



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**SYSTÉMY MĚŘENÍ A REGULACE VE  
VZDUCHOTECHNICE**

MEASUREMENT AND REGULATION SYSTEMS IN AIR CONDITIONING

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Bc. Miroslav Ilko

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2024

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav technických zařízení budov  
Student: **Bc. Miroslav Ilko**  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24  
Studijní program: N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby

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

## **Systémy měření a regulace ve vzduchotechnice**

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

Řešení zadaného tématu z oblasti systémů měření a regulace za využití literární rešerše, zpracování na konkrétně zadaném vzduchotechnickém zařízení obsluhující prostory kina.

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

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení (podíl 20 %)

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení (podíl 40 %)

Návrh technického řešení ve 2 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C. Dílčí úkol ze zadaného tématu (podíl 40%) zpracovaný teoretickými metodami, příp. prováděcí projekt zadané profese. Konkrétní náplň stanoví vedoucí práce.

### **Seznam doporučené literatury a podklady:**

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální právní předpisy ČR
3. České i zahraniční technické normy

4. Odborná literatura

5. Zdroje na internetu

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 15. 2. 2023

L. S.

---

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
vedoucí ústavu

---

doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.  
vedoucí práce

---

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práca sa zaoberá meraním a reguláciou vo vzduchotechnike. V teoretickej časti sú rozobrané princípy regulácie jednotlivých častí vzduchotechnického zariadenia. Vo výpočtovej časti je navrhnutých niekoľko variantov regulácie ventilátoru vo vzduchotechnickej jednotke. Varianty regulácie sú následne aplikované na tri prevádzkové stavy kina. Výkon ventilátorov je riadený na základe koncentrácie CO<sub>2</sub>. Hlavnou úlohou experimentálnej časti je overiť matematický model pre výpočet koncentrácie CO<sub>2</sub>.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

Vzduchotechnika, vzduchotechnická jednotka, kino, meranie a regulácia, koncentrácia CO<sub>2</sub>, ventilátor

## **ABSTRACT**

Diploma thesis deals with measurement and regulation in air conditioning. The theoretical part discusses the principles of regulation of individual components of air conditioning system. In the calculation part, several variants of fan regulation in the air conditioning unit are designed. The regulation variants are then applied to three operational states of the cinema. The power of the fan is controlled based on the concentration of CO<sub>2</sub>. The main task of the experimental part is to verify the mathematical model for calculating the concentration of CO<sub>2</sub>.

## **KEYWORDS**

Air-conditioning, air-conditioning unit, cinema, measurement and regulation, CO<sub>2</sub> concentration, fan

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA**

ILKO, Miroslav. *Systémy měření a regulace ve vzduchotechnice*. Brno, 2024. 100 s., 9 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Systémy měření a regulace ve vzduchotechnice* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 1. 2024

---

Bc. Miroslav Ilko

autor

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Systémy měření a regulace ve vzduchotechnice* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2024

---

Bc. Miroslav Ilko

autor

## **POĎAKOVANIE**

Touto cestou by som poďakoval vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Aleši Rubinovi, Ph.D. za poskytnutie užitočných rád a skúsenosti, ochotu a venovaný čas.

# OBSAH

A.	TEORETICKÁ ČASŤ – MERANIE A REGULÁCIA VO VZDUCHOTECHNIKE .....	13
1.1	ÚVOD .....	13
1.2	KLAPKY .....	14
1.3	FILTRE.....	16
1.4	ZARIADENIE NA SPÄTNÉ ZÍSKAVANIE ENERGIE .....	17
1.5	OKRUH OHREVVU VO VZDUCHOTECHNIKE.....	19
1.6	OKRUH CHLADENIA VO VZDUCHOTECHNIKE.....	21
1.7	VENTILÁTORY .....	23
1.8	REGULÁTORY PRIETOKU VZDUCHU .....	25
1.9	SNÍMAČE VO VZDUCHOTECHNIKE .....	28
1.10	ZÁVER.....	29
B.	VÝPOČTOVÁ ČASŤ .....	31
2.1	ANALÝZA OBJEKTU .....	31
2.1.1	POPIS OBJEKTU KINA .....	31
2.1.2	ROZDELENIE NA FUNKČNÉ CELKY .....	31
2.1.3	KLIMATICKÉ ÚDAJE STAVBY.....	33
2.1.4	POŽIADAVKY NA VNÚTORNÉ PROSTREDIE .....	33
2.2	SKLADBY KONŠTRUKCIÍ A VÝPOČET SÚČINITELĽA PRECHODU TEPLA.....	33
2.3	VÝPOČET TEPELNÝCH STRÁT .....	34
2.4	VÝPOČET TEPELNEJ ZÁŤAŽE .....	37
2.5	STANOVENIE PRIETOKU VZDUCHU .....	44
2.6	DISTRIBUČNÉ ELEMENTY .....	46
2.7	DIMENZOVANIE POTRUBIA.....	47
2.8	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKEJ JEDNOTKY .....	48
2.9	PREVÁDZKOVÉ STAVY .....	49
2.9.1	PREVÁDZKOVÝ STAV č.1 .....	49
2.9.2	PREVÁDZKOVÝ STAV č.2 .....	50
2.9.3	PREVÁDZKOVÝ STAV č.3 .....	51
2.10	ROZBOR VÝPOČTU .....	52
2.10.1	VÝPOČET KONCENTRÁCIE CO <sub>2</sub> V KINOSÁLE .....	52
2.10.2	VSTUPNÉ HODNOTY DO VÝPOČTU .....	53
2.11	VARIANTY REGULÁCIE.....	55
2.11.1	NUC 1 – REGULÁCIA ON/OFF .....	55
2.11.2	NUC 1.1 – REGULÁCIA ON/OFF .....	55
2.11.3	NUC 2 – REGULÁCIA PLYNULÁ LINEÁRNA .....	55
2.11.4	NUC 3 – REGULÁCIA PLYNULÁ KVADRATICKÁ KONVEXNÁ .....	56
2.11.5	NUC 3.1 – REGULÁCIA PLYNULÁ KVADRATICKÁ KONVEXNÁ .....	56



2.11.6	NUC 4 – REGULÁCIA PLYNULÁ KVADRATICKÁ KONKÁVNA .....	57
2.11.7	NUC 4.1 – REGULÁCIA PLYNULÁ KVADRATICKÁ KONVEXNÁ.....	57
2.12	APLIKÁCIA REGULAČNÝCH VARIANT .....	58
2.12.1	NUC 1 .....	58
2.12.2	NUC 1.1.....	62
2.12.3	NUC 2 .....	65
2.12.4	NUC 3 .....	67
2.12.5	NUC 3.1.....	69
2.12.6	NUC 4 .....	71
2.12.7	NUC 4.1.....	73
2.13	VYHODNOTENIE VÝPOČTOV .....	75
2.13.1	KVALITA VZDUCHU.....	75
2.13.2	CENA PREVÁDZKY .....	76
2.14	CHLADENIE .....	78
2.15	REGULÁTORY PRIETOKU VZDUCHU .....	78
2.16	ZÁVER .....	84
C.	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ.....	86
3.1	ÚVOD.....	86
3.2	VSTUPNÉ ÚDAJE PRE MERANIE .....	86
3.3	ZBER DÁT .....	87
3.4	ANALITICKÝ VÝPOČET .....	89
3.5	ZÁVER .....	91
	POUŽITÉ ZDROJE.....	92
	ZOZNAM OBRÁZKOV, TABULIEK A GRAFOV.....	95
	PRÍLOHY .....	100

## ÚVOD:

Diplomová práca rozoberá problematiku merania a regulácie vo vzduchotechnike. Je rozdelená na tri hlavné časti

Prvá časť sa zaoberá problematikou regulácie jednotlivých častí vzduchotechnického zariadenia od vstupných a výstupných klapiek, výmenníku spätného získavania tepla, ohrievača a chladiča až po ventilátory a regulátory prietoku vzduchu.

V druhej časti sú navrhnuté konkrétne varianty regulácie vzduchotechnickej jednotky obsluhujúcej priestory kina. Výkon ventilátorov je regulovaný na základe koncentrácie CO<sub>2</sub>. Navrhnuté varianty regulácie sú aplikované na tri rôzne prevádzkové stavy kina. Jednotlivé varianty vykazujú rozdiely či už z hľadiska dosiahnutého komfortu, alebo z hľadiska ekonomického.

Tretia časť je venovaná overeniu matematického modelu pre výpočet koncentrácie CO<sub>2</sub>. Súčasťou tejto časti je meranie koncentrácie CO<sub>2</sub>, ktoré prebehlo v učebni stavebnej fakulty VUT v Brne. Namerané hodnoty sú následne porovnané s výpočtom koncentrácie CO<sub>2</sub> podľa matematického modelu.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**SYSTÉMY MĚŘENÍ A REGULACE VE  
VZDUCHOTECHNICE**

MEASUREMENT AND REGULATION SYSTEMS IN AIR CONDITIONING

**A) TEORETICKÁ ČÁST**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Bc. Miroslav Ilko

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2024

# A. TEORETICKÁ ČASŤ – MERANIE A REGULÁCIA VO VZDUCHOTECHNIKE

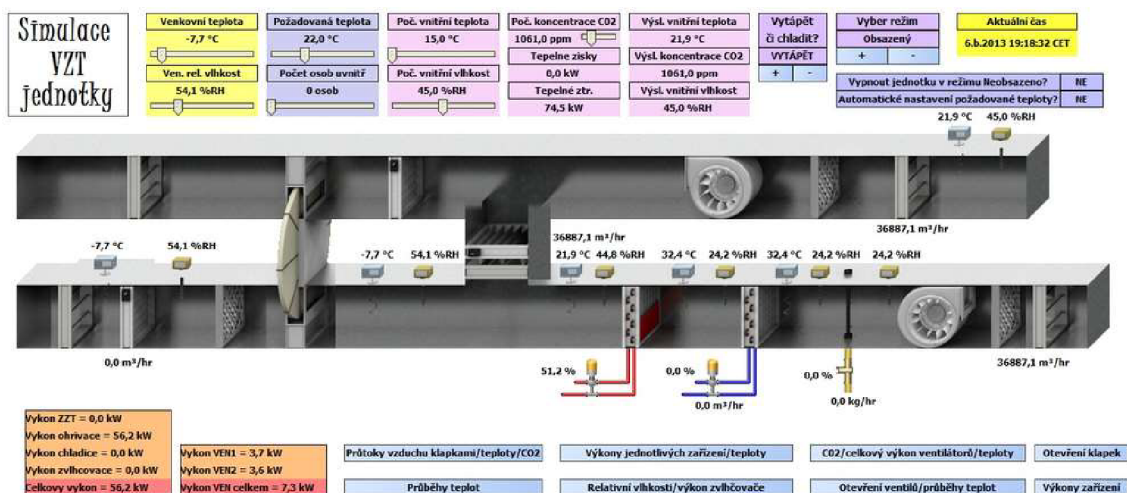
## 1.1 ÚVOD

Systémy merania a regulácie sú neodmysliteľnou súčasťou technologických zariadení budov. Reguláciou a ovládaním procesov sa významne ovplyvňuje funkčnosť a využitelnosť jednotlivých zariadení. Systémy merania a regulácie navrhujeme za účelom zautomatizovať procesy týchto zariadení. Hlavným cieľom automatického riadenia je minimalizovať potrebu fyzickej a mentálnej námahy ľudí pri ovládaní zariadení. Zároveň sa snažíme o dosiahnutie čo najvyššej presnosti a spoľahlivosti v tomto procese.

Prvky technologického zariadenia, ako napríklad vzduchotechnickú jednotku, alebo distribučnú sieť vzduchu, navrhujeme vždy na extrémne (výpočtové) parametre. V skutočnosti však tento stav netrvá celú dobu chodu zariadenia. Absencia riadiaceho systému by spôsobila nepretržitý chod zariadenia na maximálny výkon a to by malo negatívny vplyv, či už na obsluhované priestory, alebo na spotrebu energie.

V nasledujúcich kapitolách sa pokúsím priblížiť princípy regulácie jednotlivých častí vzduchotechnických zariadení.

[1], [2]



Obrázok 1 Ukážka grafického prostredia modelu VZT jednotky v programe COACHAX [6]

## 1.2 KLAPKY

V prípade, kedy vzduchotechnická jednotka nie je v prevádzke (napríklad pri výpadku napájania), môže nastať tzv. „komínový efekt“, vplyvom ktorého z vetraného priestoru odchádza teplo, resp. chlad. K tomu, aby tento jav nenastal, sa osadzujú na vstup do vzduchotechnických jednotiek **vstupné klapky**. Okrem toho vstupné klapky chránia vodný ohrievač pred zamrznutím.

**Vstupné a výstupné klapky** sú ovládané elektropohonmi, ktoré môžu a nemusia mať havarijnú funkciu. V prípade kedy vzduchotechnická jednotka obsahuje teplovodný výmenník, je havarijná funkcia pohonu žiadúca. Pri použití iných tipov ohrievačov (plynový alebo elektrický) havarijná funkcia byť nemusí. Havarijná funkcia je zabezpečená pružinou, ktorá sa v prípade výpadku elektrického prúdu uzavrie a tak chráni výmenníky pred zamrznutím.

Samotné regulovanie klapiek závisí od toho, či je potreba meniť množstvo prúdiaceho vzduchu. Ak nie, potom je ovládanie klapiek dvojpolohové – otvorené/zatvorené. V opačnom prípade, teda pri potrebe plynulej regulácie prietoku vzduchu volíme elektropohony s plynulou reguláciou. Pri osadzovaní elektropohonov musíme myslieť na prestavnú silu elektropohonu, ktorá musí byť väčšia ako prestavná sila klapky.

V distribučnej sieti vzduchu sa ďalej vyskytujú **klapky uzatváracie** a **klapky regulačné**. Stupeň otvorenia regulačných klapiek je ovládaný servopohonmi. Ak klapka slúži aj ako uzatváracia, musí byť tesná. Tlaková strata klapky závisí od uhla otvorenia listov klapky.

[2], [3]



**Obrázok 3** Lamelová regulačná klapka so servopohonom, štvorhranná [7]



**Obrázok 2** Regulačná klapka kruhová so servopohonom [8]

**Cirkulačná klapka** sa dá použiť ako jednoduchá náhrada rekuperácie pre malé vzduchotechnické zariadenia. U väčších aplikácií slúži na prepúšťanie časti odvádzaného vzduchu do vzduchu privádzaného, za účelom minimalizácie potreby ohrevu, resp. ochladenia, čerstvého vzduchu. Podiel vonkajšieho vzduchu by nemal byť menší ako 15% z celkového prietoku. Ovládanie cirkulačnej klapky by malo byť plynulé, v protiváhe k vstupnej a výstupnej klapke vzduchotechnickej jednotky. Znamená to, že ak otvoríme vstupnú klapku na 60%, cirkulačná klapka by mala byť otvorená na 40%. Chovanie klapiek sa približuje lineárnej závislosti. Výpočtom sa však dostaneme iba na približnú hodnotu nastavenia cirkulačnej klapky. Rozdiel sa následne doladí pomocou PID regulátoru.

Jednou z možností ovládania cirkulačnej klapky na spätné získavanie tepla alebo chladu je využiť cirkulačnú klapku ako náhradu rekuperátoru. Tento variant má však značne obmedzené možnosti využitia. Cirkulačnú klapku môžeme použiť týmto spôsobom iba tam, kde je vetraný priestor dostatočne „čistý“ a vzduchotechnická jednotka slúži hlavne pre klimatizovanie priestoru, teda jej hlavným účelom nie je vetranie.

Ďalší možný spôsob ovládania cirkulačnej klapky je pomocou časového programu. Takto môžeme klapku ovládať v priestoroch, ktoré majú jasne danú dobu prevádzky (napríklad pracovné priestory). V dobe, kedy sa priestory využívajú je klapka nastavená tak, aby bol do priestorov vháňaný čerstvý vzduch. Po ukončení prevádzky (mimo pracovnú dobu) sa podiel čerstvého vzduchu zníži na minimum.

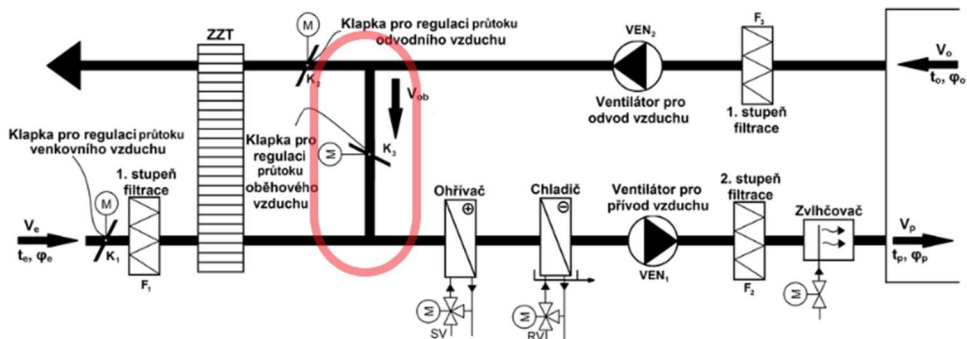
Cirkulačná klapka môže byť regulovaná aj na základe vonkajšej teploty a teploty vo vnútornom priestore. V tomto prípade je klapka otvorená na čo najvyšší možný stupeň a ak je potreba priestory ochladiť alebo ohriať, klapka sa plynule prenastaví v závislosti na rozdieli teplôt. Je potrebné dosiahnuť aspoň minimálneho podielu vonkajšieho vzduchu.

Ďalej sa cirkulačná klapka dá regulovať podľa koncentrácie CO<sub>2</sub> vo vetranom priestore. Snímač CO<sub>2</sub> monitoruje koncentráciu tejto škodliviny a v momente prekročenia dovolených limitov je priestor prevetraný vonkajším vzduchom.

Najvhodnejší spôsob regulácie je kombinácia všetkých uvedených typov. V takom prípade vzduchotechnická jednotka beží s nastaveným minimálnym pomerom čerstvého vzduchu v časovom programe. Zároveň je monitorovaný rozdiel teplôt vonkajšieho a vnútorného vzduchu a v prípade možnosti využitia čerstvého vzduchu na ohrev alebo

ochladienie priestorov je tak učené. Snímače CO<sub>2</sub> monitorujú koncentráciu oxidu uhličitého a v prípade prekročenia dovolených limitov je priestor vyvetraný.

[3]



**Obrázok 4** Schéma vzduchotechnickej jednotky s vyznačenou polohou cirkulačnej klapky [5]

### 1.3 FILTRE

Filtre sa do vzduchotechnických jednotiek osadzujú za účelom odstránenia znečisťujúcich látok z privádzaného, odvádzaného, prípadne obehového vzduchu. Slúžia k zachyteniu pevného aerosólu zo vzduchu.

Dôležitým parametrom filtra je jeho tlaková strata. Pri osadení filtra má tlaková strata najnižšiu hodnotu a postupom času narastá. Pri dosiahnutí limitných hodnôt je filter zanesený a musí byť vymenený za nový. K odhaleniu tohto problému používame snímače pracujúce na princípe snímania tlakovej diferencie. Meria sa pomocou nich statický tlak na oboch stranách filtra a prekročenie limitných hodnôt je hlásené. V niektorých prípadoch je nutné poznať aj stupeň zanesenia filtra. Vtedy používame snímače s analógovým signálom. V ostatných prípadoch sa používa signál digitálny.

[3], [4], [6]



**Obrázok 5** Snímač tlakovej diferencie [9]

Z prípojných bodov odberu tlakov snímača vedú hadičky, ktoré pripojíme na odberné miesta pred a za filtrom. Hadičky následne pripevníme k telu vzduchotechnickej jednotky. Po osadení je nutné nastaviť limitnú hodnotu tlakovej diferencie.

[3]

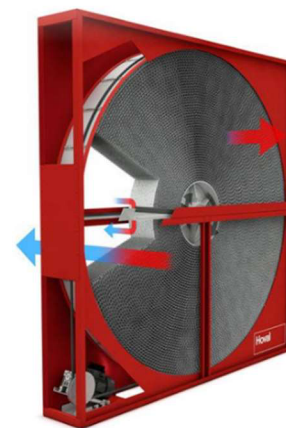
## 1.4 ZARIADENIE NA SPÄTNÉ ZÍSKAVANIE ENERGIE

Jednou z najdôležitejších súčastí vzduchotechnických jednotiek je zariadenie na spätné získavanie citeľného tepla, prípadne vlhkosti. Rekuperátor pracuje v dvoch režimoch. V zime odpadný vzduch predáva prívodnému vzduchu teplo a teda ho ohrieva. V lete zase odpadný vzduch teplo prívodnému vzduchu odoberá a teda ho ochladzuje. Tento proces výrazne znižuje potrebu energie na ohrev alebo chladenie prívodného vzduchu. U rekuperačných výmenníkov sú prívodný a odvodný vzduch oddelené a tým pádom nedochádza k prenosu pachov a vlhkosti.

[4], [5]



Obrázok 7 Doskový rekuperátor [10]



Obrázok 6 Rotačný rekuperátor [11]

Konštrukčne môžeme rekuperátory rozdeliť na dva typy. Prvý typ je tvorený **rekuperačnou komorou s doskovým rekuperátorom**. Komora je tvorená sústavou rovnobežných dosiek (materiálom môže byť napríklad hliník alebo chromniklová ocel). Z jednej strany prúdi prívodný vzduch, z druhej strany odvodný vzduch. Dosky slúžia na prenos tepla chladnejšiemu vzduchu. Kvôli regulácii doskového rekuperátoru je komora vybavená obtokovým kanálom (tzv. by-pass) a dvojicou klapiek. Klapky sú najčastejšie ovládané jedným elektropohonom. U komory rekuperátoru nesmieme zabúdať na kondenzujúcu



vlhkosť, ktorú treba odvádzať. Druhý typ rekuperátoru je tvorený **rekuperačnou komorou s rotačným rekuperátorom**. Namiesto sústavy rovnobežných dosiek je tu umiestnený rotačný rekuperátor tvorený obežným kolom otáčajúcim sa cez prírodné a odvodné potrubie. Otáčajúca akumulčná hmota je vystavená striedavo vonkajšiemu (prírodnému) a vnútornému (odvádzanému) vzduchu. Pomocou rotačného rekuperátoru je možné okrem teploty prenášať aj entalpiu (vlhkosť). Aby bol možný prenos vlhkosti, je povrch akumulčnej hmoty z hygroskopického materiálu. Rekuperátor je nutné vybaviť regulátorom otáčok kvôli riadeniu výkonu rekuperátoru. Akumulčná hmota sa otáča plynule rýchlosťou 1 až 10 otáčok za minútu. Teplotný faktor alebo faktor entalpie stúpa spolu s otáčkami, až pokiaľ nedosiahne hornej hranice. Smernica teploty sa chová lepšie pri vyšších otáčkach rekuperátoru. Je nutné dbať na kontrolu a údržbu rekuperátoru. Preto by zo všetkých strán mali byť komory umožňujúce prístup k rekuperátoru. Rotačné rekuperátory dosahujú oproti doskovým vyššiu účinnosť.

Pri regulácií rekuperátoru sa snažíme zostaviť regulačný algoritmus čo najefektívnejšie, pretože kvalita algoritmu je priamo úmerná prevádzkovým nákladom rekuperátoru. Z dôvodu minimalizácie nákladov na výrobu tepla, resp. chladu, je rekuperátor primárnym zdrojom výroby tepla/ chladu.

Ovládať a spúšťať rekuperátor je možné niekoľkými spôsobmi. Jedným z nich je ovládanie na základe teploty na vstupe, výstupe a účinnosti rekuperátoru. Podľa týchto parametrov si spočítame optimálne nastavenie rekuperátoru. Rekuperátor sa aktivuje pri zapnutí vzduchotechniky a následne sa nastavenie doladí PID regulátorom na optimálne podmienky. Rotačné a doskové rekuperátory by mali mať kvôli zaneseniu a namrznutiu v odťahovej časti osadené snímače tlakovej diferencie.

V situáciách, kedy teplota odvádzaného vzduchu klesne pod teplotu rosného bodu a súčasne je teplota vonkajšieho vzduchu pod bodom mrazu, hrozí tvorba ľadu na povrchu rekuperátoru. Poznáme dva princípy ochrany pred namrznutím rekuperátoru. Pri prvom sa snažíme udržať teplotu na výstupe nad hodnotu zamrznutia a ak teplota stále klesá, uberáme otáčky rekuperátoru. V druhom prípade sledujeme namrznutie tlakovou diferenciou na rekuperátore a akonáhle snímač zopne, rekuperátor sa deaktivuje a čaká sa na rozmrznutie. Snímač tlakovej diferencie reaguje aj v prípade zanesenia rekuperátoru pri nevhodnej údržbe filtrov.

[2], [3]

## 1.5 OKRUH OHREUVU VO VZDUCHOTECHNIKE

Vo vzduchotechnike sa časť energie potrebnej pre dosiahnutie požadovanej teploty v miestnosti pokrýva z dôvodu úspory napríklad vodnými sústavami. Výkon ohrievača sa riadi podľa teploty v obsluhovanej miestnosti, podľa teploty odvádzaného vzduchu, alebo podľa teploty privádzaného vzduchu (v prípade, že zariadenie obsluhuje veľký počet miestností s rôznymi požiadavkami na teplotu).

Ak regulujeme výkon ohrievača podľa priestorovej teploty, užívateľ si nastaví teplotu v priestore a ohrievač sa reguluje na túto teplotu. Pri tomto spôsobe regulácie je možné teplotu fúkaného vzduchu znížiť alebo zvýšiť tak, aby sme dosiahli požadovanej teploty čo najrýchlejšie. U tohto spôsobu zohráva veľkú rolu tzv. „vplyvnosť“. Tu vypočítame tak, že od nastavenej teploty odčítame teplotu priestorovú a rozdiel vynásobíme „vplyvom“. Hodnota „vplyvu“ sa pohybuje od 1 do 3. Hodnotu „vplyvnosti“ následne pripočítame k nastavenej teplote a tým dostaneme teplotu vzduchu fúkaného do priestoru. Teplotu ešte obmedzíme tak, aby do priestoru nebol privádzaný príliš chladný, alebo naopak horúci vzduch.

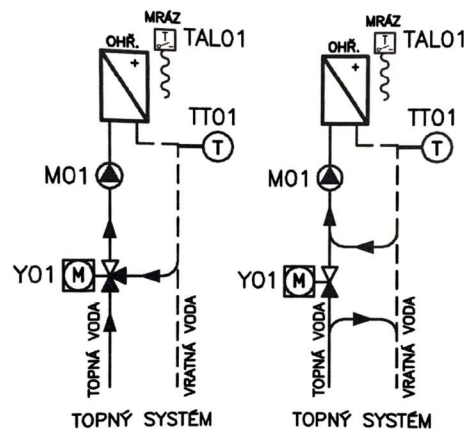
V prípade regulácie na teplotu prívodného vzduchu, si užívateľ nastaví teplotu fúkaného vzduchu a ohrievač regulujeme na túto teplotu. Tento spôsob regulácie sa využíva napríklad v kuchyniach a v priestoroch, kde ohrievač pokrýva iba tepelné straty vetraním, alebo zabraňuje tepelným ziskom od iných zdrojov tepla. U tohto spôsobu regulácie ohrievača nedostávame spätnú väzbu na teplotu v priestore.

Pri regulácii na teplotu odvádzaného vzduchu postupujeme podobne ako pri regulácii na teplotu priestorovú. Tento spôsob regulácie sa využíva v prípade, že osadenie priestorových snímačov je nežiadúce.

Pri vzduchotechnických jednotkách, slúžiacich aj na chladenie, musíme zabezpečiť, aby v letných mesiacoch nevznikal veľký rozdiel medzi teplotou vonkajšieho a vnútorného vzduchu.

[3], [4], [5]

Ak vzduchotechnická jednotka obsahuje teplovodný ohrievač, používame reguláciu zmiešavaním. Jedná sa o reguláciu kvalitatívnu, takže prietok v okruhu je nemenný. Regulácia rozdeľovaním (kvantitatívna) je nežiadúca z dôvodu možného zamrznutia trubkového registru. V okruhu ohrievača stačí osadiť čerpadlo s konštantnými otáčkami.



**Obrázok 8** Zmiešavací a vstrekovací okruh teplovodných ohrievačov vzduchotechniky [3]

Dôležitým parametrom pre bezproblémový chod teplovodného ohrievača v zime je dĺžka potrubia medzi regulačným uzlom a vykurovacím registrom. S dĺžkou potrubia narastá dopravné meškanie sústavy a regulácia sa stáva náročnejšou. V krajnom prípade môže nastať situácia, že vzduchotechnika je v zime nepoužiteľná.

U teplovodných výmenníkov je nutné zabezpečiť ochranu proti mrazu. Jedná sa o súbor opatrení k zabráneniu zamrznutiu vody v okruhu ohrievača. Teplovodný výmenník chránime pred zamrznutím dvomi spôsobmi. Jedným z nich je inštalácia kapilárnej mrazovej ochrany na lamely ohrievača. Kapiláru namontujeme na výmenník do registru vodorovne. Pre ušetrenie digitálnych vstupov je možné osadiť viacero kapilárnych ochrán do série. V tom prípade ale nie je možné jednoducho určiť mrazovú ochranu, ktorá vyvolala haváriu. Ďalšia cesta, ktorou môžeme zabezpečiť ochranu pred mrazom je monitorovanie teploty vratnej vody z výmenníku. V tomto prípade umiestnime na výstup vratnej vody z výmenníku snímač teploty. Ten zabezpečí otvorenie regulačného ventilu aby sme predišli použitiu kapilárnej ochrany. Ak teplota vratnej vody stále klesá a dosiahne minimálnu hodnotu, vzduchotechnická jednotka preruší chod a nasleduje aktivácia kapilárnej ochrany.

[3], [4]

V prípade plynového ohrievaču odpadá nutnosť použitia protimrazovej ochrany. K regulácií plynového ohrievača môžeme pristupovať ako k regulácií plynového kotla. Pred a za plynový ohrievač je vhodné umiestniť prevádzkové a havarijné termostaty. Základnou podmienkou pre správne fungovanie vzduchotechniky je, že chod plynového ohrievača

povolíme až po spustení ventilátorov a otvorení klapiek. Z dôvodu zotrvačnosti plynových horákov musíme vždy pred odstavením vzduchotechnickej jednotky najskôr ohrievač ochladiť. V prípade zanesenia filtra ohrievač odstavujeme, pretože predpokladáme nedostatočný prietok vzduchu cez ohrievač a hrozí jeho poškodenie.

Podobne ako k plynovému ohrievaču pristupujeme funkčne aj k ohrievaču elektrickému. Taktiež platí, že pred a za ohrievač osadzujeme havarijný a prevádzkový termostat. Tieto termostaty zaisťujú vypnutie ohrievača napríklad v prípade odstavenia ventilátoru. Elektrický ohrievač môžeme regulovať prepínaním medzi jednotlivými vykurovacími špirálami, alebo pomocou signálu PWM (impulzne-široková modulácia). Okrem týchto spôsobov môžeme v niektorých prípadoch využiť aj dvojpohovú reguláciu (spínanie plného výkonu pri požiadavku na ohrev).

[3], [4]

## **1.6 OKRUH CHLADENIA VO VZDUCHOTECHNIKE**

Kvôli dosiahnutiu požadovaného stavu vzduchu v interiéri je nutné zabezpečiť nielen ohrev a vlhčenie vzduchu ale aj jeho chladenie, prípadne odvlhčenie. Chladiaci okruh sa do vzduchotechnických jednotiek osadzuje z dôvodu potreby ochladiť a odvlhčiť vzduch. V prípade využívania chladenia na ochladenie vzduchu v priestore, regulujeme sústavu podľa požadovanej teploty fúkaného vzduchu. Ak má chladič vo vzduchotechnike slúžiť na odvlhčenie, musíme ho regulovať tak, aby privádzaný vzduch schladil pod rosný bod. Na povrchu chladiča skondenzuje vlhkosť a následne vzduch dohrejeme v ohrievači na požadovanú teplotu fúkaného vzduchu.

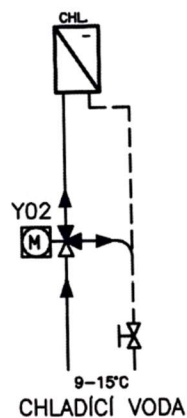
Chladenie vo vzduchotechnike môžeme regulovať buď skokovo (ZAP/VYP), alebo plynule. Pri chladení väčších budov, či výrobných hál si môžeme pomôcť aj vonkajším vzduchom. Energiu dostupnú z vonkajšieho prostredia využijeme tak, že pred zapnutím vzduchotechniky si zmeriame teplotu vonkajšieho vzduchu a ak je o 1°C nižšia než požadovaná teplota tak využijeme vonkajšieho vzduchu na ochladenie prívodného vzduchu. Chladiaci výkon je navrhnutý na maximálny prietok vzduchotechniky a preto musíme dbať, aby chladenie bolo v prevádzke iba pri plnom výkone vzduchotechnickej jednotky. V opačnom prípade hrozí zamrznutie chladiaceho registru, prípade vážnejšie

poškodenie. Z dôvodu občasného namrznania pri menších výkonoch chladenia osadzujeme kapilárnu ochranu a snímače tlakovej diferencie.

U priameho chladenia využívame väčšinou skokovú reguláciu. Z toho dôvodu musíme nájsť kompromis medzi komfortom ochladzovaného priestoru a životnosťou chladiaceho agregátu.

Pri použití vodného chladenia musíme dávať pozor na minimálny tlak v chladiacom okruhu. Vhodné je zaistiť aj automatické dopúšťanie vody do systému. Regulácia agregátov vodného chladenia prebieha buď prepínaním výkonu kontaktom v percentách výkonu (napríklad 60% a 100%), alebo prepínaním žiadanej teploty výstupnej (vratnej), vody z, resp. do chladiaceho stroja. Kombinácia oboch variant nie je možná. U vodného chladenia je vhodné vyrobený chlad ukladať do akumulčných nádrží, z ktorých si potom spotrebiče chlad odoberajú. Následná regulácia prebieha plynule až u jednotlivých spotrebičov.

[3], [5]



**Obrázok 9** Vodný chladiaci okruh [3]

Pri adiabatickom chladení osadzujeme do odťahového potrubia zvlhčovač, ktorý bude studenou vodou chladiť odťahovaný vzduch a následne sa v rekuperátore chlad predá na privádzaný vzduch. Tento spôsob chladenia je výhodný tam, kde máme k dispozícii dostatočné množstvo odpadnej vody aby sa celý proces ekonomicky oplatil. Zariadenia pre adiabatické chladenie vyžadujú pravidelnú údržbu kvôli zamedzeniu množenia baktérií.

[3]

## 1.7 VENTILÁTORY

Vzduchotechnická jednotka sa nezaobíde bez ventilátora. Úlohou ventilátora je prekonať tlakové straty potrubnej siete pri doprave vzduchu. Vo vzduchotechnike používame ventilátory radiálne, axiálne, diagonálne a diametrálne. Pozornosť, ktorú venujeme regulácii ventilátora sa nám vráti na prevádzkových nákladoch vzduchotechniky.

[4], [5]



Obrázok 10 Radiálny ventilátor [12]



Obrázok 11 Axiálny ventilátor [13]

U malých aplikácií vzduchotechniky, alebo tam, kde požadujeme nemenný prietok vzduchu používame ventilátory jednotáčkové. Viac otáčkové motory sa hodia do výrobných hál, alebo do priestorov, kde skoková zmena prietoku vzduchu neznamená problém. U viac-otáčkových motorov je dobré myslieť na vradenie dopravného meškania. To zaisťuje, že pri prepnutí otáčok z vyšších na nižšie nebude motor namáhaný brzdením. Ďalším spôsobom ovládania ventilátora je plynulá regulácia pomocou frekvenčného meniča. V tomto prípade odpadá problém s brzdením motora. Regulácia frekvenčným meničom má ešte niekoľko výhod ako napríklad korekciu otáčok ventilátora podľa otvorenia cirkulačnej klapky, a iné.

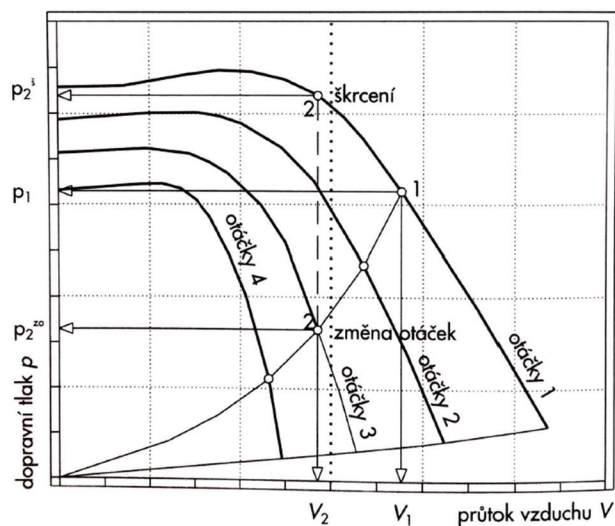
Pri malých tlakových stratách siete alebo pri veľkom celkovom dopravnom tlaku ventilátora naberajú lopatky ventilátora nadmerné množstvo vzduchu a môže nastať preťaženie motora nadprúdom. Z tohto dôvodu je pri uvádzaní ventilátorov do prevádzky dôležité zmerať prúd motora.

V prípadoch kedy môže dôjsť k úrazu, osadzujeme k blízkosti ventilátora na viditeľné miesto prevádzkový vypínač.

Ak používame frekvenčný menič, osadíme prevádzkový vypínač na jeho silový vstup. Týmto predídeme situácií, kedy by došlo k vypnutiu prevádzkovým vypínačom pri chode motora, čo by spôsobilo nevratné poškodenie frekvenčného meniča.

Frekvenčným meničom môžeme teda plynule meniť otáčky ventilátora. Plynulá regulácia frekvenčným meničom je výhodná aj z hľadiska spotreby energie. Pri inštalácií frekvenčných meničov je nutné dbať na prúdovú ochranu motora frekvenčného meniča. Pri chode vzduchotechnickej jednotky môže dochádzať pri určitých frekvenciách k nepríjemnej rezonancii. Tomuto javu môžeme predísť použitím funkcie na preskočenie daných frekvencií.

V súčasnej dobe máme k dispozícii aj takzvané EC motory, ktoré majú riadiacu elektroniku integrovanú priamo v motore. Takto integrovaná riadiaca elektronika funguje v zásade ako frekvenčný menič. [3], [4], [20]



**Obrázok 12** Regulácia výkonu ventilátoru škrcením a zmenou otáčok [4]

Ventilátory je možné regulovať aj škrcením. To je realizované pomocou klapky, umiestnenej pred alebo za ventilátor. Klapka umožňuje priškrcenie prúdu vzduchu, čím vzniká miestna tlaková strata a mení sa charakteristika siete. Tento spôsob regulácie je nevýhodný z dôvodu marenia energie a z dôvodu zvýšenej hlučnosti pri škrcení ventilátora.

[3], [4]

## 1.8 REGULÁTORY PRIETOKU VZDUCHU

V niektorých prípadoch je vhodné navrhnuť systém jednej centrálnej vzduchotechnickej jednotky v kombinácii s regulátormi prietoku vzduchu zaisťujúcimi požadovaný prietok do jednotlivých vetraných úsekov. Toto riešenie je často výhodnejšie ako použitie viacerých samostatných vzduchotechnických jednotiek. Regulátory prietoku vzduchu môžu byť s variabilným prietokom alebo s konštantným prietokom vzduchu. Všeobecne by sa dá chod regulátorov prietoku vzduchu zhrnúť do štyroch stavov. V prvom je klapka regulátoru uzavretá, teda do vetraného priestoru neprúdi žiadny vzduch. Takýmto spôsobom dokážeme šetriť energiu v prípadoch, kedy nie je nutné daný priestor vetrať. Druhý stav je charakterizovaný parametrom regulátoru  $V_{\min}$ . Klapka regulátoru je otvorená minimálne, čo znamená, že do priestoru prúdi minimálne množstvo vzduchu. V ďalšom stave je prietok vzduchu v rozmedzí  $V_{\min}$  až  $V_{\max}$ . Množstvo vzduchu je regulované podľa potreby. Jedná sa o bežný prevádzkový stav. Štvrtý stav charakterizuje prietok vzduchu  $V_{\max}$ . Klapka regulátoru je otvorená na maximum a do priestoru prúdi maximálne možné množstvo vzduchu. Tohto stavu využívame napríklad v situáciách, keď potrebujeme obsluhovaný priestor vykúriť alebo schladiť v krátkom čase.

Minimálny, maximálny a nominálny prietok vzduchu regulátorom je daný od výrobcu regulátora. [3], [4]



**Obrázok 13** Regulátor variabilného prietoku vzduchu do štvorhranného potrubia [14]



**Obrázok 14** Regulátor konštantného prietoku vzduchu do kruhového potrubia [15]

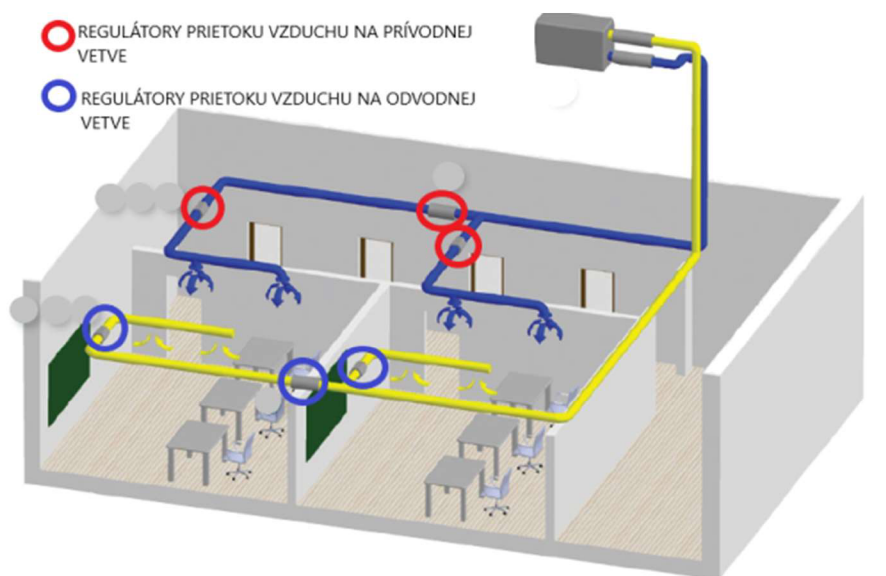
Z Hľadiska merania a regulácie je najdôležitejšie rozdelenie regulátorov prietoku vzduchu na regulátory s konštantným prietokom vzduchu a regulátory s variabilným prietokom vzduchu. Regulátorom konštantného prietoku nastavujeme požadované množstvo



vzduchu pri meniacich sa tlakových pomeroch v sieti. Tento typ regulátorov používame napríklad na schodisku, vstupnej hale a v priestoroch kde využijeme dva stavy (bez vetrania alebo plný prietok vzduchu).

Pomocou regulátorov variabilného prietoku vzduchu môžeme prietok vzduchu meniť podľa potreby. Prietok zaregulujeme podľa ľubovoľnej veličiny. V súčasnej dobe trh ponúka sortiment, ktorý umožňuje regulovať napríklad podľa teploty, vlhkosti, koncentrácie CO<sub>2</sub>, detekcie pohybu a tak ďalej. Rovnako je možné regulovať aj podľa prevádzkových režimov (denná/nočná prevádzka). V zásade sa dá regulovať každá veličina, ktorej aktuálnu hodnotu je možné previesť na signál 0-10 V. Prakticky to znamená, že hodnote 0 V priradíme minimálnu hodnotu veličiny a 10 V priradíme maximálnu hodnotu veličiny. Zmena nastavenia regulátora prebieha pomocou servoklapky, ktorá podľa potreby otvára alebo zatvára klapku v tele regulátora. Na to, aby regulátor variabilného prietoku vzduchu fungoval sú samozrejme potrebné snímače daných veličín umiestnené v obsluhovaných priestoroch. Použitie regulátorov variabilného prietoku vzduchu je výhodnejšie, pretože umožňujú aj nastavenie na konštantný prietok.

[3], [4]



Obrázok 15 Ukážkové schéma použitia regulátorov prietoku [14]

V tejto časti sa pokúsím naznačiť návrh regulátora prietoku vzduchu od jedného z výrobcov. Bol zvolený prietok vzduchu 500 m<sup>3</sup>/h a tlaková strata 150 Pa. Pri návrhu regulátora prietoku vzduchu musíme poznať tlakovú stratu siete a prietok vzduchu. Rýchlosť prúdenia vzduchu cez regulátor má byť v rozmedzí 2-9 m/s, niekedy až 12 m/s (líši sa podľa konkrétnych výrobcov). Na základe týchto parametrov sme schopný určiť optimálny rozmer regulátora.

Prútok vzduchu  m<sup>3</sup>/h ▼

Tlaková ztráta  Pa ▼

▼ Omezení

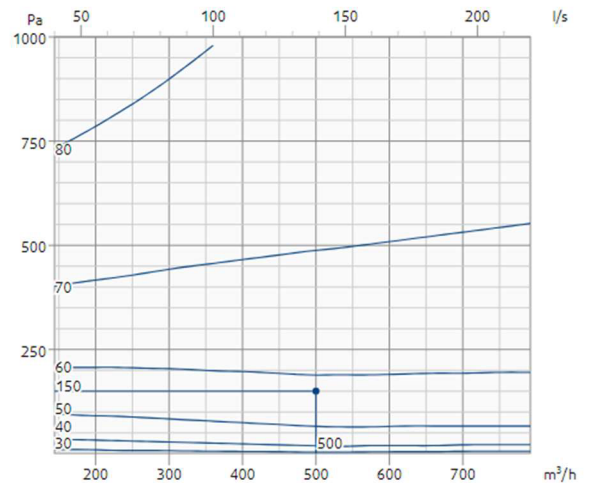
Výrobní nastavení V<sub>min</sub> 144 m<sup>3</sup>/h ▼

Výrobní nastavení V<sub>max</sub> 648 m<sup>3</sup>/h ▼

V<sub>nom</sub> 792 m<sup>3</sup>/h ▼

▼ Základní výběr

Velikost  ▼



**Obrázok 17** Príklad návrhu regulátora prietoku vzduchu [16]

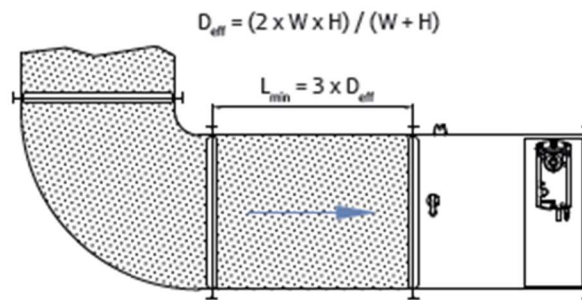
**Obrázok 16** Tlaková strata a hladina akustického výkonu (váhový filter A) [16]

Prútok vzduchu	500	m <sup>3</sup> /h ▼
Náběhová rychlost v nominální ploše	6,94	m/s
Tlaková ztráta	150	Pa ▼
Celková hladina akustického výkonu (do potrubí)	64	dB
Celková hladina akustického výkonu (váhový filtr-A)	58	dB(A)
Celková hladina akustického výkonu (vyzařovaná pláštěm)	61	dB
Celková hladina akustického výkonu vyzařovaná pláštěm (s váhovým filtrem-A)	46	dB(A)
Komunikace	1xAI, 1xAO, MP-BUS	

**Obrázok 18** Parametre zvoleného regulátora (200x100) pri danej rýchlosti a tlakovej strate [16]

Pri prúdeňi vzduchu cez regulátor dochádza k nežiadúcemu zvýšeniu hlučnosti. Preto je vhodné umiestniť za a pred regulátor tmič hluku.

Ďalej nesmieme zabudnúť na ukludňovací kus potrubia. Jeho rozmery získame zo vzťahu stanoveného výrobcom.



Obrázok 19 Výpočet dĺžky ukludňovacieho kusu potrubia [14]

## 1.9 SNÍMAČE VO VZDUCHOTECHNIKE

Ak snímač osadíme na nesprávne miesto, zaregulovať systém na optimálne podmienky je nemožné. Preto je osadenie snímačov v podstate najdôležitejšou fázou merania a regulácie systému. V tejto kapitole popíšem pár zásad dôležitých pre správne osadenie snímačov.

Ak osadzujeme snímač teploty do vzduchotechnického potrubia, dbáme na to, aby bol koniec snímača v strede potrubia. Pri nedodržaní tejto zásady nie je možné presne zmerať teplotu fúkaného vzduchu. Snímač teploty umiestňujeme, pokiaľ možno, do rovného úseku potrubia. [3]



Obrázok 20 Snímač teploty a vlhkosti [17]

Rovnaké zásady dodržiavame aj pri osadzovaní snímačov relatívnej vlhkosti. Je nutné poznať aj zloženie vzduchu v potrubí. Snímače vlhkosti nie je vhodné osadzovať do agresívneho prostredia.

U snímačov vlhkosti je dôležitá aj prístupnosť k osadeným snímačom. Tieto snímače nie sú bezúdržbové ako je to v prípade snímačov teploty. Z toho dôvodu je nutná pravidelná údržba a kalibrácia.

Ak je požadované meranie vlhkosti v priestore, použijeme snímače kombinované (merajú vlhkosť aj teplotu). Je to z dôvodu určenia teploty rosného bodu. Priestorový snímač by mal byť 120 – 140 cm nad podlahou.

Pri meraní rýchlosti prúdenia vzduchu osadzujeme snímač do rovného úseku potrubia, ktorý má rozmer aspoň 5-krát dimenzia potrubia pred a 2-krát dimenzia za snímačom. Snímač nie je vhodné umiestňovať do ohybov, odbočiek a iných miest, kde by mohlo byť meranie skreslené. Dĺžka zasunutia snímača závisí na rýchlostnom profile prúdenia, všeobecne sa dá povedať, že snímač je vhodné umiestniť do jednej tretiny potrubia. Na meranie rýchlosti prúdenia môžeme použiť aj merací kríž.

Dôležitým parametrom prístrojov je ich prevádzková teplota. Pri osadzovaní LCD displejov, frekvenčných meničov, polovodičových relé a iných zariadení dbáme na to, aby neboli umiestnené v prostredí s nevyhovujúcou teplotou. [3]

## **1.10 ZÁVER**

Teoretickú časť diplomovej práce som venoval opisu merania a regulácie jednotlivých častí vzduchotechnických zariadení. Všeobecne môžeme povedať, že na profesiu meranie a regulácia je kladený čoraz väčší dôraz. Je to logické, pretože správnym nastavením a optimalizáciou chodu systému je možné dosiahnuť nemalých energetických úspor.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

SYSTÉMY MĚŘENÍ A REGULACE VE  
VZDUCHOTECHNICE

MEASUREMENT AND REGULATION SYSTEMS IN AIR CONDITIONING

B) VÝPOČTOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Miroslav Ilko

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2024

## **B. VÝPOČTOVÁ ČASŤ**

### **2.1 ANALÝZA OBJEKTU**

Kapitola 2.1 Analýza objektu je prevzatá z bakalárskej práce

#### **2.1.1 POPIS OBJEKTU KINA**

Téma tejto diplomovej práce bude aplikovaná na objekt kina. Budova sa nachádza v lokalite Brno. Dominantným priestorom budovy je kinosála s kapacitou 78 osôb. Kinosála je obklopená priestormi zázemia kina.

Steny objektu sú z pórobetónových tvárnic, stropy sú železobetónové. Zastrešenie objektu tvorí plochá strecha z oceľových priehradových nosníkov. Vo všetkých priestoroch objektu je inštalovaný podhľad

#### **2.1.2 ROZDELENIE NA FUNKČNÉ CELKY**

Objekt je rozdelený na 3 funkčné celky podľa prevádzkových požiadaviek. Diplomová práca sa však bude venovať iba funkčnému celku č.1.

Funkčný celok č.1 – Kinosála, premietareň, miestnosť zvukára

Funkčný celok č.2 – Zázemie kina (prevažne pre návštevníkov)

Funkčný celok č.3 – Zázemie kina (pre personál), nahrávacie štúdio



**Obrázok 21** Funkčné celky 1NP



**Obrázok 22** Funkčné celky 2NP

### 2.1.3 KLIMATICKÉ ÚDAJE STAVBY

Miesto:	Brno
Nadmorská výška:	227 m n.m.
Normálny tlak vzduchu:	101,3 kPa
Výpočtová teplota vzduchu:	leto: 32 °C, zima: -13 °C, entalpia: leto 62 kJ/kg s.v.

### 2.1.4 POŽIADAVKY NA VNÚTORNÉ PROSTREDIE

V priestoroch kinosály sú uvažované podmienky:

- Leto: Teplota 25°C, vlhkosť 65%
- Zima: Teplota 20°C, vlhkosť 35%

V priestoroch zázemia kina sú uvažované podmienky:

- Leto: Teplota 25°C, vlhkosť 60%
- Zima: Teplota 20°C, vlhkosť 35%

## 2.2 SKLADBY KONŠTRUKCIÍ A VÝPOČET SÚČINITEĽA PRECHODU TEPLA

Kapitola 2.2 Skladby konštrukcií a výpočet súčiniteľa prechodu tepla je prevzatá z bakalárskej práce

Podľa ČSN 73 0540-4 – *Teplná ochrana budov – Časť 4: Výpočtové metódy*

Konštrukcia	U-vypočítané [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>N,20</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>rec,20</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
SO1 - Obvodová stena	0,23	0,30	0,25
SN1 - Vnútoraná nosná stena	0,31	0,60	0,40
SN2 - SDK Priečka	0,27	1,30	0,90
ST1 - Strecha	0,10	0,24	0,16
PD1 - Podlaha na teréne	0,24	0,45	0,30
PD2 - Pódium/hľadisko	0,20	0,75	0,50
PD3 - Strop pod strojovňou	0,21	0,60	0,40
PD4 - Podlaha na teréne	0,24	0,45	0,30
O1 - Okno	1,10	1,50	1,20
D1 - Dvere vnútorné	2,10	3,50	2,30

**Tabuľka 1** Sumarizačná tabuľka vypočítaných hodnôt súčiniteľa prechodu tepla a porovnanie s ČSN 73 0540-2



## 2.3 VÝPOČET TEPELNÝCH STRÁT

Kapitola 2.3 Výpočet tepelných strát je prevzatá z bakalárskej práce

### Tepelné straty do vonkajšieho prostredia

$$H_{T,ie} = \sum(A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k) \quad [\text{W/K}]$$

kde	$A_k$	plocha konštrukcie	$[\text{m}^2]$
	$U_{kc}$	súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
	$e_k$	korekčný činiteľ zahrňujúci exponovanie, klimatické podmienky (uvažujem hodnotu 1)	$[-]$

$$U_{kc} = U_k + \Delta U \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

kde  $\Delta U$  je korekčný súčiniteľ  $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$

### Tepelné straty zeminou

$$H_{T,ig} = \sum(A_k \cdot U_{equie,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w \quad [\text{W/K}]$$

kde	$U_{equie,k}$	ekvivalentný súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie v kontakte so zeminou	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
	$f_{g1}$	opravný súčiniteľ, uvažujúci vplyv ročnej zmeny priebehu vonkajšej teploty, stanovená národná hodnota	$[-]$
	$f_{g2}$	opravný súčiniteľ, zahrňujúci rozdiel medzi ročnou priemernou vonkajšou teplotou a výpočtovou vonkajšou teplotou	$[-]$
	$G_w$	opravný súčiniteľ na vplyv spodnej vody	$[-]$

$$f_{g2} = \frac{(\theta_{init,i} - \theta_{m,e})}{(\theta_{init,i} - \theta_e)} \quad [-]$$

kde	$\theta_{init,i}$	teplota interiéru	$[\text{°C}]$
	$\theta_{m,e}$	teplota zeminou	$[\text{°C}]$
	$\theta_e$	vonkajšia výpočtová teplota	$[\text{°C}]$

### Tepelné straty z/do priestorov rozdielnej teploty

$$H_{T,ij} = \sum(A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}) \quad [\text{W/K}]$$

Kde  $f_{ij}$  súčiniteľ redukcie teploty [-]

$$f_{ij} = \frac{(\theta_{init,i} - \theta_j)}{(\theta_{init,i} - \theta_e)} \quad [-]$$

kde  $\theta_i$  teplota príslušného priestoru [°C]

### Celková merná tepelná strata prechodom

$$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,ij} \quad [\text{W/K}]$$

### Návrhová strata prechodom

$$\phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{init,i} + \theta_e) \quad [\text{W}]$$

Kinosála - 1.31					
Tepelné straty stenou do strojovne VZT					
$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [W/m <sup>2</sup> K]	$f_{ij}$	$H_{Ti}$ [W/K]		
19,35	0,31	0,30	1,79		
Tepelné straty strechou					
$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Delta U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{kc}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$e_k$	$H_{Ti}$ [W/K]
174,72	0,10	0,02	0,12	1,00	20,17
Tepelné straty podlahou					
$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equie,k}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$H_{Ti}$ [W/K]
39,44	0,23	1,45	0,45	1	5,93
Tepelné straty pódium/hľadiskom					
$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [W/m <sup>2</sup> K]	$f_{ij}$	$H_{Ti}$ [W/K]		
146,75	0,20	0,36	10,53		
$\sum H_{Ti}$ [W/K]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	Návrhová strata prechodom $\phi_{T,i}$ [W]		
38,42	20	-13	1267,75		

Tabuľka 2 Tepelné straty m.č. 1.31 Kinosála.

Premietareň - 2.13					
Tepelné straty obv. Stenou					
$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Delta U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{kc}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$e_k$	$H_{Ti}$ [W/K]
34,20	0,23	0,02	0,25	1,00	8,61
Tepelné ztráty strechou					
$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Delta U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{kc}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$e_k$	$H_{Ti}$ [W/K]
42,2	0,10	0,02	0,12	1,00	4,87
$\Sigma H_{Ti}$ [W/K]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	Návrhová strata prechodom $\Phi_{T,i}$ [W]		
13,48	20	-13	444,77		

**Tabuľka 3** Tepelné straty m.č. 2.13 premietareň

Miestnosť zvukára - 2.14					
Tepelné straty obvodovou stenou					
$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Delta U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{kc}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$e_k$	$H_{Ti}$ [W/K]
10,44	0,23	0,02	0,25	1,00	2,63
Tepelné ztráty strechou					
$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Delta U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{kc}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$e_k$	$H_{Ti}$ [W/K]
16,8	0,10	0,02	0,12	1,00	1,94
Tepelné straty stenou do strojovne VZT					
$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [W/m <sup>2</sup> K]	$f_{ij}$	$H_{Ti}$ [W/K]		
4,82	0,31	0,30	0,45		
$\Sigma H_{Ti}$ [W/K]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	Návrhová strata prechodom $\Phi_{T,i}$ [W]		
5,01	20	-13	165,36		

**Tabuľka 4** Tepelné straty m.č. 2.14 miestnosť zvukára

Celková tepelná strata prechodom:

Funkčný celok č.1 – Kinosála, premietareň, miestnosť zvukára: 1877,87 W

## 2.4 VÝPOČET TEPELNEJ ZÁŤAŽE

Výpočet tepelnej záťaže bol prevedený pomocou softvéru TERUNA. Je nutné spomenúť navrhované prevádzkové stavy kina (podrobnejšie sú opísané v kapitole 2.9 diplomovej práce).

### Miestnosť 1.32 – Kinosála

#### Prevádzkový stav 1

##### VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

###### \*\*\*\*\* INFORMACE O PROJEKTU \*\*\*\*\*

###### \*\*\*\*\* ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU \*\*\*\*\*

Venkovní stěna

+----SO03 Střecha (174.72m<sup>2</sup>, 0.4m, 0.04W/mK, 60kg/m<sup>3</sup>, 1020kJ/kgK)

Symetrická stěna

+----SN1- Vnitřní nosna (300m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.2W/mK, 1000kg/m<sup>3</sup>, 900kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+----SN04 Vnitřní nosna (19.35m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.1W/mK, 100kg/m<sup>3</sup>, 900kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+----SO5 Podium (146.75m<sup>2</sup>, 0.2m, 0.1W/mK, 200kg/m<sup>3</sup>, 600kJ/kgK)

Podlaha

+----Podlaha na terenu (39.4m<sup>2</sup>, 0.25m, 0.13W/mK, 1900kg/m<sup>3</sup>, 800kJ/kgK)

Další akumul. hmota

+----nabytek (15m<sup>2</sup>, 90kg, 800kJ/kgK)

###### \*\*\*\*\* VSTUPNÍ ÚDAJE \*\*\*\*\*

Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.

Časový krok: 300s

Objem místnosti : 1011m<sup>3</sup>

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok: NE

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení[1]: 15 - 24h, 500W

Větrání[1]: 0 - 24h, 5m<sup>3</sup>/h

Ostatní tepelné zdroje: NE

Odpar vody: NE

Biologická produkce[1]: 15 - 17h, 75kg, počet osob: 23

Biologická produkce[2]: 17 - 19h, 75kg, počet osob: 47

Biologická produkce[3]: 19 - 22h, 75kg, počet osob: 78

Biologická produkce[4]: 22 - 24h, 75kg, počet osob: 55

Sálavé plochy: NE

###### \*\*\*\*\* VÝSLEDKY \*\*\*\*\*

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 21.92h: Citelné teplo Max= 8405.15W

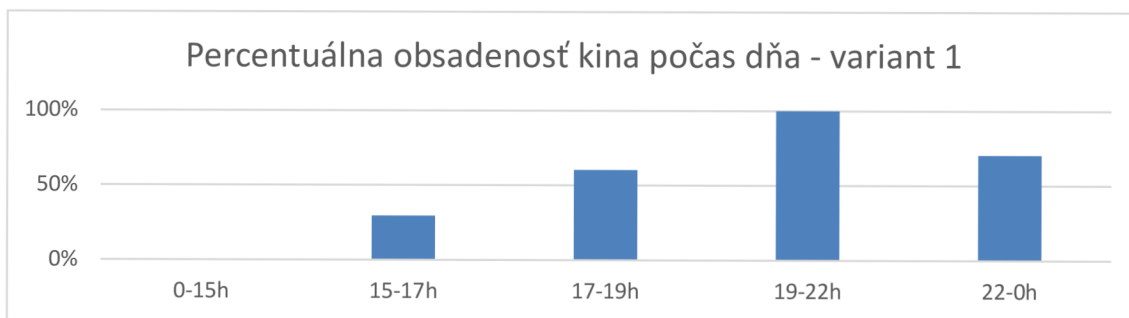
21.7. 14.58h: Citelné teplo Min= 466.32W

21.7. 21.92h: Vázané teplo=4143.41W Merna Tz = 43.56W/K

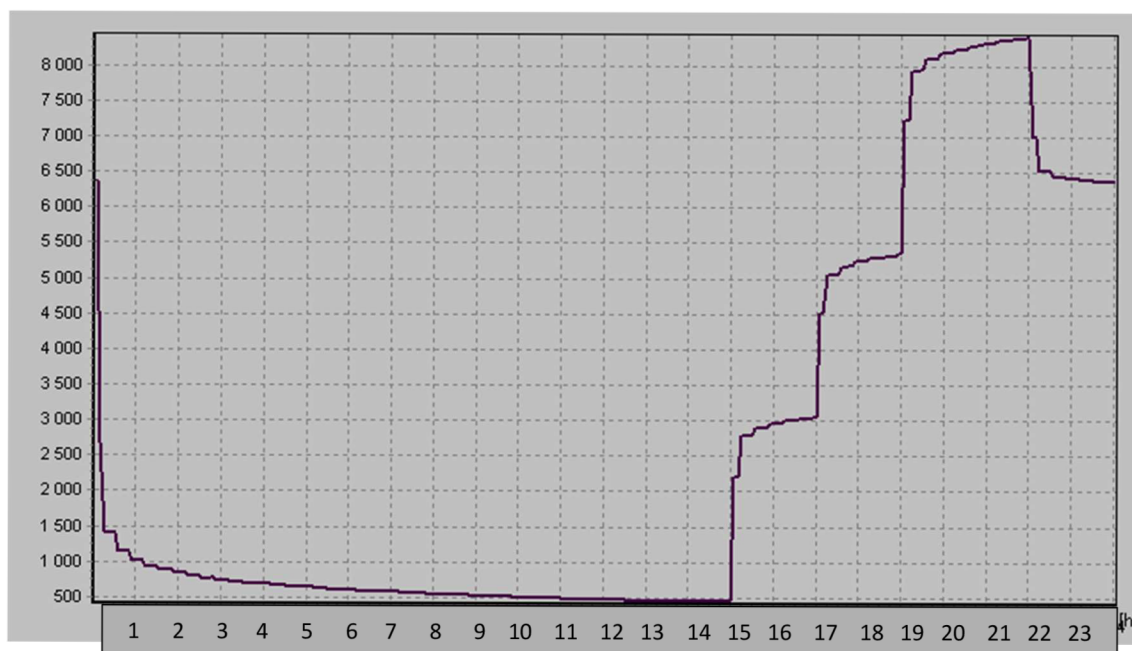
21.7. 21.92h: Potřeba chladu = 63.68kWh Potřeba tepla = 0kWh

Suma potřeby chladu = 63.68kWh

Suma potřeby tepla = 0kWh



**Graf 1** Percentuálna obsadenosť kina počas dňa – variant 1



**Graf 2** Priebeh tepelnej záťaže počas dňa – variant 1

## Prevádzkový stav 2

### VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

#### \*\*\*\*\* INFORMACE O PROJEKTU \*\*\*\*\*

#### \*\*\*\*\* ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU \*\*\*\*\*

Venkovní stěna

+---SO03 Střecha (174.72m<sup>2</sup>, 0.4m, 0.04W/mK, 60kg/m<sup>3</sup>, 1020kJ/kgK)

Symetrická stěna

+---SN1- Vnitřní nosna (300m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.2W/mK, 1000kg/m<sup>3</sup>, 900kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+---SN04 Vnitřní nosna (19.35m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.1W/mK, 100kg/m<sup>3</sup>, 900kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+---SO5 Podium (146.75m<sup>2</sup>, 0.2m, 0.1W/mK, 200kg/m<sup>3</sup>, 600kJ/kgK)

Podlaha

+---Podlaha na terenu (39.4m<sup>2</sup>, 0.25m, 0.13W/mK, 1900kg/m<sup>3</sup>, 800kJ/kgK)

Další akumul. hmota

+---nabytek (15m<sup>2</sup>, 90kg, 800kJ/kgK)

#### \*\*\*\*\* VSTUPNÍ ÚDAJE \*\*\*\*\*

Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.

Časový krok: 300s

Objem místnosti : 1011m<sup>3</sup>

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok: NE

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení[1]: 15 - 24h, 500W

Větrání[1]: 0 - 24h, 5m<sup>3</sup>/h

Ostatní tepelné zdroje: NE

Odpar vody: NE

Biologická produkce[1]: 15 - 17h, 75kg, počet osob: 78

Biologická produkce[2]: 17.5 - 19.5h, 75kg, počet osob: 78

Biologická produkce[3]: 20 - 22h, 75kg, počet osob: 78

Sálavé plochy: NE

#### \*\*\*\*\* VÝSLEDKY \*\*\*\*\*

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 21.92h: Citelné teplo Max= 8423.36W

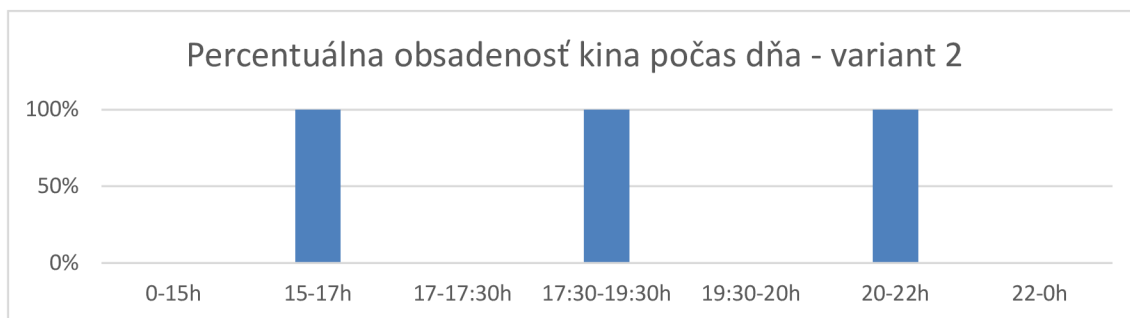
21.7. 14.42h: Citelné teplo Min= 459.18W

21.7. 21.92h: Vázané teplo=4143.41W Merna Tz = 43.56W/K

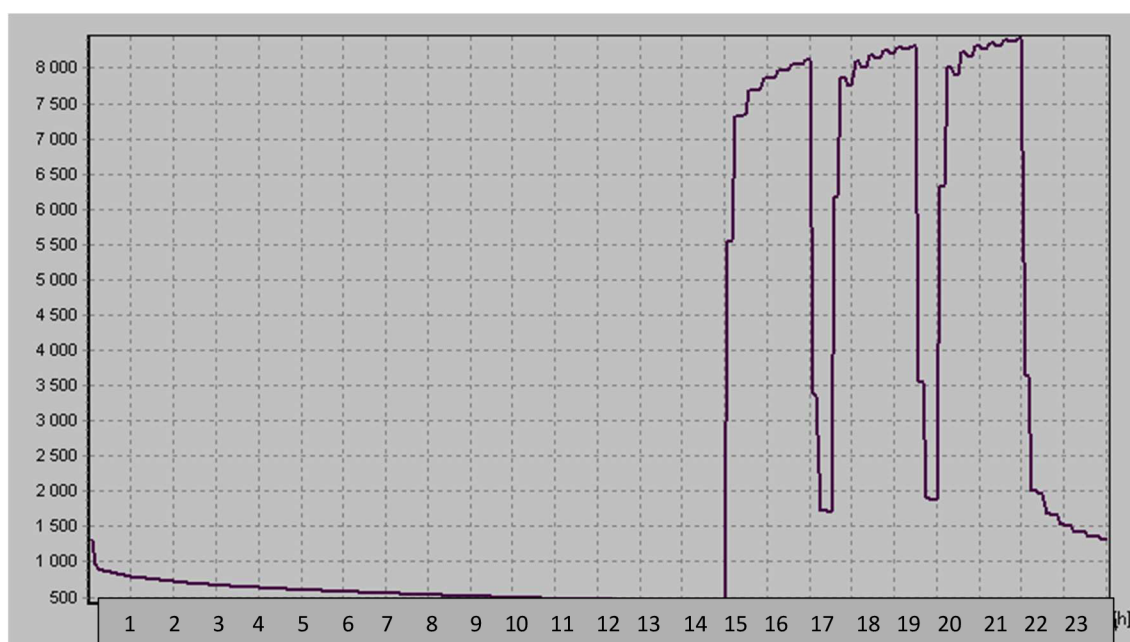
21.7. 21.92h: Potřeba chladu = 61.86kWh Potřeba tepla = 0kWh

Suma potřeby chladu = 61.86kWh

Suma potřeby tepla = 0kWh



**Graf 3** Percentuálna obsadenosť kina počas dňa – variant 2



**Graf 4** Priebeh tepelnej záťaže počas dňa – variant 2

## Prevádzkový stav 3

### VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

\*\*\*\*\* INFORMACE O PROJEKTU \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU \*\*\*\*\*

Venkovní stěna

+-----SO03 Střecha (174.72m<sup>2</sup>, 0.4m, 0.04W/mK, 60kg/m<sup>3</sup>, 1020kJ/kgK)

Symetrická stěna

+-----SN1- Vnitřní nosna (300m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.2W/mK, 1000kg/m<sup>3</sup>, 900kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+-----SN04 Vnitřní nosna (19.35m<sup>2</sup>, 0.3m, 0.1W/mK, 100kg/m<sup>3</sup>, 900kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+-----SO5 Podium (146.75m<sup>2</sup>, 0.2m, 0.1W/mK, 200kg/m<sup>3</sup>, 600kJ/kgK)

Podlaha

+-----Podlaha na terenu (39.4m<sup>2</sup>, 0.25m, 0.13W/mK, 1900kg/m<sup>3</sup>, 800kJ/kgK)

Další akumul. hmota

+-----nabytek (15m<sup>2</sup>, 90kg, 800kJ/kgK)

\*\*\*\*\* VSTUPNÍ ÚDAJE \*\*\*\*\*

Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.

Časový krok: 300s

Objem místnosti : 1011m<sup>3</sup>

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok: NE

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení[1]: 15 - 24h, 500W

Větrání[1]: 0 - 24h, 5m<sup>3</sup>/h

Ostatní tepelné zdroje: NE

Odpar vody: NE

Biologická produkce[1]: 9 - 11h, 75kg, počet osob: 55

Biologická produkce[2]: 11.5 - 13.5h, 75kg, počet osob: 55

Biologická produkce[3]: 14 - 16h, 75kg, počet osob: 39

Biologická produkce[4]: 17 - 19.5h, 75kg, počet osob: 65

Biologická produkce[5]: 20 - 22h, 75kg, počet osob: 78

Biologická produkce[6]: 22.5 - 24h, 75kg, počet osob: 65

Sálavé plochy: NE

\*\*\*\*\* VÝSLEDKY \*\*\*\*\*

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 21.92h: Citelné teplo Max= 8455.25W

21.7. 8.92h: Citelné teplo Min= 565.09W

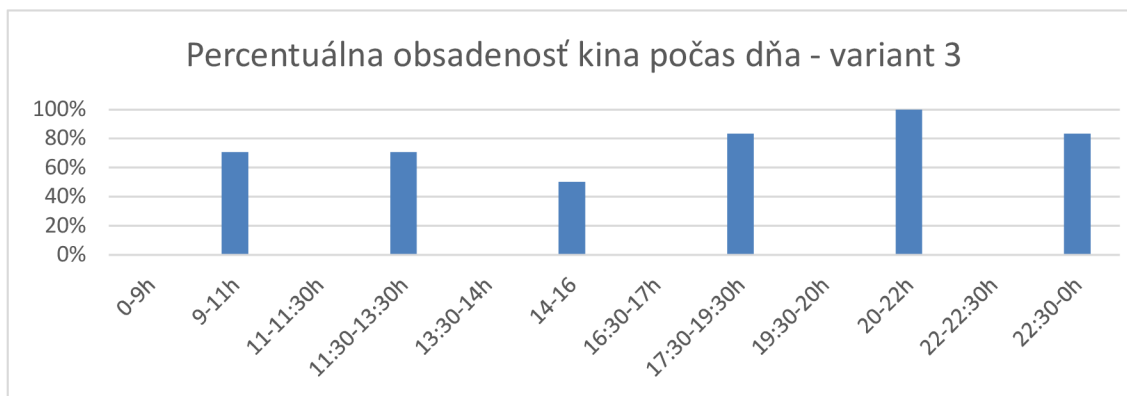
21.7. 21.92h: Vázané teplo=4143.41W Merna Tz = 43.56W/K

21.7. 21.92h: Potřeba chladu = 87.12kWh Potřeba tepla = 0kWh

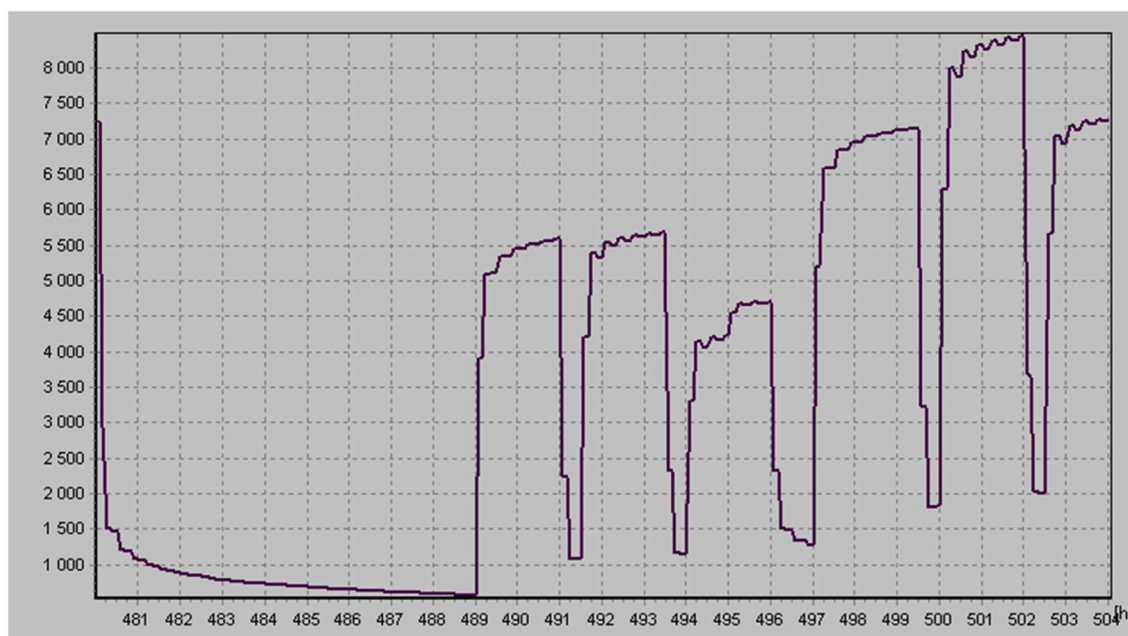
Suma potřeby chladu = 87.12kWh

Suma potřeby tepla = 0kWh





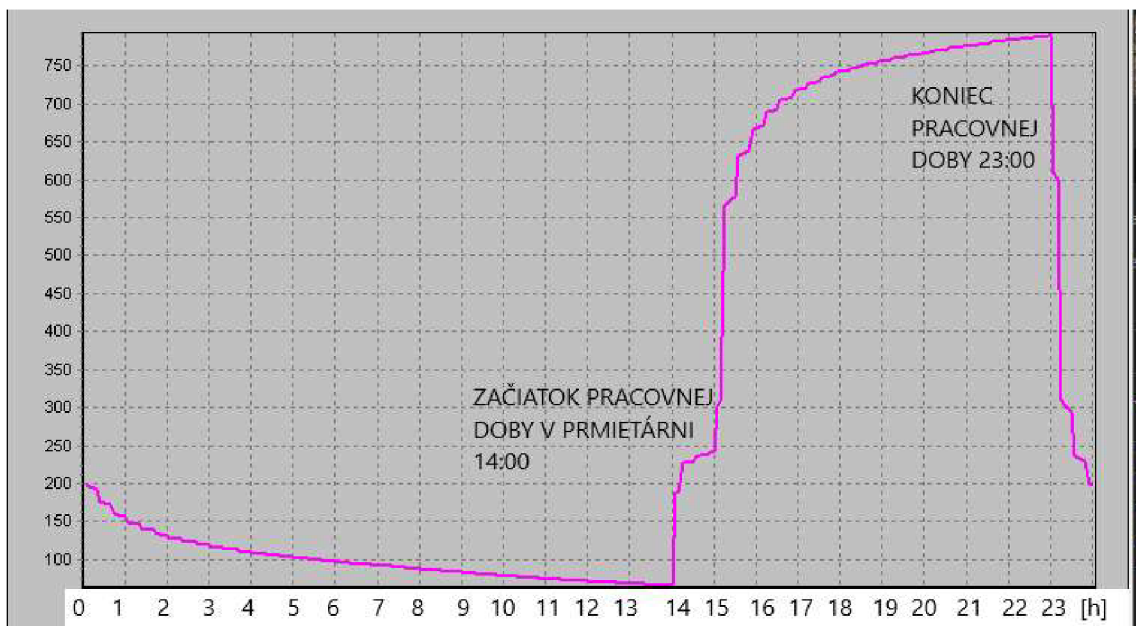
**Graf 5** Percentuálna obsadenosť kina počas dňa – variant 3



**Graf 6** Priebeh tepelnej záťaže počas dňa – variant 3

## Miestnosť 2.13 – Premietareň

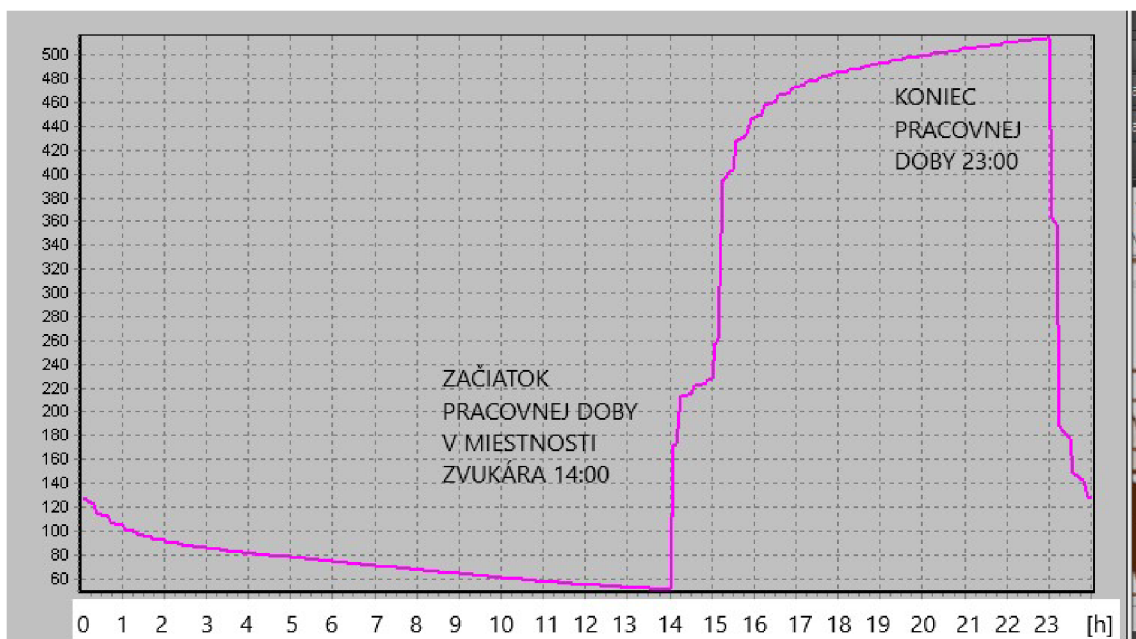
Prevzaté z bakalárskej práce



Graf 7 Priebeh tepelnej záťaže v miestnosti č. 2.13 – Premietareň

## Miestnosť 2.14 – Miestnosť zvukára

Prevzaté z bakalárskej práce



Graf 8 Priebeh tepelnej záťaže v miestnosti č. 2.14 – Miestnosť zvukára

## 2.5 STANOVENIE PRIETOKU VZDUCHU

Výpočet prietoku vzduchu bol prevzatý z bakalárskej práce. Pre určenie prietoku vzduchu boli rozhodujúce tepelné zisky

**Na krytie tepelných ziskov:**

$$V_p = \frac{Q_L}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_{\text{leto}}}$$

- M.č. 1.32 Kinosála:  $V_p = 3300 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
  - M.č. 2.13 Premietáreň:  $V_p = 350 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
  - M.č. 2.14 Miestnosť zvukára:  $V_p = 250 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
- Súčet pre celé zariadenie:  $V_p = 3900 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

**Na spotrebnú jednotku:**

Počet osôb:

- Kinosála – 78 osôb
- Premietáreň – 2 osoby
- Miestnosť zvukára – 2 osoby

Množstvo vzduchu na osobu:

- Kinosála – 35 m<sup>3</sup>/h
- Premietáreň, miestnosť zvukára – 50 m<sup>3</sup>/h

Množstvo vzduchu v miestnosti:

- M.č. 1.32 Kinosála:  $V_p = 2730 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
  - M.č. 2.13 Premietáreň:  $V_p = 100 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
  - M.č. 2.14 Miestnosť zvukára:  $V_p = 100 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
- Súčet pre celé zariadenie:  $V_p = 2930 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

**Požadovaná výmena vzduchu: 2 x/h**

Objem miestnosti:

- Kinosála – 1011 m<sup>3</sup>/h
- Premietáreň – 127 m<sup>3</sup>/h
- Miestnosť zvukára – 51 m<sup>3</sup>/h

Množstvo vzduchu v miestnosti:

- M.č. 1.32 Kinosála:  $V_p = 2050 \frac{m^3}{h}$
  - M.č. 2.13 Premietáreň:  $V_p = 250 \frac{m^3}{h}$
  - M.č. 2.14 Miestnosť zvukára:  $V_p = 100 \frac{m^3}{h}$
- Súčet pre celé zariadenie:  $V_p = 2400 \frac{m^3}{h}$

Prietok čerstvého vzduchu  $V_p = 3950 \text{ m}^3/\text{h}$

Priestory sú v rovnotlakom režime a teda platí, že  $V_p = V_o$

Parametre vzduchu v lete:

- Kinosála:  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 65 \%$
- Premietáreň:  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 65 \%$
- Miestnosť zvukára:  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 65 \%$

Parametre vzduchu v zime:

- Kinosála:  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 35 \%$
- Premietáreň:  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 35 \%$
- Miestnosť zvukára:  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 35 \%$

## 2.6 DISTRIBUČNÉ ELEMENTY

Pre distribúciu vzduchu v priestoroch kinosály boli zvolené výuste s vírivým výtokom vzduchu VVM a lamelové anemostaty ALCM. Distribučné elementy zabezpečujú rovnomernú distribúciu vzduchu v celých priestoroch. Návrh distribučných elementov bol prevzatý z bakalárskej práce.



Obrázok 23 VVM – výust' v vírivým výtokom vzduchu [18]



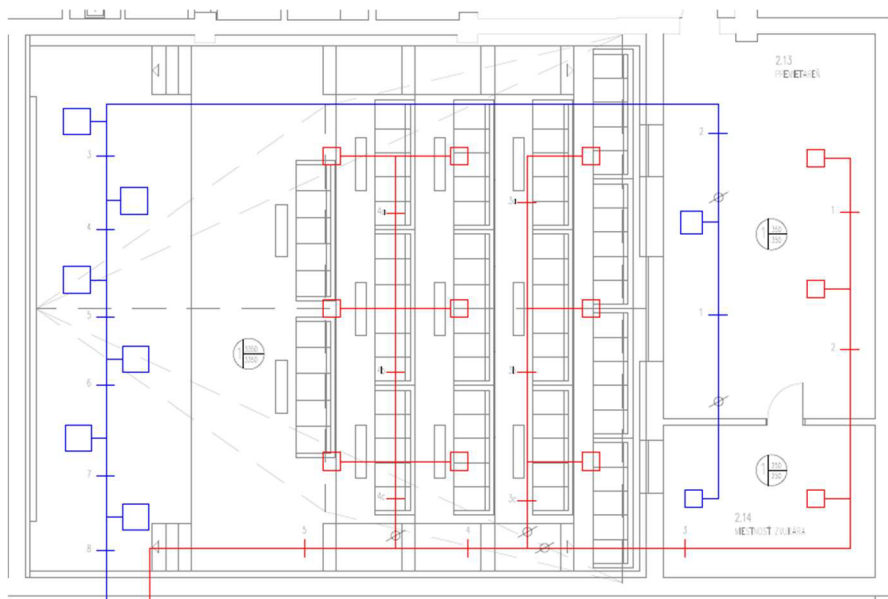
Obrázok 24 ALCM – Anemostat lamelový [19]

Č. ZARIŽENÍ	Č. MIESTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA (m <sup>2</sup> )	OBJEM (m <sup>3</sup> )	PŘÍVOD/ ODVOD	OZNAČENÍ VÝUSTKY	POČET (Ks)	PRŮTOK NA 1 ELEMENT (m <sup>3</sup> /h)	Δpc (Pa)	WH1 (m/s)	wL (m/s)	Lwa (dB)	H (m)	H <sub>z</sub> (m)
Zařízení č.1 - Teplovzdušné vykurovanie a klimatizácia priestorov kina														
1	1.32	KINOSÁL	166,1	1011,0	P	Anemostat ALCM 400/P/R TPM 003/97	3	373	16	0,05	0,16	28	4,8	3,4
					P	Anemostat ALCM 400/P/R TPM 003/97	3	373	16	0,05	0,05	28	5,4	4
					P	Anemostat ALCM 400/P/R TPM 003/97	3	373	16	0,04	0,05	28	5,7	4,3
					O	Vířivá výust' VVM 600 C/V/O/24 TPM 001/96	6	559	21	0		33		
	2.13	PREMIETÁREŇ	42,1	127,0	P	Vířivá výust' VVM 400 C/V/P/16/ TPM 001/96	2	175	10	0,05	0,12	20	2,65	1,6
					O	Vířivá výust' VVM 500 C/V/O/24 TPM 001/96	1	350	21			34		
	2.14	MIESTNOSŤ ZVUKÁRA	16,8	51,0	P	Vířivá výust' VVM 400 C/V/P/16/R TPM 001/96	1	250	20	0,08	0,22	30	2,65	1,6
					O	Vířivá výust' VVM 400 C/V/O/16 TPM 001/96	1	250	20			30		

Tabuľka 5 Distribučné elementy – zariadenie č.1

## 2.7 DIMENZOVANIE POTRUBIA

Dimenzovanie potrubia je prevzaté z bakalárskej práce. Pre prívod o a odvod vzduchu bolo navrhnuté hranaté potrubie z pozinkovaného ocelového plechu. Napojenie koncových elementov je zaistené pomocou ohybného zvukovo izolačného potrubia. Vo všetkých miestnostiach okrem strojovne sú rozvody zakryté sadrokartónovým podhlľadom.



Obrazok 25 Schéma dimenzovania potrubia – zariadenie č.1

PRÍVOD			HODNOTY											TLAK. STRÁTA		POZNÁMKA	
Č.Ú.	V		PREDBEŽNÉ		SKUTOČNÉ - VYPOČÍTANÉ								ξ	R <sub>1</sub> . l	ξ . Pd (Z)		
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	l	w' (R' <sub>1</sub> )	S'	d'r	výška	šířka	d <sub>r</sub>	S	w	p <sub>a</sub> (Z)					R <sub>1</sub>
-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	m	m	m <sup>2</sup>	m/s	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>	-	Pa	Pa		
<b>ZARIADENIE č. 1</b>			<b>Prívodné potrubie</b>														
1	175	0,05	3	2	0,024	0,176	0,315	0,125	0,179	0,025	1,93	2,24	0,31	0,6	0,93	1,34	
2	350	0,10	4,8	2,3	0,042	0,232	0,315	0,2	0,245	0,047	2,06	2,55	0,23	0,6	1,10	1,53	
3	600	0,17	8,5	2,6	0,064	0,286	0,315	0,28	0,296	0,069	2,42	3,52	0,35	1,5	2,98	5,28	
4	1719	0,48	3	3,5	0,136	0,417	0,4	0,45	0,424	0,141	3,38	6,86	0,4	0,9	1,20	6,18	
5	3950	1,10	15	5	0,219	0,529	0,56	0,56	0,56	0,246	4,45	11,91	0,65	2,7	9,75	32,15	
													Σ	15,96	46,48		
													Σ	62,44 Pa			
														10,00 Pa		VÝUSŤ	
														120,00 Pa		KLAPKY (3KS)	
														60,00 Pa		ŽALUZIE	
														120,00 Pa		TLMIČ HLUKU	
													Σ	372,44 Pa			

Tabuľka 6 Dimenzovanie hlavnej vetvy prívodného potrubia – zariadenie č.1

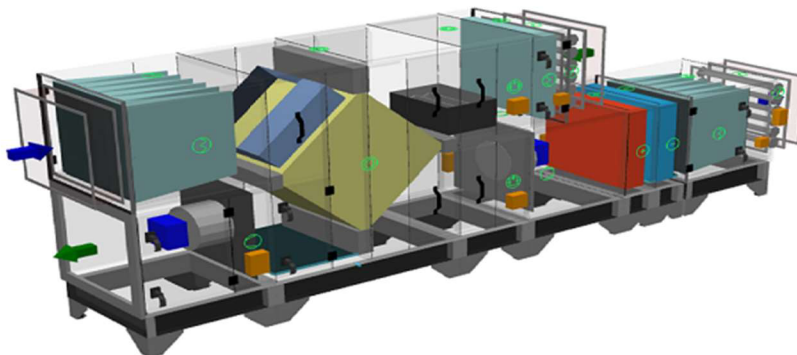
ODVOD			HODNOTY											TLAK. STRATA		POZNÁMKA	
			PREDBEŽNÉ				SKUTOČNÉ - VYPOČÍTANÉ										
Č.Ú.	V		I	w' (R' <sub>1</sub> )	S'	d'r	výška	šířka	d.	S	w	p <sub>d</sub> (Z)	R <sub>1</sub>	ξ	R <sub>1</sub> . I	ξ . Pd (Z)	
-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	m	mm	m <sup>2</sup>	m/s	Pa	Pa.m <sup>-1</sup>	-	Pa	Pa		
<b>ZARIADENIE č. 1</b>			<b>Odvodné potrubí</b>														
1	250	0,07	6,3	2,5	0,028	0,188	0,28	0,16	0,204	0,033	2,12	2,71	0,45	0,6	2,84	1,63	
2	600	0,17	17,1	2,6	0,064	0,286	0,28	0,315	0,296	0,069	2,42	3,52	0,45	2,1	7,70	7,39	
3	1159	0,32	1,8	2,8	0,115	0,383	0,4	0,4	0,4	0,126	2,56	3,94	0,21	0,9	0,38	3,54	
4	1718	0,48	1,8	3	0,159	0,450	0,4	0,56	0,467	0,171	2,79	4,66	0,21	0,9	0,38	4,19	
5	2277	0,63	1,8	3,5	0,181	0,480	0,4	0,63	0,489	0,188	3,37	6,81	0,21	0,9	0,38	6,12	
6	2836	0,79	1,8	4	0,197	0,501	0,4	0,71	0,512	0,206	3,83	8,78	0,35	0,9	0,63	7,91	
7	3395	0,94	1,8	4,5	0,210	0,517	0,4	0,8	0,533	0,223	4,23	10,72	0,31	0,9	0,56	9,65	
8	3950	1,10	3	5	0,219	0,529	0,4	0,8	0,533	0,223	4,92	14,51	0,35	1,8	1,05	26,12	
9	2765	0,77	7,5	4	0,192	0,494	0,5	0,5	0,5	0,196	3,91	9,18	0,45	0,6	3,38	5,51	
														Σ	13,90	66,55	
														Σ	80,45 Pa		
															20,00 Pa		VÝUST'
															80,00 Pa		KLAPKY (ZKS)
															15,00 Pa		VÝFUJ. HLAVICA
															120,00 Pa		TLMIČ HLUKU
														Σ	315,45 Pa		

Tabuľka 7 Dimenzovanie odvodného potrubia – zariadenie č.1

## 2.8 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKEJ JEDNOTKY

Návrh vzduchotechnickej jednotky je prevzatý z bakalárskej práce. Návrh bol prevedený v softvéri AeroCAD od spoločnosti REMAK.

Pre obsluhu priestorov kina je navrhnutá vzduchotechnická jednotka Aero Master XP 06. Jednotka je umiestená v strojovni vzduchotechniky v technickom podlaží. Jednotka je zložená z filtrov, doskového rekuperátora s krížovým prúdením vzduchu, vodného ohrievača a chladiča, tlmiacich vložiek, uzatváracích klapiek a prívodného a odvodného ventilátora.



Obrázok 26 Vzduchotechnická jednotka obsluhujúca priestory kinosálu

## 2.9 PREVÁDZKOVÉ STAVY

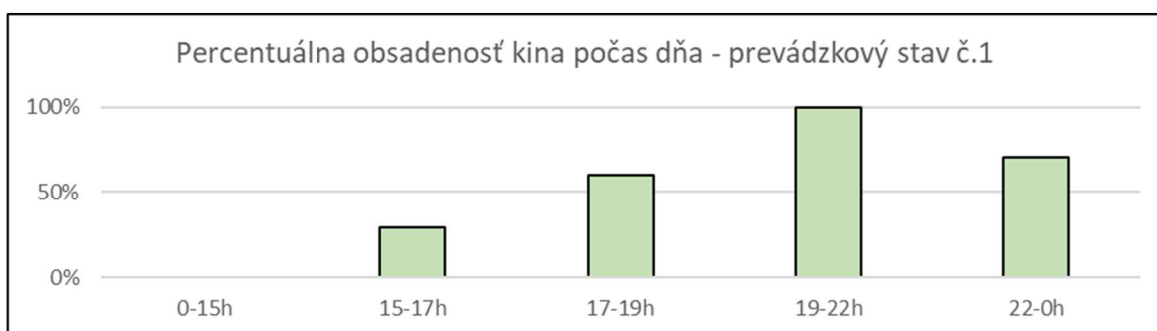
Pre účely diplomovej práce boli vytvorené tri prevádzkové stavy kina, ktoré majú simulovať obsadenosť kina behom dňa.

### 2.9.1 PREVÁDZKOVÝ STAV č.1

Pri prevádzkovom stave č. 1 sa uvažuje začiatok predstavenia o 15:00 hod. Dĺžka predstavení je 2 až 3 hodiny. Kapacita kina sa k večeru postupne zaplňuje. Obsadenosť dosiahne vrcholu medzi 19 a 22 hod.

Prevádzkový stav č.1			
od	do		
0	15	0-15h	0%
15	17	15-17h	29%
17	19	17-19h	60%
19	22	19-22h	100%
22	0	22-0h	71%

Tabuľka 8 Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č.1



Graf 9 Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č. 1

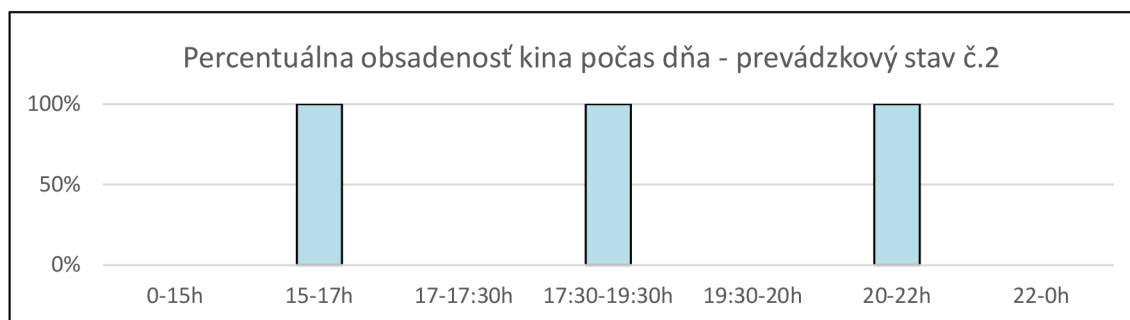


## 2.9.2 PREVÁDZKOVÝ STAV č.2

Pri prevádzkovom stave č. 1 sa uvažuje začiatok predstavenia o 15:00 hod. Na programe sú tri dvojhodinové predstavenia, medzi ktorými je vždy polhodinová pauza. Kapacita kina sa pri každom predstavení zaplní na 100 %.

Prevádzkový stav č.2			
od	do		
0:00	15:00	0-15h	0%
15:00	17:00	15-17h	100%
17:00	17:30	17-17:30h	0%
17:30	19:30	17:30-19:30h	100%
19:30	20:00	19:30-20h	0%
20:00	22:00	20-22h	100%
22:00	0:00	22-0h	0%

Tabuľka 9 Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č.2



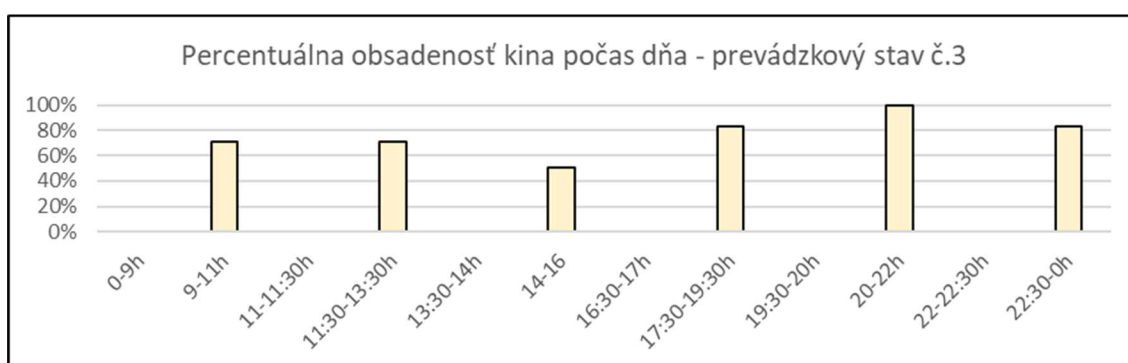
Graf 10 Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č. 2

### 2.9.3 PREVÁDZKOVÝ STAV č.3

Pri prevádzkovom stave č. 3 sa uvažuje začiatok predstavenia už o 9:00 hod. Na programe je celkom 6 predstavení, medzi ktorými je vždy polhodinová pauza. Posledné z nich končí o polnoci. Kapacita kina je naplnená na 100 % medzi 20. a 22. hodinou.

Prevádzkový stav č.3			
od	do		
0:00	9:00	0-9h	0%
9:00	11:00	9-11h	71%
11:00	11:30	11-11:30h	0%
11:30	13:30	11:30-13:30h	71%
13:30	14:00	13:30-14h	0%
14:00	16:00	14-16	50%
16:30	17:00	16:30-17h	0%
17:00	19:30	17:30-19:30h	83%
19:30	20:00	19:30-20h	0
20:00	22:00	20-22h	100%
22:00	22:30	22-22:30h	0%
22:30	0:00	22:30-0h	83%

Tabuľka 10 Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č.3



Graf 11 Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č. 3

## 2.10 ROZBOR VÝPOČTU

### 2.10.1 VÝPOČET KONCENTRÁCIE CO<sub>2</sub> V KINOSÁLE

Výpočet prirodzeného vetrania

$$\rho_i = \frac{1,276}{(1+0,00366 \cdot t_i)} \quad - \quad \text{hustota vnútorného vzduchu} \quad [\text{kg/m}^3]$$

kde  $t_i$  - teplota vnútorného vzduchu  $[^\circ\text{C}]$

$$\rho_e = \frac{1,276}{(1+0,00366 \cdot t_e)} \quad - \quad \text{hustota vonkajšieho vzduchu} \quad [\text{kg/m}^3]$$

kde  $t_e$  - teplota vonkajšieho vzduchu  $[^\circ\text{C}]$

$$\Delta p_t = h \cdot (\rho_e - \rho_i) \cdot g \quad - \quad \text{tlakový rozdiel vplyvom rozdielu teploty} \quad [\text{Pa}]$$

kde  $h = \frac{2}{3} \cdot v_o$

$v_o$  - výška okna  $[\text{m}]$

$g$  - gravitačné zrýchlenie  $[\text{m/s}^2]$

$$\Delta p_v = \frac{(A_v \cdot v_v^2 \cdot \rho_e)}{2} \quad - \quad \text{tlakový rozdiel vplyvom rozdielu tlaku} \quad [\text{Pa}]$$

kde  $A_v$  - náveterný tlakový súčiniteľ  $[-]$

$v_v$  - rýchlosť vetra  $[\text{m/s}]$

$\rho_e$  - hustota vonkajšieho vzduchu  $[\text{kg/m}^3]$

$$\Delta p = \Delta p_t + \Delta p_v \quad - \quad \text{tlakový rozdiel celkový} \quad [\text{Pa}]$$

$$V_{inf} = \Sigma(i \cdot l) \cdot \Delta p^{0,67} \quad - \quad \text{infiltrácia oknami/konštrukciami} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

kde  $i$  - súčiniteľ škárovej prievzdušnosti okna  $[\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}]$

$l$  - obvod okna/konštrukcie  $[\text{m}]$

$\Delta p$  - tlakový rozdiel  $[\text{Pa}]$

$$t_e = t_{e,max} - A_e \cdot (1 - \sin(\tau_i - 135)) \quad - \quad \text{vonkajšia teplota} \quad [^\circ\text{C}]$$

kde  $\tau_i = \frac{i \cdot 360}{24}$  - časový uhol  $[^\circ]$

$t_{e,max}$  - maximálna teplota v priebehu dňa  $[^\circ\text{C}]$

$A_e$  - amplitúda kolísania vonkajšej teploty  $[\text{K}]$

$i$  - počítaná hodina  $[\text{hod}]$

Rovnica pre výpočet koncentrácie škodlivín v uzavretom priestore

Pre  $i=1$

$$k_{int_1} = k_{ext}$$

Pre  $i>1$

$$k_{int_1} = k_{ext} + (k_{int_{i-1}} - k_{ext}) \cdot \exp\left(\frac{-V_{(i-1)} \cdot \Delta\tau_i}{O}\right) + \left(\frac{M_{\dot{s}_i}}{V_{(i-1)}}\right) \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-V_{(i-1)} \cdot \tau_i}{O}\right)\right)$$

<i>k<sub>ext</sub></i>	-	vonkajšia koncentrácia CO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]
<i>k<sub>int</sub></i>	-	maximálna vnútorná koncentrácia CO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]
<i>V</i>	-	objemový prietok vzduchu	[m <sup>3</sup> /s]
<i>τ<sub>i</sub></i>	-	časový úsek	[h]
<i>M<sub>š<sub>i</sub></sub></i>	-	produkcia škodliviny	[g/h]
<i>O</i>	-	Objem miestnosti	[m <sup>3</sup> ]

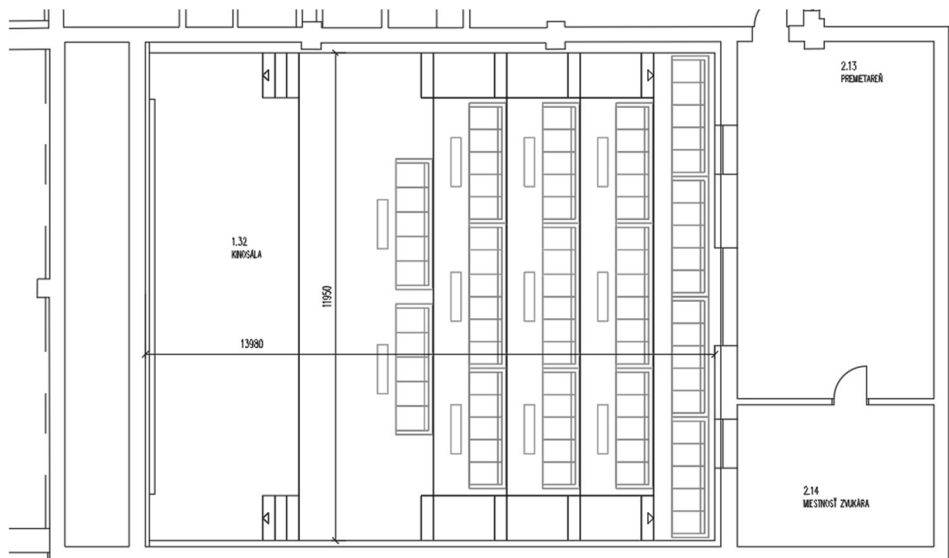
## 2.10.2 VSTUPNÉ HODNOTY DO VÝPOČTU

Objem miestnosti:	$O = 1011 \text{ m}^3$
Počet osôb:	$n = 78$
Maximálna teplota v priebehu dňa:	$t_{e,max} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$
Amplitúda kolísania vonkajšej teploty:	$A_e = 8 \text{ K}$
Maximálna teplota v interiéri:	$t_{i,max} = 25^\circ\text{C}$
Amplitúda kolísania vnútornej teploty:	$A_i = 1,5 \text{ K}$
Náveterný tlakový súčiniteľ:	$A_v = 0,6$
Rýchlosť vetra:	$v_v = 2 \text{ m/s}$
Vonkajšia koncentrácia CO <sub>2</sub>	$k_{ext} = 400 \text{ ppm} = 720 \text{ mg/m}^3$
Maximálna koncentrácia CO <sub>2</sub>	$k_{int} = 1500 \text{ ppm} = 2700 \text{ mg/m}^3$
Hmotnosť škodliviny (CO <sub>2</sub> )	$M_{\dot{s}} = 0,016 \text{ m}^3/\text{h} = 4,44 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 8,0 \text{ mg/s}$

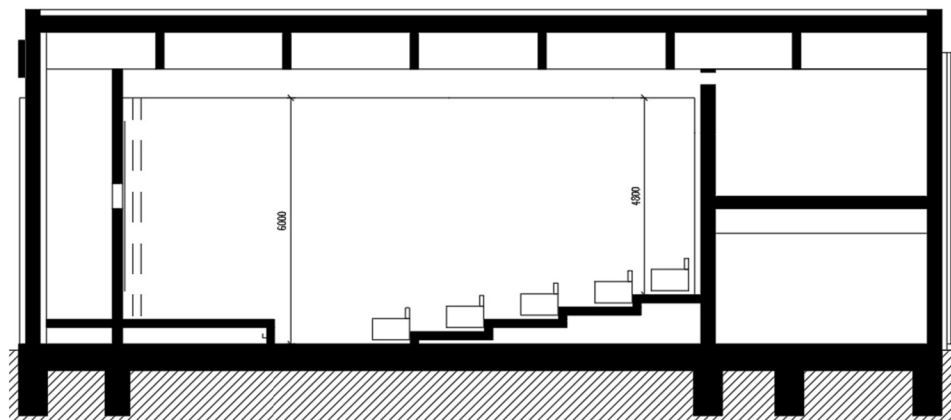
Maximálna hodnota koncentrácie CO<sub>2</sub> je 1500 ppm. Túto hodnotu udáva Vyhláška č. 20/2012 Sb. ako limitnú pre kvalitné vnútorné prostredie. Táto vyhláška však prestáva platiť k 1.1.2024.

Jednotka ppm (part per milion) udáva počet molekúl danej látky na milión molekúl ostatných látok. Faktor prepočtu z mg/m<sup>3</sup> je 0,556. Platí teda, že 1 mg/m<sup>3</sup> = 1·0,556 ppm. Objemový prietok vzduchu V [m<sup>3</sup>/s] je daný súčtom objemového prietoku infiltráciou stavebnými konštrukciami V<sub>inf</sub> [m<sup>3</sup>/s] a objemového prietoku núteného vetrania V<sub>nuc</sub> [m<sup>3</sup>/s].

Z dôvodu dispozičného umiestnenia kinosály, nie je možné uvažovať infiltráciu okenými otvormi. Infiltrácia stavebnými konštrukciami V<sub>inf</sub> [m<sup>3</sup>/s] bola preto stanovená ekvivalentne technickým odhadom.



Obrázok 27 Pôdorys kinosály



Obrázok 28 Rez kinosálou

## 2.11 VARIANTY REGULÁCIE

V tejto kapitole sú predstavené varianty regulácie ventilátora. Bolo navrhnutých celkom sedem variantov regulácie, ktoré sú popísané v nasledujúcich podkapitolách.

### 2.11.1 NUC 1 – REGULÁCIA ON/OFF

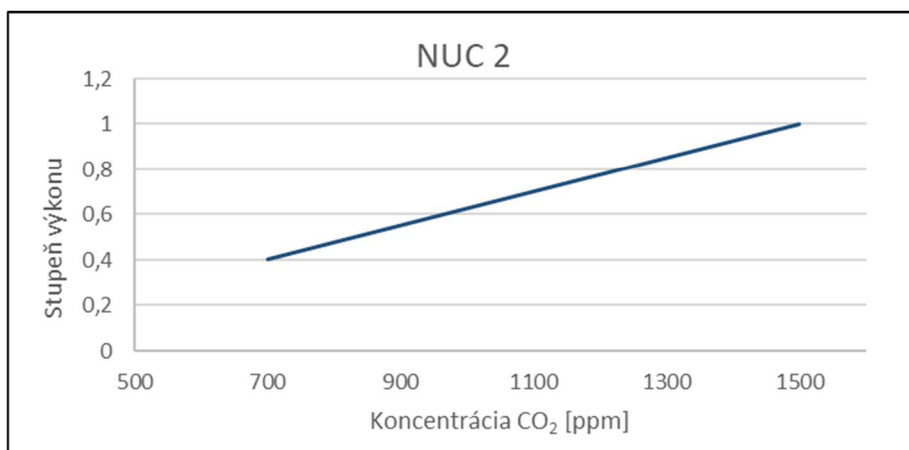
Vo variante č. 1 s označením NUC 1 je ventilátor riadený pomocou regulácie on/off. Ventilátor sa spustí ak snímač CO<sub>2</sub> zaznamená hodnotu 1500 ppm spustí sa ventilátor. Doba chodu ventilátora je stanovená na 30 minút.

### 2.11.2 NUC 1.1 – REGULÁCIA ON/OFF

Vo variante č. 2 s označením NUC 1.1 je ventilátor, podobne ako v prípade varianty č.1, riadený pomocou regulácie on/off. Ventilátor sa však spustí už pri hodnote koncentrácie CO<sub>2</sub> 1200 ppm. Doba chodu ventilátora je stanovená na 30 minút. Pri tomto variante je dosiahnutý vyšší komfort ako pri variante č.1.

### 2.11.3 NUC 2 – REGULÁCIA PLYNULÁ LINEÁRNA

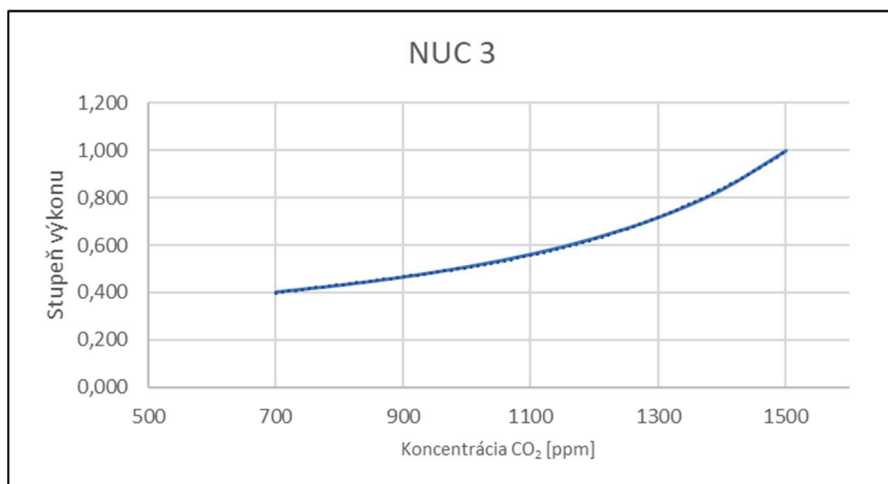
V tomto variante je ventilátor regulovaný pomocou lineárnej závislosti. Ventilátor dosahuje plných otáčok pri koncentracii CO<sub>2</sub> 1500 ppm. Pri hodnote koncentrácie 700 ppm ide ventilátor na 40% výkonu. Pod hodnotou 700 ppm je chod ventilátoru zaregulovaný na 30% výkonu.



Graf 12 Variant regulácie NUC 2

### 2.11.4 NUC 3 – REGULÁCIA PLYNULÁ KVADRATICKÁ KONVEXNÁ

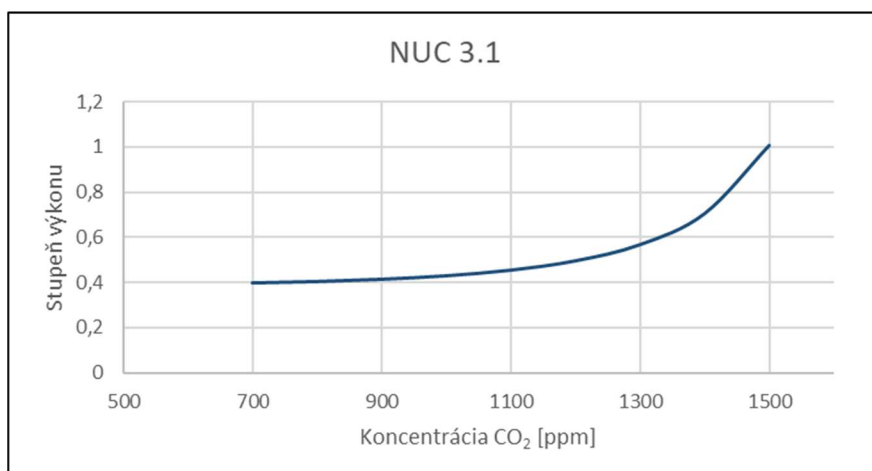
V tomto prípade je ventilátor regulovaný pomocou kvadratickej konvexnej závislosti. Ventilátor dosahuje plných otáčok pri koncentracii CO<sub>2</sub> 1500 ppm. Pri hodnote koncentracie 700 ppm ide ventilátor na 40% výkonu. Pod hodnotou 700 ppm je chod ventilátoru zaregulovaný na 30% výkonu



Graf 13 Variant regulácie NUC 3

### 2.11.5 NUC 3.1 – REGULÁCIA PLYNULÁ KVADRATICKÁ KONVEXNÁ

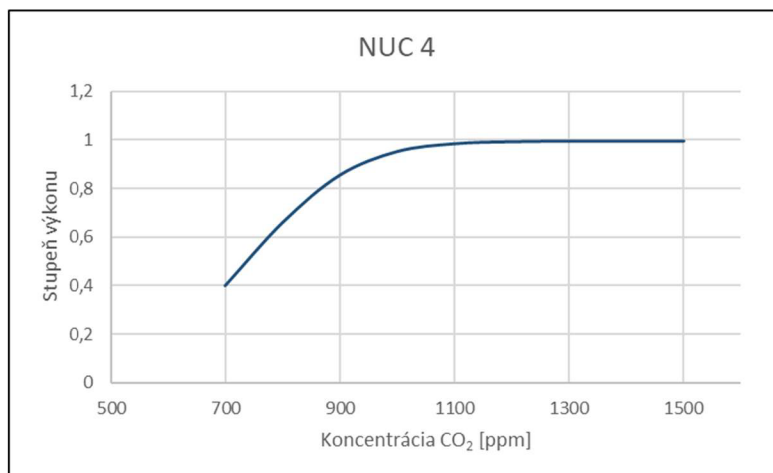
V tomto prípade je ventilátor regulovaný pomocou kvadratickej konvexnej závislosti. Ventilátor dosahuje plných otáčok pri koncentracii CO<sub>2</sub> 1500 ppm. Pri hodnote koncentracie 700 ppm ide ventilátor na 40% výkonu. Pod hodnotou 700 ppm je chod ventilátoru zaregulovaný na 30% výkonu. Rozdiel oproti variantu NUC 3 je v tom, že krivka má zo začiatku miernejší nábeh.



Graf 14 Variant regulácie NUC 3.1

### 2.11.6 NUC 4 – REGULÁCIA PLYNULÁ KVADRATICKÁ KONKÁVNA

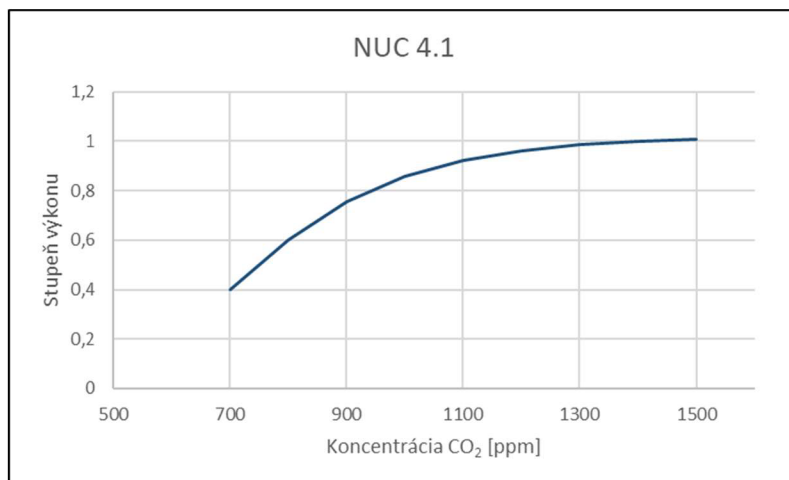
Ventilátor je pri variante NUC 4 regulovaný pomocou kvadratickej konkávnej závislosti. Ventilátor dosahuje plných otáčok pri koncentracii CO<sub>2</sub> 1500 ppm. Pri hodnote koncentracie 700 ppm ide ventilátor na 40% výkonu. Pod hodnotou 700 ppm je chod ventilátoru zaregulovaný na 30% výkonu.



Graf 15 Variant regulácie NUC 4

### 2.11.7 NUC 4.1 – REGULÁCIA PLYNULÁ KVADRATICKÁ KONVEXNÁ

Pri variante NUC 4.1 je ventilátor regulovaný pomocou kvadratickej konkávnej závislosti. Ventilátor dosahuje plných otáčok pri koncentracii CO<sub>2</sub> 1500 ppm. Pri hodnote koncentracie 700 ppm ide ventilátor na 40% výkonu. Pod hodnotou 700 ppm je chod ventilátoru zaregulovaný na 30% výkonu. Oproti variantu NUC 4 má krivka v tomto prípade miernejší nábeh.



Graf 16 Variant regulácie NUC 4.1



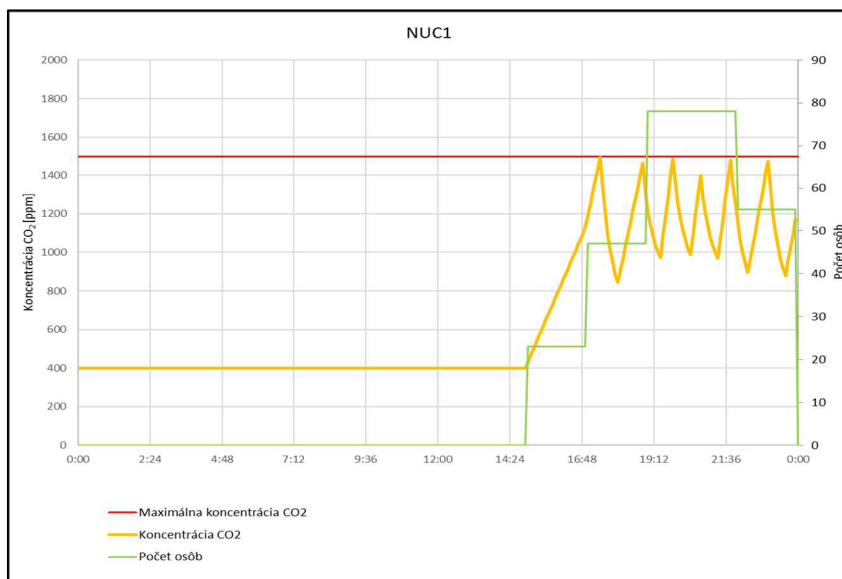
## 2.12 APLIKÁCIA REGULAČNÝCH VARIANT

Táto kapitola sa venuje aplikácií jednotlivých variant regulácie na prevádzkové stavy kina. Celkovo máme 7 regulačných variant aplikovaných na 3 prevádzkové stavy

### 2.12.1 NUC 1

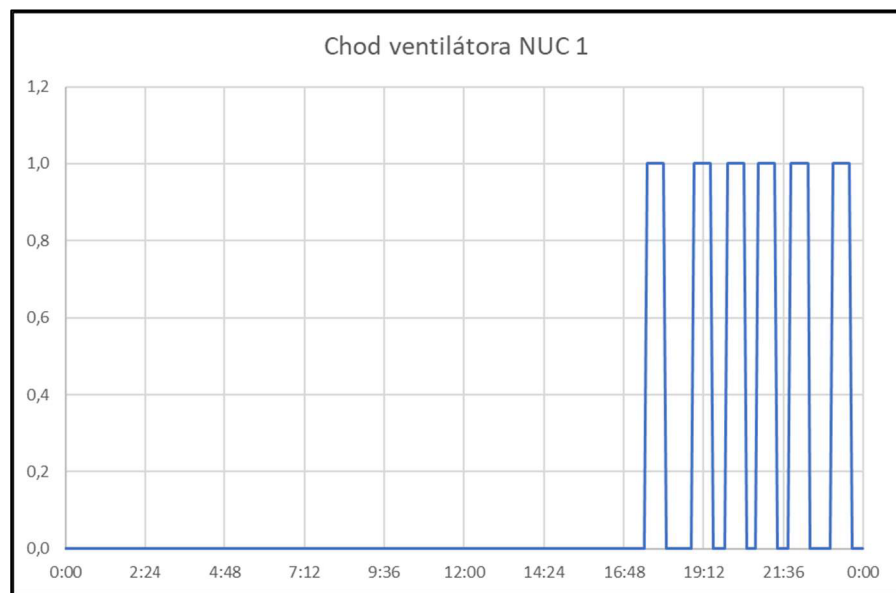
τ	τ	Δτ	ŠKODLIVINY		VETRANIE PRIRODZENÉ/NÚTENÉ										KONCENTRÁCIA ŠKODLIVINY	
			i <sub>i</sub>	M <sub>i</sub>	t <sub>e</sub>	p <sub>e</sub>	t <sub>i</sub>	p <sub>i</sub>	Δp	V <sub>inf</sub>	NUC1	V <sub>max</sub>	V	k <sub>int</sub>	k <sub>ext</sub>	
čas	časový úhol	čas	počet osôb	produkcia CO <sub>2</sub>	Vonkajšia teplota	Hustota vonkajšieho vzduchu	Teplota interiéru	Hustota vnútorného vzduchu	Tlakový rozdiel vplyvom rozdielu teplôt a tlaku	Infiltrácia oknami/stavebnými konštrukciami	Regulácia on/off	Nútené vetranie	Objemový prietok vzduchu	Koncentrácia CO <sub>2</sub>	Koncentrácia CO <sub>2</sub>	
[hh:mm]	[°]	[s]	[-]	[mg/s]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa]	[m <sup>3</sup> /s]		[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[ppm]	
17:05	17,00	256	300,00	47	376	30,8	1,147	24,8	1,170	1,056	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2248	1250
17:10	17,00	258	300,00	47	376	30,7	1,147	24,8	1,170	1,060	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2359	1312
17:15	17,00	259	300,00	47	376	30,7	1,147	24,7	1,170	1,065	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2470	1374
17:20	17,00	260	300,00	47	376	30,6	1,148	24,7	1,170	1,069	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2582	1435
17:25	17,00	261	300,00	47	376	30,5	1,148	24,7	1,170	1,074	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2693	1497
17:30	17,00	263	300,00	47	376	30,3	1,148	24,7	1,170	1,079	0,0010	1,0	0,76	0,7593	2394	1331
17:35	17,00	264	300,00	47	376	30,2	1,149	24,7	1,170	1,084	0,0010	1,0	0,76	0,7593	2157	1199
17:40	17,00	265	300,00	47	376	30,1	1,149	24,6	1,170	1,089	0,0010	1,0	0,76	0,7593	1967	1093
17:45	17,00	266	300,00	47	376	30,0	1,150	24,6	1,170	1,094	0,0010	1,0	0,76	0,7593	1815	1009
17:50	17,00	268	300,00	47	376	29,9	1,150	24,6	1,171	1,099	0,0010	1,0	0,76	0,7593	1694	942
17:55	17,00	269	300,00	47	376	29,8	1,151	24,6	1,171	1,105	0,0010	1,0	0,76	0,7593	1597	888
18:00	18,00	270	300,00	47	376	29,7	1,151	24,6	1,171	1,111	0,0010	1,0	0,76	0,7593	1520	845
18:05	18,00	271	300,00	47	376	29,5	1,152	24,5	1,171	1,117	0,0010	0,0	0,00	0,0010	1632	907
18:10	18,00	273	300,00	47	376	29,4	1,152	24,5	1,171	1,122	0,0010	0,0	0,00	0,0010	1743	969
18:30	18,00	278	300,00	47	376	28,9	1,154	24,4	1,171	1,148	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2188	1216
18:35	18,00	279	300,00	47	376	28,7	1,155	24,4	1,171	1,154	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2299	1278
18:40	18,00	280	300,00	47	376	28,6	1,155	24,4	1,172	1,161	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2410	1340
18:45	18,00	281	300,00	47	376	28,4	1,156	24,3	1,172	1,168	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2521	1402
18:50	18,00	283	300,00	47	376	28,3	1,156	24,3	1,172	1,174	0,0010	0,0	0,00	0,0010	2632	1463
18:55	18,00	284	300,00	47	376	28,2	1,157	24,3	1,172	1,181	0,0010	1,0	0,76	0,7594	2346	1304
19:00	19,00	285	300,00	78	624	28,0	1,157	24,3	1,172	1,188	0,0011	1,0	0,76	0,7594	2184	1214
19:05	19,00	286	300,00	78	624	27,8	1,158	24,2	1,172	1,196	0,0011	1,0	0,76	0,7594	2054	1142
19:10	19,00	288	300,00	78	624	27,7	1,159	24,2	1,172	1,203	0,0011	1,0	0,76	0,7594	1951	1085
19:15	19,00	289	300,00	78	624	27,5	1,159	24,2	1,172	1,210	0,0011	1,0	0,76	0,7594	1868	1039
19:20	19,00	290	300,00	78	624	27,4	1,160	24,1	1,172	1,218	0,0011	1,0	0,76	0,7594	1802	1002
19:25	19,00	291	300,00	78	624	27,2	1,160	24,1	1,173	1,225	0,0011	1,0	0,76	0,7594	1750	973
19:30	19,00	292	300,00	78	624	27,1	1,161	24,1	1,173	1,233	0,0011	0,0	0,00	0,0011	1935	1076
19:35	19,00	294	300,00	78	624	26,9	1,162	24,0	1,173	1,241	0,0011	0,0	0,00	0,0011	2119	1178

Tabuľka 11 Ukážka výpočtového Excelu – NUC 1, prevádzkový stav 1



Graf 17 Pribeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 1, prevádzkový stav č.1)

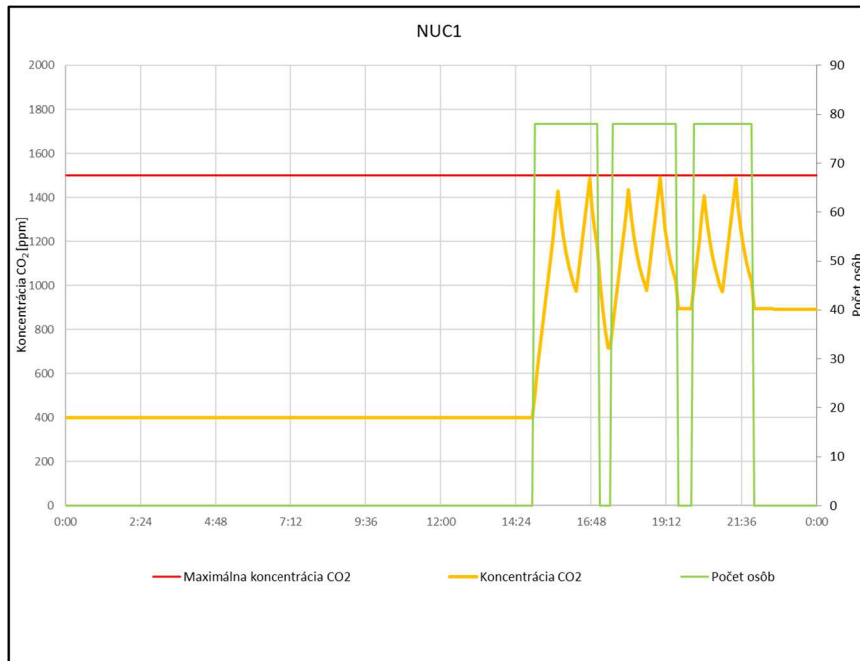
Vo výpočtovom Exceli môžeme pozorovať zapínanie a vypínanie ventilátora (1/0). Pri náraste obsadenosti kina stúpa koncentrácia CO<sub>2</sub>. Pri náraste koncentrácie CO<sub>2</sub> na hodnotu 1500 ppm sa ventilátor zapne a je v chode po dobu 30 minút. Koncentrácia CO<sub>2</sub> počas chodu ventilátora klesá. Po uplynutí stanoveného času sa ventilátor vypne a koncentrácia CO<sub>2</sub> zase stúpa. Tento proces sa opakuje v priebehu celého dňa. Celý priebeh koncentrácie CO<sub>2</sub> je možné vidieť v grafe 17.



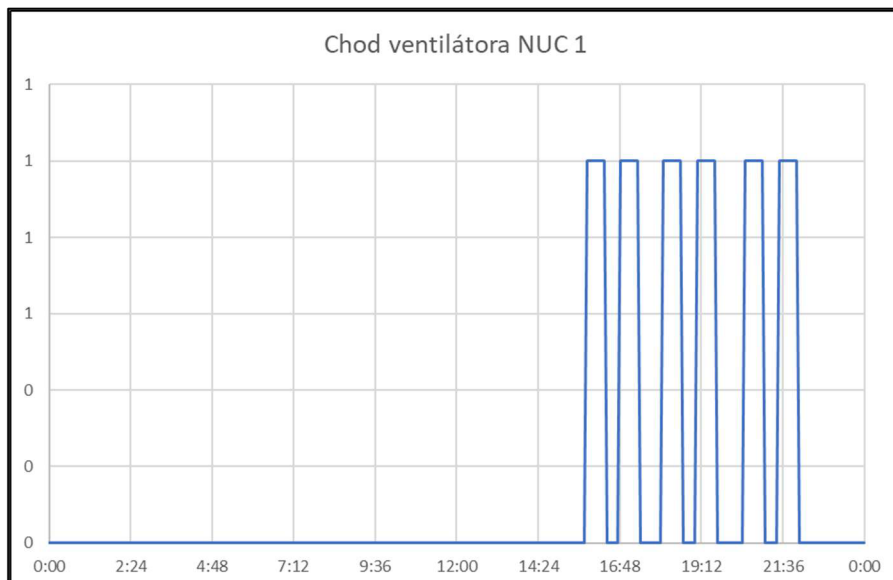
**Graf 18** Chod ventilátora (NUC 1, prevádzkový stav 1)

Chod ventilátora počas dňa je možné vidieť v grafe 18. Hodnota je buď 0 – ventilátor je vypnutý, alebo 1 – ventilátor ide na plný výkon.

Pri prevádzkovom stave 2 je priebeh koncentrácie CO<sub>2</sub> z dôvodu troch predstavení s plnou obsadenosťou kina rovnomerný. Priebeh koncentrácie CO<sub>2</sub> a obsadenosť kinosály je možné vidieť v grafe 19.

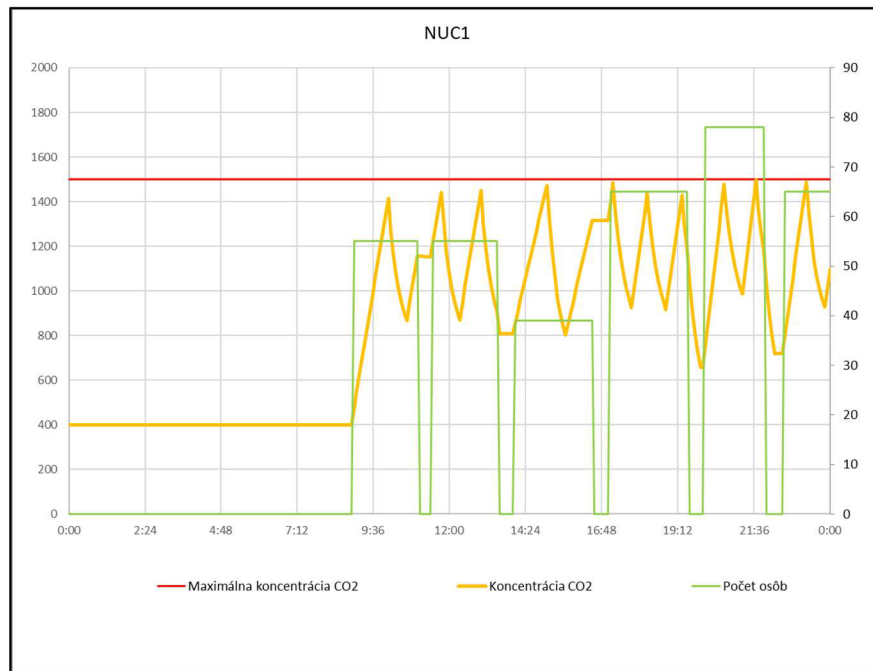


**Graf 19** Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 1, prevádzkový stav č.2)

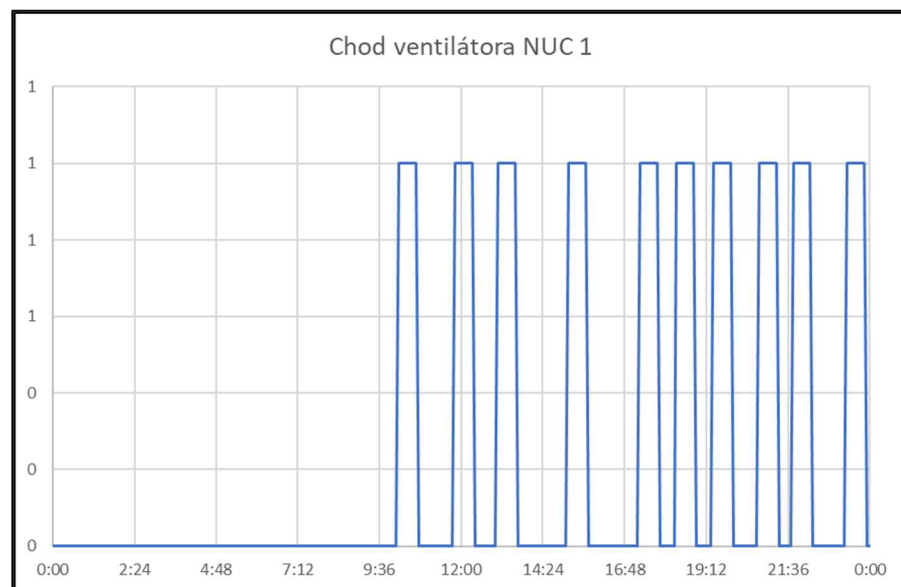


**Graf 20** Chod ventilátora (NUC 1, prevádzkový stav 2)

Pri prevádzkovom stave č.3 začína predstavenie už o 9:00. Z toho vyplýva aj dlhšia prevádzková doba ventilátora.



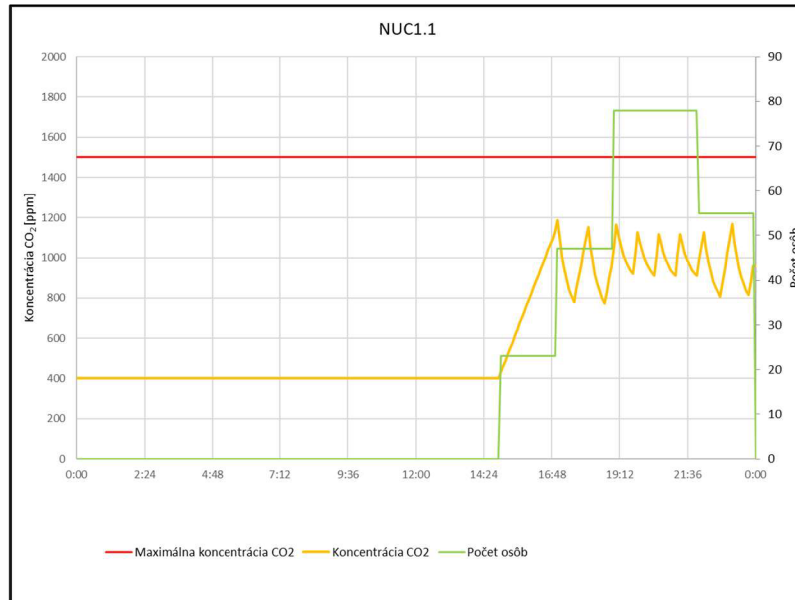
**Graf 21** Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 1, prevádzkový stav č.3)



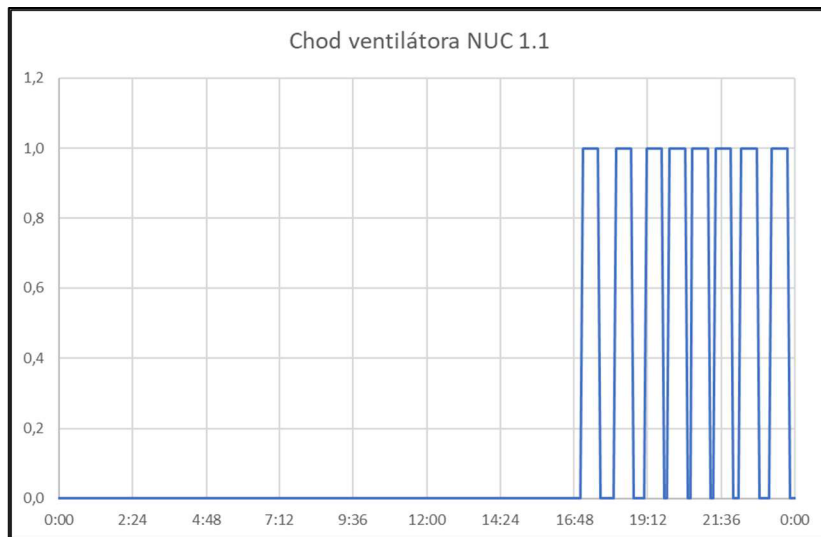
**Graf 22** Chod ventilátora (NUC 1, prevádzkový stav č.3)

## 2.12.2 NUC 1.1

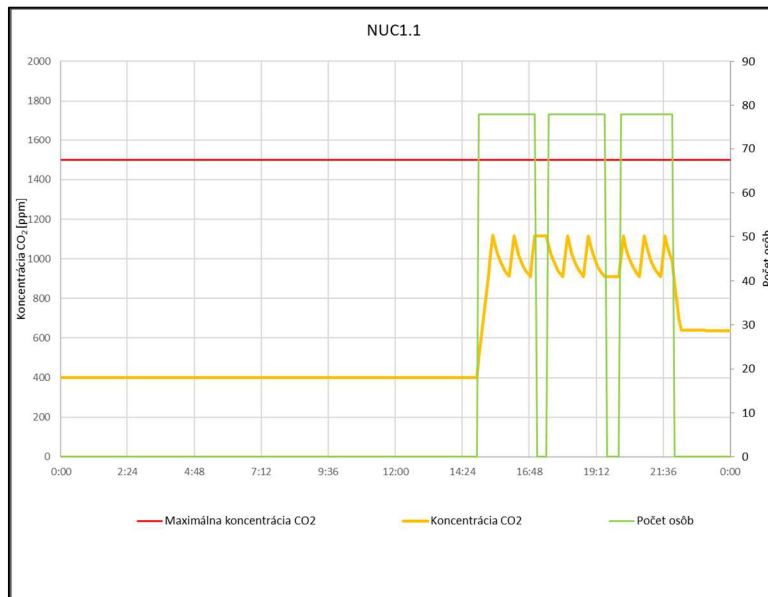
V tomto variante sa ventilátor zapína už pri koncentrácií CO<sub>2</sub> 1200 ppm. Dochádza teda k častejšiemu spúšťaniu ventilátora.



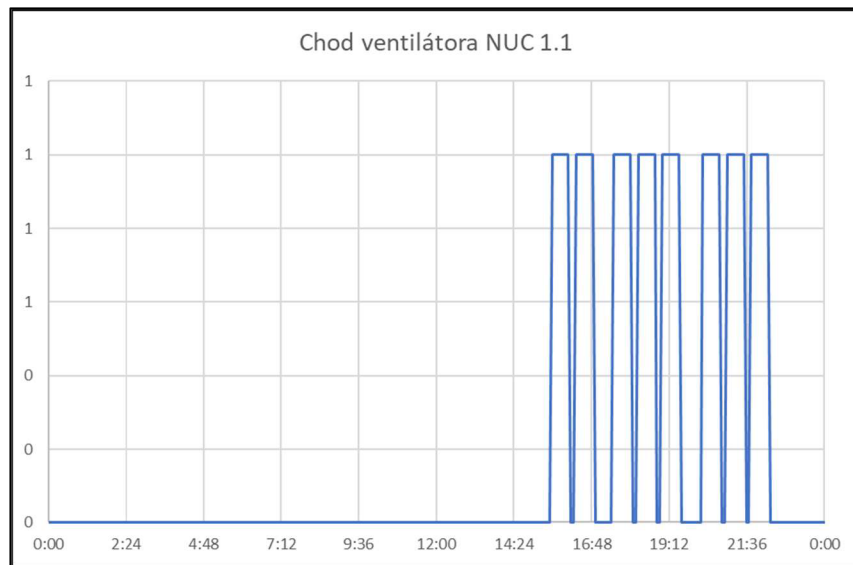
**Graf 23** Pribeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 1.1, prevádzkový stav č.1)



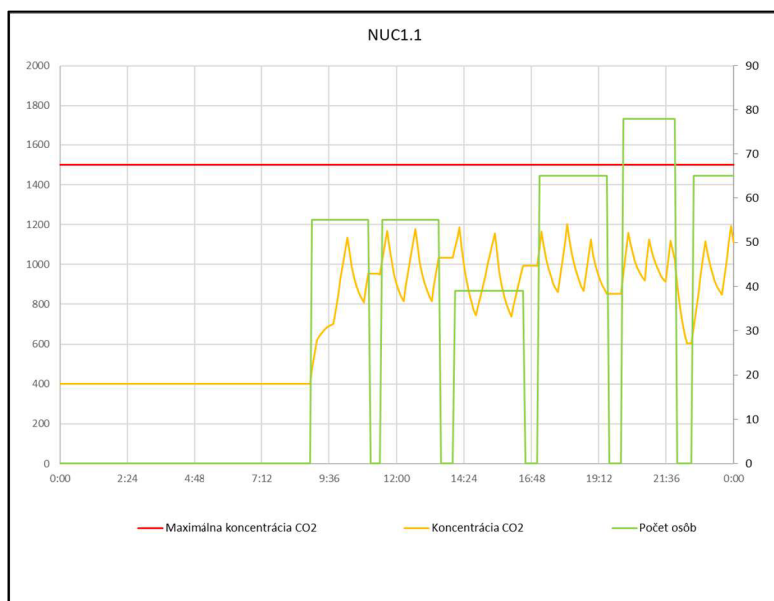
**Graf 24** Chod ventilátora (NUC 1.1, prevádzkový stav č.1)



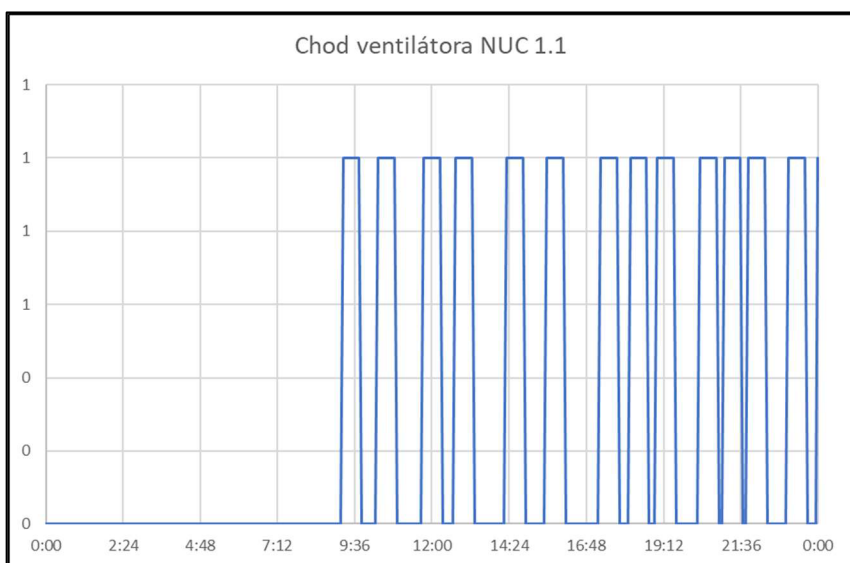
**Graf 25** Priebeg obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 1.1, prevádzkový stav č.2)



**Graf 26** Chod ventilátora (NUC 1.1, prevádzkový stav č.2)



**Graf 28** Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 1.1, prevádzkový stav č.3)



**Graf 27** Chod ventilátora (NUC 1.1, prevádzkový stav č.3)

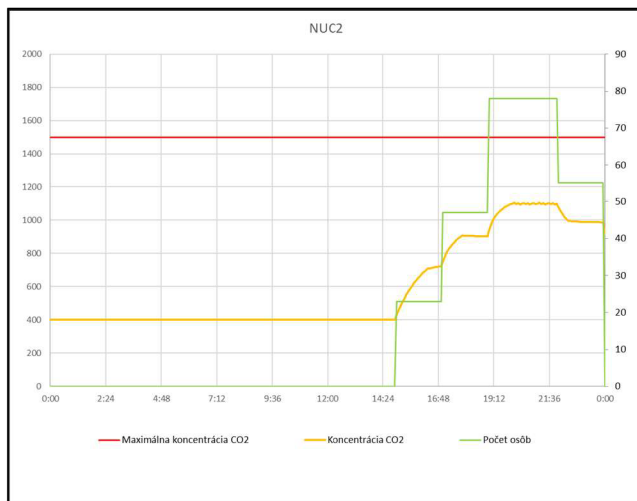
Vo variante NUC 1.1 narastá oproti variantu NUC 1 doba chodu ventilátora. V prevádzkových stavoch 1 a 2 vzrástla doba o 1 hodinu, v prevádzkovom stave 3 o 1,5 hodiny.

### 2.12.3 NUC 2

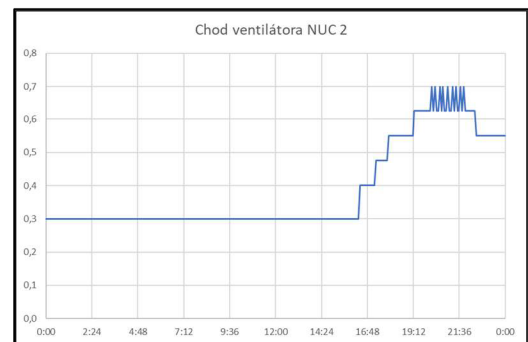
V tomto variante beží ventilátor po celý deň a jeho výkon je regulovaný na základe lineárnej závislosti (Graf 12).

τ	čas	časový úhol	Δτ	ŠKODLIVINY		VETRAVIE PRIROZENÉ/NÚTENÉ										KONCENTRÁCIA ŠKODLIVINY	
				$i_i$	$M_i$	$t_i$	$\rho_i$	$t_i$	$\rho_i$	$\Delta p$	$V_{inf}$	NUC2	$V_{max}$	$V$	$k_{max}$	$k_{min}$	
[hh:mm]	[°]	[s]	[s]	[-]	[mg/s]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[ppm]
16:00	16,00	240	300,00	23	184	31,7	1,143	24,9	1,169	1,015	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1192	663	
16:05	16,00	241	300,00	23	184	31,7	1,143	24,9	1,169	1,017	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1214	675	
16:10	16,00	243	300,00	23	184	31,6	1,144	24,9	1,169	1,019	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1234	686	
16:15	16,00	244	300,00	23	184	31,6	1,144	24,9	1,169	1,022	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1253	697	
16:20	16,00	245	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,025	0,0010	0,3	0,23	0,2285	1271	707	
16:25	16,00	246	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,027	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1276	709	
16:30	16,00	247	300,00	23	184	31,4	1,145	24,9	1,169	1,030	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1280	712	
16:35	16,00	249	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,034	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1284	714	
16:40	16,00	250	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,037	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1287	716	
16:45	16,00	251	300,00	23	184	31,2	1,145	24,8	1,170	1,040	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1291	718	
16:50	16,00	252	300,00	23	184	31,1	1,146	24,8	1,170	1,044	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1293	719	
16:55	16,00	254	300,00	23	184	31,0	1,146	24,8	1,170	1,048	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1296	721	
17:00	17,00	255	300,00	47	376	30,9	1,146	24,8	1,170	1,052	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1353	752	
17:05	17,00	256	300,00	47	376	30,8	1,147	24,8	1,170	1,056	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1405	781	
17:10	17,00	258	300,00	47	376	30,7	1,147	24,8	1,170	1,060	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1453	808	
17:15	17,00	259	300,00	47	376	30,7	1,147	24,7	1,170	1,065	0,0010	0,5	0,36	0,3612	1484	825	
17:20	17,00	260	300,00	47	376	30,6	1,148	24,7	1,170	1,069	0,0010	0,5	0,36	0,3612	1512	841	
17:25	17,00	261	300,00	47	376	30,5	1,148	24,7	1,170	1,074	0,0010	0,5	0,36	0,3612	1537	855	
17:30	17,00	263	300,00	47	376	30,3	1,148	24,7	1,170	1,079	0,0010	0,5	0,36	0,3612	1560	867	
17:35	17,00	264	300,00	47	376	30,2	1,149	24,7	1,170	1,084	0,0010	0,5	0,36	0,3612	1581	879	
17:40	17,00	265	300,00	47	376	30,1	1,149	24,6	1,170	1,089	0,0010	0,5	0,36	0,3612	1599	889	
17:45	17,00	266	300,00	47	376	30,0	1,150	24,6	1,170	1,094	0,0010	0,5	0,36	0,3612	1615	898	
17:50	17,00	268	300,00	47	376	29,9	1,150	24,6	1,171	1,099	0,0010	0,5	0,36	0,3612	1630	906	
17:55	17,00	269	300,00	47	376	29,8	1,151	24,6	1,171	1,105	0,0010	0,6	0,42	0,4181	1629	906	
18:00	18,00	270	300,00	47	376	29,7	1,151	24,6	1,171	1,111	0,0010	0,6	0,42	0,4181	1628	905	
18:05	18,00	271	300,00	47	376	29,5	1,152	24,5	1,171	1,117	0,0010	0,6	0,42	0,4181	1627	905	
18:10	18,00	273	300,00	47	376	29,4	1,152	24,5	1,171	1,122	0,0010	0,6	0,42	0,4181	1626	904	
18:15	18,00	274	300,00	47	376	29,3	1,153	24,5	1,171	1,129	0,0010	0,6	0,42	0,4181	1625	904	

Tabuľka 12 Ukážka výpočtového Excelu – NUC 2, prevádzkový stav 1



Graf 29 Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 2, prevádzkový stav č.1)

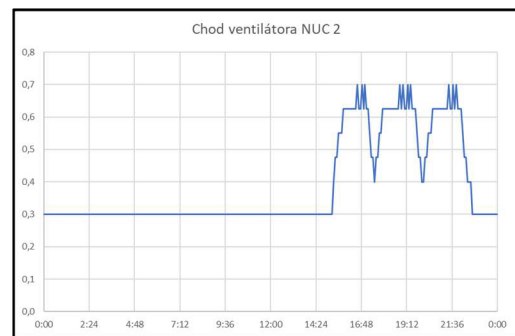


Graf 30 Chod ventilátora (NUC 2, prevádzkový stav č.1)





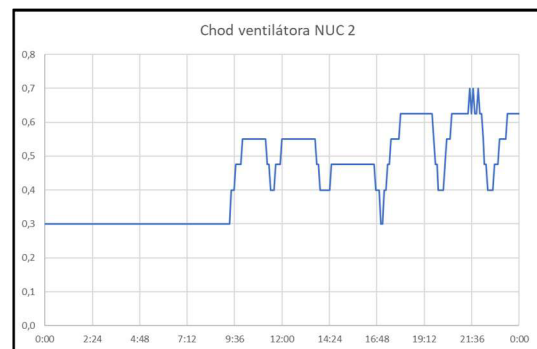
**Graf 31** Priebeg obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 2, prevádzkový stav č.2)



**Graf 32** Chod ventilátora (NUC 2, prevádzkový stav č.2)



**Graf 34** Priebeg obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 2, prevádzkový stav č.3)



**Graf 33** Chod ventilátora (NUC 2, prevádzkový stav č.3)

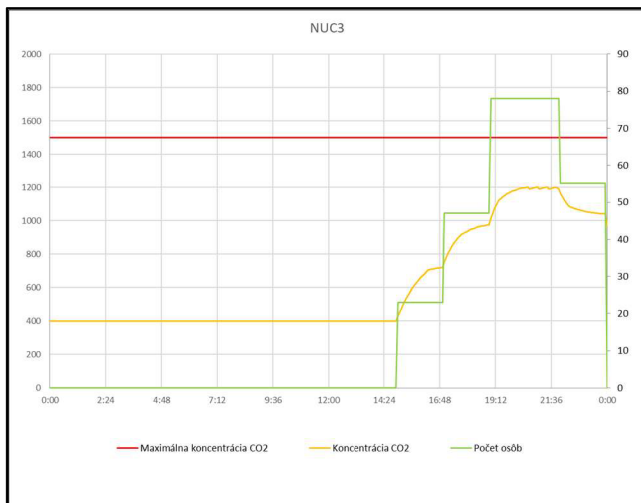
V grafoch je možné pozorovať, že koncentrácia CO<sub>2</sub> vo variante NUC 2 dosahuje vo všetkých prevádzkových stavoch hodnoty maximálne 1100 ppm. Pri tomto variante sa teda dosahuje dostatočnej kvality vnútorného vzduchu.

### 2.12.4 NUC 3

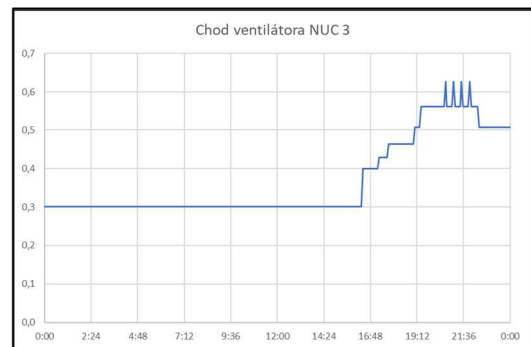
Vo variante NUC3 je ventilátor v prevádzke po celý deň a jeho výkon je regulovaný na základe kvadratickej konvexnej závislosti (Graf 13).

τ	čas	τ	časový úhel	Δt	ŠKODLIVINY		VETRAJIE PŘIRODZENÉ/NÚTENÉ							KONCENTRÁCIA ŠKODLIVINY			
					l	M <sub>l</sub>	t <sub>e</sub>	p <sub>e</sub>	t <sub>i</sub>	p <sub>i</sub>	Δp	V <sub>ext</sub>	NUC3	V <sub>ext</sub>	V	k <sub>ext</sub>	k <sub>int</sub>
(h:mm)		°C	(s)	(s)	(l)	(mg/s)	(°C)	(kg/m <sup>3</sup> )	(°C)	(kg/m <sup>3</sup> )	(Pa)	(m <sup>3</sup> /s)		(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(mg/m <sup>3</sup> )	(ppm)
16:15	16,00	244	300,00	23	184	31,6	1,144	24,9	1,169	1,022	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1253	697	
16:20	16,00	245	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,025	0,0010	0,3	0,23	0,2285	1271	707	
16:25	16,00	246	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,027	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1276	709	
16:30	16,00	247	300,00	23	184	31,4	1,145	24,9	1,169	1,030	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1280	712	
16:35	16,00	249	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,034	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1284	714	
16:40	16,00	250	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,037	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1287	716	
16:45	16,00	251	300,00	23	184	31,2	1,145	24,8	1,170	1,040	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1291	718	
16:50	16,00	252	300,00	23	184	31,1	1,146	24,8	1,170	1,044	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1293	719	
16:55	16,00	254	300,00	23	184	31,0	1,146	24,8	1,170	1,048	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1296	721	
17:00	17,00	255	300,00	47	376	30,9	1,146	24,8	1,170	1,052	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1353	752	
17:05	17,00	256	300,00	47	376	30,8	1,147	24,8	1,170	1,056	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1405	781	
17:10	17,00	258	300,00	47	376	30,7	1,147	24,8	1,170	1,060	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1453	808	
17:15	17,00	259	300,00	47	376	30,7	1,147	24,7	1,170	1,065	0,0010	0,4	0,33	0,3262	1491	829	
17:20	17,00	260	300,00	47	376	30,6	1,148	24,7	1,170	1,069	0,0010	0,4	0,33	0,3262	1527	849	
17:25	17,00	261	300,00	47	376	30,5	1,148	24,7	1,170	1,074	0,0010	0,4	0,33	0,3262	1559	867	
17:30	17,00	263	300,00	47	376	30,3	1,148	24,7	1,170	1,079	0,0010	0,4	0,33	0,3262	1587	883	
17:35	17,00	264	300,00	47	376	30,2	1,149	24,7	1,170	1,084	0,0010	0,4	0,33	0,3262	1614	897	
17:40	17,00	265	300,00	47	376	30,1	1,149	24,6	1,170	1,089	0,0010	0,4	0,33	0,3262	1638	911	
17:45	17,00	266	300,00	47	376	30,0	1,150	24,6	1,170	1,094	0,0010	0,5	0,35	0,3527	1652	919	
17:50	17,00	268	300,00	47	376	29,9	1,150	24,6	1,171	1,099	0,0010	0,5	0,35	0,3527	1666	926	
17:55	17,00	269	300,00	47	376	29,8	1,151	24,6	1,171	1,105	0,0010	0,5	0,35	0,3527	1678	933	
18:00	18,00	270	300,00	47	376	29,7	1,151	24,6	1,171	1,111	0,0010	0,5	0,35	0,3527	1688	939	
18:05	18,00	271	300,00	47	376	29,5	1,152	24,5	1,171	1,117	0,0010	0,5	0,35	0,3527	1698	944	
18:10	18,00	273	300,00	47	376	29,4	1,152	24,5	1,171	1,122	0,0010	0,5	0,35	0,3527	1707	949	
18:15	18,00	274	300,00	47	376	29,3	1,153	24,5	1,171	1,129	0,0010	0,5	0,35	0,3527	1715	953	
18:20	18,00	275	300,00	47	376	29,1	1,153	24,5	1,171	1,135	0,0010	0,5	0,35	0,3527	1722	957	
18:25	18,00	276	300,00	47	376	29,0	1,154	24,4	1,171	1,141	0,0010	0,5	0,35	0,3527	1728	961	

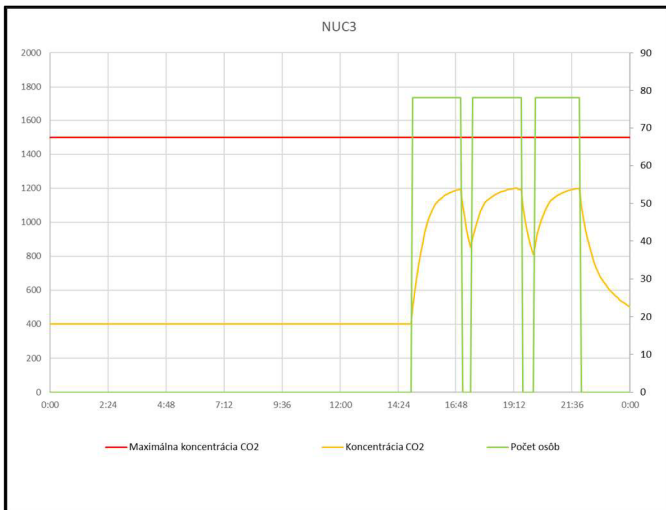
Tabuľka 13 Ukážka výpočtového Excelu – NUC 3, prevádzkový stav 1



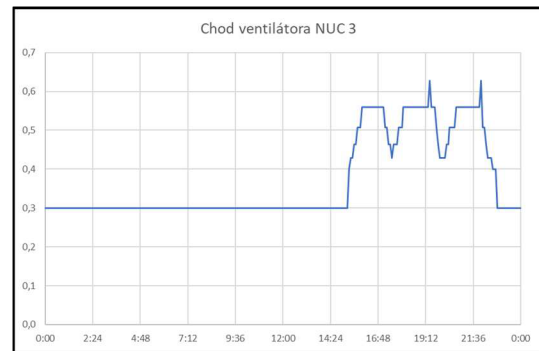
Graf 36 Pribeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 3, prevádzkový stav č.1)



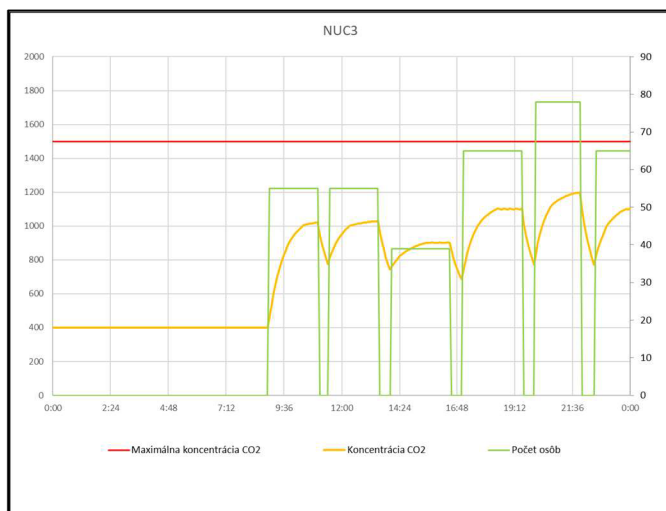
Graf 35 Chod ventilátora (NUC 3, prevádzkový stav č.1)



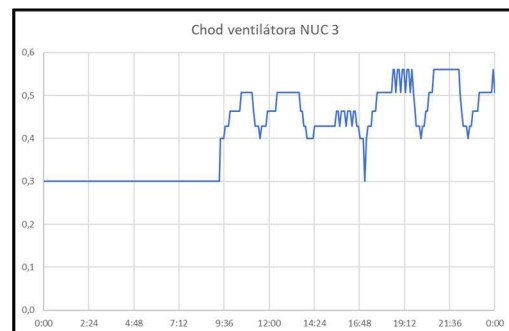
**Graf 37** Priebec obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 3, prevádzkový stav č.2)



**Graf 38** Chod ventilátora (NUC 3, prevádzkový stav č.2)



**Graf 40** Priebec obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 3, prevádzkový stav č.3)



**Graf 39** Chod ventilátora (NUC 3, prevádzkový stav č.3)

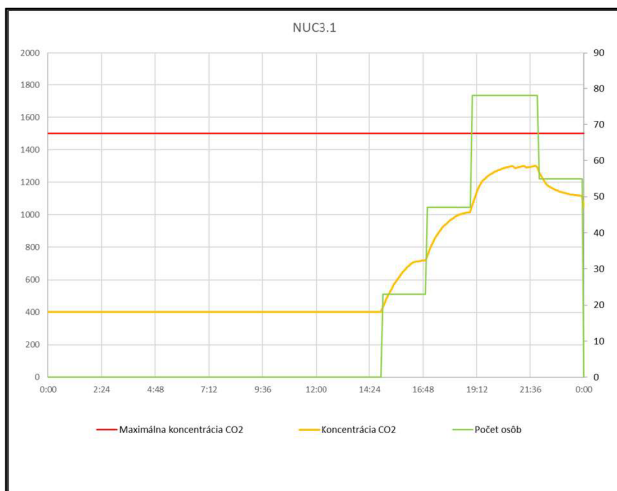
V grafoch je možné pozorovať, že koncentrácia CO<sub>2</sub> vo variante NUC 3 dosahuje vo všetkých prevádzkových stavoch hodnoty maximálne 1200 ppm. Oproti variante NUC 2 je teda v tomto prípade dosahované nižšieho komfortu.

## 2.12.5 NUC 3.1

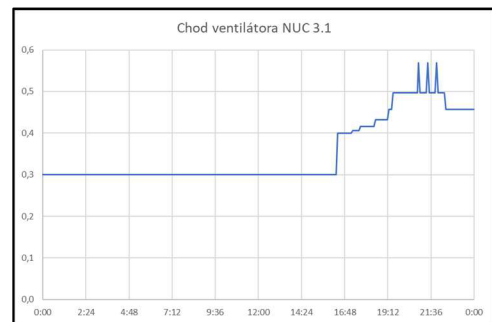
Vo variante NUC 3.1 je ventilátor v prevádzke po celý deň a jeho výkon je regulovaný na základe kvadratickej konvexnej závislosti, ktorej krivka má oproti variantu NUC 3 miernejší nábeh (Graf 14).

τ	t	Δt	SKODUVINÝ		VETRVANIE PRIRODZENÉ/NUTENÉ							KONCENTRÁCIA				
			l <sub>i</sub>	M <sub>i</sub>	t <sub>e</sub>	ρ <sub>e</sub>	t <sub>i</sub>	ρ <sub>i</sub>	Δp	V <sub>ext</sub>	NUC3.1	V <sub>max</sub>	V	k <sub>ext</sub>	k <sub>int</sub>	
čas	časový úhol	čas	počet osôb	produkcia CO <sub>2</sub>	Vonkajšia teplota	Hustota vonkajšieho vzduchu	Teplota interiéru	Hustota vnútorného vzduchu	Tlakový rozdiel vplyvom rozdielu teplôt a tlaku	Infiltrácia oknami/ stavebnými konštrukciami	Regulácia plynu, kvadratická (konven)	Nútené vetranie	Obyčajný pretok vzduchu	Konzentrácia CO <sub>2</sub>	Konzentrácia CO <sub>2</sub>	
[h:mm]	[°]	[s]	[l]	[mg/s]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa]	[m <sup>3</sup> /s]		[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[ppm]	
16:00	16,00	240	300,00	23	184	31,7	1,143	24,9	1,169	1,015	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1192	663
16:05	16,00	241	300,00	23	184	31,7	1,143	24,9	1,169	1,017	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1214	675
16:10	16,00	243	300,00	23	184	31,6	1,144	24,9	1,169	1,019	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1234	686
16:15	16,00	244	300,00	23	184	31,6	1,144	24,9	1,169	1,022	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1253	697
16:20	16,00	245	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,025	0,0010	0,3	0,23	0,2285	1271	707
16:25	16,00	246	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,027	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1276	709
16:30	16,00	247	300,00	23	184	31,4	1,145	24,9	1,169	1,030	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1280	712
16:35	16,00	249	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,034	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1284	714
16:40	16,00	250	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,037	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1287	716
16:45	16,00	251	300,00	23	184	31,2	1,145	24,8	1,170	1,040	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1291	718
16:50	16,00	252	300,00	23	184	31,1	1,146	24,8	1,170	1,044	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1293	719
16:55	16,00	254	300,00	23	184	31,0	1,146	24,8	1,170	1,048	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1296	721
17:00	17,00	255	300,00	47	376	30,9	1,146	24,8	1,170	1,052	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1353	752
17:05	17,00	256	300,00	47	376	30,8	1,147	24,8	1,170	1,056	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1405	781
17:10	17,00	258	300,00	47	376	30,7	1,147	24,8	1,170	1,060	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1453	808
17:15	17,00	259	300,00	47	376	30,7	1,147	24,7	1,170	1,065	0,0010	0,4	0,31	0,3092	1495	831
17:20	17,00	260	300,00	47	376	30,6	1,148	24,7	1,170	1,069	0,0010	0,4	0,31	0,3092	1534	853
17:25	17,00	261	300,00	47	376	30,5	1,148	24,7	1,170	1,074	0,0010	0,4	0,31	0,3092	1569	872
17:30	17,00	263	300,00	47	376	30,3	1,148	24,7	1,170	1,079	0,0010	0,4	0,31	0,3092	1601	890
17:35	17,00	264	300,00	47	376	30,2	1,149	24,7	1,170	1,084	0,0010	0,4	0,31	0,3092	1631	907
17:40	17,00	265	300,00	47	376	30,1	1,149	24,6	1,170	1,089	0,0010	0,4	0,32	0,3167	1655	920
17:45	17,00	266	300,00	47	376	30,0	1,150	24,6	1,170	1,094	0,0010	0,4	0,32	0,3167	1678	933
17:50	17,00	268	300,00	47	376	29,9	1,150	24,6	1,171	1,099	0,0010	0,4	0,32	0,3167	1699	944
17:55	17,00	269	300,00	47	376	29,8	1,151	24,6	1,171	1,105	0,0010	0,4	0,32	0,3167	1717	955
18:00	18,00	270	300,00	47	376	29,7	1,151	24,6	1,171	1,111	0,0010	0,4	0,32	0,3167	1734	964
19:20	19,00	290	300,00	78	624	27,4	1,160	24,1	1,172	1,218	0,0011	0,5	0,35	0,3471	2120	1179
19:25	19,00	291	300,00	78	624	27,2	1,160	24,1	1,173	1,225	0,0011	0,5	0,35	0,3472	2159	1200
19:30	19,00	292	300,00	78	624	27,1	1,161	24,1	1,173	1,233	0,0011	0,5	0,38	0,3782	2181	1213
19:35	19,00	294	300,00	78	624	26,9	1,162	24,0	1,173	1,241	0,0011	0,5	0,38	0,3782	2201	1224
19:40	19,00	295	300,00	78	624	26,7	1,162	24,0	1,173	1,248	0,0011	0,5	0,38	0,3782	2219	1234
19:45	19,00	296	300,00	78	624	26,6	1,163	24,0	1,173	1,256	0,0011	0,5	0,38	0,3782	2235	1243
19:50	19,00	297	300,00	78	624	26,4	1,164	24,0	1,173	1,264	0,0011	0,5	0,38	0,3782	2250	1251
19:55	19,00	299	300,00	78	624	26,2	1,164	23,9	1,173	1,272	0,0011	0,5	0,38	0,3782	2262	1258
20:00	20,00	300	300,00	78	624	26,1	1,165	23,9	1,173	1,280	0,0011	0,5	0,38	0,3782	2274	1264
20:05	20,00	301	300,00	78	624	25,9	1,166	23,9	1,174	1,288	0,0011	0,5	0,38	0,3782	2284	1270
20:10	20,00	303	300,00	78	624	25,7	1,166	23,8	1,174	1,297	0,0011	0,5	0,38	0,3782	2293	1275

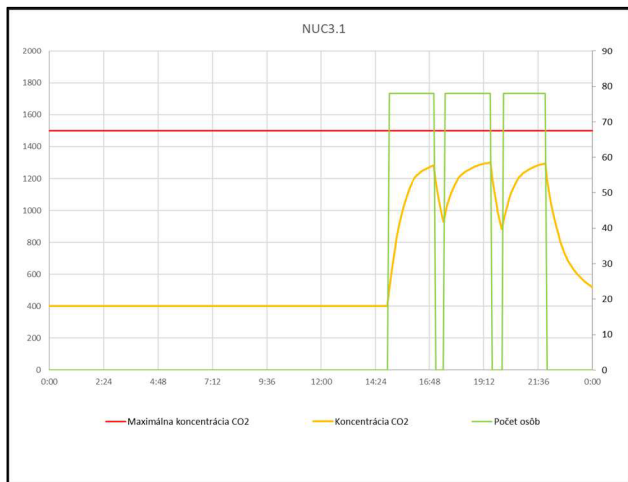
Tabuľka 14 Ukážka výpočtového Excelu – NUC 3.1, prevádzkový stav 1



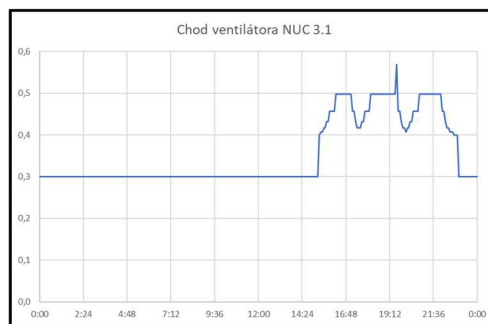
Graf 42 Pribeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 3.1, prevádzkový stav č.1)



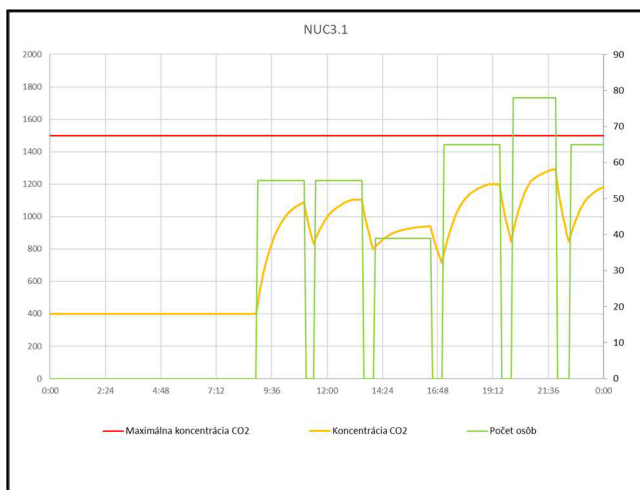
Graf 41 Chod ventilátora (NUC 3.1, prevádzkový stav č.1)



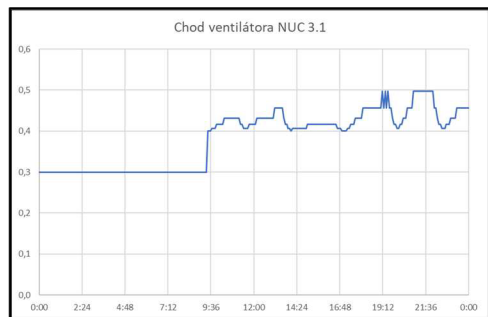
**Graf 44** Priebek obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 3.1, prevádzkový stav č.2)



**Graf 43** Chod ventilátora (NUC 3.1, prevádzkový stav č.2)



**Graf 46** Priebek obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 3.1, prevádzkový stav č.3)



**Graf 45** Chod ventilátora (NUC 3.1, prevádzkový stav č.3)

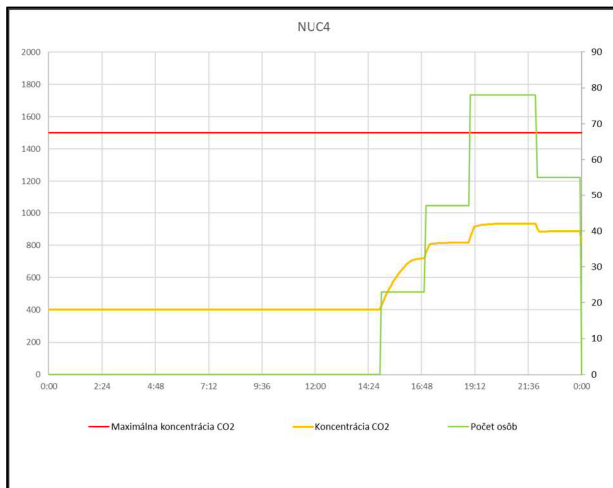
V grafoch je možné pozorovať, že koncentrácia CO<sub>2</sub> vo variante NUC 3.1 dosahuje vo všetkých prevádzkových stavoch hodnoty maximálne 1300 ppm. Oproti variante NUC 3 je teda v tomto prípade dosahované nižšieho komfortu.

## 2.12.6 NUC 4

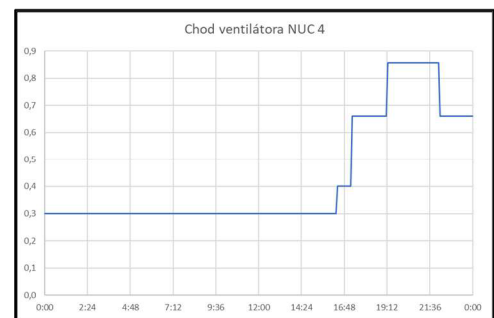
Vo variante NUC 4 je ventilátor v prevádzke po celý deň a jeho výkon je regulovaný na základe kvadratickej konkávnej závislosti (Graf 15).

τ	τ	Δτ	ŠKODUVINY		VETRVANIE PRIRODZENÉ/NUTENÉ							KONCENTRÁCIA				
			i	M <sub>i</sub>	t <sub>e</sub>	ρ <sub>e</sub>	t <sub>i</sub>	ρ <sub>i</sub>	Δp	V <sub>ext</sub>	NUC4	V <sub>nut</sub>	V	k <sub>ext</sub>	k <sub>nut</sub>	
čas	časový úhol	čas	počet osôb	produkcia CO <sub>2</sub>	Vonkajšia teplota	Hustota vonkajšieho vzduchu	Teplota interiéru	Hustota vnútorného vzduchu	Tlakový rozdiel vplyvom rozdielu teplot a tlaku	Infiltrácia oknami/ stavebnými konštrukciami	Regulácia plynu, kvadratická (konkávna)	Nútené vetranie	Obyvňový prítok vzduchu	Koncentrácia CO <sub>2</sub>	Koncentrácia CO <sub>2</sub>	
(h:mm)	[°]	[s]	[ ]	[mg/s]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa]	[m <sup>3</sup> /s]		[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[ppm]	
16:00	16,00	240	300,00	23	184	31,7	1,143	24,9	1,169	1,015	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1192	663
16:05	16,00	241	300,00	23	184	31,7	1,143	24,9	1,169	1,017	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1214	675
16:10	16,00	243	300,00	23	184	31,6	1,144	24,9	1,169	1,019	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1234	686
16:15	16,00	244	300,00	23	184	31,6	1,144	24,9	1,169	1,022	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1253	697
16:20	16,00	245	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,025	0,0010	0,3	0,23	0,2285	1271	707
16:25	16,00	246	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,027	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1276	709
16:30	16,00	247	300,00	23	184	31,4	1,145	24,9	1,169	1,030	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1280	712
16:35	16,00	249	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,034	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1284	714
16:40	16,00	250	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,037	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1287	716
16:45	16,00	251	300,00	23	184	31,2	1,145	24,8	1,170	1,040	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1291	718
16:50	16,00	252	300,00	23	184	31,1	1,146	24,8	1,170	1,044	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1293	719
16:55	16,00	254	300,00	23	184	31,0	1,146	24,8	1,170	1,048	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1296	721
17:00	17,00	255	300,00	47	376	30,9	1,146	24,8	1,170	1,052	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1353	752
17:05	17,00	256	300,00	47	376	30,8	1,147	24,8	1,170	1,056	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1405	781
17:10	17,00	258	300,00	47	376	30,7	1,147	24,8	1,170	1,060	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1453	808
17:15	17,00	259	300,00	47	376	30,7	1,147	24,7	1,170	1,065	0,0010	0,7	0,50	0,5014	1455	809
17:20	17,00	260	300,00	47	376	30,6	1,148	24,7	1,170	1,069	0,0010	0,7	0,50	0,5014	1457	810
17:25	17,00	261	300,00	47	376	30,5	1,148	24,7	1,170	1,074	0,0010	0,7	0,50	0,5014	1459	811
17:30	17,00	263	300,00	47	376	30,3	1,148	24,7	1,170	1,079	0,0010	0,7	0,50	0,5014	1460	812
17:35	17,00	264	300,00	47	376	30,2	1,149	24,7	1,170	1,084	0,0010	0,7	0,50	0,5014	1462	813
17:40	17,00	265	300,00	47	376	30,1	1,149	24,6	1,170	1,089	0,0010	0,7	0,50	0,5014	1463	813
17:45	17,00	266	300,00	47	376	30,0	1,150	24,6	1,170	1,094	0,0010	0,7	0,50	0,5014	1464	814
17:50	17,00	268	300,00	47	376	29,9	1,150	24,6	1,171	1,099	0,0010	0,7	0,50	0,5014	1465	814
17:55	17,00	269	300,00	47	376	29,8	1,151	24,6	1,171	1,105	0,0010	0,7	0,50	0,5014	1465	815

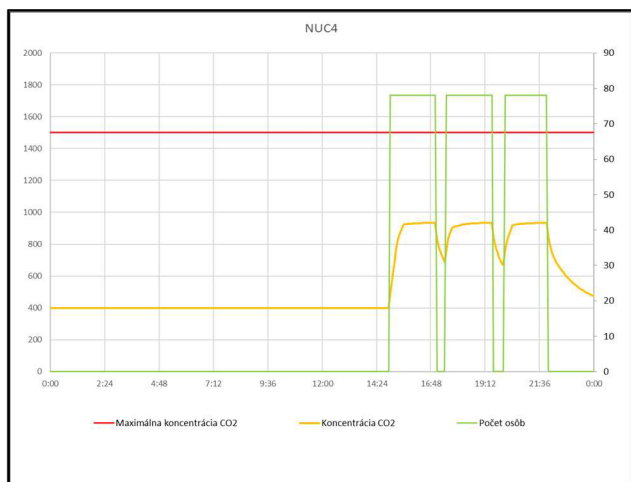
Tabuľka 15 Ukážka výpočtového Excelu – NUC 4, prevádzkový stav 1



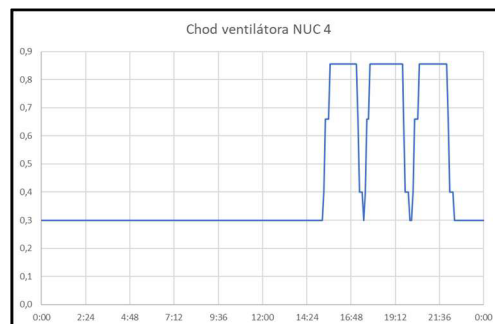
Graf 48 Pribeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 4, prevádzkový stav č.1)



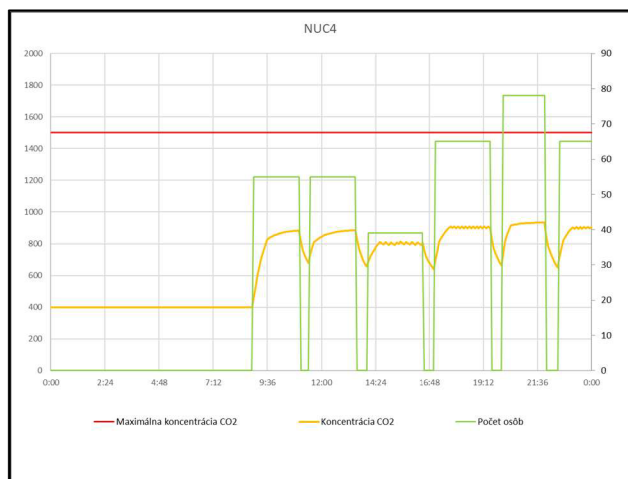
Graf 47 Chod ventilátora (NUC 4, prevádzkový stav č.1)



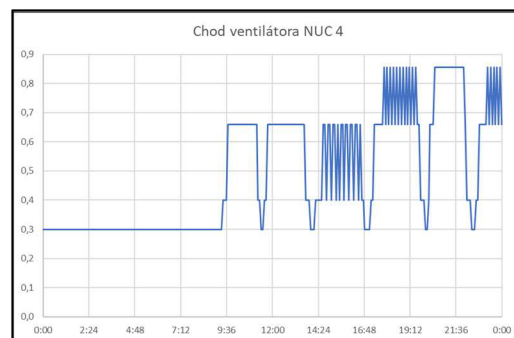
**Graf 49** Priebek obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 4, prevádzkový stav č.2)



**Graf 50** Chod ventilátora (NUC 4, prevádzkový stav č.2)



**Graf 51** Priebek obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 4, prevádzkový stav č.3)



**Graf 52** Chod ventilátora (NUC 4, prevádzkový stav č.3)

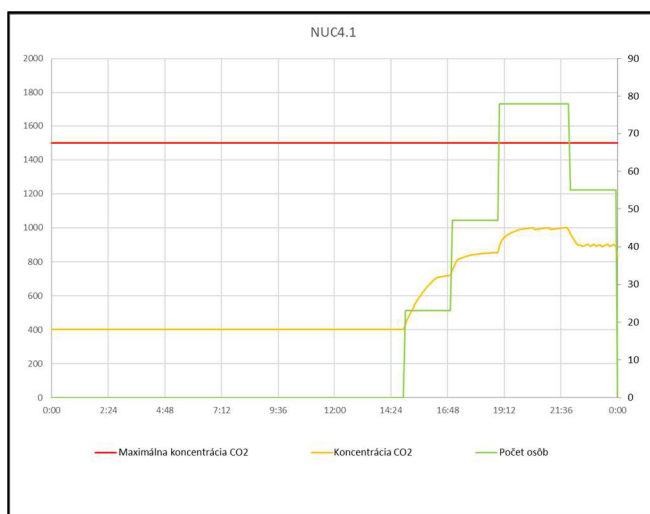
V grafoch je možné pozorovať, že koncentrácia CO<sub>2</sub> vo variante NUC 4 dosahuje vo všetkých prevádzkových stavoch hodnoty maximálne 900 ppm. Oproti predošlým variantom je dosiahnuté najvyššieho komfortu z hľadiska kvality vzduchu.

## 2.12.7 NUC 4.1

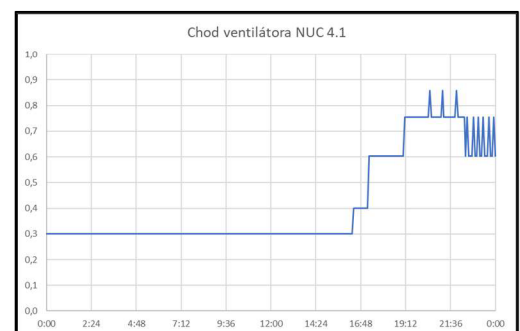
Vo variante NUC 4.1 je ventilátor v prevádzke po celý deň a jeho výkon je regulovaný na základe kvadratickej konkávnej závislosti. Oproti variantu NUC 4 má krivka miernejší nábeh (Graf 16).

τ	τ	τ	Δτ	ŠKODLIVINY		VETRVANIE PRÍRODZENÉ/NUTENÉ							NUC4.1	V <sub>max</sub>	V	KONCENTRÁCIA	
				i <sub>h</sub>	M <sub>i</sub>	t <sub>e</sub>	ρ <sub>e</sub>	t <sub>i</sub>	ρ <sub>i</sub>	Δp	V <sub>ext</sub>	k <sub>ext</sub>				k <sub>int</sub>	
čas	časový úhľad	čas	čas	počet osôb	produkcia CO <sub>2</sub>	Vonkajšia teplota	Hustota vonkajšieho vzduchu	Teplota interiéru	Hustota vnútorného vzduchu	Tlakový rozdiel výhybom rozdeľu tepôt a tlaku	Infiltrácia oknami/ stavebnými konštrukciami	Regulácia plynulá, kvadratická (konkávna)	Nútené vetranie	Objemový prietok vzduchu	Koncentrácia CO <sub>2</sub>	Koncentrácia CO <sub>2</sub>	
[h:mm]	[°]	[s]	[l]	[mg/s]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa]	[m <sup>3</sup> /s]		[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[ppm]		
16:00	16,00	240	300,00	23	184	31,7	1,143	24,9	1,169	1,015	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1192	663	
16:05	16,00	241	300,00	23	184	31,7	1,143	24,9	1,169	1,017	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1214	673	
16:10	16,00	243	300,00	23	184	31,6	1,144	24,9	1,169	1,019	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1234	686	
16:15	16,00	244	300,00	23	184	31,6	1,144	24,9	1,169	1,022	0,0009	0,3	0,23	0,2284	1253	697	
16:20	16,00	245	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,025	0,0010	0,3	0,23	0,2285	1271	707	
16:25	16,00	246	300,00	23	184	31,5	1,144	24,9	1,169	1,027	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1276	709	
16:30	16,00	247	300,00	23	184	31,4	1,145	24,9	1,169	1,030	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1280	712	
16:35	16,00	249	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,034	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1284	714	
16:40	16,00	250	300,00	23	184	31,3	1,145	24,9	1,170	1,037	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1287	716	
16:45	16,00	251	300,00	23	184	31,2	1,145	24,8	1,170	1,040	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1291	718	
16:50	16,00	252	300,00	23	184	31,1	1,146	24,8	1,170	1,044	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1293	719	
16:55	16,00	254	300,00	23	184	31,0	1,146	24,8	1,170	1,048	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1296	721	
17:00	17,00	255	300,00	47	376	30,9	1,146	24,8	1,170	1,052	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1353	752	
17:05	17,00	256	300,00	47	376	30,8	1,147	24,8	1,170	1,056	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1405	781	
17:10	17,00	258	300,00	47	376	30,7	1,147	24,8	1,170	1,060	0,0010	0,4	0,30	0,3043	1453	808	
17:15	17,00	259	300,00	47	376	30,7	1,147	24,7	1,170	1,065	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1464	814	
17:20	17,00	260	300,00	47	376	30,6	1,148	24,7	1,170	1,069	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1474	819	
17:25	17,00	261	300,00	47	376	30,5	1,148	24,7	1,170	1,074	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1482	824	
17:30	17,00	263	300,00	47	376	30,3	1,148	24,7	1,170	1,079	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1489	828	
17:35	17,00	264	300,00	47	376	30,2	1,149	24,7	1,170	1,084	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1496	832	
17:40	17,00	265	300,00	47	376	30,1	1,149	24,6	1,170	1,089	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1502	835	
17:45	17,00	266	300,00	47	376	30,0	1,150	24,6	1,170	1,094	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1506	838	
17:50	17,00	268	300,00	47	376	29,9	1,150	24,6	1,171	1,099	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1511	840	
17:55	17,00	269	300,00	47	376	29,8	1,151	24,6	1,171	1,105	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1514	842	
18:00	18,00	270	300,00	47	376	29,7	1,151	24,6	1,171	1,111	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1518	844	
18:05	18,00	271	300,00	47	376	29,5	1,152	24,5	1,171	1,117	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1521	845	
18:10	18,00	273	300,00	47	376	29,4	1,152	24,5	1,171	1,122	0,0010	0,6	0,46	0,4584	1523	847	

Tabuľka 16 Ukážka výpočtového Excelu – NUC 4.1, prevádzkový stav 1

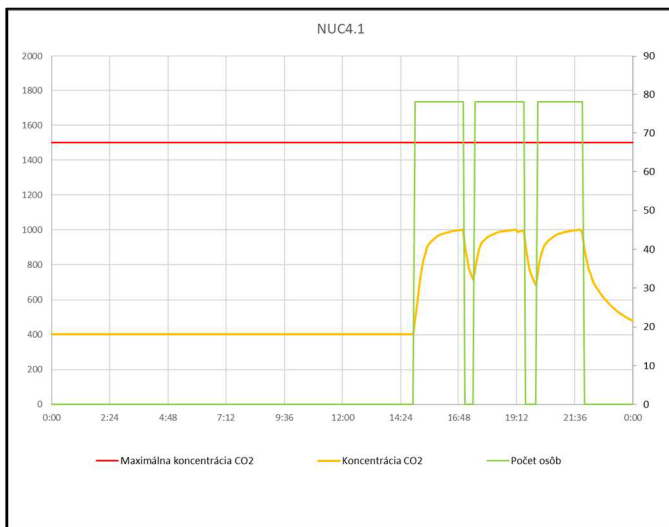


Graf 54 Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 4.1, prevádzkový stav č.1)

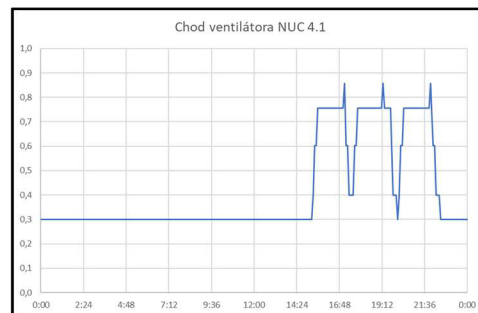


Graf 53 Chod ventilátora (NUC 4.1, prevádzkový stav č.1)

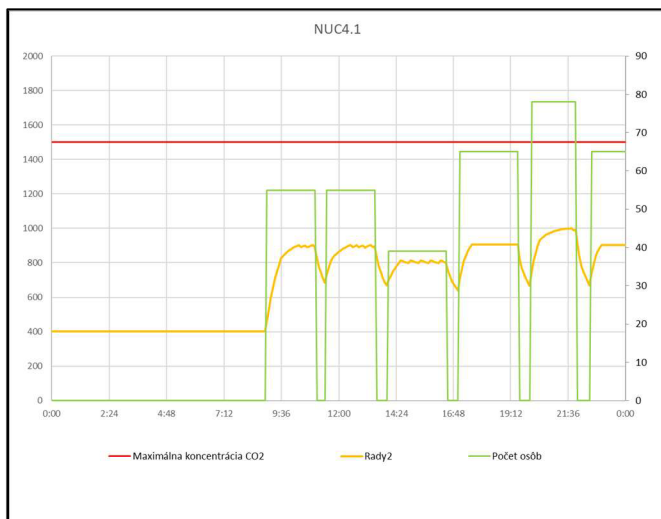




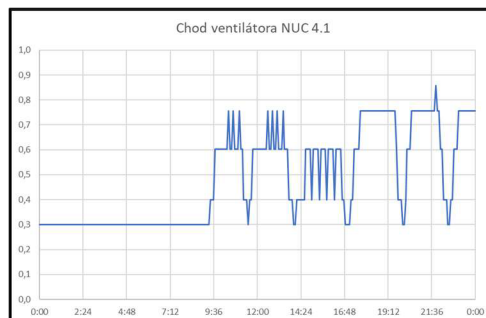
**Graf 55** Pribeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 4.1, prevádzkový stav č.2)



**Graf 56** Chod ventilátora (NUC 4.1, prevádzkový stav č.2)



**Graf 57** Pribeh obsadenosti a koncentrácie CO<sub>2</sub> (NUC 4.1, prevádzkový stav č.3)



**Graf 58** Chod ventilátora (NUC 4.1, prevádzkový stav č.3)

V grafoch je možné pozorovať, že koncentrácia CO<sub>2</sub> vo variante NUC 4.1 dosahuje vo všetkých prevádzkových stavoch hodnoty maximálne 1000 ppm. Oproti variante NUC 4 je tu vidieť mierne zhoršenie komfortu.

## 2.13 VYHODNOTENIE VÝPOČTOV

### 2.13.1 KVALITA VZDUCHU

Jedným z kritérií, na základe ktorých si môžeme vybrať medzi jednotlivými variantami je dosiahnutá kvalita vnútorného vzduchu z hľadiska koncentrácie CO<sub>2</sub>. Ide teda o komfort návštevníkov kina. V odbornej literatúre sa ako maximálna doporučená koncentrácia CO<sub>2</sub> uvádza hodnota od 1000 do 1500 ppm. Vo vyhláška č. 20/2012 Sb. je ako maximálna koncentrácia uvedená hodnota 1500 ppm. Z predchádzajúcich grafov je zrejmé, že týmto požiadavkám vyhovujú všetky varianty regulácie.

Koncentrace [ppm]	Účinky
cca 350	úroveň vonkajšieho prostredia
do 1000	doporučená úroveň CO <sub>2</sub> vo vnútorných priestoroch
1200–1500	doporučená maximálna úroveň CO <sub>2</sub> vo vnútorných priestoroch
1000–2000	nastávajú príznaky únavy a snížovanie koncentrace
2000–5000	nastávajú možné bolesti hlavy
5000	maximálna bezpečná koncentrace bez zdravotných rizik
> 5000	nevolnosť a zvýšený tep
> 15000	dýchací potíže
> 40000	možná ztráta vedomia

Tabuľka 17 Účinky CO<sub>2</sub> na ľudský organizmus [21]

	NUC 1	NUC 3.1	NUC 1.1	NUC 3	NUC 2	NUC 4.1	NUC 4
Max. koncentrácia CO <sub>2</sub> behom dňa [ppm]	1500	1300	1200	1200	1100	1000	930

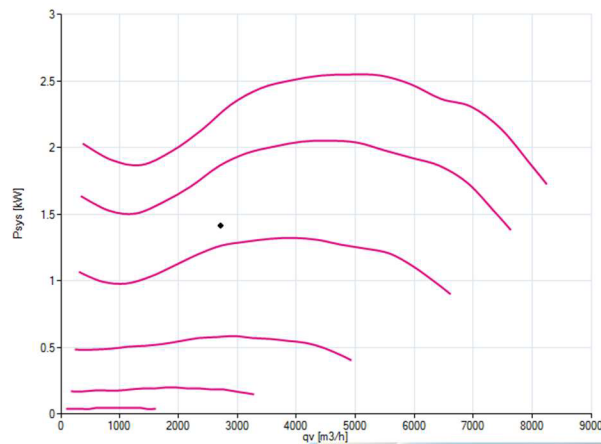
Tabuľka 18 Maximálna koncentrácia CO<sub>2</sub> behom dňa pri jednotlivých variantoch regulácie

Pri porovnávaní jednotlivých variantov podľa kvality vnútorného vzduchu sa najpriaznivejšie javí variant NUC 4, pri ktorom sa dosahuje maximálnej koncentrácie CO<sub>2</sub> 930 ppm behom dňa. Spravidla platí, že najvyšších koncentrácií je dosiahnuté pri maximálnej obsadenosti kina.

### 2.13.2 CENA PREVÁDZKY

Ďalším nemenej dôležitým faktorom hodnotenia je cena. Pre určenie ceny za deň prevádzky je dôležité poznať príkon ventilátorov a cenu za jednotku elektrickej energie. Cena bola pre účely tejto diplomovej práce stanovená na 6 Kč za kWh elektrickej energie. Závislosť príkonu na prietoku sa líši podľa konkrétneho ventilátora. Pre účely tejto diplomovej práce bol vybraný jeden konkrétny výrobok. Pri voľbe iného ventilátora by mohla byť závislosť príkonu na prietoku odlišná.

Pri výpočte príkonu v jednotlivých časoch bolo nutné poznať objemový prietok núteným vetraním v daný čas. Následne bol konkrétnemu prietoku pridelený príkon podľa grafu 59.

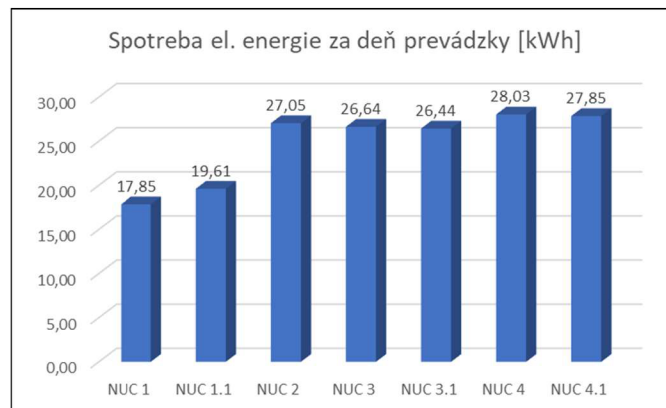


Graf 59 Závislosť príkonu na prietoku vybraného ventilátora

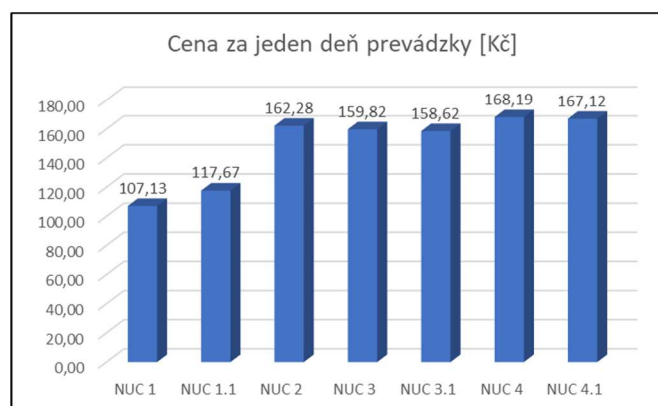
τ	čas	τ	časový úhľad	Δτ	ŠKODLIVINY		VETRANIE PRÍRODZENÉ/NÚTENÉ										KONCENTRÁCIA		
					li	Me	ti	ρi	ti	ρi	Δp	V <sub>air</sub>	NUC2	V <sub>max</sub>	V	K <sub>CO2</sub>	K <sub>CO2</sub>	NUC2	
[h:mm]	[°F]	[s]	[s]	[s]	[mg/s]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa]	[m <sup>3</sup> /s]		[m/s]	[m <sup>3</sup> /s]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[ppm]	[kW]		
20:30	20,00	308	300,00	78	624	25,0	1,169	23,7	1,174	1,330	0,0011	0,6	0,47	0,4751	1983	1103	1,26		
20:35	20,00	309	300,00	78	624	24,9	1,170	23,7	1,174	1,338	0,0011	0,7	0,53	0,5320	1970	1095	1,25		
20:40	20,00	310	300,00	78	624	24,7	1,170	23,6	1,174	1,347	0,0011	0,6	0,47	0,4751	1979	1100	1,26		
20:45	20,00	311	300,00	78	624	24,5	1,171	23,6	1,175	1,355	0,0011	0,7	0,53	0,5320	1966	1093	1,25		
20:50	20,00	313	300,00	78	624	24,3	1,172	23,6	1,175	1,363	0,0012	0,6	0,47	0,4751	1975	1098	1,26		
20:55	20,00	314	300,00	78	624	24,2	1,172	23,5	1,175	1,372	0,0012	0,6	0,47	0,4751	1983	1102	1,26		
21:00	21,00	315	300,00	78	624	24,0	1,173	23,5	1,175	1,380	0,0012	0,7	0,53	0,5320	1969	1095	1,25		
21:05	21,00	316	300,00	78	624	23,8	1,174	23,5	1,175	1,389	0,0012	0,6	0,47	0,4751	1978	1100	1,26		
21:10	21,00	318	300,00	78	624	23,7	1,174	23,4	1,175	1,397	0,0012	0,6	0,47	0,4751	1985	1104	1,26		
21:15	21,00	319	300,00	78	624	23,5	1,175	23,4	1,175	1,406	0,0012	0,7	0,53	0,5320	1972	1096	1,25		
21:20	21,00	320	300,00	78	624	23,3	1,176	23,4	1,175	1,414	0,0012	0,6	0,47	0,4751	1980	1101	1,26		
21:25	21,00	321	300,00	78	624	23,1	1,176	23,3	1,176	1,423	0,0012	0,7	0,53	0,5320	1967	1094	1,25		
21:30	21,00	323	300,00	78	624	23,0	1,177	23,3	1,176	1,432	0,0012	0,6	0,47	0,4751	1976	1099	1,26		
21:35	21,00	324	300,00	78	624	22,8	1,178	23,3	1,176	1,440	0,0012	0,6	0,47	0,4752	1983	1103	1,26		
21:40	21,00	325	300,00	78	624	22,6	1,178	23,2	1,176	1,448	0,0012	0,7	0,53	0,5320	1970	1095	1,25		
21:45	21,00	326	300,00	78	624	22,4	1,179	23,2	1,176	1,457	0,0012	0,6	0,47	0,4752	1978	1100	1,26		
21:50	21,00	328	300,00	78	624	22,3	1,180	23,2	1,176	1,465	0,0012	0,7	0,53	0,5320	1966	1093	1,25		
21:55	21,00	329	300,00	78	624	22,1	1,181	23,1	1,176	1,474	0,0012	0,6	0,47	0,4752	1975	1098	1,26		
22:00	22,00	330	300,00	55	440	21,9	1,181	23,1	1,176	1,482	0,0012	0,6	0,47	0,4752	1932	1074	1,20		
22:05	22,00	331	300,00	55	440	21,8	1,182	23,1	1,177	1,490	0,0012	0,6	0,47	0,4752	1894	1053	1,20		
22:10	22,00	333	300,00	55	440	21,6	1,183	23,0	1,177	1,499	0,0012	0,6	0,47	0,4752	1861	1035	1,20		
22:15	22,00	334	300,00	55	440	21,4	1,183	23,0	1,177	1,507	0,0012	0,6	0,47	0,4752	1833	1019	1,20		
22:20	22,00	335	300,00	55	440	21,3	1,184	23,0	1,177	1,515	0,0012	0,6	0,47	0,4752	1808	1005	1,20		

Tabuľka 19 Ukážka výpočtového Excelu pre výpočet príkonu (NUC 2, prevádzkový stav 1)

V tejto konkrétnej aplikácii sa ekonomicky najvýhodnejšie javí variant NUC 1. Ventilátor je regulovaný skokovou reguláciou on/off. Hodnota koncentrácie CO<sub>2</sub>, pri ktorej sa ventilátor spúšťa je 1500 ppm. Vhodnosť použitia skokovej regulácie v našom prípade je ale diskutabilná, keďže potrebujeme znižovať koncentrácie aj iných škodlivín ako je CO<sub>2</sub>. Z variant regulácií, pri ktorých beží ventilátor stále a reguluje sa jeho výkon vychádza z ekonomického hľadiska najlepšie variant NUC 3.1. V tomto variante je ventilátor regulovaný kvadratickou konvexnou krivkou (Graf 14). Treba ale povedať, že pri použití ventilátora s nízkym príkonom nie sú rozdiely medzi jednotlivými variantmi zásadné. V grafoch môžeme vidieť spotrebu elektrickej energie a cenu za jeden deň prevádzky jedného ventilátora.



**Graf 60** Porovnanie jednotlivých variant z hľadiska spotreby el. energie (prevádzkový stav 3)



**Graf 61** Porovnanie jednotlivých variant z hľadiska ceny (prevádzkový stav 3)

## 2.14 CHLADENIE

Pri regulácií systému podľa koncentrácie CO<sub>2</sub> sa zníži maximálny objemový prietok vzduchu vzduchotechnickou jednotkou z pôvodných 3950 m<sup>3</sup>/h na 2930 m<sup>3</sup>/h. Je to dané tým, že rozhodujúcim faktorom pre určenie nového prietoku vzduchu v kinosále bude počet ľudí. V pôvodnom návrhu bola rozhodujúca tepelná záťaž. Vzniká teda potreba pokryť tepelnú záťaž v letných mesiacoch. Výpočet tepelnej záťaže je uvedený v kapitole 2.4 tejto bakalárskej práce.

Na pokrytie tepelnej záťaže boli navrhnuté dva systémy split, každý s výkonom 5 kW. Výkon jednotky odpovedá citeľnému teplu. Podrobnejšia špecifikácia je k nahliadnutiu v prílohe diplomovej práce. Vnútorne jednotky systémov sú umiestnené do miestnosti č. 1.32 Kinosála. V diplomovej práci má systém klimatizácie označenie „Zariadenie č.1A“.

Číslo miestnosti	Účel miestnosti	Tepelné zisky [W]	Navrhnutá jednotka	Výkon [W]	Počet [ks]
1.31	Kinosála	8 500	LG ARTCOOL MIRROR	5 000	2

Tabuľka 20 Návrh chladenia pre kinosálu



Obrázok 29 Vnútorná jednotka systému split [22]



Obrázok 30 Vonkajšia jednotka systému split [22]

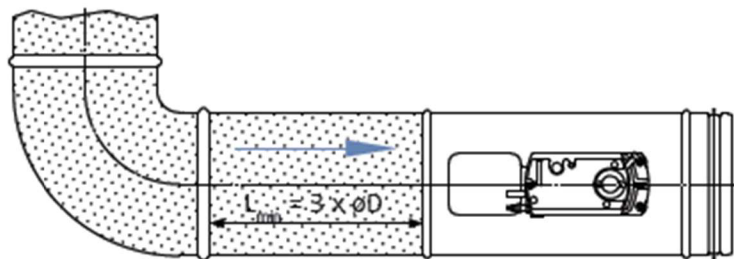
## 2.15 REGULÁTORY PRIETOKU VZDUCHU

Vzduchotechnická jednotka obsluhuje celkom tri miestnosti. Sú to miestnosť č. 1.32 Kinosála, miestnosť č. 2.13 Premietáreň a miestnosť č. 2.14 Miestnosť zvukára. Aby bol zabezpečený stály prísun čerstvého vzduchu do miestností č. 2.13 a 2.14 s nemenným prietokom, boli navrhnuté regulátory prietoku vzduchu.

Regulátory sú celkom dva, jeden na prívodnom, druhý na odvodnom potrubí. Návrh bol prevedený pomocou softwaru od spoločnosti Systemair. Pre návrh je nutné poznať objemový prietok a tlakovú stratu, ktorú musí regulátor prietoku vzduchu prekonať. Boli navrhnuté dva regulátory s označením OPTIMA LV o priemere 315 mm.

Pri návrhu regulátora prietoku vzduchu je dôležité dodržanie dĺžky tzv. ukľudňujúceho kusu potrubia, ktorá je daná výrobcom regulátora.

Minimálna dĺžka ukľudňujúceho kusu:



**Obrázok 31** Dĺžka ukľudňujúceho kusu potrubia pri kruhovom regulátore prietoku vzduchu [23]

$$L_{min} = 3 \cdot \text{ØD} = 3 \cdot 315 = 945 \text{ mm,}$$

kde  $\text{ØD}$  - priemer regulátora

PŘÍVOD				HODNOTY									TLAK. STRÁTA		POZNÁMKA
Č.Ú.	V		l	PREDBEŽNÉ		d'r	d <sub>r</sub>	S	w	p <sub>d</sub> (Z)	R <sub>t</sub>	ξ	R <sub>t</sub> · l	ξ · Pd (Z)	
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s		w' (R' <sub>t</sub> )	S'										
1	600	0,17	20,8	3,5	0,048	0,246	0,25	0,049	3,40	6,92	0,56	1,2	11,65	8,30	
													Σ	19,95 Pa	
														30,00 Pa	VÝUŠŤ
														120,00 Pa	TLMIČ HLUKU
													Σ	169,95 Pa	

**Tabuľka 21** Výpočet tlakovej straty regulátora na prívodnej vetve

ODVOD				HODNOTY									TLAK. STRÁTA		POZNÁMKA
Č.Ú.	V		l	PREDBEŽNÉ		d'r	d <sub>r</sub>	S	w	p <sub>d</sub> (Z)	R <sub>t</sub>	ξ	R <sub>t</sub> · l	ξ · Pd (Z)	
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s		w' (R' <sub>t</sub> )	S'										
1	600	0,17	35,6	3,5	0,048	0,246	0,25	0,049	3,40	6,92	0,56	2,4	19,94	16,60	
													Σ	36,54 Pa	
														30,00 Pa	VÝUŠŤ
														120,00 Pa	TLMIČ HLUKU
													Σ	186,54 Pa	

**Tabuľka 22** Výpočet tlakovej straty regulátora na odvodnej vetve

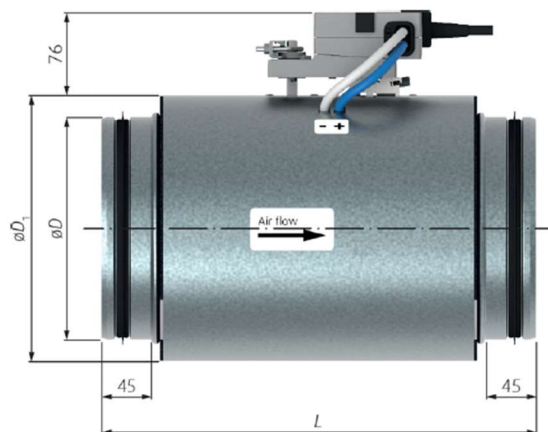
## Regulátor na privodnej vetve:

### Konfigurace

Parametr	Hodnota
Velikost	315
Izolace	S izolací
Typ ovládní	Analogová komunikace 0 - 10 V
Výrobní nastavení V <sub>min</sub>	56 m <sup>3</sup> /h
Výrobní nastavení V <sub>max</sub>	1682 m <sup>3</sup> /h
V <sub>nom</sub>	1682 m <sup>3</sup> /h

Rozměry

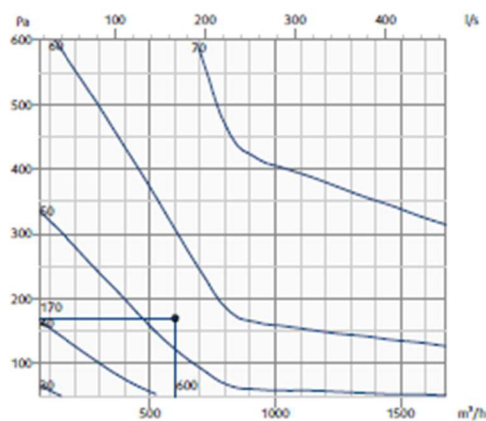
Rozměry OPTIMA-LV-RI-315



Rozměry	Hodnota (mm)
øD	315
øD1	352
L	487

### Tlaková ztráta a hladina akustického výkonu (s váhovým filtrem-A)

Celková hladina akustického výkonu (váhový filtr-A)



Parametr	Hodnota
Průtok vzduchu	600 m <sup>3</sup> /h
Náběhová rychlost v nominální ploše	2,16 m/s
Tlaková ztráta	170 Pa
Celková hladina akustického výkonu (do potrubí)	62 dB
Celková hladina akustického výkonu (váhový filtr-A)	53 dB(A)
Celková hladina akustického výkonu (vyzařovaná pláštěm)	52 dB
Celková hladina akustického výkonu vyzařovaná pláštěm (s váhovým filtrem-A)	31 dB(A)
Komunikace	1xAI, 1xAO

Celková hladina akustického výkonu (do potrubí)		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
L <sub>W</sub>	dB	57	56	54	51	48	44	38	37
L <sub>WA</sub>	dB(A)	32	39	46	47	48	45	39	36

Hluk vyzařovaný přes plášť do okolí		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
L <sub>W</sub>	dB	52	34	30	27	26	21	18	20
L <sub>WA</sub>	dB(A)	23	18	21	24	26	22	19	18

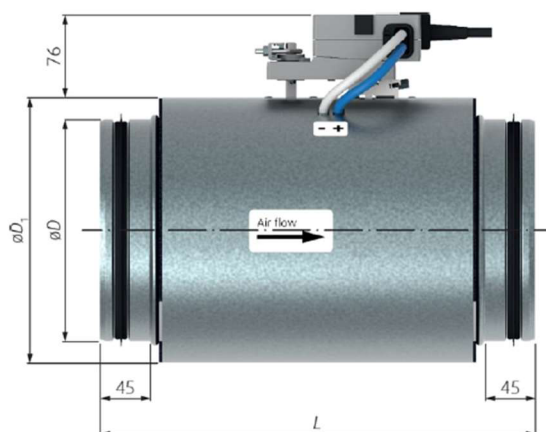
## Regulátor na odvodnej vetve:

### Konfigurace

Parametr	Hodnota
Velikost	315
Izolace	5 izolací
Typ ovládní	Analogová komunikace 0 - 10 V
Výrobní nastavení V <sub>min</sub>	56 m <sup>3</sup> /h
Výrobní nastavení V <sub>max</sub>	1682 m <sup>3</sup> /h
V <sub>nom</sub>	1682 m <sup>3</sup> /h

Rozměry

Rozměry OPTIMA-LV-RI-315

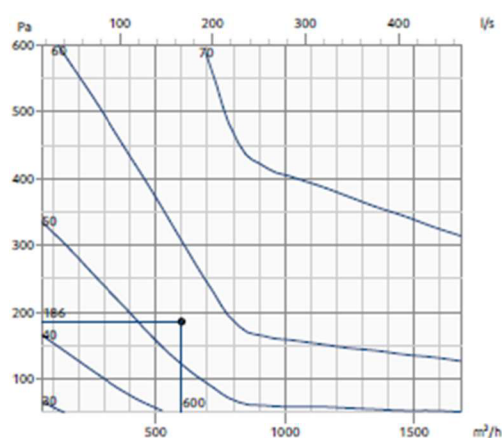


Rozměry	Hodnota (mm)
øD	315
øD1	352
L	487



### Tlaková ztráta a hladina akustického výkonu (s váhovým filtrem-A)

Celková hladina akustického výkonu (váhový filtr-A)



Parametr	Hodnota
Průtok vzduchu	600 m <sup>3</sup> /h
Náběhová rychlost v nominální ploše	2,16 m/s
Tlaková ztráta	186 Pa
Celková hladina akustického výkonu (do potrubí)	62 dB
Celková hladina akustického výkonu (váhový filtr-A)	54 dB(A)
Celková hladina akustického výkonu (vyzafovaná pláštěm)	50 dB
Celková hladina akustického výkonu vyzafovaná pláštěm (s váhovým filtrem-A)	35 dB(A)
Komunikace	1xAI, 1xA0

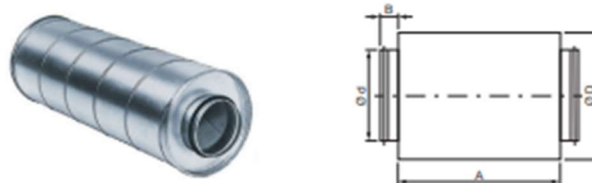
Celková hladina akustického výkonu (do potrubí)		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
L <sub>w</sub>	dB	58	57	55	52	49	45	40	38
L <sub>WA</sub>	dB(A)	32	40	47	48	49	46	41	37

Hluk vyzafovaný přes plášť do okolí		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
L <sub>w</sub>	dB	50	39	32	29	30	28	26	27
L <sub>WA</sub>	dB(A)	22	22	23	25	30	29	27	26

## Tlmiče hluku:

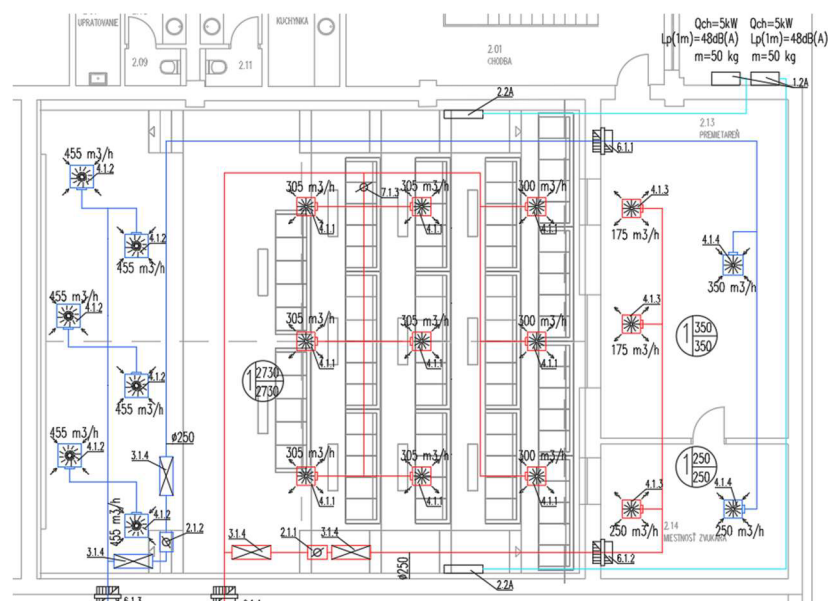
Z dôvodu zvýšenej hlučnosti pri prúdeňí vzduchu cez regulátor sa odporúča osadiť pred a za regulátor tlmič hluku. Boli navrhnuté štyri kusy kruhového tlmiča hluku od spoločnosti Electrodesign s označením MAA 250 s dĺžkou 900 mm.

MAA – tlmič hluku pro kruhové potrubí



Typ	A [mm]	Ø d [mm]	Ø D [mm]	B [mm]	hmot. [kg]	útlum dB ve frekvenčním pásmu [Hz]						
						125	250	500	1000	2000	4000	8000
MAA 250	900	248	355	60	9,1	2	6	15	24	22	16	13

Úpravy uvedené v kapitolách 2.14 a 2.15 sú aplikované do výkresu, ktorý je k dispozícii k nahliadnutiu v prílohe diplomovej práce.



Obrázok 32 Pôdorys 2.NP

## 2.16 ZÁVER

V časti B diplomovej práce bol naznačený postup pri regulovaní vzduchotechnickej jednotky obsluhujúcej kinosálu podľa koncentrácie CO<sub>2</sub>. Bolo navrhnutých celkovo sedem regulačných variant, ktoré boli aplikované na tri prevádzkové stavy kina. Následne boli jednotlivé varianty zhodnotené z hľadiska ekonomického a z hľadiska dosahovaného komfortu.

Z hľadiska dosahovaného komfortu sa ako najlepší javí variant s označením NUC 4. Regulácia tu prebieha podľa kvadratickej konkávnej krivky. Maximálna koncentrácia CO<sub>2</sub> počas dňa je 930 ppm. Najmenej komfortný je variant skokovej regulácie, ale to môžeme ovplyvniť jednoduchým nastavením hodnoty spúšťania ventilátora. Vo variante NUC 1.1 je hraničná hodnota koncentrácie 1200 ppm. Voľba tohto variantu je však diskutabilná, pretože pri plnej obsadenosti kina sa ventilátor spúšťa už po 10 minútach od vypnutia. Znamená to teda že v určitých častiach dňa by sa ventilátor spustil, bežal 30 minút a po 10 minútovej prestávke by sa zapol znova.

Pri výbere najvhodnejšieho riešenia z hľadiska spotreby elektrickej energie sa ukazuje, že najvhodnejší variant je regulácia skoková (on/off). Vhodnosť použitia v konkrétnom prípade je ale na uváženie, keďže ventilátor je veľkú časť dňa vypnutý. Z variant, kedy je ventilátor v chode po celý deň je najvhodnejší z hľadiska spotreby energie regulácia NUC 3.1, teda regulácia podľa kvadratickej konvexnej krivky.

Výber optimálneho variantu regulácie nemusí zaručiť správne fungovanie systému ak sa podcení jeho technické prevedenie. Jedným z dôležitých prvkov regulácie sú snímače a ich správne osadenie. Môžeme ich osadiť do odvodného potrubia alebo priamo do obsluhovanej miestnosti. V prípade kinosály sa ponúka napríklad možnosť osadiť niekoľko snímačov do rôznych výškových úrovní a jednotlivým snímačom dať rôznu váhu.

Posledné kapitoly časti B diplomovej práce sa venujú návrhu opatrení, ktoré by zaisťovali optimálne fungovanie systému pri regulácii vzduchotechnickej jednotky podľa koncentrácie CO<sub>2</sub>. Ide hlavne o zabezpečenie pokrytia tepelnej záťaže v letných mesiacoch a o zaistenie stáleho prísunu čerstvého vzduchu do obslužných miestností kinosály. Je tu popísaný návrh klimatizačného systému SPLIT a návrh regulátorov prietoku vzduchu.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## SYSTÉMY MĚŘENÍ A REGULACE VE VZDUCHOTECHNICE

MEASUREMENT AND REGULATION SYSTEMS IN AIR CONDITIONING

## C) EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Miroslav Ilko

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2024

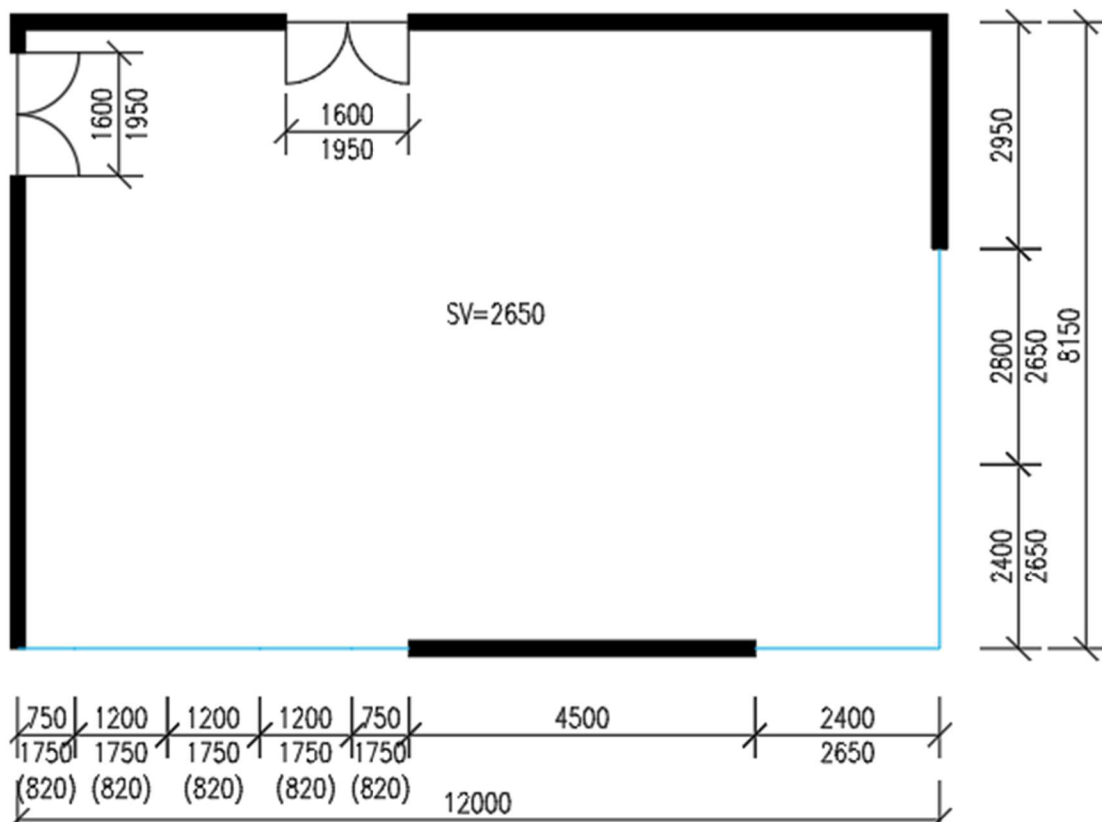
## C. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

### 3.1 ÚVOD

Tretia časť diplomovej práce sa zameriava na overenie matematického modelu pre výpočet koncentrácie CO<sub>2</sub>. Náplňou práce bolo zaznamenať dáta v miestnosti so známymi parametrami a overiť analytický výpočtový model.

### 3.2 VSTUPNÉ ÚDAJE PRE MERANIE

Meranie prebiehalo v budove E stavebnej fakulty, v miestnosti č. E417. Miestnosť bola zmeraná vrátane veľkosti a počtu okien. Zber dát prebiehal počas výuky. Bol monitorovaný počet osôb a súčasne prebiehalo meranie vonkajšej teploty.



Obrázok 33 Schéma miestnosti č. E417

### 3.3 ZBER DÁT

Meranie prebiehalo dňa 19.10.2023 od 8:00 do 9:30. V učebni bolo v tej dobe prítomných 28 osôb.

Na meranie dát v miestnosti bol použitý univerzálny prístroj na meranie klimatických veličín testo 400 spolu s CO<sub>2</sub> sondou. Parametre vonkajšieho vzduchu boli zmerané pomocou prístroja COMET S3120E.



Obrázok 35 Merací prístroj testo 400 [24]



Obrázok 34 Testo 400 s CO<sub>2</sub> sondou

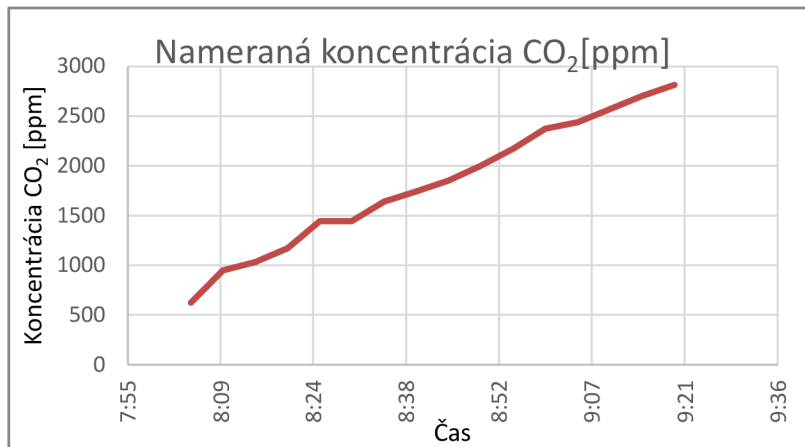


Obrázok 37 COMET S3120E [25]

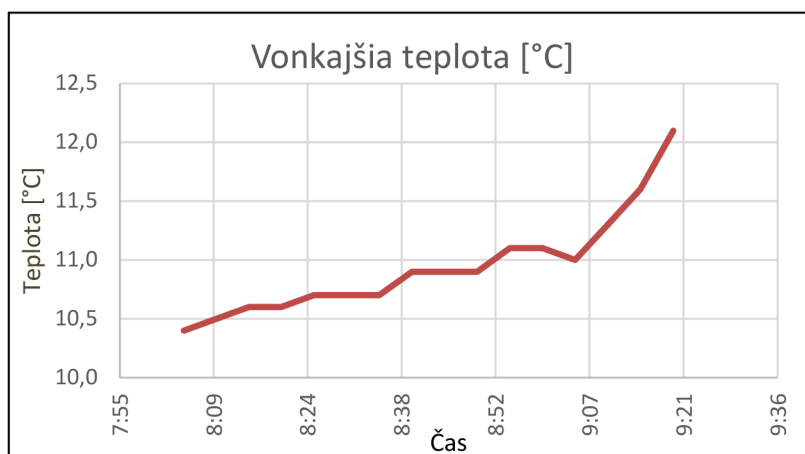


Obrázok 36 COMET S3120E

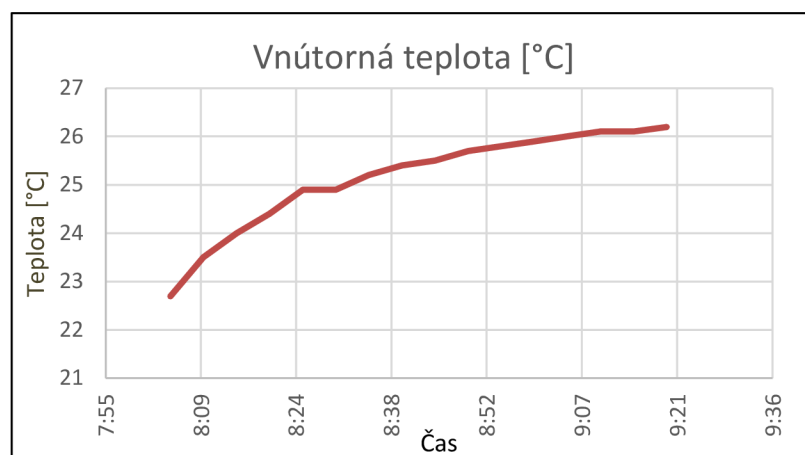
Po skončení merania sa pomocou počítača a softwaru pre vyššie uvedené meracie prístroje získali dáta a spracovali sa v Exceli.



**Graf 63** Nameraná koncentrácia CO<sub>2</sub> v miestnosti E417



**Graf 62** Priebeh vonkajšej teploty



**Graf 64** Priebeh vnútornej teploty

### 3.4 ANALITICKÝ VÝPOČET

Pomocou vzťahu pre výpočet koncentrácie škodlivín sa spočítal priebeh koncentrácie CO<sub>2</sub> v miestnosti E417.

Rovnica pre výpočet koncentrácie škodlivín v uzavretom priestore

Pre  $i=1$

$$k_{int_1} = k_{ext}$$

Pre  $i>1$

$$k_{int_1} = k_{ext} + (k_{int_{i-1}} - k_{ext}) \cdot \exp\left(\frac{-V_{(i-1)} \cdot \Delta\tau_i}{O}\right) + \left(\frac{M_{\xi_i}}{V_{(i-1)}}\right) \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-V_{(i-1)} \cdot \tau_i}{O}\right)\right)$$

<i>k<sub>ext</sub></i>	-	vonkajšia koncentrácia CO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]
<i>k<sub>int</sub></i>	-	maximálna vnútorná koncentrácia CO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]
<i>V</i>	-	objemový prietok vzduchu	[m <sup>3</sup> /s]
<i>τ<sub>i</sub></i>	-	časový úsek	[h]
<i>M<sub>ξ<sub>i</sub></sub></i>	-	produkcia škodliviny	[g/h]
<i>O</i>	-	Objem miestnosti	[m <sup>3</sup> ]

Počet osôb:	n = 28
Objem miestnosti:	O = 98 m <sup>3</sup>
Maximálna teplota v priebehu merania	t <sub>e,max</sub> = 12,1 °C
Amplitúda kolísania vonkajšej teploty	A <sub>e</sub> = 5 K
Maximálna teplota interiéru	t <sub>i,max</sub> = 26,2 °C
Dovolená amplitúda kolísania vnútornej teploty	A <sub>i</sub> = 1,5 K
Súčiniteľ škárovej prievzdúšnosti okien	i = 0,0003 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> mPa <sup>-0,67</sup>
Náveterný tlakový súčiniteľ	A <sub>v</sub> = 0,6
Rýchlosť vetra	v <sub>v</sub> = 3,30 m/s

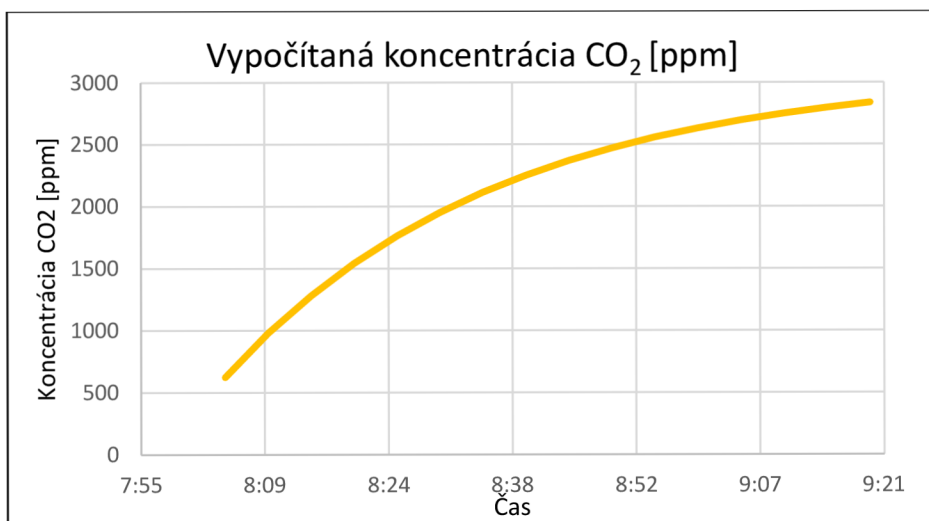
Vonkajšia koncentrácia CO <sub>2</sub>	k <sub>ext</sub> =	0,0004 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> =	624 ppm =	1123,2 mg/m <sup>3</sup> =	0,06 obj. %
Maximálna koncentrácia CO <sub>2</sub>	k <sub>int</sub> =	0,0015 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> =	1500 ppm =	2700 mg/m <sup>3</sup> =	0,15 obj. %
Doporučená koncentrácia CO <sub>2</sub>	k <sub>dop</sub> =	0,0010 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> =	1000 ppm =	1800 mg/m <sup>3</sup> =	0,10 obj. %
hmotnosť škodlivín(CO <sub>2</sub> )	M <sub>ξ</sub> =	0,016 m <sup>3</sup> /h	= 4,44E-06 m <sup>3</sup> /s =	8,0 mg/s	

Tabuľka 23 Vstupné údaje do výpočtu



$\tau$	$\tau$	$\Delta\tau$	ŠKODLIVINY		KONCENTRÁCIA ŠKODLIVINY									
			$i_i$	$M_k$	$t_e$	$\rho_e$	$t_i$	$\rho_i$	$\Delta p$	$V_{inf}$	$V$	$k_{int}$	$k_{int}$	
čas	časový úhol	čas	počet osôb	produkcia CO <sub>2</sub>	Vonkajšia teplota	Hustota vonkajšieho vzduchu	Teplota interiéru	Hustota vnútorného vzduchu	Tlakový rozdiel vplyvom rozdielu teplôt a tlaku	Infiltrácia oknami/stavebnými konštrukciami	Objemový prítok vzduchu	Koncentrácia CO <sub>2</sub>	Koncentrácia CO <sub>2</sub> (výpočet)	
[hh:mm]	[°]	[s]	[-]	[mg/s]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[Pa]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[ppm]	
8:05	8,00	121	0,00	28	224	10,4	1,229	22,7	1,178	4,751	0,0501	0,0501	1123	624
8:10	8,00	123	300,00	28	224	10,5	1,229	23,5	1,175	4,789	0,0504	0,0504	1760	978
8:15	8,00	124	300,00	28	224	10,6	1,228	24,0	1,173	4,810	0,0505	0,0505	2305	1282
8:20	8,00	125	300,00	28	224	10,6	1,228	24,4	1,171	4,832	0,0507	0,0507	2771	1541
8:25	8,00	126	300,00	28	224	10,7	1,228	24,9	1,169	4,853	0,0508	0,0508	3169	1762
8:30	8,00	128	300,00	28	224	10,7	1,228	24,9	1,169	4,853	0,0508	0,0508	3510	1952
8:35	8,00	129	300,00	28	224	10,7	1,228	25,2	1,168	4,870	0,0509	0,0509	3801	2113
8:40	8,00	130	300,00	28	224	10,9	1,227	25,4	1,167	4,866	0,0509	0,0509	4050	2252
8:45	8,00	131	300,00	28	224	10,9	1,227	25,5	1,167	4,872	0,0510	0,0510	4262	2370
8:50	8,00	133	300,00	28	224	10,9	1,227	25,7	1,166	4,883	0,0510	0,0510	4444	2471
8:55	8,00	134	300,00	28	224	11,1	1,226	25,8	1,166	4,873	0,0510	0,0510	4599	2557
9:00	9,00	135	300,00	28	224	11,1	1,226	25,9	1,166	4,879	0,0510	0,0510	4732	2631
9:05	9,00	136	300,00	28	224	11,0	1,227	26,0	1,165	4,892	0,0511	0,0511	4844	2693
9:10	9,00	138	300,00	28	224	11,3	1,225	26,1	1,165	4,875	0,0510	0,0510	4941	2747
9:15	9,00	139	300,00	28	224	11,6	1,224	26,1	1,165	4,852	0,0508	0,0508	5026	2795
9:20	9,00	140	300,00	28	224	12,1	1,222	26,2	1,164	4,820	0,0506	0,0506	5102	2837

Tabuľka 24 Ukážka výpočtového Excelu



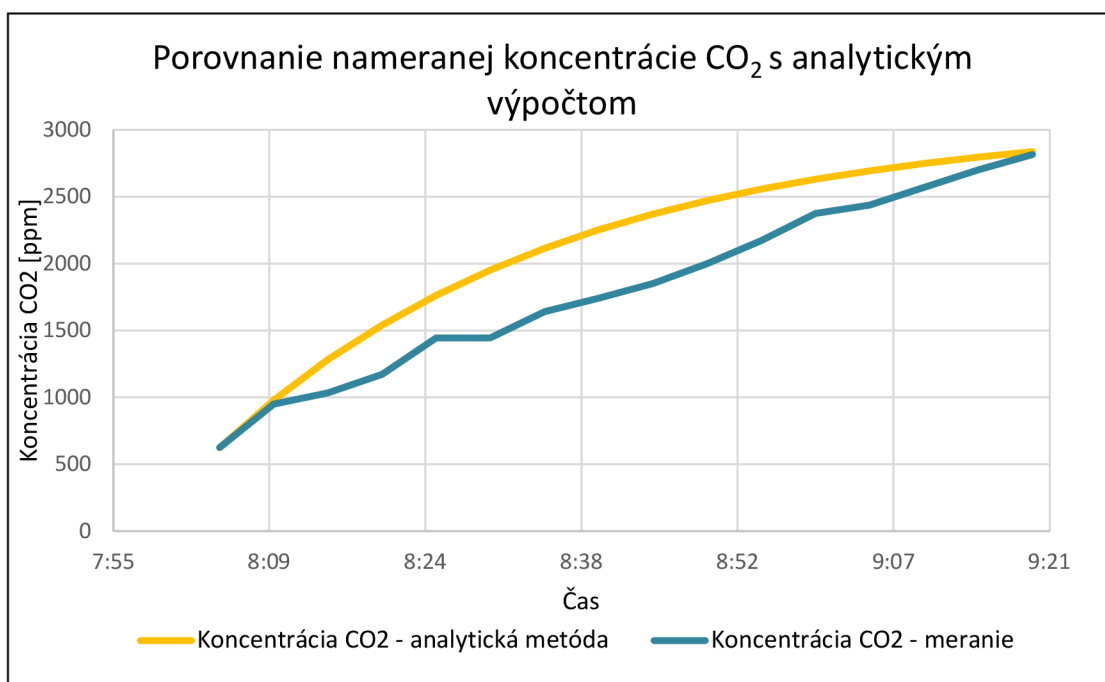
Graf 65 Vypočítaná koncentrácia CO<sub>2</sub> v miestnosti E417

### 3.5 ZÁVER

V časti C diplomovej práce bol podľa nameraných dát určený priebeh koncentrácie CO<sub>2</sub> v miestnosti E417 stavebnej fakulty. Následne bol pomocou výpočtového modelu a na základe nameraných veličín spočítaný priebeh koncentrácie CO<sub>2</sub> analyticky.

		čas	[hh:mm]	8:05	8:10	8:15	8:20	8:25	8:30	8:35	8:40	8:45	8:50	8:55	9:00	9:05	9:10	9:15	9:20
KONCENTRÁCIA A ŠKODLIVINY	k <sub>int</sub>	Koncentrácia CO <sub>2</sub> (výpočet)	[ppm]	624	978	1282	1541	1762	1952	2113	2252	2370	2471	2557	2631	2693	2747	2795	2837
	k <sub>int</sub>	Koncentrácia CO <sub>2</sub> (meranie)	[ppm]	624	949	1032	1172	1444	1444	1641	1742	1852	1999	2172	2374	2438	2569	2701	2816
		Rozdiel	[ppm]	0	29	250	369	318	508	472	510	518	472	385	257	255	178	94	21

Tabuľka 25 Porovnanie nameraných a vypočítaných hodnôt koncentrácie CO<sub>2</sub>



Graf 66 Porovnanie priebehu nameranej koncentrácie CO<sub>2</sub> s analytickým výpočtom

Porovnanie priebehov koncentrácie CO<sub>2</sub> ukazuje, že priebeh nameraných a vypočítaných hodnôt nie je zhodný. Najväčšie odchýlky medzi hodnotami sú zhruba v strede merania (čas 8:45). Rozdiel medzi vypočítanou a nameranou koncentráciou je vtedy 518 ppm. Odchýlka môže byť spôsobená nevhodným umiestnením meracieho zariadenia. Z grafu je vidieť, že vyšších hodnôt koncentrácie dostaneme z analytického výpočtu.

# POUŽITÉ ZDROJE

## *Knihy a akademické zdroje*

[1] KOUDELKOVÁ, Daniela. *Meranie a regulácia v TZB 1. časť - vykurovanie*. Bratislava: STU, 2014. ISBN 978-80-227-4291-7.

[2] BAŠTA, Jiří. *Regulace v technice prostředí staveb*. Praha. Bratislava: ČVUT, 2014. ISBN 978-80-01-05455-0.

[3] VALTER, Jaroslav. *Regulace v praxi aneb jak to dělám já*. Praha: BEN - technická literatura, 2010. ISBN 978-80-7300-256-5.

[4] GEBAUER, Günter; RUBINOVÁ, Olga a HORKÁ, Helena. *Vzduchotechnika*. 2.vydání. Brno: ERA group spol., 2007. ISBN 978-80-7366-091-8.

[5] SZÉKYOVÁ, Marta; FERSTL, Karol a NOVÝ, Richard. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: JAGA GROUP, 2006. ISBN 80-8076-037-3.

## *Elektronické zdroje*

[6] LOM, Michal a MATZ, Václav. *Základní části vzduchotechnické jednotky a její řízení*. Online. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/regulace-vetrani-klimatizace/9796-model-rizeni-vzduchotechnicke-jednotky>. [cit. 2023-10-24].

[7] MANDÍK, A.S. *TPM 150/21*. Online. 2023. Dostupné z: [https://www.mandik.cz/getattachment/0cac51be-74ea-4fb4-bc12-7beb1547308d/150\\_21\\_cz\\_RDM.aspx](https://www.mandik.cz/getattachment/0cac51be-74ea-4fb4-bc12-7beb1547308d/150_21_cz_RDM.aspx). [cit. 2023-11-02].

[8] MANDÍK, A.S. *TPM 030/03*. Online. 2023. Dostupné z: [https://www.mandik.cz/getattachment/00ea8733-9eb5-4863-bc4a-fa324045aa98/030\\_03\\_cz\\_RKKM.aspx](https://www.mandik.cz/getattachment/00ea8733-9eb5-4863-bc4a-fa324045aa98/030_03_cz_RKKM.aspx). [cit. 2023-11-02].

[9] INDUSTRIAL SYSTEMS S.R.O. *DTS PSA 100/1500 tl. snímač 100 - 1500 Pa*. Online. INDUSTRIAL SYSTEMS S.R.O. [Vzduchotechnika-eshop.cz](http://www.vzduchotechnika-eshop.cz). 2020. Dostupné z: <https://www.vzduchotechnika-eshop.cz/p/dts-psa-100-1500-tl-snimac-100-1500-pa>. [cit. 2023-11-02].

[10] MSV VZDUCHOTECHNIKA, SPOL S.R.O. Online. MSV VZDUCHOTECHNIKA, SPOL S.R.O. [Msv-vzt.cz](http://www.msv-vzt.cz). Dostupné z: <http://www.msv-vzt.cz/vzduchotechnika>. [cit. 2023-11-27].

[11] HATON, S.R.O. Online. HATON, S.R.O. [Haton.sk](http://www.haton.sk). Dostupné z: <https://www.haton.sk/protiprudna-alebo-rotacna-rekuperacna-jednotka/>. [cit. 2023-11-27].

- [12] VENTILATORY.CZ. *VENTILATORY.cz*. Online. Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz/prumyslovy-snekovy-radialni-ventilator-o-160-mm-560-m-h-x11165>. [cit. 2023-11-29].
- [13] MULTI-VAC SK SPOL. S R.O. *Www.multivac.sk*. Online. Dostupné z: <https://www.multivac.sk/produkty/potrubny-axialny-ventilator-cc-cc-atx>. [cit. 2023-11-29].
- [14] SYSTEMAIR, A.S. *Https://www.systemair.com/*. Online. 2022. Dostupné z: [https://design.systemair.com/rest/documents/OPTIMA\\_S/cs-CZ/Katalog\\_OPTIMA%20S-BLC-GO\\_2022\\_web](https://design.systemair.com/rest/documents/OPTIMA_S/cs-CZ/Katalog_OPTIMA%20S-BLC-GO_2022_web). [cit. 2023-11-30].
- [15] SYSTEMAIR, A.S. *Https://www.systemair.com/*. Online. 2022. Dostupné z: [https://design.systemair.com/rest/documents/NOTUS\\_R/cs-CZ/Katalog\\_NOTUS-R\\_2022\\_rev01](https://design.systemair.com/rest/documents/NOTUS_R/cs-CZ/Katalog_NOTUS-R_2022_rev01). [cit. 2023-11-30].
- [16] SYSTEMAIR, A.S. *Design.systemair.com*. Online. 2022. Dostupné z: [https://design.systemair.com/CZ/cs-CZ/catalogue/OPTIMA\\_S/calculation?accessories=0&airflow=500%3ACubicMeterPerHour&airflow\\_direction=0&control\\_voltage=2&controller\\_type=0&insulation=0&market=490&pressuredrop=150%3APascal&range=200100&size=200100&vmax=0%3ACubicMeterPerHour&vmin=0%3ACubicMeterPerHour](https://design.systemair.com/CZ/cs-CZ/catalogue/OPTIMA_S/calculation?accessories=0&airflow=500%3ACubicMeterPerHour&airflow_direction=0&control_voltage=2&controller_type=0&insulation=0&market=490&pressuredrop=150%3APascal&range=200100&size=200100&vmax=0%3ACubicMeterPerHour&vmin=0%3ACubicMeterPerHour). [cit. 2023-11-30].
- [17] BOLA SPOL S.R.O. *Www.bola.cz*. Online. Dostupné z: [https://www.bola.cz/snimac-teploty-a-vlhkosti-evikon-e2218-rp16-s-24vdc?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiAggGrBhDtARI-sAM5s0\\_mpUN0lDmxUNE3IYNLsEl8sJOPHQntj-l\\_y-zgMMXHI\\_i33HfotwyAaAlpzEALw\\_wcB](https://www.bola.cz/snimac-teploty-a-vlhkosti-evikon-e2218-rp16-s-24vdc?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAggGrBhDtARI-sAM5s0_mpUN0lDmxUNE3IYNLsEl8sJOPHQntj-l_y-zgMMXHI_i33HfotwyAaAlpzEALw_wcB). [cit. 2023-11-30].
- [18] MANDÍK, a.s. VVM VÝUSŤ S VÍŘIVÝM VÝTOKEM VZDUCHU: TPM 001/96. *Mandik.cz* [online]. MANDÍK, a.s, 2021, 21.5.2021 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: [https://www.mandik.cz/getattachment/a243f18b-377d-4651-8e55-5d53014b0625/001\\_96\\_cz\\_VVM.aspx](https://www.mandik.cz/getattachment/a243f18b-377d-4651-8e55-5d53014b0625/001_96_cz_VVM.aspx)
- [19] MANDÍK, a.s. ANEMOSTAT LAMELOVÝ ČTVERCOVÝ: TPM 003/97. *Mandik.cz* [online]. MANDÍK, a.s, 2019, 17.6.2019 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: [https://www.mandik.cz/getattachment/a9f8ceaa-e958-4438-9f80-64c2fae0c578/003\\_97\\_cz\\_ALCM.aspx](https://www.mandik.cz/getattachment/a9f8ceaa-e958-4438-9f80-64c2fae0c578/003_97_cz_ALCM.aspx)
- [20] HALABALA, Pavel. *Motory ECblue pro pohon ventilátorů*. Online. 2015. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vzduchotechnicka-zarizeni/12679-motory-ecblue-pro-pohon-ventilatoru>. [cit. 2023-12-14].

- [21] BOHUSLÁVEK, Petr. *Výsledky měření koncentrace CO<sub>2</sub> v ložnici*. Online. 2018. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/17867-vysledky-mereni-koncentrace-co2-v-loznici>. [cit. 2023-12-17].
- [22] LG ELECTRONICS. *Www.lg.com*. Online. Dostupné z: [https://www.lg.com/cz/bytove-klimatizace/lg-ac18bk#pdp\\_spec](https://www.lg.com/cz/bytove-klimatizace/lg-ac18bk#pdp_spec). [cit. 2023-12-17].
- [23] SYSTEMAIR, A.S. *OPTIMA LV R*. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cs-cz/vyrobky/distribucni-elementy/regulatory-prutoku-a-tlaku/regulatory-variabilniho-prutoku-a-tlaku/optima/optima-lv-r>. [cit. 2023-12-17].
- [24] TESTO S.R.O. *Testo 400 - Univerzální přístroj pro měření klimatických veličin*. Online. Dostupné z: <https://www.testo.com/cz-CZ/testo-400/p/0560-0400>. [cit. 2023-12-19].
- [25] COMET SYSTEM, S.R.O. *Teploměr-vlhkoměr*. Online. Dostupné z: <https://www.cometsystem.cz/produkty/reg-s3120>. [cit. 2023-12-19].

## ZOZNAM OBRÁZKOV, TABULIEK A GRAFOV

### *Obrázky*

<b>Obrázok 1</b> Ukážka grafického prostredia modelu VZT jednotky v programe COACHAX [6].....	13
<b>Obrázok 2</b> Regulačná klapka kruhová so servopohonom [8] .....	14
<b>Obrázok 3</b> Lamelová regulačná klapka so servopohonom, štvorhranná [7] .....	14
<b>Obrázok 4</b> Schéma vzduchotechnickej jednotky s vyznačenou polohou cirkulačnej klapky [5]	16
<b>Obrázok 5</b> Snímač tlakovej diferencie [9] .....	16
<b>Obrázok 6</b> Rotačný rekuperátor [11] .....	17
<b>Obrázok 7</b> Doskový rekuperátor [10] .....	17
<b>Obrázok 8</b> Zmiešavací a vstrekovací okruh teplovodných ohrievačov vzduchotechniky [3].....	20
<b>Obrázok 9</b> Vodný chladiaci okruh [3].....	22
<b>Obrázok 10</b> Radiálny ventilátor [12] .....	23
<b>Obrázok 11</b> Axiálny ventilátor [13] .....	23
<b>Obrázok 12</b> Regulácia výkonu ventilátoru škrtením a zmenou otáčok [4] .....	24
<b>Obrázok 13</b> Regulátor konštantného prietoku vzduchu do kruhového potrubia [15] .....	25
<b>Obrázok 14</b> Regulátor variabilného prietoku vzduchu do štvorhranného potrubia [14] .....	25
<b>Obrázok 15</b> Ukážkové schéma použitia regulátorov prietoku [14] .....	26
<b>Obrázok 16</b> Tlaková strata a hladina akustického výkonu (váhový filter A) [16].....	27
<b>Obrázok 17</b> Príklad návrhu regulátoru prietoku vzduchu [16] .....	27
<b>Obrázok 18</b> Parametre zvoleného regulátora (200x100) pri danej rýchlosti a tlakovej strate [16] .....	27
<b>Obrázok 19</b> Výpočet dĺžky ukľudňovacieho kusu potrubia [14] .....	28
<b>Obrázok 20</b> Snímač teploty a vlhkosti [17] .....	28
<b>Obrázok 21</b> Funkčné celky 1NP.....	32
<b>Obrázok 22</b> Funkčné celky 2NP.....	32
<b>Obrázok 23</b> VVM – výust' v vírivým výtoku vzduchu [18] .....	46
<b>Obrázok 24</b> ALCM – Anemostat lamelový [19] .....	46
<b>Obrázok 25</b> Schéma dimenzovania potrubia – zariadenie č.1.....	47
<b>Obrázok 26</b> Vzduchotechnická jednotka obsluhúca priestory kinosálu .....	48
<b>Obrázok 27</b> Pôdorys kinosály.....	54
<b>Obrázok 28</b> Rez kinosálou.....	54
<b>Obrázok 29</b> Vonkajšia jednotka systému split [22].....	78
<b>Obrázok 30</b> Vnútoraná jednotka systému split [22] .....	78

<b>Obrázok 31</b> Dĺžka ukládajúceho kusu potrubia pri kruhovom regulátore prietoku vzduchu [23]	79
<b>Obrázok 32</b> Pôdorys 2.NP	83
<b>Obrázok 33</b> Schéma miestnosti č. E417	86
<b>Obrázok 34</b> Testo 400 s CO <sub>2</sub> sondou	87
<b>Obrázok 35</b> Merací prístroj testo 400 [24]	87
<b>Obrázok 36</b> COMET S3120E	87
<b>Obrázok 37</b> COMET S3120E [25]	87

### **Tabuľky**

<b>Tabuľka 1</b> Sumarizačná tabuľka vypočítaných hodnôt súčiniteľa prechodu tepla a porovnanie s ČSN 73 0540-2	33
<b>Tabuľka 2</b> Tepelné straty m.č. 1.31 Kinosála.	35
<b>Tabuľka 3</b> Tepelné straty m.č. 2.13 premietáreň	36
<b>Tabuľka 4</b> Tepelné straty m.č. 2.14 miestnosť zvukára	36
<b>Tabuľka 5</b> Distribučné elementy – zariadenie č.1	46
<b>Tabuľka 6</b> Dimenzovanie hlavnej vetvy prívodného potrubia – zariadenie č.1	47
<b>Tabuľka 7</b> Dimenzovanie odvodného potrubia – zariadenie č.1	48
<b>Tabuľka 8</b> Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č.1	49
<b>Tabuľka 9</b> Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č.2	50
<b>Tabuľka 10</b> Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č.3	51
<b>Tabuľka 11</b> Ukážka výpočtového Excelu – NUC 1, prevádzkový stav 1	58
<b>Tabuľka 12</b> Ukážka výpočtového Excelu – NUC 2, prevádzkový stav 1	65
<b>Tabuľka 13</b> Ukážka výpočtového Excelu – NUC 3, prevádzkový stav 1	67
<b>Tabuľka 14</b> Ukážka výpočtového Excelu – NUC 3.1, prevádzkový stav 1	69
<b>Tabuľka 15</b> Ukážka výpočtového Excelu – NUC 4, prevádzkový stav 1	71
<b>Tabuľka 16</b> Ukážka výpočtového Excelu – NUC 4.1, prevádzkový stav 1	73
<b>Tabuľka 17</b> Účinky CO <sub>2</sub> na ľudský organizmus [21]	75
<b>Tabuľka 18</b> Maximálna koncentrácia CO <sub>2</sub> behom dňa pri jednotlivých variantoch regulácie	75
<b>Tabuľka 19</b> Ukážka výpočtového Excelu pre výpočet príkonu (NUC 2, prevádzkový stav 1)	76
<b>Tabuľka 20</b> Návrh chladenia pre kinosálu	78
<b>Tabuľka 21</b> Výpočet tlakovej straty regulátora na prívodnej vetve	79
<b>Tabuľka 22</b> Výpočet tlakovej straty regulátora na odvodnej vetve	79

<b>Tabuľka 23</b> Vstupné údaje do výpočtu .....	89
<b>Tabuľka 24</b> Ukážka výpočtového Excelu.....	90
<b>Tabuľka 25</b> Porovnanie nameraných a vypočítaných hodnôt koncentrácie CO <sub>2</sub> .....	91
<b>Tabuľka 26</b> Filtrácia zariadenia č.1.....	103

### **Grafy**

<b>Graf 1</b> Percentuálna obsadenosť kina počas dňa – variant 1 .....	38
<b>Graf 2</b> Priebeh tepelnej záťaže počas dňa – variant 1 .....	38
<b>Graf 3</b> Percentuálna obsadenosť kina počas dňa – variant 2 .....	40
<b>Graf 4</b> Priebeh tepelnej záťaže počas dňa – variant 2 .....	40
<b>Graf 5</b> Percentuálna obsadenosť kina počas dňa – variant 3 .....	42
<b>Graf 6</b> Priebeh tepelnej záťaže počas dňa – variant 3 .....	42
<b>Graf 7</b> Priebeh tepelnej záťaže v miestnosti č. 2.13 – Premietáreň .....	43
<b>Graf 8</b> Priebeh tepelnej záťaže v miestnosti č. 2.14 – Miestnosť zvukára .....	43
<b>Graf 9</b> Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č. 1 .....	49
<b>Graf 10</b> Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č. 2 .....	50
<b>Graf 11</b> Obsadenosť kina pri prevádzkovom stave č. 3 .....	51
<b>Graf 12</b> Variant regulácie NUC 2 .....	55
<b>Graf 13</b> Variant regulácie NUC 3 .....	56
<b>Graf 14</b> Variant regulácie NUC 3.1 .....	56
<b>Graf 15</b> Variant regulácie NUC 4 .....	57
<b>Graf 16</b> Variant regulácie NUC 4.1 .....	57
<b>Graf 17</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 1, prevádzkový stav č.1).....	58
<b>Graf 18</b> Chod ventilátora (NUC 1, prevádzkový stav 1) .....	59
<b>Graf 19</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 1, prevádzkový stav č.2).....	60
<b>Graf 20</b> Chod ventilátora (NUC 1, prevádzkový stav 2) .....	60
<b>Graf 21</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 1, prevádzkový stav č.3).....	61
<b>Graf 22</b> Chod ventilátora (NUC 1, prevádzkový stav č.3).....	61
<b>Graf 23</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 1.1, prevádzkový stav č.1).....	62
<b>Graf 24</b> Chod ventilátora (NUC 1.1, prevádzkový stav č.1).....	62
<b>Graf 25</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 1.1, prevádzkový stav č.2).....	63
<b>Graf 26</b> Chod ventilátora (NUC 1.1, prevádzkový stav č.2).....	63
<b>Graf 27</b> Chod ventilátora (NUC 1.1, prevádzkový stav č.3).....	64



<b>Graf 28</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 1.1, prevádzkový stav č.3) .....	64
<b>Graf 29</b> Chod ventilátora (NUC 2, prevádzkový stav č.1) .....	65
<b>Graf 30</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 2, prevádzkový stav č.1) .....	65
<b>Graf 31</b> Chod ventilátora (NUC 2, prevádzkový stav č.2) .....	66
<b>Graf 32</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 2, prevádzkový stav č.2) .....	66
<b>Graf 33</b> Chod ventilátora (NUC 2, prevádzkový stav č.3) .....	66
<b>Graf 34</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 2, prevádzkový stav č.3) .....	66
<b>Graf 35</b> Chod ventilátora (NUC 3, prevádzkový stav č.1) .....	67
<b>Graf 36</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 3, prevádzkový stav č.1) .....	67
<b>Graf 37</b> Chod ventilátora (NUC 3, prevádzkový stav č.2) .....	68
<b>Graf 38</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 3, prevádzkový stav č.2) .....	68
<b>Graf 39</b> Chod ventilátora (NUC 3, prevádzkový stav č.3) .....	68
<b>Graf 40</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 3, prevádzkový stav č.3) .....	68
<b>Graf 41</b> Chod ventilátora (NUC 3.1, prevádzkový stav č.1) .....	69
<b>Graf 42</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 3.1, prevádzkový stav č.1) .....	69
<b>Graf 43</b> Chod ventilátora (NUC 3.1, prevádzkový stav č.2) .....	70
<b>Graf 44</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 3.1, prevádzkový stav č.2) .....	70
<b>Graf 45</b> Chod ventilátora (NUC 3.1, prevádzkový stav č.3) .....	70
<b>Graf 46</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 3.1, prevádzkový stav č.3) .....	70
<b>Graf 47</b> Chod ventilátora (NUC 4, prevádzkový stav č.1) .....	71
<b>Graf 48</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 4, prevádzkový stav č.1) .....	71
<b>Graf 49</b> Chod ventilátora (NUC 4, prevádzkový stav č.2) .....	72
<b>Graf 50</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 4, prevádzkový stav č.2) .....	72
<b>Graf 51</b> Chod ventilátora (NUC 4, prevádzkový stav č.3) .....	72
<b>Graf 52</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 4, prevádzkový stav č.3) .....	72
Graf 53 Chod ventilátora (NUC 4.1, prevádzkový stav č.1) .....	73
<b>Graf 54</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 4.1, prevádzkový stav č.1) .....	73
<b>Graf 55</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 4.1, prevádzkový stav č.2) .....	74
<b>Graf 56</b> Chod ventilátora (NUC 4.1, prevádzkový stav č.2) .....	74
<b>Graf 57</b> Chod ventilátora (NUC 4.1, prevádzkový stav č.3) .....	74
<b>Graf 58</b> Priebeh obsadenosti a koncentrácie CO <sub>2</sub> (NUC 4.1, prevádzkový stav č.3) .....	74
<b>Graf 59</b> Závislosť príkonu na prietoku vybraného ventilátora .....	76
<b>Graf 60</b> Porovnanie jednotlivých variant z hľadiska ceny (prevádzkový stav 3) .....	77
<b>Graf 61</b> Porovnanie jednotlivých variant z hľadiska spotreby el. energie (prevádzkový stav 3) .....	77

<b>Graf 62</b> Priebeh vonkajšej teploty .....	88
<b>Graf 63</b> Nameraná koncentrácia CO <sub>2</sub> v miestnosti E417 .....	88
<b>Graf 64</b> Priebeh vnútornej teploty .....	88
<b>Graf 65</b> Vypočítaná koncentrácia CO <sub>2</sub> v miestnosti E417 .....	90
<b>Graf 66</b> Porovnanie priebehu nameranej koncentrácie CO <sub>2</sub> s analytickým výpočtom.....	91

# PRÍLOHY

## A. Technická správa

## B. Špecifikácia

## C. Funkčná schéma

C1 – Funkčná schéma zariadenia č.1

## D. Výkresy

D1 – Pôdorys 2NP                      M 1:100

D2 – Pôdorys 2NP (BP)                M 1:50

D3 – Rezy A-A, B-B (BP)                M 1:50

# A. Technická správa

## 1.1 ÚVOD

Predmetom tohto projektu v stupni Dokumentácia pre prevedenie stavby je návrh vetrania a klimatizácie v novostavbe kina s nahrávacím štúdiom v Brne. Návrh musí byť zrealizovaný tak, aby boli zaistené predpísané požiadavky internej mikroklímy, hygienických výmen vzduchu a celkovej pohody vnútorného prostredia s prihliadnutím na charakter objektu.

### 1.1.1 PODKLADY PRE SPRACOVANIE

Podkladom pre spracovanie projektu boli stavebné výkresy 1-2. NP a zvislých rezov vo formáte „dwg“. Ďalej tiež platné právne predpisy (zákony, nariadenia vlády a realizačné vyhlášky), české technické normy a podklady výrobcov vzduchotechnických zariadení:

- Nařízení vlády č. 217/2016 Sb., kterými se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- Nařízení vlády č. 68/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.
- Nařízení vlády č. 32/2016 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 20/2012 Sb., kterou se mění Vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- Vyhláška č.6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN 12 7010/Z1 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení
- ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení (1996)
- REMAK a.s. - podklady výrobce, návrhový program AeroCAD
- Greif-Akustik, s.r.o. – podklady výrobce, návrhový excel
- Mandik, a.s. – podklady výrobce
- Návrhový software Teruna

### 1.1.2 VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMEROV

Miesto:	Brno
Nadmorská výška:	227 m n.m.
Normálny tlak vzduchu:	101,3 kPa
Výpočtová teplota vzduchu:	leto: 32 °C, zima: -13 °C, entalpia: leto 62 kJ/kg s.v.

V priestoroch kinosály sú uvažované podmienky:

- Leto: Teplota 25°C, vlhkosť 65%
- Zima: Teplota 20°C, vlhkosť 35%

V priestoroch zázemia kina sú uvažované podmienky:

- Leto: Teplota 25°C, vlhkosť 60%
- Zima: Teplota 20°C, vlhkosť 35%

## 1.2 ZÁKLADNÉ KONCEPČNÉ RIEŠENIE

Predmetom projektovej dokumentácie je časť dvojpodlažného objektu v Brne. Budova je funkčne rozdelená na dve časti: kino s nahrávacím štúdiom a reštaurácia s pódium. Projekt sa zaoberá časťou s kinom a nahrávacím štúdiom. Kinosála má kapacitu 78 návštevníkov.

Koncepčne je riešená časť rozdelená na dve zóny. Každú zónu obsluhuje samostatné vzduchotechnické zariadenie.

Zariadenie č.1 – Teplovzdušné vykurovanie a klimatizácia priestorov kina

Zariadenie č.1A – Klimatizačný systém pre kinosálu

Zariadenie č.2 – Teplovzdušné vykurovanie a klimatizácia zázemia kina

VZT jednotky zaisťujú filtráciu čerstvého vzduchu, rekuperáciu pomocou doskového výmenníku s krížovým prúdením vzduchu, ohrev privádzaného vzduchu pomocou vodného ohrievača v zime a chladenie privádzaného vzduchu pomocou vodného chladiča v lete. Obe jednotky sú vybavené dvoma ventilátormi (prívodným a odťahovým) s voľným obežným kolom s reguláciou pomocou EC motoru.

Klimatizácia kinosály je zaistená pomocou systému SPLIT. Zariadenie sa skladá z dvoch vonkajších a dvoch vnútorných jednotiek o výkone 5kW. Distribúcia chladiva je zaistená pomocou Cu izolovaného potrubia. Výkon klimatizačného zariadenia odpovedá citeľnému teplu.

Pred prívod čerstvého a odvod znehodnoteného vzduchu je navrhnuté hranaté potrubie z pozinkovaného oceľového plechu. Napojenie koncových elementov je zaistené pomocou ohybného zvukovo izolačného potrubia. Ako koncové elementy sú navrhnuté anemostaty, vírivé výustky a tanierové ventily pre prívod a odvod vzduchu. Regulácia prúdu vzduchu bude zaistená pomocou regulačných klapiek a pomocou regulátorov prietoku vzduchu.

### 1.2.1 HYGIENICKÉ VETRANIE

Hygienické vetranie je navrhnuté tak, aby zaistilo potrebné dávky vzduchu v zmysle obecne záväzných predpisov. Vzduchotechnické jednotky sú navrhnuté tak, aby pokryli celé tepelné straty v zimnom období a zisky v letnom období. V hygienickom zázemí zariadenia č. 2 sa uvažuje s podtlakovým vetraním, v ostatných priestoroch sú navrhnuté rovnotlakové pomery medzi privádzaným a odvádzaným vzduchom. Dvere miestností, v ktorých sa uvažuje s podtlakom, musia byť opatrené vetracou mriežkou pre zaistenie nasatia dostatočného množstva vzduchu z okolitých priestorov.

Dávky čerstvého vzduchu sú navrhnuté s ohľadom na účel miestnosti a činnosť, ktorú budú osoby v miestnosti vykonávať.

## 1.3 POPIS TECHNICKÉHO RIEŠENIA

### 1.3.1 ZARIADENIE Č.1 – TEPLOVZDUŠNÉ VYKUROVANIE A KLIMATIZÁCIA PRIESTOROV KINA

Zariadenie č. 1 zabezpečuje kvalitu ovzdušia v priestoroch kinosály, premietárne a miestnosti zvukára. Bola navrhnutá vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP 06 od firmy Remak. Systém rozvodu vzduchu je rovnotlakový, prívod a odvod vzduchu je 3950 m<sup>3</sup>/h.

VZT jednotka je umiestnená v strojovni vzduchotechniky, ktorá je v samostatnom podlaží, nad priestorom šatne pre divákov, foyer a baru. Prístup do strojovne je zaistený pomocou výlezu o rozmeroch 900 x 900 mm. Jednotka zaisťuje dvojstupňovú filtráciu. Použité filtre sú v tabuľke č.6.

Tabuľka 26 Filtrácia zariadenia č.1

	prívod	odvod
1. stupeň	ISO ePM 10>60%	ISO Coarse 60%
2. stupeň	ISO ePM 1 75%	

Ďalej jednotka zaisťuje rekuperáciu pomocou doskového výmenníku s krížovým prúdením vzduchu, ohrev privádzaného vzduchu pomocou vodného ohrievača v zimnom období a chladenie privádzaného vzduchu pomocou vodného chladiča v letnom období. Súčasťou vzduchotechnickej jednotky sú aj tlmiace vložky, uzatváracie klapky, prívodný a odťahový ventilátor s reguláciou výkonu pomocou EC motoru. Sú navrhnuté bunkové tlmiče hluku na prívode (500x500 na strane ext., 600x500 na strane int.) aj na odvode (500x500 na strane ext., 800x500 na strane int.) o dĺžke 2 m. Všetky tlmiče (4 ks) sú bunkové tlmiče typu G od firmy Greif-Akustik.

Vo vodnom ohrievači je pre ohrev použitá voda s teplotným spádom 70/50 °C. Chladič pracuje s vodou s teplotným spádom 7/13°C.

Prívodné a odvodné potrubie je vedené zo strojovne k distribučným elementom. V zariadení č. 1 sú navrhnuté vírivé výusky a anemostaty. Distribučné prvky sú na hranaté potrubie napojené ohybným potrubím SONOFLEX. Rozvody sú vedené v podhládoch. Rozvody v strojovni sú vedené voľne priamo v miestnosti.

Dávky čerstvého vzduchu sú navrhnuté s ohľadom na účel miestnosti a činnosť, ktorú budú osoby v miestnosti vykonávať, tak aby boli splnené normové požiadavky. V zimnom období bude privádzaný vzduch o teplote 24 °C. Parametre vzduchu sú navrhnuté tak, aby pokryli celé tepelné straty. V letnom období bude privádzaný vzduch o teplote 18,2 °C. Vzduch pokryje celú tepelnú záťaž.

Nasávanie čerstvého vzduchu je zaistené cez protihlukovú žaluziu. Pre odvod z objektu je navrhnutá odvodná hlavica.

## **1.4 NÁROKY NA ENERGIE**

### **1.4.1 ELEKTRICKÁ ENERGIA**

Je potrebné zistiť potrebnú elektrickú energiu k chodu VZT zariadenia. Elektrická energia je nutná na pohon ventilátorov, čerpadiel, uzatváracích a regulačných klapiek.

### **1.4.2 TEPELNÁ ENERGIA**

Rozvody teplej a studenej vody zaisťuje profesia ZTI.

### **1.4.3 MERANIE A REGULÁCIE**

Jednotka sa monitoruje pomocou vzdialeného prístupu webovým rozhraním. Pomocou tohto webového rozhrania sa optimalizuje chod VZT jednotky, detekujú sa nedovolené a poruchové stavy VZT jednotky alebo sa stanoví postup správneho odstránenia poruchy.

Výkonové parametre je možné nastaviť individuálne, a to priamo na ovládacom module štandardne dodávanom k riadiacej jednotke.

Súčasťou systému je riadiaca jednotka s možnosťou napojenia čidiel a protimrazovej ochrany, prostredníctvom ktorej je jednotka monitorovaná a na základe nimi zhromaždených dát upravuje výkonové parametre.

#### **Funkcie riadiacej jednotky:**

- Ovládanie chodu ventilátoru

- Regulácia teploty vzduchu, riadenie výkonu teplovodného ohrievača v zimnom období pomocou metódy zmiešavania
- Regulácia teploty vzduchu, riadením výkonu vodného chladiča v letnom období
- Regulácia výmeny vzduchu pomocou teplotných, vlhkosťných čidiel a čidlom koncentrácie oxidu uhličitého vo vzduchu
- Ovládanie regulačných klapiek pomocou servopohonov
- Protinámrazová ochrana teplovodného výmenníku – meranie na strane vody a vzduchu
- Signalizácia bezporuchového chodu ventilátorov pomocou diferenčného snímača tlaku
- Plynulá regulácia výkonu ventilátoru pomocou EC motoru
- Snímanie a signalizácia zanesenia filtrov
- Signalizácia poruchy
- Snímanie signalizácie chodu, poruchy a zapnutia a vypnutia zdroja chladu

## **1.5 NÁROKY NA SÚVISIACE PROFESIE**

### **1.5.1 STAVEBNÉ ÚPRAVY**

- Stavebné, pomocné práce
- Otvory pre prestupy VZT potrubia vrátane upratania sute
- Obloženie a dotesnenie prestupov VZT potrubia izolačnými hmotami
- Dotesnenie a oplechovanie prestupov strešnou konštrukciou
- Zaistenie prípadných náterov VZT prvkov umiestených na fasáde, či streche objektu (architektonické stvárnenie)
- Dodávka dverných/stenových mriežok daných rozmerov podľa požiadavku
- Zriadenie revízných otvorov pre prístup k jednotlivým častiam VZT jednotky, regulačným a požiarnym klapkám

### **1.5.2 SILNOPRÚD**

- Pripojenie všetkých elektrických spotrebičov a zariadení na elektrickú energiu
- Uzemnenie VZT potrubia

### **1.5.3 VYKUROVANIE**

- Príprava teplej vody pre výmenník ohrievača a jej privedenie k výmenníku (vrátane príslušných regulačných armatúr)

### **1.5.4 CHLADENIE**

- Napojenie vodného chladiča na zdroj chladu (vrátane regulačných armatúr)

### **1.5.5 ZDRAVOTECHNIKA**

- Napojenie a odvod kondenzátu od výmenníku ZZT do kanalizácie



## **1.6 PROTIHLUKPÉ A PROTITRASOVÉ OPATRENIA**

Sú navrhnuté bunkové tlmiče hluku, znižujúce akustický výkon vydávaný ventilátorom na predpísanú hodnotu v interiéri a v exteriéri. Tlmiče sú celkom 4. Sú osadené na prírodných aj odvodných trasách potrubia. Rozmery boli určené na základe softvéru od firmy Greif-Akustik a následného posúdenia. Na prívode čerstvého vzduchu z exteriéru (úsek „prívod sanie“) sú navrhnuté u obidvoch zariadení protihlukové žaluzie od spoločnosti Stavoklima, typ PHZE. Všetky točivé prvky (jednotky, ventilátory) budú pružne uložené z dôvodu zamedzenia prenosu vibrácií do stavebných konštrukcií. Rám jednotky bude stáť na gumových podložkách. Vzduchovody budú na VZT jednotku napojené cez tlmiace vložky. Distribučné elementy sú na potrubie napojené pomocou ohybných hadíc SONOFLEX.

## **1.7 IZOLÁCIE A NÁTERY**

Je navrhnutá izolácia vzduchovodov. V interiéri je izolované iba prírodné potrubie a to izolačným materiálom hr. 50 mm. V strojovni VZT je izolované prírodné aj odvodné potrubie. Použitá je izolácia hr. 60 mm. Odvodné potrubie, nachádzajúce sa v exteriéri je izolované hr. 80 mm. Na izoláciu potrubia je navrhnutá izolácia z kamennej vlny ISOVER Orstech LSP H.

## **1.8 PROTIPOŽIARNE OPATRENIA**

V potrubí prechádzajúcom cez konštrukcie ohraničujúce požiarne úseky sú navrhnuté protipožiarne klapky. Ku klapkám je zaistený servisný prístup. Klapky sú v prevedení teplotné s automatickým spustením a signalizáciou. Spínač je napojený na rozvádzač riadiacej jednotky. Systém je napojený na MaR. Pri detekcii dymu alebo zvyšujúcej sa teploty vydá MaR pokyn na uzavretie klapky. Po uzavretí klapky dôjde k odpojeniu ventilátoru

## **1.9 MONTÁŽ, PREVÁDZKA, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZARIADENIA**

Pri montáži je potrebné postupovať podľa pokynov uvedených v pokynoch dodávateľa. VZT zariadenia musia byť pravidelne kontrolované a čistené. Podmienky údržby určí dodávateľ zariadenia.

## **1.10 ZÁVER**

Vzduchotechnické zariadenia sú navrhnuté tak, aby celoročne zabezpečovali požadované parametre prostredia s ohľadom na platné predpisy, technické možnosti a hospodárnosť prevádzky

zariadení. Obidve vzduchotechnické jednotky spĺňajú požiadavky EcoDesign 2018. S ohľadom na ekonomickosť a kapacitné predpoklady nie sú zariadenia navrhnuté na úpravu vzduchu zvlhčovaním.

## B. Špecifikácia

Zariadenie č.1- Teplovzdušné vykurovanie a klimatizácia priestorov kina				
Ozn.	Výrobca	Popis zariadenia	Jednotka	Množstvo
1.1	REMAK	VZT jednotka - skladba:	ks	1
		Tlmiace manžety, filter ISO ePM 10>60%, filter ISO Coarse 60%, filter ISO ePM 1 75%, doskový výmenník s krížovým prúdením vzduchu, zmiešavacia komora, vodný ohrievač, vodný chladič, 2x ventilátor s voľným obežným kolom, rám s nosnými nohami, uzatváracie klapky		
2.1	<b>Regulátory prietoku vzduchu</b>			
2.1.1	Systemair	Regulátor prietoku vzduchu kruhový OPTIMA LV 315-prívod	ks	1
2.1.2	Systemair	Regulátor prietoku vzduchu kruhový OPTIMA LV 315-odvod	ks	1
3.1	<b>Tlmiče hluku</b>			
3.1.1	Greif-Akustik	Bunkový tlmič hluku 600x500 mm, dĺžka 2 m	ks	1
3.1.2	Greif-Akustik	Bunkový tlmič hluku 800x500 mm, dĺžka 2 m	ks	1
3.1.3	Greif-Akustik	Bunkový tlmič hluku 500x500 mm, dĺžka 2 m	ks	2
3.1.4	Electrodesign	Tlmič hluku kruhový MAA 250, dĺžka 900 mm	ks	4
4.1	<b>Koncové elementy v interéri</b>			
4.1.1	MANDIK	Anemostat ALCM 400/P/R TPM 003/97 PRÍVOD	ks	9
4.1.2	MANDIK	Vírivá výusť VVM 600 C/V/O/24 TPM 001/96 ODVOD	ks	6
4.1.3	MANDIK	Vírivá výusť VVM 400 C/V/P/16/R TPM 001/96 PRÍVOD	ks	3
4.1.4	MANDIK	Vírivá výusť VVM 500 C/V/O/24 TPM 001/96 ODVOD	ks	1
4.1.5	MANDIK	Vírivá výusť VVM 400 C/V/O/16 TPM 001/96 ODVOD	ks	1
5.1	<b>Koncové elementy v exteriéri</b>			
5.1.1	STAVOKLIMA	Protihluková žaluzia PHZE 400 800x1250 mm	ks	1
5.1.2	GREMI KLIMA	Výfukový oblúk 90° VK 500x500-150	ks	1
6.1	<b>Požiarne klapky</b>			
6.1.1	MANDIK	Požiarne klapka FDMB 315x280	ks	1
6.1.2	MANDIK	Požiarne klapka FDMB 280x315	ks	1
6.1.3	MANDIK	Požiarne klapka FDMB 800x400	ks	1
6.1.4	MANDIK	Požiarne klapka FDMB 560x560	ks	1
7.1	<b>Regulačné klapky</b>			
7.1.3	MANDIK	Regulační klapka RPMC-V 500x450	ks	1
7.1	<b>Tepelná izolácia</b>			
8.1.1	ISOVER	Tepelná izolácia ISOVER Orstech LSP H, tl. 50 mm	m <sup>2</sup>	52,5
8.1.2	ISOVER	Tepelná izolácia ISOVER Orstech LSP H, tl. 60 mm	m <sup>2</sup>	41,8
8.1.3	ISOVER	Tepelná izolácia ISOVER Orstech LSP H, tl. 80 mm	m <sup>2</sup>	6
8.1	<b>Flexibilné potrubie</b>			
8.1.1		Flexibilné potrubie Sonoflex MO ø200 mm	bm	13,5
8.1.2		Flexibilné potrubie Sonoflex MO ø250 mm	bm	5,1
9.1	<b>Štvorhranné potrubie pozinkované</b>			
		do obvodu 1050 mm / 15% tvaroviek	bm	17,7
		do obvodu 1500 mm/ 30 % tvaroviek	bm	31,4
		do obvodu 1890 / 10% tvaroviek	bm	10,8
		do obvodu 2630 / 30% tvaroviek	bm	33,5
10.1	<b>Práca</b>			
10.1.1		Montáž VZT jednotky a rozvodov	kompl.	1,00
10.1.2		cena na dopravu	kompl.	1,00
10.1.3		regulácia, technický servis, odborný dozor, vypracovanie PD skutočného stavu, uvedenie do prevádzky, zaškolenie obsluhy	kompl.	1,00

Zariadenie č.1A - KLM systém pre kinosálu				
Ozn.	Výrobca	Popis zariadenia	Jednotka	Množstvo
1.2A	LG	Vonkajšia jednotka SPLIT	ks	2
		Dvojtrubková Qch=5 kW, Qt=5,8 kW, chladivo R32, Lp(1m)=48,0 dB(A), m=50kg, vrátane konštrukcie pre upevnenie na fasádu		
2.2A	LG	Vnútná nástenná jednotka systému SPLIT	ks	2
		Qch=5 kW, Qt=5,8 kW, chladivo R32, Lp(1m)=47/44/39/34/31 dB(A); SEER/SCOP = 7,0/4,3 , m=13 kg,		
3.2A		<b>Predizolované chladivové potrubie vrátane izolácie triedy reakcie na oheň B-s1</b>		
		Cu potrubie 6/12, v exteriéri opatrené ochrannou páskou	bm	29
4.2A		<b>Komunikačná kabeláž, vrátane ovládačov</b>	bm	100
5.2A		<b>Doplnenie chladiva do systému R32</b>	kg	1
6.2A		<b>Práca</b>		
6.2A.1		Montáž KLM jednotky a rozvodov	kompl.	1,00
6.2A.2		cena na dopravu	kompl.	1,00
6.2A.3		regulácia technický servis, odborný dozor, uvedenie do prevádzky, zaškolenie obsluhy	kompl.	1,00