



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

OPTIMALIZACE MIKROKLIMATU BUDOV ZELENÍ

NATURE IN BUILDINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karolína Kojecká

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Karolína Kojecká
Název	Optimalizace mikroklimatu budov zelení
Vedoucí práce	Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

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

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

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

C. Experimentální řešení a zpracování výsledků

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá posouzením vlivu zelené interiérové stěny na mikroklima místnosti. V experimentální části práce je posuzováno tepelně-vlhkostní mikroklima, mikrobiální mikroklima a koncentrace oxidu uhličitého a kyslíku v ovzduší. V projektové části bylo zpracováno variantní řešení větrání administrativní budovy. V první variantě sloužilo k pokrytí tepelné zátěže budovy strojní chlazení, naopak druhá varianta využívala pasivního chlazení a přímého adiabatického chlazení zelenou stěnou.

KLÍČOVÁ SLOVA

vnitřní prostředí, zelená stěna, mikroklima, vlhkost, vzduchotechnika, adiabatické chlazení, administrativní budova

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the assessment of the influence of the green interior wall to the microclimate of the room. The experimental part of the thesis assesses the thermal-humidity microclimate, the microbial microclimate and the concentration of carbon dioxide and oxygen in the air. In the project part, a variant solution for the ventilation of an office building was prepared. In the first variant, mechanical cooling was used to cover the heat load, while the second variant used passive cooling and direct adiabatic cooling with a green wall.

KEYWORDS

Indoor climate, green wall, microclimate, humidity, ventilation, adiabatic cooling, office building

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Karolína Kojecká *Optimalizace mikroklimatu budov zelení*. Brno, 2019. 105 s., 22 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení
budov. Vedoucí práce Ing. Olga Rubinová, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Optimalizace mikroklimatu budov zelení* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. Karolína Kojecká
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce, paní Ing. Olze Rubinové, Ph.D., za trpělivost, pomoc a užitečné rady. Dále bych ráda poděkovala všem, kteří mně byli nápomocni při sestavování zelené stěny, ať už pomocí svých vědomostí nebo zručností a samozřejmě i všem svým blízkým, kteří mi věřili a podporovali mě při studiu.

OBSAH

ÚVOD	13
1 TEORETICKÁ ČÁST	14
1.1 HISTORIE ZELENÝCH STĚN	14
1.2 SOUČASNOST ZELENÝCH STĚN	14
1.3 VÝZNAM A FUNKCE ZELENÝCH STĚN	16
1.3.1 ZELENÉ STĚNY V EXTERIÉRU	16
1.3.2 ZELENÉ STĚNY V INTERIÉRU	17
1.3.2.1 POZITIVNÍ VLASTNOSTI A VÝHODY	17
1.4 PĚSTEBNÍ SYSTÉMY ZELENÝCH STĚN	20
1.4.1 MODULÁRNÍ SYSTÉM	20
1.4.1.1 KAZETOVÉ SYSTÉMY	20
1.4.1.2 KONTEJNEROVÝ SYSTÉM	21
1.4.1.3 ŽLABOVÝ SYSTÉM	21
1.4.2 POLICOVÝ SYSTÉM	21
1.4.3 PLOŠNÉ KONSTRUKCE	22
1.4.3.1 TEXTILNÍ SYSTÉMY BEZ SUBSTRÁTU	22
1.4.3.2 TEXTILNÍ SYSTÉMY SE SUBSTRÁTEM	22
1.5 FOTOSYNTÉZA A DÝCHÁNÍ ROSTLIN	24
1.6 PASIVNÍ CHLAZENÍ	25
1.6.1 OMEZENÍ SLUNEČNÍ RADIACE	26
1.6.3 PŘÍMÉ ADIABATICKÉ CHLAZENÍ	27
2 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ	30
2.1 ANALÝZA OBJEKTU	30
2.1.1 POPIS OBJEKTU	31
2.1.2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	31
2.2 VARIANTY ŘEŠENÍ A JEJICH POSOUZENÍ	31
2.2.1 VARIANTA 1 – VYUŽITÍ STROJNÍHO CHLAZENÍ	32
2.2.2 VARIANTA 2 – VYUŽITÍ PASIVNÍHO A PŘÍMÉHO ADIABATICKÉHO CHLAZENÍ	32
2.2.3 POSOUZENÍ ZVOLENÝCH VARIANT	32
2.3 TEPELNÁ BILANCE	34
2.3.1 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA	34
2.3.2 TEPELNÁ ZÁTĚŽ	36
2.4 PRŮTOKY VZDUCHU	46
2.4.1 VÝPOČET PRŮTOKU VZDUCHU PRO BUDOVU	46
2.5 NÁVRH DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ	47
2.5.1 PŘEHLED DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ	47
2.5.1.1 LAMELOVÝ ANEMOSTAT ALCM	47
2.5.1.2 TALÍŘOVÝ VENTIL TVOM	49
2.6 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	50
2.6.1 IZOLACE POTRUBÍ	54

2.7	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	55
2.7.1	VARIANTA 1	55
2.7.2	VARIANTA 2	58
2.8	NÁVRH STROJNÍHO SYSTÉMU CHLAZENÍ – VARIANTA 1	61
2.8.1	POTŘEBA CHLADICÍHO VÝKONU	61
2.8.2	NÁVRH ZDROJE CHLADU	61
2.8.3	NÁVRH FANCOILŮ DO BUDOVY	62
2.8.4	STANOVENÍ TEPLoty PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU FANCOILY	64
TECHNICKÁ ZPRÁVA		66
2.9	ÚVOD	66
2.9.1	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ	66
2.9.2	VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ	66
2.9.3	VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	67
2.10	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	67
2.10.1	HYGIENICKÉ POŽADAVKY	67
2.10.2	ENERGETICKÉ ZDROJE	67
2.11	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ	68
2.11.1	KONCEPCE VĚTRACÍCH A KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ	68
2.11.2	VZDUCHOTECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ PRO VĚTRÁNÍ BUDOVY	68
2.11.3	KLIMATIZACE	68
2.12	NÁROKY NA ENERGIE	68
2.13	MĚŘENÍ A REGULACE	69
2.14	NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE	69
2.14.1	STAVEBNÍ ÚPRAVY	69
2.14.2	SILNOPROUD	69
2.14.3	VYTÁPĚNÍ	69
2.14.4	CHLAZENÍ	70
2.14.5	ZDRAVOTNÍ TECHNIKA	70
2.15	PROTIHLUKOVÁ A PROTIOŘESOVÁ OPATŘENÍ	70
2.16	IZOLACE A NÁTĚRY	70
2.17	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	70
2.18	MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ	70
2.19	ZÁVĚR	71
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	73
3.1	POPIS EXPERIMENTU	73
3.2	REALIZACE ZELENÉ STĚNY	74
3.3	ZÁLIVKA ROSTLIN V ZELENÉ STĚNĚ	77
3.4	TEPELNĚ VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA	78
3.4.1	DATALOGGER	78
3.4.2	PRŮBĚH TEPLoty VZDUCHU	79
3.4.3	PRŮBĚH RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ VZDUCHU	83
3.4.4	PRŮBĚH MĚRNÝCH VLHKOSTÍ VZDUCHU	87

3.5	MIKROBIÁLNÍ MIKROKLIMA MÍSTNOSTI	91
3.6	FOTOSYNTÉZA A DÝCHÁNÍ ROSTLIN	93
3.7	ZÁVĚR	98
4	POUŽITÉ ZDROJE	99
5	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ	101
6	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	102
	PŘÍLOHY	105

ÚVOD

Diplomová práce je zaměřena na realizaci interiérové zelené stěny a na posouzení jejího využití v praxi. To, že člověk tráví většinu svého pracovního a mnohdy i volného času v budovách, vede v současné době k tomu, že se do budov integrují přírodní prvky, jako jsou pokojové rostliny, které se z jednotlivých květináčů mění až na zelené stěny. Tyto zelené stěny mají mnoho pozitivních účinků na vnitřní mikroklima budovy a na tepelnou pohodu člověka. Zejména adiabatické chlazení je při současně probíhající klimatické změně velkým přínosem. Na jedné straně totiž dochází ke stále se zvyšujícím požadavkům na kvalitu vnitřního prostředí a současně je třeba v souvislosti s důrazem na ochranu životního prostředí a trvale udržitelný rozvoj, hledat alternativní prostředky k dosažení tepelné pohody osob. Významný je také účinek estetický a psychologický, dochází k redukci stresu lidí a celkovému zlepšení prostředí.

Práce je rozdělena do tří částí. V první teoretické části diplomové práce je popsána problematika zelených stěn, možnosti jejich realizace a účinky na vnitřní mikroklima. V souvislosti se zelenou stěnou jsou zde zmíněny i možnosti pasivního chlazení budovy, detailněji je potom rozebráno přímé adiabatické chlazení, které může být v budově realizováno právě zelenou stěnou.

Druhou částí práce je aplikace teorie a experimentu v praxi. Zde bude porovnávána klasická varianta úpravy mikroklimatu administrativní budovy pomocí strojního chlazení s alternativní variantou při použití přímého adiabatického chlazení a prvků pasivního chlazení.

Třetí část práce je věnována experimentálnímu sestavení zelené stěny v místnosti, kde bylo poté realizováno i měření teploty a relativní vlhkosti, potřebných pro vyhodnocení změn vnitřního mikroklimatu působením rostlin. Bylo provedeno také měření a vyhodnocení mikrobiálního mikroklimatu místnosti. Mimo měření v dané místnosti bylo ještě provedeno měření průběhů CO_2 a O_2 , které se mění v čase v souvislosti s buněčným dýcháním a fotosyntézou rostlin.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Historie zelených stěn

Potřeba ozelenit stěny budov nebyla v minulosti tak velkým tématem, jako dnes, kdy se rozrůstají města a jejich infrastruktura právě na úkor zelených ploch kolem nás. Přesto ale podobné využití rostlin můžeme datovat i daleko do historie.

Nejstarší dochované prameny uvádí, že ve starověkém Řecku a Římě se používala réva vinná a břečťan k popínání dřevěných konstrukcí. Později ve Středověku byla vinná réva a ovocné dřeviny oblíbené k vysazování u osluněných zdí a vyvazovaly se k opěrným konstrukcím připevněným na zeď. V období baroka začaly mít rostliny funkci samostatného vegetačního prvku a začaly se objevovat objekty ve formě tvarovaných živých plotů či bosketů, avšak pokleslo využití pnoucích rostlin. Větší uplatnění v architektuře získávaly popínavé rostliny od první poloviny 19. století, kdy se cíleně vysazovali v zahradách a parcích k dekoraci daného místa. Popínavé rostliny jsou stále jednou z možností ozeleňování fasád a případem, kdy rostliny nejsou vyjmuty ze svého přirozeného prostředí a jejich kořenový systém je přímo v půdě.

1.2 Současnost zelených stěn

Myšlenka zelených stěn, jak je známe dnes, vznikla ve 30. letech minulého století. Za hlavního představitele a propagátora zelených stěn lze považovat francouzského botanika, vědce a uměleckého designéra Patricka Blanca. Patrick Blanc se mnoho let specializoval na subtropické lesy a zaznamenal, že spousta rostlin dokáže žít na skalách či větvích, téměř bez půdy, a životu jim stačí voda a v ní obsažené minerální látky. Tento princip pěstování rostlin využil i pro své zelené stěny. V roce 1988 zrealizoval a nechal si patentovat svoji první interiérovou vegetační stěnu, pod názvem „Le Mur Végétal“. Principem této stěny byla skutečnost, že rostliny ke svému růstu nutně nepotřebují půdu a mohou žít pouze díky světlu a vodě s živinami.



Obrázek 1.1 – „Le Mur Végétal“, realizace Patricka Blanca v Paříži

V České republice lze za předchůdce zelených exteriérových stěn považovat skalku vytvořenou před více než 40 lety Ivarem Otrubou v Botanické zahradě a arboretu na Mendlově univerzitě v Brně. Za první zelenou stěnu, tak jak ji známe dnes by se dala považovat část střešní zahrady obchodního domu Nový Smíchov, která byla založena v roce 2003 a má tak strmý sklon, že už ji lze považovat za exteriérovou zelenou stěnu.



Obrázek 1.2 - Vertikální skalka v arboretu Mendelovy univerzity



Obrázek 1.3 - Střešní zahrada OC Nový Smíchov

1.3 Význam a funkce zelených stěn

Zelené stěny, ať už interiérové nebo exteriérové jsou finančně i technologicky náročné. Z tohoto důvodu se nejčastěji objevují jen na budovách, které mají svým vzhledem reprezentovat, zaujmout a navnadit příjemný pocit.

1.3.1 Zelené stěny v exteriéru

Nejčastěji se zelené stěny objevují v metropolích a větších městech a to proto, že kvalitně provedená zelená stěna zvyšuje reprezentativní hodnotu budovy, a hlavně přispívá ke zlepšení životního prostředí ve městě. I když se v současné době snažíme dostat zpátky do měst co nejvíce zeleně, rostlin a zpříjemnit si prostředí pro život, brání nám častokrát fakt, že ve městech je problém rozšířit plochy zeleně na úkor zastavěných ploch, které mají vyšší hodnotu. Alespoň nás může těšit fakt, že při zakládání komplexů kancelářských a komerčních budov se stále častěji bere zřetel i na okolní prostředí, ve kterém lidé tráví také mnoho času. Jedním z příkladů může být například komplex Spielberk Office Centre na ulici Holandská, anebo právě realizovaný komplex Vlněna Office Park. Ne vždy je ale v centru města prostor na plošně náročnou realizaci budov. V tomhle případě se jako ideální řešení nabízí zelené exteriérové stěny, které nemusí být ve styku s terénem, a tudíž nemají prakticky žádný nárok na půdorysnou plochu, kterou zabírají. Bohužel jak již bylo řečeno, v našich klimatických podmínkách jsou tyto stěny obtížně realizovatelné a provozovatelné. Problémem nastává s volbou druhů rostlin, které by byly zelené za každého ročního období a vytvářely tak žádaný efekt zelené stěny.

Mezi základní přednosti zelených stěn v exteriéru patří:

- Úspora půdorysné plochy nutné k vysazení klasické zahrady
- Minimální teplotní rozdíly na povrchu stěny – odvětrávaná mezera a konstrukce s rostlinami působí jako tepelný izolant
- V létě rostliny chrání budovy před přehřátím – k fasádě pronikne cca 30 % sluneční energie
- Dešťové a sněhové srážky se dostanou k fasádě jen ve velmi omezené míře
- Zvlhčování vzduchu a jeho čištění v místě před fasádou, okny
- Zeleň zakryje nevzhledné prvky fasády, fasáda se nemusí udržovat
- Na fasádě můžeme vytvářet rostlinné obrazce, které se při pečlivém řešení mohou během roku měnit vlivem změny barvy listů a květů
- Zajímavý architektonický prvek
- Zpříjemňují prostředí a zlepšují vzhled fasády

Nevýhody a problémy zelených stěn v exteriéru:

- Zvýšený výskyt hmyzu a ptactva u fasády domu
- Zelená stěna potřebuje dostatečnou nosnost zdiva nebo fasády



Obrázek 1.4 - Zelená stěna v exteriéru

1.3.2 Zelené stěny v interiéru

V klimatických podmínkách střední Evropy se mnohem častěji setkáme s realizací zelených stěn v interiéru. Pěstování rostlin na zelených stěnách v interiérech je v našich klimatických podmínkách osvědčenější a příznivější způsob než v exteriérech. Je to především kvůli příznivějším teplotám s menšími výkyvy během roku a možností určité regulace požadovaných teplot. Rostliny v takových stěnách rostou mnohem spolehlivěji než v zelených stěnách v exteriéru.

1.3.2.1 Pozitivní vlastnosti a výhody

Základní z jejich výhod je stejná jako u zelených stěn v exteriéru, a to je minimální nárok na půdorysnou plochu. Poměr mezi počtem květin, které je možno na stěnu umístit a půdorysnou plochou místnosti, kterou zelená stěna zabere, je velmi malý v porovnání s tím, kolik půdorysné plochy by bylo potřeba, kdybychom zasadili kytky v horizontální rovině.

Zelené stěny vytváří díky dýchání rostlin příjemné klima v místnosti, protože čistí, okysličují a zvlhčují suchý a vydýchaný vzduch. Tenhle fakt je pro člověka velmi zásadní, jelikož při dlouhodobému dýchání suchého vzduchu dochází k nadměrnému odpařování vody z pokožky a ze sliznic dýchacích cest. To přináší nepříjemné svědění a praskání pokožky, škrábání v krku, pálení očí, pokašlávání a může mít za následek častější onemocnění horních i dolních cest dýchacích. Za příliš suchý je považován takový vzduch, jehož relativní vlhkost nepřesahuje 35-40 %. Doporučovaná relativní vlhkost vzduchu je v létě 40-55 % a v zimním období 45-60 %.

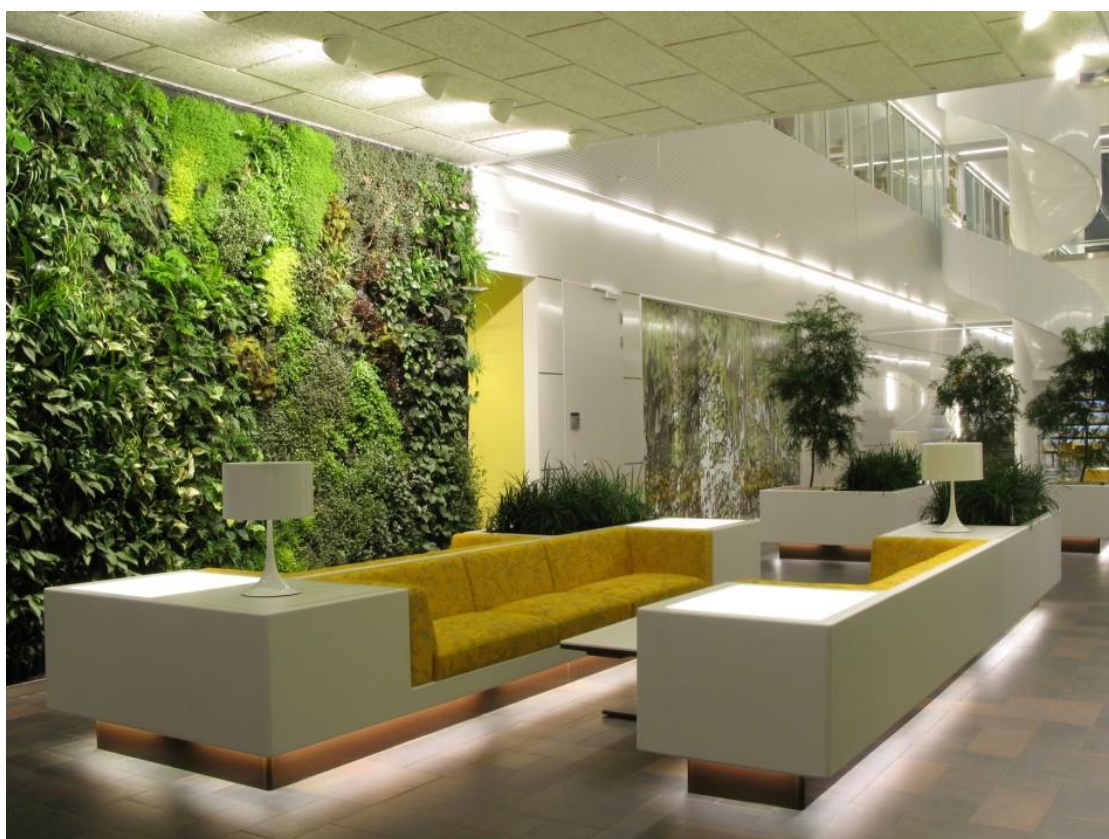
Rostliny vzduch také okysličují, a to při procesu, který se nazývá fotosyntéza. Rostliny dýchají během noci obdobně jako lidé nebo zvířata. Při dýchání spotřebovávají kyslík a zbavují se oxidu uhličitého. Přes den ale u rostlin probíhá proces, který se nazývá fotosyntéza, což je jediný proces, při kterém v přírodě vzniká kyslík. Podmínkou k fotosyntetické reakci je přítomnost světelné energie, odpovídající teploty (nejintenzivnější je fotosyntéza mezi 25-30 °C), oxidu uhličitého, vody a chlorofylu. Zjednodušeně se dá tedy říct, že rostliny zbavují vzduch oxidu

uhlíčitého a obohacují jej o kyslík. A to i přesto, že v noci kyslík samy spotřebovávají. Fotosyntéza je totiž mnohem intenzivnější než noční dýchání.

Zelené stěny mají schopnost vylepšovat akustiku místnosti pohlcováním nechtěného hluku a snižováním odraženého zvuku v místnosti. Přítomností živých stěn se hladina hluku snižuje až o 6 decibelů.

Místnosti s živou a zelenou stěnou jsou uklidňující a příjemné pro lidi, které se v ní nachází. Působí pozitivně na psychiku lidí a zlepšují jejich psychické rozpoložení, a to hlavně v zimě, kdy je venku šedivo, sníh a zima. Lidé mají historicky danou vazbu k přírodě a je pro ně přirozenější být venku. Zelené stěny v místnostech nám alespoň částečně poskytují spojení s přírodou, na které jsme podvědomě více přizpůsobeni a zvyšují naši pracovní i životní pohodu. Zelené barevné odstíny také vedou k pocitům relaxace, působí uklidňujícím dojmem a napomáhá relaxaci a načerpání nové síly.

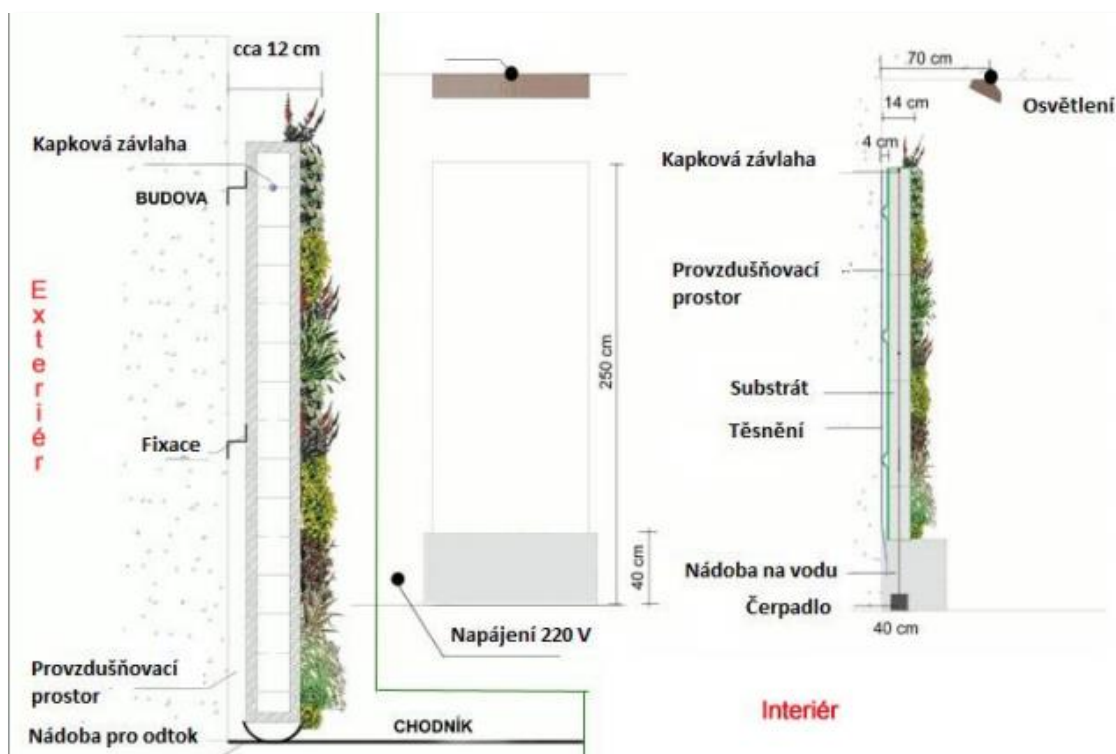
Neméně důležitou předností zelené stěny je i její estetický dojem. Stěna vytváří v místnosti dojem velkého obrazu na stěně a zdravé rostliny v lidech umocní pocit, že v místnosti žije nebo pracuje někdo, kdo má smysl pro pořádek a umí se o své věci starat. Lidé často docenují význam vizuálních vjemů, i když třeba jen podvědomě.



Obrázek 1.5 - Zelená stěna v interiéru



Obrázek 1.6 - Zelená stěna v prostoru schodiště



Obrázek 1.7 - Porovnání zelené stěny v interiéru a exteriéru

1.4 Pěstební systémy zelených stěn

Jelikož se v našich podmínkách středoevropského klimatu mnohem častěji setkáváme se zelenými stěnami v interiéru než v exteriéru, budu se dále v práci zabývat pouze popisem interiérových zelených stěn.

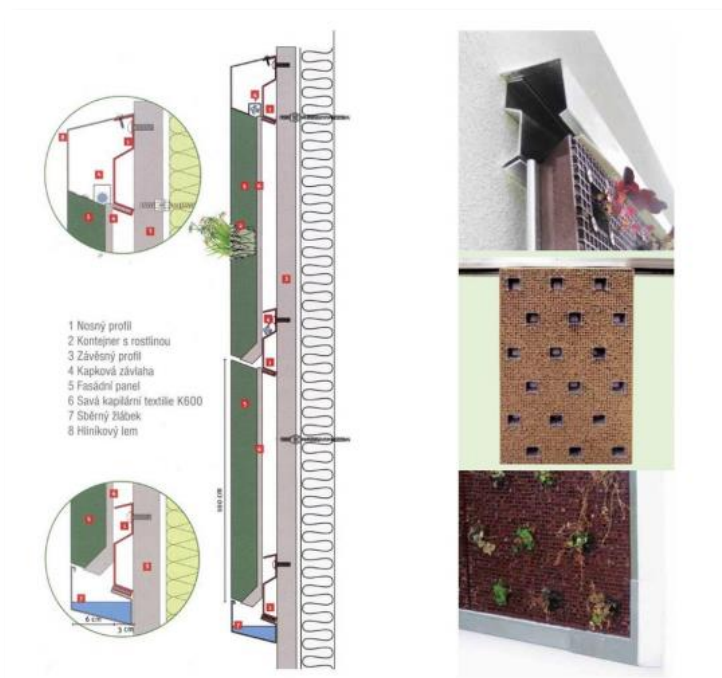
Pěstební systémy zelených stěn lze rozdělit do dvou hlavních skupin, a to na pěstební systémy s použitím substrátu a bez použití substrátu. Systém bez použití substrátu se označuje jako hydroponie. Systém s použitím substrátu se liší převážně způsobem uchycení substrátu s rostlinou na konstrukci zelené stěny. Objevuje se mnoho technologických postupů při výrobě a montáži zelených stěn. Obecně je ale můžeme rozdělit do tří základních skupin: modulární systém, policový systém a systém z plošných konstrukcí.

1.4.1 Modulární systém

Modulární systém umožňuje vytvořit zelenou stěnu pomocí prefabrikovaných prvků, které se zavěšují na nosnou konstrukci připevněnou ke stěně a celoplošně ji pokrývají. Za modulární systém můžeme považovat systém kazetový, kontejnerový, žlabový nebo systém substrátových desek. Výhodou těchto systémů je snadná instalace a možnost následné výměny odumřelých rostlin.

1.4.1.1 Kazetové systémy

Jako kazety jsou označovány systémy z kovového či umělohmotného pletiva vyplněné substrátem, které se zavěšují nejčastěji na nosnou konstrukci se závěsných profilů přišroubovaných ke stěně. Výsadba rostlin může probíhat dvěma způsoby, buď můžeme rostliny předpěstovat předem v kazetách nebo je vysadit až na konci realizace již do připravené stěny s kazetami. Vzhled a výplň kazet se liší dle výrobce.



Obrázek 1.8 - Kazetový pěstební systém

1.4.1.2 Kontejnerový systém

Rostliny jsou umístěny v jednotlivých kontejnerech tak, aby každá měla svůj vlastní prostor a do budoucna nenarušovaný kořenový systém a byla v bezprostředním kontaktu s živným roztokem, který je v konstrukci rozváděn spolu s vodou kapkovým zavlažovacím systémem. Kontejnery se zavěšují obdobně jako kazety na předem připravenou nosnou konstrukci. Vzhled kontejnerů se může lišit dle výrobce.



Obrázek 1.9 - Kontejnerový pěstební systém

1.4.1.3 Žlabový systém

Tento systém je tvořen jednotlivými žlaby, které bývají vyplněny substrátem. Žlaby jsou z nerezového kovu nebo hliníku. Mezi substrátem a žlabem může být vložen textilie, která slouží k tomu, aby se nezanášely otvory ve žlabech. Hustota vysazených rostlin a jejich přesné místo záleží požadovaném výsledném vzhledu.

1.4.2 Policový systém

Policový systém připomíná mobilní nádoby. Jedná se o předvěšené nádoby či koryta, do kterých jsou rostliny vysazeny. Rostliny se pěstují obdobným způsobem jako mobilní zeleň ve městech. Tenhle systém není příliš často používán k vytvoření zelených stěn v interiéru.

1.4.3 Plošné konstrukce

Vegetační prostředí pro rostliny se skládá z plošných materiálů, do kterých mohou být rostliny vysazovány až po jejich instalaci na stěně a případná výměna rostlin může být komplikovaná z důvodu možného prorůstání kořenů rostlin. Nejčastějšími typy těchto konstrukce jsou textilní systémy bez substrátu, textilní systémy se substrátem a porézní povrchy stěn.

1.4.3.1 Textilní systémy bez substrátu

Textilní systémy bez substrátu jsou založeny na principu hydroponie. Hydroponie znamená, že se jedná o metodu pěstování rostlin pouze v živném roztoku, bez použití zemního substrátu. Mezi výhody hydroponického pěstování patří dobrá snášenlivost alergie, minimalizace výskytu škůdců a plísní. Tyto systémy mají obvykle dvě vrstvy vysoce nasáklivé textilie (plsti), které jsou připevněny na nenasáklivou nosnou plastovou desku. Plastová deska je připevněna na nosnou konstrukci z vertikálních a horizontálních sloupků. Textilie představují vegetační vrstvu. Do vnější textilie se udělají zářezy, čímž se vytvoří kapsa, do které se poté vloží rostlina. Nejznámějším příkladem textilního systému je „Le Mur Végétal“ od Patricka Blanca. Zálaha je nejčastěji realizována kapkovým zavlažovacím systémem a je rozvedena pomocí hadic do celého systému, spolu s vodou hadicemi protéká i roztok živin. Mezi nevýhody toho systému patří právě vysoká citlivost na správnou výživu rostlin a větší náchylnost k vymrzání nebo usychání rostlin. Jejich výhodou je naopak to, že jsou tvarově a rozměrově neomezené a mají nižší celkovou hmotnost než modulové systémy.



Obrázek 1.10 - Textilní pěstební systém bez substrátu

1.4.3.2 Textilní systémy se substrátem

Systémy složené z textilie a substrátu představují kompromis mezi těžšími modulovými systémy a textilními systémy bez substrátu. Konstrukčně je velmi podobný předchozímu případu, rozdíl je pouze v tom, že mezi dvěma vrstvami textilie je vrstva substrátu, který umožňuje lepší zakořenění rostlin. Tloušťka substrátové vrstvy se většinou pohybuje mezi 5 až 15 cm.

Druhou možností provedení tohoto typu systému je možnost zakoupení předem vyrobené konstrukce z minerální plsti s kapsami, do kterých se ukládají jednotlivé rostliny se substrátem. Pro oba tyto systémy je důležitá pravidelná zálaha, ideálně automatizovanou kapkovou zálahou.



Obrázek 1.11 - Textilní pěstební systém se substrátem



Obrázek 1.12 - Textilní pěstební systém se substrátem s kapsami

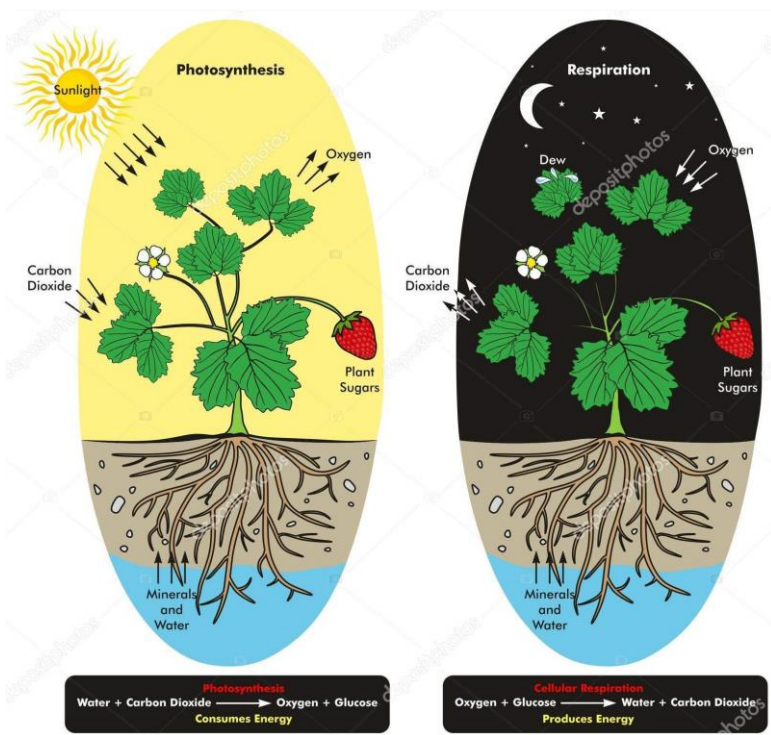
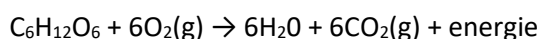
1.5 Fotosyntéza a dýchání rostlin

Fotosyntéza probíhá ve všech zelených rostlinách (k procesu je nutné zelené barvivo chlorofyl). Proces fotosyntézy rostlin zahrnuje využití světelné energie k přeměně oxidu uhličitého a vody na molekulu sacharidu (glukosu), kyslík a další organické složky. Fotosyntéza tedy probíhá ve dne. Pro fotosyntézu rostliny využívají především červenou a modrou část viditelného světelného spektra, zelenou odrážejí (proto vidíme listy zelené). Fotosyntéza je klíčový děj pro zemskou biosféru, jako vedlejší produkt totiž vzniká v atmosféře kyslík.



Se vzrůstající teplotou a intenzitou slunečního záření stoupá do určité míry i rychlost fotosyntézy. Nejintenzivněji fotosyntéza probíhá v rozmezí 25 až 30 °C, při minusových teplotách se zcela zastavuje, při vysokých teplotách se zpomaluje. Nedostatek vody způsobuje u rostlin uzavření průduchů, oxid uhličitý nemůže dobře pronikat do rostliny, a tak nemůže docházet k fotosyntéze.

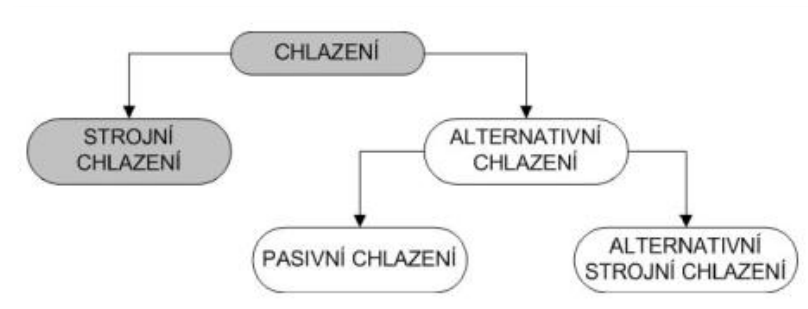
Dále u rostlin nastává buněčné dýchání, při kterém jsou organické složky, kyslík a sacharidy spotřebovávány a vzniká oxid uhličitý. Dýchání neboli aerobní respirace je soubor katabolických reakcí, kterými rostlina uvolňuje energii z organických sloučenin. Hlavním významem dýchání je zdroj energie (ATP) pro buňku rostliny. Dýchají všechny části rostliny, i ty nezeleňené, a dýchání probíhá ve dne i v noci, ale ve dne převládá fotosyntéza v zelených částech. Intenzitu dýchání zvyšuje plyn ethylen, který vzniká při hnilobných procesech. Naopak nízká teplota zpomaluje dýchání.



Obrázek 1.13 - Fotosyntéza a buněčné dýchání rostlin

1.6 Pasivní chlazení

Tepelných ziskům jsou vystaveny všechny budovy, snažíme se je však co nejvíce eliminovat k zajištění tepelné pohody. Ale v případě, kdy tepelná zátěž představuje velké riziko pro objekt, je lepší ziskům předcházet a pasivně je likvidovat. Pasivní způsoby předcházení tepelným ziskům se vyvíjeli po celou dobu stavební činnosti lidstva. Při současné klimatické změně, globálním oteplování a zároveň při kladení důrazu na alternativní zdroje energie a udržitelný stav prostředí je záhodno využívat co nejvíce pasivní chlazení budov, tzn. chlazení nevyužívající žádnou strojní technologii a nespotřebovávající žádnou energii.



Obrázek 1.14 - Základní rozdělení způsobů chlazení budov

Pasivní chlazení budov využívá správné stavební řešení objektu, vhodně zvolený koncept budovy a fyzikální principy.



Obrázek 1.15 - Možnosti pasivního chlazení budov

V dalších odstavcích práce se budu věnovat pouze pasivnímu chlazení, které lze použít i na stávající budově bez větších stavebních úprav, a které bude dále použito v projektové části práce.

1.6.1 Omezení sluneční radiace

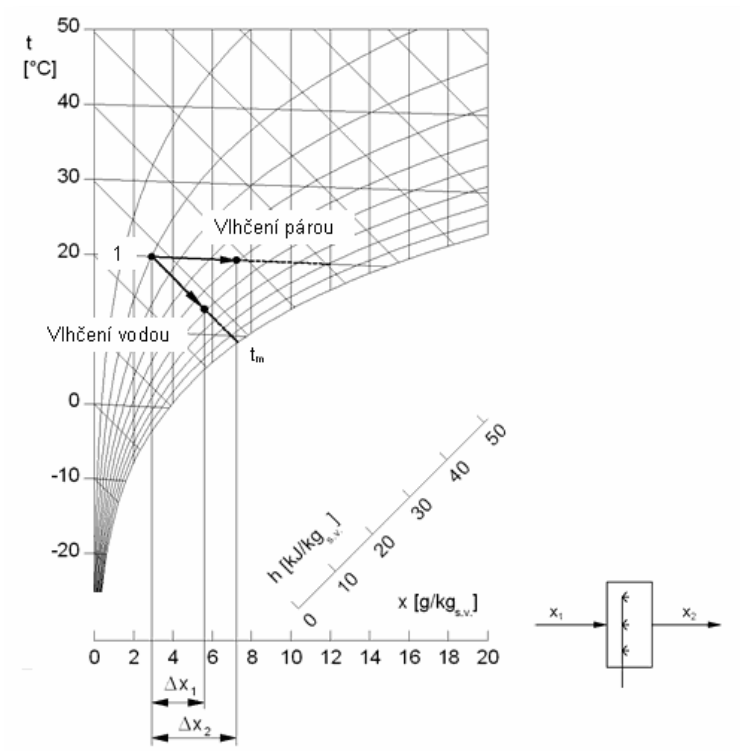
Mezi základní prvky pasivního chlazení budov, které je možno aplikovat i na již postavenou budovu, je snížení tepelné zátěže radiací okny. K nejúčinnějším možnostem zde patří vnější stínění oken. Stínicí prvek by měl být navržen tak, aby v době vysoké intenzity dopadajícího záření byla okna plně zastíněna. Stínění může zajišťovat i okolí budovy. Velmi vhodné jsou například listnaté stromy, které v létě stíní a v zimních měsících je naopak stínění díky opadávajícímu listí výrazně omezeno. Výrazného snížení tepelné zátěže lze dosáhnout instalací vnitřních žaluzií (snížení na 60 %), meziokenních žaluzií (snížení na 50 %) nebo nejúčinnější instalací venkovních žaluzií (snížení na 15 %). Možností je i použití vhodných skel či reflexních folií.



Obrázek 1.16 - Typy stínění oken - a) Venkovní žaluzie, b) venkovní rolety, c) markýza, d) slunolam, e) vnitřní žaluzie, f) reflexní folie

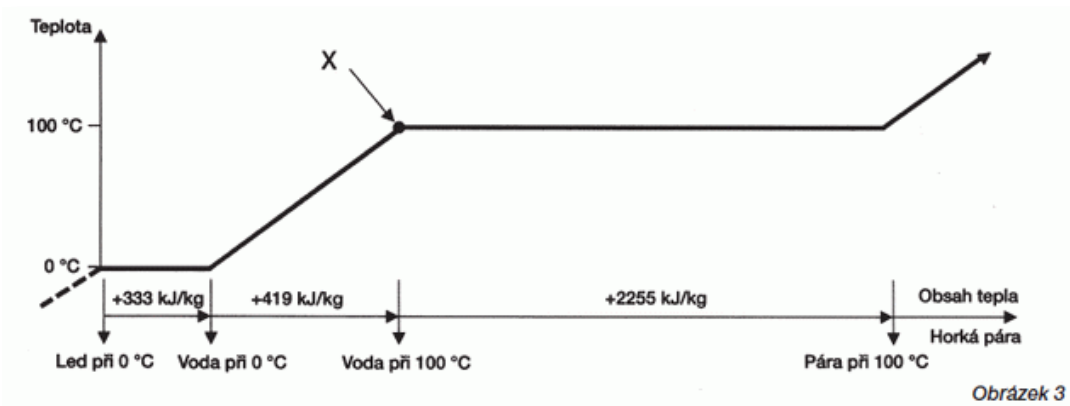
1.6.3 Přímé adiabatické chlazení

Adiabatickým chlazením můžeme nazvat vlhčení vodou po čáře konstantní entalpie.



Obrázek 1.17 - Adiabatické vlhčení HX-diagram

Adiabatické chlazení využívá přeměny citelného tepla na teplo latentní při vypařování vody, přičemž se zároveň snižuje teplota vzduchu a zvyšuje se jeho vlhkost. V současnosti je přímé adiabatické chlazení populární zejména v oblastech se suchým a horkým klimatem. Nicméně, i ve střední Evropě jej lze úspěšně využívat ke chlazení budov. K účinné funkci přímého adiabatického chlazení je nutný dostatečně teplý a suchý venkovní vzduch, který umožní vysoký stupeň navlhčení. Středoevropské klima je hodnoceno jako teplé a částečně vlhké.



Obrázek 1.18 - Skupenské změny vody

Nejčastěji na principu přímého adiabatického chlazení pracuje vlhčící komora ve VZT jednotce, kdy odpařováním rozstříkované vody do proudu vzduchu dochází k jeho ochlazení a vlhčení. Citelné neboli latentní teplo, které je k tomuto cyklu potřeba odpovídá chladicímu výkonu. Adiabatické chladicí systémy založené na odpařovacím principu zpravidla nevyžadují žádná další přídatná technická zařízení a pracují s běžnou neupravenou vodovodní vodou.

Na principu přímého adiabatického odpařování funguje i interiérová zelená stěna. Voda, využívána k zálivce se z listů rostliny a případně ze substrátu odpařuje do okolí. K tomu využívá právě latentní teplo a tím ochlazuje vzduch v místnosti, ve které je instalována. Stěna v tomto systému funguje nepřetržitě 24 hodin, pokud k tomu má správné podmínky, což znamená správnou zálivku s dostatkem vody a nízkou okolní vlhkost vzduchu. Při těchto podmínkách může zelená stěna fungovat jako chladič až do meze nasycení vzduchu, poté už stěna není schopna předat vzduchu více vlhkosti a tím pádem se nemůže dále odpařovat.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

2 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karolína Kojecká

VEDOUCÍ PRÁCE

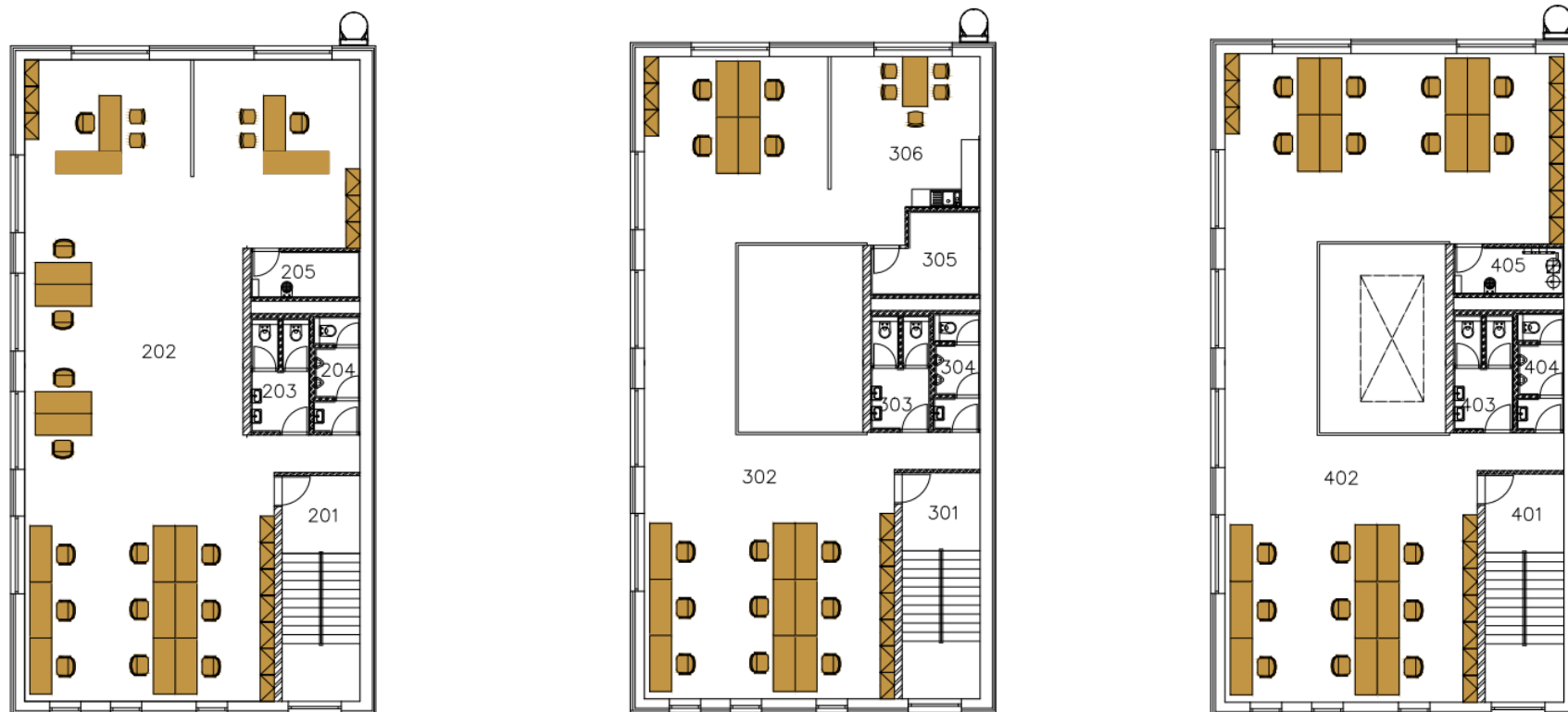
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019

2 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

2.1 Analýza objektu



Obrázek 2.1 – Řešená nadzemní podlaží budovy (2NP až 4NP)

2.1.1 Popis objektu

Jedná se o čtyřpodlažní administrativní budovu, která se nachází v jihomoravském městě Kyjově na parcele o výměře 755 m². Celková zastavěná plocha je 234 m². V prvním nadzemním podlaží administrativní budovy se nachází prodejna a prostor pro přijímání klientů, tomuto podlaží se dále ve své práci nebudu věnovat. V diplomové práci budu podrobněji řešit vhodnou úpravu vnitřního mikroklimatu druhého až čtvrtého nadzemního podlaží. V těchto podlažích se nachází kancelářské prostory, které jsou řešeny jako tzn. open space, což znamená jeden velký otevřený prostor bez příček. Součástí řešených pater je i hygienické zařízení, technické zázemí a kuchyňka.

2.1.2 Konstrukční řešení

Objekt půdorysu ve tvaru obdélníku je čtyřpodlažní po celé své ploše, nepodsklepený, zastřešen je plochou jednoplášťovou střechou se sklonem 2 %. Svislé obvodové zdivo tvoří zděný systém Porotherm s kontaktním zateplením. Stropní konstrukce jsou realizovány pomocí stropních panelů Spiroll. Z důvodu zakrytí vzduchotechniky jsou všechny místnosti opatřeny podhledem. Vnitřní nosné zdivo je také realizováno zděným systémem Porotherm.

Administrativní budova má přímý vstup z venkovního prostředí pouze do prvního nadzemního podlaží. Do horních pater se vstupuje po schodišti, které je umístěno v severovýchodním rohu budovy. Ve středové části budovy při severní obvodové stěně se nachází hygienické zázemí pro zaměstnance a technické zázemí, které je ve všech třech řešených patrech obdobné. Stejně tak i prostor otevřených kanceláří se liší pouze minimálně.

2.2 Varianty řešení a jejich posouzení

S ohledem na zvyšující se množství lidí, kteří tráví svoji pracovní dobu v uzavřeném prostoru kanceláří, v porovnání s tím, jak tomu bylo v minulosti, je nutné zabývat se zajištěním vhodných mikroklimatických podmínek právě v administrativních budovách. Zajištění optimální tepelné pohody má dva základní aspekty. Prvním je zdravotní, kdy optimální podmínky v prostředí, kde člověk tráví značnou část života, zajišťují správnou funkci tělesných orgánů a výměnu látek v těle. Druhým potom je sociálně pracovní, kdy při optimálních podmínkách není vnějšími vlivy člověk narušován od své činnosti. Může se tak maximálně soustředit na svoji činnost, což zajišťuje vyšší produktivitu než v případě nevhodných podmínek. Jelikož si stále více zaměstnavatelů začíná tyto aspekty uvědomovat, snaží se dbát právě na zajištění optimálních mikroklimatických podmínek v kancelářích, které zaručují zaměstnancům vyšší komfort při práci. V souvislosti se zvyšující se cenou energií a cenou lidské práce, je zde i snaha o snížení provozních nákladů připadajících na jedno pracovní místo. Z tohoto důvodu musí být v rovnováze náklady na zajištění vhodných mikroklimatických podmínek s přínosy, které zajištění optimálních podmínek přináší.

2.2.1 Varianta 1 – Využití strojního chlazení

V první variantě je řešena klasická administrativní budova, která je zateplená, má plastová okna s trojskly a je využívána bez ohledu na možnost úspor a setření s energiemi. Při uvažování s touto variantou nebyl řešen žádný systém stínění oken, osvětlení vnitřních prostor nebylo úsporné a v prostoru kanceláří se nenacházeli žádné zelené rostliny nebo kytky. Úprava interního mikroklimatu této budovy je řešena pomocí centrální vzduchotechnické jednotky, která je opatřena zpětným získáváním tepla. Jelikož tepelná zátěž v letním období je pro uvažovanou budovu velká, tato jednotka pokrývá pouze její část. Odvod zbytku tepelné zátěže je zajištěn podstropními jednotkami fancoil, instalovanými v prostoru kanceláří. Tyto jednotky jsou napojeny ke zdroji chladu připravujícímu chladicí vodu pro letní období. Zdroj chladu byl zvolen centrální, umístěný na střeše budovy.

2.2.2 Varianta 2 – Využití pasivního a přímého adiabatického chlazení

Pro řešení této varianty byla použita budova uvažovaná i v první variantě, která ovšem byla obohacena o prvky pasivního chlazení a o přímé adiabatické chlazení v kancelářích. Cílem bylo znatelně omezit tepelnou zátěž místností, bez využití strojního chlazení, které je mnoha lidem pocitově nepříjemné a obzvláště pokud na svém pracovním místě v klimatizovaném prostoru setrvávají celý den. Z tohoto důvodu byly pro návrh řešení budovy uvažovány prvky pasivního chlazení jako jsou stínicí venkovní žaluzie a reflexní folie, bylo použito úsporné osvětlení prostoru a na vnitřní nosnou stěnu byla provedena interiérová vertikální zelená stěna na konstrukci vnitřní nosné stěny. Tato vertikální zelená stěna, osazená rostlinami a kytkami, funguje jako přímé adiabatické chlazení prostoru. Principem adiabatického chlazení je přeměna citelného tepla na teplo vázané při odpařování vody. Voda potřebná k zálivce rostlin se odpařuje jak z hlíny, tak ze samotné rostliny, v důsledku čehož klesá teplota vzduchu a zvyšuje se jeho vlhkost. Pro takto upravenou budovu byla navržena pouze vzduchotechnická jednotka k zajištění potřebné výměny vzduchu v budově.

2.2.3 Posouzení zvolených variant

Z hlediska funkce se obě dvě varianty řešení snaží co nejlépe upravit vnitřní prostředí budovy a dosáhnout tzv. ideálního mikroklimatu v budově. V každé z variant je ovšem použito jiných prostředků k dosažení co nejlepší tepelné pohody a zároveň dobrého pocitu člověka, který má v dané budově pracovat.

První z variant pracuje na snížení tepelné zátěže pouze pomocí strojního chlazení. Výhodou tohoto systému je jeho dobrá regulovatelnost a možnost dosažení přesné požadované hodnoty, a to i podle měnících se preferencí uživatele. Pokud se ovšem na strojní chlazení podíváme z hlediska ekonomického a energetického, i když prozatím pomineme vstupní investici, je nutné na provoz, údržbu a servis vyčlenit určitý finanční obnos, který se může s přibývajícím lety zvyšovat v důsledku nutné modernizace a revitalizace systému. Varianta je tedy účinná, přesná, ale provozně dražší. Často se také stává, že zaměstnanci (obzvláště ženy) se necítí komfortně a mají pocit, že jim nad hlavou „fouká studený vzduch“ a klimatizační zařízení vypínají.

V tom případě systém pozbývá efektivnosti a i přesto, že je v prostoru instalován, neodvádí potřebnou tepelnou zátěž a v místnosti nejsou vhodné mikroklimatické podmínky pro práci.

Druhá varianta je založena pouze na pasivních prvcích chlazení a na přímém adiabatickém chlazení. Zde použitá instalace venkovních žaluzií významně sníží tepelné zisky radiací, dá zaměstnancům možnost regulovat si množství světla a slunce procházejícího do místnosti a tím pádem jim vytvoří vhodnější prostředí pro práci. Dále se v návrhu předpokládá lepší a důmyslnější řešení osvětlení, a to jak osazení úsporných typů osvětlení, tak jejich úspornější provoz. Řešení touto metodou vyžaduje pouze počáteční náklady na investici a případné menší náklady na údržbu, během provozu ale systém neodebírá žádnou energii, a tudíž jsou jeho náklady na provoz minimální. Přímé adiabatické chlazení je realizováno prostřednictvím vertikální zelené stěny, kdy voda potřebná k zalívce rostlin se odpařuje jak z hlíny, tak ze samotné rostliny, v důsledku čehož klesá teplota vzduchu a zvyšuje se jeho vlhkost. Zelená stěna nám tedy nejen prostor ochladí, ale i zvlhčí. S tímhle systémem chlazení tedy nemusíme řešit další zvlhčování prostoru, a to převážně v zimě, kdy bývá problém s nízkou vlhkostí. I přesto, že tento systém snižování tepelné zátěže není možno regulovat časově a přizpůsobovat v danou chvíli požadavkům lidí, protože zelená stěna funguje nepřetržitě 24 hodin denně, může zelená stěna představovat příjemné zpestření v možnostech chlazení interiéru. Přináší totiž nejenom účinek v podobě nižší teploty vzduchu a jeho vyšší vlhkosti, ale i příjemný designový prvek, který blahodárně působí na psychiku lidí.

Je tedy jasné, že každá z variant má svá pro i proti a stejně tak každá z nich by si našla své příznivce i odpůrce, cílem této práce je ale ukázat rozdíly v jejich aplikaci. Hlavní myšlenkou práce tedy je srovnání různých pohledů na zajištění interního mikroklimatu budov a popsání dvou různých variant v přístupu investora k problematice. Prvním je pouze instalace vzduchotechnické jednotky a fancoilů do stávající budovy bez dalších opatření. Oproti tomu druhá varianta počítá s promyšlenější úpravou stínícího součinitele oken, úspornosti osvětlení a instalací zelené stěny.

2.3 Tepelná bilance

Výpočet tepelné bilance byl proveden pro centrální prostor kanceláří. Jelikož bude napříč všemi řešenými patry procházet otevřený prostor, který bude zajištěn zábradlím a bude vytvářet otevřenou galerii, a ještě více spojovat místnost kanceláří v jeden celek, výsledná tepelná bilance je jen jedna pro každou z variant a je vypočítána jako součet tepelných bilancí kanceláří v jednotlivých patrech. Tepelná bilance představuje číselné vyjádření tepelných toků z a do sledované místnosti. Výsledkem je tepelná zátěž a vodní zisky. Tepelné ztráty pro zimní období nebyly počítány z důvodu zaměření se převážně na možnosti chlazení a úpravy vzduchu v letním období.

2.3.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

Tepelný odpor každé vrstvy konstrukce:

$$R = \sum d_j / \lambda_j \quad [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$$

d tloušťka konstrukce $[m]$

λ součinitel tepelné vodivosti $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$

$$R_T = R_{se} + R + R_{si} \quad [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$$

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně $[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$

R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$

R_T tepelný odpor při prostupu tepla $[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$

$$U = 1 / R_T \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

U součinitel prostupu tepla

Tabulka 2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

Konstrukce A		d	λ	R	R _{si}	RT	R _{se}	U
Vnější obvodová stěna 1		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
1	VPC omítka	0,010	0,990	0,010	0,130	6,296	0,040	0,155
2	Porotherm 38 Profi Dryfix	0,380	0,107	3,551				
3	TI Isover EPS 100	0,100	0,037	2,703				
4	Minerální omítka Weber	0,015	0,470	0,032				
Konstrukce A		d	λ	R	R _{si}	RT	R _{se}	U
Vnější obvodová stěna 2		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
1	VPC omítka	0,010	0,990	0,010	0,130	5,540	0,040	0,175
2	Porotherm 30 Profi Dryfix	0,300	0,175	1,714				
3	TI Isover EPS 100	0,140	0,037	3,784				
4	Minerální omítka Weber	0,015	0,470	0,032				
Konstrukce B		d	λ	R	R _{si}	RT	R _{se}	U
Vnitřní nosná stěna tl. 250 mm		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
1	VPC omítka	0,010	0,990	0,010	0,130	0,877	0,130	0,879
2	Porotherm 24 Profi Dryfix	0,240	0,280	0,857				
3	VPC omítka	0,010	0,990	0,010				
Konstrukce C		d	λ	R	R _{si}	RT	R _{se}	U
Vnitřní příčka tl. 150 mm		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
1	VPC omítka	0,010	0,990	0,010	0,130	0,559	0,130	1,222
2	Porotherm 14 Profi Dryfix	0,140	0,260	0,538				
3	VPC omítka	0,010	0,990	0,010				
Konstrukce D		d	λ	R	R _{si}	RT	R _{se}	U
Vnitřní stěna tl. 200 mm		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
1	VPC omítka	0,010	0,990	0,010	0,130	0,675	0,130	1,069
2	Porotherm 19 AKU Profi Dryfix	0,190	0,290	0,655				
3	VPC omítka	0,010	0,990	0,010				
Konstrukce E		d	λ	R	R _{si}	RT	R _{se}	U
Vnitřní příčka tl. 100 mm		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
1	VPC omítka	0,010	0,990	0,010	0,130	0,340	0,130	1,666
2	Porotherm 8 Profi Dryfix	0,080	0,250	0,320				
3	VPC omítka	0,010	0,990	0,010				
Konstrukce F		d	λ	R	R _{si}	RT	R _{se}	U
Podlaha na zemině		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
1	Keramická dlažba	0,015	1,300	0,012	0,170	2,864	0,000	0,330
2	Betonová mazanina	0,055	1,230	0,045				
4	TI Isover EPS 100S	0,100	0,037	2,703				
5	Podkladní ŽB	0,150	1,430	0,105				
Konstrukce G		d	λ	R	R _{si}	RT	R _{se}	U
Podlaha		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
1	Keramická dlažba	0,015	1,300	0,012	0,170	2,393	0,170	0,366
2	Betonová mazanina	0,055	1,230	0,045				
3	TI Isover EPS 100S	0,080	0,037	2,162				
4	ŽB stropní deska	0,250	1,430	0,175				
Konstrukce H		d	λ	R	R _{si}	RT	R _{se}	U
Plochá střecha		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/m ² K]
1	TI Isover EPS 100S	0,200	0,037	5,405	0,100	6,180	0,040	0,158
2	Polystyrenbeton - spád	0,060	0,100	0,600				
3	ŽB stropní deska	0,250	1,430	0,175				

2.3.2 Tepelná zátěž

Tepelná zátěž je celkový tok tepla do klimatizovaného prostoru, který musí pokrýt klimatizační zařízení. Je to v podstatě část tepelných zisků zmenšená o složku akumulace.

- Tepelné zisky okny
- Tepelné zisky stěn
- Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Tepelné zisky okny:

Osluněná část okna:

$$S_{os} = [l_a - (e_1 - f)] * [l_b - (e_2 - g)] \quad [m^2]$$

$$l_a \quad \text{Výška zasklení} \quad [m]$$

$$l_b \quad \text{šířka zasklení} \quad [m]$$

$$f \quad \text{odstup od svislé stínící překážky} \quad [m]$$

$$g \quad \text{odstup od vodorovné stínící překážky} \quad [m]$$

Vodorovný stín:

$$e_1 = c * \tan |\alpha - \gamma| \quad [m]$$

Svislý stín:

$$e_2 = d * \frac{\tan h}{\cos |\alpha - \gamma|} \quad [m]$$

$$c \quad \text{hloubka okna od okraje svislého slunolamu} \quad [m]$$

$$d \quad \text{hloubka okna od okraje vodorovného slunolamu} \quad [m]$$

$$h \quad \text{výška slunce} \quad [^\circ]$$

$$\alpha \quad \text{sluneční azimut} \quad [^\circ]$$

$$\lambda \quad \text{azimut stěny} \quad [^\circ]$$

Pozn.: Je-li délka stínu e_1 (e_2) menší než f (g), se stínem nepočítáme, protože nedopadá na sklo okna. Pokud je rozdíl azimutů stěny a slunce $|\alpha - \lambda| > 90^\circ$, znamená to, že okno je celé ve stínu a počítat délky stínů je zbytečné, protože $S_{os} = 0$.

Tepelný zisk sluneční radiací pro jedno okno:

$$Q_{or} = [S_{os} * I_o * c_o + (S_o - S_{os}) * I_{odif}] * s \quad [W]$$

$$c_o \quad \text{korekce na čistotu atmosféry} \quad [-]$$

$$I_o \quad \text{celková intenzita radiace procházející oknem} \quad [W * m^{-2}]$$

I_{odif}	intenzita difuzní radiace procházející oknem	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
s	stínící součinitel	$[-]$
	Varianta 1.... $s=0,85$ (bez stínění)	
	Varianta 2... $s=0,15$ (venkovní žaluzie); $s=0,25$ (reflexní folie u světlíku)	
S_o	plocha zasklení jednoho okna	$[\text{m}^2]$

Tepelné zisky oken konvekcí:

$$Q_{\text{ok}} = S_{\text{ok}} * U_o * (t_e - t_i) \quad [\text{W}]$$

t_e	teplota exteriéru	$[\text{°C}]$
t_i	teplota interiéru	$[\text{°C}]$
U_o	tepelný součinitel prostupem okna	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
S_{ok}	plocha okna	$[\text{m}^2]$

Celková tepelná zátěž okny:

$$Q_o = Q_{\text{or}} + Q_{\text{ok}} \quad [\text{W}]$$

Tepelné zisky stěn:

Stěna vnější lehká:

$$Q_s = U_s * S * (t_r - t_i) \quad [\text{W}]$$

t_r	rovnocenná sluneční teplota pro určenou hodinu	$[\text{°C}]$
U_s	tepelný součinitel prostupem stěny	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
S	plocha stěny s odečtenými otvory	$[\text{m}^2]$

Stěna vnější středně těžká:

$$Q_s = U_s * S * [(t_{\text{rm}} - t_i) + m * (t_{\text{r}\psi} - t_{\text{rm}})] \quad [\text{W}]$$

t_{rm}	prům. rovnocenná sluneční teplota vnějšího vzduchu za 24 hod	$[\text{°C}]$
$t_{\text{r}\psi}$	rovnocenná sluneční teplota v době o ψ hodin dřív	$[\text{°C}]$
U_s	tepelný součinitel prostupem stěny	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

Součinitel zmenšení teplotního kolísání:

$$m = \frac{1+7,6 \cdot \delta}{2500\delta} \quad [-]$$

δ tloušťka stěny [m]

Fázové posunutí teplotních kmitů ψ :

$$\psi = 32 \cdot \delta - 0,5 \quad [h]$$

Stěna vnější těžká:

$$Q_s = U_s \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) \quad [W]$$

t_{rm} prům. rovnocenná sluneční teplota vnějšího [°C]

vzduchu za 24 hod

U_s tepelný součinitel prostupem stěny [W*m⁻²*K⁻¹]

Tepelné zisky od vnitřních zdrojů:

Produkce tepla od lidí:

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) \quad [W]$$

n_l počet lidí [-]

Produkce tepla od svítidel:

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [W]$$

P_s výkon osvětlení [W*m⁻²]

c_1 součinitel současnosti používání svítidel [-]

c_2 zbytkový součinitel [-]

S_s podlahová plocha zmenšená o přirozeně [m²]

osvětlenou plochu u oken

Vodní zisky:

Produkce vodní páry od lidí:

$$Q_l = n_l \cdot m_l \quad [g/h]$$

n_l počet osob [-]

m_l produkce vodní páry na jednu osobu [g/h]

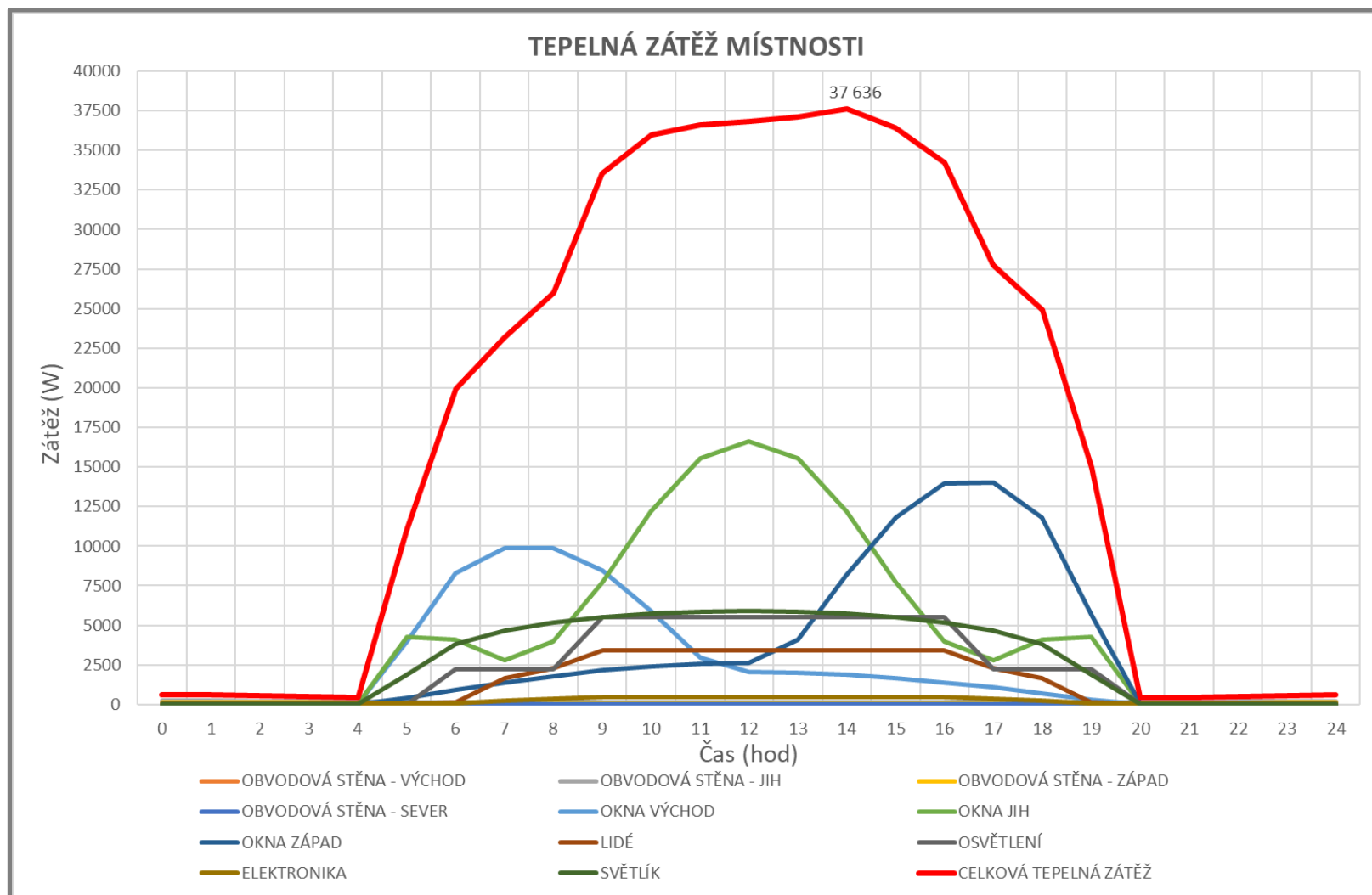
Tabulka 2.2 Varianta 1 - Tepelná zátěž - obvodové stěny

τ	VSTUPNÍ HODNOTY				OBVODOVÁ STĚNA - VÝCHOD							OBVODOVÁ STĚNA - JIH							OBVODOVÁ STĚNA - ZÁPAD							OBVODOVÁ STĚNA - SEVER						
	t _{eMAX}	A	t _e	t _r	U _{so}	S _{so}	m	ψ	t _m	t _{rψ}	Q _{so}	U _{so}	S _{so}	m	ψ	t _m	t _{rψ}	Q _{so}	U _{so}	S _{so}	m	ψ	t _m	t _{rψ}	Q _{so}	U _{so}	S _{so}	m	ψ	t _m	t _{rψ}	Q _{so}
Čas	Maximální venkovní teplota	Amplituda kolísání venkovní teploty	Venkovní teplota	Rovnocenná sluneční teplota	Souč. prostupu tepla obvodové stěny	Plocha obvodové stěny	Souč. zmenšení teplotního kolísání	Fázové posunutí	Průměrná rovnocenná slun. teplota	Rovnocenná teplota	Tepelná zátěž obvodových stěn	Souč. prostupu tepla obvodové stěny	Plocha obvodové stěny	Souč. zmenšení teplotního kolísání	Fázové posunutí	Průměrná rovnocenná slun. teplota	Rovnocenná teplota	Tepelná zátěž obvodových stěn	Souč. prostupu tepla obvodové stěny	Plocha obvodové stěny	Souč. zmenšení teplotního kolísání	Fázové posunutí	Průměrná rovnocenná slun. teplota	Rovnocenná teplota	Tepelná zátěž obvodových stěn	Souč. prostupu tepla obvodové stěny	Plocha obvodové stěny	Souč. zmenšení teplotního kolísání	Fázové posunutí	Průměrná rovnocenná slun. teplota	Rovnocenná teplota	Tepelná zátěž obvodových stěn
[h]	[°C]	[K]	[°C]	[°C]	[Wm ⁻² K ⁻¹]	[m ²]	[-]	[h]	[°C]	[°C]	[W]	[Wm ⁻² K ⁻¹]	[m ²]	[-]	[h]	[°C]	[°C]	[W]	[Wm ⁻² K ⁻¹]	[m ²]	[-]	[h]	[°C]	[°C]	[W]	[Wm ⁻² K ⁻¹]	[m ²]	[-]	[h]	[°C]	[°C]	[W]
0			19,7	16,9						54,4	140						54,4	224							54,4	130					51,3	53
1			18,1	16,9						54,4	140						54,4	224							54,4	130					45,3	48
2			17,2	16,2						51,3	134						51,3	214							51,3	125					37,1	41
3			16,4	16,0						45,3	123						45,3	196							45,3	115					28,7	34
4			16,0	16,2						37,1	108						37,1	171							37,1	101					24,8	30
5			16,5	18,1						28,7	93						28,7	146							28,7	86					23,0	29
6			17,4	20,6						24,8	86						24,8	134							24,8	80					21,2	27
7			19,6	23,2						23,0	82						23,0	128							23,0	77					19,5	26
8			21,8	25,9						21,2	79						21,2	123							21,2	73					18,1	24
9			23,8	28,5						19,5	76						19,5	118							19,5	71					16,9	23
10			25,8	30,9						18,1	73						18,1	113							18,1	68					16,9	23
11			27,7	38,1						16,9	71						16,9	110							16,9	66					16,2	23
12	32,0	8,0	29,2	45,6	0,175	80,3	0,131	14	30,9	16,9	71	0,175	132,8	0,131	14	30,5	16,9	110	0,175	74,6	0,131	14	30,9	16,9	66	0,155	58,4	0,096	16	27,6	16,0	23
13			30,7	51,3						16,2	70						16,2	108							16,2	65					16,2	23
14			31,6	54,4						16,0	70						16,0	107							16,0	65					18,1	24
15			32,0	54,4						16,2	70						16,2	108							16,2	65					20,6	27
16			31,8	51,3						18,1	73						18,1	113							18,1	68					23,2	29
17			31,1	45,3						20,6	78						20,6	121							20,6	72					25,9	31
18			30,1	37,1						23,2	83						23,2	129							23,2	77					28,5	33
19			28,4	28,7						25,9	88						25,9	137							25,9	81					30,9	35
20			26,8	24,8						28,5	92						28,5	145							28,5	86					38,1	42
21			25,0	23,0						30,9	97						30,9	152							30,9	90					45,6	48
22			23,2	21,2						38,1	110						38,1	174							38,1	102					51,3	53
23			21,5	19,5						45,6	124						45,6	197							45,6	115					54,4	56
24			19,7	18,1						51,3	134						51,3	214							51,3	125					54,4	56

Tabulka 2.3 - Varianta 1 - Tepelná zátěž - okna, lidi, osvětlení, elektronika

OKNA				LIDÉ			OSVĚTLENÍ					ELEKTRONIKA				VÝSLEDKY
Q _{OV}	Q _{OJ}	Q _{OZ}	Q _{OSV}	i _i	Q	Q	c ₁	c ₂	S _{SV}	I _{SV}	Q _{SV}	c ₁	c ₃	P	Q _e	Q _{SUM}
Tepelná zátěž okny - Východ	Tepelná zátěž okny - Jih	Tepelná zátěž okny - Západ	Tepelná zátěž okny - Světlik	Počet osob	Fyzická aktivita	Produkce citelného tepla lidí	Součinitel současnosti	Zbytkový součinitel	Osvětlovaná plocha	Intenzita osvětlení	Produkce tepla svítidel	Součinitel současnosti	Průměrné zatížení stroje	Příkon elektroniky	Produkce tepla elektronikou	CELKOVÁ TEPELNÁ ZÁTĚŽ
[W]	[W]	[W]	[W]	[-]	[W]	[W]	[-]	[-]	[m²]	W/m²	[W]	[-]	[-]	[W]	[W]	[W]
0	0	0	0	0	76	0	0,95	1,00	0,0	25	0	0,1	0,80	750	60	607
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60	602
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60	574
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60	528
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60	470
3 972	4 270	414	1 894	0	76	0			0,0		0	0,1			60	10 964
8 276	4 108	928	3 814	2	76	152			94,8		2252	0,1			60	19 916
9 860	2 772	1 388	4 680	22	76	1672			94,8		2252	0,4			240	23 176
9 877	3 969	1 801	5 187	30	76	2280			94,8		2252	0,6			360	26 024
8 472	7 747	2 148	5 514	45	76	3420			231,3		5493	0,8			480	33 563
5 926	12 218	2 412	5 726	45	76	3420			231,3		5493	0,8			480	35 954
2 985	15 537	2 577	5 846	45	76	3420			231,3		5493	0,8			480	36 608
2 044	16 603	2 633	5 885	45	76	3420			231,3		5493	0,8			480	36 828
2 001	15 537	4 090	5 846	45	76	3420			231,3		5493	0,8			480	37 132
1 873	12 218	8 161	5 726	45	76	3420			231,3		5493	0,8			480	37 636
1 668	7 747	11 830	5 514	45	76	3420			231,3		5493	0,8			480	36 422
1 398	3 969	13 977	5 187	45	76	3420			231,3		5493	0,8			480	34 208
1 078	2 772	14 013	4 680	30	76	2280			94,8		2252	0,6			360	27 736
720	4 108	11 789	3 814	22	76	1672			94,8		2252	0,4			240	24 917
322	4 270	5 662	1 894	2	76	152			94,8		2252	0,1			60	14 953
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60	425
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60	447
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60	500
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60	552
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60	589

Graf 2.1 - Varianta 1 - Tepelná zátěž



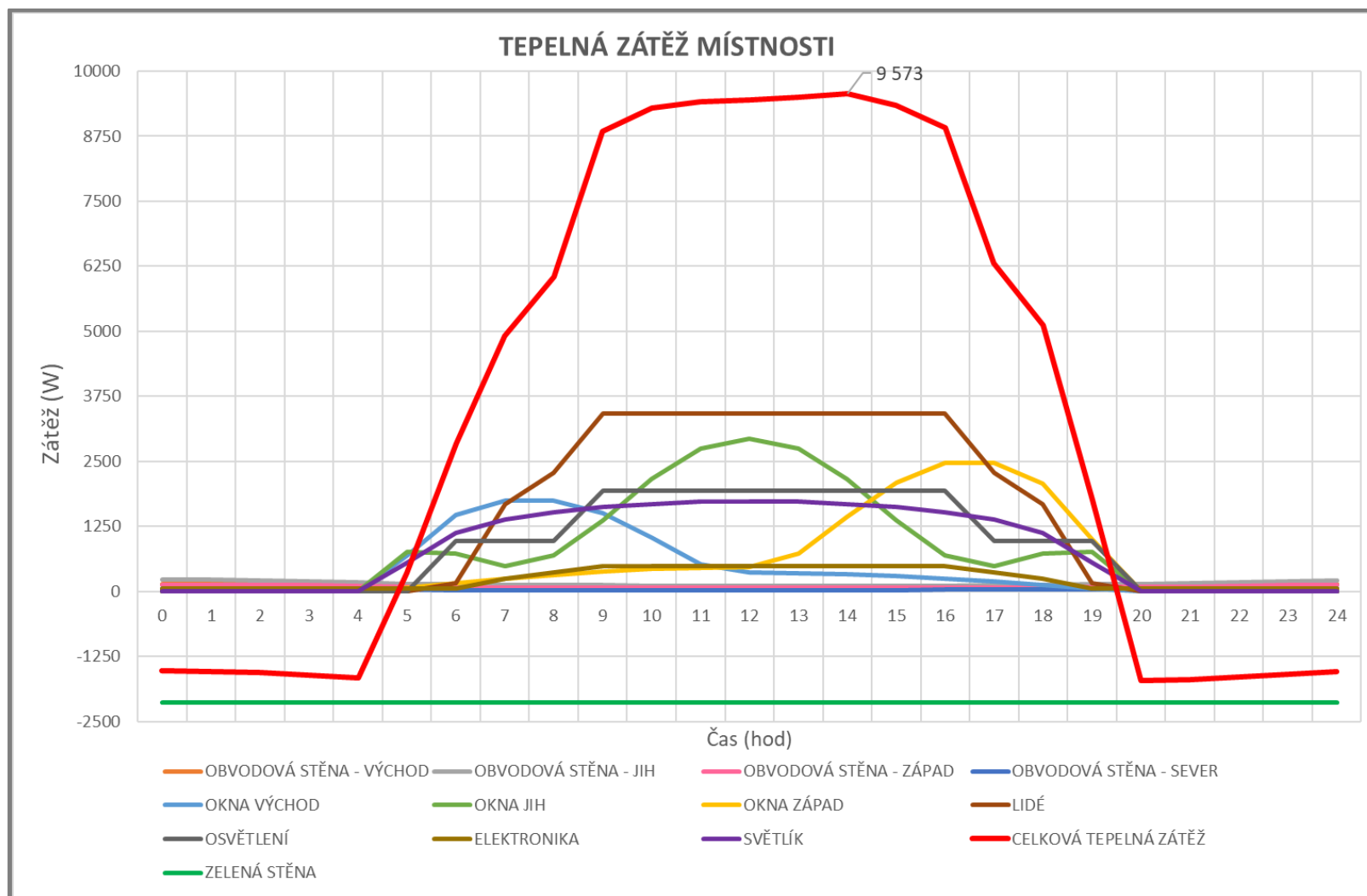
Tabulka 2.4 Varianta 2 - Tepelná zátěž - obvodové stěny

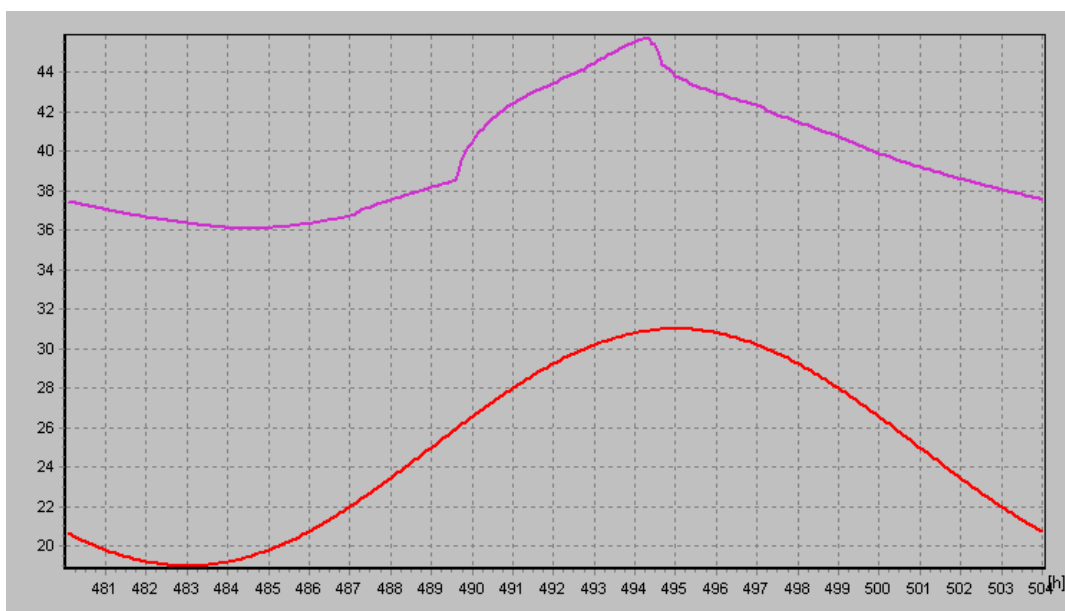
τ	VSTUPNÍ HODNOTY				OBVODOVÁ STĚNA - VÝCHOD							OBVODOVÁ STĚNA - JIH							OBVODOVÁ STĚNA - ZÁPAD							OBVODOVÁ STĚNA - SEVER						
	t _{eMAX}	A	t _e	t _r	U _{so}	S _{so}	m	ψ	t _m	t _{rψ}	Q _{so}	U _{so}	S _{so}	m	ψ	t _m	t _{rψ}	Q _{so}	U _{so}	S _{so}	m	ψ	t _m	t _{rψ}	Q _{so}	U _{so}	S _{so}	m	ψ	t _m	t _{rψ}	Q _{so}
Čas	Maximální venkovní teplota	Amplituda kolísání venkovní teploty	Venkovní teplota	Rovnocenná sluneční teplota	Souč. prostupu tepla obvodové stěny	Plocha obvodové stěny	Souč. zmenšení teplotního kolísání	Fázové posunutí	Průměrná rovnocenná slun. teplota	Rovnocenná teplota	Tepelná zátěž obvodových stěn	Souč. prostupu tepla obvodové stěny	Plocha obvodové stěny	Souč. zmenšení teplotního kolísání	Fázové posunutí	Průměrná rovnocenná slun. teplota	Rovnocenná teplota	Tepelná zátěž obvodových stěn	Souč. prostupu tepla obvodové stěny	Plocha obvodové stěny	Souč. zmenšení teplotního kolísání	Fázové posunutí	Průměrná rovnocenná slun. teplota	Rovnocenná teplota	Tepelná zátěž obvodových stěn	Souč. prostupu tepla obvodové stěny	Plocha obvodové stěny	Souč. zmenšení teplotního kolísání	Fázové posunutí	Průměrná rovnocenná slun. teplota	Rovnocenná teplota	Tepelná zátěž obvodových stěn
[h]	[°C]	[K]	[°C]	[°C]	[Wm ⁻² K ⁻¹]	[m ²]	[-]	[h]	[°C]	[°C]	[W]	[Wm ⁻² K ⁻¹]	[m ²]	[-]	[h]	[°C]	[°C]	[W]	[Wm ⁻² K ⁻¹]	[m ²]	[-]	[h]	[°C]	[°C]	[W]	[Wm ⁻² K ⁻¹]	[m ²]	[-]	[h]	[°C]	[°C]	[W]
0			19,7	16,9						54,4	140						54,4	224						54,4	130						51,3	53
1			18,1	16,9						54,4	140						54,4	224						54,4	130						45,3	48
2			17,2	16,2						51,3	134						51,3	214						51,3	125						37,1	41
3			16,4	16,0						45,3	123						45,3	196						45,3	115						28,7	34
4			16,0	16,2						37,1	108						37,1	171						37,1	101						24,8	30
5			16,5	18,1						28,7	93						28,7	146						28,7	86						23,0	29
6			17,4	20,6						24,8	86						24,8	134						24,8	80						21,2	27
7			19,6	23,2						23,0	82						23,0	128						23,0	77						19,5	26
8			21,8	25,9						21,2	79						21,2	123						21,2	73						18,1	24
9			23,8	28,5						19,5	76						19,5	118						19,5	71						16,9	23
10			25,8	30,9						18,1	73						18,1	113						18,1	68						16,9	23
11			27,7	38,1						16,9	71						16,9	110						16,9	66						16,2	23
12	32,0	8,0	29,2	45,6	0,175	80,3	0,131	14	30,9	16,9	71	0,175	132,8	0,131	14	30,5	16,9	110	0,175	74,6	0,131	14	30,9	16,9	66	0,155	58,4	0,096	16	27,6	16,0	23
13			30,7	51,3						16,2	70						16,2	108						16,2	65						16,2	23
14			31,6	54,4						16,0	70						16,0	107						16,0	65						18,1	24
15			32,0	54,4						16,2	70						16,2	108						16,2	65						20,6	27
16			31,8	51,3						18,1	73						18,1	113						18,1	68						23,2	29
17			31,1	45,3						20,6	78						20,6	121						20,6	72						25,9	31
18			30,1	37,1						23,2	83						23,2	129						23,2	77						28,5	33
19			28,4	28,7						25,9	88						25,9	137						25,9	81						30,9	35
20			26,8	24,8						28,5	92						28,5	145						28,5	86						38,1	42
21			25,0	23,0						30,9	97						30,9	152						30,9	90						45,6	48
22			23,2	21,2						38,1	110						38,1	174						38,1	102						51,3	53
23			21,5	19,5						45,6	124						45,6	197						45,6	115						54,4	56
24			19,7	18,1						51,3	134						51,3	214						51,3	125						54,4	56

Tabulka 2.5 - Varianta 2 - Tepelná zátěž - okna, lidi, osvětlení, elektronika, zelená stěna

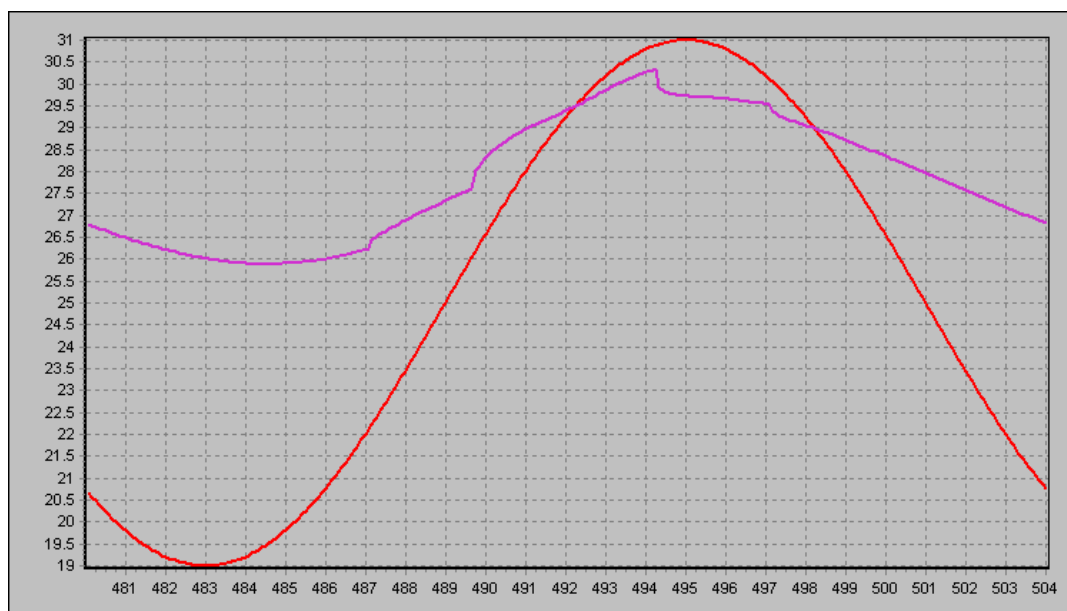
OKNA				LIDÉ			OSVĚTLENÍ					ELEKTRONIKA				ZELENÁ STĚNA				VÝSLEDKY
Q _{OV}	Q _{OJ}	Q _{OZ}	Q _{OSV}	i _i	Q	Q _i	c ₁	c ₂	S _{SV}	I _{SV}	Q _{OV}	c ₁	c ₃	P	Q _e	S	M	I _w	Q _{WC}	Q _{SUM}
Tepelná zátěž okny - Východ	Tepelná zátěž okny - Jih	Tepelná zátěž okny - Západ	Tepelná zátěž okny - Světlik	Počet osob	Fyzická aktivita	Produkce citelného tepla lidí	Součinitel současnosti	Zbytkový součinitel	Osvětlovaná plocha	Intenzita osvětlení	Produkce tepla svítidel	Součinitel současnosti	Průměrné zatížení stroje	Příkon elektroniky	Produkce tepla elektronikou	Plocha zelené stěny	Odpar z listů zelené stěny	Výparné teplo vody	Teplo pro odpařování	CELKOVÁ TEPELNÁ ZÁTĚŽ
[W]	[W]	[W]	[W]	[-]	[W]	[W]	[-]	[-]	[m ²]	W/m ²	[W]	[-]	[-]	[W]	[W]	[m ²]	[g/m ² *hod]	[kJ/kg]	[W]	[W]
0	0	0	0	0	76	0	0,85	0,80	0,0	15	0	0,1	0,80	750	60	60,0	56,81	2 257	-2137	-1 530
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	-1 535
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	-1 563
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	-1 610
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	-1 667
701	753	73	557	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	361
1 460	725	164	1 122	2	76	152			94,8		967	0,1			60				-2137	2 839
1 740	489	245	1 376	22	76	1672			94,8		967	0,4			240				-2137	4 905
1 743	700	318	1 526	30	76	2280			94,8		967	0,6			360				-2137	6 056
1 495	1 367	379	1 622	45	76	3420			189,6		1934	0,8			480				-2137	8 848
1 046	2 156	426	1 684	45	76	3420			189,6		1934	0,8			480				-2137	9 287
527	2 742	455	1 719	45	76	3420			189,6		1934	0,8			480				-2137	9 409
361	2 930	465	1 731	45	76	3420			189,6		1934	0,8			480				-2137	9 453
353	2 742	722	1 719	45	76	3420			189,6		1934	0,8			480				-2137	9 498
330	2 156	1 440	1 684	45	76	3420			189,6		1934	0,8			480				-2137	9 573
294	1 367	2 088	1 622	45	76	3420			189,6		1934	0,8			480				-2137	9 337
247	700	2 467	1 526	45	76	3420			189,6		1934	0,8			480				-2137	8 920
190	489	2 473	1 376	30	76	2280			94,8		967	0,6			360				-2137	6 301
127	725	2 080	1 122	22	76	1672			94,8		967	0,4			240				-2137	5 118
57	753	999	557	2	76	152			94,8		967	0,1			60				-2137	1 750
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	-1 712
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	-1 690
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	-1 637
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	-1 585
0	0	0	0	0	76	0			0,0		0	0,1			60				-2137	-1 548

Graf 2.2 - Varianta 2 - Tepelná zátěž





Obrázek 2.2 - Varianta 1 - Průběh teplot exteriéru a interiéru



Obrázek 2.3 - Varianta 2 - Průběh teplot exteriéru a interiéru

— Průběh venkovní teploty [°C]
 — Výsledná teplota interiéru [°C]

Průběh teplot byl simulován v programu Teruna v1.5b za podmínek uvedených v předchozích tabulkách z programu Excel. Dle výsledků je patrný velký rozdíl v maximální vnitřní teplotě. V první variantě dosahuje teplota interiéru 45,29 °C bez použití chlazení fancoily. Druhá varianta ukazuje situaci při použití prvků pasivního chlazení a maximální teplota interiéru zde dosahuje 30°C. I tahle teplota je vyšší než požadovaná nejvyšší teplota v místnosti dle ČSN 730540-2, která je 27 °C, přesto je zřejmý velký posun oproti původní variantě. V případě, že by bylo uvažováno i s proměnlivostí počasí, kdy nesvítí slunce intenzivně celý den, na pracovišti se střídá pohyb lidí a neprobíhají tak všechny uvažované činnosti současně, snížila by se i tepelná zátěž a tím i výsledná teplota interiéru. Z těchto důvodů bude dále brána takhle teplota jako vyhovující pro účely interpretace diplomové práce.

2.4 Průtoky vzduchu

Budova byla uvažována jako jeden funkční celek, který bude obsluhovat jedna vzduchotechnická jednotka. Tato jednotka bude určena pro větrání kanceláří, hygienického zařízení a kuchyňky. Ve variantě 1 budou navrženy klimatizační zařízení pro pokrytí tepelné zátěže v letním období. Systém byl navržen jako rovnotlaký. Pro stanovení průtoků vzduchu byly použity následující dávky vzduchu, vyplývající z vyhlášky č.410/2005 Sb., které je nutné dodržet.

2.4.1 Výpočet průtoku vzduchu pro budovu

Tabulka 2.6 Průtoky vzduchu

Tabulka místnosti		Údaje o místnosti			Parametry větrání							
		Plocha	Světla výška	Objem	m.j.	Počet osob/zařízení	Dávka vzduchu	Výměna	Přívod výpočtový	Odvod výpočtový	Přívod návrhový	Odvod návrhový
č.m.	Název místnosti	m ²	m	m ³	-	-	m ³ .h ⁻¹	n.h ⁻¹	m ³ .h ⁻¹	m ³ .h ⁻¹	m ³ .h ⁻¹	m ³ .h ⁻¹
2 NP												
202	Kanceláře	178,7	2,85	509,30	Práce v sedě, nekuřáci	15	40	1,18	600	600	600	230
203	WC ženy	6,5	2,85	18,53	2x WC + 2x umyvadlo	1	160	8,64	160	160	-	160
204	WC muži	5,4	2,85	15,39	WC + umyvadlo + 2x pisoár	1	130	8,45	130	130	-	130
205	Sklad + úklid	5	2,85	14,25	Výlevka	1	55	3,86	55	55	-	80
3 NP												
302	Kanceláře	150,6	2,85	429,21	Práce v sedě, nekuřáci	13	40	1,21	520	520	520	0
303	WC ženy	6,5	2,85	18,53	2x WC + 2x umyvadlo	1	160	8,64	160	160	-	160
304	WC muži	5,4	2,85	15,39	WC + umyvadlo + 2x pisoár	1	130	8,45	130	130	-	130
305	Sklad + úklid	7,6	2,85	21,66	Výlevka	1	55	2,54	55	55	-	80
306	Kuchyňka	25,5	2,85	72,68	-	1	150	2,06	150	150	-	150
4 NP												
402	Kanceláře	178,7	2,85	509,30	Práce v sedě, nekuřáci	17	40	1,34	680	680	680	310
403	WC ženy	6,5	2,85	18,53	2x WC + 2x umyvadlo	1	160	8,64	160	160	-	160
404	WC muži	5,4	2,85	15,39	WC + umyvadlo + 2x pisoár	1	130	8,45	130	130	-	130
405	Sklad + úklid	5	2,85	14,25	Výlevka	1	55	3,86	55	55	-	80
Σ											1800	1800

Průtok vzduchu pro zařízení byl vypočten podle počtu osob a byl zvolen dostatečný průtok zajišťující přívod čerstvého vzduchu do místnosti.

2.5 Návrh distribučních prvků

V prostoru kanceláří budou použity lamelové čtvercové anemostaty ALCM v základním provedení, umístěné v podhledu a určené jak pro přívod čerstvého vzduchu, tak pro odvod znehodnoceného vzduchu. V místě hygienického zázemí budou navrženy talířové ventily TVOM určené pro odvod vzduchu. Veškeré tyto koncové elementy budou od společnosti Mandík a ke vzduchotechnickému potrubí budou připojeny pomocí ohebných kusů kruhového potrubí.

Tabulka 2.7 Návrh distribučních prvků přívodu a odvodu vzduchu

Zařízení	Podlaží	Č. Místnosti	Plocha (m ²)	Objem (m ³)	Přívod/ Odvod	Typ výustky	Počet (ks)	Průtok na 1 element (m ³ /h)	Efektivní plocha (m ²)	Nastavení ventilu s	Δpc (pa)	Lwa (dB)
1	2.NP	202	178,7	509,30	P	ALCM 250	5	120	0,0178	-	12	25
					O	ALCM 250	2	115	0,0178	-	13	27
		203	6,5	18,53	O	TVOM 100	2	80	-	5	68	25
		204	5,4	15,39	O	TVOM 100	1	80	-	5	68	25
					O	TVOM 100	1	50	-	0	58	22
		205	5	14,25	O	TVOM 100	1	80	-	5	68	25
	3.NP	302	150,6	429,21	P	ALCM 250	4	130	0,0178	-	14	28
		303	6,5	18,53	O	TVOM 100	2	80	-	5	68	25
		304	5,4	15,39	O	TVOM 100	1	80	-	5	68	25
					O	TVOM 100	1	50	-	0	58	22
		305	7,6	21,66	O	TVOM 100	1	80	-	5	68	25
		306	25,5	72,68	O	ALCM 250	1	150	0,0178	-	20	36
	4.NP	402	178,7	509,30	P	ALCM 250	4	170	0,0178	-	26	35
					O	ALCM 250	2	155	0,0178	-	20	35
		403	6,5	18,53	O	TVOM 100	2	80	-	5	68	25
		404	5,4	15,39	O	TVOM 100	1	80	-	5	68	25
					O	TVOM 100	1	50	-	0	58	22
		405	5	14,25	O	TVOM 100	1	80	-	5	68	25

2.5.1 Přehled distribučních prvků

2.5.1.1 Lamelový anemostat ALCM

Lamelový anemostat je koncový vzduchotechnický element vhodný pro přívod i odvod vzduchu. Anemostat má čelní výtokové plochy z pevných profilových lamel, které jsou vodorovně uspořádány. Při návrhu bude uvažováno s lamelami v základním (čtvercovém) provedení uspořádání. Připojení bude provedeno vodorovně kruhovým hrdlem přes připojovací skříň.

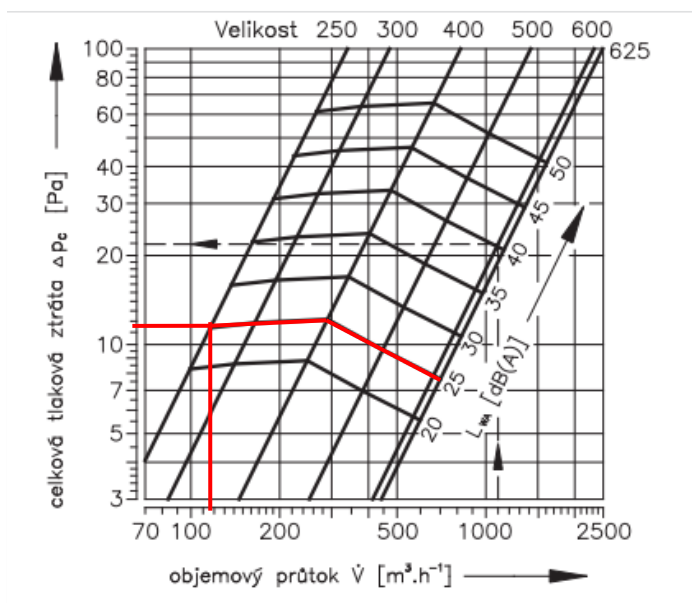


Obrázek 2.3 – Lamelový čtvercový anemostat

Ukázka návrhu přívodních anemostatů v místnosti 202 – Kanceláře ve druhém nadzemním podlaží, požadovaný průtok vzduchu $600 \text{ m}^3/\text{h}$, zvoleno 5 kusů anemostatů o objemovém průtoku $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Velikost prvku určí z průtoku vzduchu v závislosti na počtu navržených kusů anemostatu. Z grafu určí tlakovou ztrátu a hladinu akustického výkonu dané výusky.

Jmenovitý rozměr	250	300	400	500	600	625
$V_{\max} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$	220	310	530	850	1200	1600
$V_{\min} [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$	70	100	180	300	470	490
$L_{W\max} [\text{dB(A)}]$	43	43	42	42	42	42
$L_{W\min} [\text{dB(A)}]$	<15	<15	<15	<15	<15	<15

Obrázek 2.4 – Návrh rozměru anemostatu



Obrázek 2.5 – Parametry anemostatu

Do místnosti č. 202 – Kanceláře ve druhém nadzemním podlaží, bude navrženo pět kusů přívodních anemostatů o jmenovitém rozměru 250 mm. Tlaková ztráta anemostatu bude 12 Pa, hladina akustického výkonu bude 25 dB(A).

2.5.1.2 Talířový ventil TVOM

Talířové ventily jsou koncové vzduchotechnické elementy určené pro distribuci vzduchu. Plynulá regulace množství přiváděného vzduchu u přívodních ventilů TVPM a odváděného vzduchu u odvodních ventilů TVOM na požadovanou hodnotu dávky vzduchu se provádí otáčením talířů ventilů.

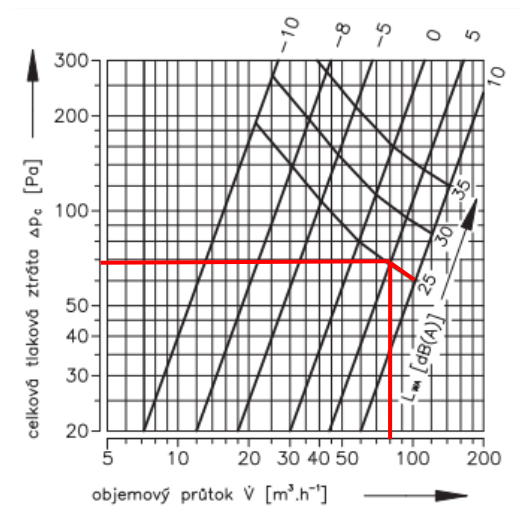


Obrázek 2.6 – Talířový ventil

Ukázka návrhu odvodního talířového ventilu v místnosti 203 – WC ženy, požadovaný průtok vzduchu 160 m³/h, zvolen návrh dvou ventilů TVOM 100, jmenovitý průtok 80 m³/h. Jmenovitý rozměr prvku určí z tabulky podle maximálního možného průtoku ve výústce. Z grafu poté odečtu tlakovou ztrátu a hladinu akustického výkonu talířového ventilu.

Jm. rozměr	80	100	125	150	160	200
$V_{\max}$ [m ³ .h ⁻¹]	60	90	150	200	200	250

Obrázek 2.7 - Rozměr talířového ventilu



Obrázek 2.8 – Parametry talířového ventilu

Do místnosti č. 203 – WC ženy bude navržen odvodní talířový ventil TVOM 100, jmenovitého rozměru 100 mm. Nastavení tohoto ventilu od nulové polohy bude 5 mm. Tlaková ztráta talířového ventilu bude 68 Pa, hladina akustického výkonu bude 25 dB(A).

2.6 Dimenzování potrubí

Potrubí pro hlavní rozvody vzduchu bude čtyřhranné z důvodu úspory místa v podhledu. Rozvody vzduchu od hlavních rozvodů k jednotlivým vyústkám budou z flexi potrubí.

u	číslo úseku	[-]
V	průtok vzduchu v úseku	[m ³ /h]
L	délka úseku	[m]
v'	předběžná rychlost	[m/s]

Předběžná průtočná plocha:

$$S' = \frac{V}{v' \cdot 3600} \quad [\text{m}^2]$$

Průměr kruhového potrubí:

$$d' = 2 \cdot \sqrt{\frac{S'}{\pi}} \quad [\text{m}]$$

A x B rozměr stran čtyřhranného potrubí [mm]

d průměr kruhového potrubí [m]

odpovídající čtyřhrannému průřezu

Skutečná průtočná plocha:

$$S' = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad [\text{m}^2]$$

Skutečná rychlost:

$$v = \frac{V}{S \cdot 3600} \quad [\text{m/s}]$$

R měrná tlaková ztráta [Pa/m]

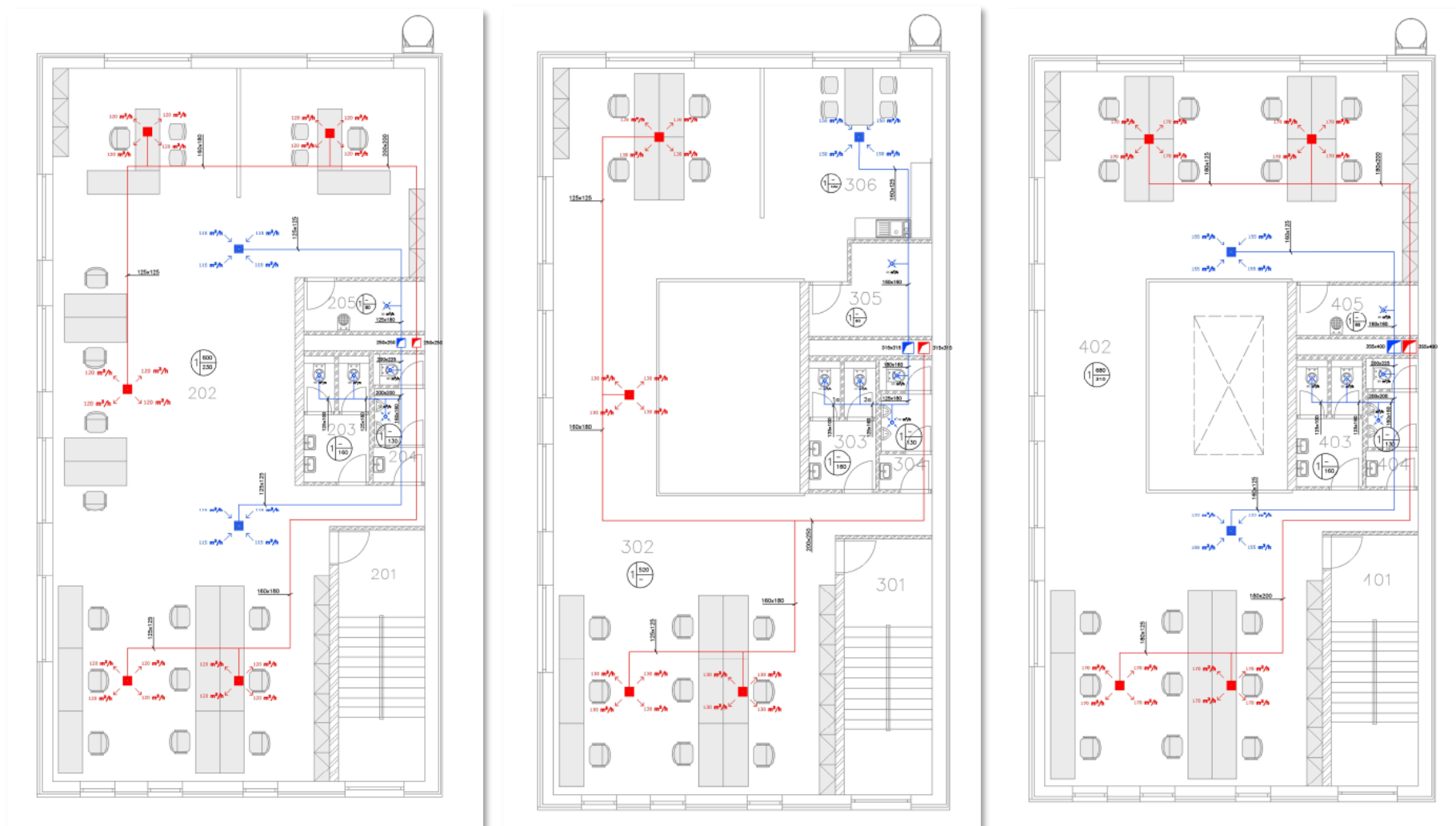
ξ součet součinitelů vřazených odporů tvarovek [-]

Tlaková ztráta místními odpory:

$$Z = 0,5 \cdot \xi \cdot \rho \cdot v^2 \quad [\text{Pa}]$$

Celková tlaková ztráta úseku:

$$\Delta p = R \cdot L + Z \quad [\text{Pa}]$$



Obrázek 2.9 - Schéma úseků pro dimenzování

Tabulka 2.8 Dimenzování potrubí 2NP

2. NP - Kanceláře a kanceláře vedoucích													
Přívodní potrubí													
OZN	V m ³ /h	V m ³ /s	L m	v' m/s	S m ²	d' m	A x B mm	d m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	Δp Pa
HLAVNÍ VĚTEV													
1a	120	0,033	6,5	3	0,011	0,119	125 x 125	0,125	2,716	0,48	0,3	1,33	4,45
2a	240	0,067	5,2	3,2	0,021	0,163	160 x 180	0,169	2,972	0,59	0,6	3,18	6,25
3a	360	0,100	7,6	3,4	0,029	0,194	200 x 200	0,200	3,183	0,73	0,9	5,47	11,02
4a	600	0,167	2,9	3,6	0,046	0,243	250 x 250	0,250	3,395	0,6	1,2	8,30	10,04
VEDEJŠÍ VĚTEV													
1b	120	0,033	3,2	3	0,011	0,119	125 x 125	0,125	2,716	0,48	0,3	1,33	2,86
2b	240	0,067	13,9	3,2	0,021	0,163	160 x 180	0,169	2,972	0,59	1,2	6,36	14,56
Tlaková ztráta požární klapky													20
Tlaková ztráta koncového elementu													12
Celková tlaková ztráta (Pa)													81,17
Odvodní potrubí													
OZN	V m ³ /h	V m ³ /s	L m	v' m/s	S m ²	d' m	A x B mm	d m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	Δp Pa
HLAVNÍ VĚTEV													
1a	115	0,032	7,9	3	0,011	0,116	125 x 125	0,125	2,603	1,04	0,6	2,44	10,65
2a	325	0,090	0,9	3,2	0,028	0,190	200 x 200	0,200	2,873	0,6	0,6	2,97	3,51
3a	405	0,113	0,8	3,4	0,033	0,205	200 x 225	0,212	3,187	0,68	0,6	3,66	4,20
4a	600	0,167	2,9	3,6	0,046	0,243	250 x 250	0,250	3,395	0,6	0,9	6,22	7,96
VEDEJŠÍ VĚTEV													
1b	80	0,022	1	2,6	0,009	0,104	125 x 100	0,111	2,296	0,95	0,3	0,95	1,90
2b	160	0,044	0,9	2,8	0,016	0,142	125 x 160	0,140	2,887	0,98	0,6	3,00	3,88
3b	210	0,058	0,6	3	0,019	0,157	160 x 160	0,160	2,901	0,83	0,6	3,03	3,53
1c	115	0,032	6,1	2,8	0,011	0,121	125 x 125	0,125	2,603	1,04	0,3	1,22	7,56
2c	195	0,054	1	3	0,018	0,152	125 x 180	0,148	3,148	0,67	0,6	3,57	4,24
Tlaková ztráta požární klapky													20
Tlaková ztráta koncového elementu													13
Celková tlaková ztráta (Pa)													80,44

Tabulka 2.9 Dimenzování potrubí 3NP

3. NP - Kanceláře a kuchyňka													
Přívodní potrubí													
OZN	V	V	L	v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z	Δp
	m3/h	m3/s	m	m/s	m²	m	mm	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa
HLAVNÍ VĚTEV													
1a	130	0,036	7,3	3	0,012	0,124	125 x 125	0,125	2,942	0,48	0,3	1,56	5,06
2a	260	0,072	7,9	3,2	0,023	0,170	160 x 180	0,169	3,219	0,59	0,9	5,60	10,26
3a	520	0,144	8,5	3,4	0,042	0,233	200 x 250	0,222	3,731	0,73	0,9	7,52	13,72
4a	1120	0,311	2,9	3,8	0,082	0,323	315 x 315	0,315	3,992	0,6	0,6	5,74	7,48
VEDEJŠÍ VĚTEV													
1b	130	0,036	3,2	3	0,012	0,124	125 x 125	0,125	2,942	0,48	0,3	1,56	3,09
2b	260	0,072	5,2	3,2	0,023	0,170	160 x 180	0,169	3,219	0,59	0,9	5,60	8,66
Tlaková ztráta požární klapky													20
Tlaková ztráta koncového elementu													14
Celková tlaková ztráta (Pa)													82,28

Odvodní potrubí													
OZN	V	V	L	v'	S	d'	A x B	d	v	R	ξ	Z	Δp
	m3/h	m3/s	m	m/s	m²	m	mm	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa
HLAVNÍ VĚTEV													
1a	80	0,022	1	3	0,007	0,097	125 x 100	0,111	2,296	0,95	0,3	0,95	1,90
2a	160	0,044	0,9	3,2	0,014	0,133	125 x 160	0,140	2,887	0,98	0,6	3,00	3,88
3a	210	0,058	1,4	3,4	0,017	0,148	125 x 180	0,148	3,390	1,24	0,6	4,14	5,87
4a	290	0,081	0,8	3,6	0,022	0,169	180 x 160	0,169	3,591	1,14	0,6	4,64	5,55
5a	1120	0,311	2,9	3,8	0,082	0,323	315 x 315	0,315	3,992	0,6	0,6	5,74	7,48
VEDEJŠÍ VĚTEV													
1b	150	0,042	4,2	3	0,014	0,133	160 x 125	0,140	2,706	0,88	0,6	2,64	6,33
2b	230	0,064	0,9	3,2	0,020	0,159	160 x 160	0,160	3,177	0,98	0,6	3,63	4,52
Tlaková ztráta požární klapky													20
Tlaková ztráta koncového elementu													20
Celková tlaková ztráta (Pa)													75,53

Tabulka 2.10 - Dimenzování potrubí 4NP

4. NP - Kanceláře													
Přívodní potrubí													
OZN	V m ³ /h	V m ³ /s	L m	v' m/s	S m ²	d' m	A x B mm	d m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	Δp Pa
HLAVNÍ VĚTEV													
1a	170	0,047	3,2	3	0,016	0,142	180 x 125	0,148	2,745	0,84	0,3	1,36	4,04
2a	340	0,094	13,9	3,2	0,030	0,194	180 x 200	0,189	3,366	0,87	1,5	10,20	22,29
3a	1800	0,500	7,6	4,4	0,114	0,380	355 x 400	0,376	4,502	0,6	1,8	21,89	26,45
VEDLEJŠÍ VĚTEV													
1b	170	0,047	4,5	3	0,016	0,142	180 x 125	0,148	2,745	0,84	0,3	1,36	5,14
2b	340	0,094	7,5	3,2	0,030	0,194	180 x 200	0,189	3,366	0,87	0,9	6,12	12,64
Tlaková ztráta požární klapky													20
Tlaková ztráta koncového elementu													26
Celková tlaková ztráta (Pa)													116,57
Odvodní potrubí													
OZN	V m ³ /h	V m ³ /s	L m	v' m/s	S m ²	d' m	A x B mm	d m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	Δp Pa
HLAVNÍ VĚTEV													
1a	155	0,043	7,9	3	0,014	0,135	160 x 125	0,140	2,797	0,93	0,6	2,82	10,16
2a	365	0,101	0,9	3,2	0,032	0,201	200 x 200	0,200	3,227	0,75	0,6	3,75	4,42
3a	445	0,124	0,8	3,4	0,036	0,215	200 x 225	0,212	3,501	0,68	0,6	4,41	4,96
4a	1800	0,500	2,9	4,4	0,114	0,380	355 x 400	0,376	4,502	0,6	1,8	21,89	23,63
VEDLEJŠÍ VĚTEV													
1b	80	0,022	1	2,6	0,009	0,104	125 x 100	0,111	2,296	0,95	0,3	0,95	1,90
2b	160	0,044	0,9	2,8	0,016	0,142	125 x 160	0,140	2,887	0,98	0,6	3,00	3,88
3b	210	0,058	0,6	3	0,019	0,157	160 x 160	0,160	2,901	0,83	0,6	3,03	3,53
1c	155	0,043	6,1	3	0,014	0,135	160 x 125	0,140	2,797	0,93	0,3	1,41	7,08
2c	235	0,065	1	3,2	0,020	0,161	160 x 160	0,160	3,246	1,02	0,6	3,79	4,81
Tlaková ztráta požární klapky													20
Tlaková ztráta koncového elementu													20
Celková tlaková ztráta (Pa)													104,38
												Celková tlaková ztráta PŘÍVOD	
												280,02	Pa
												Celková tlaková ztráta ODVOD	
												260,35	Pa

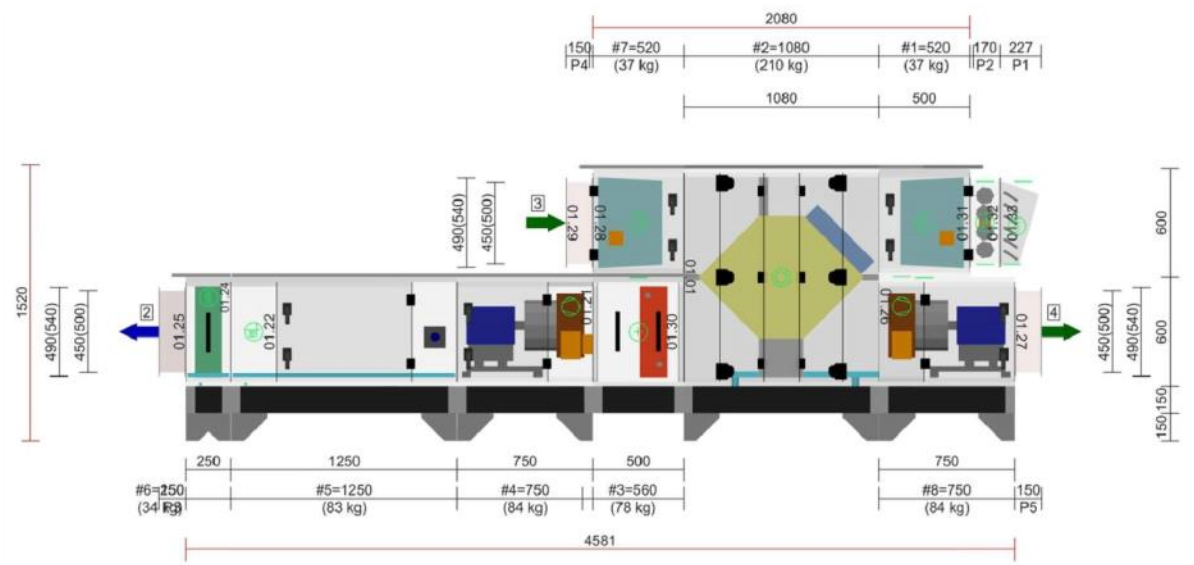
2.6.1 Izolace potrubí

Přívodní potrubí je třeba izolovat z důvodu zamezení tepelných ztrát při rozvodu vzduchu v případě obou zařízení. Navržena bude izolace lehkým lamelovým skružovaným pásem Isover Orstech LSP 40 tloušťky 30 mm, který je vyroben z lamel z kamenné vlny, které jsou jednostranně nalepeny k nosnému podkladu z hliníkové fólie vyztužené skelnou mřížkou. Izolace je vhodná na kruhové i čtyřhranné potrubí.

2.7 Návrh vzduchotechnické jednotky

2.7.1 Varianta 1

Vzduchotechnická jednotka byla navržena v programu AeroCAD od společnosti Remak. Navrženou jednotkou je AeroMaster XP 04. Skladba zařízení byla zvolena v přívodní větvi jako regulační klapka, filtr, deskový rekuperátor, ohřívač, ventilátor, zvlhčovač a eliminátor kapek. V odvodní větvi se pak nachází regulační klapka, filtr, deskový rekuperátor a ventilátor. Třída filtrace na přívodu i odvodu je M5. Bližší specifikace viz. příloha VZT jednotka – varianta 1.



Obrázek 2.10 - Schéma VZT jednotky pro variantu 1 vytvořené programem AeroCAD

Jednotka bude umístěna na střeše budovy a všechny její součásti budou chráněny proti povětrnostním vlivům. V jednotce je umístěn pouze ohřívač, a to z důvodu chlazení prostor jinými způsoby než VZT jednotkou. Ve variantě 1 bude tato vzduchotechnická jednotka doplněna systémem strojního chlazení pomocí fancoilů a zdroje chladu, který bude umístěn na střeše budovy.

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

[1] DP - Administrativa
01 / VZT Administrativa
Standardní prostředí



STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 04
Ridicí jednotka VCS (Climatix)	Ne

Hmotnost (+/-10%)	853 kg
Umístění VZT jednotky	Venkovní včetně střešky
Materiálové provedení	
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech

	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	1800 m³/h	1800 m³/h
Externí tlaková rezerva	280 Pa	260 Pa
Rychlost v průřezu	1.82 m/s	1.82 m/s
Výkon motoru nominální	0.75 kW	0.75 kW
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)
1. stupeň filtrace	M5	M5
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _{tot}	1296 W.m³.s	1301 W.m³.s

Model box AMXP3



	Parametry pláště dle EN1886	
	Mechanická stabilita	D2(M)
	Netěsnost skříně	L2(M)
	Termická izolace	T3(M)
	Faktor tepelných mostů	TB3(M)
	Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)
SFP _{tot}	2597 W.m³.s	

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 → 14.7 °C	81 %, 16,2 kW	
Ohřev	14.7 → 20.0 °C	3.2 kW	70/40 °C, Voda, 0.2 kPa, 0.09 m³/h, 1 "
Vlhčení	20.0 → 20.0 °C	10 → 40 %	10.0 kg/h, 7.5 kW**

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

** Napájení a jistič zvlhčovače není řešeno z Řj VCS

Hlukové parametry zařízení

	LwA _{okt} [dB]								ILwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	38	45	54	59	53	49	42	36	62
Přívod - výtlač	44	51	64	71	77	76	72	64	81
Přívod - okolí	37	35	45	45	48	47	43	31	53
Odvod - sání	38	45	55	61	58	54	49	43	64
Odvod - výtlač	44	51	64	72	78	77	73	65	82
Odvod - okolí	37	35	45	45	48	47	43	32	53

Axonometrický pohled na zařízení



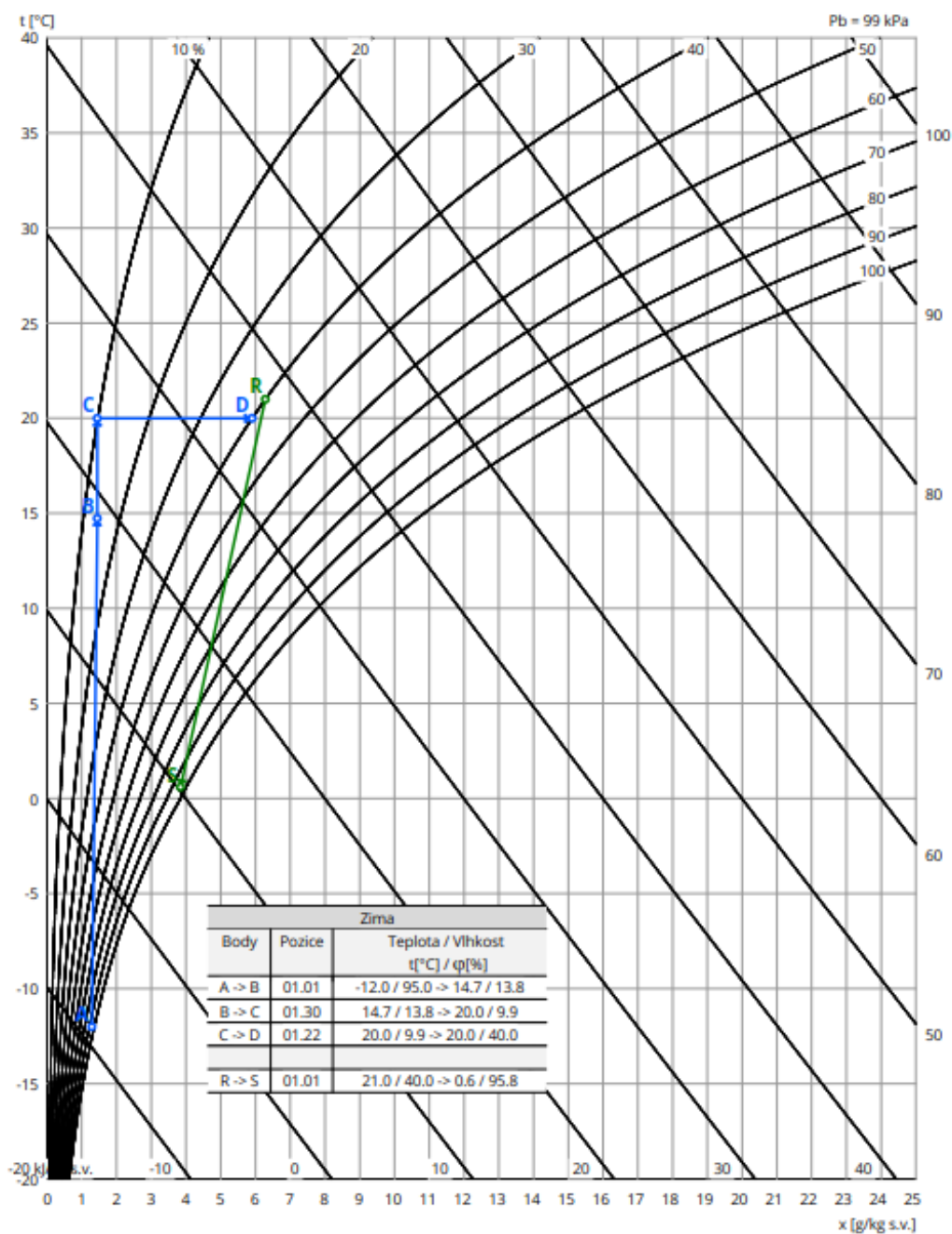
REMAK

Vytvořeno 04.01.2019, 11:16 v programu AeroCAD verze 6.7.10 (02.01.2019), vytisknuto 10.01.2019, 09:40

Strana: 2 / 11

Obrázek 2.11 - Stručná specifikace VZT jednotky – varianta 1

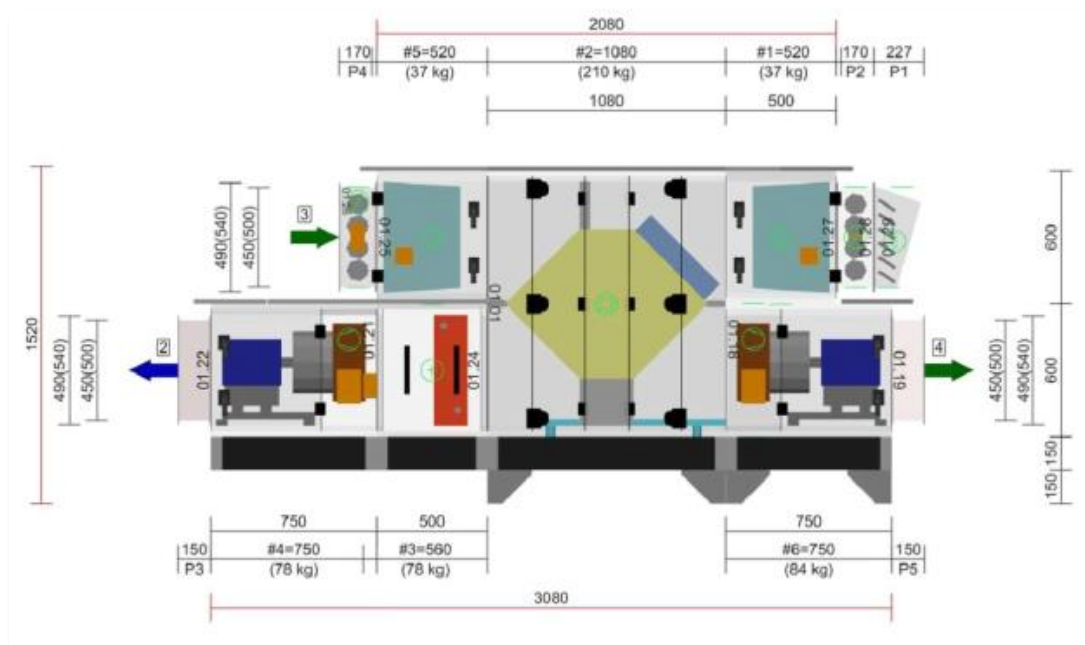
Psychrometrický diagram



Obrázek 2.12 - VZT jednotka varianta 1 - HX-diagram

2.7.2 Varianta 2

Vzduchotechnická jednotka byla navržena v programu AeroCAD od společnosti Remak. Navrženou jednotkou je AeroMaster XP 04. Skladba zařízení byla zvolena v přívodní větvi jako regulační klapka, filtr, deskový rekuperátor, ohřivač a ventilátor. V odvodní větvi se pak nachází regulační klapka, filtr, deskový rekuperátor a ventilátor. Třída filtrace na přívodu i odvodu je M5. Bližší specifikace viz. příloha VZT jednotka – varianta 2.



Obrázek 2.13 - Schéma VZT jednotky pro variantu 2 vytvořené programem AeroCAD

Jednotka bude umístěna na střeše budovy a všechny její součásti budou chráněny proti povětrnostním vlivům. V jednotce je umístěn pouze ohřivač, a to z důvodu chlazení prostor jinými způsoby než VZT jednotkou. Ve variantě 2 bude budova chlazena pasivními prvky chlazení, kde bude využívat převážně omezení zátěže sluneční radiací instalováním venkovních žaluzií a přímým adiabatickým chlazením, které bude realizováno prostřednictvím umístění zelené stěny v budově.

ID nabídky
Projekt [1] DP - Administrativa
Číslo / Název zařízení 01 / VZT Administrativa
Určení jednotky Standardní prostředí



STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 04	
Rídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne	
Hmotnost (+/-10%)	668 kg	
Umístění VZT jednotky	Venkovní včetně stříšky	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	

Model box AMXP3



	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	1800 m³/h	1800 m³/h
Externí tlaková rezerva	280 Pa	260 Pa
Rychlost v průřezu	1.82 m/s	1.82 m/s
Výkon motoru nominální	0.75 kW	0.75 kW
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)
1. stupeň filtrace	M5	M5
2. stupeň filtrace	-	-
SFP	1254 W.m⁻¹.s	1315 W.m⁻¹.s

Parametry pláště dle EN1886

	Mechanická stabilita	D2(M)
	Netěsnost skříně	L2(M)
	Termická izolace	T3(M)
	Faktor tepelných mostů	TB3(M)
SFP _{AKU}	2570 W.m⁻¹.s	Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

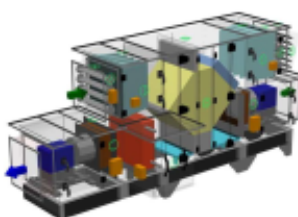
	Na straně vzduchu	Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12,0 → 15,3 °C	83 %, 16,5 kW
Ohřev	15,3 → 20,0 °C	2,8 kW

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

Hlukové parametry zařízení

	LwA _{okt} [dB]								ELwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	38	45	54	59	53	49	42	36	61
Přívod - výtlak	43	51	64	72	78	76	73	64	81
Přívod - okolí	36	35	45	45	48	46	43	31	53
Odvod - sání	38	45	54	60	56	52	47	41	63
Odvod - výtlak	44	52	64	72	78	77	73	65	82
Odvod - okolí	37	35	45	45	48	47	43	32	53

Axonometrický pohled na zařízení



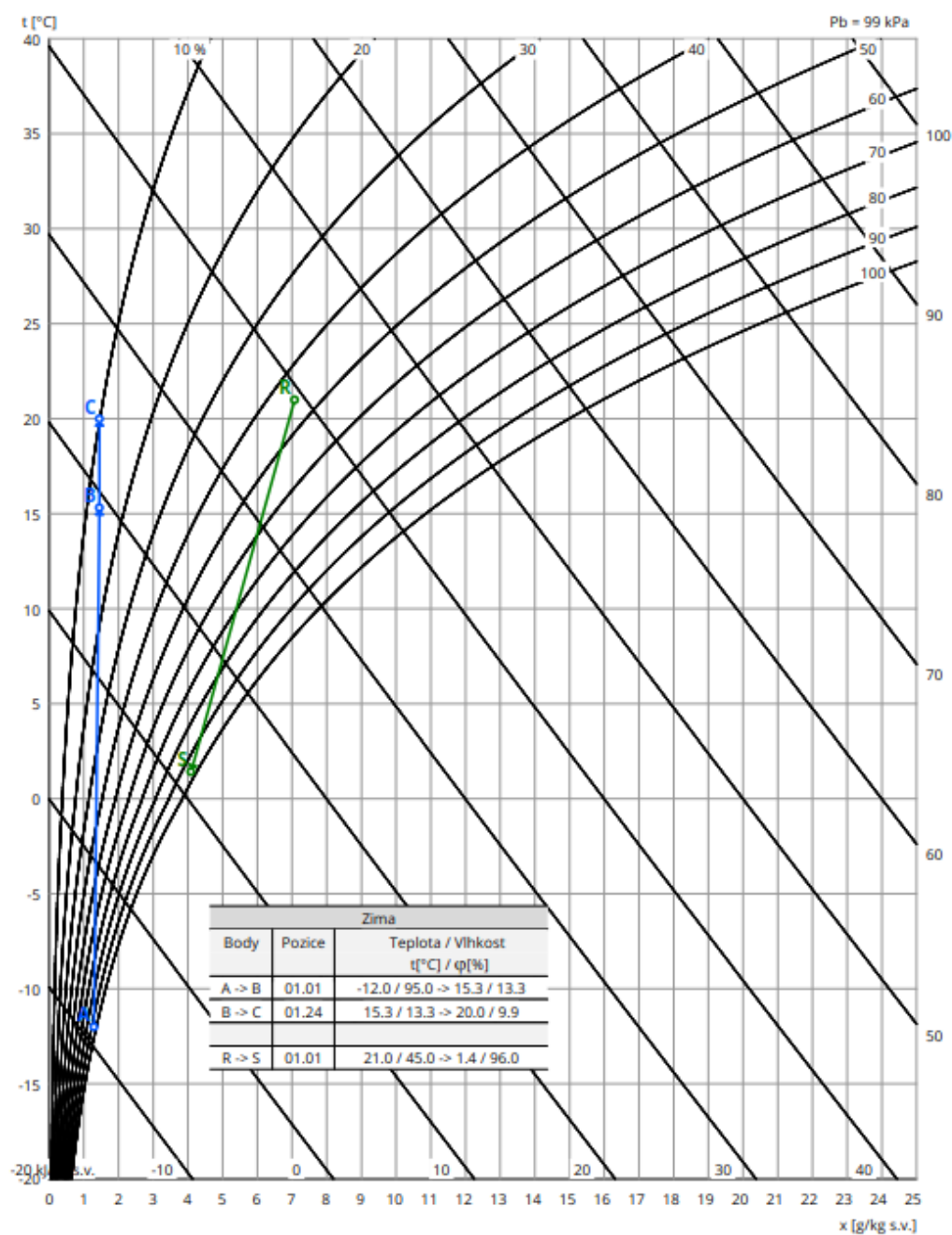
REMAK

Vytvořeno 04.01.2019, 11:16 v programu AeroCAD verze 6. 7. 10 (02.01.2019), vytisknuto 09.01.2019, 21:32

Strana : 2 / 11

Obrázek 2.14 - Stručná specifikace VZT jednotky – varianta 2

Psychrometrický diagram



Obrázek 2.15 - VZT jednotka varianta 2 - HX-diagram

2.8 Návrh strojního systému chlazení – Varianta 1

Pro dosažení tepelné pohody v letním období bude v prostoru kanceláří navržen ve variantě 1 strojní systém nepřímého chlazení pomocí vnitřních kazetových klimatizačních jednotek (fancoilů) a zdroje chladu, umístěného na střeše objektu. Strojní chlazení pokryje tepelné zátěže a zajistí ideální mikroklima v místnostech.

2.8.1 Potřeba chladicího výkonu

$$Q_{ch,potřebný} = Q_{ch,max} \cdot s$$

$Q_{ch,potřebný}$... potřebný chladicí výkon [W]

$Q_{ch,max}$... celková tepelná zátěž objektu [W]

s ... součinitel současnosti

$$s = s_1 \cdot s_2$$

s_1 ... vliv nesoučasnosti zisků

s_2 ... vliv nerovnoměrného obsazení místností v čase

Výpočet:

$$Q_{ch,max} = 37\,636\,W$$

$$s = s_1 \cdot s_2 = 0,9 \cdot 1 = 0,9$$

$s_1 = 0,9$... počítáme s max. tepelnou zátěží, která se od reality liší jen drobně

$s_2 = 1$... jedná se o kanceláře, kde se předpokládá stálé obsazení v pracovní době

$$Q_{ch,potřebný} = Q_{ch,max} \cdot s = 37\,636 \cdot 0,9 = 33\,873\,W = 33,873\,kW$$

2.8.2 Návrh zdroje chladu

Pro potřeby odvodu tepelné zátěže z budovy byla navržena venkovní vzduchem chlazená chladicí jednotka Daikin EWAQ-BAWN 040 se spirálovým kompresorem a invertorem, jejíž parametry jsou níže v tabulce.



Obrázek 2.16 - Vzduchem chlazená chladicí jednotka Daikin

Pouze chlazení				EWAQ-BAWN/BAWP	016	021	025	032	040	050
Chladicí výkon	Jmen.		kW	17,4 (1) / 16,6 (2)	21,7 (1) / 20,7 (2)	25,8 (1) / 24,7 (2)	32,3 (1) / 30,9 (2)	43,4 (1) / 41,5 (2)	51,8 (1) / 49,7 (2)	
Příkon	Chlazení	Jmen.	kW	5,60 (1) / 5,80 (2)	7,25 (1) / 7,59 (2)	9,29 (1) / 9,74 (2)	13,0 (1) / 13,5 (2)	14,7 (1) / 15,4 (2)	18,8 (1) / 19,7 (2)	
Regulace výkonu	Metoda			Invertorové řízení						
	Minimální výkon		%	25						
EER				3,11 (1) / 2,86 (2)	2,99 (1) / 2,73 (2)	2,78 (1) / 2,54 (2)	2,48 (1) / 2,29 (2)	2,95 (1) / 2,69 (2)	2,76 (1) / 2,52 (2)	
ESEER				4,33 (1) / 4,21 (2)	4,08 (1) / 4,18 (2)	3,85 (1) / 4,04 (2)	3,39 (1) / 3,62 (2)	4,19 (1) / 4,24 (2)	3,96 (1) / 4,12 (2)	
Rozměry	Jednotka	Výška	mm	1 684						
		Šířka	mm	1 371		1 684		2 358		
		Hloubka	mm	774				780		
Hmotnost	Jednotka		kg	264	317	397	571			
	Provozní hmotnost		kg	267	320	401	577			
Vodní výměník tepla	Typ			Pájený deskový						
	Objem vody		l	1,9		2,9		3,8		
	Průtok vody	Chlazení	Jmen.	l/min	50	62	74	93	124	148
	Tlaková ztráta vody	Chlazení	Celkem	kPa	20	30	42	30	42	
Vzduchový výměník tepla	Typ			Hi-X55						
Kompresor	Typ			Hermetický spirálový kompresor						
	Množství			1	2	3	4			
Ventilátor	Typ			Axiální						
	Množství			1		2				
	Průtok vzduchu	Chlazení	Jmen.	m³/min	171	185	233	370		
Hladina akustického výkonu	Chlazení	Jmen.	dB(A)	78		80		81		
Provozní rozsah	Teploty vody	Chlazení	Min.-Max.	°CDB -10~20						
	Teploty vzduchu	Chlazení	Min.-Max.	°CDB -5~43						
Chladivo	Typ / GWP			R-410A / 2 087,5						
	Regulace			Elektronický expanzní ventil						
	Okruhy	Množství		1						
Náplň chladiva	Na okruh		kg/TCO _{Eq}	7,6 / 15,9		9,6 / 20,0		15,2 / 31,7		
Vodní okruh	Průměr připojovacích potrubí		palce	1-1/4" (zásuvka)				2" (zásuvka)		
	Potrubí		palce	1-1/4"				1-1/2"		
Proud	Maximální rozběhový proud		A	0	77,7	78,7	88,7	99,8	101,9	
	Maximální proud při provozu		A	22,2	25,3	26,4	35,2	47,4	49,6	
Elektrické napájení	Počet fází / Frekvence / Napětí		Hz/V	3N~ / 50 / 400						

Obrázek 2.17 - Technické parametry chladicí jednotky Daikin

2.8.3 Návrh fancoilů do budovy

Vzhledem k předpokládanému využití velkoplošných kanceláří byly do chlazených prostor navrženy kazetové podstropní jednotky fancoil, které jsou jednoduše regulovatelné a umožňují bezproblémové odvedení tepelné zátěže. O přívod větracího vzduchu se bude starat vzduchotechnická jednotka, která bude do interiéru přivádět větrací vzduch. Jelikož vzduchotechnická jednotka, která obsluhuje kanceláře neobsahuje chladič, je přívodní teplota vzduchu do místnosti stejná jako venkovní výpočtová teplota, tzn. 30°C.

$$Q_{FCU} = Q - Q_{pr}$$

Q_{FCU} ... chladicí výkon sekundárního vzduchu – fancoily [W]

Q ... celkový chladicí výkon [W]

Q_{pr} ... chladicí výkon primárního vzduchu – vzduchotechnika [W]

$$Q_{pr} = V_{pr} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_{pr})$$

V_{pr} ... průtok primárního vzduchu [m³/s]

ρ ... hustota vzduchu [kg/m³]; ($\rho = 1,2$ kg/m³)

c ... měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ/(kg.K)]; ($c = 1010$ J/kg⁻¹.K⁻¹)

t_i ... teplota interiéru [°C]

t_{pr} ... teplota přívodního vzduchu [°C]

$$V_{FCU} = \frac{Q_{FCU}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_p}$$

V_{FCU} ... návrhový průtok vzduchu fancoily [m^3/s]

Δt_p ... pracovní rozdíl teplot [K] (volím 8 K)

Výpočet:

$Q_{pr} = 0 \text{ kW}$... chladičí výkon primárního vzduchu ze vzduchotechnické jednotky je roven nule

$$Q_{FCU} = Q - Q_{pr} = 33,873 - 0 = 33,873 \text{ kW}$$

$$V_{FCU} = \frac{Q_{FCU}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_p} = \frac{33873}{1,2 \cdot 1010 \cdot 8} = \mathbf{3,494 \text{ m}^3/\text{s} = 12\,578,4 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Návrh:

Na základě požadovaného průtoku a tepelné zátěže, bylo dle katalogového listu výrobce Daikin navrženo celkem 12 kusů kazetové jednotky Daikin FWF-BT 04 do druhého a třetího nadzemního podlaží. Pro pokrytí zátěže ve čtvrtém nadzemním podlaží bylo navrženo 6 kusů kazetové jednotky Daikin FWF-BT 05. Tyto jednotky jsou takzvané „dvoutrubkové“, což znamená, že pro naše účely budou pouze chladit. Jsou také vybaveny čerpadlem pro odvod kondenzátu s výtlakem 750 mm.



Obrázek 2.18 - Vnitřní kazetová klimatizační jednotka - fancoil

Tabulka 2.11 Přehled vnitřních klimatizačních jednotek

Místnost	Q_{ch} [W]	Q_j [kW]	V_j [m^3/h]	Δt [°C]	Q_j [W]	Počet [ks]	Q [W]	Q_{FCU} [W]
202 - Kanceláře a kanceláře vedoucích	33 873	3,3	660	8	1 807	6	10 843	36 079
302 - Kanceláře		3,3	660	8	1 807	5	9 036	
306 - Kuchyňka		3,3	660	8	1 807	1	1 807	
402 - Kanceláře		4	876	8	2 399	6	14 392	

FWF-BT/BF				02	03	04	05	02	
				2 trubky					
Chladicí výkon	Celkový výkon	Velmi vysoká	kW	2,0	3,2	4,2	5,2	2,0	
		Vysoká	kW	1,7	2,8	3,3	4,0	1,7	
		Nízká	kW	1,5	2,5		2,9	1,4	
	Citelný výkon	Velmi vysoká	kW	1,5	2,0	2,8	3,5	1,5	
		Vysoká	kW	1,3	1,7	2,1	2,7	1,3	
		Nízká	kW	1,1	1,4		1,8	1,1	
Topný výkon	2 trubky	Velmi vysoká	kW	2,9	4,0	5,4	6,7		
		Vysoká	kW	2,6	3,4	4,1	5,3		
		Nízká	kW	2,3	2,8		3,6		
	4 trubky	Velmi vysoká	kW		-			3,9	
		Vysoká	kW		-			3,1	
		Nízká	kW		-			2,3	
Příkon	Velmi vysoká		W	74		90	118	74	
	Vysoká		W	67		70	89	67	
	Nízká		W	60		55	62	60	
Rozměry	Proud	Výška	mm				285		
		Šířka	mm				575		
		Hloubka	mm				575		
Hmotnost	Proud		kg			19			
Ventilátor	Typ						Turboventilátor		
	Množství						1		
	Průtok vzduchu	Vysoká	m³/h	468		660	876	468	
		Nízká	m³/h		318		420	318	
Hladina akustického výkonu	Velmi vysoká		dBA	44		50	55	44	
	Vysoká		dBA	40		44	49	40	
Hladina akustického tlaku	Velmi vysoká		dBA	31		40	45	31	
	Vysoká		dBA	27		33	39	27	
Připojovací rozměry	Odvod kondenzátu Vnější průměr		mm				VP20 (vnější prům 26 / vnitřní prům 20)		
Elektrické napájení	Počet fází / Frekvence / Napětí		Hz/V				1~/50/220-440		
Systémy regulace	Infračervené dálkové ovládání						BRC7E530 / BRC7E531		
	Kabelové dálkové ovládání						BRC315D7		

Obrázek 2.19 - Technické parametry vnitřní kazetové klimatizační jednotky Daikin

2.8.4 Stanovení teploty přiváděného vzduchu fancoily

$$V_{FCU,skut} = n \cdot V_{FCU,skut1}$$

$V_{FCU,skut}$... navržený průtok vzduchu všemi fancoily [m³/h]

n ... počet fancoilů

$V_{FCU,skut1}$... navržený průtok vzduchu jedním fancoilem [m³/h]

$$\Delta t_{P,skut} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot V_{FCU,skut}}$$

Q ... potřebný chladicí výkon [W]

ρ ... hustota vzduchu [kg/m³]; ($\rho = 1,2$ kg/m³)

c ... měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ/(kg.K)]; ($c = 1010$ J/kg·K)

$\Delta t_{P,skut}$... skutečný pracovní rozdíl teplot [°C]

$$t_p = t_i - \Delta t_{P,skut}$$

t_i ... teplota interiéru [°C]

t_p ... skutečná teplota přiváděného vzduchu [°C]

Výpočet:

$$V_{FCU,skut} = 12 \cdot 660 + 6 \cdot 876 = 13\,176 \text{ m}^3/h = 3,66 \text{ m}^3/s$$

$$\Delta t_{P,skut} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot V_{FCU,skut}} = \frac{33873}{1,2 \cdot 1010 \cdot 3,66} = 7,6 \text{ K} \approx 7,6^\circ\text{C}$$

$$t_p = t_i - \Delta t_{P,skut} = 24 - 7,6 = 16,4^\circ\text{C}$$

TECHNICKÁ ZPRÁVA

2.9 Úvod

Předmětem této projektové dokumentace je návrh vzduchotechnického zařízení pro administrativní budovu. V objektu je navrženo i strojní chlazení. Návrhem zařízení je zajištěn požadavek na kvalitu vnitřního prostředí v řešených prostorech. Je nutné, aby při montáži bylo postupováno nejen podle výkresů, ale i dle technické zprávy.

2.9.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování byly výkresy půdorysů, řezů a pohledů objektu. Součástí podkladů jsou i příslušné zákony a prováděcí vyhlášky, České technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických zařízení.

- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 6/2003 Sb. kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve změně 93/2012 Sb.
- ČSN EN 12 831- Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu (2005)
- ČSN 73 0540-2 - Tepelná ochrana budov - požadavky (2011 + Z1 2012)
- ČSN 73 0540-3 - Tepelná ochrana budov - návrhové hodnoty veličin (2005)
- ČSN 73 0540-4 - Tepelná ochrana budov - výpočtové metody (2005)
- ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (1988)
- ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb
- ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1968)
- Podklady výrobců
 - Mandík
 - Atrea
 - Remak
 - Isover
 - Imos
 - Daikin
 - Greif-akustika, s.r.o.
 - Elektrodesign, Ventilátory s.r.o.
 - Systemair

2.9.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Objekt se nachází v jihomoravském městě Kyjov v nadmořské výšce 162 m n. m. Výpočtová teplota vzduchu pro léto je + 30 °C s entalpií 59,1 kJ/kg s. v. a pro zimu -12 °C.

2.9.3 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Vzduchotechnická jednotka zajišťuje větrání prostoru administrativní budovy. Zařízení přivádí vzduch do pobytové zóny a odvádí částečně z téhož prostoru, ale převážně z hygienického zázemí. Pro odstranění tepelné zátěže je navržen systém strojního chlazení pomocí fancoilů.

Kanceláře, hygienické zázemí			
	Teplota	Relativní vlhkost	Rychlost proudění
	(°C)	(%)	(m/s)
LÉTO	24 ± 2	60	0,16 - 0,25
ZIMA	21 ± 2	45	0,13 - 0,2

2.10 Základní koncepční řešení

Vzduchotechnická jednotka je navržena jedna, která obsluhuje prostor všech tří nadzemních podlaží, ve kterých jsou umístěny kancelářské prostory. Vzduchotechnická jednotka je umístěna na střeše objektu. Zařízení přivádí vzduch do pobytové zóny a odvádí částečně z téhož prostoru, ale převážně z hygienického zázemí. Pro odvedení tepelné zátěže v kancelářích byl navržen systém strojního chlazení pomocí fancoilů. Zdroj chladu je umístěn na střeše budovy vedle vzduchotechnické jednotky. Vlhčení vzduchu není uvažováno u žádné z jednotek. Vzduchotechnické jednotky jsou navrženy pro zimní i letní provoz. Regulace vzduchotechniky bude zajištěna systémy MaR.

2.10.1 Hygienické požadavky

Větrání prostor bude navrženo dle normou daných minimálních dávek vzduchu následovně:

- Dávka vzduchu na osobu pracující v sedě – 40 m³/h
- Dávka vzduchu na zařízení předměty:
 - WC – 50 m³/h
 - Umývadlo – 30 m³/h
 - Sprcha – 100 m³/h
 - Pisoár - 25 m³/h

Vzduchotechnická jednotka funguje v rovnotlakém systému. Zařízení je opatřeno filtrační M5 na přívodu i odvodu.

2.10.2 Energetické zdroje

Elektrická energie

Elektrická energie je uvažována pro pohon ventilátorů vzduchotechnických jednotek, ohříváče vzduchotechnické jednotky, venkovního zdroje chladu a systému měření a regulace.

2.11 Popis technického řešení

2.11.1 Koncepce větracích a klimatizačních zařízení

Všechny navržené systémy VZT budou nízkotlaké. Centrální VZT jednotka bude navržena ve venkovním provedení a bude vybavena vstupními a výstupními filtry, ventilátory, ohřívacem a deskovým výměníkem pro ZZT. Jednotka bude umístěna na střeše objektu. Doprava vzduchu bude realizována čtyřhranným nebo kruhovým z pozinkovaného plechu. Připojení distribučních elementů bude provedeno potrubím Sonoflex. Přívodní potrubí bude tepelně izolováno v celém objektu, odvodní potrubí izolováno nebude. Distribuční prvky pro přívod a odvod v kancelářích budou lamelové anemostaty, v hygienickém zázemí to budou talířové ventily.

2.11.2 Vzduchotechnické zařízení pro větrání budovy

Zařízení slouží k nucenému větrání kanceláří a hygienického zázemí. Jedná se o sestavu vertikální jednotku, která přivádí vzduch do kanceláří a odvádí znehodnocený vzduch částečně z kanceláří a z hygienického zázemí. V případě potřeby bude jednotka dohřívat vzduch elektrickým ohřívacem. Rozvody vzduchu z VZT jednotky budou řešeny čtyřhranným potrubím. Potrubí bude vedeno pod stropem, uchyceno závitovými tyčemi navlečených na závěsy.

Jednotka bude na přívodu složena z filtru třídy M5, deskového rekuperátoru, elektrického ohříváče, ventilátoru, zvlhčovače a eliminátoru kapek. Na odvodu obsahuje filtr třídy M5, deskový rekuperátor a ventilátor. Dále bude jednotka vybavena uzavíracími klapkami a pružnými tlumicími vložkami. Jednotka bude postavena na ocelovém základovém rámu s nastavitelnými nohama výšky 300 mm. Vzduchotechnická jednotka bude umístěna na střeše budovy s obslužným prostorem na servisní straně.

Objemový průtok přiváděného vzduchu bude 1800 m³/h a odváděného vzduchu bude 1800 m³/h. Distribuce vzduchu do kanceláří bude řešena čtyřhranným potrubím a připojení distribučních elementů bude provedeno potrubím Sonoflex. Distribuční elementy pro přívodní vzduch budou lamelové anemostaty. Distribuční elementy pro odváděný vzduch budou také lamelové anemostaty a talířové ventily.

2.11.3 Klimatizace

Na pokrytí tepelné zátěže v kancelářích bude sloužit strojní chlazení s vnitřními klimatizačními jednotkami fancoil a zdrojem chladu, umístěným na střeše budovy. Vnitřní jednotky budou stropní kazetové jednotky. Odvod kondenzátu a vedení chladicí vody bude podél stěn nebo v podhledu místností.

2.12 Nároky na energie

K zajištění chodu větracích a klimatizačních zařízení je třeba zabezpečit následující zdroje energií, viz. Tabulka zařízení.

2.13 Měření a regulace

Navržené systémy vzduchotechniky budou řízeny a regulovány samostatným systémem měření a regulace (MaR). Systém MaR zajišťuje:

- Ovládání chodu ventilátoru a silové napájení ovládacích prvků
- Umístění teplotních a vlhkostních čidel dle požadavku
- Řízení protimrazové ochrany deskového výměníku nastavováním obtokové klapky
- Protimrazová ochrana teplovodního výměníku (měření na straně vody i vzduchu)
- Ovládání uzavíracích klapek v jednotce
- Signalizace chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku
- Plynulá regulace výkonů ventilátoru frekvenčními měniči na přívodu i odvodu vzhledem k zanesení filtrů a možnosti nastavení vzduchového výkonu zařízení podle potřeby provozu a časového rozvrhu
- Snímání a signalizace zanesení filtrů
- Poruchová signalizace
- Kvantitativní regulace (škrcení) teploty vzduchu řízením výkonu chladiče v letním období
- Kvalitativní regulace (směšování) teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohřívače v zimním období
- Signalizace požárních klapek
- Vypnutí zařízení, když je budova mimo provoz

2.14 Nároky na související profese

2.14.1 Stavební úpravy

- Nutné v projektu uvažovat se zvýšeným zatížením od VZT jednotky
- Zřízení revizních otvorů pro přístup k regulačním a požárním klapkám
- Otvory pro vstupy vzduchovodů včetně zapravení, obložení a dotěsnění
- Zřízení prostupů pro VZT potrubí o alespoň 50 mm větším rozměru, než je jmenovitý rozměr potrubí z důvodu utěsnění a izolace prostupů
- Osazení ocelové konstrukce pro venkovní vzduchotechnickou jednotku

2.14.2 Silnoproud

- Připojení a spínání VZT, zdroje chladu a MaR
- Uzemnit zařízení a zajistit ochranu před zásahem elektrickým proudem

2.14.3 Vytápění

- Připojení ohřívačů VZT jednotek na rozvody elektrické energie (včetně příslušných regulačních armatur)

2.14.4 Chlazení

- Připojení chladičů na výrobek studené vody (včetně regulačních armatur)

2.14.5 Zdravotní technika

- Odvod kondenzátu z deskových výměníků VZT jednotek a vnitřních jednotek klimatizace přes zápachovou uzávěrku do kanalizace

2.15 Protihluková a protiotřesová opatření

Proti šíření hluku od ventilátorů vzduchotechnickým potrubím směrem do obsluhovaných místností jsou osazeny tlumiče hluku. Tyto tlumiče budou osazeny v přívodních i odvodních trasách vzduchotechnického potrubí tam, kde by bez tlumiče nevyhověla hladina akustického hluku dle nařízení vlády č. 148/2006. Veškeré točivé stroje (jednotky, ventilátory) pružně uloženy pro zmenšení účinku vibrací přenášejících se do stavebních konstrukcí. Potrubí je k jednotkám připojeno pomocí tlumících vložek. Veškeré prostupy VZT potrubí budou utěsněny a odizolovány od okolních konstrukcí, aby nedošlo k přenosu hluku do stavebních konstrukcí.

2.16 Izolace a nátěry

Tepelná izolace potrubí je navržena tak, aby nedocházelo k tepelným ztrátám a k povrchové kondenzaci všech potrubí. Jsou navrženy izolace tepelné a protipožární. Tepelnou izolací bude opatřeno přívodní potrubí u obou zařízení, odvodní potrubí nebude izolováno. Potrubí bude uchyceno na ocelových závěsech ukotvených do nosné konstrukce stropu s maximální vzdáleností mezi jednotlivými závěsy 2 m. Vnitřní potrubí není potřeba opatřit nátěrem.

2.17 Protipožární opatření

Do vzduchovodů procházejících stavební konstrukcí ohraničující určitý požární úsek budou vřazeny protipožární klapky. Ty brání šíření požáru vzduchotechnickým potrubím z jednoho požárního úseku do jiného. Jde o prostupy mezi místem, kde je situována vzduchotechnická jednotka a okolními místnostmi. K požárními klapkám bude zajištěn servisní přístup z důvodů údržby.

2.18 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

Montáž vzduchotechnických zařízení bude provedena odbornou firmou podle návodu výrobce. Zařízení budou po montáži odzkoušena a zregulována. Vzduchotechnické jednotky musí být pravidelně kontrolovány, čištěny a udržovány v zásadách od dodavatele. Provozní řád údržby bude umístěn ve strojovně VZT. Montáž jednotek klimatizace, zdroje chladu a rozvodů chladicí vody bude provedena odbornou firmou podle návodu výrobce.

2.19 Závěr

Navržená vzduchotechnická jednotka a klimatizační zařízení splňují nároky na provoz budovy daného typu a charakteru. V daných místnostech objektu zabezpečí optimální mikroklimatické podmínky pro pohyb osob a účel objektu. Před zprovozněním jednotek bude celé zařízení odzkoušeno, seřízeno a připraveno na provoz, obsluha bude řádně proškolená.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karolína Kojecká

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Popis experimentu

Úkolem experimentální části této práce bylo sestavit a otestovat fungování a přínosy vertikální zelené stěny v místnosti, ve které je stěna instalována. Jelikož kvalita vzduchu v místnostech je utvářena chemickými a biologickými procesy, vliv rostlin ve formě zelených stěn na kvalitu vzduchu v budovách a celkově na vnitřním mikroklimatu budov je mnoha studiemi prokázán. V této části práce se budu zabývat demonstrováním těchto vlivů pomocí měření na zelené stěně sestavené svépomocí.

Jedním z témat při posuzování byly účinky vertikální zelené stěny na teplotně-vlhkostní mikroklima místnosti. Hlavní myšlenkou této části experimentu bylo zkoumání adiabatického jevu, tedy možnosti vlhčení a chlazení vzduchu za pomoci vody, kterou jsou kytky zalévány a která se poté dále odpařuje do prostoru v místnosti. K možnému porovnání výsledků bylo měření souběžně prováděno jak v místnosti s instalovanou zelenou stěnou, tak ve dvou sousedních místnostech s podobným typem provozu. Experimentální měření, které probíhalo v již zmíněných třech sousedících místnostech, bylo prováděno nepřetržitě v období od dubna 2018 do prosince 2018.

Další motivací pro realizaci zelené stěny bylo zjistit, zda nám její realizace v interiéru dokáže nahradit nedostatek zeleně ve venkovním prostředí a v souvislosti s rozrůstající se dopravní infrastrukturou a městskou zástavbou zvyšující se množství znehodnoceného vzduchu na úkor pro člověka tolik potřebného kyslíku. Ke zjištění a posouzení potřebných dat byla pomocí čidel O_2 a CO_2 změřena koncentrace daných plynů v uzavřené nádobě, ve které byla instalována jedna kytka.

Bylo provedeno i sledování mikrobiálního mikroklimatu místnosti, které je diskutováním tématem v souvislosti s pokojovými rostlinami, protože půda je živným a domácím prostředím pro mikroorganismy. V části práce budou prezentovány výsledky provedeného měření v místnosti se zelenou stěnou i okolních místnostech. Přítomnost mikrobů ve vzduchu, ve formě plísní či bakterií, bude srovnána s hodnotami, které požadují české předpisy.

3.2 Realizace zelené stěny

Pro potřeby úspěšné realizace interiérové zelené stěny bylo ze všeho nejdříve nutno vybrat místo, kde bude možnost stěnu realizovat a kde pro ni budou co nejlepší podmínky. Rozhodnutí nakonec padlo na místnost E414 na Ústavu TZB, VUT, Fakulta stavební. Místnost byla využívána pouze jednou osobou, byla dostatečně prosvětlena, ale na druhou stranu nebyla vystavena přímému slunečnímu záření. Z části místnosti musel být nejdříve vystěhován nábytek a poté se mohlo začít s realizací zelené stěny.

Prvním krokem k zahájení realizace zelené stěny bylo rozhodnutí, který pěstební systém bude nejvhodnější pro naše podmínky. Nakonec padla volba na jednodušší paletový systém s okapovými žlaby, který je ale dobře použitelný pro realizaci svépomocí. Palety bylo nutno nejdříve obrousit, natřít lazuroou na dřevo k upravení povrchu dřevěné palety a sešroubování palet k sobě do požadovaného tvaru. Na palety jsem se rozhodla přivrtat žlabové háky, do kterých se zasadily okapové žlaby s kotlíky. Pomocí přiměřeného sklonu okapových žlabů se zajistil odtok vody při zalévání, kterou nepojmou kytky. Do dolní části stěny pod poslední kotlík byla umístěna konev, která slouží jako sběrná nádoba pro odtékající vodu.

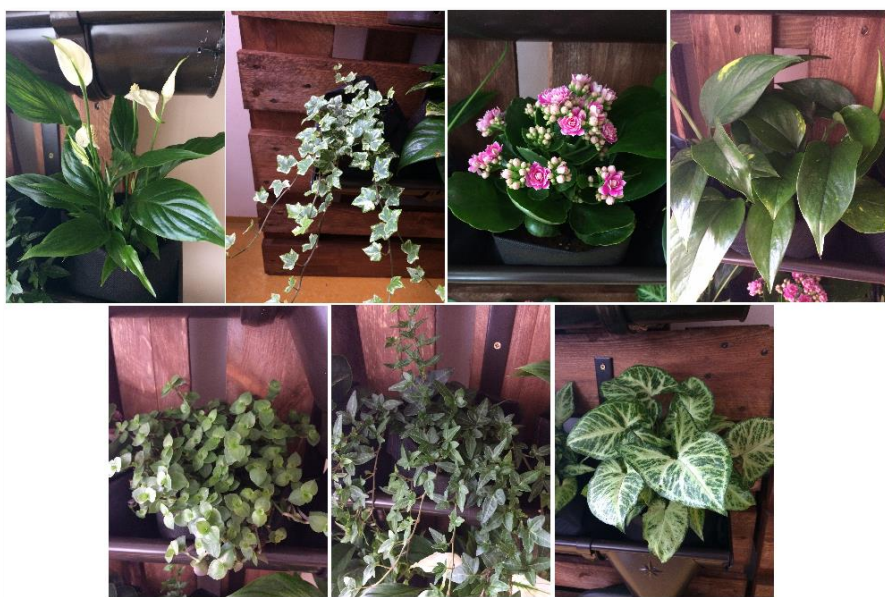


Obrázek 3.1 - Průběh práce při úpravách palet



Obrázek 3.2 - Sestavená konstrukce zelené stěny

Druhým krokem, který bylo potřeba udělat k úspěšného vyhotovení zelené stěny, byl výběr a nákup správných kytek pro pěstování v interiérové zelené stěně. Veškeré požadované kytky se nám podařilo s paní Ing. Olgou Rubinovou Ph.D. zakoupit během jednoho dopoledne v Zahradnickém centru Brabec v Brně – Modřicích. Mimo kytky jsme zde zakoupily i veškeré příslušenství nutné pro sadbu. Mezi zakoupenými kytkami byly: Kolopejka (*Kalanchoe*), Kalísie plazivá (*Callisia repens*), Břečťan popínavý (*Hedera Helix*), Šplavnice (*Scindapsus*), Žumen routolistý (*Cissus Rhombifolia*), Lopatkovec (*Spathiphyllum*) a Syngonium.



Obrázek 3.3 - Rostliny použité v zelené stěně

Třetím a posledním úkolem při tvorbě zelené stěny bylo vymyslet a vytvořit koncept, jakým se budou rostliny do okapních žlabů sázet. Vzhledem k mnoha nabízejícím se možnostem jsem se po prostudování informací od firem zabývajících se profesionální výrobou a montáží zelených stěn rozhodla pro zasazení rostlin jednotlivě do samostatných „květináčů“, které jsem ušila z netkané textilie. Každá z rostlin tak bude mít svůj vlastní prostor ve stěně, nebudou mezi sebou prorůstat kořeny jednotlivých rostlin a v případě nedostatečné závlahy při průtoku vody okapem, můžeme rostliny jednotlivě zalévat nebo hnojit. V případě potřeby můžeme také rostliny přeskládat do jiných pater zelené stěny dle potřeby.



Obrázek 3.4 - Zelená stěna se osazenými rostlinami

3.3 Zálivka rostlin v zelené stěně

Rostliny jsou umístěny v okapových žlabech, které jsou na konstrukci přišroubovány ve vhodném sklonu, a kterými protéká voda při zalévání. Dostatečný a rovnoměrný průtok vody je zajištěn vložením perforované hadice do jednotlivých žlabů, díky čemuž nedojde k utěsnění celého žlabu rostlinou a voda má tak prostor kudy protékat a každá z rostlin pojme jen tolik vody, kolik právě potřebuje. Do dolní části stěny na výtoku ze žlabů byla umístěna konev, která slouží jako sběrná nádoba pro odtékající vodu.

Primárně v letním období je potřebná častější zálivka rostlin, čehož bylo docíleno instalací jednoduchého průtočného systému realizovaného pomocí malého čerpadla kondenzátu ASPEN mini aqua, umístěného ve sběrné nádobě pod nejnižším patrem, které při svém sepnutí čerpá vodu do nejvyššího bodu odtokových žlabů, odkud potom voda samospádem protéká stěnou a voda, kterou nepojmou kytky je zachytávána zpět do sběrné nádoby. Časové spínání čerpadla bylo přizpůsobováno potřebě rostlin v daných ročních obdobích, okolní teplotě a vlhkosti.



Obrázek 3.5 - Zavlažování zelené stěny

Po osázení konstrukce rostlinami byla zaznamenávána zálivka rostlin vodou v průběhu času. Průměrně činila tato zálivka v letním období $1,3 \text{ l/m}^2 \cdot \text{den}$. Pro přehlednost a názornou ukázkou byla data o zálivce přepočítána z litrů na l/m^2 , na čemž můžeme lépe vidět, kolik vody v gramech je potřeba na zalévání 1 m^2 zelené stěny pro zajištění růstu a prosperování rostlin. Jelikož listy rostlin obsahují 85-95 % vody, která se v průběhu času odpařuje, a další část vody

se odpaří přímo ze substrátu, budu dále uvažovat, že množství zálivky se rovná množství vodních zisků v místnosti.

3.4 Tepelně vlhkostní mikroklima

Pro potřeby měření tepelně vlhkostního mikroklimatu, které bylo v souvislosti se zelenou stěnou prováděno, byly do místnosti E414 umístěny dva dataloggery pro měření teploty a relativní vlhkosti. Jeden se nacházel na skříni hned za dveřmi a druhý na konstrukci zelené stěny. Stejně dataloggery, ale už jen po jednom kusu, byly umístěny na skříni v podobných místnostech, co se týče využití i rozměrů, a to v místnostech E412 a E415.

Měření ve všech místnostech započalo současně, a to 10.4.2018 v 0:00 hod a probíhalo nepřetržitě v období od dubna 2018 do prosince 2018. Daná délka měření byla nutná pro možnost zaznamenání mikroklimatu v místnosti v průběhu různých ročních období a tím pádem různých venkovních podmínek (teploty a vlhkosti) a k posouzení změny působení interiérové zelené stěny v průběhu času.

3.4.1 Datalogger

Datalogger S3120 je přístroj určený pro měření a záznam teploty a relativní vlhkosti. Naměřené hodnoty jsou zobrazovány na dvouřádkovém LCD displeji a jsou ukládány v nastavitelném časovém intervalu do vnitřní, energeticky nezávislé paměti. Režim záznamu může být volitelně nastaven jako necyklický, kdy se záznam po zaplnění paměti zastaví a záznamník se vypne, anebo cyklický, kdy se po zaplnění paměti nejstarší hodnoty přepisují hodnotami novými. Pro případ experimentu byl zvolen necyklický režim záznamu. Z paměti záznamníku byly naměřené hodnoty přenášeny pomocí komunikačního adaptéru do osobního počítače k vyhodnocení.



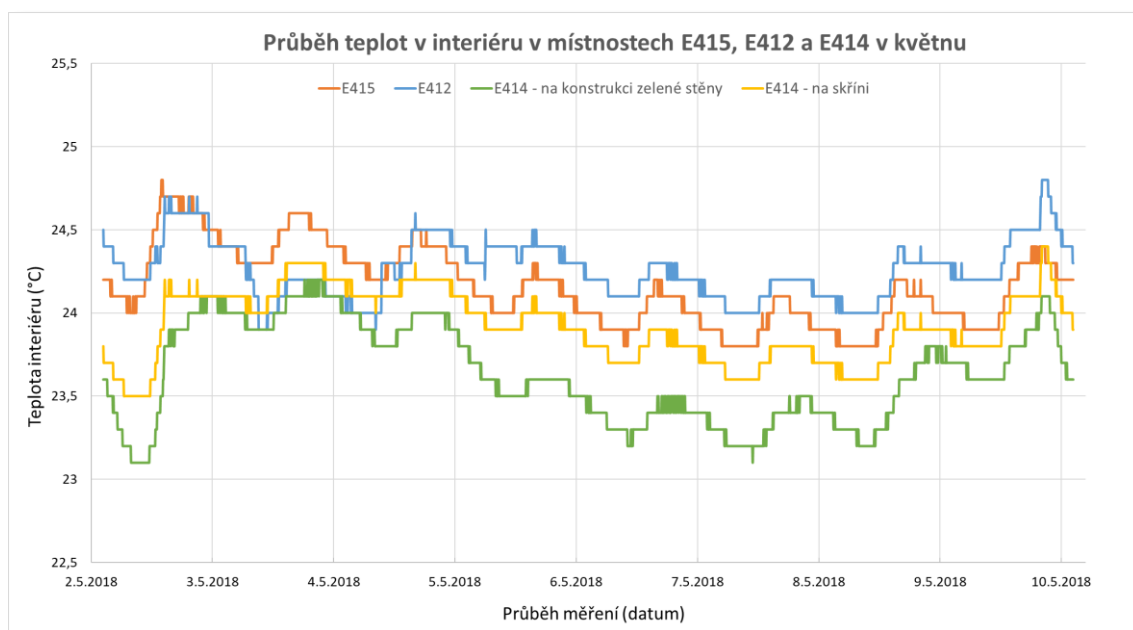
Obrázek 3.6 – Datalogger S3120 využívaný k měření teploty a relativní vlhkosti

Tabulka 3.1 - Technická specifikace dataloggeru S3120

Technický parametr	Hodnota
Měřená veličina	teplota + relativní vlhkost
Rozsah provozních teplot	-30 až +70 °C
Přesnost měření teploty vnitřním čidlem	±0,6 °C od -30 do +30 °C; ±0,8 °C od +30 do +70 °C
Přesnost měření vlhkosti vzduchu	±3 % RH od 5 % do 95 % při 23 °C
Přesnost měření rosného bodu	2 °C při okolní teplotě T < 25 °C a RH > 30 %
Rozlišení údaje o teplotě a vlhkosti	0,1 °C; 0,1 % RH
Interval záznamu	od 10 sek. do 24 hod.
Celková kapacita paměti	32000 hodnot

3.4.2 Průběh teplot vzduchu

Pro vyhodnocení změny teploty v místnosti se zelenou stěnou, rozdílů oproti jiným místnostem a průběhu teplot v čase, byly zvoleny čtyři časové úseky z měřeného období. Tyto úseky byly zvoleny tak, aby pokryly čtyři roční období, které ovlivňují teplotu a vlhkost, způsob větrání a vytápění místností. Z tohoto důvodu můžeme vidět různé průběhy sledovaných hodnot a jejich přímou závislost na venkovních podmínkách nebo způsobu sezonního provozu.

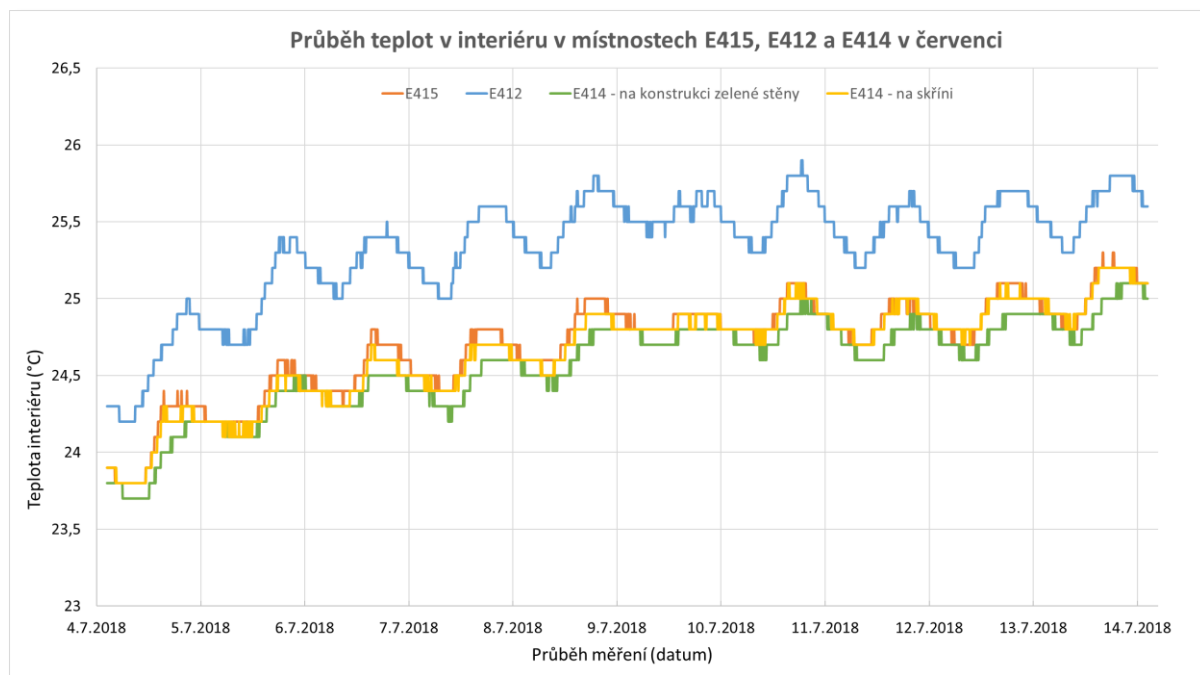


Graf 3.1 - Průběh teplot v květnu

Tabulka 3.2 – Významné hodnoty teplot v květnu

Květen	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná teplota ve sledovaný čas (°C)	24,2	24,3	23,6	23,8
Maximální teplota ve sledovaný čas (°C)	24,8	24,8	24,2	24,4
Minimální teplota ve sledovaný čas (°C)	23,8	23,9	23,1	23,5

Z grafu průběhu teplot v měsíci květnu je patrné, že teplota v místnosti se zelenou stěnou je oproti okolním dvěma místnostem cca o 0,5 °C nižší. Jelikož pro tuhle dobu neuvažujeme vliv vytápění a teplota vzduchu tedy není ovlivňována jinak než zisky z venkovního prostředí a od osob užívajících místnost, můžeme z grafu vyvodit, že rozdíl teplot je způsoben chladicími schopnostmi stěny. Snížení teploty vzduchu v místnosti se zelenou stěnou je způsobeno přímým adiabatickým chlazením, které vzniká při odpařování vody, využité k zálivce rostlin.

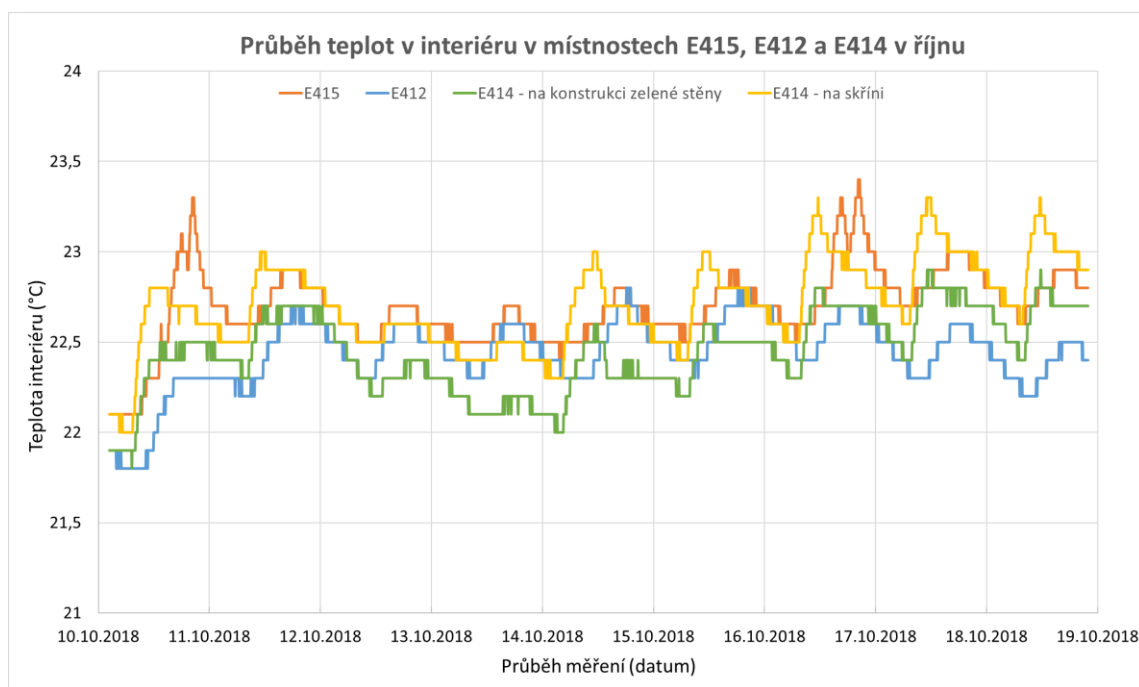


Graf 3.2 - Průběh teplot v červenci

Tabulka 3.3 - Významné hodnoty teplot v červenci

Červenec	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná teplota ve sledovaný čas (°C)	24,8	25,5	24,7	24,8
Maximální teplota ve sledovaný čas (°C)	25,3	25,9	25,1	25,2
Minimální teplota ve sledovaný čas (°C)	24,3	25,0	24,2	24,3

V červenci proběhlo rovnoměrné zvýšení teploty v důsledku zvýšení teploty exteriéru ve všech sledovaných místnostech. I přesto, že místnost E415 zde má podobnou teplotu jako místnost E414 se zelenou stěnou, což může být její polohou v nejstinnějším rohu budovy a tím pádem menšími tepelnými zisky, tak oproti místnosti E412 zde stále můžeme vidět nižší průměrnou teplotu, konkrétně o cca 0,8 °C.

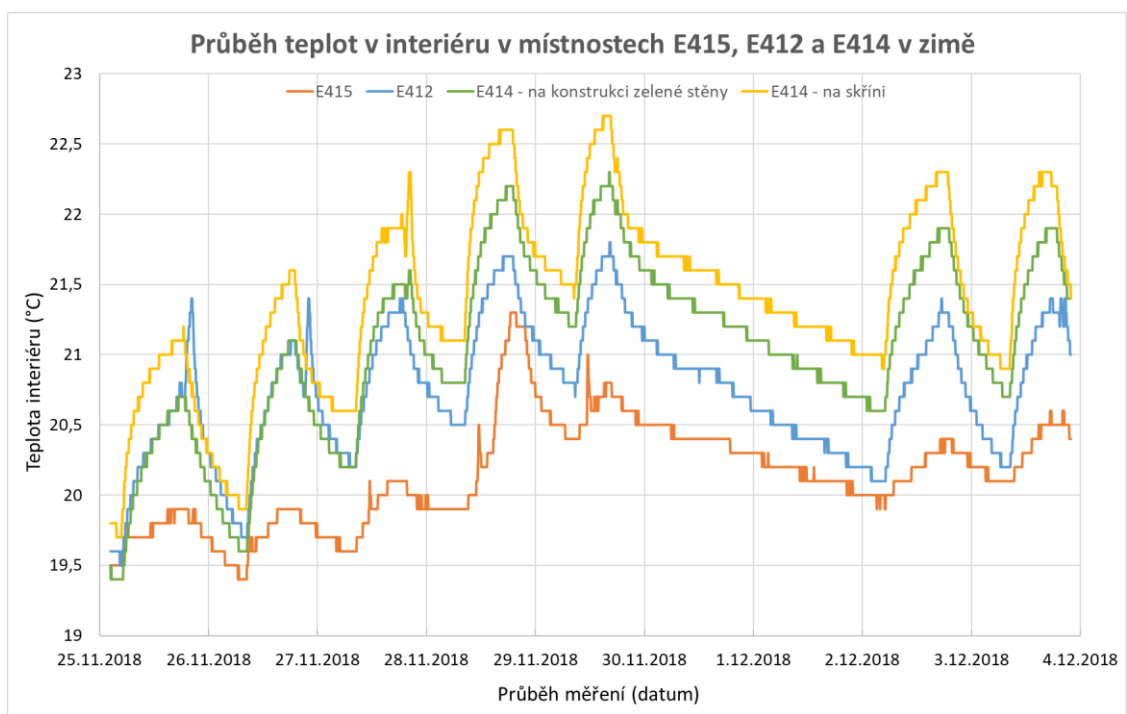


Graf 3.3 - Průběh teplot v říjnu

Tabulka 3.4 - Významné hodnoty teplot v říjnu

Říjen	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná teplota ve sledovaný čas (°C)	22,7	22,4	22,4	22,7
Maximální teplota ve sledovaný čas (°C)	23,4	22,8	22,9	23,3
Minimální teplota ve sledovaný čas (°C)	22,3	21,9	21,9	22,3

V době, kdy nastalo na podzim ochlazení teploty venkovního vzduchu, výrazně klesla i teplota ve všech sledovaných místnostech, o zhruba 2 °C. Pro tohle venkovní podnebí zde nastává možnost přitápění pro udržení tepelného komfortu v interiéru. V důsledku čehož se teploty místností vyrovnávají a princip chlazení zde začíná být nevýznamný. Jelikož se ale jedná o přechodné období, můžeme říct, že výrazný vliv chlazení při těchto venkovních podmínkách není ani žádoucí z hlediska pobytu osob v místnosti.



Graf 3.4 - Průběh teplot v zimě

Tabulka 3.5 – Významné hodnoty teplot v zimě

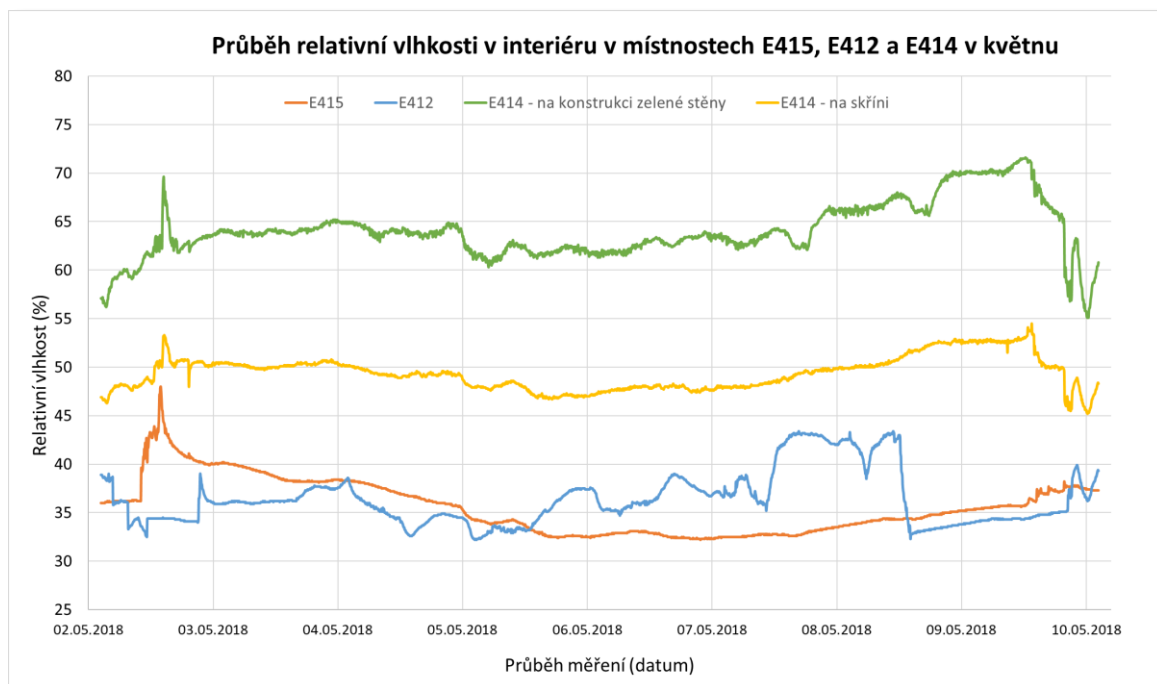
Zima	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná teplota ve sledovaný čas (°C)	20,2	20,8	21,1	21,5
Maximální teplota ve sledovaný čas (°C)	21,3	21,8	22,3	22,7
Minimální teplota ve sledovaný čas (°C)	19,4	19,7	19,6	19,9

Opětovný pokles teploty interiéru je patrný z grafu zimního období. Pro tohle období už je předpokládáno nepřetržité vytápění místností, jak se můžeme přesvědčit dle klesání a stoupání teplot během 24 hodin. Střídá se zde natápění prostoru na začátku dne a pokles teploty během noci. Průměrné teploty v místnostech jsou zde tedy významně ovlivněny režimem vytápění a z toho důvodu jsou si teploty velmi podobné, jelikož jsou místnosti vytápění otopnými tělesy, kterými prochází stejná otopná voda.

3.4.3 Průběh relativních vlhkostí vzduchu

Pro prezentaci výsledků měření relativních vlhkostí byly vybrány stejné časové úseky jako při měření teploty.

Doporučené hodnoty relativní vlhkosti v administrativních budovách se pohybují mezi 30 % až 70 %. Za ideální relativní vlhkost vzduchu se ale v zimě považuje rozmezí 45 až 60 %, během léta je to potom 40 až 55 %. Je-li relativní vlhkost vzduchu pod 20 % dochází k vysychání sliznic („pouštní klima“) a je-li naopak nad 80 %, vzniká u člověka nadměrné pocení („tropické klima“).

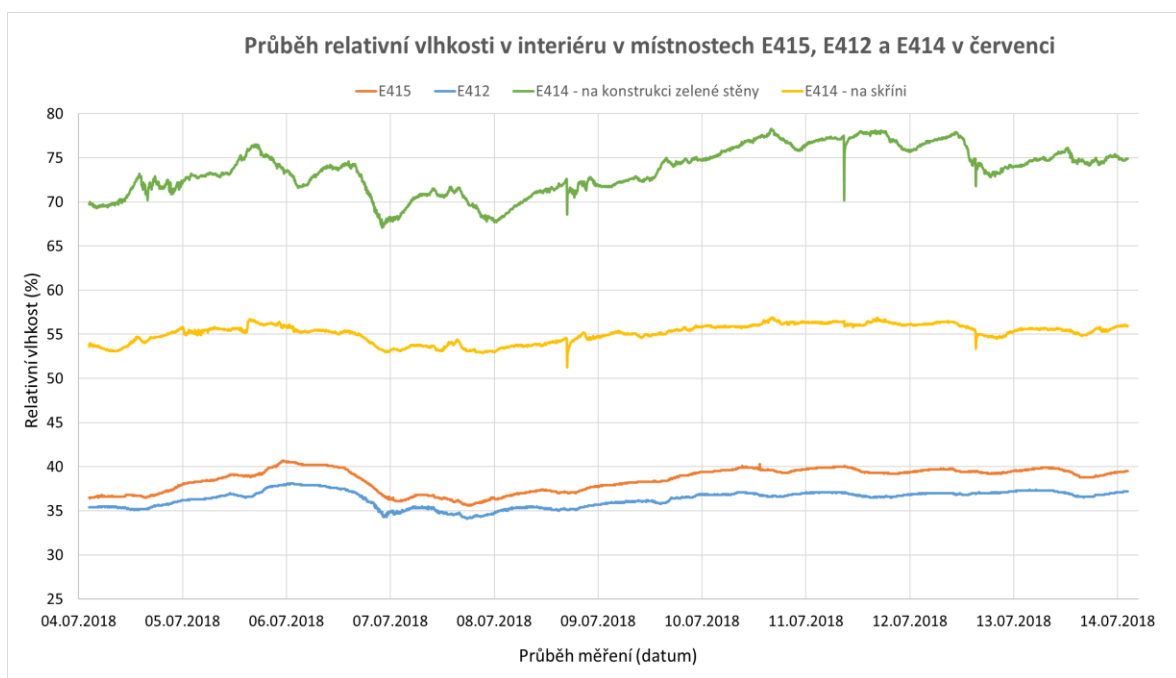


Graf 3.5 - Průběh relativních vlhkostí v květnu

Tabulka 3.6 – Významné hodnoty relativních vlhkostí v květnu

Květen	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná vlhkost ve sledovaný čas (%)	35,6	36,4	64,0	49,4
Maximální vlhkost ve sledovaný čas (%)	48,0	43,4	71,6	54,5
Minimální vlhkost ve sledovaný čas (%)	32,2	32,2	55,1	45,2

Od počátku instalace zelené stěny a zahájení zálivky byla patrná zvýšená relativní vlhkost v místnosti instalace oproti okolí. Přímo na konstrukci zelené stěny byly naměřené hodnoty vyšší, pohybovaly se kolem 64 %, což se ovšem dalo předpokládat, když datalogger byl umístěn kousek od místa odparu vody z listů a hlíny. V obytném prostředí místnosti se relativní vlhkost už pohybovala v doporučených hodnotách, tzn. kolem 50 %. Naopak na okolních místnostech můžeme pozorovat, že relativní vlhkost se zde nachází v nižších doporučených hodnotách.

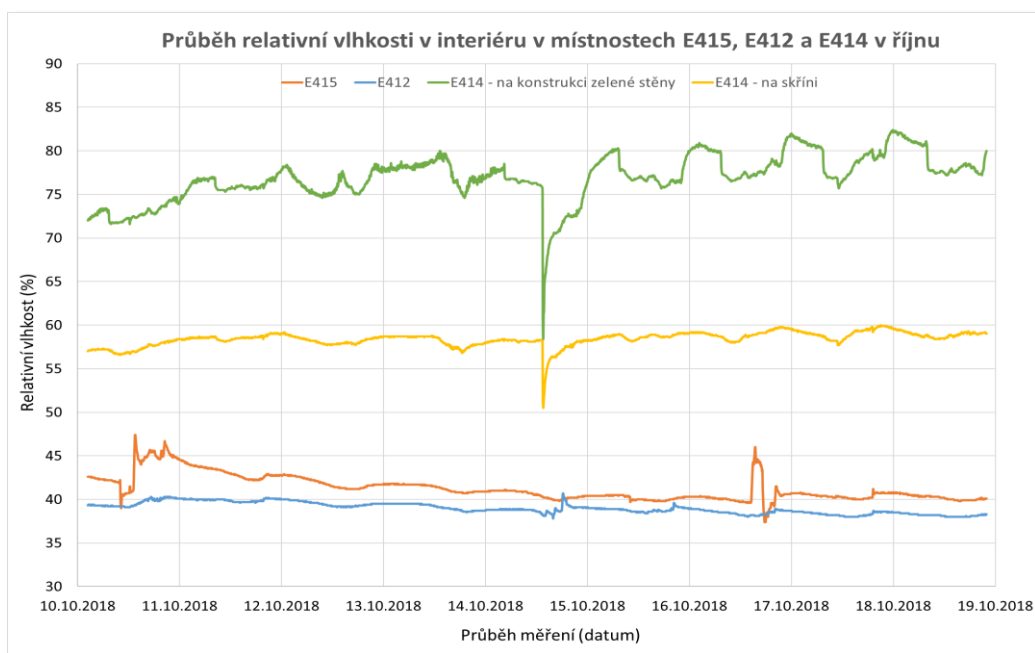


Graf 3.6 - Průběh relativních vlhkostí v červenci

Tabulka 3.7 - Významné hodnoty relativních vlhkostí v červenci

Červenec	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná vlhkost ve sledovaný čas (%)	38,6	36,4	73,8	55,1
Maximální vlhkost ve sledovaný čas (%)	40,4	38,0	78,3	56,9
Minimální vlhkost ve sledovaný čas (%)	35,6	34,1	67,1	51,3

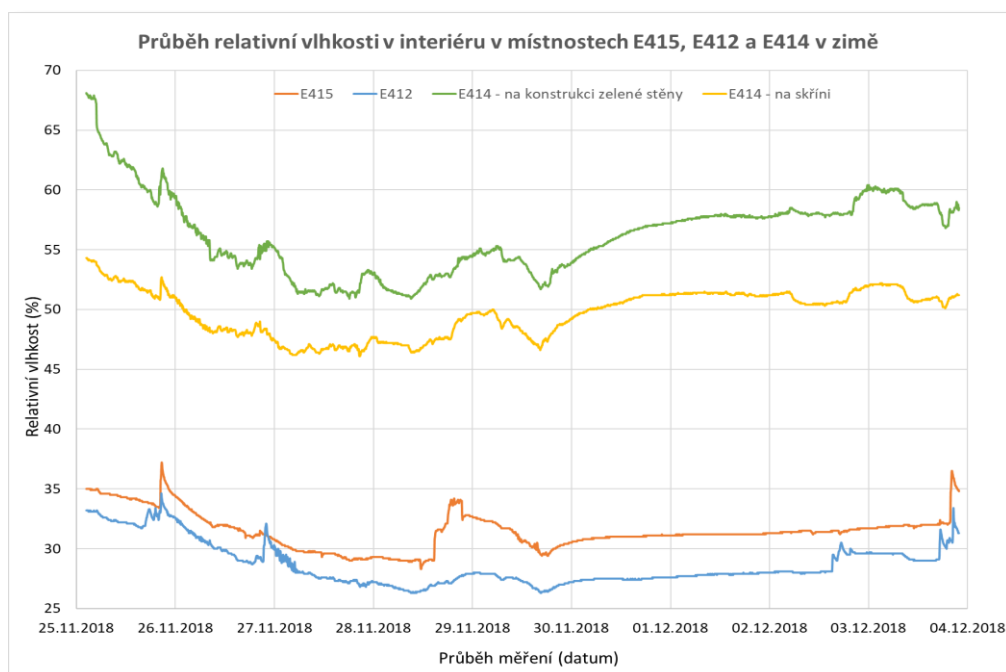
Během letních měsíců jsou hodnoty v grafu velmi podobné jako v květnu. Můžeme si všimnout větší vyrovnanosti a menších výkyvů v relativních vlhkostech, nejspíše z důvodu menšího pohybu lidí v místnostech z důvodu letních prázdnin a tím pádem minimalizování nežádoucích vlivů při měření. I přesto, že relativní vlhkost u konstrukce je vyšší než v květnu a přesahuje doporučenou mez, relativní vlhkost v prostoru se stále udržuje na příjemné hodnotě asi 55 %.



Graf 3.7 - Průběh relativních vlhkostí v říjnu

Tabulka 3.8 - Významné hodnoty relativních vlhkostí v říjnu

Říjen	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná vlhkost ve sledovaný čas (%)	40,5	38,6	77,6	58,4
Maximální vlhkost ve sledovaný čas (%)	46,0	40,7	82,4	60,0
Minimální vlhkost ve sledovaný čas (%)	37,4	36,0	58,4	50,5



Graf 3.8 - Průběh relativních vlhkostí v zimě

Tabulka 3.9 – Významné hodnoty relativních vlhkostí v zimě

Zima	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná vlhkost ve sledovaný čas (%)	31,2	28,3	55,6	49,5
Maximální vlhkost ve sledovaný čas (%)	36,5	33,4	60,6	52,2
Minimální vlhkost ve sledovaný čas (%)	28,3	26,3	50,9	46,1

Nejzajímavější posouzení relativní vlhkosti je právě pro zimní období, kdy v interiérech často nastává problém v důsledku nepřetržitého vytápění problém s nízkou relativní vlhkostí vzduchu. Pokud je vlhkost vzduchu nízká, poznáme to i na lidském těle. Měření provedené ve třech místnostech tuto skutečnost ukazuje velmi jasně. Dvě místnosti, které byly běžně zařízeny, a pohybují v nižších hodnotách nebo i pod nimi, než by bylo vhodné. A právě při těchto relativních vlhkostech může člověk pociťovat nepříjemné důsledky jako například vysychání sliznic horních cest dýchacích a z toho pramenících zánětů nosohltanu, onemocnění horních i dolních cest dýchacích, u dětí se objevuje velmi často laryngitida. Nepříznivý vliv suchého vzduchu pocítíte také na pokožce, ta se vysušuje, rty praskají, mohou vás pálit oči. Velmi častým projevem nízké vlhkosti vzduchu je také pocit únavy.

V tomto období jde také nejlépe vidět a využít přínosy zelené stěny, která přirozeně zvlhčuje prostor v místnosti, a to poměrně intenzivně. I v období vytápění, které probíhá i v místnosti E414 s instalací zelené stěny, se relativní vlhkost stále drží na velmi příjemné hodnotě kolem 50 %. Jelikož zálivka kytek probíhá nepřetržitě po celý rok, odpařuje se tedy podobné množství vody, které zajišťuje téměř stálé vlhkostní mikroklima místnosti.

Při srovnání všech čtyřech ročních období z hlediska relativních vlhkostí v interiéru místnosti, je možno konstatovat, že zelená stěna je schopna zajistit stálé vlhkostní mikroklima místnosti i při různých venkovních podmínkách. Nejen, že je tohle klima stálé, ale můžeme ho, co se naměřených hodnot týče, zařadit i mezi velmi vhodné pro pobyt osob a jejich tepelnou pohodu.

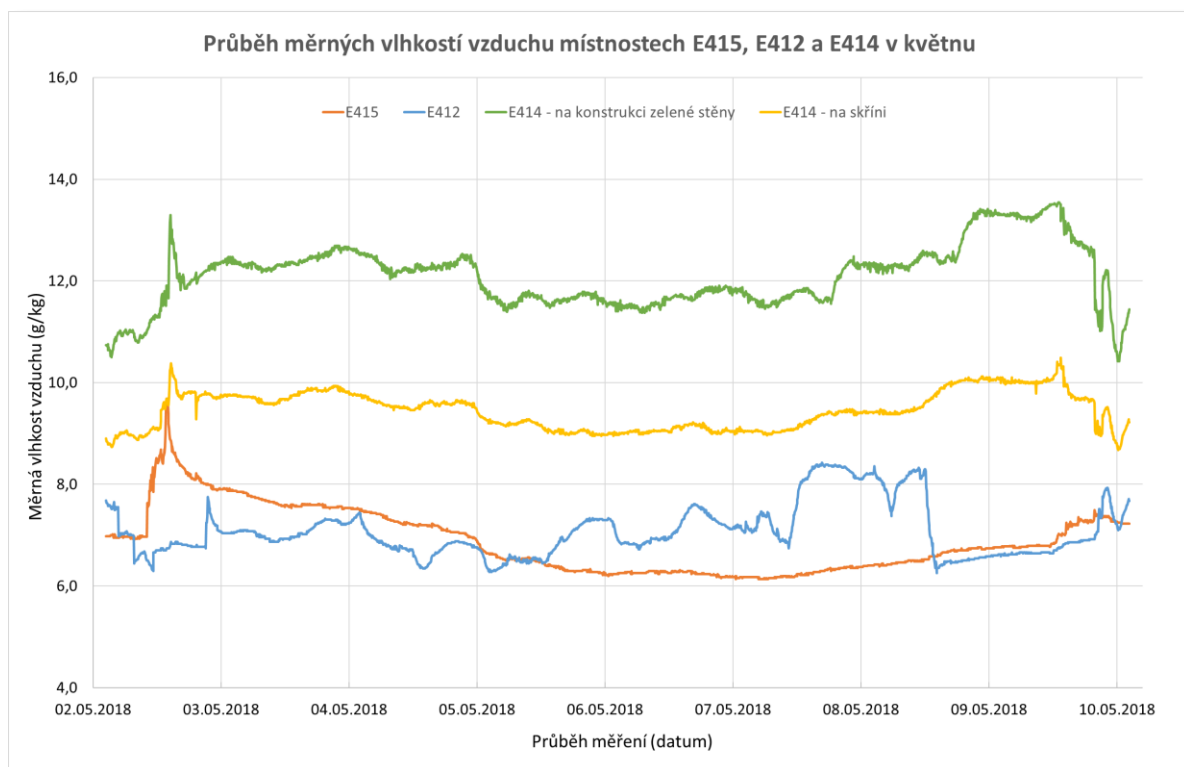
3.4.4 Průběh měrných vlhkostí vzduchu

Pro prezentaci výsledků měrných vlhkostí byly vybrány stejné časové úseky jako při měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Měrná vlhkost vzduchu udává hmotnost vodní páry v kg, připadající na 1 kg suchého vzduchu (kg/kg). Vzhledem k nízkým řádům se spíše používají jednotky (g/kg). Spolu s relativní vlhkostí je toto určení vlhkosti vzduchu ve vzduchotechnice nejběžnější. Jelikož výpočet měrné vlhkosti byl proveden z naměřených hodnot teplot a relativních vlhkostí, jejich průběhy jsou během čtyř ročních období obdobné.

Tabulka 3.10 - Měrné vlhkosti vzduchu při daných teplotách

	Teplota (°C)	Měrná vlhkost (g/kg)
Vnější prostředí	-15	0,9
	-10	1,4
	0	3
	15	7,9
	25	12
	30	10,9
Vnitřní prostředí	22	8 až 12

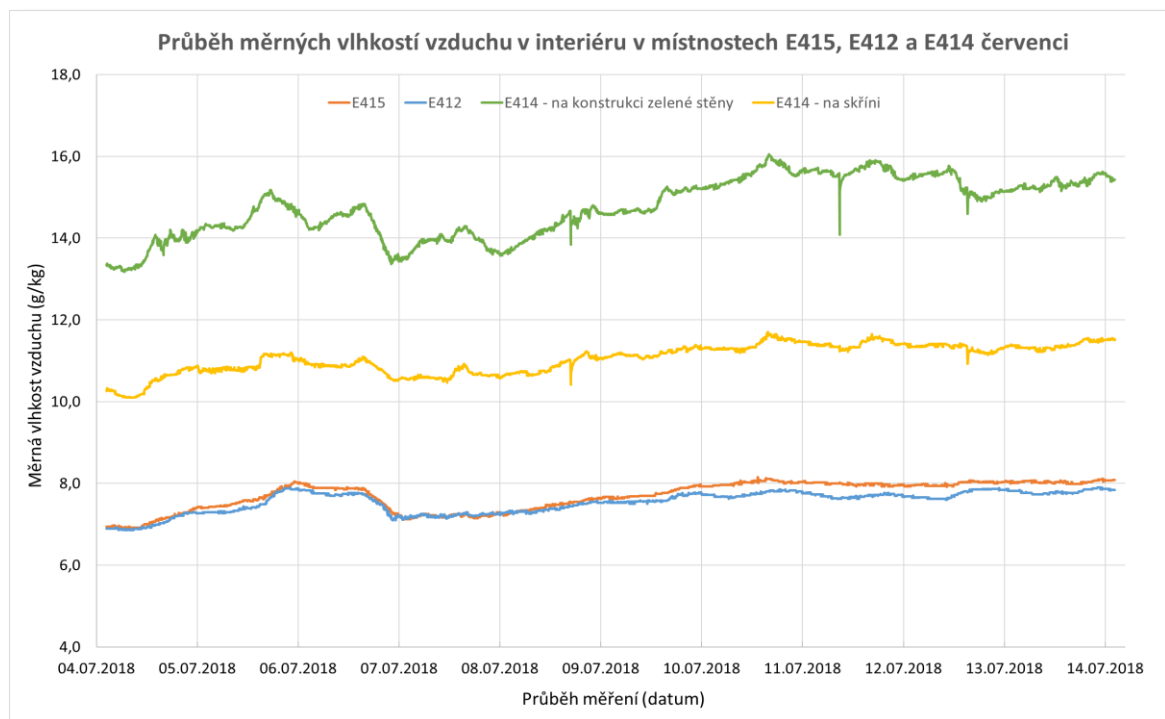
Měrná vlhkost vzduchu by neměla překročit 14.3 g/kg s.v. neboť nad touto hranicí se již dostává subjektivní pocit parna.



Graf 3.9 - Průběh měrných vlhkostí v květnu

Tabulka 3.11 – Významné hodnoty měrných vlhkostí v květnu

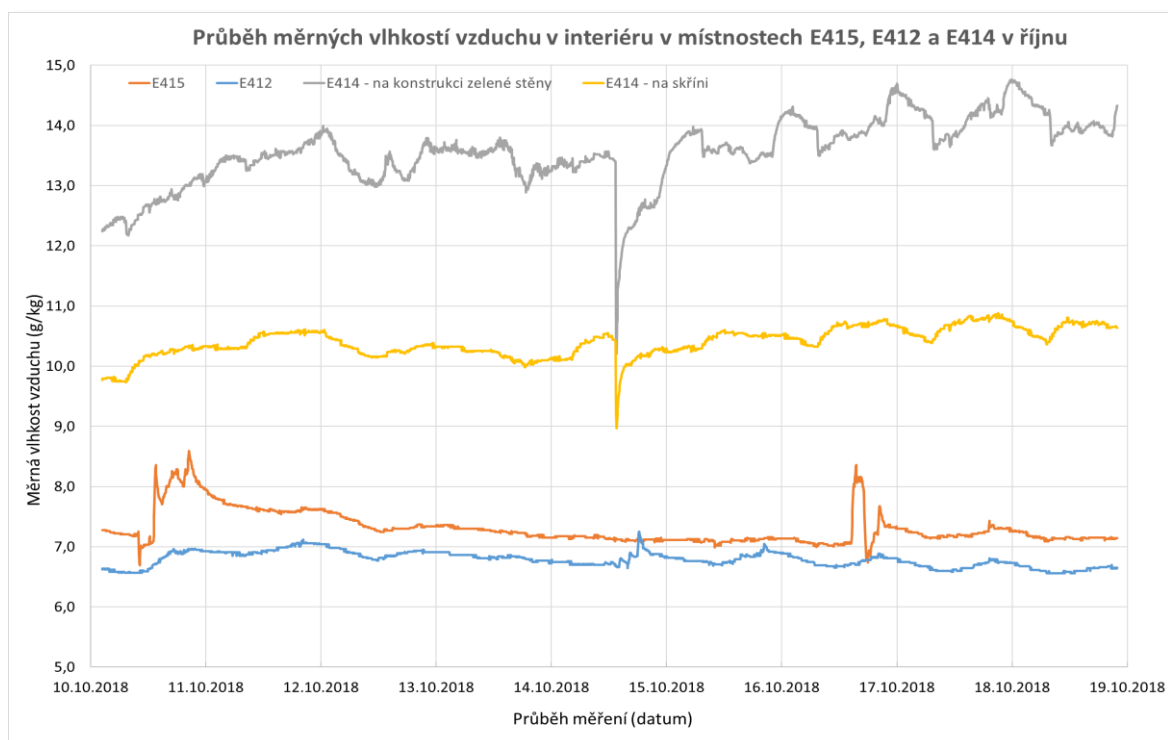
Květen	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	6,9	7,1	12,1	9,4
Maximální měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	9,7	8,4	13,5	10,5
Minimální měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	6,1	6,3	10,4	8,7



Graf 3.10 - Průběh měrných vlhkostí v červenci

Tabulka 3.12 - Významné hodnoty měrných vlhkostí v červenci

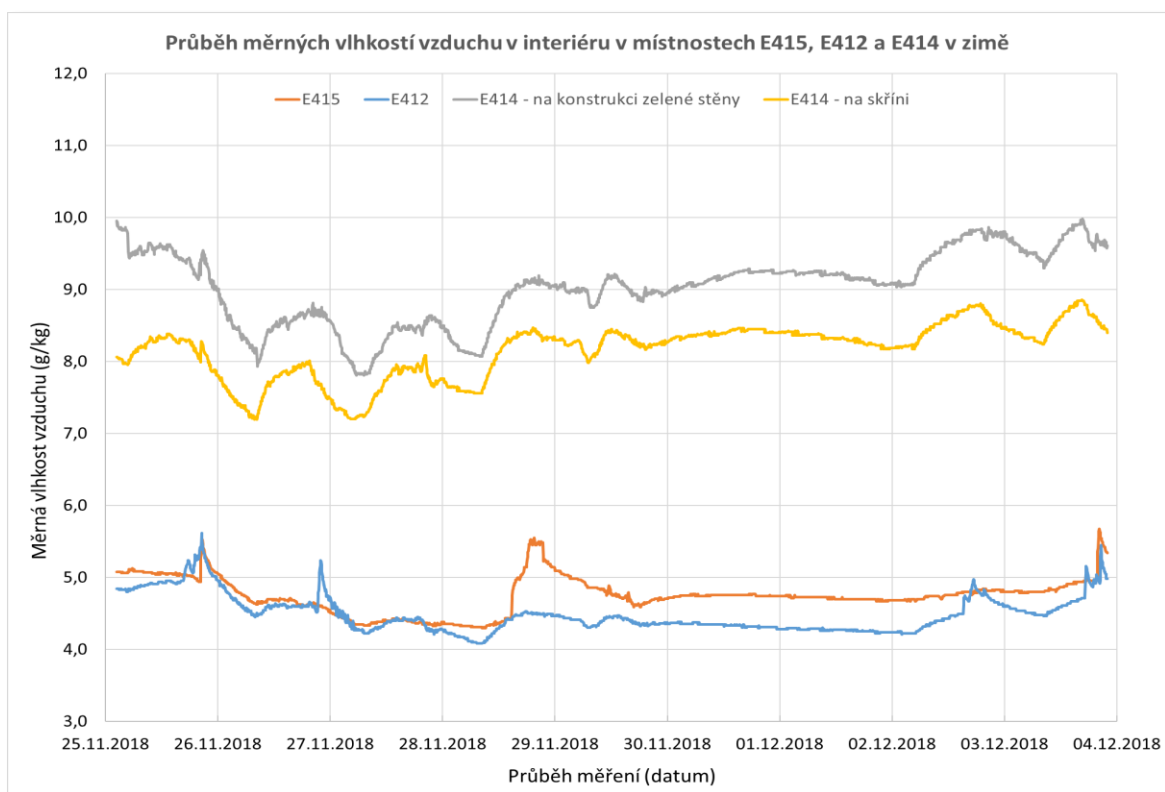
Červenec	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	7,7	7,5	14,8	11,1
Maximální měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	8,2	7,9	16,0	11,7
Minimální měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	6,9	6,9	13,2	10,1



Graf 3.11 - Průběh měrných vlhkostí v říjnu

Tabulka 3.13 - Významné hodnoty měrných vlhkostí v říjnu

Říjen	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	7,3	6,8	13,6	10,4
Maximální měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	8,6	7,3	14,8	10,9
Minimální měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	6,5	6,1	10,2	9,0



Graf 3.12 - Průběh měrných vlhkostí v zimě

Tabulka 3.14 – Významné hodnoty měrných vlhkostí v zimě

Zima	Místnost			
	E415	E412	E414 - konstrukce zelené stěny	E414
Průměrná měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	4,7	4,5	9,0	8,2
Maximální měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	5,7	5,6	10,0	8,9
Minimální měrná vlhkost ve sledovaný čas (g/kg)	4,3	4,1	7,8	7,2

Při vyhodnocení grafů měrných vlhkostí vzduchu je viditelné, že zatímco v místnosti se zelenou stěnou je dosaženo doporučeného a vhodného rozmezí měrné vlhkosti vzduchu mezi 8 až 12 g/kg suchého vzduchu, v okolních místnostech se měrná vlhkost vzduchu pohybuje na spodní doporučené hranici, v zimních měsících jsou hodnoty dokonce zhruba o 3 g/kg s.v. nižší, než by bylo vhodné.

3.5 Mikrobiální mikroklima místnosti

Mikroorganismy jako jsou bakterie nebo plísně jsou běžným okem neviditelné, ale vyskytují se téměř všude kolem nás. Mikroorganismy jsou důležitou součástí bioaerosolu vnitřního prostředí. Jsou jednou z kontaminant prostředí, která může významně ovlivnit zdraví člověka. Jsou jedinou škodlivou složkou prostředí, která je živá a má proto schopnost se ve vnitřním prostředí za určitých podmínek nejen hromadit, ale i rozmnožovat. Pouze v případě intenzivního růstu, kdy vytváří mnohačetné kolonie je můžeme spatřit. Pro svůj život potřebují kyslík, vodu a živiny. Zásadní podmínkou je ale přítomnost vody. Jelikož prostředí zelené stěny je příznivé pro růst mikroorganismů, byl na konstrukci měřen výskyt plísní a mikroorganismů a jejich změna v průběhu času.

Pro posouzení mikrobiálních složek prostředí byla zvolena spadová metoda, a to hlavně pro svou jednoduchost provádění. Petriho misky se živnou půdou pro mikroorganismy a plísně byly umístěny ve všech sledovaných místnostech na pracovních stolech a jedna sada byla pro možnost srovnání umístěna v exteriéru.



Obrázek 3.7 - Sada Petriho misek při měření v interiéru



Obrázek 3.8 - Sada Petriho misek při měření v exteriéru

První měření bylo realizováno v květnu, pouhé 3 týdny po realizaci stěny, kdy bylo předpokládáno, že se již rostliny dostatečně adaptovali v novém prostředí. Druhé měření proběhlo v říjnu, tzn. 6 měsíců po realizaci.

Tabulka 3.15 - Spad na Petriho miskách KTJ/4hodiny

Druh mikrobů	Datum	Místnost			Exteriér
		E415	E414 (zelená stěna)	E412	
Celkové počty mikroorganismů	10.05.2018	1200	1800	48	3200
	26.10.2018	16	48	16	80
Plísňe	10.05.2018	0	64	40	1800
	26.10.2018	24	16	0	96

Dle hodnoty shrnutých v tabulce můžeme vidět, že se velmi liší stav vnějšího ovzduší, kdy v květnu byla naměřena mnohonásobně vyšší hodnota KTJ než v říjnu. Tahle skutečnost odpovídá tomu, že koncentrace mikroorganismů během roku výrazně kolísá, přičemž v zimě bývá koncentrace v desítkách a v létě v tisících KTJ/m³ vzduchu. Tuto hodnotu nejsme schopni ovlivnit, avšak stav vnějšího vzduchu se vlivem větrání promítá i do vnitřního ovzduší budov. Z toho důvodu je stav vnitřního vzduchu příznivější v říjnu než v květnu. Sledované místnosti jsou stroze zařízeny, je v nich minimální pohyb osob a tím pádem i se v nich i minimálně větrá, patrně z toho důvodu je ve sledovaných místnostech vzduch chudší na mikroby než ve venkovním prostředí. Při porovnání místností mezi sebou je zřejmé, že hodnoty jsou ve všech třech místnostech podobné a není tedy zaznamenán negativní vliv zelené stěny na vnitřní mikrobiální mikroklima.



Obrázek 3.9 - Petriho misky po kultivaci: vlevo květen 2018, vpravo říjen 2018

Hodnocení mikrobiální kvality vzduchu podle počtu kolonií v objemové jednotce vzduchu bylo zavedeno již v 19. století. V současné době máme nastaveny požadavky, kdy limit koncentrace pro pobytové místnosti veřejných staveb je splněn, nepřekročí-li koncentrace mikroorganismů a plísni 500 kolonií tvořících jednotek na 1 m³ vzduchu aktivním nasáváním vzduchu za pomoci aeroskopu (KTJ/m³).

Tabulka 3.16 - Kategorie znečištění ovzduší vnitřního prostředí

Kategorie znečištění	Pobytové místnosti		Domácnosti	
	Bakterie KTJ/m ³	Plísňe KTJ/m ³	Bakterie KTJ/m ³	Plísňe KTJ/m ³
Velmi nízké	< 50	< 25	< 100	< 50
Nízké	< 100	< 100	< 500	< 200
Střední	< 500	< 500	< 2500	< 1000
Vysoké	< 2000	< 2000	< 10000	< 10000
Velmi vysoké	> 2000	> 2000	> 10000	> 10000

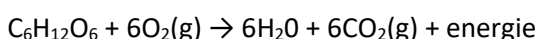
Pro představu je možno uvést příklad, kdy mezinárodní studie prezentuje výsledky měření koncentrace mikrobů a plísní v 10 domácnostech a v 10 kancelářích. V domácnostech byly zjištěny koncentrace bakterií mezi 50 a 5150 KTJ/m³ a v kancelářích mezi 200 a 6350 KTJ/m³. Z výsledků je patrný velký rozptyl mezi různými, ale stejně užívanými místnostmi. Téměř polovina všech vzorků dosahovala vyšší hodnoty, než je doporučených 500 KTJ/m³. Počty plísní se pohybovaly od 10 do 750 KTJ/m³ v domácnostech a od 10 do 1310 KTJ/m³ v kancelářských prostorech. Doporučená hodnota 500 KTJ/m³ tedy byla překročena v některých případech jak u domácností, tak u kanceláří.

3.6 Fotosyntéza a dýchání rostlin

Proces fotosyntézy rostlin zahrnuje využití světelné energie k přeměně oxidu uhličitého a vody na molekulu sacharidu, kyslík a další organické složky. Fotosyntéza tedy probíhá ve dne.

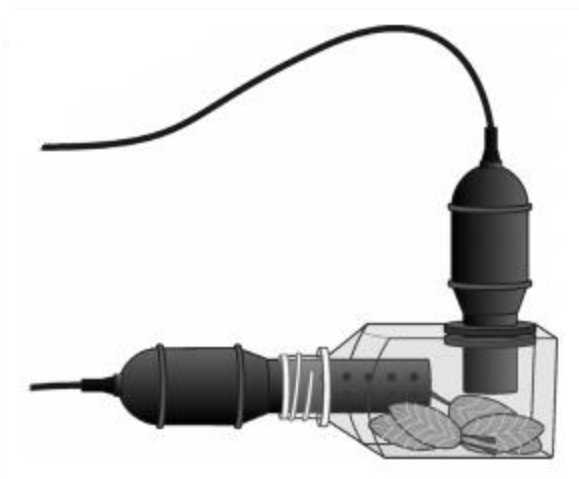


Naopak v noci u rostlin nastává buněčné dýchání, při kterém jsou organické složky, kyslík a sacharidy spotřebovávány a vzniká oxid uhličitý.



Významnějším a převažujícím jevem je fotosyntéza, můžeme tedy říct, že rostliny a stromy jsou plíce Země. Pouze zelené rostliny umí přeměnit oxid uhličitý na kyslík. Proto je žádoucí stavět zeleně na Zemi nezmenšovat ale naopak vysazovat nové rostliny. A malým přispěním do koloběhu kyslíku na Zemi může být právě i zelená stěna.

Z toho důvodu bylo pomocí čidel koncentrace CO₂ a O₂ Vernier měřeno množství kyslíku a oxidu uhličitého, spotřebovaného nebo vyprodukovaného rostlinou během dýchání a během fotosyntézy. Vzhledem k tomu, že místnost není dokonale těsná, tzn. že infiltrací či přímo otevřením okna si vyměňuje vzduch s okolím, byla pro rostlinu pro potřeby měření umístěna v menší, vzduchotěsné nádob, která byla rostlinou značně zaplněna. V těchto podmínkách mohla být tedy rozpoznána a naměřena i malá produkce zkoumaných plynů.



Obrázek 3.10 - Měření pomocí čidel CO_2 a O_2

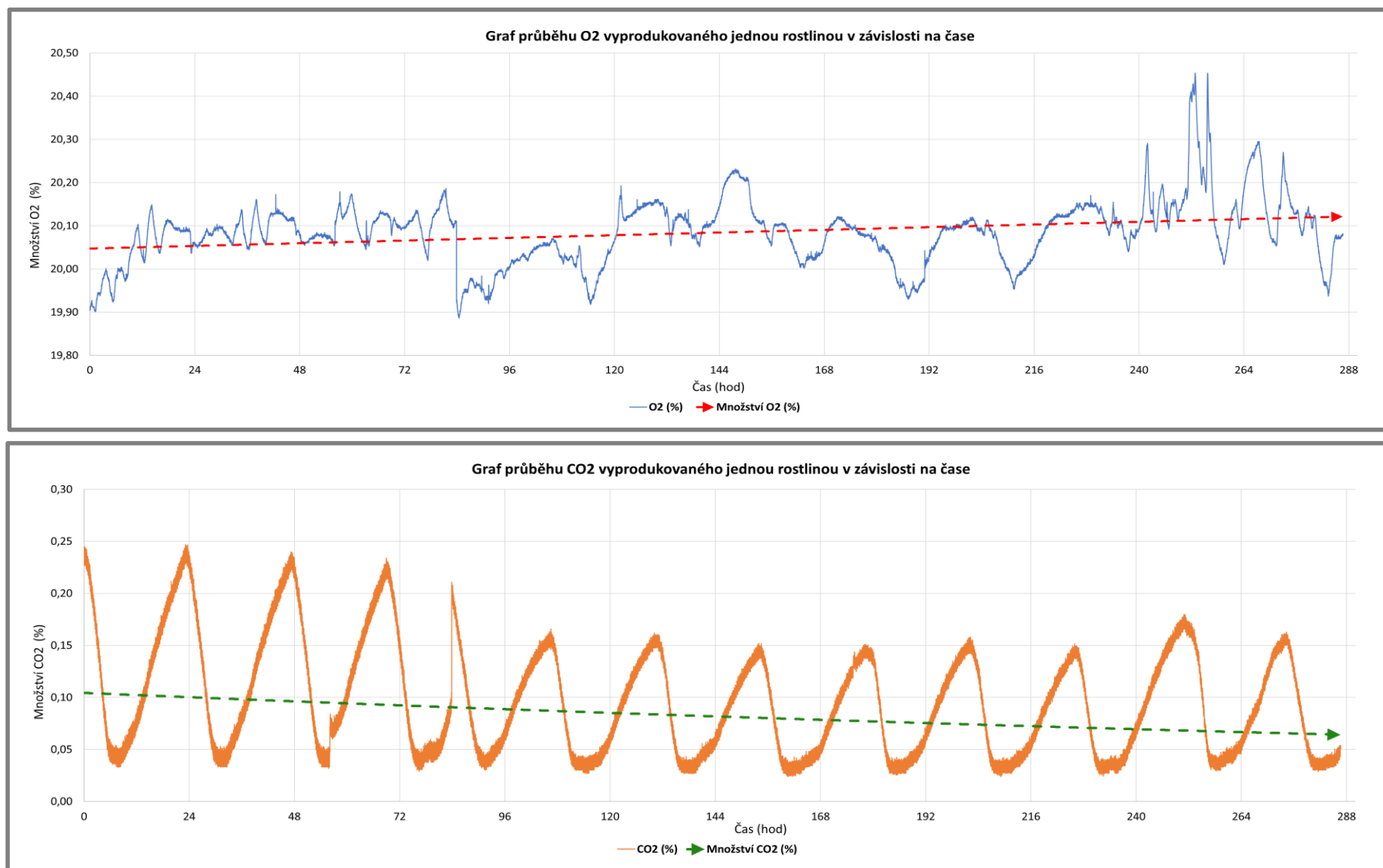


Obrázek 3.11 - Měření ve vzduchotěsné nádobě s kytkou

Předpoklady při zahájení měření dle zjištěné teorie byly takové, že rostlina bude během dne spotřebovávat oxid uhličitý k fotosyntéze a tím pádem se bude snižovat jeho objem, oproti tomu v noci při buněčném dýchání bude množství oxidu uhličitého stoupat. Průběh koncentrace kyslíku v nádobě se bude měnit opačně, tzn. během dne koncentrace kyslíku poroste, v noci naopak bude klesat. Jelikož dle teorie má převažovat fotosyntéza nad buněčným dýcháním, měla by v průběhu čas stoupat koncentrace kyslíku a klesat koncentrace oxidu uhličitého. Měření oxidu uhličitého a kyslíku probíhalo nepřetržitě po dobu 12 dní a v souvislosti s původní teorií přineslo zajímavé výsledky. Množství daných plynů je v grafu znázorněno v procentuálním podílu plynu vůči celkovému objemu nádoby.

Zvyšování koncentrace kyslíku je v horizontu 12 dní jen málo patrné, stejně tak jako z grafu průběhu koncentrace kyslíku jde jen obtížně poznat určitý trend v klesání a stoupání koncentrace během dne a noci. Průběh koncentrací je nepravidelný, nejspíše ovlivněn mnoha dalšími skutečnostmi než jen fotosyntézou a buněčným dýcháním rostliny.

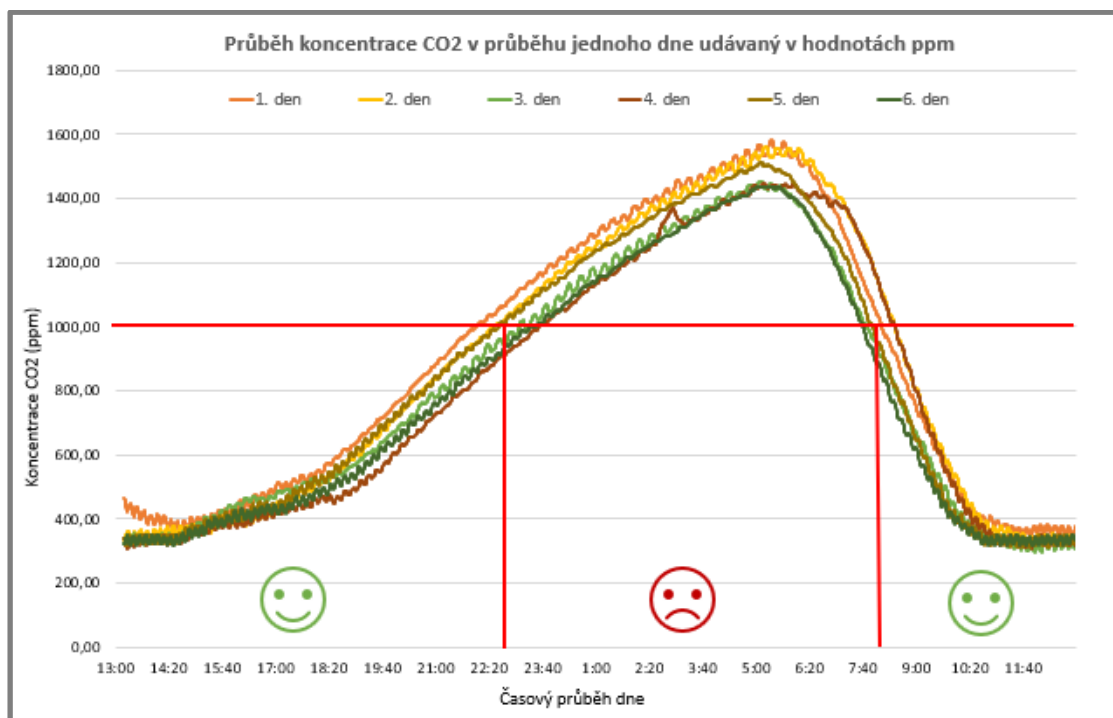
Graf 3.13 - Průběh koncentrace CO_2 a O_2 v závislosti na čase



Oproti tomu u oxidu uhličitého je možné vidět značnou pravidelnost průběhu koncentrací. Z plynulého růstu a opětovného klesání koncentrací je prokazatelný režim den – noc, ve kterém rostlina funguje. Ve dne se vlivem fotosyntézy koncentrace oxidu uhličitého významně sníží, hodnoty převedené na ppm ukazují koncentraci podobnou té ve venkovské přírodě. Během ubývání denního světla se snižuje schopnost fotosyntézy a s tím spojeným spotřebováváním oxidu uhličitého. V souvislosti s tím se koncentrace CO₂ během noci zvyšuje, až během brzkých ranních hodin dosáhne svého maxima. Potom co se začne rozednívat a v rostlině opět bude probíhat fotosyntéza, začne přibývat kyslíku vyrobeného rostlinou při spotřebovávání oxidu uhličitého. Tento cyklus se dle grafu periodicky opakuje, navíc se maximální hodnota koncentrace během 12 dní měření mírně snížila. Na následujícím grafu je znázorněn průběh koncentrace CO₂ v ppm v průběhu šesti po sobě jdoucích dní, z čehož je patrné, že průběh těchto koncentrací je každý den téměř totožný. Doporučená koncentrace CO₂ ve vzduchu by měla být udržována na nebo spíše pod hodnotou 1000 ppm. Při zvýšené koncentraci CO₂ dochází k ospalosti, letargii, únavě a poklesu schopnosti koncentrace a k nepříjemnému pocitu vydýchaného vzduchu.

Příklady koncentrace CO₂:

- 360-400 ppm - čerstvý vzduch v přírodě
- 800-1000 ppm - doporučená úroveň CO₂ ve vnitřních prostorech
- > 1000 ppm - nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
- 5000 ppm - maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
- 35 000-50 000 ppm - vydechovaný vzduch dospělého člověka



Graf 3.14 - Koncentrace oxidu uhličitého v průběhu 24 hodin

Koncentrace CO₂ vhodné pro pobyt a práci člověka jsou v grafu vyznačeny a nachází se v rozmezí od 8:00 do 22:30. Zelené rostliny jsou tedy vhodným prvkem pro denní život člověka. Přestože v běžných podmínkách místností nebudou rozdíly mezi dnem a nocí tak velké jako při měření ve vzduchotěsné nádobě z důvodu mnoha přidružených vlivů, je dle grafu zjevné, že květiny se nehodí do ložnice, ale mají své místo především v denních místnostech nebo v místnostech kancelářského typu, které jsou využívány převážně v denní pracovní době. V těchto místnostech neplní jen estetickou a psychologickou funkci, ale také funkční při zlepšování kvality vzduchu.

3.7 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout a realizovat funkční zelenou stěnu v interiéru, na které jsem následně posuzovala a demonstrovala její vliv na vnitřní prostředí místnosti. Měřením tří sousedících místností s podobným typem provozu, kdy v jedné z místností byla provedena instalace zelené stěny, bylo srovnáváno teplotně-vlhkostní mikroklima a mikrobiální mikroklima. Výsledky těchto měření byly velmi pozitivní a ukázaly přínosy zelené stěny pro vnitřní prostředí budov. Rostliny dokázaly zajistit stálé vlhkostní mikroklima, kdy relativní vlhkost vzduchu se pohybovala napříč ročními obdobími kolem 50 %. Zároveň tato stěna v letním období dokázala ochladit vzduch místnosti, k čemuž využívala principu přímého adiabatického chlazení. Při měření mikrobiálního mikroklimatu bylo naopak zjištěno, že větší koncentrace rostlin v místnosti neměla výrazně negativní vliv na množství plísní a mikrobů ve vzduchu. V podobě samostatného pokusu byl zjišťován i vliv fotosyntézy a buněčného dýchání na koncentraci oxidu uhličitého a kyslíku ve vzduchu.

V projektové části diplomové práce byl zpracováván návrh vzduchotechniky pro administrativní budovy. V první variantě řešení byla uvažována neoptimalizovaná budova, větrání spolu se zvlhčováním vzduchu zde bylo řešeno vzduchotechnickou jednotkou a k pokrytí tepelné zátěže bylo využíváno klimatizačních jednotek fancoil a zdroje chladu. Ve druhé variantě zajišťovala vzduchotechnická jednotka pouze požadovanou výměnu vzduchu, o dostatečné zvlhčení vzduchu se postarala instalovaná zelená stěna, která měla vliv také na chlazení budovy. K pokrytí podstatné části tepelné zátěže zde bylo využito pasivní chlazení pomocí instalace venkovních žaluzií a úsporného osvětlení.

Práce byla zpracována dle příslušných zákonů, vyhlášek, norem a podkladů výrobce.

4 POUŽITÉ ZDROJE

Zákony, vyhlášky, normy směrnice

1. ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.7.1986.
2. ČSN EN 13779. *Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.8.2010.
3. ČSN EN 12792. *Větrání budov – Značky, terminologie a grafické značky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.6.2007.
4. Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: č. 148/2006 Sb. 2006.
5. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In *Zákony pro lidi.cz*. AION CS, 2010–2017. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>.

Literatura, elektronické zdroje

6. VRÁNA, Jakub. *Technická zařízení budov v praxi*. Vyd. 1. Brno: Grada publishing a.s., 2007, 331 s. ISBN 978-80-247-1588-9.
7. GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vydání, Brno: ERA, 2007, 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8.
8. SZÉKYOVÁ, Marta, FERSTL, Karol a NOVÝ, Richard. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga, 2006, 357 s. ISBN 80-8076-037-3.
9. Chyský, J. a kol. *Větrání a klimatizace*. Brno: BOLIT-B Press, 3. vydání, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
10. HIRŠ Jiří, GEBAUER Günter, RUBINOVÁ Olga. *TZB – Vzduchotechnika: Klimatizace*. Brno: Studijní opory, 2005
11. HIRŠ Jiří, GEBAUER Günter, RUBINOVÁ Olga. *TZB – Vzduchotechnika: Chlazení pro klimatizaci*. Brno: Studijní opory, 2005
12. ŠIKULA, Ondřej. *Přednášky z ochlazování*
13. RUBINA, Aleš. *Přednášky ze vzduchotechniky*
14. Olga Rubinová, přednášky dostupné také z:
<http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/A_VZT%2013_09.pdf>
15. *Klimatizace v současnosti* [online]. [cit. 2019-01-9]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2557-k-vyvoji-klimatizace-ii>
16. Centnerová, L. *Tepelná pohoda a nepohoda* [online]. prosinec 2000.[cit. 8. 1. 2019]. Topinfo s.r.o.. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>.
17. Lain, M. *Využití adiabatického chlazení při klimatizaci budov* [online]. květen 2005. [cit. 8. 1. 2019]. Topinfo s.r.o.. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/2515-vyuziti-adiabatickeho-chlazení-pri-klimatizaci-budov>.
18. TECHNIKA BUDOV, S.R.O. . TERUNA. www.technikabudov.cz. [online]. 8.1.2016 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.technikabudov.cz/ASP/Downloads/setup.zip>

19. QPRO. <http://www.qpro.cz>. [online]. 8.1.2096 [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Vypocty-online-pro-vzduchotechniku-a-klimatizaci>
20. BLANC, Patrick. The vertical garden: From nature to the city. New York: W.W. Norton & Company, Inc., 2008
21. NĚMEC-LUXUSNÍ POVRCHOVÉ ÚPRAVY. Technické řešení výstavby vertikální zahrady: interiér. Praha, 2013
22. PŘEROVSKÁ, Zuzana. Vertikální zahrady v exteriéru a interiéru. Lednice, 2013. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.
23. TEXIER, William. Hydroponie pro každého. Paris: Mama Editions., 2013
24. Soubor autorů. Mikrobiální mikroklima budov I [online]. Červen 2015.[cit. 8. 01. 2019]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/12819-mikrobiani-mikroklima-budov-i>.
25. MANDÍK, A.S.. TVOM, TVPM TALÍŘOVÝ VENTIL. www.mandik.cz: Dýzy a ventily. [online]. [cit. 2019-01-8]. Dostupné z: http://www.mandik.cz/getattachment/39f9280f-9343-4b9e-b06d-689eca38fbda/028_03_cz_TVPM_TVOM.aspx
26. MANDÍK, A.S.. ALCM ANEMOSTAT LAMELOVÝ. www.mandik.cz: anemostaty. [online]. [cit. 2019-01-8]. Dostupné z: http://www.mandik.cz/getattachment/a9f8ceaa-e958-4438-9f80-64c2fae0c578/003_97_cz_ALCM.aspx

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

Zkratky

VZT	- vzduchotechnika
ZZT	- zpětné získávání tepla
MaR	- měření a regulace
Obr.	- obrázek
NP	- nadzemní podlaží
OZN	- označení
Č.	- číslo

Fyzikální veličiny

A	- plocha	[m ²]
d	- průměr	[m]
L	- délka	[m]
R	- tlaková ztráta	[Pa/m]
	- tepelný odpor	[m ² *K*W ⁻¹]
S	- plocha	[m ²]
t	- teplota	[°C]
U	- součinitel prostupu tepla	[W*m ⁻¹ *K ⁻¹]
v	- rychlost	[m/s]
V	- průtok vzduchu	[m ³ /h]
Z	- tlaková ztráta	[Pa/m]
ξ	- součinitel vřazeného odporu	[-]
λ	- součinitel tepelné vodivosti	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
ρ	- hustota vzduchu	[kg/m ³]
φ	- relativní vlhkost	[%]
x	- měrná vlhkost	[g/kg]

6 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky

Obrázek 1.1 – „Le Mur Végétal“, realizace Patricka Blanca v Paříži	14
Obrázek 1.2 - Vertikální skalka v arboretu Mendelovy univerzity	15
Obrázek 1.3 - Střešní zahrada OC Nový Smíchov	15
Obrázek 1.4 - Zelená stěna v exteriéru	17
Obrázek 1.5 - Zelená stěna v interiéru	18
Obrázek 1.6 - Zelená stěna v prostoru schodiště	19
Obrázek 1.7 - Porovnání zelené stěny v interiéru a exteriéru	19
Obrázek 1.8 - Kazetový pěstební systém	20
Obrázek 1.9 - Kontejnerový pěstební systém	21
Obrázek 1.10 - Textilní pěstební systém bez substrátu	22
Obrázek 1.11 - Textilní pěstební systém se substrátem	23
Obrázek 1.12 - Textilní pěstební systém se substrátem s kapsami	23
Obrázek 1.13 - Fotosyntéza a buněčné dýchání rostlin	24
Obrázek 1.14 - Základní rozdělení způsobů chlazení budov	25
Obrázek 1.15 - Možnosti pasivního chlazení budov	25
Obrázek 1.16 - Typy stínění oken - a) Venkovní žaluzie, b) venkovní rolety, c) markýza, d) slunolam, e) vnitřní žaluzie, f) reflexní folie	26
Obrázek 1.17 - Adiabatické vlhčení HX-diagram	27
Obrázek 1.18 - Skupenské změny vody	27
Obrázek 2.1 – Řešená nadzemní podlaží budovy (2NP až 4NP)	30
Obrázek 2.3 - Varianta 2 - Průběh teplot exteriéru a interiéru	45
Obrázek 2.4 – Lamelový čtvercový anemostat	48
Obrázek 2.5 – Návrh rozměru anemostatu	48
Obrázek 2.6 – Parametry anemostatu	48
Obrázek 2.7 – Talířový ventil	49
Obrázek 2.8 - Rozměr talířového ventilu	49
Obrázek 2.9 – Parametry talířového ventilu	49
Obrázek 2.10 - Schéma úseků pro dimenzování	51
Obrázek 2.11 - Schéma VZT jednotky pro variantu 1 vytvořené programem AeroCAD	55
Obrázek 2.12 - Stručná specifikace VZT jednotky – varianta 1	56
Obrázek 2.13 - VZT jednotka varianta 1 - HX-diagram	57
Obrázek 2.14 - Schéma VZT jednotky pro variantu 2 vytvořené programem AeroCAD	58
Obrázek 2.15 - Stručná specifikace VZT jednotky – varianta 2	59
Obrázek 2.16 - VZT jednotka varianta 2 - HX-diagram	60
Obrázek 2.17 - Vzduchem chlazená chladicí jednotka Daikin	61
Obrázek 2.18 - Technické parametry chladicí jednotky Daikin	62
Obrázek 2.19 - Vnitřní kazetová klimatizační jednotka - fancoil	63
Obrázek 2.20 - Technické parametry vnitřní kazetové klimatizační jednotky Daikin	64
Obrázek 3.1 - Průběh práce při úpravách palet	74
Obrázek 3.2 - Sestavená konstrukce zelené stěny	75

Obrázek 3.3 - Rostliny použité v zelené stěně	75
Obrázek 3.4 - Zelená stěna se osazenými rostlinami.....	76
Obrázek 3.5 - Zavlažování zelené stěny	77
Obrázek 3.6 – Datalogger S3120 využívaný k měření teploty a relativní vlhkosti.....	78
Obrázek 3.7 - Sada Petriho misek při měření v interiéru	91
Obrázek 3.8 - Sada Petriho misek při měření v exteriéru	91
Obrázek 3.9 - Petriho misky po kultivaci: vlevo květen 2018, vpravo říjen 2018.....	92
Obrázek 3.10 - Měření pomocí čidel CO ₂ a O ₂	94
Obrázek 3.11 - Měření ve vzduchotěsné nádobě s kytkou.....	94

Tabulky

Tabulka 2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla	35
Tabulka 2.2 Varianta 1 - Tepelná zátěž - obvodové stěny	39
Tabulka 2.3 - Varianta 1 - Tepelná zátěž - okna, lidi, osvětlení, elektronika	40
Tabulka 2.4 Varianta 2 - Tepelná zátěž - obvodové stěny	42
Tabulka 2.5 - Varianta 2 - Tepelná zátěž - okna, lidi, osvětlení, elektronika, zelená stěna	43
Tabulka 2.6 Průtoky vzduchu.....	46
Tabulka 2.7 Návrh distribučních prvků přívodu a odvodu vzduchu	47
Tabulka 2.8 Dimenzování potrubí 2NP	52
Tabulka 2.9 Dimenzování potrubí 3NP	53
Tabulka 2.10 - Dimenzování potrubí 4NP	54
Tabulka 2.11 Přehled vnitřních klimatizačních jednotek.....	63
Tabulka 3.1 - Technická specifikace dataloggeru S3120.....	79
Tabulka 3.2 – Významné hodnoty teplot v květnu	79
Tabulka 3.3 - Významné hodnoty teplot v červenci	80
Tabulka 3.4 - Významné hodnoty teplot v říjnu	81
Tabulka 3.5 – Významné hodnoty teplot v zimě	82
Tabulka 3.6 – Významné hodnoty relativních vlhkostí v květnu	83
Tabulka 3.7 - Významné hodnoty relativních vlhkostí v červenci.....	84
Tabulka 3.8 - Významné hodnoty relativních vlhkostí v říjnu.....	85
Tabulka 3.9 – Významné hodnoty relativních vlhkostí v zimě.....	86
Tabulka 3.10 - Měrné vlhkosti vzduchu při daných teplotách.....	87
Tabulka 3.11 – Významné hodnoty měrných vlhkostí v květnu	88
Tabulka 3.12 - Významné hodnoty měrných vlhkostí v červenci	88
Tabulka 3.13 - Významné hodnoty měrných vlhkostí v říjnu	89
Tabulka 3.14 – Významné hodnoty měrných vlhkostí v zimě	90
Tabulka 3.15 - Spad na Petriho miskách KTJ/4hodiny	92
Tabulka 3.16 - Kategorie znečištění ovzduší vnitřního prostředí	93

Grafy

Graf 2.1 - Varianta 1 - Tepelná zátěž.....	41
Graf 2.2 - Varianta 2 - Tepelná zátěž.....	44
Graf 3.1 - Průběh teplot v květnu.....	79
Graf 3.2 - Průběh teplot v červenci.....	80
Graf 3.3 - Průběh teplot v říjnu	81
Graf 3.4 - Průběh teplot v zimě	82
Graf 3.5 - Průběh relativních vlhkostí v květnu	83
Graf 3.6 - Průběh relativních vlhkostí v červenci	84
Graf 3.7 - Průběh relativních vlhkostí v říjnu	85
Graf 3.8 - Průběh relativních vlhkostí v zimě	85
Graf 3.9 - Průběh měrných vlhkostí v květnu.....	87
Graf 3.10 - Průběh měrných vlhkostí v červenci	88
Graf 3.11 - Průběh měrných vlhkostí v říjnu	89
Graf 3.12 - Průběh měrných vlhkostí v zimě	90
Graf 3.13 - Průběh koncentrace CO ₂ a O ₂ v závislosti na čase	95
Graf 3.14 - Koncentrace oxidu uhličitého v průběhu 24 hodin.....	96

PŘÍLOHY

Výkresy

1. Půdorys 2.NP
2. Půdorys 3. NP
3. Půdorys 4. NP

Výstup z programu AeroCAD

1. VZT jednotka – Varianta 1
2. VZT jednotka – Varianta 2