrakové pohody a zrakového výkonu.

B.6.1 Výpočet umělého osvětlení tokovou metodou

Dle požadavků ČSN EN 12464-1 (ve znění změny Z1 / 2005) je požadováno ve školských budovách dodržovat minimální hodnoty osvětlenosti.

Ukázka výpočtu na třech místnostech (herna m.č. 132, šatna m.č. 122, izolace m.č. 124). Podrobně pouze m.č. 132 (herna), zbylé dvě místnosti jsou součástí přílohy B 1.6 – umělé osvětlení.

B.6.1.1 Výpočet umělého osvětlení v herně (132)

Dle ČSN EN 12464-1 (Z1/2005) je požadavek na udržovanou osvětlenost v místnosti herny dětí 300 lx.

Plocha: 120 m²

Světlá výška: 3,2 m

Rozměry: 10x12 m (není čtvercového průřezu na stranu bezpečnou zvolen větší rozměr)

Vzhledové parametry místnosti

- Světlé stěny
- Dřevěné stoly a nábytek
- Osvětlení přímé (zapuštěné do podhledu)

Požadovaná úroveň osvětlenosti

Dle normy – **300 lx**

V návrhu uvažováno s udržovanou osvětleností **500 lux se stmíváním**.

Navržená svítidla

LED SOLUTION – stříbrný podhledový LED panel 600x 600 mm 40 W premium

- Rozměr 595 x 595 10 mm
- Světelný tok = 4150 lx
- Teplota chromatičnosti = 6000–6500 K
- Index barevného podání – teplá bílá
- Třída spotřeby A+
- Výkon 40 W
- Napájení 230 V
- Krytí IP20

Výpočet světelného výkonu

Vycházíme ze vztahu:

$$\Phi = (E \cdot A) / (\eta \cdot z)$$

Φ – je světelný tok [lm]

E – je udržovaná osvětlenost [lx]

A – je světlovaná plocha [m²]

η – účinnost, činitel využití [-]

Z – udržovací činitel [-]

$$\Phi = (500 \cdot 120) / (0,95 \cdot 0,7) = 90\,225 \text{ lm}$$

Činitel prostoru

$$k = a \cdot b / h \cdot (a + b)$$

k – je prostorový index

a,b – rozměry místnosti

h – je výška svítidla nad srovnávací rovinou (pro herny dětí je srovnávací rovina posunuta do výšky 0,45 m nad podlahou)

$$k = 10 \cdot 12 / 2,75 \cdot (10+12) = 1,98$$

Návrh počtu svítidel

$$90\,225 / 4150 = 21,74 \text{ návrh } 22 \text{ ks}$$

$$120 / 22 = 5,45 \text{ m}^2/\text{ks}$$

Výpočet příkonu svítidel

$$W = P \cdot n \text{ [W]}$$

P – příkon svítidla

n – počet svítidel

$$W = 40 \cdot 22 = 880 \text{ W}$$

Měrný příkon svítidel

$$880 / 120 = 7,33 \text{ W/m}^2$$

Ovládání světel

Ovládání světel bude systémem DALI. Nástěnný ovladač s možností zapnutí on/off a možnou regulací 0 až 100 %. Dále pak nastavení osvětlení dle denní osvětlenosti v místnosti (plynulé navyšování nebo snižování výkonu osvětlovací soustavy).

B.6.1.2 Výpočet umělého osvětlení pro místnost šatna (122)

Dle ČSN EN 12464-1 (Z1/2005) je požadavek na udržovanou osvětlenost v místnosti 150 lx.

Požadovaná úroveň osvětlenosti

V návrhu uvažováno s udržovanou osvětleností **200 lux**

Navržená svítidla

4 x LED SOLUTION – stříbrný podhledový LED panel 600x 600 mm 40 W premium

Ovládání světel

Ovládání světel bude systémem DALI. Ovládání dle přítomnosti osob pomocí pohybového čidla (PIR). Dále pak nastavení osvětlení dle denní osvětlenosti v místnosti (plynulé navyšování nebo snižování výkonu osvětlovací soustavy).

B.6.1.3 Výpočet umělého osvětlení pro místnost izolace (124)

Dle ČSN EN 12464-1 (Z1/2005) je požadavek na udržovanou osvětlenost v místnosti 300 lx.

Požadovaná úroveň osvětlenosti

V návrhu uvažováno s udržovanou osvětleností **400 lux se stmíváním**.

Navržená svítidla

3 x LED SOLUTION – stříbrný podhledový LED panel 300x 300 mm 40 W premium

Ovládání světel

Ovládání světel bude systémem DALI. Nástěnný ovladač s možností zapnutí on/off a možnou regulací 0 až 100 %. Dále pak nastavení osvětlení dle denní osvětlenosti v místnosti (plynulé navyšování nebo snižování výkonu osvětlovací soustavy).

B.6.2 Shrnutí návrhu

V celé budově je navržené umělé osvětlení a to, tak aby byly splněny normové požadavky na osvětlenost místností od umělého osvětlení dle ČSN EN 12464-1 (Z1/2005).

Osvětlení v budově je navrženo z LED svítidel zapuštěných do podhledu. V zázemí dětí je osvětlení ovládané dotykovým nástěnným ovladačem (umístění jeden v každé místnosti), který řídí jednotlivé komponenty prostřednictvím DALI signálu. Ovladač funguje na nízké napětí a je napájen ze sběrnice. Celkové řízení osvětlení je pak dle denní osvětlenosti, tak aby byly zaručeny požadované hodnoty osvětlenosti v místnostech.

Na chodbách je navržené osvětlení dle denní osvětlenosti a dle pohybových čidel (doběh svítidel bude nastaven na 3 min bez pohybu).

Ve zbylých částech budovy bude osvětlení spouštěno dle tlačítkových spínačů na zdech. Svítidla umístěná v tělocvičně budou chráněna kovovými mřížkami proti poškození od nárazu při míčových hrách.

B.7 Měření a regulace budovy

Celý TZB systém budovy bude napojen na nadřazenou MaR, která bude zajišťovat řízení a monitoring jednotlivých částí dle provozních podmínek objektu. Celkové schéma řízení viz příloha B.1.7.1

C. Specializovaná část TZB (měření koncentrace CO₂)

C.1 Úvod

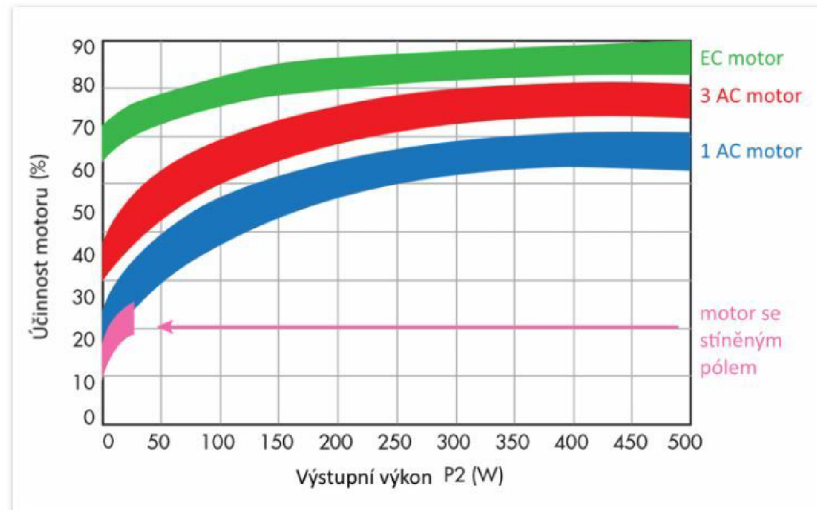
Ve specializované části bych se chtěl blíže zamyslet nad produkcí a měřením koncentrace CO₂, spotřebou energie při chodu vzduchotechnického zařízení a její úsporou v důsledku správného návrhu a řízení vzduchotechnické sítě a jejich akčních prvků.

Obsahem práce je vyzkoušet a porovnat čidla CO₂ na vytvořeném modelu místnosti dle jejich přesnosti a ceny. Dále pak početní řešení dané situace v návaznosti na řízení ventilátoru. A v poslední řadě analytické řešení regulace větrání prostoru a dopad na spotřebu elektrické energie při různých variantách regulace.

C.1.1 Aspekty úspory energie při návrhu VZT soustav

Spotřeba energie při provozu vzduchotechniky může být významně snížena díky návrhu účinných vzduchotechnických systémů s nízkým příkonem ventilátorů, a tím pádem i nízkou hlučností ventilátorů. V případě provozu ventilátorů se jedná o prvek, který je trvale v provozu a je tedy vhodné snažit se snižovat jeho spotřebu na více úrovních. Přestože se totiž daří účinnost ventilačních systémů zvyšovat, je zatím obecně poměrně nízká. [4]

V oblasti zvyšování účinnosti elektrických motorů je neúčinnější variantou EC motor. EC motory jsou bezkartáčové stejnosměrné motory řízené externí elektronikou. Rotor obsahuje permanentní magnety a stator má sadu pevných vinutí. EC motory mají omezené synchronní otáčky. EC motory nemají kartáče, nedochází u nich k jiskření a tím se zvyšuje celková životnost motoru. Stator EC motoru je řízen elektronikou a tím dosahují větší energetické úspory a snadnější regulace. [5]



Obrázek 4: Porovnání účinnosti EC motorů s ostatními typy [5]

Spotřebu energie na činnost ventilátorů je možné významně snížit rozumným dimenzováním intenzity výměny vzduchu, a to snížením požadovaného množství vzduchu (nepředimenzovávat dávky vzduchu na osoby, chladit nebo vytápět jiným než vzduchovým systémem) a použitím účinných (efektivně navržených) rozvodů vzduchu. Účinné rozvody vzduchu snižují nepotřebné nadměrné větrání díky použití vzduchotěsných potrubí, respektování principů proudění vzduchu (např. omezení zkratového proudění apod. [4]

Možná nejdůležitějším opatřením je snížení odporu proudění, a tudíž tlaku ventilátoru. To je dosažitelné aerodynamickým návrhem potrubních rozvodů (včetně optimálního umístění strojovny a stoupaček, aby se snížila délka potrubí), velkorysejším dimenzováním prvků v potrubních rozvodech a zvětšením velikosti VZT jednotky. [4]

Je třeba optimalizovat účinnost VZT soustavy (včetně ventilátoru, pohonu, motoru a pohonu s proměnnými otáčkami, tj. minimalizovat celkové ztráty při zajišťování potřebného průtoku vzduchu a tlakových podmínek). Je potřeba zabránit předimenzování, protože účinnost ventilátoru může významně klesnout, pokud kombinace průtoku vzduchu a dopravního tlaku neleží blízko kombinace dosahující nejvyšší účinnosti. Účinnosti motoru a pohonu mohou výrazně poklesnout také při nízkém zatížení. Proto předimenzování a proměnné zatížení představují klíčové faktory ovlivňující účinnost systému. Nicméně potenciál úspory lze zvyšovat i vhodným typem řízení provozu ventilátoru. [4]

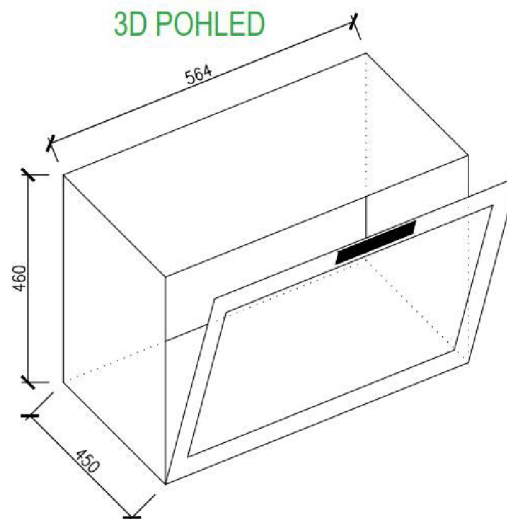
C.1.2 Experimentální měření koncentrace CO₂ na vytvořeném modelu

C.1.2.1 Tvorba modelu

Pro zaručení příznivých podmínek pro experiment byl navržen a vytvořen model místnosti z dřevotřísky.

Parametry modelu:

- Rozměry – vxšxd – 460x450x564 mm
- Tloušťka stěn 15 mm
- Materiál – dřevotříska + sklo
- Celkový objem – 0,096 m³



Obrázek 5: Náskres modelu místnosti



Obrázek 6: Realizovaný model místnosti

C.1.2.2 Měření koncentrace CO₂

Pro měření koncentrace CO₂ byla použita sada čidel o podobných parametrech, avšak s výrazným cenovým rozdílem. Žárový anemometr TESTO a potrubní diagonální ventilátor Mixvent TD 500/160

Čidlo napojené na chytrou desku Arduino



Obrázek 7: MG811 (dražší) [6]



Obrázek 8: MH-Z19 (levnější) [6]

Tabulka 15: Rozsah a cena čidel Arduino

MODEL		MĚŘÍCÍ ROZSAH	CENA
		[ppm]	[Kč]
ARDUINO	LEVNĚJŠÍ - MH-Z19	0-5000	1532
	DRAŽŠÍ - MG811	350 - 10000	2109

Univerzální přístroj pro měření klimatických veličin TESTO 100 400 a sonda CO₂ 935



Obrázek 9: TESTO 400 + SONDA CO₂ 935 [7]

Tabulka 16: Rozsah a cena čidla TESTO

MODEL	MĚŘÍCÍ ROZSAH	CENA
	[ppm]	[Kč]
TESTO 100 400 + SONDA 935	0 - 10000	30000

MULTILOGGER COMET S 3532



Obrázek 10: COMET 3532 [8]

Tabulka 17: Rozsah a cena COMET S3532

MODEL	MĚŘÍCÍ ROZSAH	CENA
	[ppm]	[Kč]
MULTILOGGER COMET S 3532	0 - 10000	25000

VERNIER GAS SENSOR CO₂



Obrázek 11: VERNIER [9]

Tabulka 18: Rozsah a cena VERNIER

MODEL	MĚŘÍCÍ ROZSAH	CENA
	[ppm]	[Kč]
VERNIER GAS SENSOR CO2	0 - 10000	15500

ŽÁROVÝ ANEMOMETR TESTO 405i



Obrázek 12: Žárový anemometr

Tabulka 19: Rozsah TESTO 405i

MODEL	MĚŘÍCÍ ROZSAH
	[m/s]
TESTO 405i	0 - 30

POTRUBNÍ VENTILÁTOR TD MIXVENT 500/160



Obrázek 13: TD mixvent 500/160

Tabulka 20: Rozsah potrubního ventilátoru

MODEL	MĚŘÍCÍ ROZSAH
	[m ³ /h]
TD MIXVENT	0 - 560

C.1.2.3 Postup měření

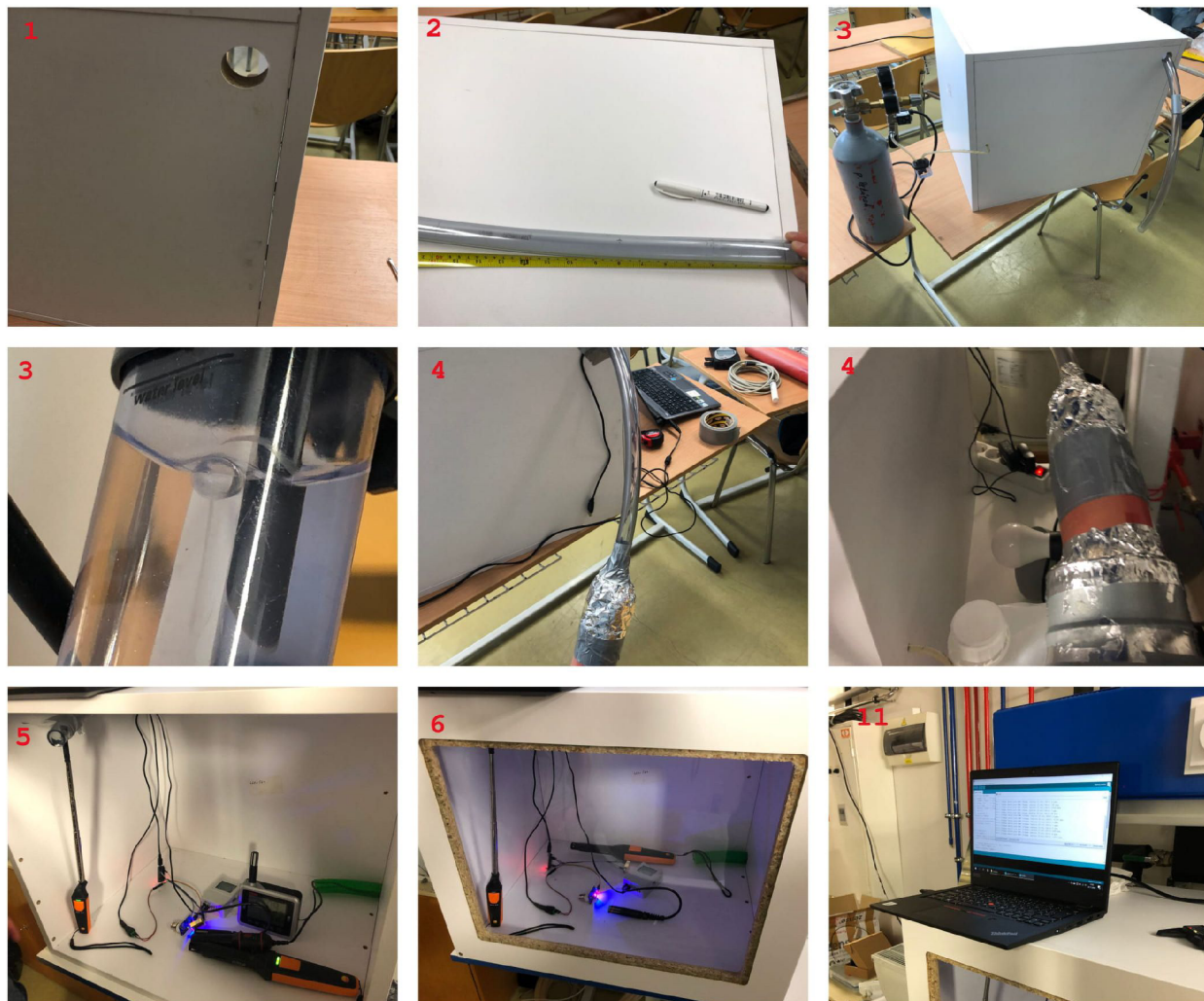
Měření proběhlo v areálu VUT FAST v laboratoři ústavu TZB v budově E, v místnosti E421.

Parametry vzduchu v místnosti:

- Datum – 29.11.2020
- Tlak 98 110 Pa
- Teplota 22,1 °C
- Relativní vlhkost 52 %

Postup měření:

1. Příprava modelu místnosti a předvrtání otvorů pro přívod a odtaž vzduchu.
2. Instalace plastové trubky s předvrtanými otvory pro rovnoměrnou distribuci vzduchu do modelu místnosti.
3. Předvrtání přívodního otvoru pro CO₂ a následná instalace nádoby s CO₂. Přívod CO₂ je přes nádobku s vodou, aby bylo možno spočítat množství přiváděného CO₂.
4. Připevnění přechodu z hlinkové fólie na plastové potrubí a připevnění na potrubí ventilátoru.
5. Vložení veškerých zkoušených čidel CO₂ do prostoru modelu. Připevnění žárového anemometru do plastové trubky pro zjištění rychlosti přívodního vzduchu a následně dopočet průtoku pro vyvětrání modelové místnosti.
6. Zabednění přední části modelu a přišroubování vruty.
7. Zahájení kontaminace prostoru místnosti plynem CO₂ z bomby a zaznamenání startu kontaminace (start 16:35).
8. Po překročení koncentrace CO₂ v modelu nad 10000 ppm ukončení proudění CO₂ z bomby a zaznamenání doby kontaminace (16:38 (3 min)).
9. Po ustálení koncentrace CO₂ spuštění ventilátoru a zaznamenání startu větrání (start 16:38).
10. Při poklesu koncentrace CO₂ pod 720 ppm považujeme prostor za vyvětraný a ukončujeme měření a zaznamenáme čas vyvětrání (16:48 (10 min)).
11. Zpracování naměřených dat.

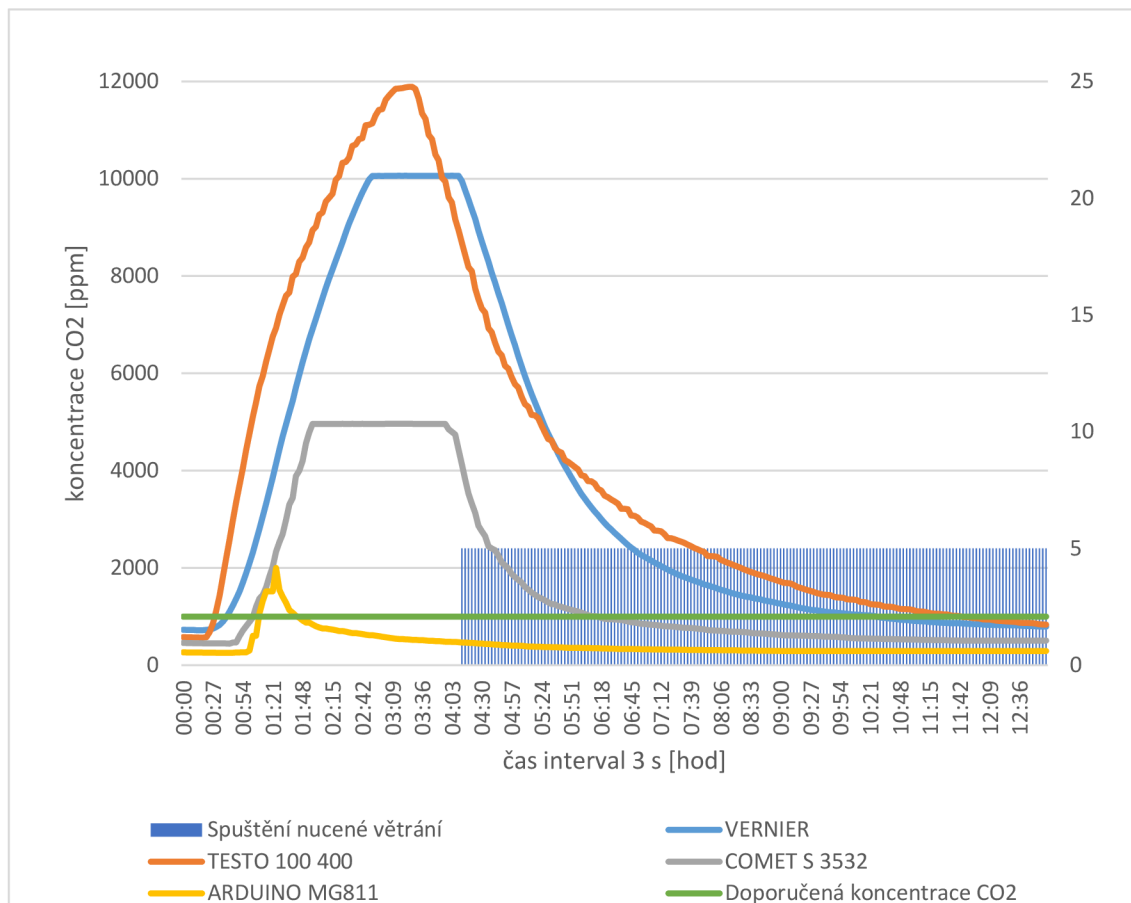


Obrázek 14: Grafické znázornění experimentálního měření

C.1.2.4 Vyhodnocení experimentálního měření

Změřená data z jednotlivých čidel byla zpracována a vynesena v grafu.

Graf 3: Porovnání zkoušených čidel CO₂



Na výše uvedeném grafu si můžeme všimnout velice rozdílných hodnot naměřených jednotlivými čidly. Srovnatelná čidla jsou pouze Testo 100 400 a Vernier a i u těchto čidel dosahuje odchylka až 30 % v jednotlivých časových krocích. Tato odchylka může být z části způsobena umístěním čidel v modelu a ovlivněním proudění CO₂ infiltrací.

C.1.2.5 Závěr experimentálního měření

Z výše uvedeného experimentu můžeme usoudit, že čidla ARDUINO jsou sice nejlevnější, nicméně svou kvalitou zdaleka nedosahují požadované úrovně. Levnější čidlo MH-Z19 dokonce vůbec nezačalo měřit.

Čidlo COMET S 3532 se z počátku jeví jako příznivé, nicméně okolo 5000 ppm úplně přestalo měřit data. Je tedy s podivem, že výrobce udává měření koncentrace až 10000 ppm.

Čidla Testo a Vernier se po celý proces měření jeví velmi dobře a odpovídají tomu i naměřená data obě tato čidla splnila deklarovanou úroveň měřitelnosti koncentrace CO₂ 10000 ppm uváděnou výrobcem.

Tabulka 21: Vyhodnocení použitých čidel CO₂

MODEL		MĚŘÍCÍ ROZSAH	CENA	ZMĚŘENÝ ROZSAH	HODNOCENÍ
		[ppm]	[Kč]	[ppm]	
ARDUINO	LEVNĚJŠÍ - MH-Z19	0-5000	1532	0	NEVYHOVUJÍCÍ
	DRAŽŠÍ - MG811	350 - 10000	2109	2000	NEVYHOVUJÍCÍ
TESTO 100 400		0 - 10000	19000	11890	VYHOVUJÍCÍ
MULTILOGGER COMET S 3532		0 - 10000	25000	4962	NEVYHOVUJÍCÍ
VERNIER GAS SENSOR CO2		0 - 10000	15500	10063	VYHIVUJÍCÍ

C.1.3 Analytický výpočet koncentrace CO₂ na daném modelu

Pro simulaci daného experimentu byly uvažovány stejné parametry jako u experimentu.

Pro výpočet byl použit model koncentrace CO₂ pro nestacionární okrajové podmínky:

$$k_{int_i} = k_{ext} + (k_{int_{i-1}} - k_{ext}) \cdot \exp\left(\frac{-V_{(i-1)} \cdot \Delta\tau_i}{O}\right) + \left(\frac{M_{\xi_i}}{V_{(i-1)}}\right) \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-V_{(i-1)} \cdot \Delta\tau_i}{O}\right)\right)$$

k_{ext} je koncentrace CO₂ venkovního vzduchu

k_{int} je maximální koncentrace CO₂ vnitřního(odváděného) vzduchu

k_{dop} je koncentrace CO₂ doporučená

M_{ξ} je hmotnost škodlivin (CO₂)

V je nucené větrání

O je objem místnosti

$\Delta\tau$ je časový interval výpočtu [4]

Koncentrace CO₂ ve venkovním vzduchu je uvažována 400 ppm.

Maximální koncentrace CO₂ uvnitř modelové místnosti je uvažováno 1500 ppm.

Doporučená koncentrace CO₂ uvnitř modelové místnosti je uvažováno 1000 ppm.

Hmotnost škodlivin (CO₂) M_{ξ} byla spočtena z objemu bubliny přiváděného CO₂ přes vodní hladinu:

Průměr jedné bubliny je 5 mm.

$$\text{Objem jedné bubliny} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 0,0025^3 = 6,544985 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$$

Počet bublin za vteřinu je 26

$$26 \cdot 6,544985 \cdot 10^{-8} = 1,702 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$M_{\xi} = 1,702 \cdot 10^{-6} \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 10^6 = \mathbf{3,0636 \text{ mg/s}}$$

Objem místnosti O je **0,096 m³** a je spočten z rozměrů místnosti.

Nucené větrání je spočtené z rychlosti proudění vzduchu v přívodním plastovém potrubí při vyvětrání modelové místnosti a z plochy potrubí.

Přívodní potrubí má průměr 1,8 cm a celkovou plochu $2,545 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.

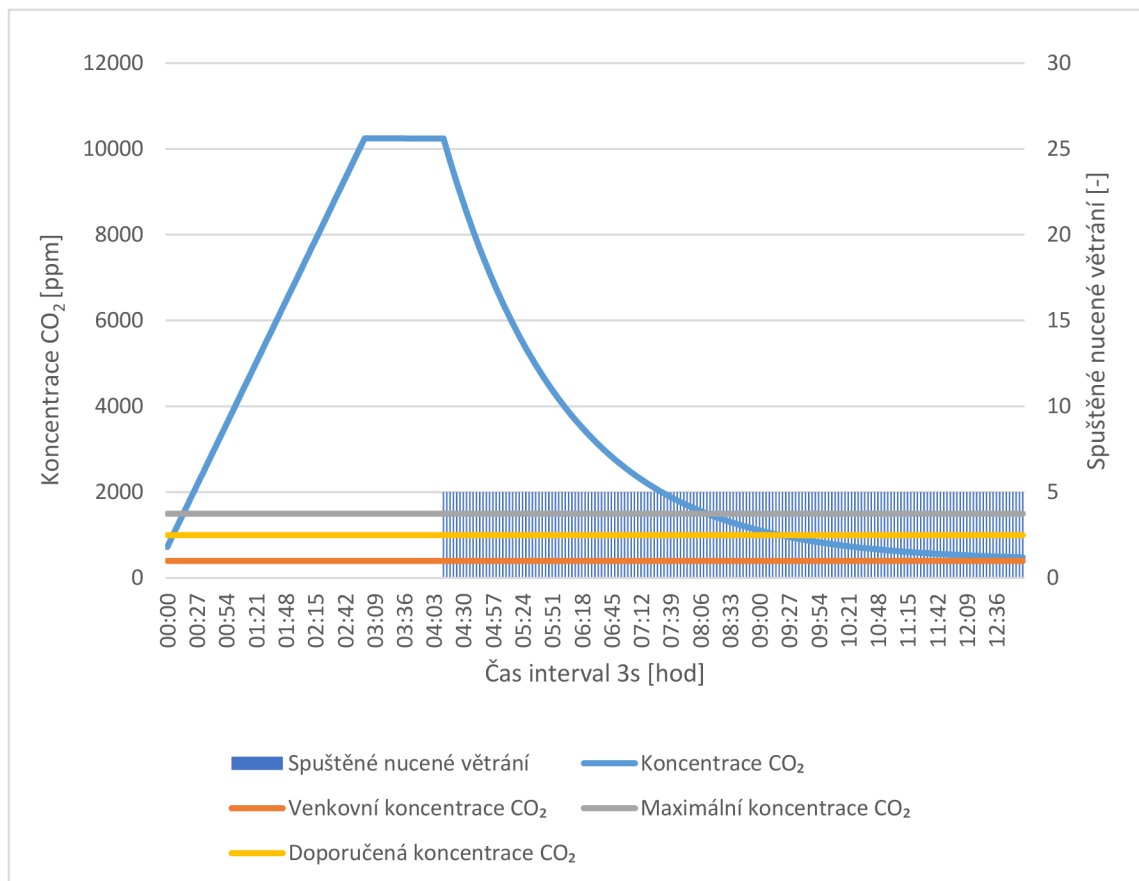
Rychlost v potrubí kolísá kolem $3,45 \text{ m/s}$.

Celkový průtok pro vyvětrání je pak vypočten z následujícího vzorce:

$$V = S \cdot v = 2,545 \cdot 10^{-4} \cdot 3,45 = 0,00088 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{3,168 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Časový interval výpočtu $\Delta\tau$ jsou 3s. Celková doba koncentrace CO_2 jsou 3 min, celková doba větrání nahromaděného CO_2 v místnosti je 10 min.

Graf 4: Analytické řešení měření koncentrace CO_2 na modelu místnosti



Na výše uvedeném grafu si můžeme všimnout, že jsme se pomocí početního analytického řešení nejvíce přiblížili průběhu změřené koncentrace podle čidla Vernier. Změřená odchylka mezi čidlem Vernier a početním řešením je z počátku vyšší nicméně posléze se ustaluje a nabývá hodnot do 3 %. Tato odchylka může být způsobena nerovnoměrným nátokem CO_2 do modelové místnosti při otevírání ventilu na bombě s plynem CO_2 .

C.1.4 Automatické řízení ventilátoru dle koncentrace CO₂

C.1.4.1 Popis experimentu

V další části experimentální práce se budu zabývat automatickým řízením ventilátoru v závislosti na koncentraci CO₂ v místnosti.

Pro účely automatické regulace ventilátoru je počítáno s modelovou místností vybranou ze stavební části projektu. Jedná se o m. č. 128 (herna dětí). Ve výpočtu bude uvažováno se stejným výpočtetním modelem jako u experimentu C1.3 a bude počítáno s neotvíratelnými okny. Čerství vzduch do místnosti bude přiváděn pouze infiltrací a nuceným větráním.

Parametry místnosti:

- Rozměry - orientační rozměry 10x12 m (místnost není čtvercového tvaru)
- Světlá výška místnosti je 3,2 m
- Plocha místnosti je 104 m²
- Objem místnosti je 333 m³
- Okna místnosti -SV – 4x kruhové okno průměru 1 m a 1x kruhové okno průměru 2 m, 1x dveře 0,9x2 m; JV – 1x francouzské okno 2x2 m, 1x okno 0,5x2 m, 1x dveře 0,9x2 m

Zvolené parametry pro výpočet větrání infiltrací:

- Součinitel průvzdušnosti oken dle ČSN EN 12 2007 – třída 3 okna a dveře s dvou a vícestupňovým těsněním ve funkční spáře = $0,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,6}$
- Maximální venkovní teplota 32 °C
- Amplituda kolísání venkovní teploty 7 K
- Maximální teplota interiéru 26 °C
- Návětrný tlakový součinitel 0,6
- Rychlost větru 2,00 m·s⁻¹
- Uvažovaná produkce CO₂ na osobu/dítě je 270 ml/min

V místnosti je uvažováno 25 dětí a 3 dospělí v běžný pracovní den. Doba provozu MŠ je od 7:00 do 16:00, děti se ovšem od 13:00 do 15:00 pohybují na zahradě.

Ve výpočtu je uvažováno s potrubním ventilátorem TD 1000/200 SILENT Ecowat.

Parametry ventilátoru:

- Průtok vzduchu při nulové tlakové ztrátě - 1000 m³/h
- Průtok uvažovaný pro vyvětrání prostoru 745 m³/h
- Příkon v pracovním bodě 95 W
- Proud 0,66 A

C.1.4.2 Výpočet a popis myšlených variant regulace

Pro výpočet je použit stejný analytický model jako u předešlého pokusu. Uvažovaná místnost je bez možnosti přirozeného větrání, počítáno pouze s větráním infiltrací.

Výpočetní model místnosti je uvažován jako analytický

$$\dot{V} \cdot k_e d\tau + \dot{M}_s d\tau - \dot{V} \cdot k_i d\tau = Odk_i$$

$\dot{V} \cdot k_e d\tau$ je hmotnost škodliviny přivedené do místnosti vzduchem po-třebným při větrání za čas $d\tau$

$\dot{M}_s d\tau$ je hmotnost škodliviny ze zdroje v místnosti za čas $d\tau$

$\dot{V} \cdot k_i d\tau$ je hmotnost škodliviny odvedené z místnosti vzduchem po-třebným při větrání za čas $d\tau$

Odk_i je přírůstek hmotnosti škodliviny ve vzduchu v místnosti [4]

Pro automatickou regulaci byly uvažovány tři varianty řešení:

Varianta 1 – Ventilátor se sepne při naměřené koncentraci CO₂ nad 900 ppm po dobu minimálně 10 min, regulace on/off. V 16:00 ventilátor sepne dle časového režimu a bude zapnutý, než poklesne koncentrace CO₂ pod 600 ppm.

Varianta 2 – Ventilátor se sepne při naměřené hodnotě koncentrace CO₂ 900 ppm po dobu 20 min, regulace on/off. V 16:00 ventilátor sepne dle časového režimu a bude zapnutý, než poklesne koncentrace CO₂ pod 600 ppm.

Varianta 3 – ventilátor se zapne při naměřené hodnotě koncentrace CO₂ 900 ppm na 50% svého výkonu, při nedostatečném větrání a překročení koncentrace 1000 ppm se ventilátor sepne na 70 % svého výkonu. Ventilátor se vypne až při naměřené hodnotě koncentrace CO₂ 600 ppm. Minimální doba chodu ventilátoru je 30 min.

Varianta 4 – ventilátor se zapne při naměřené hodnotě koncentrace CO₂ 800 ppm na 30% svého výkonu, při nedostatečném větrání a překročení koncentrace 900 ppm se ventilátor sepne na 50 % svého výkonu. Při stálém nárůstu koncentrace CO₂ a překročení hranice 1000 ppm se ventilátor sepne na 70 %. Ventilátor se vypne až při naměřené hodnotě koncentrace CO₂ 600 ppm. Minimální doba chodu ventilátoru je 20 min.

Pro jednotlivé typy variant byl napsán jednoduchý kód v jazyce C++ pro chod ventilátoru v závislosti na čidle CO₂.

Ukázka zdrojového kódu pro variantu 4.

```
// Senzor CO2

// připojení potřebné knihovny
#include "CO2Sensor.h"
// vytvoření instance senzoru z knihovny,
// první parametr je propojovací pin (A0),
// druhý parametr je inerční koeficient (0.99),
// třetí parametr je počet měření při každém čtení (100)
CO2Sensor co2Sensor(A0, 0.99, 100);

void setup() {
  // inicializace komunikace po sériové lince
  Serial.begin(9600);
  // kalibrace CO2 senzoru
  co2Sensor.calibrate();
}

void loop() {
  // načtení CO2 koncentrace ze senzoru do proměnné
  int hodnota = co2Sensor.read();
  // vytištění informací po sériové lince
  Serial.print("Koncentrace CO2: ");
  Serial.print(hodnota);
  Serial.println(" ppm.");
  // vytištění přečtených hodnot CO2 čidla
  if (hodnota > 800) {
    Serial.println("- on 30%");
    // podmínka když naměří čidlo vyšší hodnotu než 800 zapne ventilátor na 30%
    if (hodnota > 900) {
      Serial.println("- on 50%");
      // podmínka když naměří čidlo vyšší hodnotu než 900 zapne ventilátor na 50%
      if ( hodnota > 1000) {
        Serial.println("- on 70%");
        // podmínka když naměří čidlo vyšší hodnotu než 1000 zapne ventilátor na 70%
        if ( hodnota < 600) {
          Serial.println("- off ");
          // podmínka když naměří čidlo menší hodnotu než 600 vypne ventilátor
        }
      }
    }
  }
  // pauza před novým během smyčky 20 min
  delay(1200000);
}
```

Obrázek 15: obecný zdrojový kód v jazyku C++ pro variantu 4

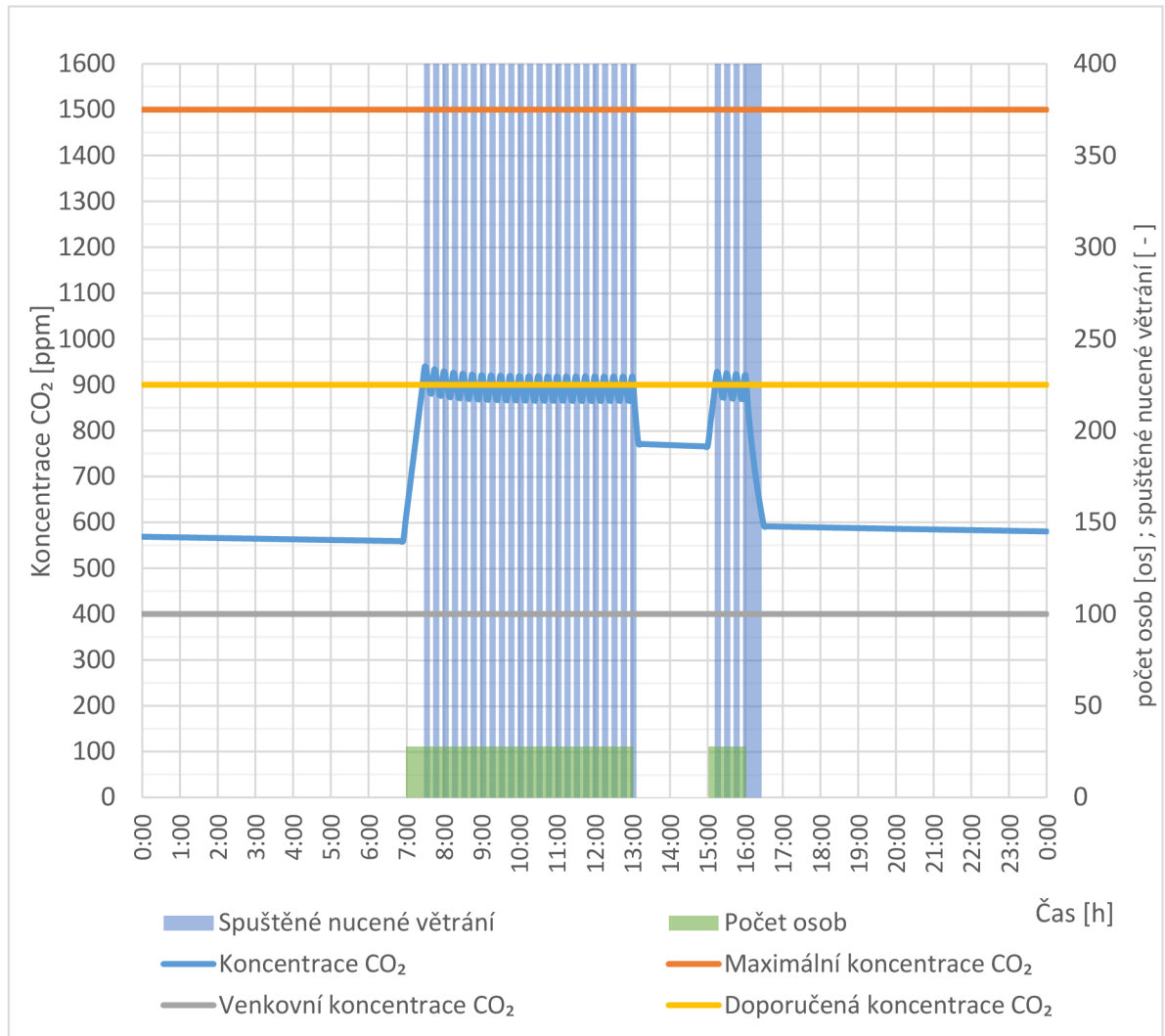
Napsané kódy pro ostatní varianty jsou součástí přílohy C.1.2.1

C.1.4.3 Vyhodnocení jednotlivých variant

Jednotlivé varianty regulace ventilátoru jsou vyhodnoceny pomocí grafického znázornění.

Varianta 1:

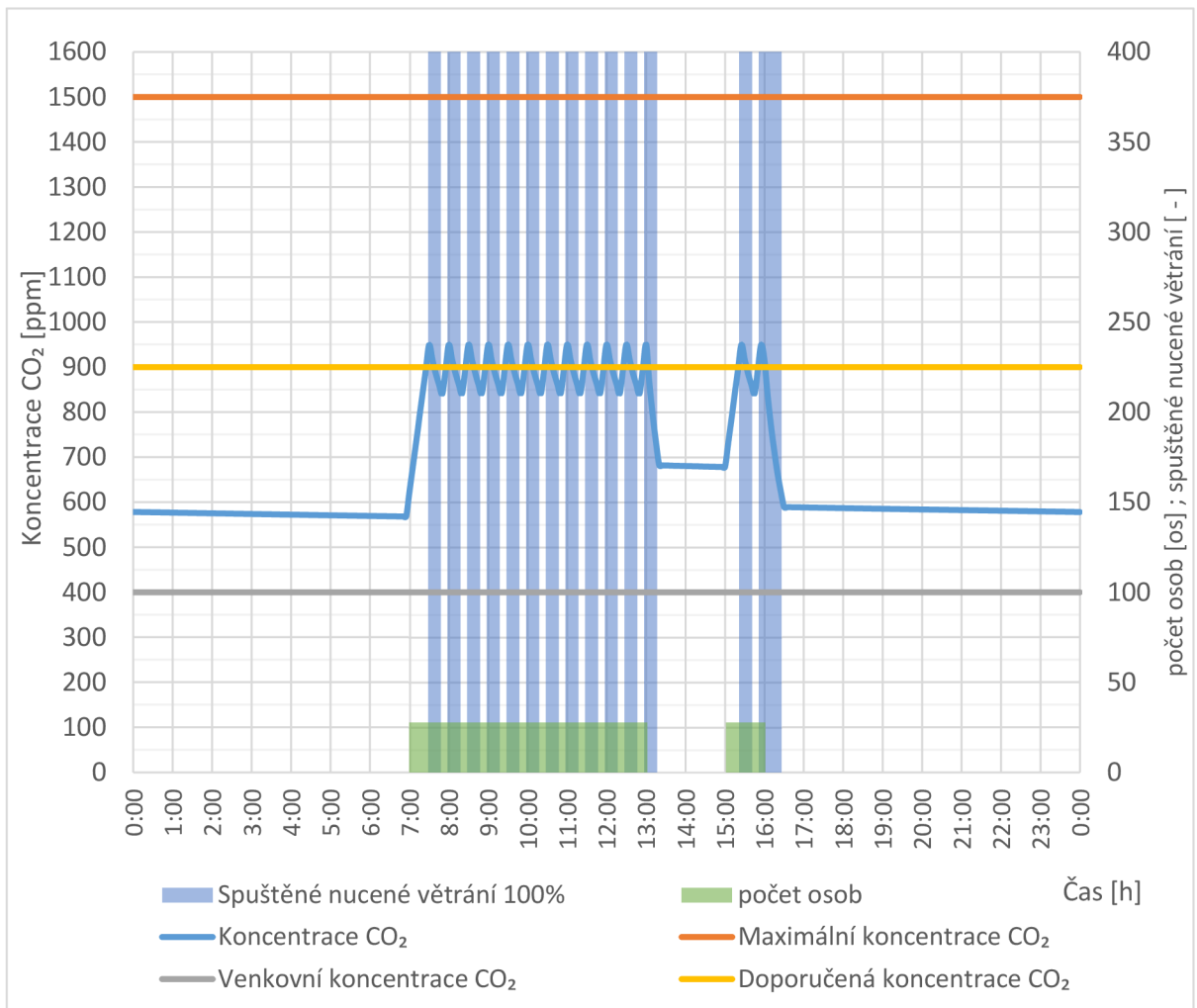
Graf 5: Varianta 1 spínání ventilátoru po 10 min on/off



Graf varianty 1 popisuje spínání ventilátoru v intervalu 10 min. Z grafu vyplývá, že celková doba provozu ventilátoru na 100% výkon je 4,83 hodiny denně. Z grafu lze vidět, že se koncentrace CO₂ drží celý den okolo doporučené hranice 900 ppm.

Varianta 2:

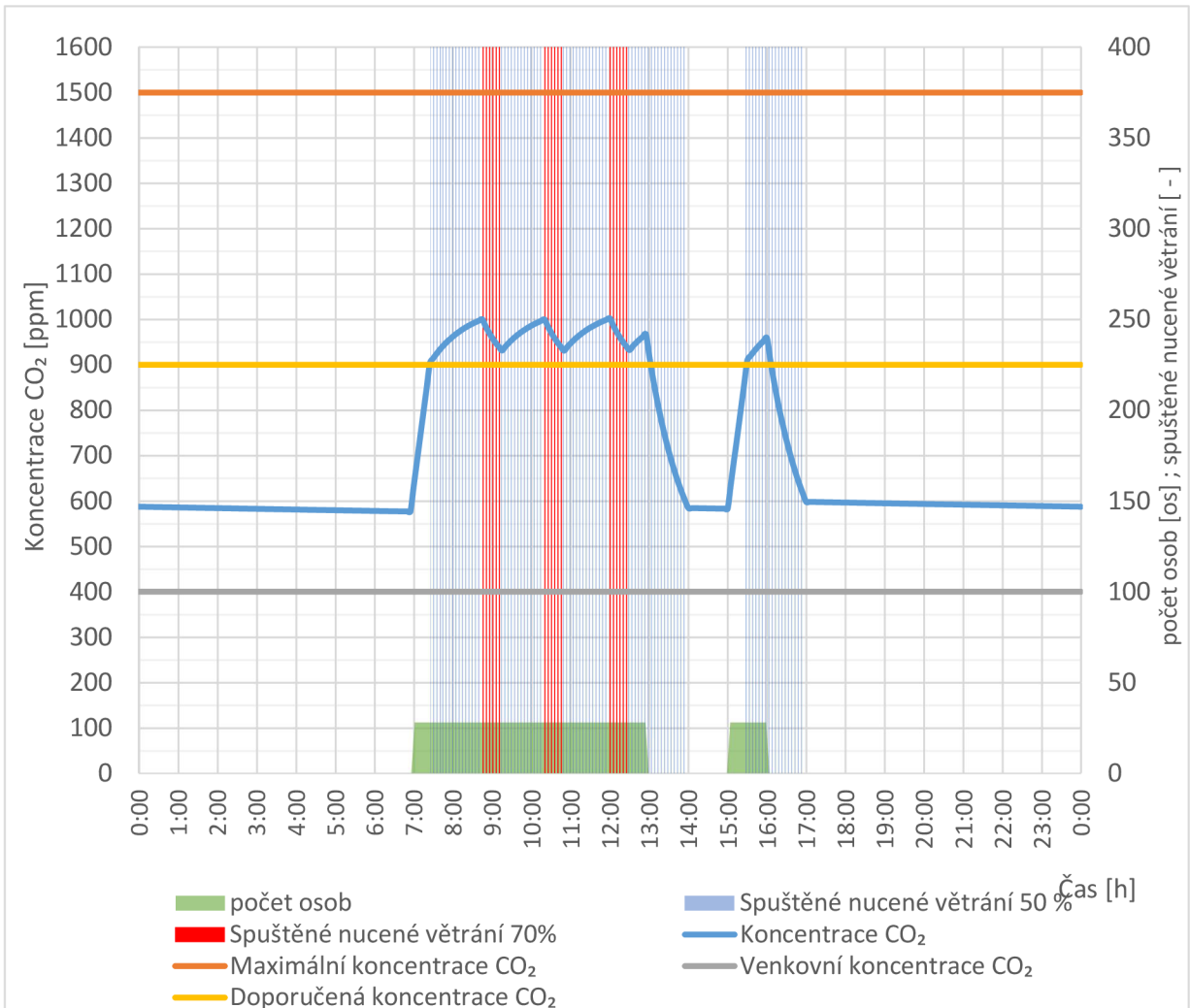
Graf 6: Varianta 2 spínání ventilátoru po 20 minutách on/off



Graf varianty 2 popisu spínání ventilátoru v intervalu 20 min. Z grafu vyplývá, že celková doba provozu ventilátoru na 100% výkon je 4,92 hodiny denně. Z grafu jde vidět, že se koncentrace CO₂ během dne mění a kolísá v pravidelném intervalu do příznivějších i méně příznivých koncentrací CO₂, vždy však pod hranicí 1000 ppm (nad touto hranicí už můžeme pociťovat diskomfort). Daný časový interval je natolik velký, že mezi jednotlivými časovými kroky dochází k větrací přestávce (20 min).

Varianta 3:

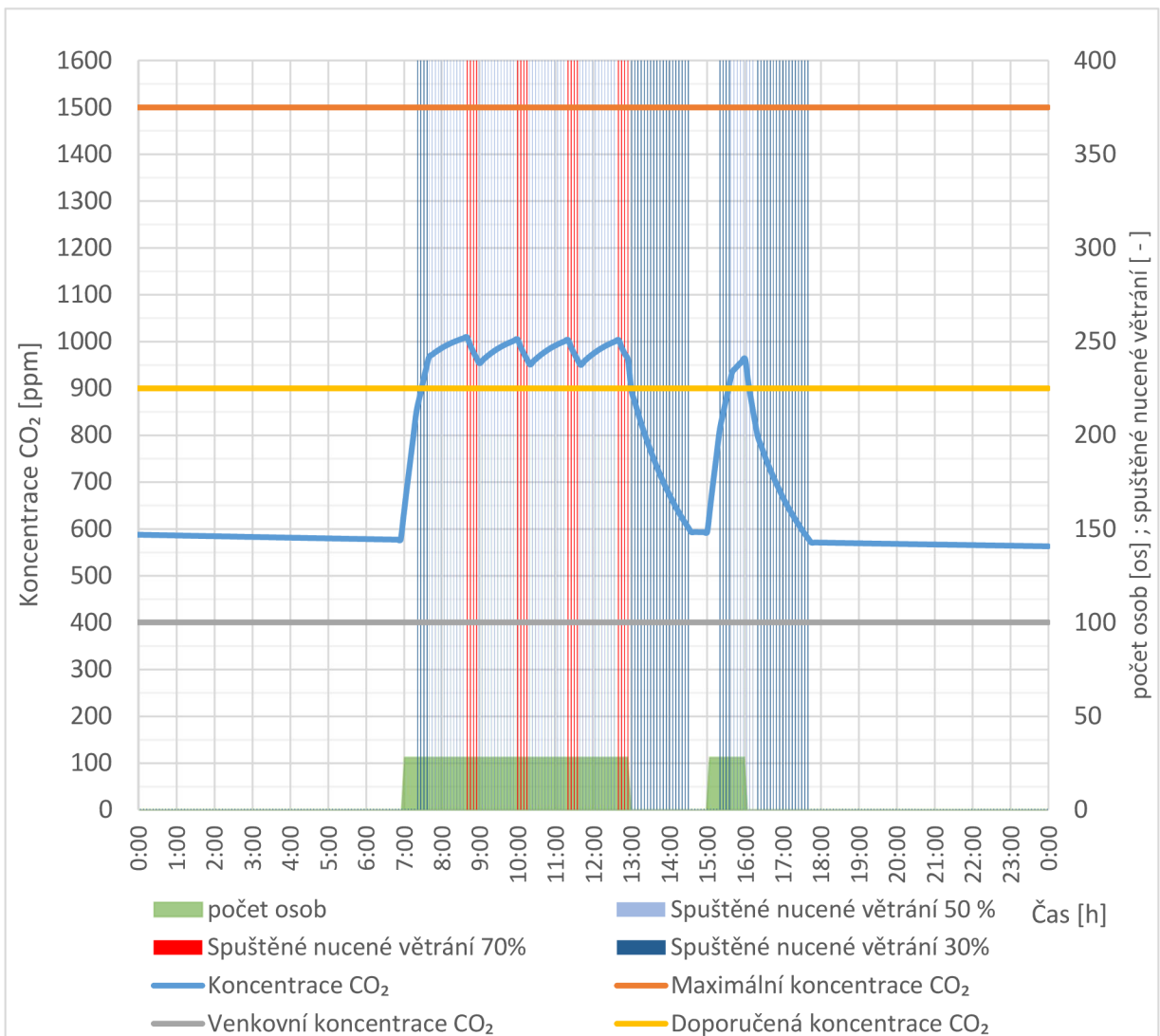
Graf 7: Varianta 3 regulace výkonu ventilátoru po 30 min on/off



Graf varianty 3 popisu spínání ventilátoru v intervalu 30 min a je zde uvedena už složitější regulace, kdy řídíme výkon ventilátoru ve dvou fázích 50 a 70 %. Z grafu jde vidět, že celková doba provozu ventilátoru se rapidně zvýšila a to na 8,08 hodiny. Hranice koncentrace CO₂ se zvýšila a touto regulací nejsme schopni dostat se pod zvolenou doporučenou hodnotu 900 ppm, nicméně během dne není překročena hranice 1000 ppm.

Varianta 4:

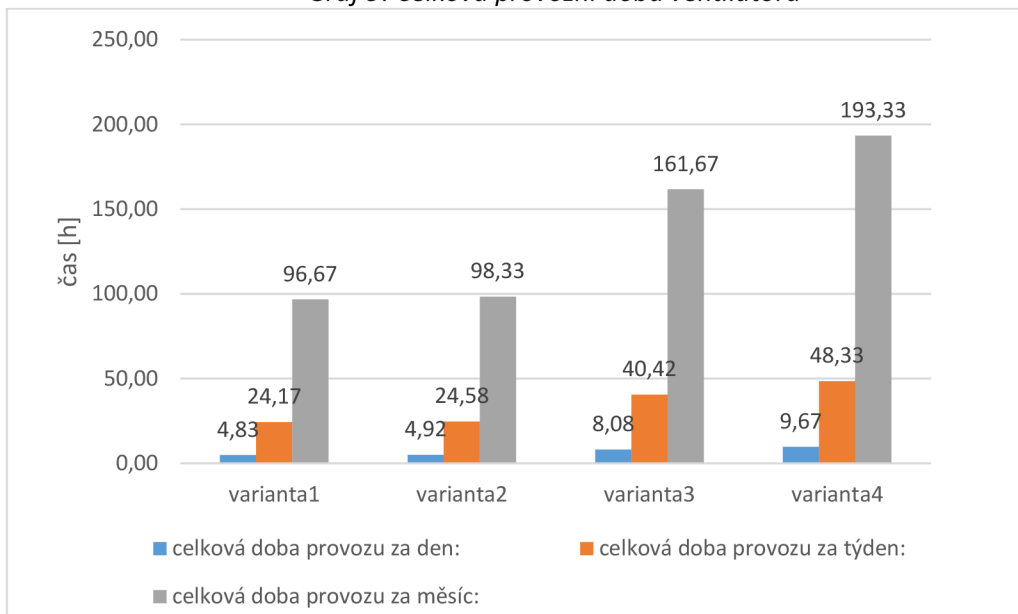
Graf 8: Varianta 4 regulace výkonu ventilátoru po 20 min on/off



Graf varianty 4 popisuje spínání ventilátoru v intervalu 20 min a je zde uvedena už složitější regulace, kdy řídíme výkon ventilátoru ve třech fázích 30, 50 a 70 %. Z grafu jde vidět, že celková doba provozu se zde ještě o něco zvýšila a to na 9,67 hodiny. Hranice koncentrace CO₂ se zvýšila a touto regulací se nejsme schopni dostat pod zvolenou doporučenou hodnotu 900 ppm. Během dne je překročena hranice 1000 ppm, ale pouze v řádu jednotek.

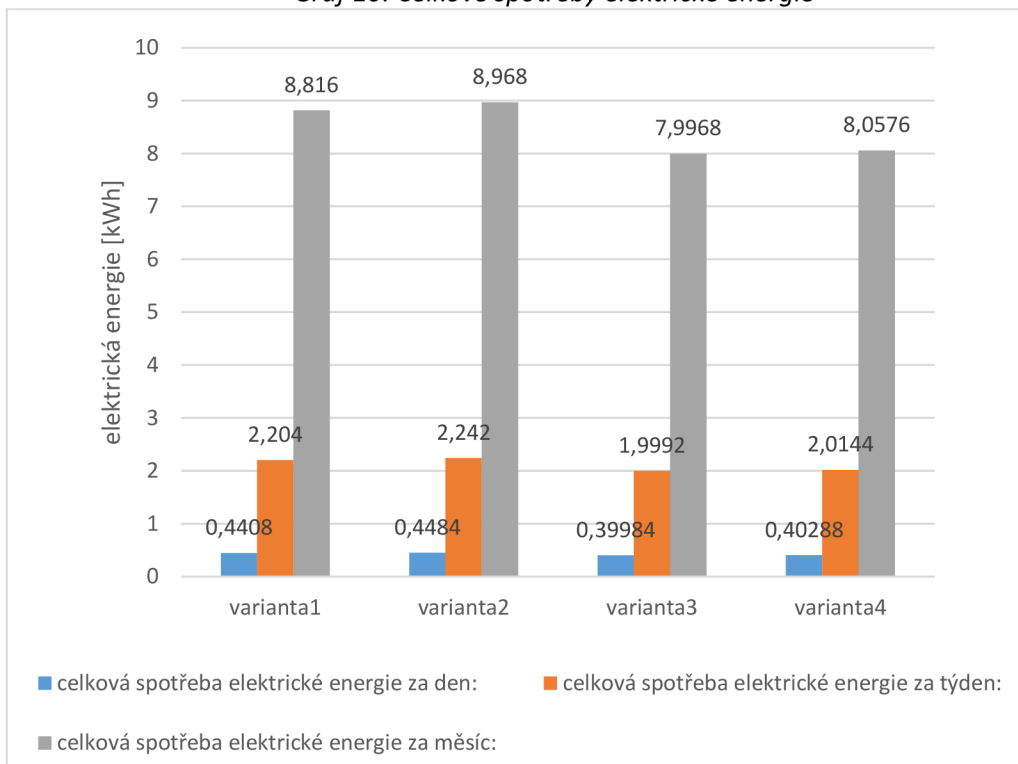
Celkové časové a ekonomické vyhodnocení:

Graf 9: Celková provozní doba ventilátoru



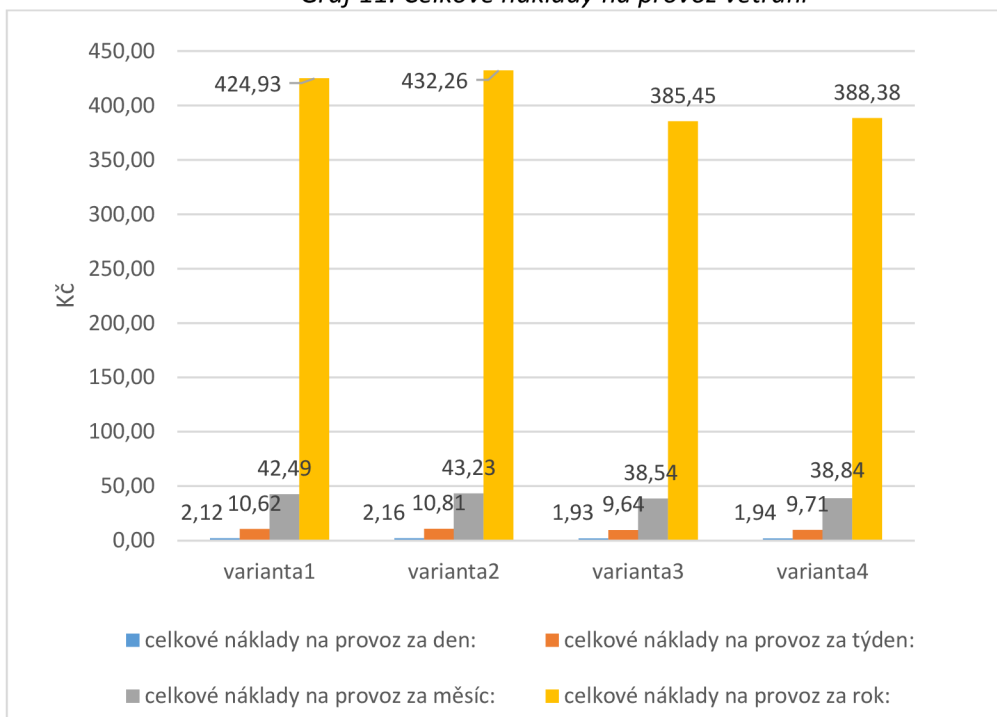
Z grafu jde vidět, že ventilátor je v provozu nejdéle u varianty regulace 3 a 4. Je potřeba si, ale uvědomit že u těchto variant spouštíme ventilátor jen na částečný výkon.

Graf 10: Celkové spotřeby elektrické energie



Zde už jde vidět, že ventilátor u varianty 3 a 4 je spuštěn nejdéle, nicméně správnou regulací zde dosahujeme nejmenší spotřeby elektrické energie.

Graf 11: Celkové náklady na provoz větrání



Z grafu můžeme vidět celkové ekonomické zhodnocení jednotlivých variant, kdy nejlépe vychází varianty 3 a 4.

C.1.4.4 Závěr řízení ventilátoru dle koncentrace CO₂

Dle vytvořeného analytického modelu a vyzkoušení všech čtyř variant regulace můžeme vidět, že co se týče provozu ventilátoru, nejlépe se jeví varianty 1 a 2. Tyto varianty jsou, co se týče koncentrace CO₂, v normě a svým provozem, tak zajistí úplné vyvětrání na doporučené hodnoty koncentrace CO₂ v místnosti. Co se týče ekonomického hlediska, tak i za předpokladu, že je celková doba provozu nižší než u varianty 3 a 4, tak svým provozem na 100% výkon vychází hůře.

Varianty 3 a 4 se z počátku jeví jako nákladnější svou delší dobou provozu, nicméně svojí zvolenou regulací výkonu dosahují efektivnějšího provozu a tak jsou i méně nákladné na spotřebu elektrické energie. Svým provozem a zvolenou regulací se ale hodnoty koncentrace pohybují okolo 1000 ppm, což je hraniční hodnota pro komfortní provoz. Levnější provoz je tedy za cenu horších parametrů větrání.

Shrnutí je tedy takové, že varianty 1 a 2 zajišťují svým provedením komfortní větrání, ale jsou nákladnější na provoz a varianty 3 a 4 jsou cenově přívětivější, nicméně jde o jakýsi kompromis mezi cenou a komfortem.

Přílohy

A

A.1.1_ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÍ ŘEŠENÍ

A.1.1.1_PŮDORYS 1.NP

A.1.1.2_PŮDORYS 1.NP +6,000

A.1.1.3_ŘEZY A-A,B-B

A.1.1.4_POHLED JZ, SZ

A.1.1.5_POHLED SV, JV

A.1.1.6_JEDNOPLÁŠŤOVÁ PLOCHÁ STŘECHA

A.1.1.7_VÝPIS_SKLADEB_KONSTRUKCÍ

A.1.1.8_KOORDINAČNÍ SITUACE STAVBY

A.1.2_STAVEBNĚ-KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

A.1.2.1_ZÁKLADY

A.1.2.2_VÝKRES TVARU STROPNÍ KONSTRUKCE

A.1.3_POŽÁRNĚ-BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ

A.1.3.1_TECHNICKÁ ZPRÁVA POŽÁRNÍ OCHRANY

A.1.3.2_PŮDORYS PBŘS

A.1.3.3_SITUACE PBŘS

A.1.4_STAVEBNÍ FYZIKA

A.1.4.1_POSOUZENÍ_OBJEKTU_Z_HLEDISKA_STAVEBNÍ_FYZIKY

Příloha A.1.4.2_VÝPOČTY PRO TEPLNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ OBJEKTU

Příloha A.1.4.3_VÝPOČET DENNÍ OSVĚTLENOSTI

Příloha A.1.4.4_VÝPOČET TEPELNÉ STABILITY MÍSTNOSTI

A.1.5_PENB

A.1.5_PRŮKAZ_ENERGETICKÉ_NÁROČNOSTI_BUDOVY

B

B.1.1_PITNÁ A SRÁŽKOVÁ VODA

B.1.1.1_TECHNICKÉ LISTY OD NAVRŽENÝCH AKU. NÁDRŽÍ

B.1.2_VZT

B.1.2.1_PŮDORYS 1.NP VZT

B.1.2.2_FUNKČNÍ SCHÉMA AHU 1.01 (NÁVAZNOST NA MaR)

B.1.2.3_TECHNICKÉ LISTY OD NAVRŽENÝCH ZAŘÍZENÍ (AHU 1.01, 2.01)

B.1.3_ÚT

B.1.3.1_DISPOZICE KOTELNY

B.1.3.2_SCHÉMA KOTELNY

B.1.3.3_TECHNICKÉ LISTY OD NAVRŽENÉHO ZAŘÍZENÍ

B.1.4_CHL

B.1.4.1_PŮDORYS 1.NP - VÝŘEZ HERNY-CHLAZENÍ

B.1.4.3_VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE (PROGRAM TERUNA)

B.1.4.2_TECHNICKÉ LISTY OD NAVRŽENÝCH ZAŘÍZENÍ

B.1.5_FVE

B.1.5.1_STŘECHA - ROZMÍSTĚNÍ FV PANELŮ

B.1.5.2_TECHNICKÉ LISTY OD NAVRŽENÝCH FV PANELŮ

B.1.6_UMĚLÉ OSVĚTLENÍ

B.1.6.1_VÝŘEZ ZÁZEMÍ DĚTÍ – OSVĚTLENÍ

B.1.6.2_M.Č. 122, 124 - PODROBNÝ VÝPOČET TOK. METODA

B.1.6.3_TECHNICKÉ LISTY OD NAVRŽENÝCH SVÍTIDEL

B.1.7_GLOBÁLNÍ SCHÉMA

B.1.7.1_GLOBÁLNÍ SCHÉMA ŘÍZENÍ BUDOVY

C

C.1.1_EXPERIMENTÁRNÍ MĚŘENÍ KONCENTRACE CO₂

C.1.1.1_NÁKRES MODELU PRO MĚŘENÍ KONCENTRACE CO₂

C.1.1.2_PŘEHLED NAMĚŘENÝCH HODNOT

C.1.2_ANALYTICKÝ MODEL REGULACE VENTILÁTORU

C.1.2.1_ZDROJOVÝ KÓD PRO ŘÍZENÍ VENTILÁTORU

Legenda symbolů:

t – teplota	[°C]
ϕ – relativní vlhkost	[%]
h – entalpie	[kg/KJ]
U – součinitel prostupu tepla	[W·m ⁻² *K ⁻¹]
λ – součinitel tepelné vodivosti	[W/m*K]
V – průtok vzduchu	[m ³ /h]
V _{min} – minimální objem výměny vzduchu	[m ³ /h]
V _p – průtok přívodního vzduchu	[m ³ /h]
V _o – průtok odvodního vzduchu	[m ³ /h]
ξ – součinitel vrážených odporů	[-]
v – rychlost	[m/s]
Δ_p – tlaková ztráta	[Pa]
Q _{ch} – chladicí výkon	[W]
ρ – hustota	[m ³ /kg]
c – měrná tepelná kapacita	[J*kg ⁻¹ *K ⁻¹]
k – je prostorový index	[-]
P – výkon	[W]
h – je výška svítidla nad srovnávací rovinou	[m]
Φ – je světelný tok	[lm]
E – je udržovaná osvětlenost	[lx]
VZT – vzduchotechnika	
MaR – měření a regulace	
CHL – chlazení	
ZTI – zdravotnická	
ZZT – zpětné získávání tepla	
ÚT – ústřední topení	
FVE – fotovoltaická elektrárna	
ELE – profese elektro	
ÚT – ústřední vytápění	
TUV – teplá užitková voda	
TV – teplá voda	

Zdroje

- [1] Projekční příručka - Solární termické systémy. Chráštany 189, 2009. Dostupné také z: www.viessmann.cz
- [2] RUBINOVÁ, O., CT52 Technika prostředí. Brno: VUT Brno, FAST, Ústav technických zařízení budov, 2013. Přednášky
- [3] PVGIS. PVGIS [online]. European Union: European Union, 2020 [cit. 2020-12-22]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR
- [4] Ing. Petr BLASINSKI, Ph.D., doc. Ing. Aleš RUBINA, Ph.D., Ing. Štěpán JŮZA a Ing. Dominik CAKL. ŘÍZENÍ VENTILÁTORU PODLE KONCENTRACE CO₂: FAST-S-19-5863. Brno, 2018. Článek. VUT BRNO FAST
- [5] E-konstruktor. E-konstruktor [online]. Praha 10: Petr Filip, 2013 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/novinka/jaky-je-rozdil-mezi-ac-dc-a-ec-motory>
- [6] Detektor oxidu uhličitého CO₂ MH-Z19. In: ARDUINO-SHOP [online]. Havlíčkův Brod: ARDUINO-SHOP, 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: https://arduino-shop.cz/arduino/7731-detektor-oxidu-uhliciteho-co2-mh-z19.html?gclid=Cj0KCQiA88X_BRDUARIsACVMYD_nEQwG4pxiDb-wTwRqe7VKcz1CU6gZK2Yr0Nv7Uvn5dPiUVXvB01gaAho0EALw_wcB
- [7] Testo 440 sada CO₂ s Bluetooth. In: CBRN SOLUTIONS [online]. Praha: CBRN SOLUTIONS, 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: https://obchod.klimafil.cz/p/838/testo-440-sada-co2-s-bluetooth?gclid=Cj0KCQiA88X_BRDUARIsACVMYD_-aN1o9iRdMiQ42KhTv-t4Zhb-lxgSvOBbTrQIABycpV5BFFIZr_MaArfJEALw_wcB
- [8] COMET Multilogger S 3532. In: Marcomplet [online]. Praha: marcomplet, 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: https://marcomplet.cz/zbozi/produkt-7880/comet-system-comet-multilogger-m1323-teplomer-vlhkomer-co2-barometr-se-2-vstupy-minidin-a-2-svorkovnicemi.html?gclid=Cj0KCQiA0MD_BRCTARIsADXoopa_N9q34yn89akBn0rGGp1olrQ0pSLQDNAHWNj8JALamssrS0YcvusaAhBWEALw_wcB

- [9] VERNIER CO2 Gas Sensor. In: VERNIER [online]. Praha: VERNIER, 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/co2-bta>
- [-] POČÍNKOVÁ, M., BT01 TZB II. Brno: VUT Brno, FAST, Ústav technických zařízení budov, 2013. Přednášky
- [-] REMEŠ, Ing. Josef Remeš, Ing. Petr KACÁLEK, PH.D., Ing. Lubor KALOUSEK, PH.D., Ing. Tomáš PETŘÍČEK, PH.D. a Ing. Tomáš APELTAUER, PH.D. *Stavební příručka 2, aktualizované vydání*. Druhé vydání. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-5142-9.
- [-] ROUSINOVÁ, PH.D., Ing. Marie, Ing. Táňa JURÁKOVÁ, PH.D. a Ing. Markéta SEDLÁKOVÁ, PH.D. *Požární bezpečnost staveb: Modul 01.1*. vydání, Brno, Akademické nakladatelství CERM, 2006, 177 s. ISBN 978-80-7204-511-2.

Použité vyhlášky a normy

Stavební zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu

Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a

Provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých

Územní vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

Novela č. 62/2013 Sb., o dokumentaci staveb

Zákon č. 406/200 Sb., o hospodaření s energiemi

Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov

Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb

Vyhláška č. 268/2011 Sb., vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 23/2008 Sb.

Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí staveb.

Vyhláška č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

ČSN 73 0540–2 Tepelná ochrana budov

ČSN 73 0232-Z2 (03/2010), Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzovaných akustických vlastností stavebních výrobků

ČSN 73 4130 (03/2010), Schodiště a šikmé rampy-základní požadavky

ČSN 73 0810 požární bezpečnost staveb – společná ustanovení

ČSN 73 0802 – PBS – nevýrobní objekty

ČSN 73 0873 – PBS – zásobování požární vodou

ČSN 73 0818 – obsazení objektu osobami

ČSN 12 7010 – VZT zařízení, navrhování větracích a klimatizačních zařízení

ČSN EN 16941-1 – zařízení pro využití nepitné vody na místě

ČSN EN 12464-1 (ve znění změny Z1 / 2005) – požadavky na osvětlení vnitřních prostor

Seznam tabulek

Tabulka 1:Návrhové parametry vzduchu.....	45
Tabulka 2: Návrhové dávky vzduchu	46
Tabulka 3: Přehled navržených průtoků	47
Tabulka 4: Výpočet tlakové ztráty hlavní přívodní větve	48
Tabulka 5: Výpočet tlakové ztráty hlavní odvodní větve	48
Tabulka 6: Celková tlaková ztráta přívodního ventilátoru jednotky	48
Tabulka 7: Celková tlaková ztráta odtahového ventilátoru jednotky	49
Tabulka 8: Návrh potřeby tepla pro TV	53
Tabulka 9: Ukázka návrhu chlazení místnosti 128	59
Tabulka 10: Denní bilance dopadu sluneční energie Jihozápad sklon 35°	63
Tabulka 11: Bilance potřeb elektrické energie pro spotřebiče budovy	64
Tabulka 12: Vyrobena elektrická energie pro kolektorové pole o 57 ks FV panelů	66
Tabulka 13: Výpočet měsíční účinnosti FV systému	67
Tabulka 14: Přehled roční výroby a spotřeby elektrické energie	68
Tabulka 15: Rozsah a cena čidel Arduino	80
Tabulka 16: Rozsah a cena čidla TESTO	80
Tabulka 17: Rozsah a cena COMET S3532	81
Tabulka 18: Rozsah a cena VERNIER.....	81
Tabulka 19: Rozsah TESTO 405i	82
Tabulka 20: Rozsah potrubního ventilátoru	82
Tabulka 21: Vyhodnocení použitých čidel CO ₂	86

Seznam obrázků

Obrázek 1: Měsíční hodnoty dopadající sluneční radiace [3]	68
Obrázek 2: Schéma určení odstupových vzdáleností kolektorů [1]	69
Obrázek 3: Přehled slunečních souřadnic pro 21. den v měsíci [2]	70
Obrázek 4: Porovnání účinnosti EC motorů s ostatními typy [5]	78
Obrázek 5: Nákres modelu místnosti	79
Obrázek 6: Realizovaný model místnosti.....	79
Obrázek 7: MG811 (dražší) [6]	80
Obrázek 8: MH-Z19 (levnější) [6].....	80
Obrázek 9: TESTO 400 + SONDA CO ₂ 935 [7].....	80
Obrázek 10: COMET 3532 [8]	81
Obrázek 11: VERNIER [9]	81
Obrázek 12: Žárový anemometr.....	82
Obrázek 13: TD mixvent 500/160.....	82
Obrázek 14: Grafické znázornění experimentálního měření	84
Obrázek 15: obecný zdrojový kód v jazyku C++ pro variantu 4	92

Seznam grafů

Graf 1: Spotřeba vs výroba s referenční účinností.....	66
Graf 2: Měsíční výroba vs spotřeba	69
Graf 3: Porovnání zkoušených čidel CO ₂	85
Graf 4: Analytické řešení měření koncentrace CO ₂ na modelu místnosti	88
Graf 5: Varianta 1 spínání ventilátoru po 10 min on/off	93
Graf 6: Varianta 2 spínání ventilátoru po 20 minutách on/off	94
Graf 7: Varianta 3 regulace výkonu ventilátoru po 30 min on/off.....	95
Graf 8: Varianta 4 regulace výkonu ventilátoru po 20 min on/off.....	96
Graf 9: Celková provozní doba ventilátoru	97
Graf 10: Celkové spotřeby elektrické energie	97
Graf 11: Celkové náklady na provoz větrání.....	98