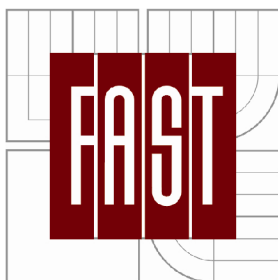


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VLIV STAVEBNÍ KONSTRUKCE NA TEPELNOU ZÁTĚŽ PROSTORU

EFFECT OF BUILDING CONSTRUCTION ON THERMAL LOAD OF SPACE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ZDEŇKA VÝRAVSKÁ

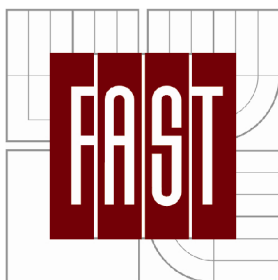
VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VLIV STAVEBNÍ KONSTRUKCE NA TEPELNOU ZÁTĚŽ PROSTORU

EFFECT OF BUILDING CONSTRUCTION ON THERMAL LOAD OF SPACE

DOKLADOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

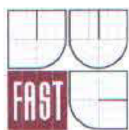
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ZDEŇKA VÝRAVSKÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2014



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

Diplomant	Bc. ZDEŇKA VÝRAVSKÁ
Název	Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013



doc. Ing. Jirí Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, 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 (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

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)

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozsahu studie projektu: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

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

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

C1. Matematicko – fyzikální řešení a následné zpracování výsledků

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování postihující zadanou problematiku.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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


.....
doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vlivem obvodové konstrukce na tepelnou zátěž prostoru. Posuzován je vliv průsvitné i neprůsvitné konstrukce. Pro dvě varianty průsvitné konstrukce je zpracován projekt vzduchotechnického systému. Je zde vypočítána pořizovací cena vzduchotechnického systému, cena zasklení a úspora na letním chlazení. Následně je také stanovena doba prosté návratnosti. Návrh systému vzduchotechniky navazuje na mou bakalářskou práci, „Vzduchotechnika autosalonu“, jejímž předmětem byl návrh vzduchotechniky pro autosalon.

Klíčová slova

Tepelná zátěž, tepelný zisk, zasklení, průsvitná konstrukce, neprůsvitná konstrukce, přenos tepla, sluneční radiace, klimatizace, teplovzdušné větrání, chlazení, distribuční prvky, proudění vzduchu, dimenzování potrubí, útlum hluku, návratnost investice

Abstract

This master's thesis focuses on effect of outer building construction on thermal load of space. The effect of translucent and non-translucent construction is discussed. The project of air-conditioning system is prepared for the two alternatives of the translucent construction, including the purchase price of the airconditioning system and glazing and the savings on summer cooling. Afterwards the period of the recovery of investment is calculated. The plan of the airconditioning system is connected to my bachelor's thesis "Airconditioning in the car showroom", the subject of which was the plan of the airconditioning system of the car showroom.

Keywords

Thermal load, heat gains, glazing, translucent construction, non-translucent construction, heat transfer, solar radiation, airconditioning, hot air-ventilation, cooling, distribution units, air flow, sizing pipeline, noise reduction, recovery of investment

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Zdeňka Výravská *Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru*. Brno, 2014. 138 s., 22 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11.1.2014

.....
podpis autora
Bc. Zdeňka Výravská

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11.1.2014

.....
podpis autora
Bc. Zdeňka Výravská

Poděkování

Děkuji touto cestou vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Aleši Rubinovi, Ph.D. za odborné konzultace, ochotu a trpělivost při vedení mé práce.

OBSAH

Úvod	12
A) Analýza tématu, cíle a metody řešení.....	13
1. Analýza tématu.....	15
2. Legislativní požadavky.....	16
3. Cíl práce a zvolené metody řešení.....	18
4. Aktuální technická řešení v praxi.....	19
4.1. Přirozené stínění.....	19
4.2. Stínící prvky.....	19
4.3. Fólie a tepelná zrcadla.....	20
4.4. Transparentní izolace.....	22
5. Teoretické řešení.....	23
5.1. Prostup tepla stěnou.....	23
5.2. Tepelné zisky radiací.....	30
B) Matematicko-fyzikální řešení.....	34
1. Úvod.....	36
2. Vliv parametrů skla na tepelnou zátěž.....	37
2.1. Výpočet charakteristik skel.....	38
2.2. Tepelné zátěže pro jednotlivé varianty.....	39
2.3. Tepelné zátěže v průběhu roku.....	47
2.4. Tepelné ztráty pro jednotlivé varianty.....	48
2.5. Vyhodnocení.....	50
2.6. návratnost.....	51
3. Vliv neprůsvitné obvodové konstrukce na tepelnou zátěž.....	53
3.1. Výpočet charakteristik neprůsvitných obvodových konstrukcí.....	54
3.2. Tepelné zátěže pro jednotlivé varianty.....	55
3.3. Vyhodnocení.....	67
3.4. Tepelné zátěže bez oken a vnitřních zisků.....	68
C) Aplikace tématu na zadané budově.....	71
1. Úvod.....	73
2. Průtoky vzduchu.....	74
3. Distribuční prvky.....	75
3.1. Varianta A.....	75
3.2. Varianta B.....	79
4. Další prvky rozvodů VZT.....	82
4.1. Varianta A.....	82
4.2. Varianta B.....	87
5. Dimenzování potrubí.....	92
5.1. Varianta A.....	92
5.2. Varianta B.....	95
6. VZT jednotky.....	98

6.1. Porovnání velikostí jednotek varianty A a B.....	98
6.2. Varianta A.....	99
6.3. Varianta B.....	103
7. Útlum hluku.....	107
7.1. varianta A.....	108
7.2. Varianta B.....	114
8. Izolace potrubí.....	120
8.1. Varianta A.....	120
8.2. Varianta B.....	124
9. Stručná technická zpráva.....	125
9.1. Úvod.....	125
9.2. Základní koncepční řešení.....	125
9.3. Popis technického řešení.....	126
9.4. Měření a regulace.....	126
9.5. Závěr.....	128
10. Funkční schéma zapojení.....	129
11. Specifikace a nacenění zařízení.....	130
11.1. Varianta A.....	130
11.2. Varianta B.....	132
12. Ekonomické zhodnocení.....	134
Závěr.....	135
Seznam použitých zdrojů.....	136
Seznam příloh.....	138

ÚVOD

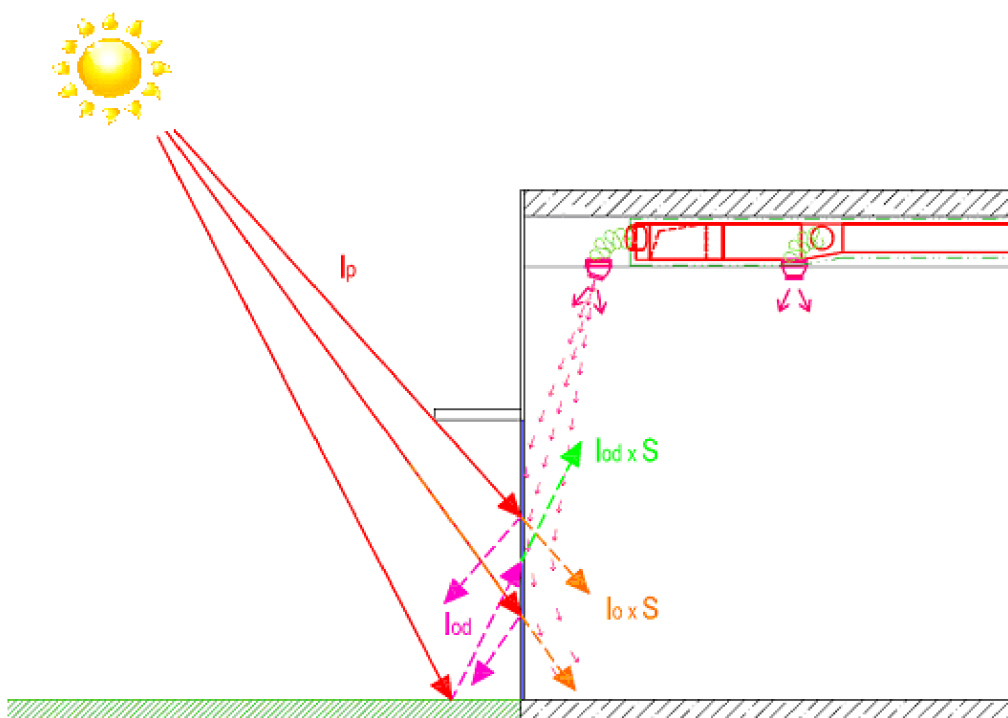
Diplomová práce se zabývá vlivem obvodových konstrukcí na tepelnou zátěž prostoru. Řešení této problematiky je aplikováno na budovu autosalonu umístěnou v Brně z čehož vyplývají klimatické podmínky. Řešenou místností je showroom, jejíž obvodovou konstrukcí z 51% tvoří prosklené plochy.

Práce navazuje na bakalářskou práci: Vzduchotechnika autosalonu. (zdroj [1])

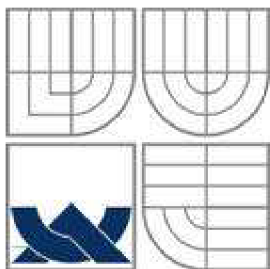
V části analýza tématu je nejprve představena budova kterou se práce zabývá. Dále jsou zde uvedena možná technická řešení snížení tepelných zátěží zejména radiací. V této části se práce také zabývá teoretickým řešením problematiky tepelných zátěží. Je zde popsána problematika vedení a přestupu tepla. Uvedeny jsou způsoby výpočtu, jak pro dominantní tepelné zisky radiací prosklenými plochami, tak pro tepelné zisky neprůsvitnými konstrukcemi.

V části matematicko – fyzikální řešení je řešená místnost modelována v simulačním programu TERUNA v1.5b. Simulován a porovnáván je vliv neprůsvitných obvodových konstrukcí i prosklených částí. Zjišťuje se vliv na velikost a průběh jak tepelných zátěží, tak teplot bez strojního chlazení, dané místnosti. Jsou zde uvedeny průběhy sledovaných veličin během jednoho dne i během delšího sledovaného období.

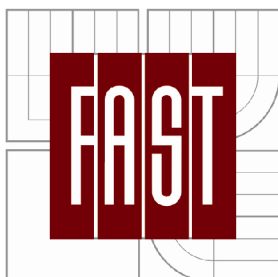
Navazující aplikace tématu je řešením vzduchotechnického systému pro dvě varianty zasklení fasády. Jsou zde porovnány potřebné průtoky vzduchu a následně potřebná velikost a cena celého vzduchotechnického systému. Ekonomický rozbor obou variant a prostá návratnost jsou řešeny pro letní období.



Obr. 1: Schéma tepelných zisků a větrání místnosti



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VLIV STAVEBNÍ KONSTRUKCE NA TEPELNOU ZÁTĚŽ PROSTORU

EFFECT OF BUILDING CONSTRUCTION ON THERMAL LOAD OF SPACE

A) ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ZDEŇKA VÝRAVSKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

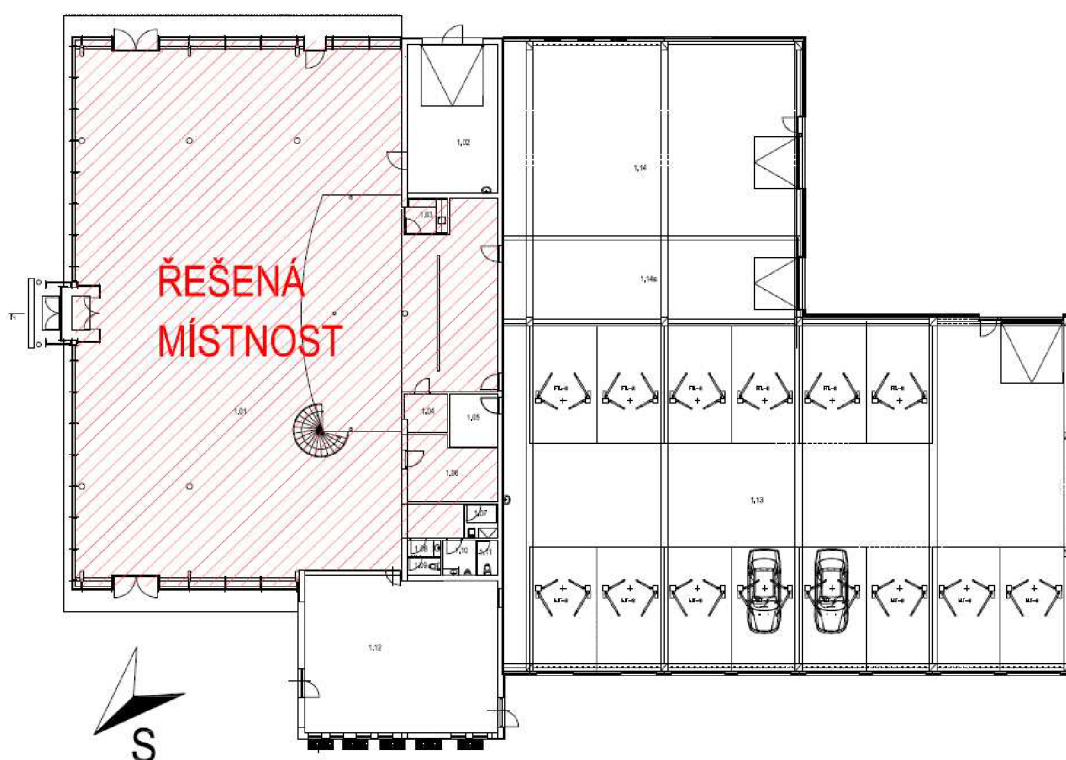
BRNO 2014

OBSAH

A) Analýza tématu, cíle a metody řešení.....	13
1. Analýza tématu.....	15
2. Legislativní požadavky.....	16
3. Cíl práce a zvolené metody řešení.....	18
4. Aktuální technická řešení v praxi.....	19
4.1. Přirozené stínění.....	19
4.2. Stínící prvky.....	19
4.3. Fólie a tepelná zrcadla.....	20
4.4. Transparentní izolace.....	22
5. Teoretické řešení.....	23
5.1. Prostup tepla stěnou.....	23
5.2. Tepelné zisky radiací.....	30

1. ANALÝZA TÉMATU

Celá práce je aplikována na budovu autosalonu v Brně. Budova má dvě nadzemní podlaží, střecha je řešena jako plochá. V prvním nadzemním podlaží se nachází mechanická dílna, školící místnost, strojovna VZT a showroom, která zasahuje i do druhého podlaží. V druhém nadzemním podlaží jsou kanceláře. Simulace byly prováděny pro místnost ve které se vystavují prodávaná auta – showroom. Výška místnosti je 7,75m. Obvodové stěny jsou, z důvodu co největší možnosti prezentace aut, do výšky 4,5m zaskleny. Celá místnost je situována na SV straně objektu. Prosklená část fasády se nachází na třech stranách místnosti, tedy na SZ, SV a JV. Pro zmírnění extrémních tepelných zátěží radiací jsou nad prosklenou částí fasády instalovány slunolamy o vyložení 1,5m.



Obr. 2: Dispozice řešeného prostoru

Ve výpočtu tepelných zátěží je započítán tepelný tok prostupem průsvitných i neprůsvitných konstrukcí a tepelný tok radiací průsvitnými konstrukcemi. Kvůli velkému procentu prosklených ploch je pro tepelné zisky dominantní tepelný tok radiací. Převažující orientace prosklených ploch na jih způsobuje největší tepelnou zátěž v dopoledních hodinách. Jelikož potenciálního investora nezajímá procentuální vliv konstrukcí, nýbrž velikost investice a doba návratnosti, je provedena ekonomická analýza a výpočet prosté návratnosti pro dvě varianty. Varianty jsou zvoleny tak, aby rozdíl jejich vlivů byl významný a aby použití obou variant bylo pro investora přijatelné. Obě varianty jsou v praxi běžně používané.

2. LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY

Pro navrhování pozemních staveb, vzduchotechnických systémů a jimi vytvářeného interního mikroklimatu je třeba se řídit legislativními požadavky. Zde jsou uvedeny nejdůležitější z nich.

Z hlediska tepelných ztrát uvádí norma ČSN 730540 (zdroj [19]) požadované hodnoty součinitelů prostupu tepla pro různé konstrukce. Pro letní období tato norma žádné konkrétní požadavky na obvodové stěny ani na výplně otvorů nemá. Uvádí však požadavky na teplotu v místnosti a na intenzitu výměny vzduchu.

Nejvyšší dovolené denní teploty vzduchu v místnosti v letním období dle normy ČSN 730540 jsou uvedeny v tabulce č. 1. Pokud tyto teploty nejsou dodrženy, je třeba navrhnout strojní chlazení.

Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní ¹⁾		27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	– do 25 W/m ³ včetně	29,5
	– nad 25 W/m ³	31,5
¹⁾ U obytných budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2 °C na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí.		

Tabulka 1: Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období z ČSN 730540-2 (zdroj [19])

Požadovaná intenzita větrání užívané místnosti musí splňovat:

$$n \geq n_N$$

kde:

n – intenzita výměny vzduchu [h⁻¹]

n_N – požadovaná intenzita výměny vzduchu podle typu provozu [h⁻¹]

Základní požadavky pro pracovní prostředí udává nařízení vlády č. 361/2007 Sb. (se změnami 68/2010 Sb. a 93/2012 Sb.), kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Tato norma rozděluje práci do tříd podle průměrného energetického výdeje a následně udává pro jednotlivé třídy požadavky na vnitřní prostředí. V tabulce č.1 jsou uvedeny třídy práce, do kterých mohou spadat zaměstnanci autosalonu.

Třída práce	Druh práce	M (W.m ⁻²)
I	Práce vsedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, kancelářské administrativní práce, práce s PC, sestavování nebo třídění drobných lehkých předmětů.	≤ 80
IIa	Práce převážně vsedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží, řízení osobního vozidla, přesouvání lehkých břemen, kusová práce nástrojářů a mechaniků, pokladní.	81 až 105
IIb	Práce spojená s řízením nákladního vozidla, traktoru, autobusu, Převažující práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou - mechanici, strojní opravy a montáž středně těžkých dílců, práce na ručním lisu. Práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou spojená s přenášením břemen do 10 kg, prodavači, lakýrníci.	106 až 130
IIIa	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin občas v předklonu nebo v kleče, chůze -údržba strojů, mechanici, občasné přenášení břemen do 15kg,	131 až 160

Tabulka 2: Třídy práce podle celkového průměrného energetického výdeje (M) vyjádřené v brutto hodnotách a ztráta tekutin za osmihodinovou směnu z NV361/2007 (zdroj [22])

Požadavky na přípustné hodnoty nastavení mikroklimatických podmínek pro klimatizované pracoviště třídy I a IIa jsou uvedeny v tabulce č. 3. V řešené místnosti showroom se dá předpokládat převážně práce třídy IIa.

Třída práce	M [W.m ⁻²]	Kategorie	Klimatizované pracoviště				V _a [m.s ⁻¹]	Rh [%]
			nastavení vytápění		nastavení chlazení			
			Tepelný odpor oděvu 1,0 clo		Tepelný odpor oděvu 0,5 clo			
			t _{omin} (t _{gmin}) [°C]		t _{omin} (t _{gmin}) [°C]			
I	≤80	A	22	±1,0	24,5	±1,0	0,05 až 0,2	30 až 70
		B		±1,5		+1,5 -1,0		
		C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0		
IIa	81-105	A	20	±1,0	23	±1,0		
		B		±1,5		+1,5 1,0		
		C		+2,5 -2,0		+2,5 -2,0		

Tabulka 3: Přípustné hodnoty nastavení mikroklimatických podmínek pro klimatizované pracoviště třídy I a IIa (zdroj [22])

Nařízení vlády 361/2007 dále udává požadavky na větrání pracovišť dle tříd práce. Základní požadavky minimálního množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště:

- 25 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa
- 70 m³/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd IIb, IIIa nebo III

3. CÍL PRÁCE A ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ

Cílem práce je sledovat a porovnávat změny velikosti a časového průběhu tepelných toků a teplot při změnách fyzikálních vlastností průsvitných i neprůsvitných obvodových konstrukcí ve zvolené místnosti. Všechny změny jsou sledovány v letním období. Dále je cílem využití těchto poznatků pro praktický návrh vzduchotechnického systému ve více variantách. Následná ekonomická analýza těchto variant by měla odhalit zda se vyplatí investovat do obvodových konstrukcí s lepšími vlastnostmi, obzvláště do skel. Budou zde porovnány náklady na pořízení a na následný provoz obou variant.

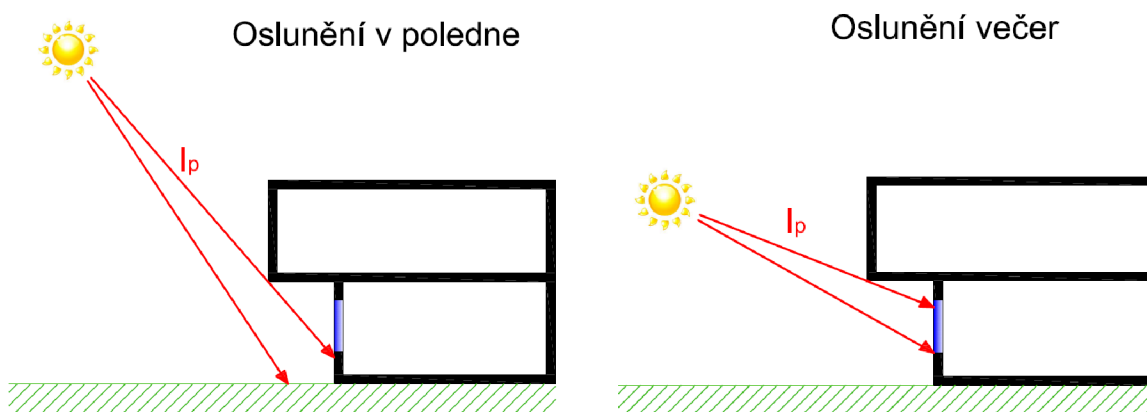
Pro řešení byl zvolen dynamický simulační software TERUNA (zdroj [8]). Software řeší tepelné chování zvolené místnosti tedy zejména toky do a z místnosti, teploty v místnosti a podobně. Software používá numerické metody řešení. Výpočet vedení tepla je proveden Schmidtovou metodou. Metodika výpočtu odpovídá požadavkům platné ČSN EN ISO 13792.

4. AKTUÁLNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ V PRAXI

Protože tepelné zátěže v letním období jsou dominantní oknem radiací, je na trhu mnoho výrobků které se více či méně úspěšně snaží toto eliminovat. Mimo dobrého architektonického návrhu, kdy si stavba stíní sama sobě, existují i různé slunolamy, žaluzie, protisluneční fólie a podobně. Při zastíňování prosklených ploch však také nesmíme zapomínat na to, aby bylo splněno denní osvětlení dle normy ČSN 730580 – Denní osvětlení budov. Kritériem světelného stavu vnitřního prostředí je činitel denní osvětlenosti D [%].

4.1. Přirozené stínění

Velice vhodným řešením jak předcházet nadměrným tepelným zátěžím je stínit okna přirozeně, tedy buď přímo budovou samotnou nebo vysazením vhodných dřevin ve vhodných vzdálenostech. Příklad správného architektonického řešení je na obrázku č. 3. Okno je situováno na jihozápad. V poledne, kdy je intenzita sluneční radiace největší, okno zcela zastíní horní podlaží. Oproti tomu večer, kdy je slunce níže na obloze a intenzita radiace není už tak velká, je místnost prosluněna. Tohoto se využívá i pro letní a zimní období. V létě je slunce na obloze vysoko a tak se přímé sluneční záření do okna nedostane. V zimě kdy je naopak slunce nížko a pronikání jeho záření přímo do okna je žádoucí, se paprsky přímo do okna dostanou.



Obr. 3: Správné architektonické řešení přirozeného stínění, oslunění v poledne a večer

Stínění pomocí stromů je také velice výhodné obzvláště jsou-li stínícími prvky stromy listnaté. Protože v létě, kdy potřebujeme co největší stín, mají stromy listy, kterými slunce nepronikne. Naopak v zimě, kdy je sluneční záření žádoucí, jimi snadno pronikne holými větvemi. Nevýhodou stínění pomocí stromů je dlouhá čekací doba než vyrostou do dostatečné velikosti aby byly schopny objekt zastínit. Velkou výhodou je ekonomičnost tohoto řešení.

4.2. Stínící prvky

Další variantou řešení jsou slunolamy a markýzy umístěné většinou nad oknem. Princip je v podstatě stejný jako u stínění přirozeného. Dnes se vyrábí slunolamy, které je možné operativně zvětšovat a zmenšovat. Nebo jsou tvořeny z jednotlivých nastavitelných lamel a pootáčením lamel si uživatel může nastavit míru dopadajícího slunečního záření do okna.

Asi nejběžnějším stínícím prvkem jsou žaluzie a závěsy. Nejúčinnější jsou žaluzie vnější, jejich stínící součinitel se pohybuje okolo hodnoty 0,15. Méně účinné jsou žaluzie meziokenní, stínící součinitel 0,5. Nejmenší účinnost mají žaluzie vnitřní ($s=0,6$) a závěsy ($s=0,8$).

Dnes jsou na trhu novinky ve stínících prvcích jako je například systém od firmy Colt. Kdy jsou ve stínících prvcích zabudovány fotovoltaické články. Stínící prvky i fotovoltaické články mají snahu být natočeny kolmo ke slunečním paprskům kdy je jejich efekt maximální. Ukázka takového systému je na obrázku č. 4.



Obr. 4: Stínící prvky s fotovoltaickými články (zdroj [3])

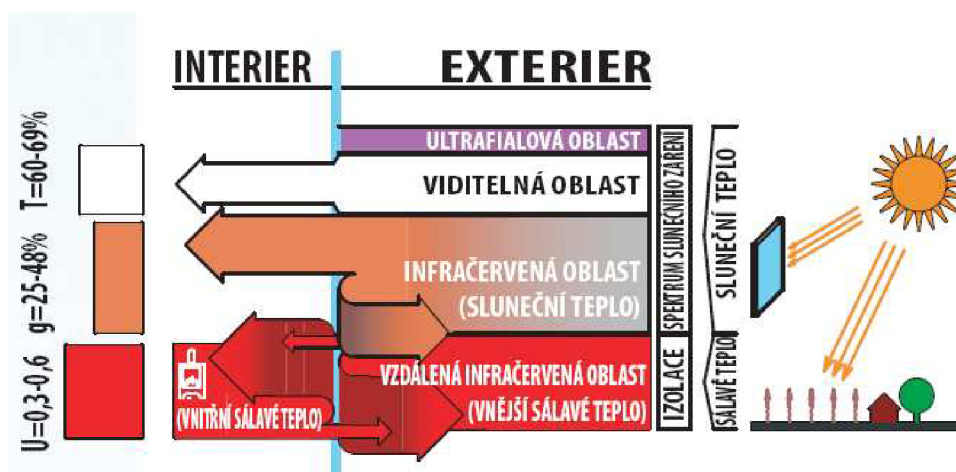
4.3. Fólie a tepelná zrcadla

Zastínění prosklených konstrukcí se dá řešit také pomocí protislunečních fólií, které se mohou nalepovat na sklo a nebo fólií heat mirror (tepelné zrcadlo), které jsou zabudované přímo v konstrukci skla.

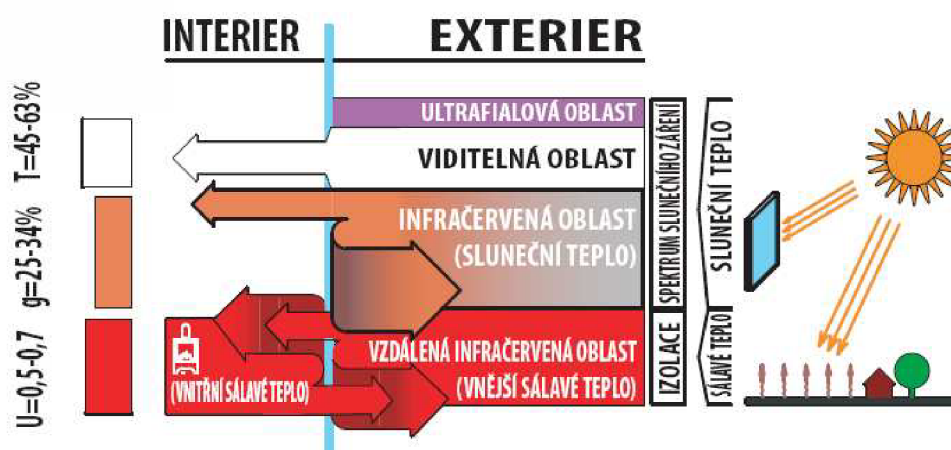
Nalepovací fólie se vyrábí v různých provedeních a z toho se odvíjí i jejich stínící součinitel. Nejmenší stínící součinitel, tedy i nejmenší solární zisky mají fólie nalepené z exteriéru a zrcadlivé. Jsou to takové fólie přes které můžeme vidět ven, ale ne dovnitř. Dalšími jsou zrcadlivé z interiéru se středním stínícím součinitelem. Největší solární zisky vykazují fólie nezrcadlivé nalepené z interiéru. Celkově se stínící součinitel těchto fólií pohybuje od 0,25 do 0,8. Výhodou nalepovacích fólií je možnost dodatečné instalace na původní sklo. Nevýhodou je, že většina fólií je zbarvena a tudíž propouští méně viditelného světla.

Mnohem zajímavější jsou fólie heat mirror (tepelné zrcadlo), které jsou zabudované přímo ve skle a ovlivňují tedy jeho vlastnosti. Zatímco stínící součinitel běžného dvojskla je pohybuje okolo 0,8 – 0,9, skla s tepelnými zrcadli dosahují hodnot mnohem nižších. Skla s těmito fóliemi jsou určena jak pro snížení tepelných ztrát v zimě, tak pro omezení tepelných zátěží v létě. Například dvojsklo s běžnou fólií heat mirror má stínící součinitel kolem 0,5. Sklo se speciální fólií primárně určenou k omezení tepelných zisků dosahuje hodnoty stínícího

součinitele až 0,35. Na obrázku č. 5 je charakteristika přenosu tepelné energie sklem s běžným tepelným zrcadlem, na obrázku č. 6 se speciální protisluneční ochranou. Je zde vidět, že oblast viditelného světla pronikajícího do interiéru se téměř nezmění, zatímco oblast infračerveného záření, které ohřívá místnost je u protislunečního skla značně zmenšena.



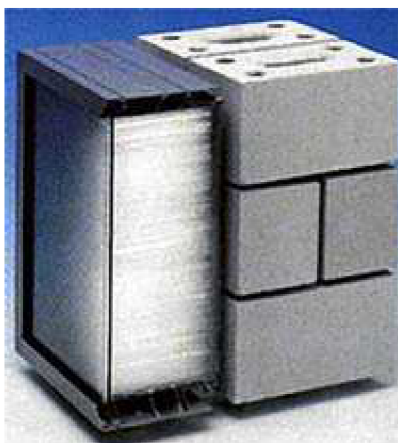
Obr. 5: Přenos tepelné energie sklem s tepelným zrcadlem (zdroj [9])



Obr. 6: Přenos tepelné energie sklem se speciálním protislunečním tepelným zrcadlem (zdroj [9])

4.4. Transparentní izolace

I když tepelné zátěže neprůsvitnými konstrukcemi jsou oproti zátěži radiací okny mnohem menší, přesto v některých případech mohou být problémem. Jedním z možných řešení jsou transparentní izolace. Jsou to izolace které mají nejen dobré tepelně izolační vlastnosti, ale jsou i propustné pro sluneční záření zejména v zimním období. Izolace je tvořena tenkými trubičkami na bázi skla (obr.č. 7). Tyto trubičky propouští sluneční paprsky pouze pod úhlem do cca 25 stupňů. Tím je umožněn ohřev zateplení pouze na podzim, v zimě a na jaře, kdy se slunce pohybuje nízko.



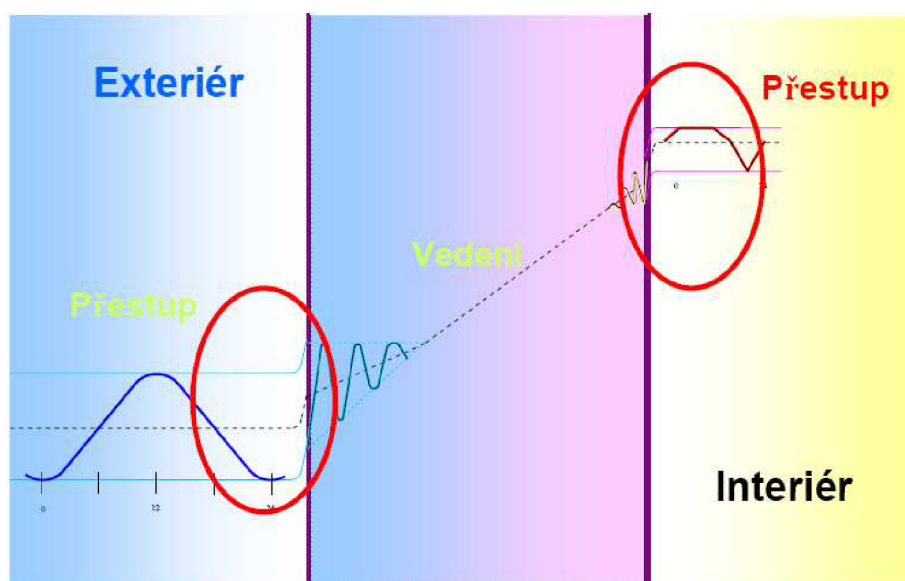
Obr. 7: Transparentní tepelná izolace (zdroj [3])

5. TEORETICKÉ ŘEŠENÍ

Při výpočtu tepelné zátěže místnosti se uplatní celá řada fyzikálních dějů. Je třeba vyřešit sdílení tepla kondukcí, konvekcí i radiací. Děje je možno řešit za méně přesného, ale jednoduššího, stacionárního stavu, což znamená, že se teplota v konkrétním prostorovém bodě v čase nemění. Nebo za nestacionárního stavu kdy je teplota s časem proměnná.

5.1. Prostup tepla stěnou

Při prostupu tepla stěnou se uplatní dva fyzikální mechanismy, jsou to vedení tepla a dva přestupy. Je to znázorněno na obrázku č 8.



Obr. 8: Schéma prostupu tepla stěnou (zdroj [2])

5.1.1. Vedení tepla

Jedná se o sdílení tepla kondukcí tj. vedením. Vedení existuje nejen v pevných látkách, ale i v tekutinách bez proudění. Jedná se o neuspořádaný pohyb molekul, kdy teplejší molekuly naráží do chladnějších a předávají jim kinetickou energii (fotonová vodivost). V kovech nedochází jen k předání energie mezi molekulami, ale také k předávání elektronů (elektronová vodivost). Proto kovové materiály mnohem lépe vedou teplo. Existují tři zásadní fyzikální vlastnosti materiálů ovlivňující vedení tepla. Jsou to:

- součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] vyjadřující jaký tepelný tok projde 1m^2 při teplotním spádu 1K
- měrná tepelná kapacita c [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$], která říká kolik tepla je třeba dodat 1kg látky aby se jeho teplota zvedla o 1K
- teplotní vodivost a [m^2s^{-1}], vyjadřující schopnost látky vyrovnávat teploty v tělese

Vedení tepla je popsáno Fourierovou rovnicí vedení tepla. Obecná rovnice pro 3D vedení tepla pro časově neustálený stav zahrnující vnitřní zdroj tepla:

$$\frac{\delta}{\delta x} \left(\lambda \frac{\delta T}{\delta x} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(\lambda \frac{\delta T}{\delta y} \right) + \frac{\delta}{\delta z} \left(\lambda \frac{\delta T}{\delta z} \right) + Q_{zdr} = \rho \cdot c \frac{\delta T}{\delta \tau}$$

kde:

$\frac{\delta}{\delta x} \left(\lambda \frac{\delta T}{\delta x} \right)$ - člen vyjadřující tepelný tok ve směru x

Q_{zdr} - vnitřní zdroj tepla

$\rho \cdot c \frac{\delta T}{\delta \tau}$ - člen vyjadřující změnu teploty v čase

V praxi však nejčastěji používáme zjednodušenou rovnici pro vedení tepla 1D bez vnitřních zdrojů pro časově ustálený teplotní stav:

$$\frac{\delta}{\delta x} \left(\lambda \frac{\delta T}{\delta x} \right) = 0$$

Z čehož vyplývá rovnice pro výpočet měrného tepelného toku stěnou:

$$q = \frac{(t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i}} \quad [\text{W/m}^2]$$

kde:

q – měrný tepelný tok [W/m^2]

t_1 – teplota na vnějším povrchu stěny [$^{\circ}\text{C}$]

t_2 – teplota na vnitřním povrchu stěny [$^{\circ}\text{C}$]

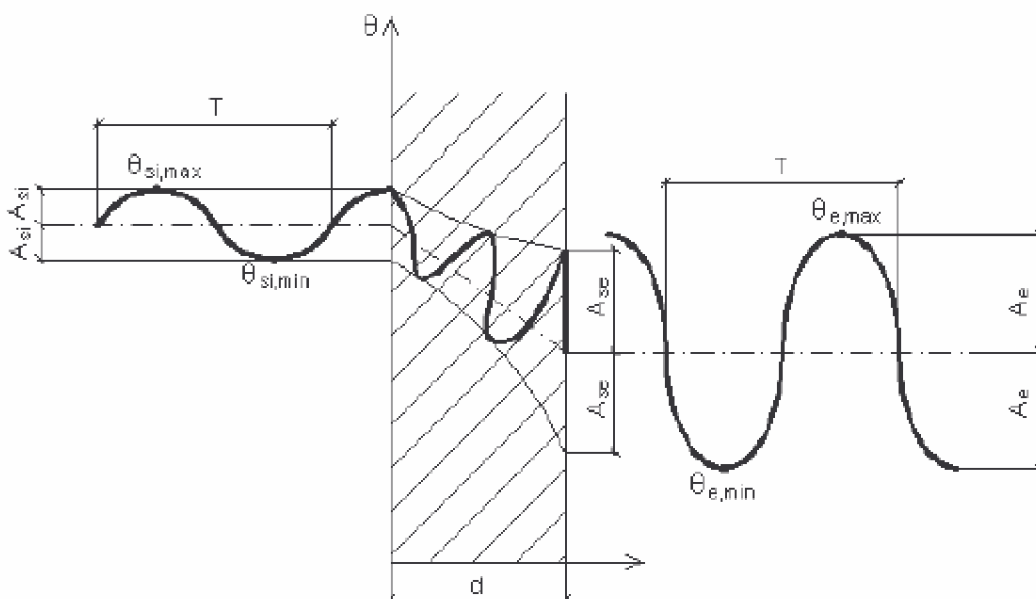
d_i – tloušťka i- té vrstvy stěny [m]

λ_i – součinitel tepelné vodivosti i-té vrstvy stěny [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]

Zjednodušený výpočet tepelné zátěže vnějšími stěnami

Při výpočtu tepelných zisků podle normy ČSN 730548 (zdroj [20]) je třeba nejprve určit čas ve kterém budou tepelné zisky maximální. Toto se zpravidla určuje podle velikosti a orientace prosklených částí k jednotlivým světovým stranám. Následně je třeba určit tepelné zisky vnějšími stěnami v tuto hodinu.

Stěny na osluněné straně objektu mají velmi vysoké povrchové teploty. Jelikož podle své tloušťky vykazují různé fázové posuny teplotních kmitů je to při výpočtu potřeba také zohlednit. Schéma harmonického kolísání teplotních kmitů na povrchu a uvnitř konstrukce je na obrázku č. 9. Je zde dobře patrné, že maximální teplota na vnějším povrchu se projeví na povrchu vnitřním se zpožděním. Toto zpoždění nazýváme právě výše zmíněným fázovým posunem teplotních kmitů.



Obr. č. 9: Harmonické kolísání teplotních kmitů na povrchu a uvnitř konstrukce (zdroj [6])

Pro výpočet tepelných zátěží lze stěny rozdělit do tří kategorií:

- **Stěny lehké** – tloušťka stěny přibližně do 0,08m. Jejich tepelná kapacita a tudíž i fázové posunutí je tak malé, že je lze zanedbat a vedení tepla považovat za ustálené. Výpočet tepelného toku:

$$Q_S = U_S \cdot S \cdot (t_r - t_i) \quad [\text{W}]$$

kde:

Q_S – tepelný tok stěnou [W]

U_S – součinitel prostupu tepla [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

S – plocha stěny s odečtenými otvory [m^2]

t_r – rovnocenná sluneční teplota vnějšího vzduchu pro určenou hodinu [$^{\circ}\text{C}$]

t_i – teplota vzduchu v interiéru [$^{\circ}\text{C}$]

- **Stěny středně těžké** – tloušťka stěny od 0,08m do 0,45m. Kolísání teplot je již nezanedbatelné. Výpočet tepelného toku:

$$Q_S = U_S \cdot S \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] \quad [\text{W}]$$

kde:

Q_S – tepelný tok stěnou [W]

U_S – součinitel prostupu tepla [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

S – plocha stěny s odečtenými otvory [m^2]

t_{rm} – průměrná rovnocenná sluneční teplota vnějšího vzduchu za 24 hodin [$^{\circ}\text{C}$]

t_i – teplota vzduchu v interiéru [$^{\circ}\text{C}$]

$t_{r\psi}$ – rovnocenná sluneční teplota vnějšího vzduchu v době o ψ hodin dřív [$^{\circ}\text{C}$]

m – součinitel zmenšení teplotního kolísání

Fázové posunutí teplotního kmitu lze podle vlastností stěny odečíst z diagramu v ČSN 730548 (zdroj [20]) nebo pro průměrné vlastnosti stěny vypočítat pomocí přibližného vztahu:

$$\psi \cong 32 \cdot \delta - 0,5 \quad [\text{h}]$$

kde:

δ – tloušťka stěny [m]

Výpočet součinitele zmenšení teplotního kolísání:

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

kde:

δ – tloušťka stěny [m]

- **Stěny těžké** – tloušťka stěny nad 0,45m. Mají tak vysokou tepelnou kapacitu, že kolísání na vnitřním povrchu lze zanedbat. Tepelný tok se vypočte pomocí průměrné rovníocenné sluneční teploty:

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

kde:

Q_s – tepelný tok stěnou [W]

U_s – součinitel prostupu tepla [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

S – plocha stěny s odečtenými otvory [m^2]

t_{rm} – průměrná rovníocenná sluneční teplota vnějšího vzduchu za 24 hodin [$^\circ\text{C}$]

t_i – teplota vzduchu v interiéru [$^\circ\text{C}$]

5.1.2. Přestup tepla

Přestup tepla je forma přenosu energie z tekutiny na pevné těleso. Uplatní se zde pohyb molekul, zpravidla prouděním z místa s teplotou t_1 do místa s teplotou t_2 . Známe dvě formy pohybu molekul. Prvním je kondukce, kdy se jedná o náhodný neuspořádaný pohyb molekul. Druhou formou je advekce, což je makroskopický pohyb celých shluků molekul. Spojení těchto dějů tvoří konvekci. Konvektivní přenos tepla lze vyjádřit Newtonovým ochlazovacím zákonem:

$$q = \alpha(T_w - T_\infty) \quad [\text{W}/\text{m}^2]$$

kde:

q – měrný tepelný tok [W/m^2]

T_w – teplota na povrchu pevné látky [K]

T_∞ – teplota okolní tekutiny [K]

α – součinitel přestupu tepla [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

Zásadní veličinou je součinitel přestupu tepla, závisí na vlastnostech tekutiny, tvaru obtékaného povrchu a zejména na rychlosti proudění. Jeho hodnotu stanovíme pomocí Nuseltova čísla:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{L} \quad [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$$

kde:

Nu – Nuseltovo číslo

λ – součinitel tepelné vodivosti tekutiny [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]

L – charakteristický rozměr [m]

Podle toho jestli se jedná o přirozenou, volnou nebo kombinovanou konvekci je Nuseltovo číslo závislé na dalších kritériích.

- obecný případ konvekce: $Nu=f(Re, Pr, Gr, Fo)$
- nucená konvekce: $Nu=f(Re, Pr); Gr=0$
- volná konvekce: $Nu=f(Gr, Pr); Re=0$

Význam a výpočet jednotlivých kritérií:

- Reynoldsovo kritérium – určuje charakter nuceného proudění. Vyjadřuje poměr setrvačných a třecích sil. Čím je vyšší, tím nižší je vliv třecích sil mezi molekulami látky a proudění se stává nestacionárním a turbulentním.

$$Re = \frac{w \cdot L}{\nu}$$

kde:

w – rychlost proudící tekutiny [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

L – charakteristický rozměr [m]

ν – kinematická viskozita tekutiny [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

- Prandtlovo kritérium – je to látková vlastnost, tabeluje se. Vyjadřuje poměr rychlosti nárůstu hydrodynamické (rychlostní) a tepelné mezní vrstvy.

$$Pr = \frac{\nu}{a}$$

kde:

a – teplotní vodivost [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

ν – kinematická viskozita tekutiny [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

- Grasthofovo kritérium – určuje charakter volného proudění. Vyjadřuje podobnost vztlakových a setrvačných sil. Zahrnuje vliv gravitačních sil.

$$Gr = \beta \cdot \Delta T \frac{g \cdot L^3}{\nu^2}$$

kde:

β – součinitel objemové roztažnosti [-]

ΔT – rozdíl teplot tekutiny [K]

g – gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

L – charakteristický rozměr [m]

ν – kinematická viskozita tekutiny [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

- Fourierovo kritérium – uplatňuje se při popisu neustáleného proudění. Je závislé na čase.

$$Fo = \frac{\lambda \cdot t}{\rho \cdot c_p \cdot L^2}$$

kde:

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

t – čas [s]

ρ – objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

c_p – měrná tepelná kapacita [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

L – charakteristický rozměr [m]

Pro praktické výpočty tepelného toku konvekcí používáme součinitel přestupu tepla dle normy ČSN 730540. Tento zjednodušený výpočet zanedbává vliv větru, tedy chyba je zejména na straně exteriéru, kde se dají předpokládat proměnné podmínky.

Tabulka č.4 udává hodnoty odporu při přestupu tepla na vnější i vnitřní straně bez povrchové kondenzace. Vztah mezi součinitelem přestupu tepla a odporem při přestupu tepla:

$$\alpha = \frac{1}{R} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

kde:

α – součinitel přestupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

R – odpor při přestupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]

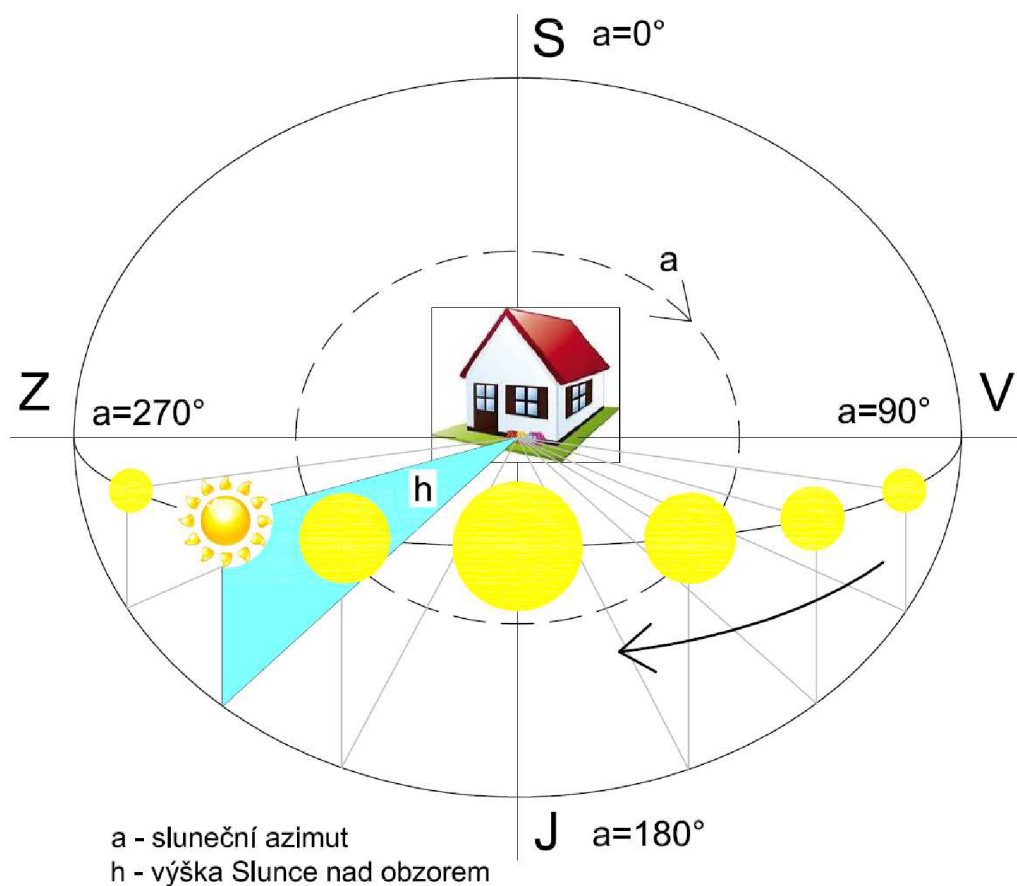
Klimatické období	Druh konstrukce a povrch konstrukce	Tvar a orientace povrchu konstrukce	Odpor při přestupu tepla $R_{si}, R_{se}, R_{se}', R_{sik}$ $m^2 \cdot K/W$		
			pro výpočty šíření vlhkosti a rizika růstu plísní	pro výpočty šíření tepla	
1	2	3	4	5	
Zimní	Vnější povrch stavební konstrukce a výplně otvoru		0,04	0,04	
Zimní , při nadmořské výšce nad 1000m n. m			0,03	0,03	
Letní			0,07	0,07	
Zimní i letní	Vnitřní povrch stavební konstrukce	Svislý povrch		0,25	0,13
		Vodorovný povrch Při tepelném toku	zdola nahoru	0,25	0,10
			shora dolů	0,25	0,17
		Svislý kout		0,25	0,19
		Vodorovný kout		0,25	0,21
	Vnitřní povrch výplně otvoru	Svislý povrch, nebo povrch se sklonem od 90° do 60° od vodorovné roviny		0,13	0,13
		Vodorovný povrch, nebo povrch se sklonem od 0° do 60° od vodorovné roviny		0,13	0,10
		Vodorovný povrch Při tepelném toku	zdola nahoru	0,13	0,10
			Shora dolů	0,13	0,17
		Svislý kout		0,13	0,20
		Vodorovný kout		0,13	0,20

Tabulka 4: Návrhové hodnoty odporu při přestupu tepla na vnější straně konstrukce a na vnitřní straně konstrukce bez povrchové kondenzace (zdroj [19])

5.2. Tepelné zisky radiací

Dominantní tepelné zátěže jsou průsvitnými konstrukcemi, kdy počítáme nejen tepelné zisky prostupem, ale zejména sluneční radiací.

Pro výpočet tepelných zisků sluneční radiací je nutno určit polohu Slunce v konkrétní den a čas. Toto se určuje pomocí slunečních souřadnic, tedy výškou slunce nad obzorem h , slunečním azimutem a a sluneční deklinací δ . Norma ČSN 730548 (zdroj [20]) uvádí hodnoty slunečních souřadnic vždy pro 21. den v měsíci v tabulce. Konkrétní výpočet těchto hodnot je uveden níže.



Obr. 10: Zobrazení slunečních souřadnic

Sluneční deklinace je úhel, který svírá směr slunečních paprsků (spojnice středu Země a Slunce) s rovinou rovníku Země. Mění se během roku. Výpočet sluneční deklinace:

$$\delta = 23,45^\circ \sin(29,7^\circ M + 0,98^\circ D - 109^\circ) \quad [^\circ]$$

kde:

δ – sluneční deklinace [$^\circ$]

M – pořadové číslo měsíce v roce

D – pořadové číslo dne v měsíci

Jako výška Slunce nad obzorem se označuje úhel, který svírá zemský povrch se spojnicí pozorovatele a Slunce, mění se během dne. Určení výšky Slunce nad obzorem:

$$\sinh = 0,766 \sin \delta - 0,643 \cdot \cos \delta \cdot \cos(15\tau)$$

kde:

h – výška Slunce nad obzorem [°]

δ – sluneční deklinace [°]

τ – sluneční čas [h]

Sluneční azimut je úhel mezi spojnicí pozorovatele a severu a spojnicí pozorovatele a Slunce, mění se během dne. Vztah pro výpočet azimutu Slunce:

$$\sin a = \frac{\sin(15\tau) \cdot \cos \delta}{\cosh}$$

kde:

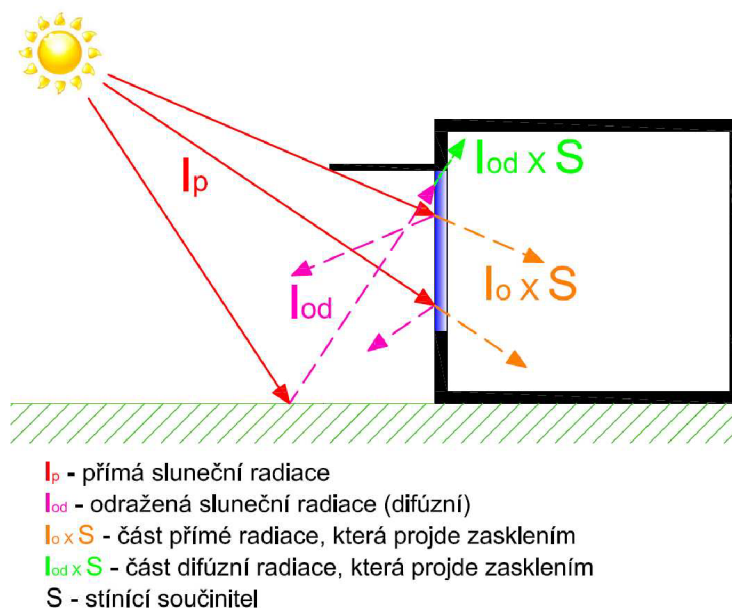
a – sluneční azimut [°]

h – výška Slunce nad obzorem [°]

δ – sluneční deklinace [°]

τ – sluneční čas [h]

Dalším určujícím faktorem pro výpočet tepelné zátěže radiací je intenzita slunečního záření. Na horní hranici atmosféry země dopadá 1350 W/m^2 , tuto hodnotu nazýváme solární konstantou. Pro výpočet však potřebujeme znát intenzitu přímé a difúzní radiace procházející jednoduchým standardním zasklením do interiéru. Hodnota radiace procházející do interiéru musí zohledňovat polohu Slunce, nadmořskou výšku, znečištění atmosféry a úhel dopadu paprsků na prosklenou plochu. Norma ČSN 730548 (zdroj [20]) nabízí jak postup výpočtu, tak hodnoty intenzity sluneční radiace (součet přímé a difúzní) procházející jednoduchým standardním oknem při průměrném znečištění atmosféry pro 50° s.š (odpovídá ČR), hodnoty jsou vždy pro 21. den v měsíci.



Obr. 11: Tepelné zisky radiací oknem

5.2.1. Výpočet intenzity sluneční radiace procházející jednoduchým standardním zasklením

Intenzita přímé sluneční radiace zohledňuje prostup záření atmosférou, nadmořskou výšku a výšku Slunce:

$$I_D = 1350 \exp \left[-0,1z \cdot \left(\frac{16-H}{16+H} \right)^{0,8} \right] \quad [\text{W.m}^{-2}]$$

kde:

I_D – intenzita přímé sluneční radiace [W.m^{-2}]

z – součinitel znečištění atmosféry [-]

H – nadmořská výška [km]

h – výška Slunce nad obzorem [$^\circ$]

Intenzita difúzní sluneční radiace je všesměrná. Je to intenzita rozptýlených a odražených paprsků přímé radiace od osluněných ploch a prachových částic ve vzduchu.

$$I_d = \left[1350 - I_D - (1080 - 1,4I_D) \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \frac{\sinh h}{3} \quad [\text{W.m}^{-2}]$$

kde:

I_d – intenzita difúzní sluneční radiace [W.m^{-2}]

I_D – intenzita přímé sluneční radiace [W.m^{-2}]

α – úhel osluněné plochy od vodorovné roviny [$^\circ$]

h – výška Slunce nad obzorem [$^\circ$]

Součinitel znečištění atmosféry je definován pomocí intenzity přímé sluneční radiace, přímé sluneční radiace procházející čistou atmosférou a solární konstanty:

$$z = \frac{\ln \left(\frac{I_D}{I_0} \right)}{\ln \left(\frac{I_\varepsilon}{I_0} \right)} \quad [-]$$

kde:

I_D – intenzita přímé sluneční radiace [W.m^{-2}]

I_0 – solární konstanta = 1350 [W.m^{-2}]

I_ε – intenzita přímé sluneční radiace při průchodu čistou atmosférou [W.m^{-2}]

V tabulce č. 5 jsou normou doporučené hodnoty součinitele znečištění atmosféry pro jednotlivé měsíce:

měsíc	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen
z	3	4	4	5	5	4	4	3

Tab. 5: Doporučené hodnoty součinitele znečištění atmosféry (zdroj [20])

Propustnost přímé sluneční radiace závisí na tom pod jakým úhlem paprsky na sklo dopadají. Poměrná propustnost se vypočte:

$$T_D = 0,87 - 1,47 \left(\frac{\Theta}{100} \right)^5 \quad [-]$$

kde:

T_D – poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardním jednoduchým zasklením [-]

Θ – úhel mezi normálou a okna a slunečními paprsky [°]

Úhel mezi normálou zasklené plochy a slunečními paprsky:

$$\cos \Theta = \sin \gamma \cdot \cos \alpha + \cos \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos(a - \gamma)$$

kde:

Θ – úhel mezi normálou a okna a slunečními paprsky [°]

a – sluneční azimut [°]

α – úhel mezi rovinou stěny a vodorovnou rovinou, bereme na odvrácené straně od Slunce [°]

γ – azimutový úhel normály stěny (bere se stejně jako sluneční azimut [°])

Hodnota celkové radiace procházející jednoduchým standardním zasklením je tedy:

$$I_o = I_D \cdot T_D + I_d \cdot T_d \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$$

kde:

I_o – celková radiace procházející jednoduchým zasklením [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

T_D – poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardním jednoduchým zasklením [-]

I_D – intenzita přímé sluneční radiace [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

T_d – celková propustnost difúzní radiace jednoduchým zasklením = 0,85 [-]

I_d – intenzita difúzní sluneční radiace [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

Nyní je třeba do výpočtu zavést také parametry konkrétní průsvitné konstrukce, tedy stínící součinitel. Vztah pro výpočet tepelných zisků sluneční radiací je definován takto:

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{od}] \cdot S \quad [\text{W}]$$

kde:

Q_{or} – tepelný zisk sluneční radiací [W]

S_o – celková plocha okna [m^2]

S_{os} – osluněná plocha okna [m^2]

I_o – intenzita prostupující globální sluneční radiace pro jednoduché zasklení [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

I_{od} – intenzita difúzní radiace procházející jednoduchým zasklením [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

c_o – korekce na čistotu atmosféry [-]

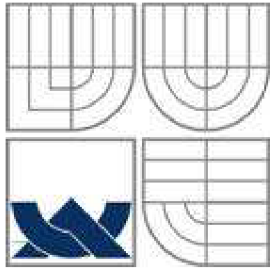
S – stínící součinitel [-]

Stínící součinitel norma ČSN EN 410 (zdroj [21]) stanovuje jako:

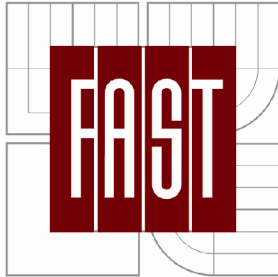
$$S = \frac{g}{0,87} \quad [-]$$

kde:

g – činitel prostupu solární energie [-]



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VLIV STAVEBNÍ KONSTRUKCE NA TEPELNOU ZÁTĚŽ PROSTORU

EFFECT OF BUILDING CONSTRUCTION ON THERMAL LOAD OF SPACE

B) MATEMATICKO – FYZIKÁLNÍ ŘEŠENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ZDEŇKA VÝRAVSKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2014

OBSAH

B) Matematicko-fyzikální řešení.....	34
1. Úvod.....	36
2. Vliv parametrů skla na tepelnou zátěž.....	37
2.1. Výpočet charakteristik skel.....	38
2.2. Tepelné zátěže pro jednotlivé varianty.....	39
2.3. Tepelné zátěže v průběhu roku.....	47
2.4. Tepelné ztráty pro jednotlivé varianty.....	48
2.5. Vyhodnocení.....	50
2.6. Návratnost.....	51
3. Vliv neprůsvitné obvodové konstrukce na tepelnou zátěž.....	53
3.1. Výpočet charakteristik neprůsvitných obvodových konstrukcí.....	54
3.2. Tepelné zátěže pro jednotlivé varianty.....	55
3.3. Vyhodnocení.....	67
3.4. Tepelné zátěže bez oken a vnitřních zisků.....	68

1. ÚVOD

V následující kapitole je simulována předváděcí místnost autosalonu v několika variantách jak zasklení, tak neprůsvitných obvodových konstrukcí. Simulace jsou prováděny nejen v kratších časových úsecích jednoho dne, ale i v delších, například jednoho roku. Podrobný rozbor variant materiálů a jejich vliv na velikost a průběh tepelné zátěže je důležitý pro následné ekonomické zhodnocení a zjištění zda se investice do lepšího materiálu vůbec vyplatí.

Pro simulaci byl zvolen software TERUNA v1.5b:

„Matematický model je řešený v dynamickém simulačním programu TeRuNa v 1.5 v modulu mikroklima. Model konkrétní místnosti je sestaven na základě analýzy tepelných dějů ve vnitřním prostředí budov a potřebných okrajových podmínek. Z této analýzy vyplývá výběr prvků, tedy model struktury soustavy. Struktura modelu je hierarchická, metoda pro řešení prvků podstatných pro tepelné děje je přesnější než prvky doplňkové. Na řešenou místnost, prostorově vymezenou část budovy, lze pohlížet jako na otevřenou termodynamickou soustavu s nestacionárním chováním. Na její hranici probíhá přenos tepla i hmoty. Tepelné děje, které v ní probíhají, lze popsat diferenciálními rovnicemi, které po doplnění okrajových podmínek vytvoří matematický model úlohy. Diferenciální úloha je nahrazena úlohou diferenční na základě diskretizace v čase a prostoru. Vstupní i výstupní veličiny tedy mají diskrétní charakter. Tepelně technické vlastnosti materiálů a hmot se uvažují jako konstantní a izotropní a všechny hmoty mají nekonečný difúzní odpor. Tepelný tok stěnou se uvažuje jednorozměrný. Součinitelé přestupu tepla sáláním a konvekcí u jednotlivých prvků se uvažují konstantní hodnotou. Na základě uvedených předpokladů a metod je sestaven algoritmus pro numerické řešení. Výpočet vedení tepla je proveden Schmidtovou metodou. Metodika výpočtu odpovídá požadavkům platné ČSN EN ISO 13792.“ (zdroj: [8])

2. VLIV PARAMETRŮ SKLA NA TEPELNOU ZÁTĚŽ

Nejvíce ovlivňuje tepelnou zátěž teplo prostupující radiací prosklenými plochami. Zvolená místnost má velké prosklené plochy. Tudíž i zde bude radiace dominantní, a to i přesto, že část tohoto prosklení je orientována na SZ a SV. Proto je vliv skla na tepelnou zátěž uveden na prvním místě.

Výrobci oken a prosklených fasád nabízí nejrůznější možnosti zasklení. K simulaci bylo zvoleno pět různých variant, u kterých byla zjištěna jak tepelná zátěž, tak ztráta a také jejich cena. Na konci této kapitoly jsou porovnány účinnosti a také cenové výhodnosti jednotlivých variant.


Posuzované varianty jsou:

- **Varianta 1:** Zasklení dvojsklem tl. 25mm
- **Varianta 2:** Zasklení dvojsklem tl. 25mm + přilepená nereflexivní protisluneční interní fólie
- **Varianta 3:** Zasklení dvojsklem s heat mirror tl. 25mm – typ fólie: TF sporo
- **Varianta 4:** Zasklení dvojsklem s heat mirror tl. 25mm – typ fólie: TF select (speciální fólie s protisluneční ochranou)
- **Varianta 5:** Zasklení dvojsklem s 2x heat mirror tl. 25mm

Pro všechny varianty byl zvolen kovový rám: Reynaers CW 65-EF, šířka 65mm.

Jako výpočtový den bylo zvoleno datum 21.7.

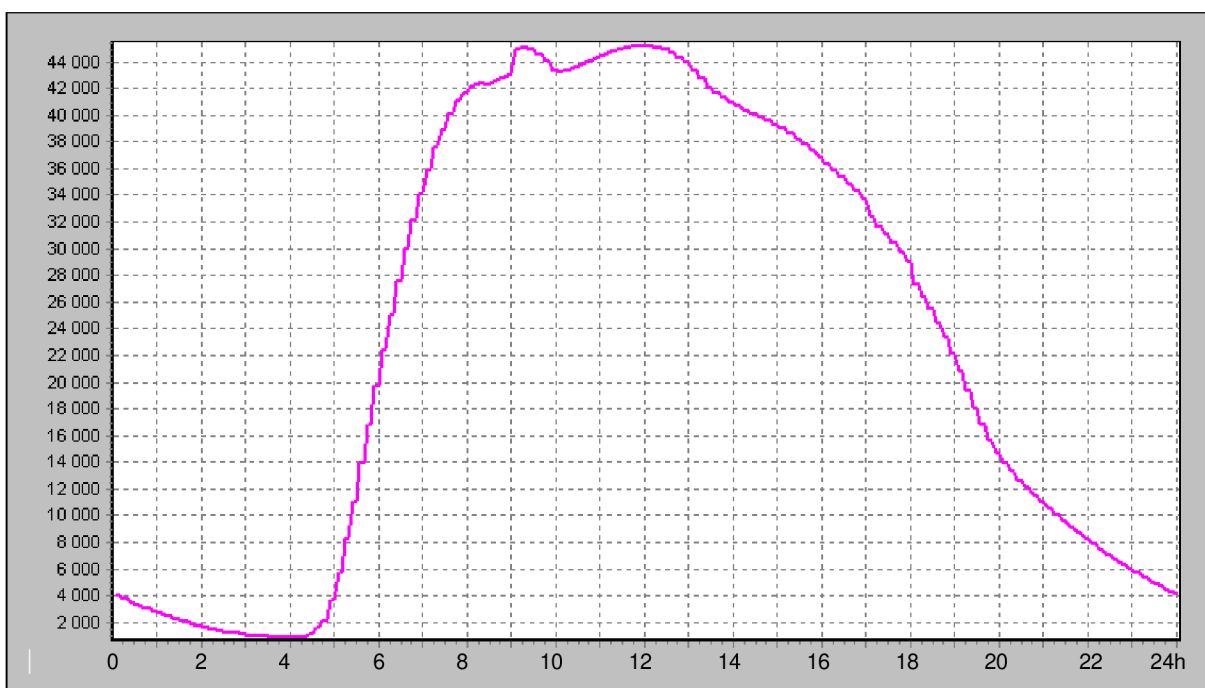
2.1. Výpočet charakteristik skel

 Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 6 - VÝPOČET CHARAKTERISTIK SKLA				Brno $t_e = -15^\circ\text{C}$
SO1 - Prosklená fasáda varianta 1			U'	R_{si}	R_{se}	
Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65mm	$U_f = 2,54 \text{ W/m}^2\text{K}$	2,54	0,13	0,04		
Zaskelní dvojsklem tl. 25mm	$U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	1,1				
		U = 0,992 W/m²K				
		Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$				
		Činitel prostupu solární energie $g = 0,76$				
		Stínící součinitel $S = g/0,87 = 0,874$				
SO1 - Prosklená fasáda varianta 2			U'	R_{si}	R_{se}	
Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65mm	$U_f = 2,54 \text{ W/m}^2\text{K}$	2,54	0,13	0,04		
Zasklení dvojsklem TI. 25mm + nalepovací folie	$U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	1,1				
		U = 0,992 W/m²K				
		Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$				
		Činitel prostupu solární energie $g = 0,76$				
		Stínící součinitel skla $S_g = g/0,87 = 0,874$				
		Stínící součinitel fólie $S_f = g/0,87 = 0,68$				
		Stínící součinitel celkem $S = S_g * S_f = 0,594$				
SO1 - Prosklená fasáda varianta 3			U'	R_{si}	R_{se}	
Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65mm	$U_f = 2,54 \text{ W/m}^2\text{K}$	2,54	0,13	0,04		
Zasklení heat mirror tl. 25mm (TF sporo)	$U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,6				
		U = 0,646 W/m²K				
		Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$				
		Činitel prostupu solární energie $g = 0,48$				
		Stínící součinitel $S = g/0,87 = 0,552$				
SO1 - Prosklená fasáda varianta 4			U'	R_{si}	R_{se}	
Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65mm	$U_f = 2,54 \text{ W/m}^2\text{K}$	2,54	0,13	0,04		
Zasklení heat mirror tl. 25mm s protislun. ochranou	$U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,6				
TF select			U = 0,646 W/m²K			
		Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$				
		Činitel prostupu solární energie $g = 0,34$				
		Stínící součinitel $S = g/0,87 = 0,391$				
SO1 - Prosklená fasáda varianta 5			U'	R_{si}	R_{se}	
Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65mm	$U_f = 2,54 \text{ W/m}^2\text{K}$	2,54	0,13	0,04		
Zasklení s 2x heat mirror tl. 44mm	$U_g = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,3				
		U = 0,414 W/m²K				
		Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$				
		Činitel prostupu solární energie $g = 0,425$				
		Stínící součinitel $S = g/0,87 = 0,489$				

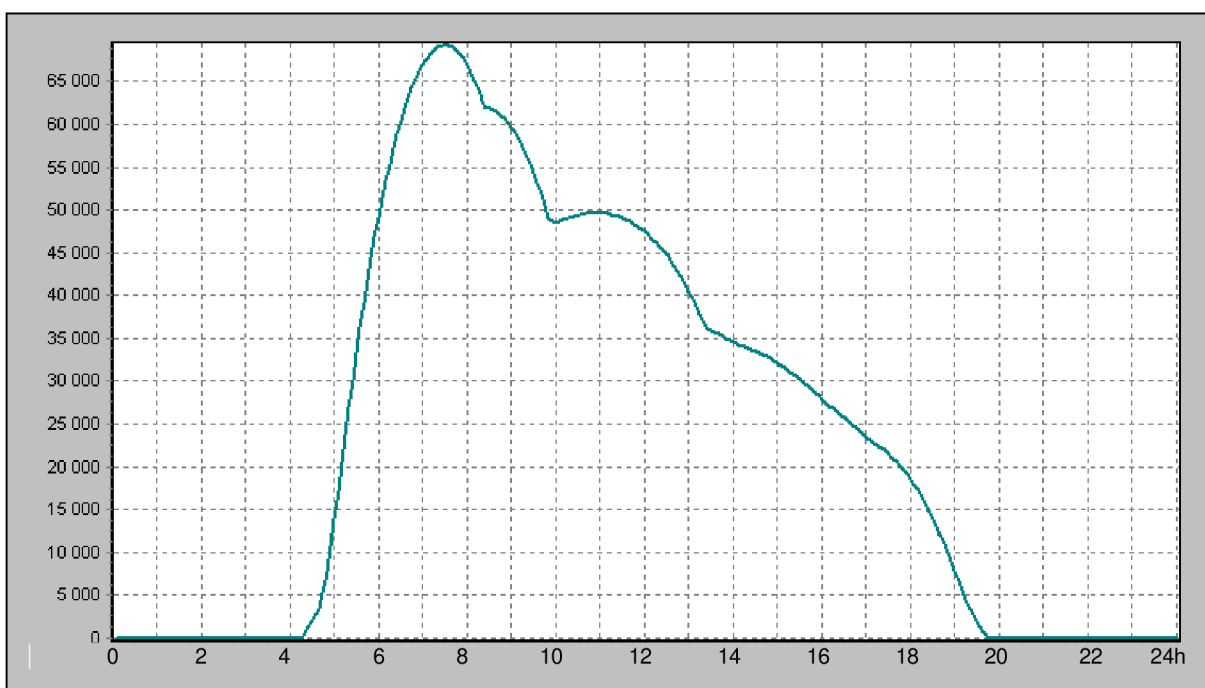
2.2. Tepelné zátěže pro jednotlivé varianty

Varianta 1 – zasklení dvojsklem tl. 25mm

Maximální tepelná zátěž nastává ve 12hod a činí 45,3kW. Hodnoty tepelné zátěže blíží se maximálním však trvají od 9:00 do 13:00. Maximální tepelný tok radiací do místnosti je 70kW v 7:30 hod.



Graf 1: Tepelná zátěž 21.7. pro variantu 1 [W]



Graf 2: Tepelný tok radiací do místnosti 21.7. pro variantu 1 [W]

VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

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

VUT FAST Brno | Dp.Práce | Zdeňka Výravská | Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru |

Místnost 1.01: Showroom Porche

3 venkovní stěny panely Kingspan, do výšky 4,5m prosklená stěna (modelováno jako okna)

4 prosklené dveře

2 venkovní stěny cihelné zateplené

Vnitřní podmínky:

Léto: Teplota 25°C Vlhkost 50%

Zima: Teplota 20°C Vlhkost 35%

20 osob

***** ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU *****

Venkovní stěna

+----SO2 JV (65.755m², 0.2m, 0.044W/mK, 177.75kg/m³, 1020J/kgK)

+----Okno JV1 (20.1m², 0.99W/m²K)

+----Okno JV2 (10.55m², 0.99W/m²K)

+----Okno JV3 (36.7m², 0.99W/m²K)

+----Okno SZ1 (5.425m², 0.99W/m²K)

+----Dveře 2 (6.65m², 1.26W/m²K)

+----Dveře 3 (3.15m², 1.26W/m²K)

Venkovní stěna

+----SO2 SV (112.758m², 0.2m, 0.044W/mK, 177.75kg/m³, 1020J/kgK)

+----Okno SV1 (30.051m², 0.99W/m²K)

+----Okno SV1 (30.051m², 0.99W/m²K)

+----Okno SV2 (76.56m², 0.99W/m²K)

+----Dveře 1 (8.2m², 1.26W/m²K)

Venkovní stěna

+----SO2 SZ (44.935m², 0.2m, 0.044W/mK, 177.75kg/m³, 1020J/kgK)

+----Okno SZ1 (5.425m², 0.99W/m²K)

+----Okno SZ2 (19.5m², 0.99W/m²K)

+----Okno SZ3 (25.2m², 0.99W/m²K)

+----Dveře 2 (6.65m², 1.26W/m²K)

Venkovní stěna

+----SO3 JZ (29.24m², 0.37m, 0.104W/mK, 769kg/m³, 900J/kgK)

Venkovní stěna

+----SO3 SZ (19.14m², 0.37m, 0.104W/mK, 769kg/m³, 900J/kgK)

Venkovní stěna

+----Střecha (574.39m², 0.473m, 0.11W/mK, 1500kg/m³, 800J/kgK)

Symetrická stěna

+-----SN1 (57.9m², 0.3m, 0.17W/mK, 943.3kg/m³, 900J/kgK)

+-----Dveře 1000 (2.1m², 1.26W/m²K)

+-----Dveře 1000 (2.1m², 1.26W/m²K)

Symetrická stěna

+-----SNN1 (107.46m², 0.1m, 0.29W/mK, 1080kg/m³, 900J/kgK)

+-----Dveře 900 (1.89m², 1.26W/m²K)

+-----Dveře 900 (1.89m², 1.26W/m²K)

+-----Dveře 900 (1.89m², 1.26W/m²K)

+-----Dveře 900 (1.89m², 1.26W/m²K)

+-----Dveře 900 (1.89m², 1.26W/m²K)

Asymetrická stěna

+-----SN1 24 (41.2m², 0.3m, 0.17W/mK, 943.3kg/m³, 900J/kgK)

Asymetrická stěna

+-----SN1 28 (51.68m², 0.3m, 0.17W/mK, 943.3kg/m³, 900J/kgK)

Asymetrická stěna

+-----SNN1 24 (71.93m², 0.1m, 0.29W/mK, 1080kg/m³, 900J/kgK)

Asymetrická stěna

+-----Strop (54m², 0.35m, 0.18W/mK, 1500kg/m³, 800J/kgK)

Podlaha

+-----Podlaha (610.03m², 0.4m, 1.12W/mK, 2145kg/m³, 800J/kgK)

Další akumul. hmota

+-----auta (20m², 2000kg, 800J/kgK)

***** VSTUPNÍ ÚDAJE *****

Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.

Časový krok: 300s

Objem místnosti : 4720m³

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok: ANO

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení[1]: 9 - 18h, 1000W

Větrání[1]: 0 - 24h, 2000m³/h

Ostatní tepelné zdroje: NE

Odpar vody: NE

Biologická produkce[1]: 9 - 17h, 75kg, počet osob: 20

Sálavé plochy: NE

***** VÝSLEDKY *****

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 12h: Citelné teplo Max= 45282.7W

21.7. 3.92h: Citelné teplo Min= 873.33W

21.7. 12h: Vázané teplo=0W Merna Tz = 10.65W/K

21.7. 12h: Potřeba chladu = 572.56kWh Potřeba tepla = 0kWh

Suma potřeby chladu = 572.56kWh

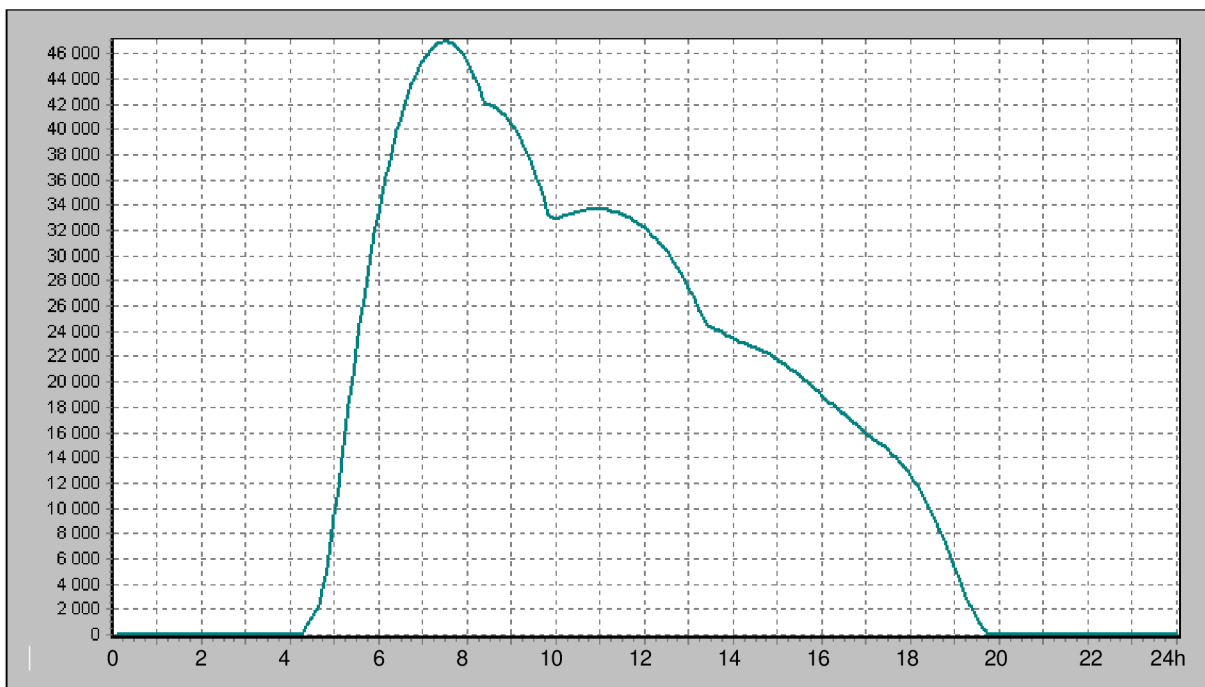
Suma potřeby tepla = 0kWh

Varianta 2 – zasklení dvojsklem tl. 25mm + nalepovací fólie

Maximální tepelná zátěž nastává ve 12hod a činí 32,5kW. Hodnoty tepelné zátěže blíží se maximálním trvají od 10:30 do 13:30. Maximální tepelný tok radiací do místnosti je 47kW v 7:30 hod.



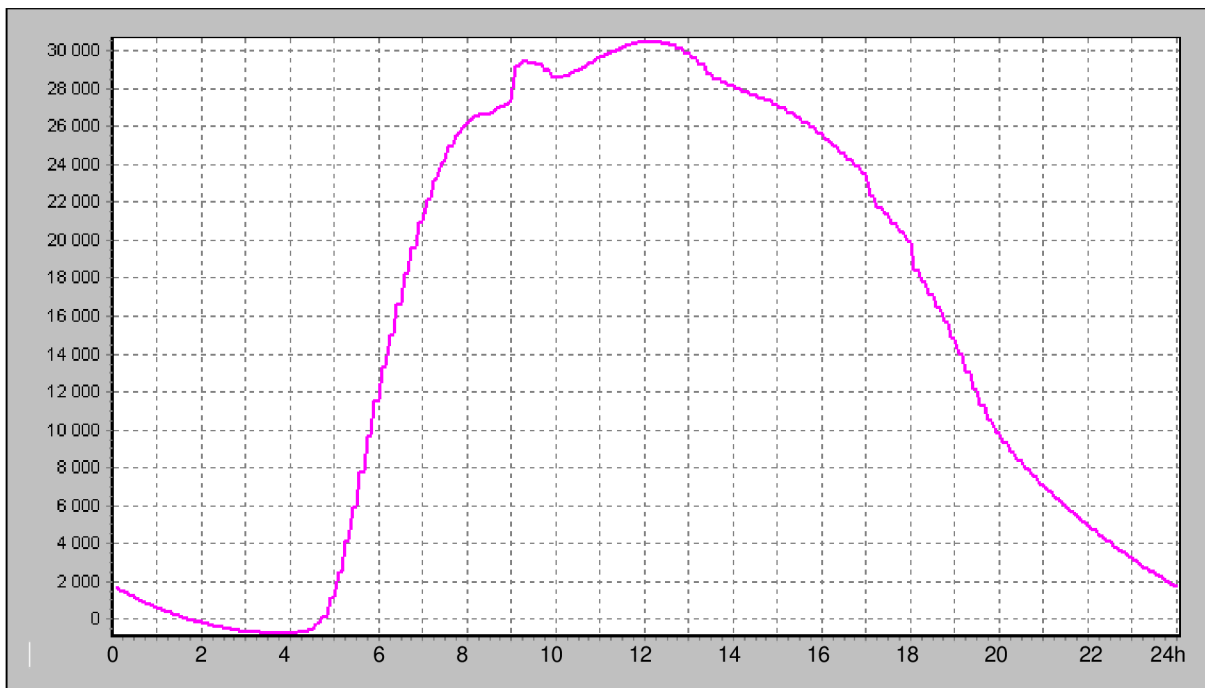
Graf 3: Tepelná zátěž 21.7. pro variantu 2 [W]



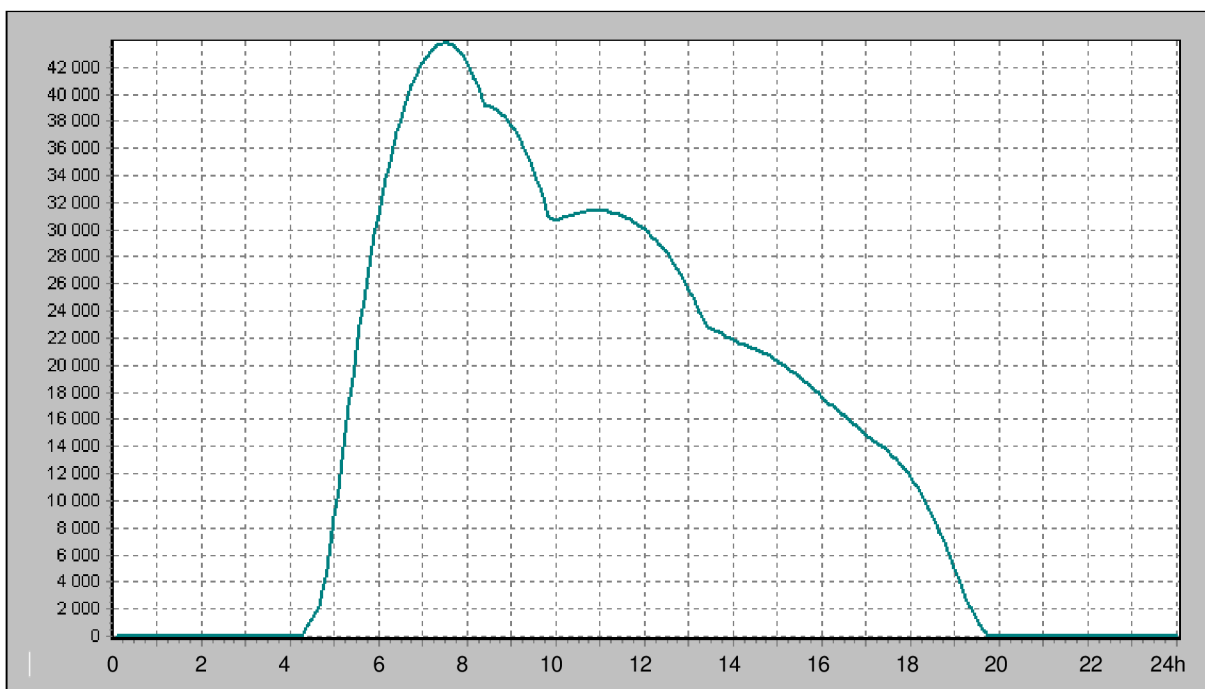
Graf 4: Tepelný tok radiací do místnosti 21.7. pro variantu 2 [W]

Varianta 3 – zasklení dvojsklem s heat mirror tl. 25mm (TF sporo)

Maximální tepelná zátěž nastává ve 12hod a činí 30,5kW. Hodnoty tepelné zátěže blíží se maximálním trvají od 11:00 do 13:00. Maximální tepelný tok radiací do místnosti je 44kW v 7:30 hod.



Graf 5: Tepelná zátěž 21.7. pro variantu 3 [W]



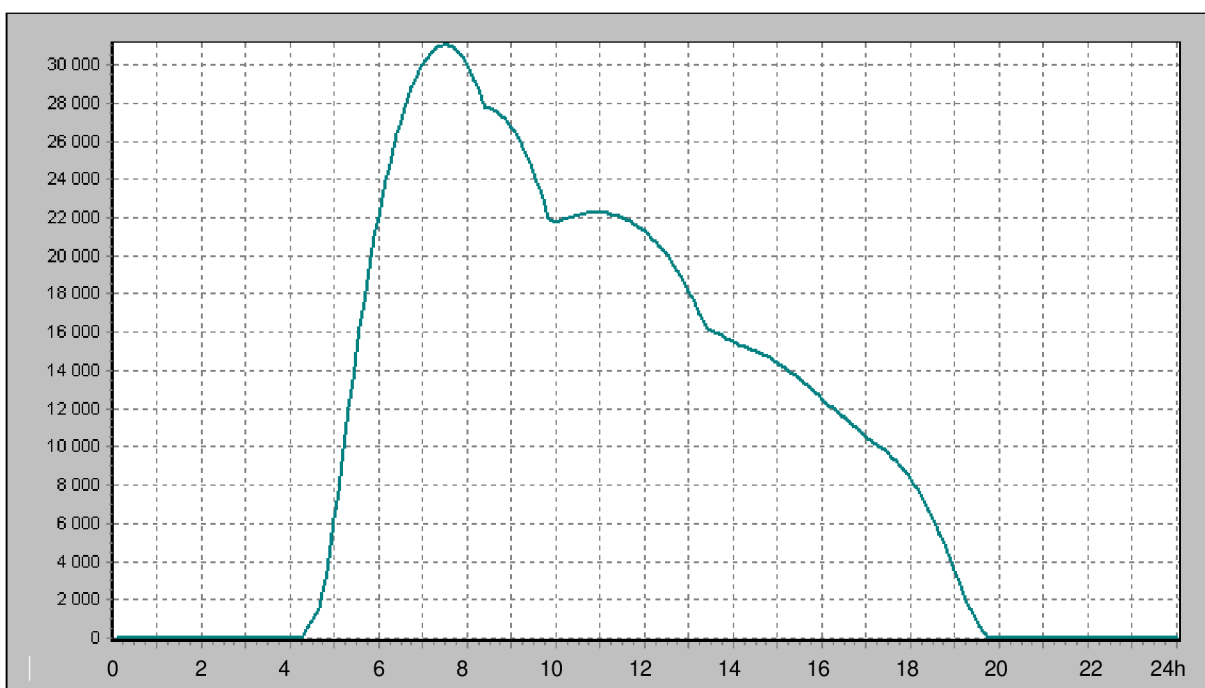
Graf 6: Tepelný tok radiací do místnosti 21.7. pro variantu 3 [W]

Varianta 4 – zasklení dvojsklem s heat mirror tl. 25mm s protisluneční ochranou (TF select)

Maximální tepelná zátěž nastává ve 12hod a činí 23,3kW. Hodnoty tepelné zátěže blíží se maximálním trvají pouze od 11:30 do 13:00. Maximální tepelný tok radiací do místnosti je 31kW v 7:30 hod.



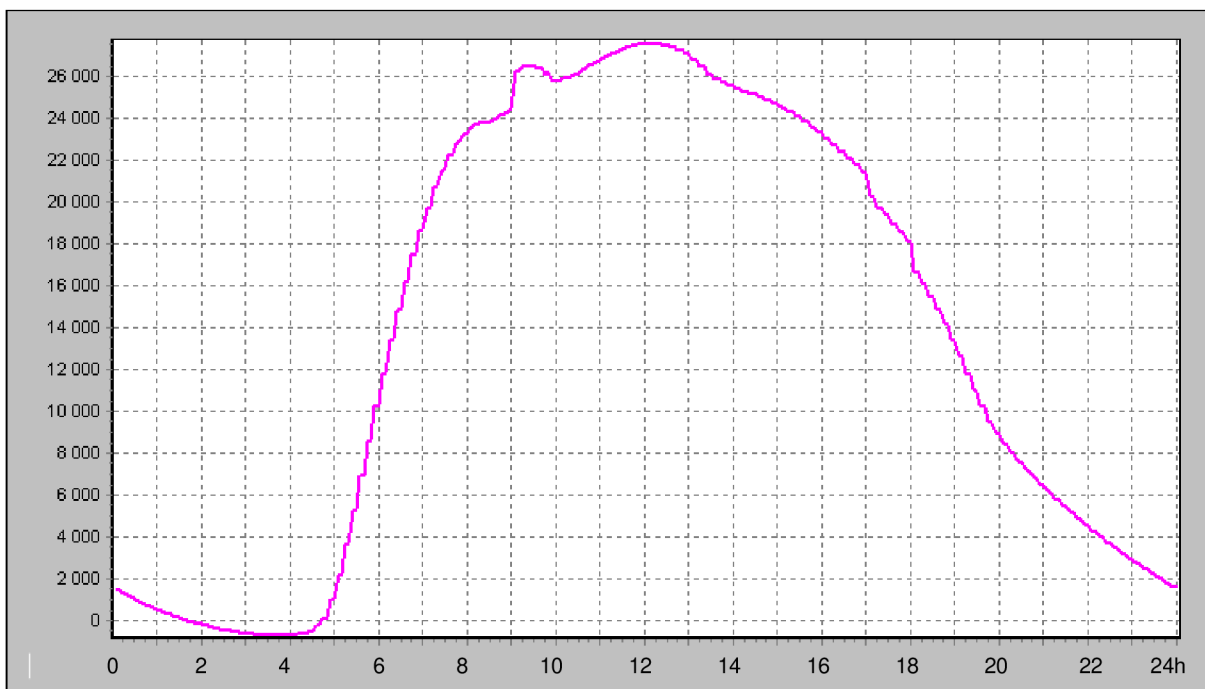
Graf 7: Tepelná zátěž 21.7. pro variantu 4 [W]



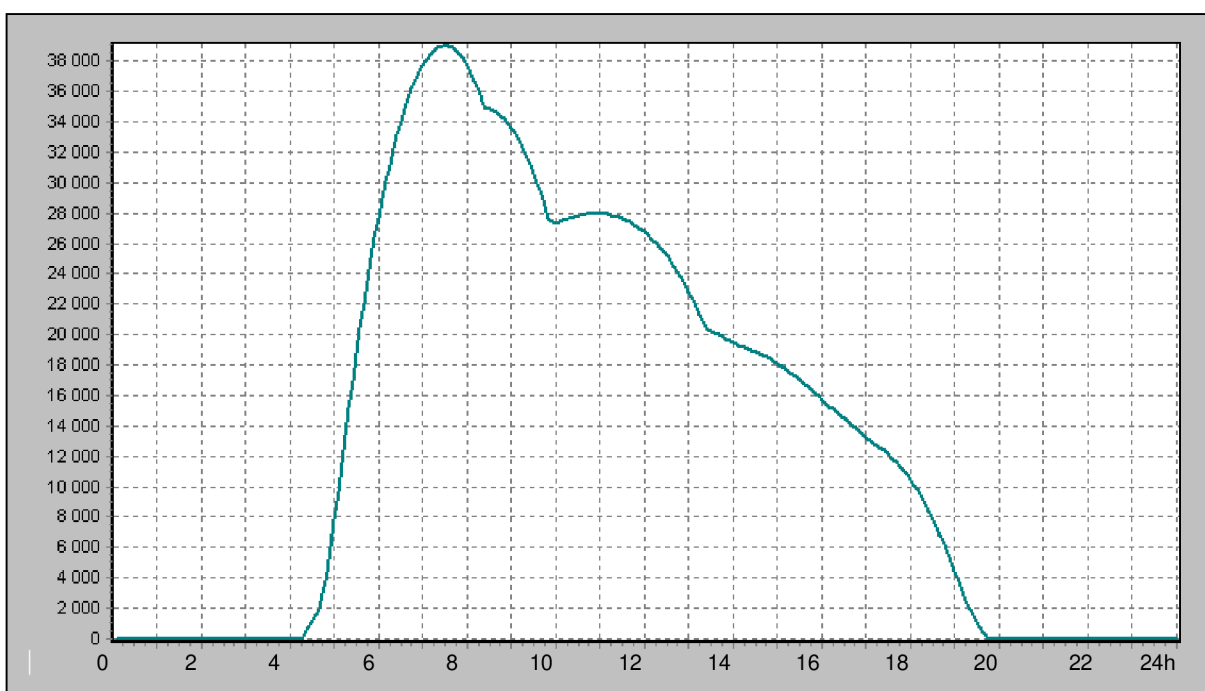
Graf 8: Tepelný tok radiací do místnosti 21.7. pro variantu 4 [W]

Varianta 5 – zasklení dvojsklem s 2xheat mirror tl. 44mm

Maximální tepelná zátěž nastává ve 12hod a činí 27,6kW. Hodnoty tepelné zátěže blíží se maximálním trvají od 11:00 do 13:00. Maximální tepelný tok radiací do místnosti je 39kW v 7:30 hod.



Graf 9: Tepelná zátěž 21.7. pro variantu 5 [W]



Graf 10: Tepelný tok radiací do místnosti 21.7. pro variantu 5 [W]

Zhodnocení zátěží pro jednotlivé varianty

Jak je vidět z předchozích grafů tepelné zátěže a z grafů tepelného toku radiací, materiál zasklení značně ovlivní tepelnou zátěž místnosti. Největší tepelnou zátěž má místnost s obyčejným dvojsklem (varianta 1), nejmenší naopak místnost se sklem s tepelným zrcadlem se speciální protisluneční ochranou (varianta 4), které dokonce vykazuje lepší vlastnosti než sklo se dvěma tepelnými zrcadli. Také doba po kterou maximální tepelná zátěž trvá, je různá. Pokud vezmeme hodnoty větší než 95% maxima tepelné zátěže, jako hodnoty blízké se maximální době tepelné zátěže, můžeme porovnat i doby trvání maximálních zátěží. Nejhůř na tom je opět místnost s obyčejným dvojsklem (varianta 1), doba trvání maximální tepelné zátěže je od 9 do 13 hod, tedy celkem 4h. Nejkratší dobu trvání, tedy od 11:30 do 13:00, jen 1,5h má sklo se speciálním protislunečním zrcadlem (varianta 4).

V grafech tepelné zátěže (grafy č. 1, 3, 5, a 7) je patrné, že tepelná zátěž se začíná zvedat okolo 5hod ráno, kdy vychází slunce. Ve 12 hodin nastává maximum. V 9:00 vidíme výraznější nárůst tepelné zátěže, je to z toho důvodu, že autosalon se v tuto dobu otevírá a tudíž je počítáno s příchodem osob a rozsvícením světel. V 18:00, kdy je autosalon opět uzavřen, vidíme opět mírný skokový pokles, není tak výrazný, protože v tu dobu již zátěž poměrně rychle klesá. Dne 21.7., v den kdy jsou simulace prováděny, slunce zapadá zhruba ve 20:00. Protože však žádná z prosklených fasád není orientována na západ, nepozorujeme v tuto hodinu žádné výrazné změny v průběhu tepelné zátěže. V tabulce č. 7 jsou porovnávána maxima tepelných zátěží a doby jejich trvání.

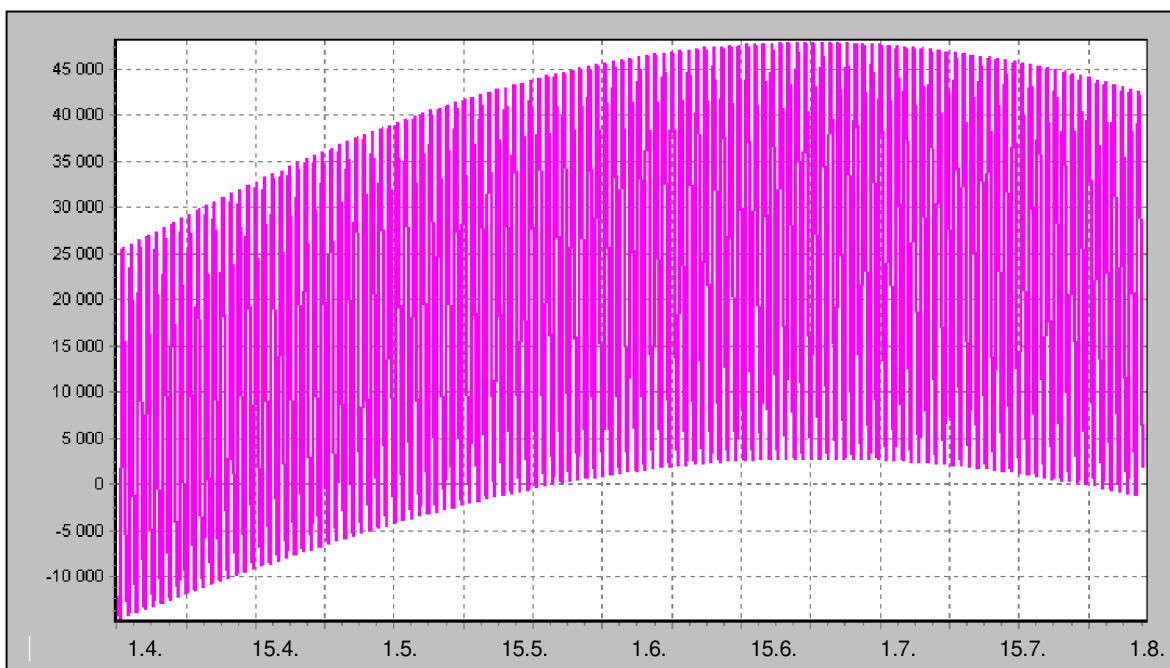
Varianta	Popis skla	Maximum tepelné zátěže	Doba trvání maximální zátěže
[-]	[-]	[kW]	[h]
1	dvojsklo tl. 25mm	45,3	4
2	dvojsklo tl. 25mm + nalepovací fólie	32,5	3
3	dvojsklo s heat mirror tl. 25mm (TF sporo)	30,5	2
4	dvojsklo s heat mirror tl. 25mm s protisluneční ochranou (TF select)	23,3	1,5
5	dvojsklo s 2x heat mirror tl. 44mm	27,6	2

Tabulka 7: Porovnání maxim tepelné zátěže a doby jejich trvání

V grafech tepelných toků do místnosti (grafy č. 2, 4, 6 a 8) se výrazně projevuje, orientace zasklených ploch. Největší prosklená fasáda je orientována na SV a další, už menší je na JV. Dále na jih a východ není orientováno žádné zasklení, poslední fasáda je natočena na SZ, ale je téměř celá zastíněná další stěnou objektu. Maximální tepelný tok radiací tedy nastává ráno už v 7:30hod, pak jen klesá a před osmou hodinou večer, kdy slunce zapadne, je nulový.

2.3. Tepelné zátěže v průběhu roku

V grafu č. 11 je uveden průběh tepelné zátěže místnosti v delším časovém úseku, konkrétně od 1.4. do 1.8. Tento graf je pro variantu 1, tedy pro běžné dvojsklo. Z grafu je patrné, že maximum tepelné zátěže nenastane v červenci, ale už v červnu, konkrétně 23.6. Tedy dříve stanovený typický výpočtový den 21.7. není tedy zcela přesný. Maximum tepelné zátěže 23. 6. je 47 828W, dne 21.7. je tepelná zátěž 45 283W, je to asi 95% maximální tepelné zátěže. Rozdíl tedy není nijak velký. Z tohoto důvodu a z důvodu, že práce vychází z původní bakalářské práce: Vzduchotechnika autosalonu (zdroj [1]), je jako výpočtový den ponecháno datum 21.7.



Graf 11: Tepelná zátěž od 1.4. do 1.8. pro variantu 1 [W]



Graf 12: Tepelná zátěž 23.6. pro variantu 1 [W]



Diplomová práce 2013/2014
 Vypracovala: Zdeňka Výravská
 Téma: Vliv stavební konstrukce na
 tepelnou zátěž prostoru

TABULKA 8 - VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Brno
 te=-15°C

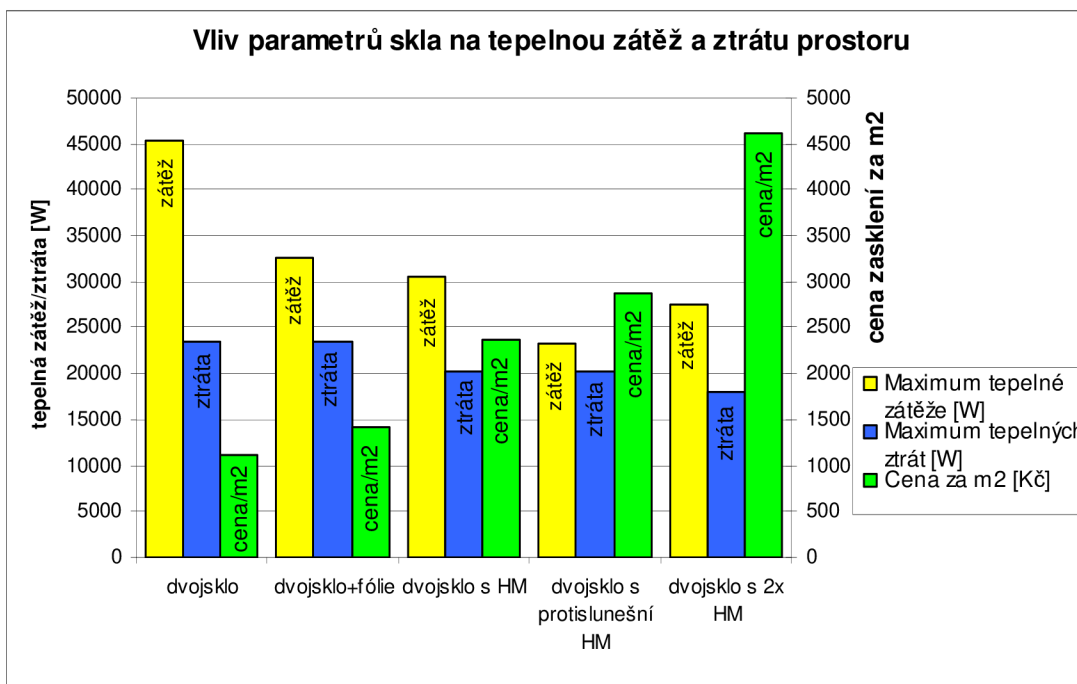
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Místnost	Konstrukce			Teploty				Součinitele					Plocha konstrukce					Ztráta		
Číslo	Teplota θ_i	Označení	Tloušťka	Součinitel prostupu tepla U	Teplota přilehlého prostoru θ_j	Rozdíl teplot $\theta_i - \theta_e$	Rozdíl teplot $\theta_i - \theta_j$	Korekční součinitel e_k	Součinitel redukce teploty f_{ij}	Opravný součinitel f_{g1}	Opravný teplotní součinitel f_{g2}	Opravný součinitel G_w	Délka	Výška (šířka)	Plocha	Otvory	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Tepelná ztráta Q	
[-]	[°C]	[-]	[mm]	[W/m²K]	[°C]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m²]	[kus]	[m²]	[m²]	[W]	
Prosklená fasáda varianta 5 U=0,41 (zasklení dvojsklem a 2x TF)																				
1,01	20	SO1	25	0,41	-15	35	35	1,00					62,25	4,50	280,13	4	23,34	256,79	3684,89	
		SO3	370	0,27	-15	35	35	1,00					14,71	3,30	48,54	0	0,00	48,54	458,73	
		D1	24	1,26	-15	35	35	1,00					6,58	2,50	16,45	0	0,00	16,45	725,45	
		D1	24	1,26	-15	35	35	1,00					3,28	2,10	6,89	0	0,00	6,89	303,76	
		SO2	200	0,21	-15	35	35	1,00					62,25	3,65	227,21	0	0,00	227,21	1670,01	
		SN1	300	0,5	15	35	5		0,14				11,95	4,50	53,78	1	2,10	51,68	129,19	
		D1	24	1,26	15	35	5		0,14				1,00	2,10	2,10	0	0,00	2,10	13,23	
		SN1	300	0,5	18	35	2		0,06				11,21	4,50	50,45	2	4,20	46,25	46,25	
		D1	24	1,26	18	35	2		0,06				2,00	2,10	4,20	0	0,00	4,20	10,58	
		SNN1	100	1,65	18	35	2		0,06				2,65	4,50	11,93	0	0,00	11,93	39,35	
		PODL	400	0,43	5	35	15			1,45	0,43	1,00			610,03	0	0,00	610,03	5705,31	
		STR	473	0,22	-15	35	35	1,00					31,56	18,20	574,39	0	0,00	574,39	4422,82	
																	Σ	1856,45	17209,57	
																			5% na tepelné vazby [W]: 860,48	Celkem: 18070,04

Vliv parametrů skla na tepelnou zátěž

2.5. Vyhodnocení

Varianita	Popis skla	Součinitel prostupu tepla prosklené fasády [W/m ² K]	Stínící součinitel [-]	Cena za m ² [Kč]	Maximum tepelné zátěže [W]	Maximum tepelných ztrát [W]
1	dvojsklo tl. 25mm	0,99	0,87	1104	45283	23543
2	dvojsklo tl. 25mm + nalepovací fólie	0,99	0,59	1423	32547	23543
3	dvojsklo s heat mirror tl. 25mm (TF sporo)	0,65	0,55	2369	30510	20335
4	dvojsklo s heat mirror tl. 25mm s protisluneční ochranou (TF select)	0,65	0,39	2874	23279	20335
5	dvojsklo s 2x heat mirror tl. 44mm	0,41	0,49	4613	27630	18070

Tabulka 9: Vyhodnocení vlivu parametrů skla na tepelnou zátěž a ztrátu prostoru



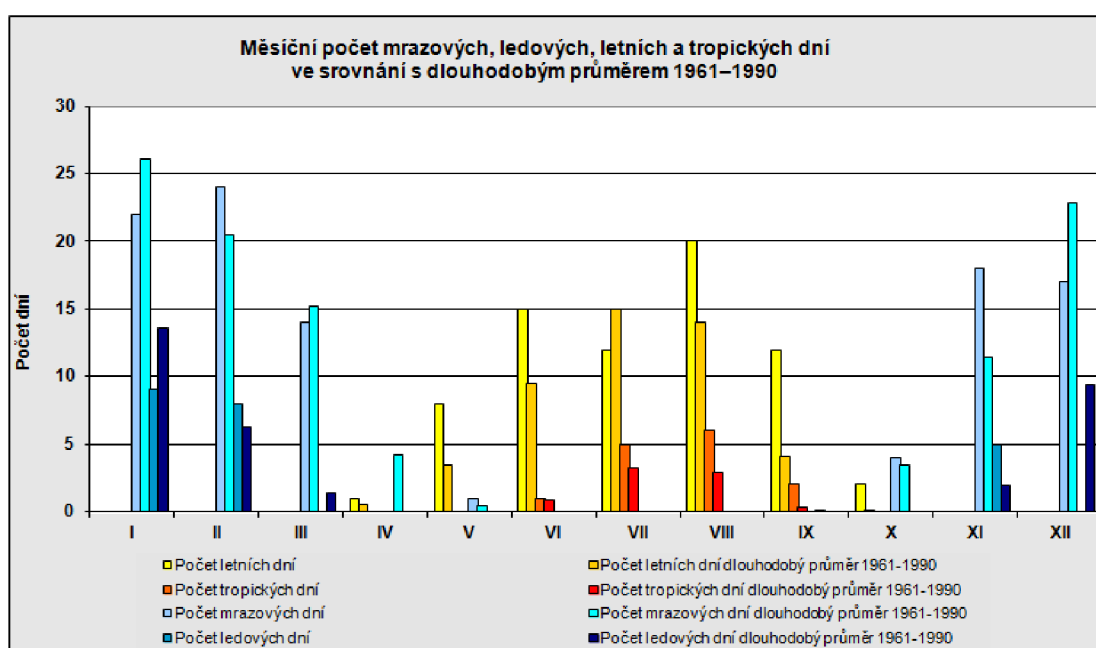
Graf 13: Vliv parametrů skla na tepelnou zátěž a ztrátu prostoru

Výpočty bylo zjištěno že při instalaci běžného dvojskla je tepelná zátěž extrémně vysoká, pokud se však toto sklo opatří nereflexivní protisluneční interní fólií klesne o 28%, cena zasklení však také stoupne o 29%. Tepelná ztráta místnosti v zimě zůstává stejná, instalací fólie se příliš nezmění součinitel prostupu tepla U. Při porovnání varianty 3 a 4, tedy dvojskel s tepelným zrcadlem heat mirror zjistíme, že tepelná zátěž se speciální protisluneční termofólií je o 24% nižší v porovnání skel s fólií obyčejnou, cena je vyšší o 21%. Z těchto dvou variant, tedy jako výhodnější vychází varianta číslo 4: dvojsklo se speciální termofólií. Z výše uvedeného grafu je také patrné, že speciální sklo se dvěma tepelnými zrcadli sníží tepelnou zátěž oproti sklu s jednou fólií jen nepatrně a oproti speciální fólii zátěž dokonce stoupla. Tepelná ztráta také neklesla příliš výrazně, avšak cena tohoto skla je více než 4x vyšší než cena obyčejného dvojskla a o 60% vyšší než cena skla se speciální termofólií.

2.6. návratnost

Protože porovnání maxim jednotlivých ztrát, zátěží a cen není pro zákazníka dostatečně jasné, je třeba uvést porovnání finanční. Je zde tedy zaveden výpočet doby prosté návratnosti. Tento výpočet je pouze orientační a je stanoven pouze pro letní období. Zahrnutý jsou pouze náklady na chlazení místnosti a pořizovací náklady skel. Cena 1kWh elektrické energie je počítána 4,95Kč. Chladicí zařízení je uvažováno s chladícím faktorem EER=3,5. Protože prostup tepla skly v zimě nemá procentuálně tak velký vliv na celkovou tepelnou ztrátu, jako sluneční radiace v létě na tepelnou zátěž, je tato metoda pro orientační výpočet akceptovatelná. Jedná se tedy pouze o prostou návratnost pro období letní.

Pro výpočet prosté návratnosti a porovnání, předpokládám provoz vzduchotechnické jednotky po dobu provozu autosalonu tj. od 9:00 do 18:00 (9h). Dle údajů z českého hydrometeorologického ústavu byly zjištěny následující počty letních dnů v roce, tj. dnů s maximální teplotou vzduchu alespoň 25°C. (graf č. 14 a tabulka č. 10)



Graf 14: Měsíční počet letních a ledových dní pro rok 2011 (zdroj [11])

Počty letních dní dle ČHMU ze stanice Brno-Tuřany	
rok	počet letních dní
2006	45
2007	70
2008	67
2009	60
2010	43
2011	67
průměr	59

Tabulka 10: Počty letních dní dle ČHMU (zdroj [11])

Ze tabulky č. 11 je patrné, že doby návratnosti jsou pro většinu potenciálních zákazníků nepřijatelné. Podle tohoto je nejpříznivější varianta dvojskla s nalepovací fólií u něhož je návratnost necelých 10let, pro varianty s tepelnými zrcadli se návratnost pohybuje okolo 30let a u zasklení se dvěma fóliemi heat mirror je to dokonce 75let.

Je tedy nutné provést další výpočty a zavést do nich také pořizovací cenu VZT systému a případně i zimní období a úsporu na pořízení systému vytápění a na jeho provozu.

pořad. číslo		čas	tepelná zátěž				
			varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4	varianta 5
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
1	9:00		44	30	28	20	25
2	10:00		43,5	30,5	28,5	21,2	26
3	11:00		44,5	31,5	29,5	22,2	27
4	12:00		45,5	32,5	30,5	23,2	28
5	13:00		44	32	30	23	27
6	14:00		41	30	28	22	25,5
7	15:00		39	29	27	21	24,5
8	16:00		36,5	27	25,5	20	23
9	17:00		33,5	25	23	18	21
celková potřeba chladu na den Q [kWh]			371,5	267,5	250	190,6	227
celková energie (příkon kompresoru) P=Q/EER [kWh]			106	76	71	54	65
cena za el. en. na chlazení za den (1kWh=4,95Kč) [Kč]			525	378	354	270	321
cena za el. en. na chlazení za rok (59 letních dní) [Kč]			30 999	22 321	20 861	15 904	18 942
cena za 1m ² skla			1 104	1 423	2 369	2 874	4 613
cena za za sklo pro celou fasádu S=260m ² [Kč]			287 040	369 980	615 940	747 240	1 199 380
navýšení výrobních nákladů			82 940	328 900	460 200	912 340	
úspora za el. en.			8 678	10 138	15 095	12 057	
prostá návratnost			9,6	32,4	30,5	75,7	

3. VLIV NEPRŮSVITNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE NA TEPELNOU ZÁTĚŽ

Velikost tepelných zátěží prostupem neprůsvitnými konstrukcemi je oproti tepelné zátěži radiací značně menší. V některých případech, kdy jsou prosklené části fasády orientovány na sever nebo mají malou plochu, mohou být tepelné zátěže prostupem zásadní. V případě předváděcí místnosti autosalonu to však neočekáváme.

Pro řešení tepelného chování místnosti je třeba znát nejen součinitel prostupu tepla U , abychom zjistili kolik tepla projde stěnou, ale také vlastnosti, které nám řeknou za jak dlouho teplo projde a kolik je ho stěna schopna naakumulovat. Potřebujeme tedy znát také tepelnou kapacitu c a teplotní vodivost stěny a .

Při simulaci tepelného chování místnosti nebylo započítáno větrání. Pokud se do výpočtu zavede i minimální výměna vzduchu, odvede část tepelné zátěže a rozdíly mezi zátěžemi při různých obvodových stěnách jsou takřka nepozorovatelné.

Pro simulace byly zvoleny čtyři varianty materiálů stěny, které se v praxi běžně používají:

- Panely KINGSPAN KS 1000FH – $d=0,2\text{m}$; $U=0,21\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- Dřevo – $d=0,3\text{m}$; $U=0,18\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- Porotherm 44 Profi – $d=0,46\text{m}$; $U=0,25\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- Železobeton +EPS – $d=0,42\text{m}$; $U=0,29\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Pro lepší představu o vlivu vlastností neprůsvitných obvodových konstrukcí na tepelnou zátěž je místnost simulována v časovém úseku jednoho, deseti a sto dní. Zkoumány jsou tepelné zátěže, teploty vzduchu, povrchů i výsledné teploty.

3.1. Výpočet charakteristik neprůsvitných obvodových konstrukcí

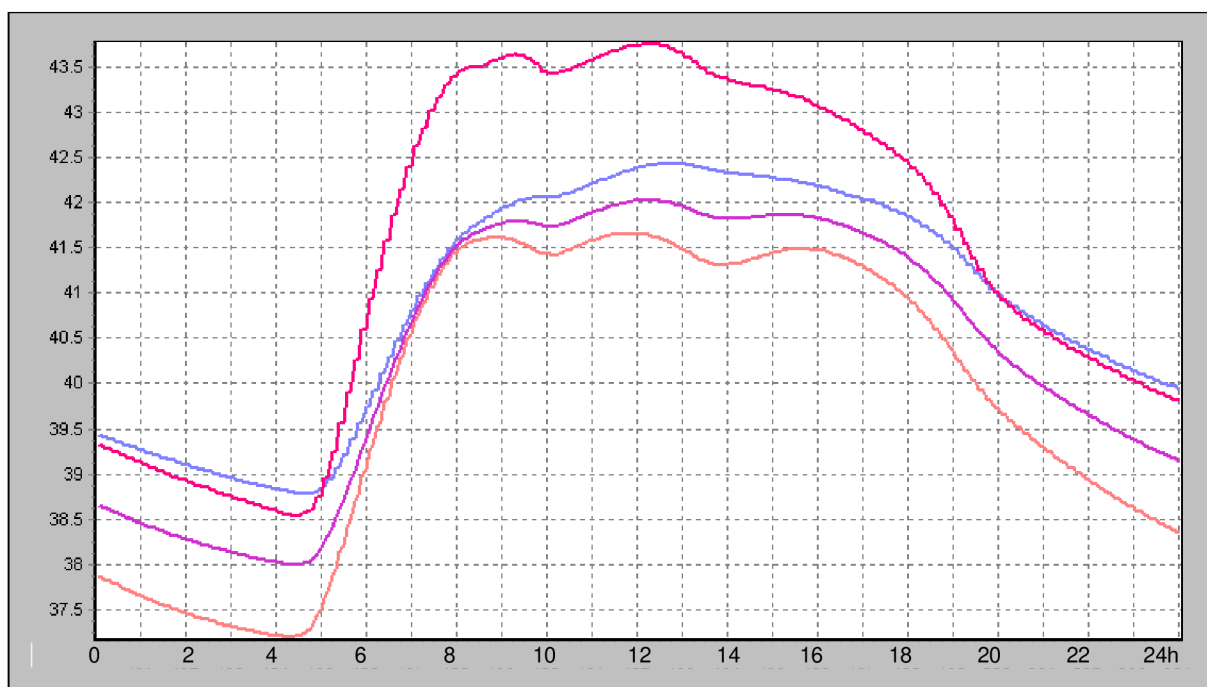
skladba konstrukce	tloušťka	hustota	měrná tepelná kapacita	pohitvost sluneční radiace	tepelná vodivost	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	odpor při přestupu tepla na vnější straně	součinitel prostupu tepla
	[m]	[kg/m ³]	[J/(kg.K)]	[-]	[W/(m.K)]	[m ² .K/W]	[m ² .K/W]	[W/(m ² .K)]
Panel KINGSPAN KS 1000FH								
minerální vlna	0,1989	135	1150					
ocelový plech	0,0011	7850	440					
celkem	0,2	178	978	0,3	0,044	0,13	0,04	0,21
Dřevo								
sádkokarton deska	0,0125	860	1060		0,210			
OSB deska	0,0120	650	1630		0,130			
sloupky 200x160 a 1m +minerální izolace	0,2000	89	2126		0,054			
OSB deska	0,0120	650	1630		0,130			
Isover EPS 70 F	0,0600	15	1270		0,039			
akrylátová omítka	0,0035	1750	840		0,670			
celkem	0,3	171	1582	0,7	0,055	0,13	0,04	0,18
POROTHERM 44Profi								
Omítka POROTHERM univerzální	0,01	1450	840		0,800			
POROTHERM 44Profi	0,44	750	1000		0,117			
Omítka POROTHERM univerzální	0,01	1450	840		0,800			
celkem	0,46	780	987	0,7	0,122	0,13	0,04	0,25
Železobeton + EPS								
železobeton	0,300	2300	1020		1,580			
ISOVER EPS 70 F	0,120	15	1270		0,039			
omítka Baumit open	0,002	1450	840		0,700			
celkem	0,422	1646	1020	0,7	0,129	0,13	0,04	0,29

3.2. Tepelné zátěže pro jednotlivé varianty

Panely KINGSPAN – simulace pro 1 den




Graf 15: Tepelná zátěž 21.7. pro panely KINGSPAN [W]

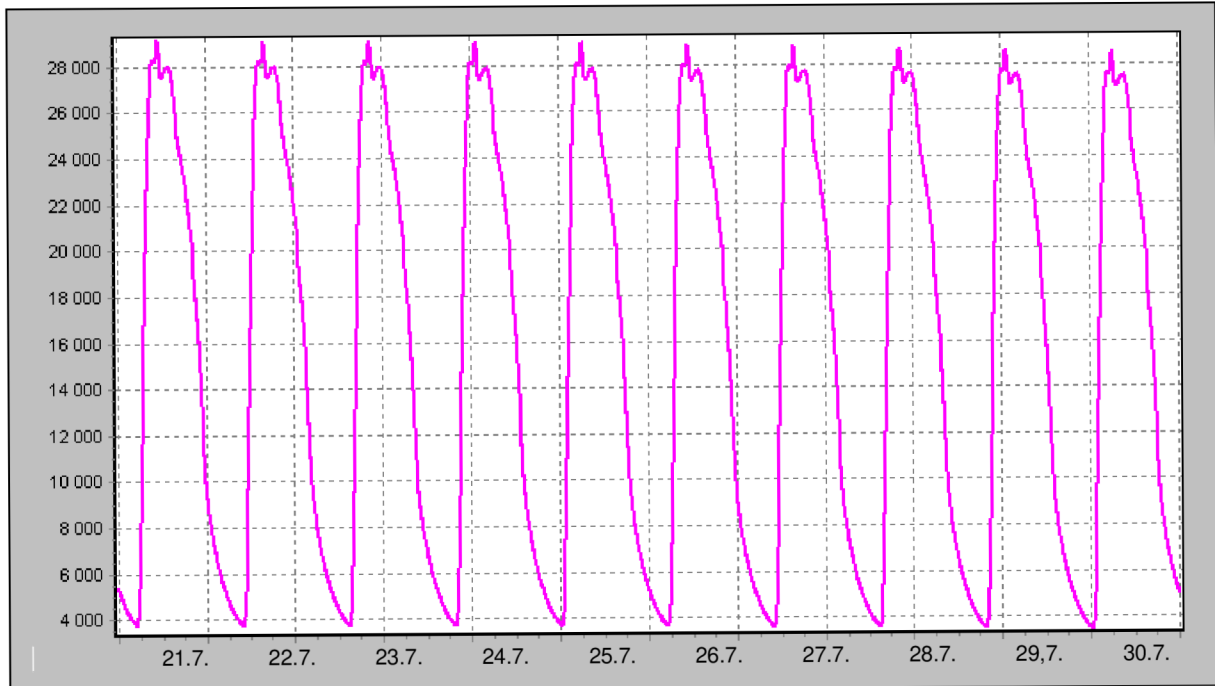


Graf 16: Teploty v místnosti pro 21.7. pro panely KINGSPAN [°C]

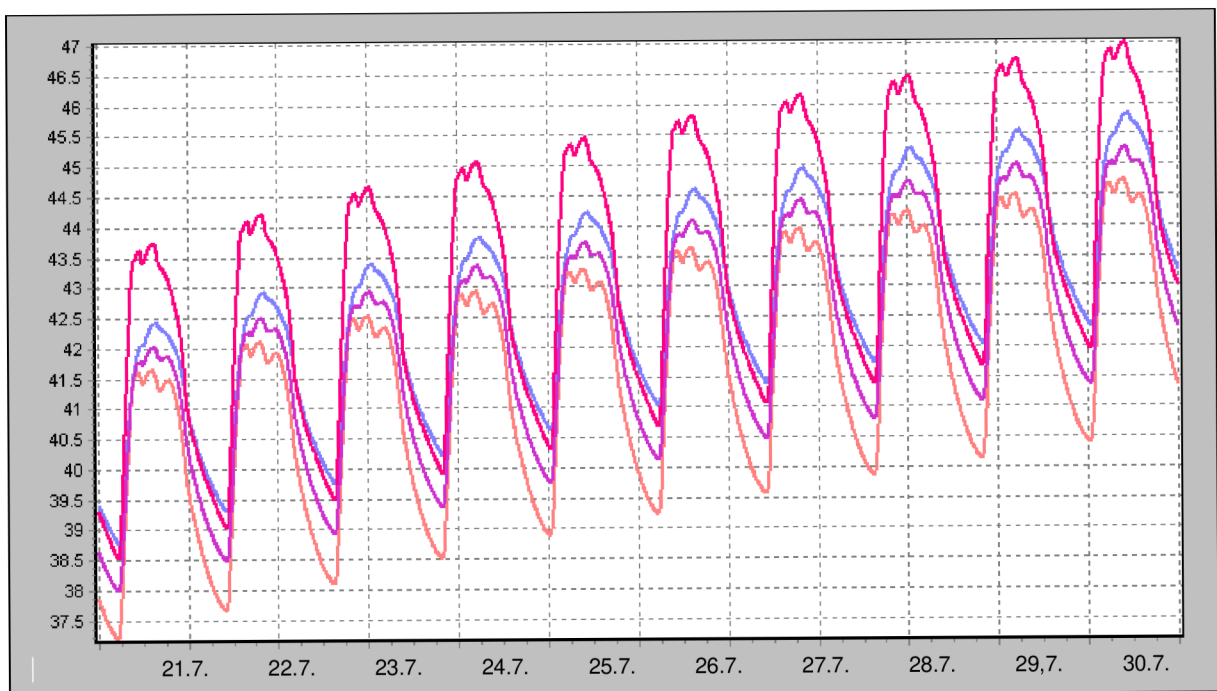
Legenda:

- | | |
|--|---|
|  Teplota povrchu JV stěny |  Teplota vnitřního vzduchu |
|  Výsledná teplota interiéru |  Průměrná teplota povrchů |

Panely KINGSPAN – simulace pro 10 dní



Graf 17: Tepelná zátěž od 21.7. do 30.7. pro panely KINGSPAN [W]

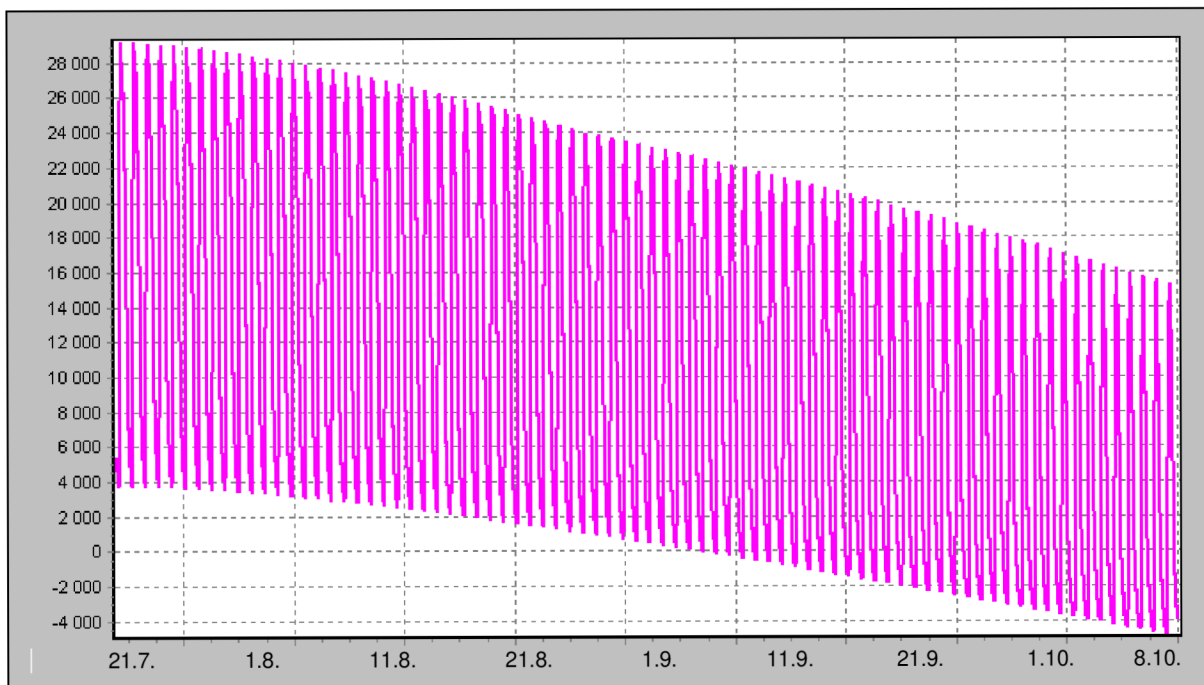


Graf 18: Teploty v místnosti od 21.7. do 30.7. pro panely KINGSPAN [°C]

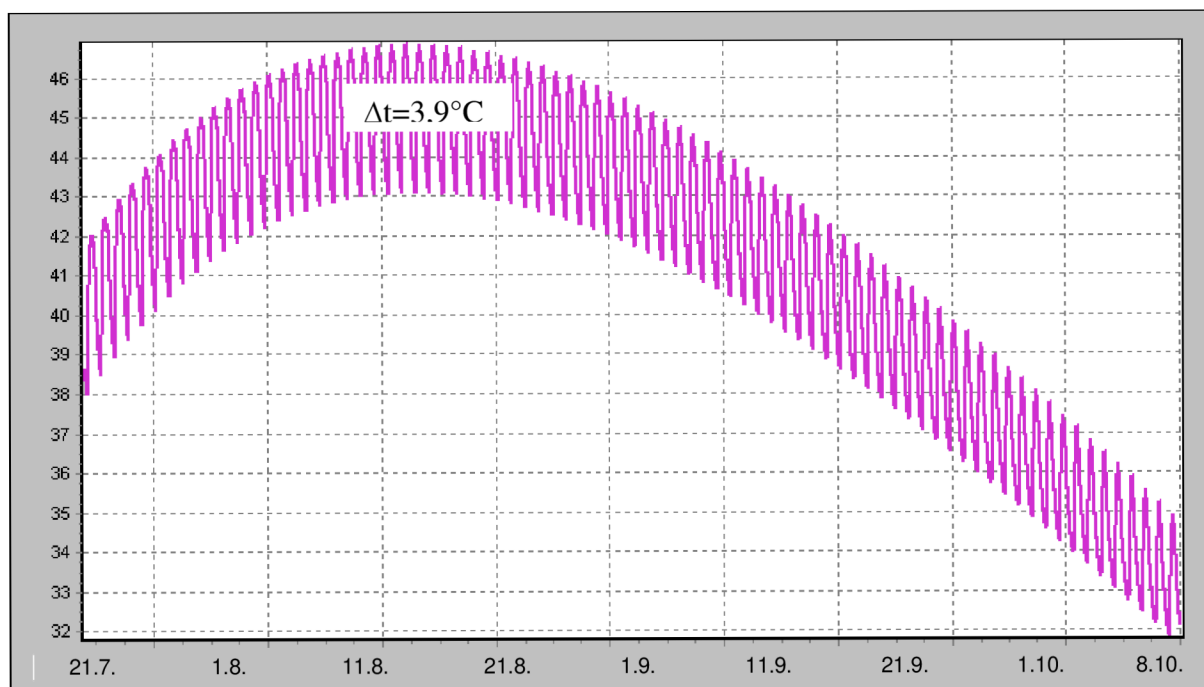
Legenda:

- | | |
|--|---|
|  Teplota povrchu JV stěny |  Teplota vnitřního vzduchu |
|  Výsledná teplota interiéru |  Průměrná teplota povrchů |

Panely KINGSPAN – simulace pro 100 dní



Graf 19: Tepelná zátěž od 21.7. do 8.10. pro panely KINGSPAN [W]

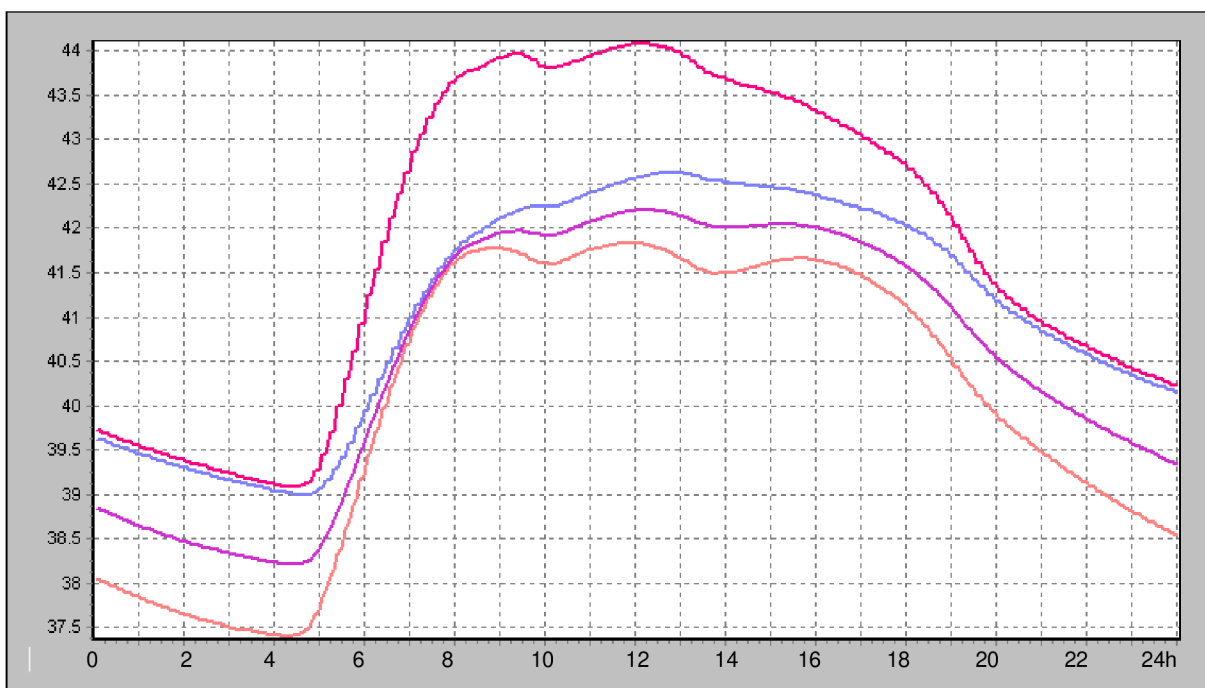


Graf 20: Výsledná teplota interiéru od 21.7. do 8.10. pro panely KINGSPAN [°C]

Dřevo – simulace pro 1 den



Graf 21: Tepelná zátěž 21.7. pro dřevo [W]

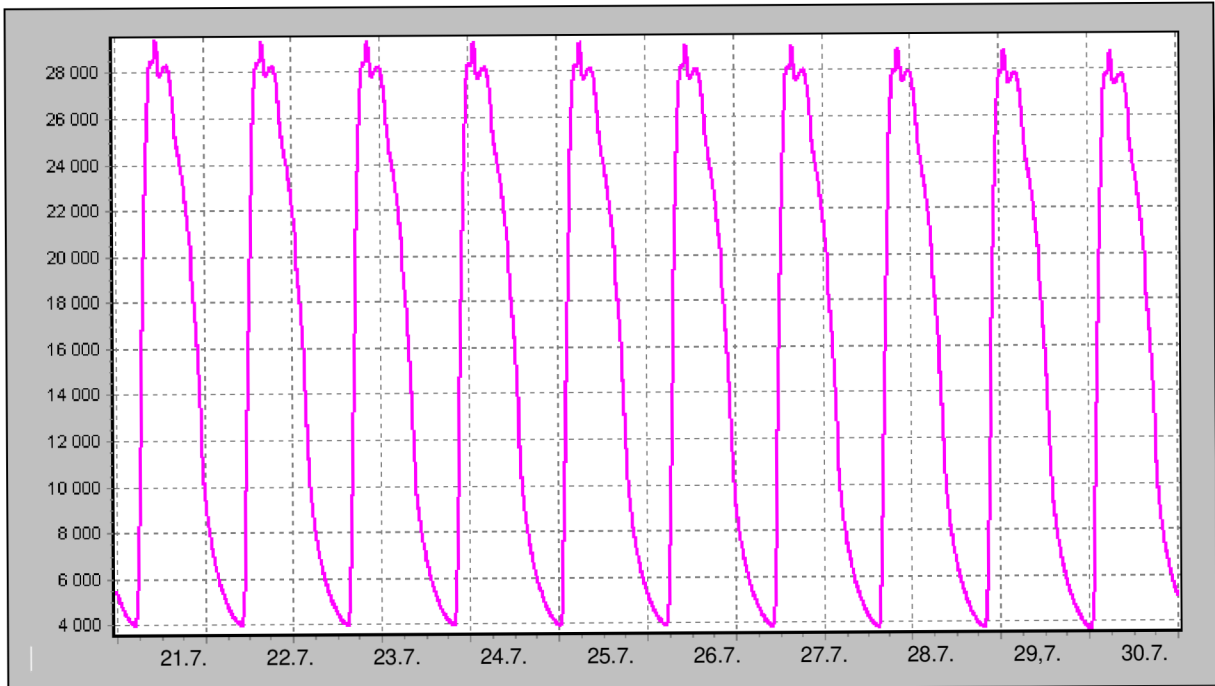


Graf 22: Teploty v místnosti pro 21.7. pro dřevo [°C]

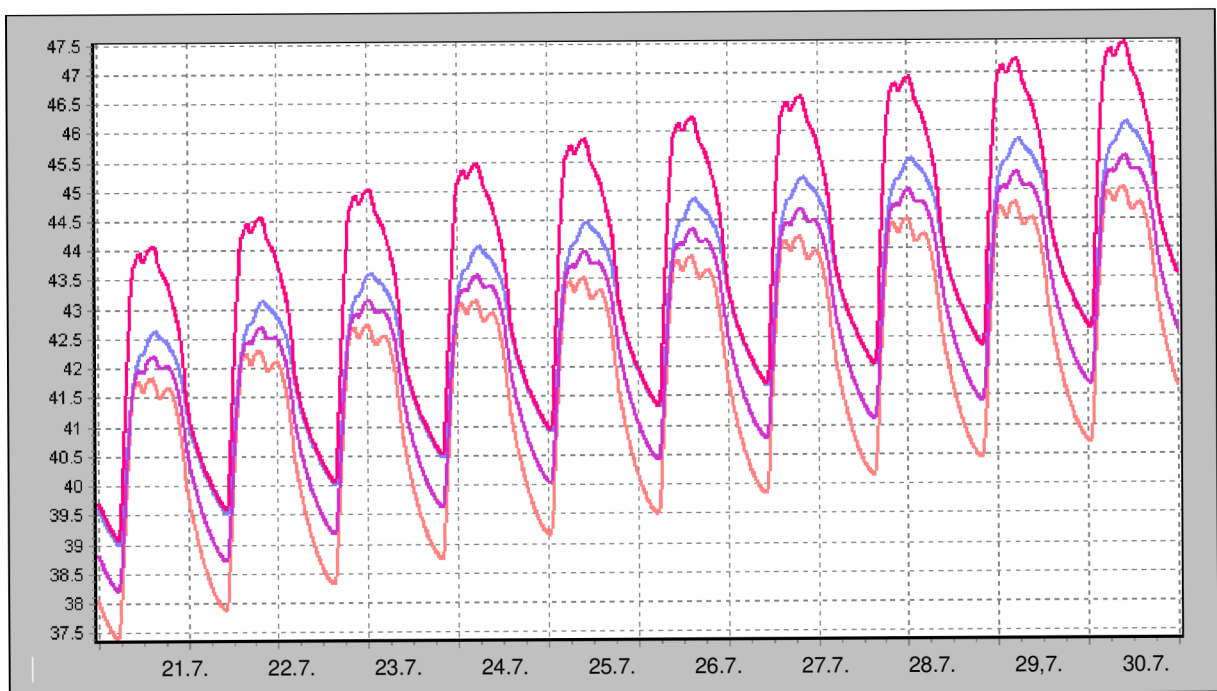
Legenda:

- Teplota povrchu JV stěny
- Teplota vnitřního vzduchu
- Výsledná teplota interiéru
- Průměrná teplota povrchů

Dřevo – simulace pro 10 dní



Graf 23: Tepelná zátěž od 21.7. do 30.7. pro dřevo [W]

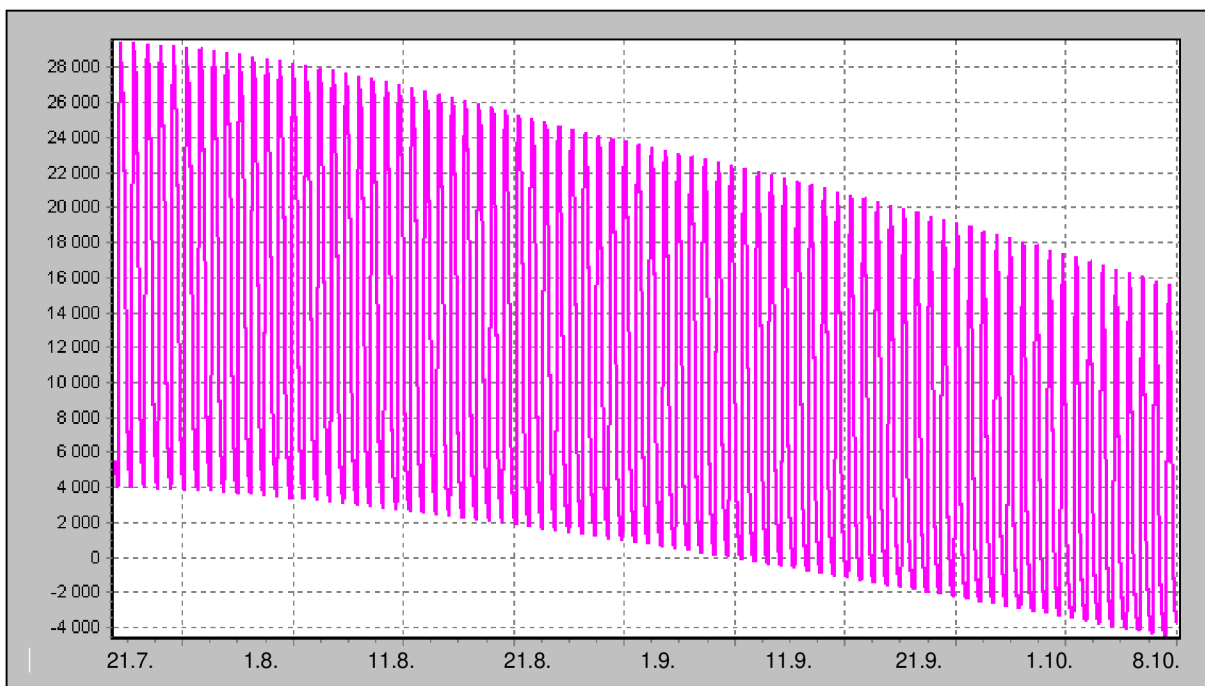


Graf 24: Teploty v místnosti od 21.7. do 30.7. pro dřevo [°C]

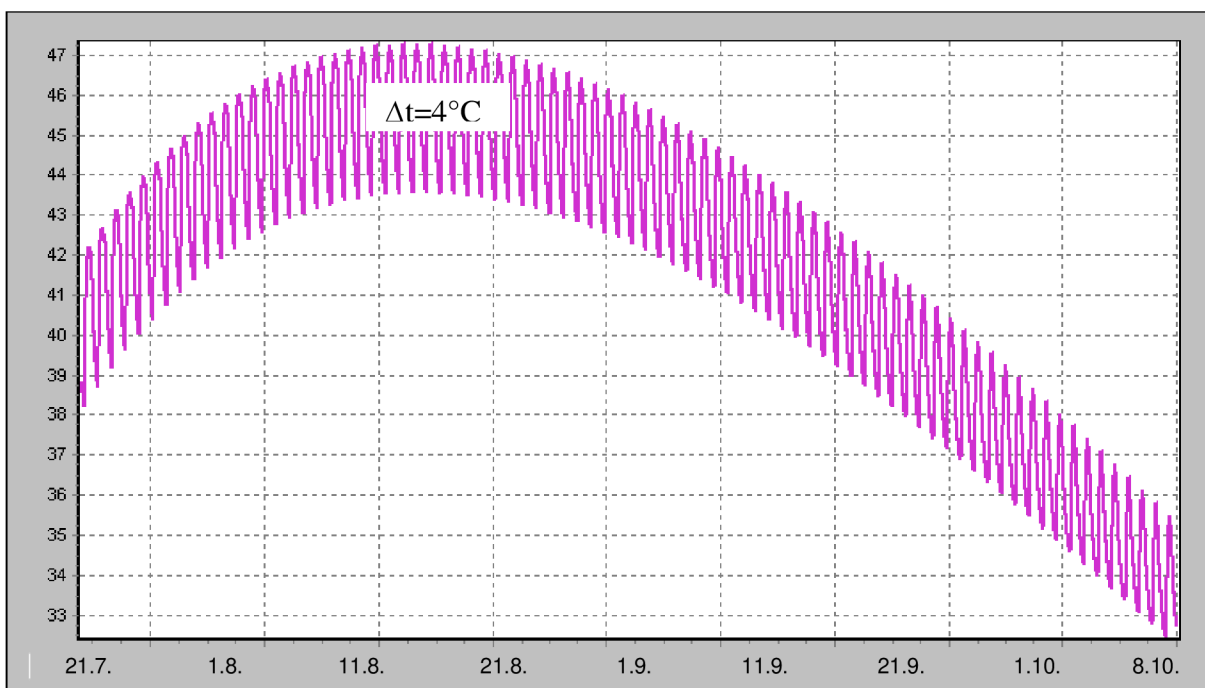
Legenda:

- | | |
|--|---|
|  Teplota povrchu JV stěny |  Teplota vnitřního vzduchu |
|  Výsledná teplota interiéru |  Průměrná teplota povrchů |

Dřevo – simulace pro 100 dní



Graf 25: Tepelná zátěž od 21.7. do 8.10. pro dřevo [W]

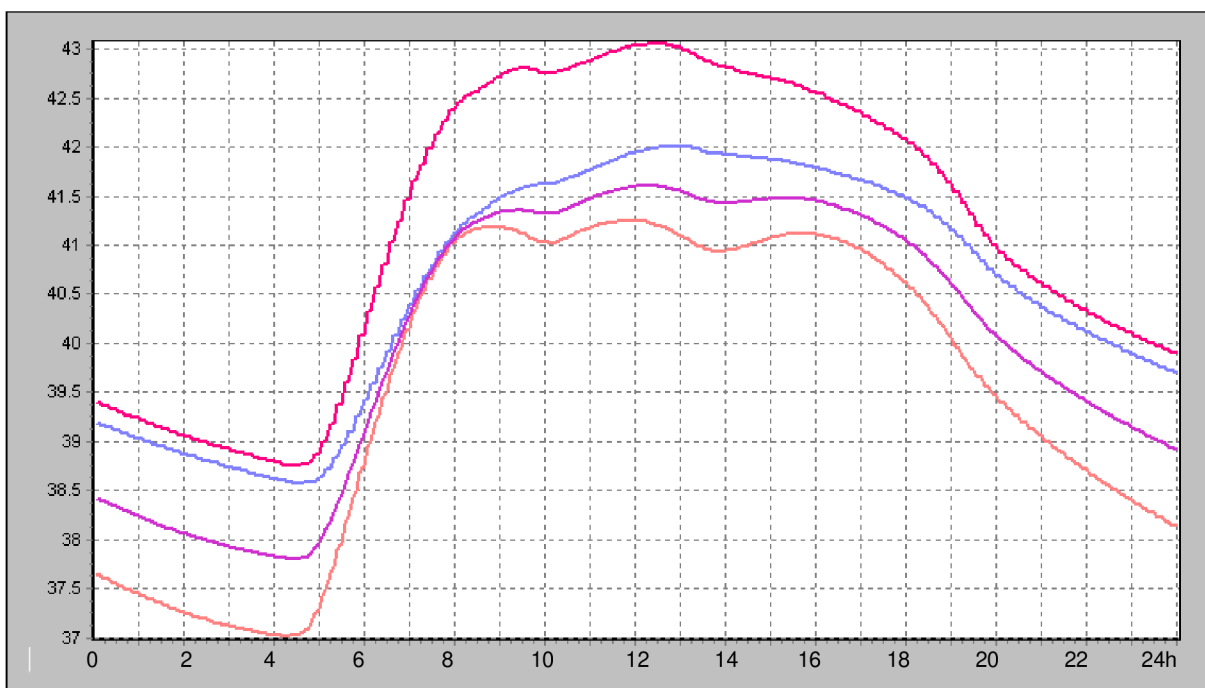


Graf 26: Výsledná teplota interiéru od 21.7. do 8.10. pro dřevo [°C]

Porotherm – simulace pro 1 den




Graf 27: Tepelná zátěž 21.7. pro Porotherm [W]

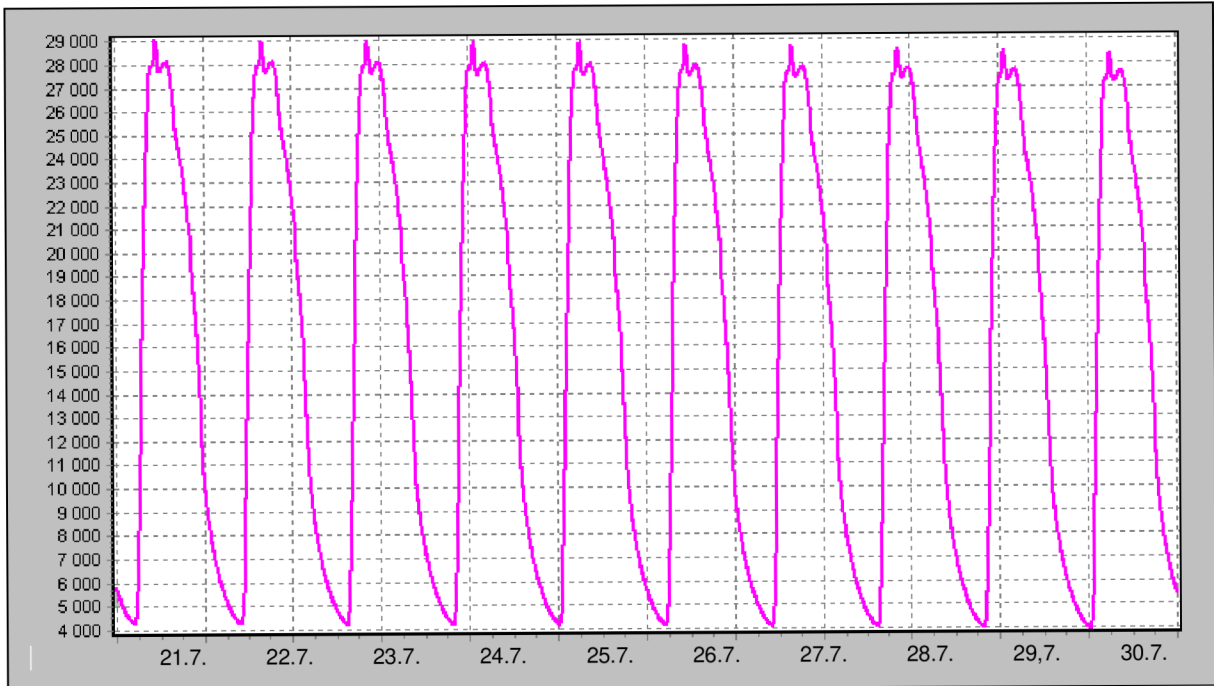


Graf 28: Teploty v místnosti pro 21.7. pro Porotherm [°C]

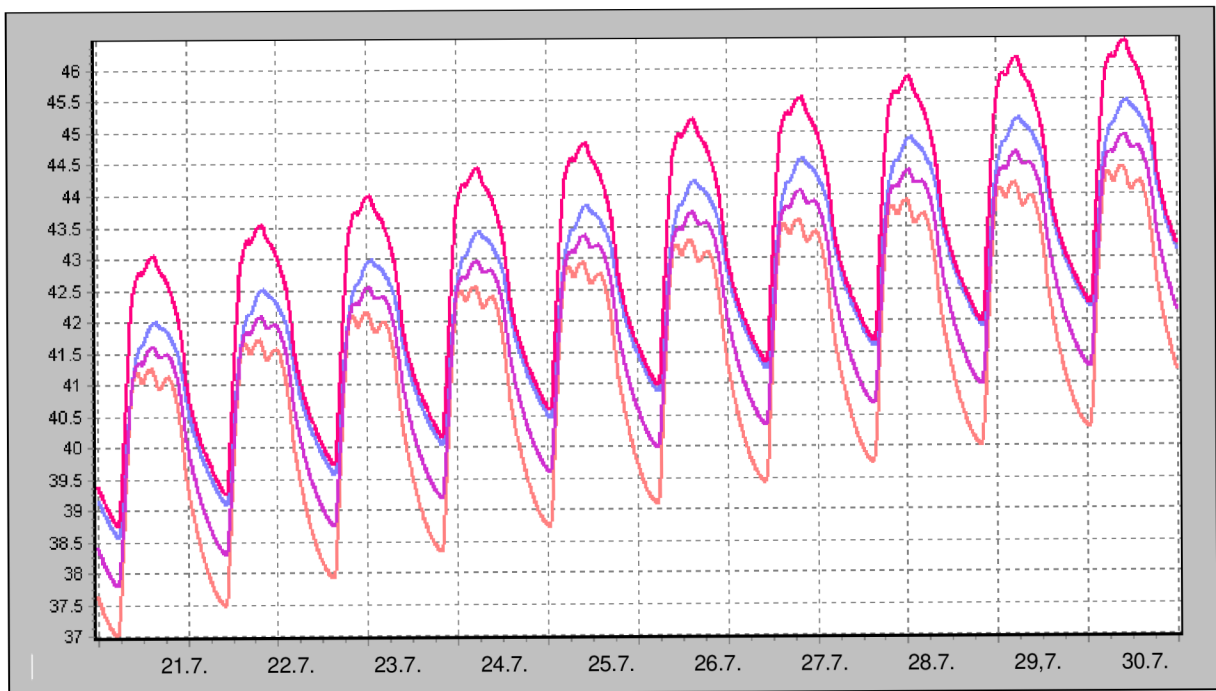
Legenda:

- | | |
|--|---|
|  Teplota povrchu JV stěny |  Teplota vnitřního vzduchu |
|  Výsledná teplota interiéru |  Průměrná teplota povrchů |

Porotherm – simulace pro 10 dní



Graf 29: Tepelná zátěž od 21.7. do 30.7. pro Porotherm [W]

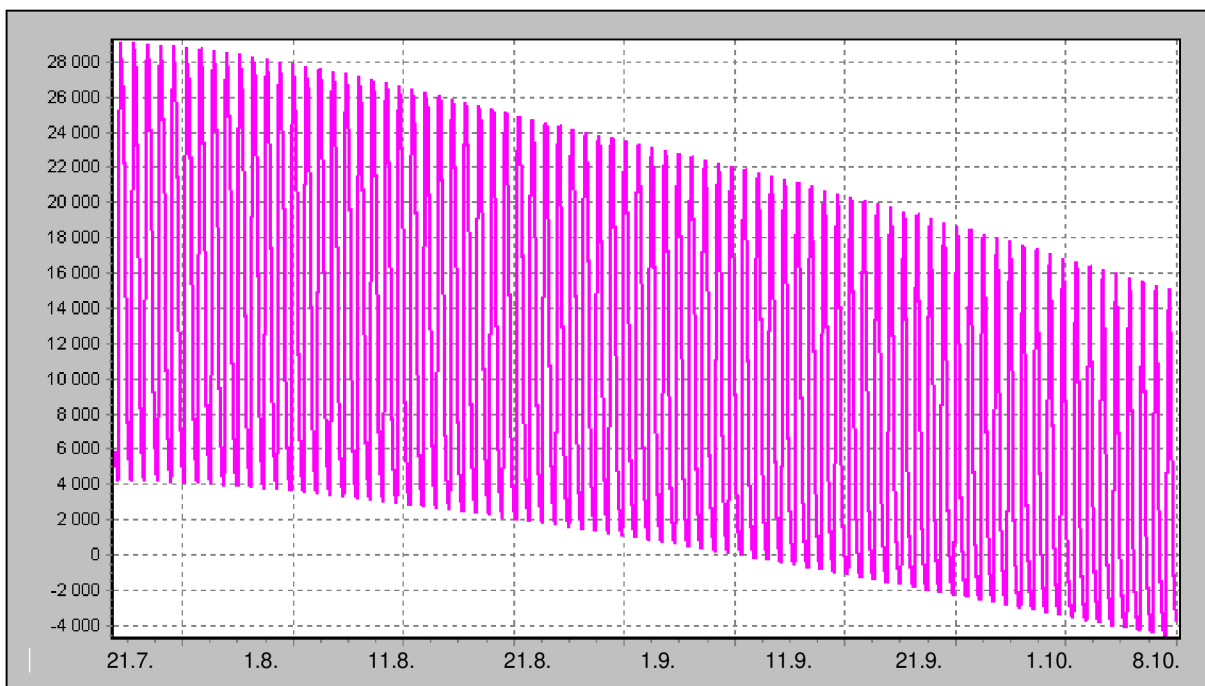


Graf 30: Teploty v místnosti od 21.7. do 30.7. pro Porotherm [°C]

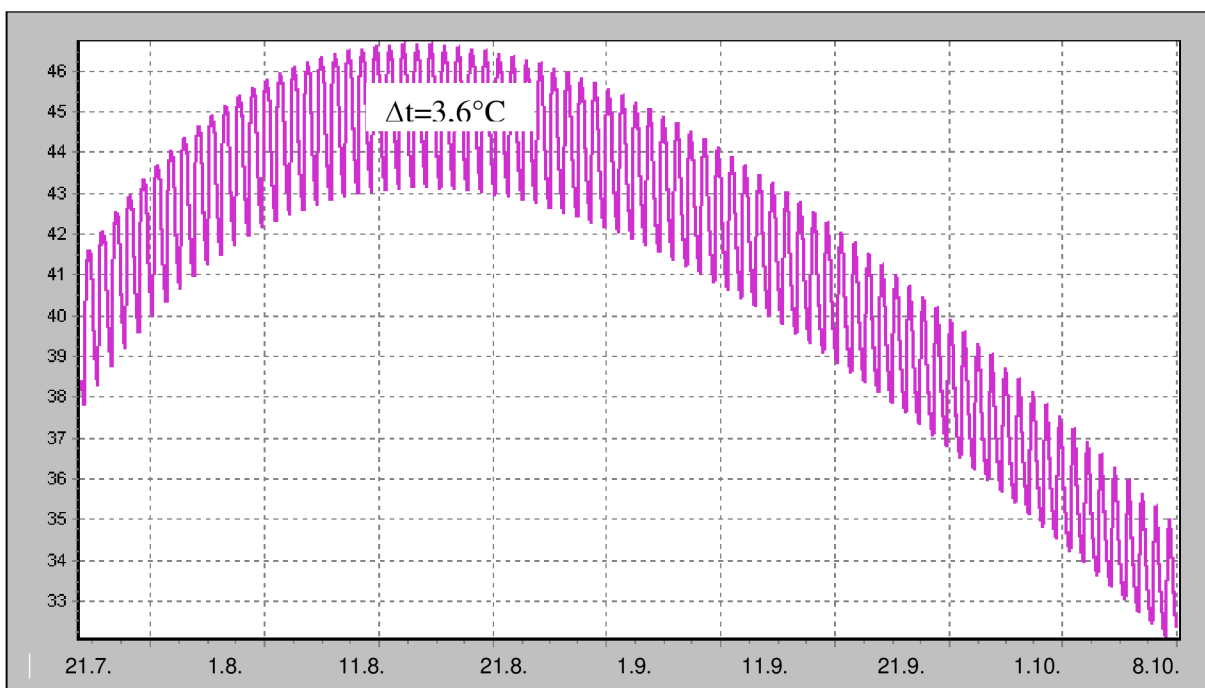
Legenda:

- | | |
|--|---|
|  Teplota povrchu JV stěny |  Teplota vnitřního vzduchu |
|  Výsledná teplota interiéru |  Průměrná teplota povrchů |

Porotherm – simulace pro 100 dní

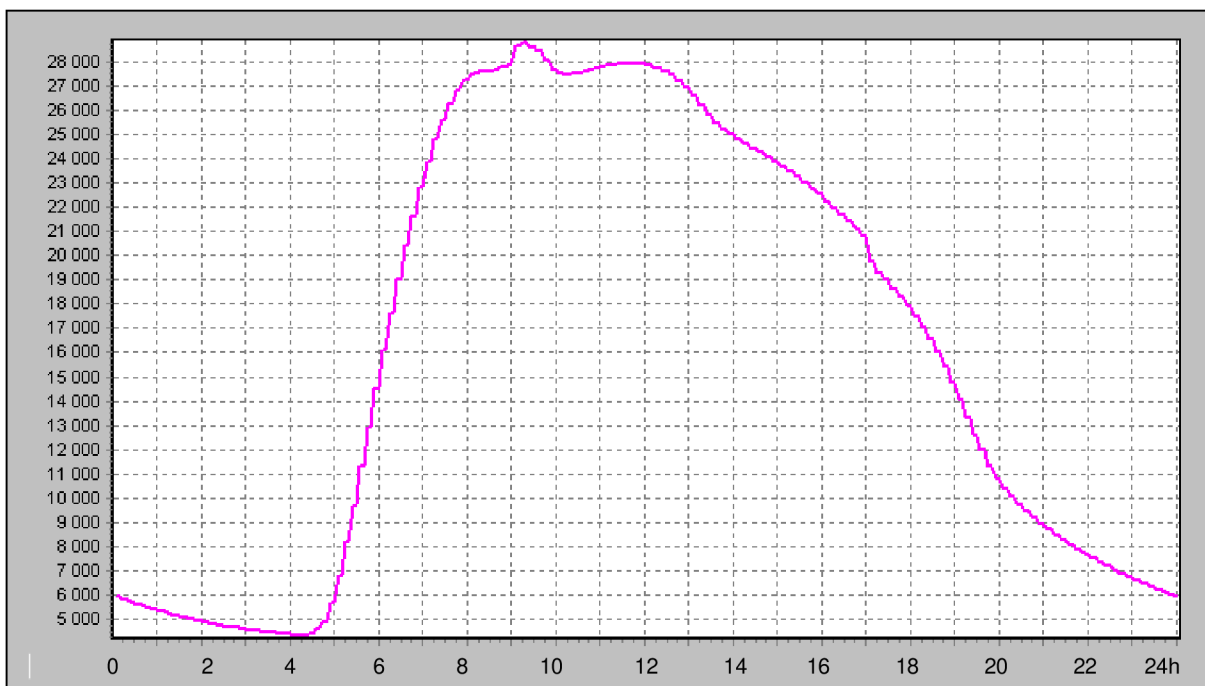


Graf 31: Tepelná zátěž od 21.7. do 8.10. pro Porotherm [W]

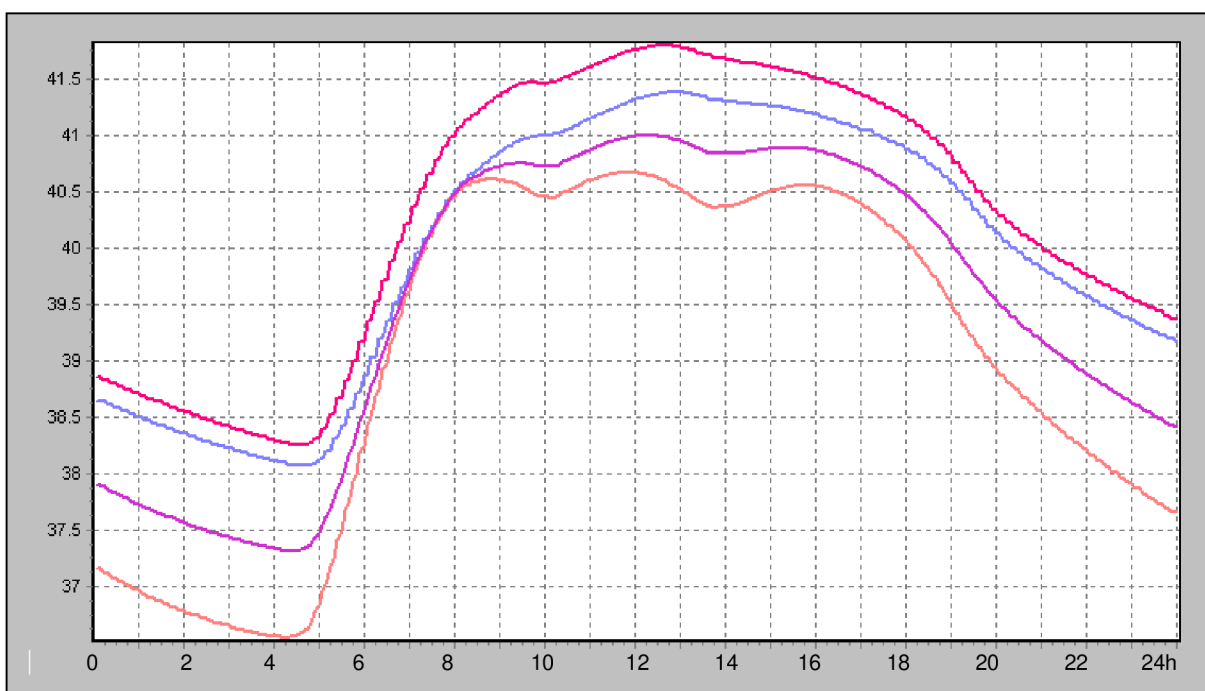


Graf 32: Výsledná teplota interiéru od 21.7. do 8.10. pro Porotherm [°C]

Železobeton + EPS – simulace pro 1 den




Graf 33: Tepelná zátěž 21.7. pro železobeton + EPS [W]

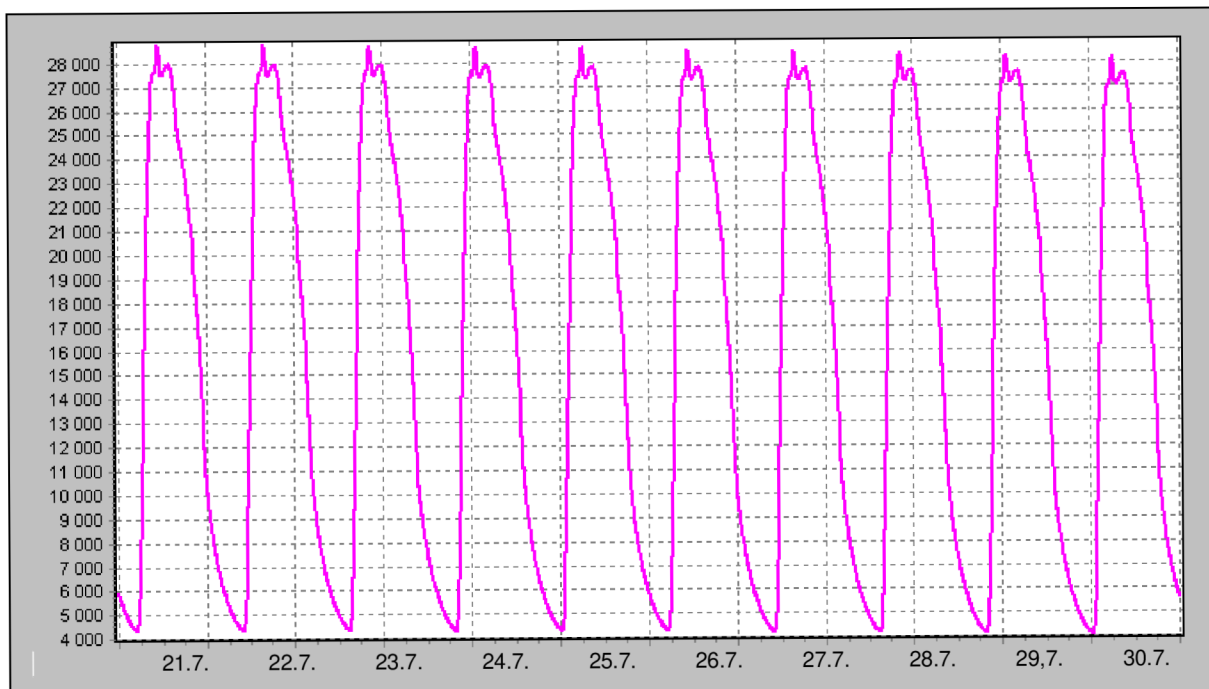


Graf 34: Teploty v místnosti pro 21.7. pro železobeton + EPS [°C]

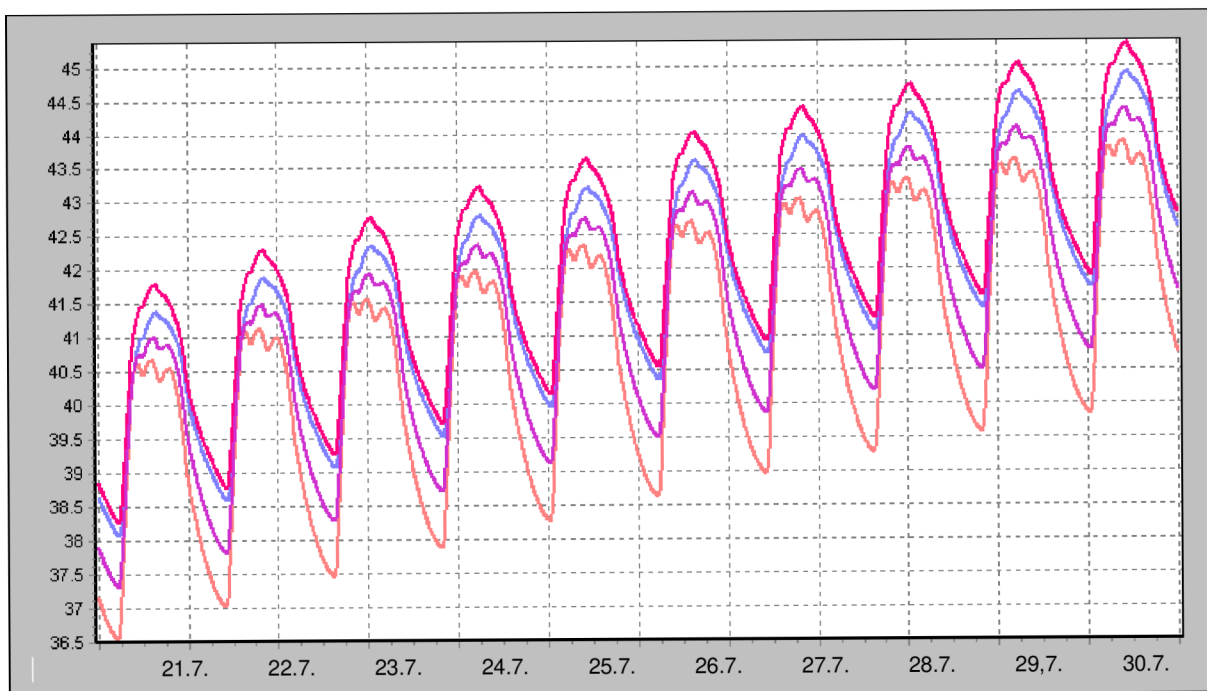
Legenda:

- | | |
|--|---|
|  Teplota povrchu JV stěny |  Teplota vnitřního vzduchu |
|  Výsledná teplota interiéru |  Průměrná teplota povrchů |

Železobeton + EPS – simulace pro 10 dní



Graf 35: Tepelná zátěž od 21.7. do 30.7. pro železobeton + EPS [W]

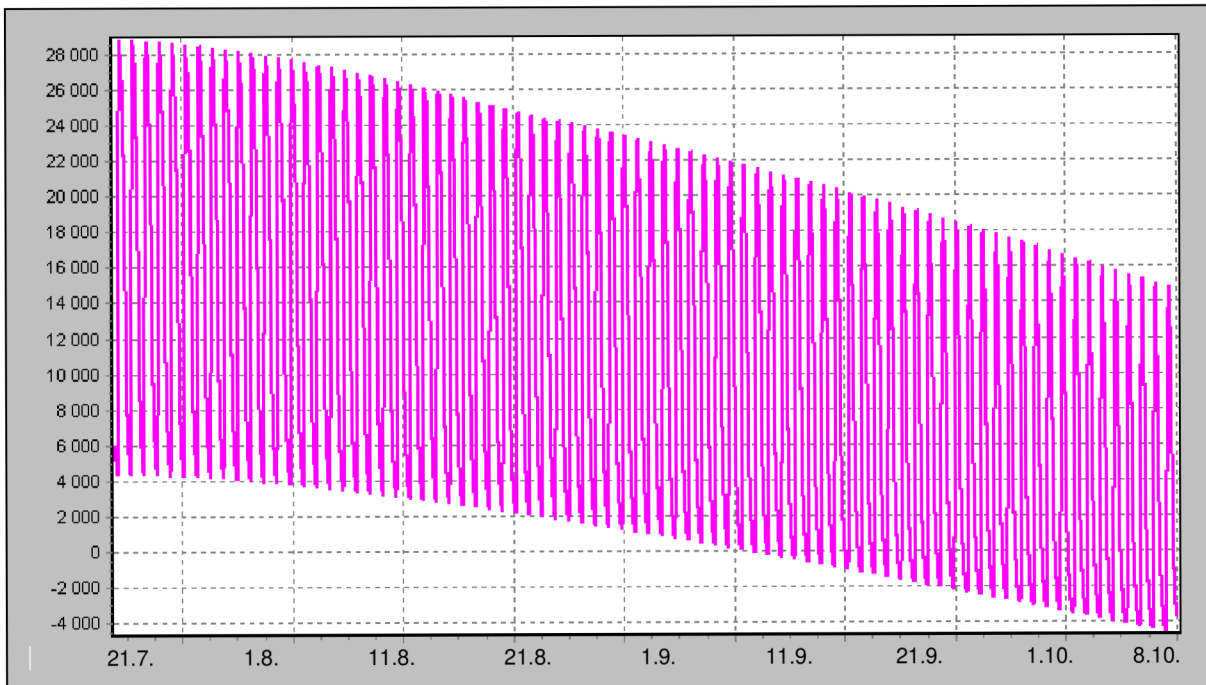


Graf 36: Teploty v místnosti od 21.7. do 30.7. pro železobeton + EPS [°C]

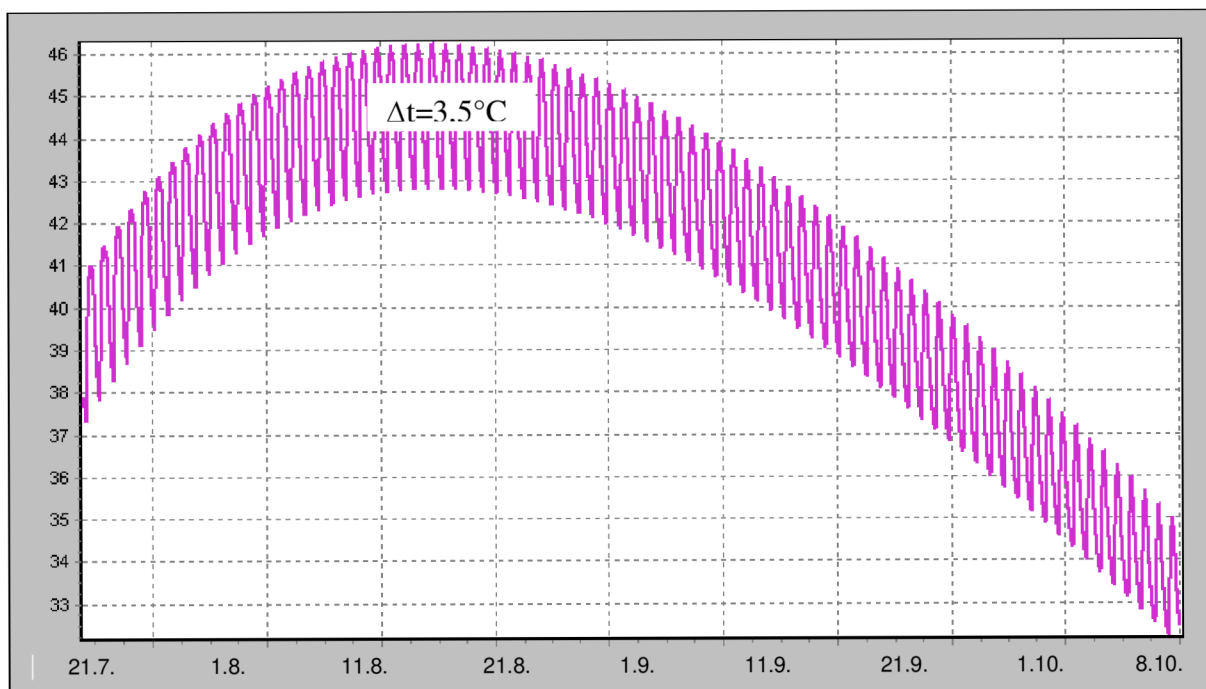
Legenda:

- | | |
|--|---|
|  Teplota povrchu JV stěny |  Teplota vnitřního vzduchu |
|  Výsledná teplota interiéru |  Průměrná teplota povrchů |

Železobeton + EPS – simulace pro 100 dní



Graf 37: Tepelná zátěž od 21.7. do 8.10. pro železobeton + EPS [W]



Graf 38: Výsledná teplota interiéru od 21.7. do 8.10. pro železobeton +EPS [°C]

3.3. Vyhodnocení

Varianta	Popis stěny	Součinitel prostupu tepla stěnou	Maximální teplota povrchu JV stěny v interiéru	Maximální výsledná teplota v interiéru	Maximum tepelné zátěže
[-]	[-]	[W/m ² K]	[°C]	[°C]	[W]
1	panely KINGSPAN tl. 200mm	0,21	43,8	42	29176
2	dřevěná sendvičová konstrukce tl.300mm	0,18	44,1	42,2	29423
3	POROTHERM 44 Profi	0,25	43,1	41,7	29088
4	železobeton tl.300mm + EPS tl.120mm	0,29	41,9	41	28792

Tabulka 13: Vyhodnocení vlivu parametrů neprůsvitné konstrukce na tepelnou zátěž

Bylo zjištěno, že konstrukce obvodové stěny má na tepelnou zátěž zkoumané místnosti zanedbatelný vliv. A to hlavně z toho důvodu, že obvodové konstrukce jsou z velké části prosklené, prosklení tvoří téměř polovinu plochy obvodových stěn. Přestože místnost je situována na severovýchod, tepelné toky radiací prosklenými plochami převáží akumulaci stěn a jejich následný tepelný tok do místnosti. Dalším důvodem proč se tepelná zátěž příliš nezměnila je velký objem místnosti.

Z tabulky je patrné, že výsledné teploty v interiéru se nemění více než o 1,2°C. Maximální rozdíl tepelných zátěží, tedy zátěží při konstrukci ze dřeva a ze železobetonu se liší pouze o 2%. I v dlouhodobém výhledu se kolísání tepelných zátěží a teplot v interiéru liší jen zanedbatelně.

Výrazněji se liší pouze průběhy teplot na vnitřním povrchu obvodových stěn. V grafech je uvedena křivka znázorňující průběh teploty na JV stěně. Je patrné, že u lehkých konstrukcí, jako jsou kingspan panely a dřevěná konstrukce, teplota v dopoledních hodinách rychle stoupá, zatímco u těžších konstrukcí stoupá pomaleji. Projevuje se tedy akumulací schopnost stěny.

Při zkoumání chování místnosti z dlouhodobějšího hlediska je patrné, že amplituda kolísání výsledné teploty interiéru je při konstrukci z lehkých materiálů větší než z materiálů těžších. Při nejvyšších teplotách je amplituda kolísání pro konstrukci ze dřeva 4°C a pro konstrukci z betonu 3,5°C, tedy rozdíl činí 12,5%. Místnost z betonu má vyšší tepelnou stabilitu.

Přestože rozdíl není velký, nejlepší konstrukcí z hlediska tepelných zátěží je železobeton, naopak největší zátěž vykazuje konstrukce ze dřeva, která má nejmenší schopnost akumulace. Za povšimnutí také stojí, že železobetonová stěna má nejhorší součinitel prostupu tepla, oproti tomu stěna dřevěná nejlepší. Vliv součinitele prostupu tepla stěnou v létě je tedy oproti jiným vlastnostem nepatrný.

V grafech číslo 16, 22, 28 a 34 (grafy ukazující teploty během jednoho dne) je vidět že průměrná teplota povrchů je nižší než teplota vnitřního vzduchu a to i přesto, že teplota povrchu jihovýchodní stěny je značně vyšší než teplota vzduchu. Je to způsobeno celkovou

orientací místnosti, větší část fasády je orientována na SV a SZ, jejich teploty jsou značně nižší a tedy průměrná teplota je nižší než teplota vzduchu.

Z grafů číslo 17, 18, 23, 24, 29, 30, 35 a 36 (grafy ukazující chování místnosti během deseti dní) je patrné, že přestože tepelná zátěž klesá, teplota stoupá, je to proto, že ve výpočtu není uvažováno s větráním. Tedy teplo z místnosti se nevyvětrá a v letním období tepelná ztráta přes noc zdaleka nevyrovná obrovské tepelné zátěže přes den.

3.4. Tepelné zátěže bez oken a vnitřních zisků

Pro porovnání vlivu obvodových konstrukcí na tepelnou zátěž obecně jsou zde uvedeny grafy průběhu tepelné zátěže místnosti bez jakýchkoli ostatních vlivů v průběhu deseti dnů. Z důvodu porovnání je zde místnost uvažována bez oken a bez vnitřních zisků.

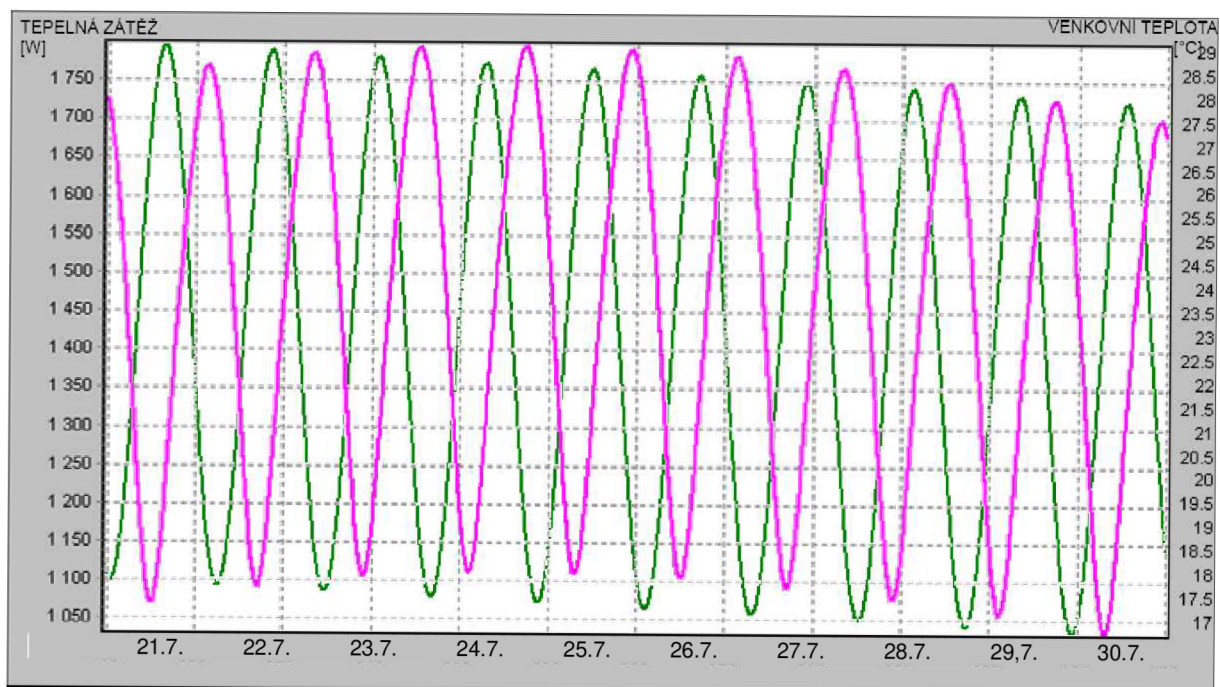
Z grafů číslo 39, 40, 41 a 42 jsou zřetelně vidět rozdíly v kolísání tepelné zátěže v místnosti. Při použití konstrukce z betonu nebo cihelné konstrukce místnost vykazuje větší stabilitu, tedy podstatně menší kolísání tepelné zátěže. Protože metoda, kterou program Teruna počítá, konverguje 20 dní, jsou v grafech dobře vidět také posunutá maxima tepelné zátěže v jednotlivých dnech oproti maximům venkovní teploty.

V grafech také můžeme pozorovat, že každá konstrukce má maximum tepelné zátěže v jiný den. Nejdříve je maxima dosaženo u konstrukce z KINGSPAN panelů a z Porothermu a to 24.7., potom dosáhne maxima konstrukce ze dřeva (25.7.) a nakonec ze železobetonu (26.7.). Je to způsobeno akumulací schopností stěn.

Celkové maximum tepelné zátěže je největší pro místnost s obvodovými stěnami z betonu. Zatímco lehčí konstrukce (KINGSPAN a dřevo) během noci vychladnou, protože teplota exteriéru je nižší, stěny z konstrukcí těžších to kvůli své akumulací schopnosti nestihnou.

Jelikož místnost je počítána bez větrání a v letním období tepelné zisky převáží tepelné ztráty, teplota v místnosti stále roste. Protože tepelné zisky jsou přímo úměrné rozdílu venkovní a vnitřní teploty a průběh venkovní teploty má klesající charakter a průběh teploty vnitřní naopak vzrůstající, měla by tepelná zátěž klesat. Jak je však patrné zejména u těžkých konstrukcí (graf číslo 41 a 42), tepelná zátěž dlouho roste. Je to proto, že výpočetní program Teruna počítá tepelnou zátěž pouze pro konstantní teplotu v místnosti. Program je vhodnější pro jednodenní simulace tepelné zátěže místností, nebo pro místnosti ve kterých je udržována konstantní teplota, tedy pro místnosti klimatizované.

Panely KINGSPAN



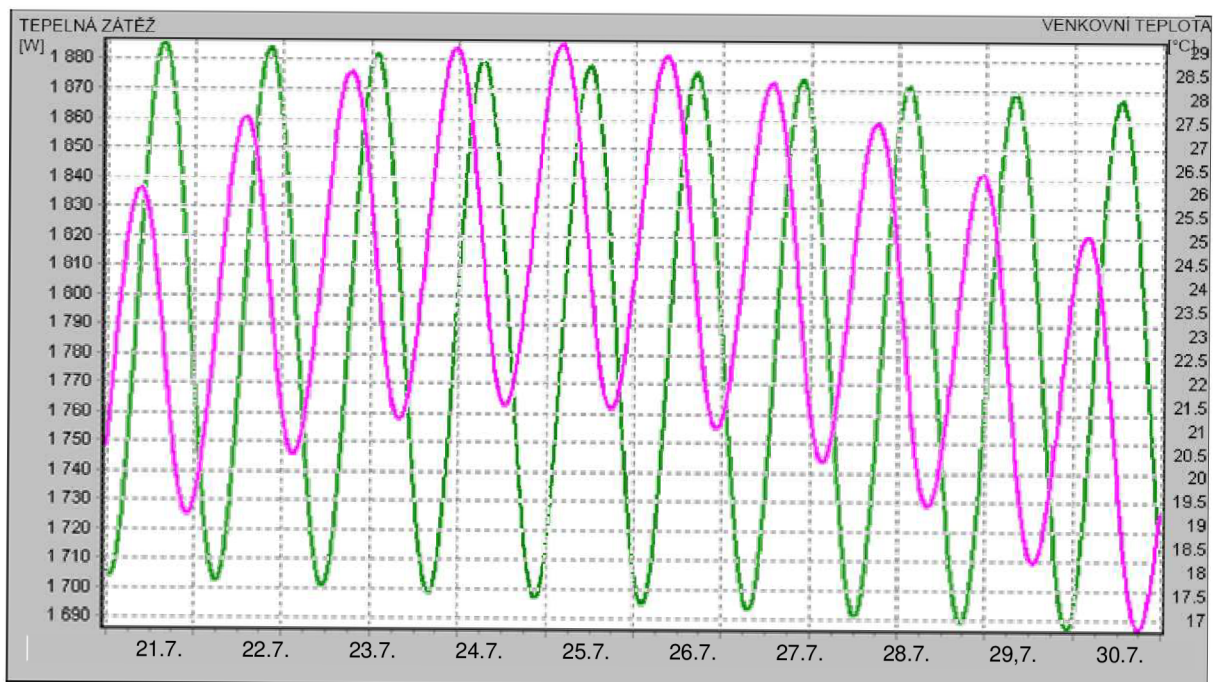
Graf 39: Tepelná zátěž od 21.7. do 30.7. panely KINGSPAN bez oken a vnitřních zisků [W]

Legenda:

— Tepelná zátěž

— Teplota vnějšího vzduchu

Dřevo



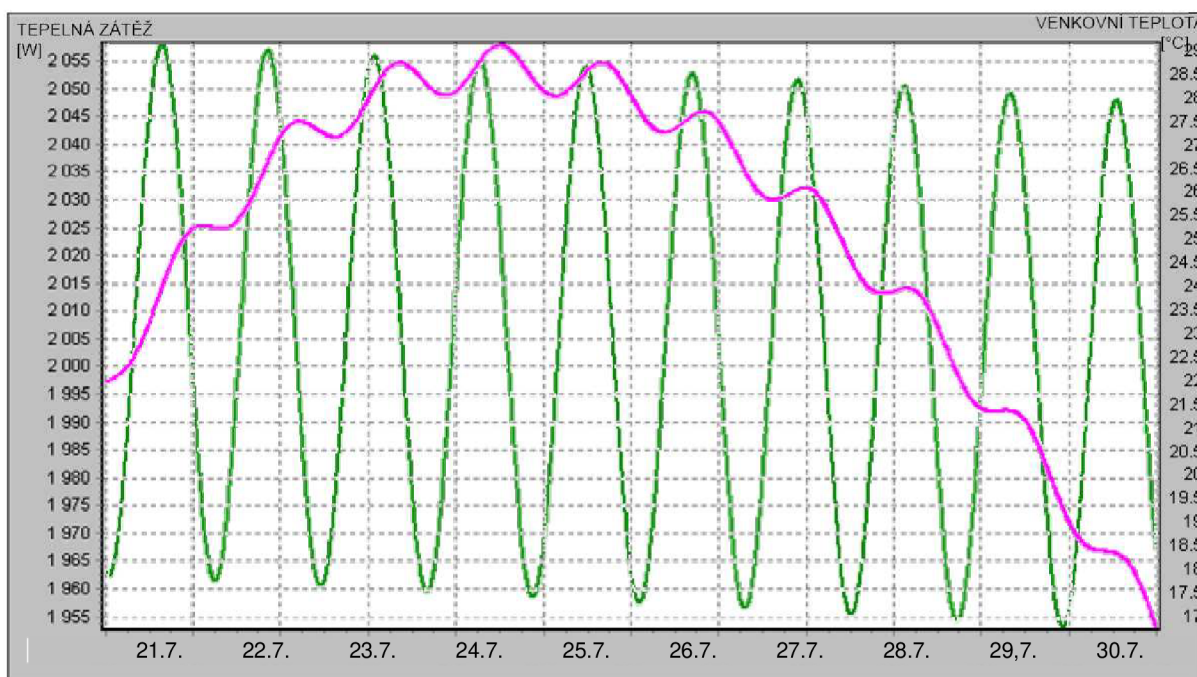
Graf 40: Tepelná zátěž od 21.7. do 30.7. pro dřevo bez oken a vnitřních zisků [W]

Legenda:

— Tepelná zátěž

— Teplota vnějšího vzduchu

Porotherm



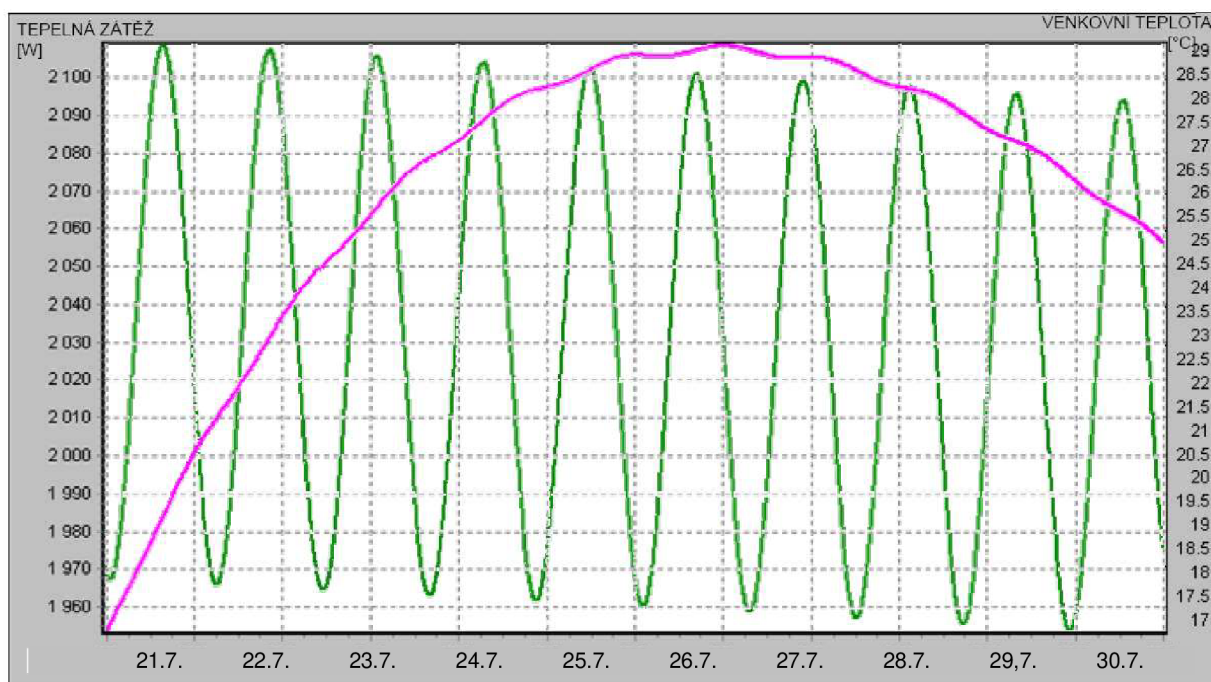
Graf 41: Tepelná zátěž od 21.7. do 30.7. pro Porotherm bez oken a vnitřních zisků [W]

Legenda:

— Tepelná zátěž

— Teplota vnějšího vzduchu

Železobeton + EPS



Graf 42: Tepelná zátěž od 21.7. do 30.7. pro železobeton+EPS bez oken a vnitřních zisků [W]

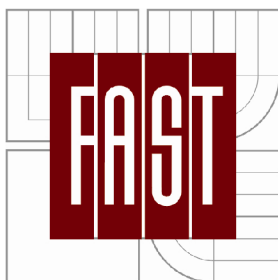
Legenda:

— Tepelná zátěž

— Teplota vnějšího vzduchu



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VLIV STAVEBNÍ KONSTRUKCE NA TEPELNOU ZÁTĚŽ PROSTORU

EFFECT OF BUILDING CONSTRUCTION ON THERMAL LOAD OF SPACE

C) APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ZDEŇKA VÝRAVSKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2014

OBSAH

C) Aplikace tématu na zadané budově.....	71
1. Úvod.....	73
2. Průtoky vzduchu.....	74
3. Distribuční prvky.....	75
3.1. Varianta A.....	75
3.2. Varianta B.....	79
4. Další prvky rozvodů VZT.....	82
4.1. Varianta A.....	82
4.2. Varianta B.....	87
5. Dimenzování potrubí.....	92
5.1. Varianta A.....	92
5.2. Varianta B.....	95
6. VZT jednotky.....	98
6.1. Porovnání velikostí jednotek varianty A a B.....	98
6.2. Varianta A.....	99
6.3. Varianta B.....	103
7. Útlum hluku.....	107
7.1. varianta A.....	108
7.2. Varianta B.....	114
8. Izolace potrubí.....	120
8.1. Varianta A.....	120
8.2. Varianta B.....	124
9. Stručná technická zpráva.....	125
9.1. Úvod.....	125
9.2. Základní koncepční řešení.....	125
9.3. Popis technického řešení.....	126
9.4. Měření a regulace.....	126
9.5. Závěr.....	128
10. Funkční schéma zapojení.....	129
11. Specifikace a nacenění zařízení.....	130
11.1. Varianta A.....	130
11.2. Varianta B.....	132
12. Ekonomické zhodnocení.....	134

1. ÚVOD

V této části práce jsou poznatky zjištěné v části matematicko-fyzikální řešení použity pro návržení dvou variant VZT systémů do budovy autosalonu. Jelikož vliv neprůsvitných konstrukcí na tepelnou zátěž, jak bylo zjištěno, je zanedbatelný, jsou obvodové stěny uvažovány pro obě varianty z panelů KINGSPAN. Rozdíl je tedy v materiálu prosklené fasády. Jako první varianta (dále varianta A) byla zvolena původní varianta z bakalářské práce (zdroj [1]), tedy zasklení obyčejným dvojsklem, které má ze všech zkoumaných variant nejhorší vlastnosti. Pro druhou variantu (dále varianta B) bylo zvoleno dvojsklo s tepelným zrcadlem s fólií se speciální protisluneční ochranou.

Vzduchotechnika je pro obě varianty řešena jako teplovzdušné větrání a klimatizace. V letním období zajistí větrání a pokrytí tepelné zátěže a v období zimním zajišťuje větrání a vlhčení vzduchu pro lepší komfort.

Cílem návržení obou variant je zjištění a porovnání ekonomické výhodnosti. Zda se kvůli snížení nákladů na chlazení v letním období a nižší ceně VZT systému vyplatí investice do lepších materiálů zasklení.

2. PRŮTOKY VZDUCHU

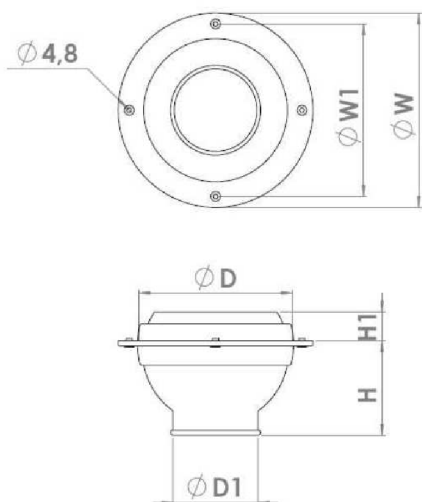
FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru										TABULKA 14 - ZAŘÍZENÍ Č. 1 VARIANTA A					Brno	
Zadané hodnoty																		
Místnosti						Léto		Zima		Přívod						Odvod		
Podlaží	č. Místnosti	Název	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Počet osob	VZD-osoba [m ³ /h]	t [°C]	j [%]	t [°C]	j [%]	Tep. Zisky [W]	VZD na krytí tep. Zisků [m ³ /h]	Hygienické požadavky [m ³ /h]	Léto t [°C]	Zima t [°C]	Výměna [h ⁻¹]	VZD [m ³ /h]	
1NP	1,01	SHOWROOM PORSCHE	610,0	4720,0	20	50	25		20	50	45283	16813	2250	17	21	3,6	16413	
	1,03	KUCHYŇKA	4,8	18,6			25		20	50			9	17	21	0,5	9	
	1,04	ARCHIV	5,4	20,9			25		20	50			10	17	21	0,5	10	
	1,06	KANCELÁŘ	17,3	67,5	4	50	25		20	50			200	17	21	3,0	200	
2NP	2,05	CHODBA	16,3	47,3			25		20	50			24	17	21	0,5	24	
Celkem pro zařízení č. 1:												17100					16700	

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru										TABULKA 15 - ZAŘÍZENÍ Č. 1 VARIANTA B					Brno	
Zadané hodnoty																		
Místnosti						Léto		Zima		Přívod						Odvod		
Podlaží	č. Místnosti	Název	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Počet osob	VZD-osoba [m ³ /h]	t [°C]	j [%]	t [°C]	j [%]	Tep. Zisky [W]	VZD na krytí tep. Zisků [m ³ /h]	Hygienické požadavky [m ³ /h]	Léto t [°C]	Zima t [°C]	Výměna [h ⁻¹]	VZD [m ³ /h]	
1NP	1,01	SHOWROOM PORSCHE	610,0	4720,0	20	50	25		20	50	23279	8643	2250	17	21	1,8	8243	
	1,03	KUCHYŇKA	4,8	18,6			25		20	50			9	17	21	0,5	9	
	1,04	ARCHIV	5,4	20,9			25		20	50			10	17	21	0,5	10	
	1,06	KANCELÁŘ	17,3	67,5	4	50	25		20	50			200	17	21	3,0	200	
2NP	2,05	CHODBA	16,3	47,3			25		20	50			24	17	21	0,5	24	
Celkem pro zařízení č. 1:												8900					8500	

3. DISTRIBUČNÍ PRVKY

3.1. Varianta A

Dýzy pro přívod vzduchu: HALTON - dýza APL/N-400

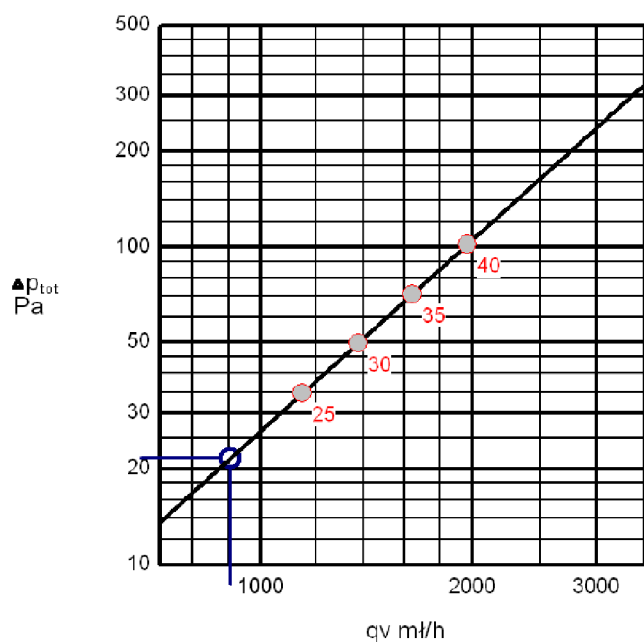


NS	ØW	ØW1	H	H1	ØD	ØD1	Počet montážních otvorů
400	457	432	216	117	406	248	6

Obrázek 12: Dýza pro přívod vzduchu pro variantu A

APL/N-400	
Přívod	2007.02
$q_v=907$ ml/h	$\Delta p_{tot}=22$ Pa
L_p Are 25m ² sab<20 dB(A)	NR/NC=

Akustický výkon a tlaková ztráta:

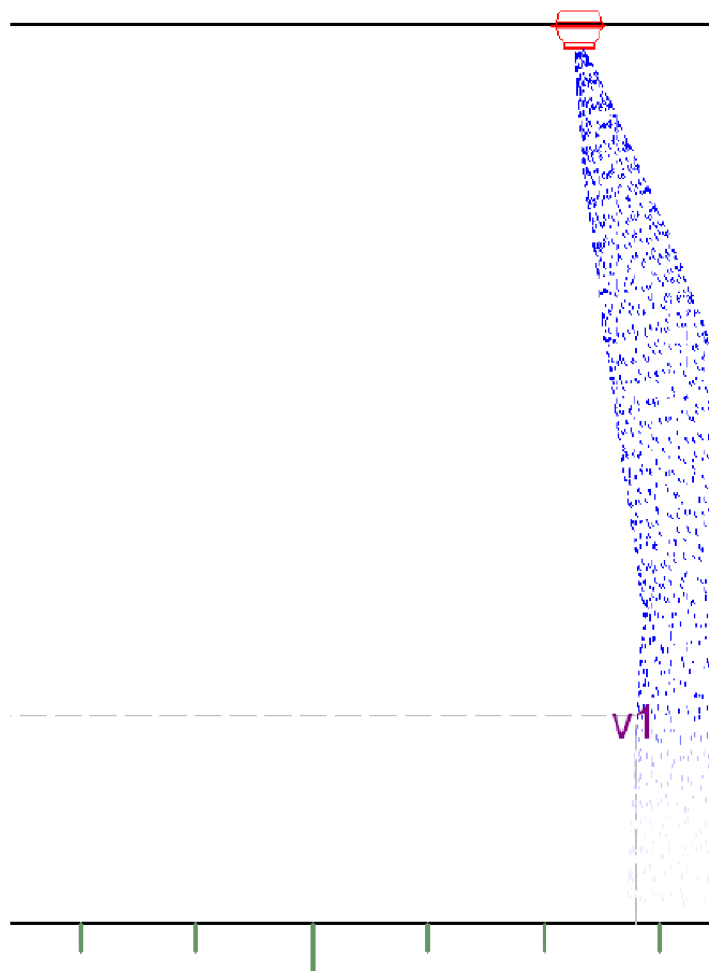


Graf 43: Akustický výkon a tlaková ztráta dýzy pro variantu A

Simulace chlazení, proud vzduchu do místnosti 1.01:

Chlazení		APL/N-400		2007.02
Místnost: 1.01 Schow room		Průtok přívodního vzduchu	907 m ³ /h	
Velikost místnosti: 18.5 x 32.0 x 7.8 m			1.5 m ³ /(hm ²)	
Zóna pobytu: h=1.8 m / dw=0.7 m		Teplota přívodního vzduchu:	17.0 °C	
Vzduch v místnosti: 25.0 °C / 50 %		Tlaková ztráta:	22 Pa	
Tepelný zisk: -		Hladina akustického tlaku:	19 dB(A) 25m ² sab	
Instalační výška: 7.80 m		Celk. hladina akust. tlaku:	11 dB(A)	
		Celkový chladicí výkon:	2384 W	
			4 W/m ²	
		L _d :	-	
		Úhel:	15.0°	
Bod stanovení rychlosti	v1			
v	~0.20 m/s			
ΔT	-0.1 °C			
				v _{lim} = 0.20 m/s

Tabulka 16: Parametry dýzy při chlazení pro variantu A



Obrázek 13: Simulace chlazení dýzou pro variantu A

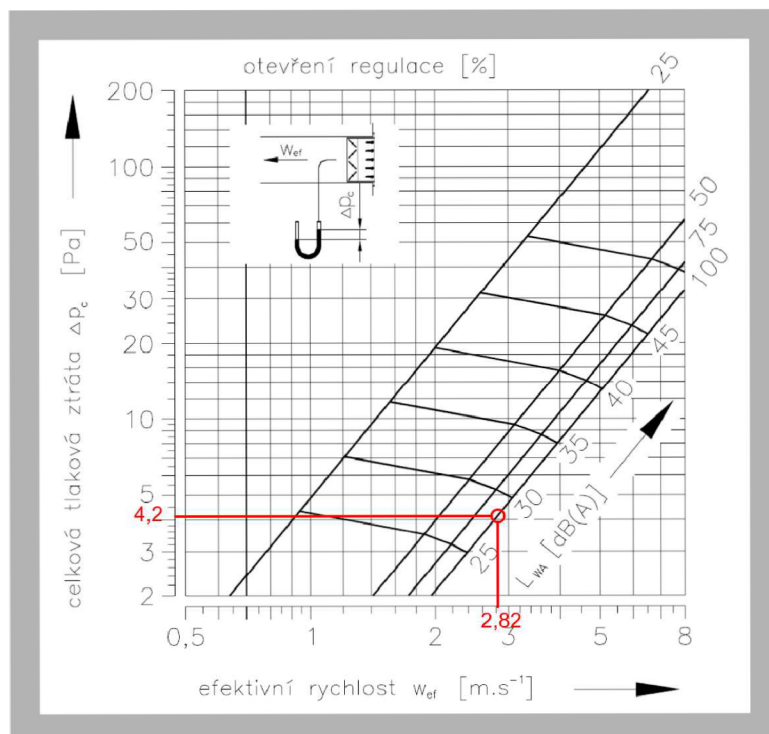
Jednořadá obdélníková vyústka pro odvod vzduchu: MANDIK – VMN1

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	825x425
Efektivní plocha:	0,2613m ²
Průtok vzduchu:	2650m ³ /h
Efektivní rychlost:	2,82m/s
Tlaková ztráta:	4,2Pa
Akustický výkon:	28dB(A)
Výška instalace:	7,8m
Výška pobytové zóny:	1,8m
Hmotnost:	5,8kg
Umístění:	v podhledu
Použito v místnostech:	1.01
Celkem kusů:	6ks



Obrázek 14: Jednořadá vyústka pro variantu A

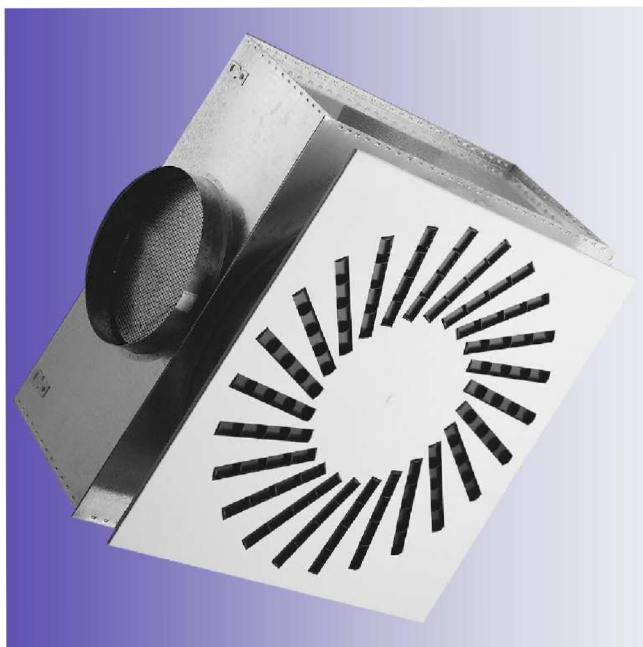
Akustický výkon a tlaková ztráta:



Graf 44: Akustický výkon a tlaková ztráta jednořadé vyústky pro variantu A

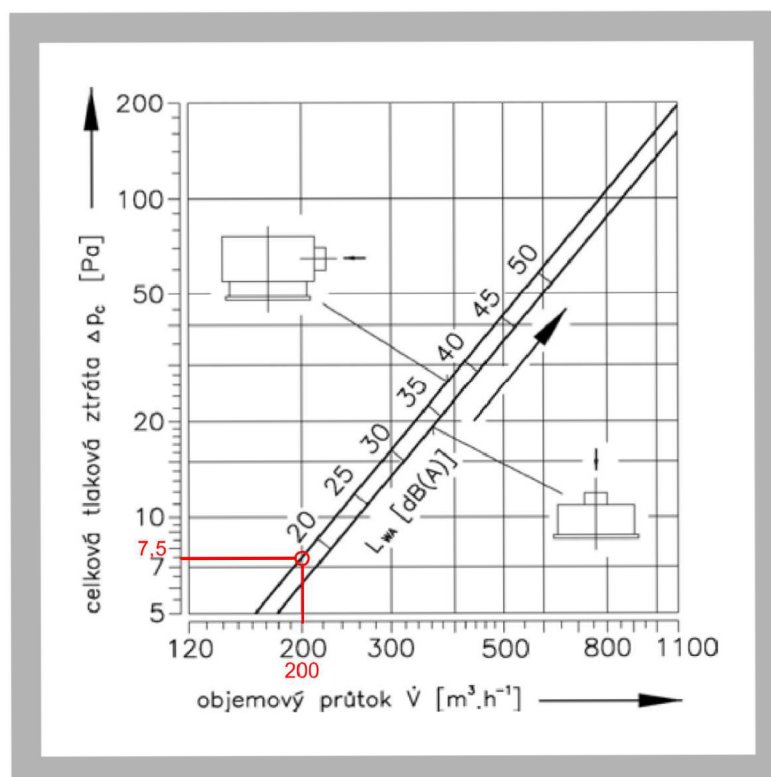
Vířivé vyústě pro přívod i odvod vzduchu: MANDIK – VVM 500 24 lamel

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	500, 24lamel
Průtok vzduchu:	200m ³ /h
Tlaková ztráta:	7,5Pa
Akustický výkon:	18dB(A)
Výška instalace:	3,9m
Výška pobytové zóny:	1,8m
Hmotnost:	7kg
Umístění:	v podhledu
Připojení:	vodorovné
Použito v místnostech:	
1.01	(3x pro přívod, 2x pro odvod)
1.03	(1x pro odvod)
1.06	(1x pro přívod, 1x pro odvod)
Celkem kusů:	6ks



Obrázek 15: Vířivá vyústka pro variantu A

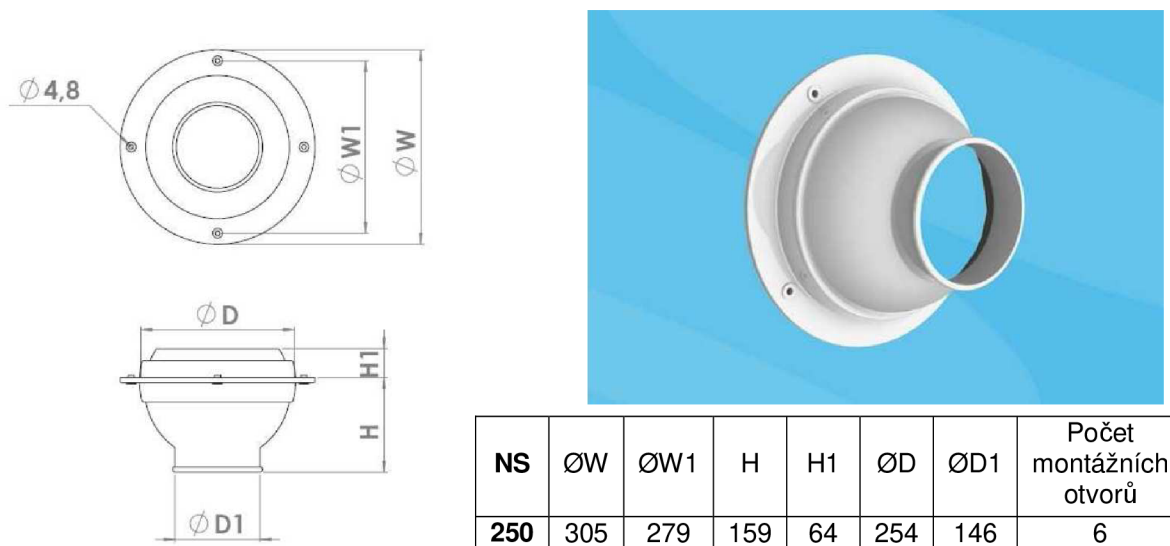
Akustický výkon a tlaková ztráta:



Graf 45: Akustický výkon a tlaková ztráta vířivé vyústky pro variantu A

3.2. Varianta B

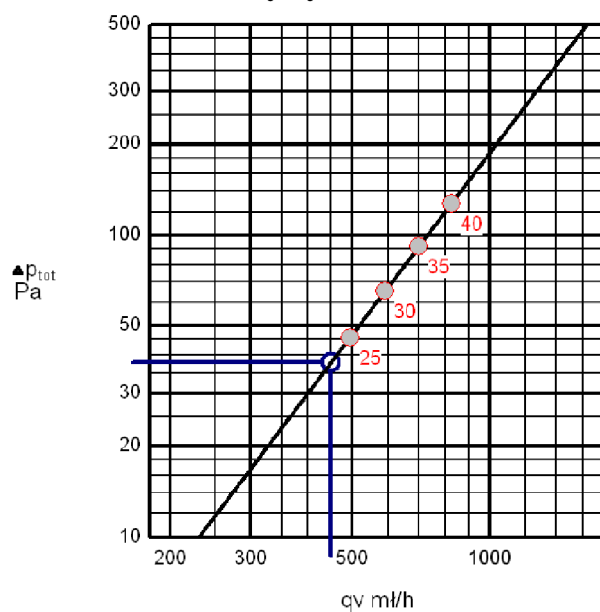
Dýzy pro přívod vzduchu: HALTON - dýza APL/N-250



Obrázek 16: Dýza pro přívod vzduchu pro variantu B

APL/N-250							
Přívod				2007.02			
$q_v=450 \text{ m}^3/\text{h}$				$\Delta p_{\text{tot}}=38 \text{ Pa}$			
$L_p A_{re} 25\text{m}^2 \text{ sab}=23 \text{ dB(A)}$				NR/NC=16/13			
$L_w \text{ dB}$							
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz
3	43	35	24	20	12	3	3

Akustický výkon a tlaková ztráta:

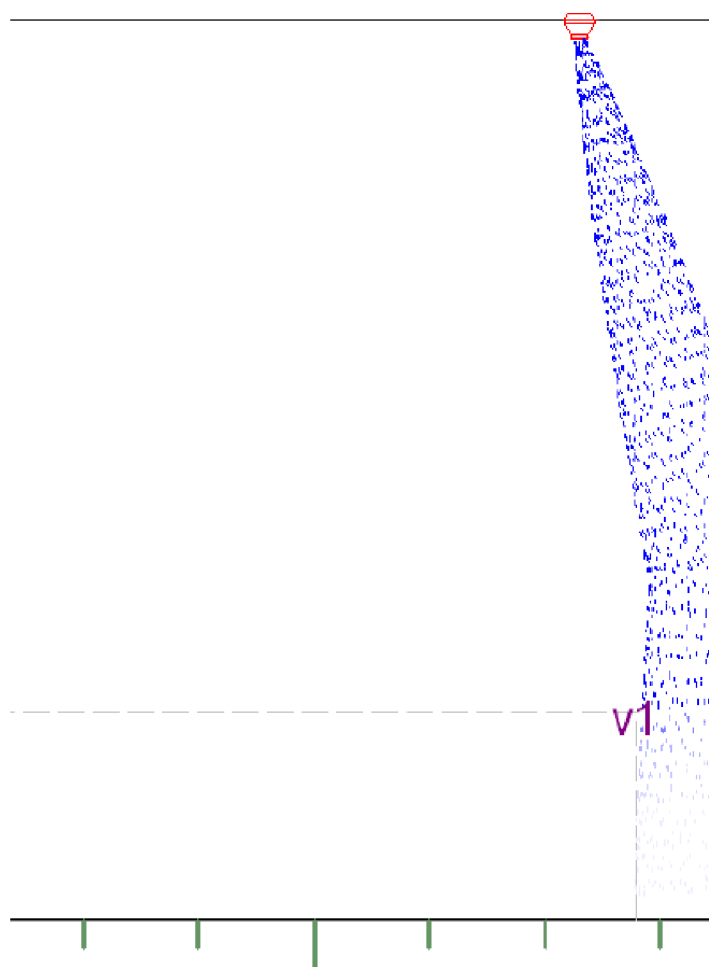


Graf 46: Akustický výkon a tlaková ztráta dýzy pro variantu B

Simulace chlazení, proud vzduchu do místnosti 1.01:

Chlazení		APL/N-250		2007.02
Místnost: 1.01 Schow room		Průtok přívodního vzduchu	450 m ³ /h	
Velikost místnosti:	18.5 x 32.0 x 7.8 m		0.8 m ³ /(hm ²)	
Zóna pobytu:	h=1.8 m / dw=0.7 m	Teplota přívodního vzduchu:	17.0 °C	
Vzduch v místnosti:	25.0 °C / 50 %	Tlaková ztráta:	38 Pa	
Tepelný zisk:	-	Hladina akustického tlaku:	23 dB(A) 25m ² sab	
Instalační výška:	7.80 m	Celk. hladina akust. tlaku:	13 dB(A)	
		Celkový chladicí výkon:	1183 W	
			2 W/m ²	
		L _g :	-	
		Úhel:	15.0°	
Bod stanovení rychlosti	v1			
v	~0.20 m/s			
ΔT	-0.0 °C			
				v _{lim} = 0.20 m/s

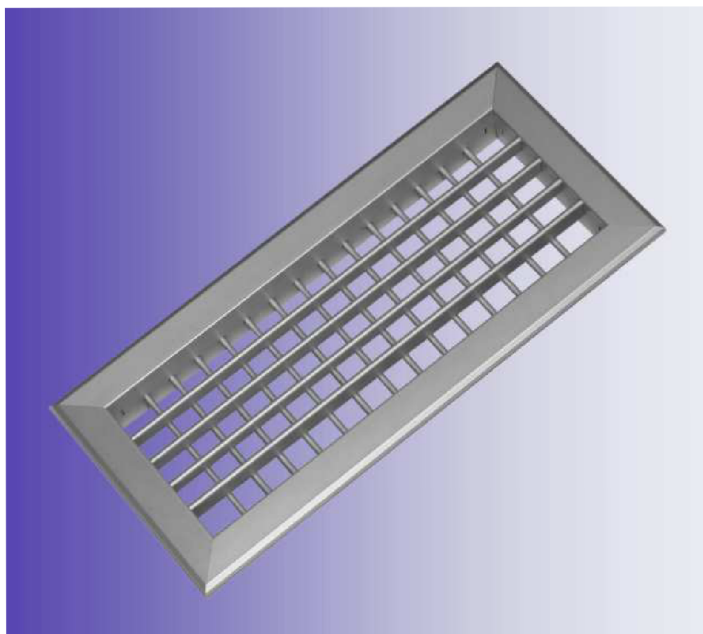
Tabulka 17: Parametry dýzy při chlazení pro variantu B



Obrázek 17: Simulace chlazení dýzou pro variantu B

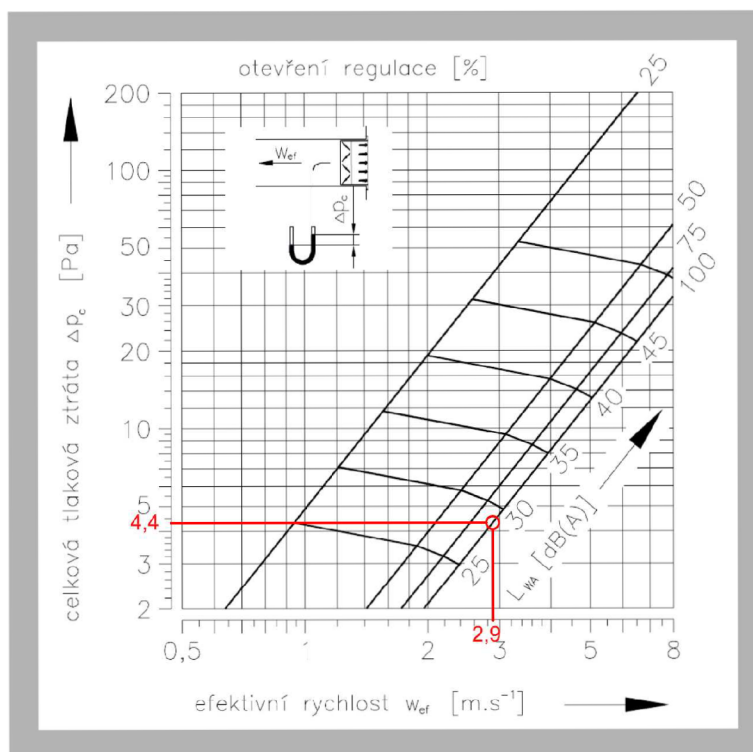
Jednořadá obdélníková vyústka pro odvod vzduchu: MANDIK – VMN1

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	525x320
Efektivní plocha:	0,1227m ²
Průtok vzduchu:	1283m ³ /h
Efektivní rychlost:	2,9m/s
Tlaková ztráta:	4,4Pa
Akustický výkon:	29dB(A)
Výška instalace:	7,8m
Výška pobytové zóny:	1,8m
Hmotnost:	3,22kg
Umístění:	v podhledu
Použito v místnostech:	1.01
Celkem kusů:	6ks



Obrázek 18: Jednořadá vyústka pro variantu B

Akustický výkon a tlaková ztráta:



Graf 47: Akustický výkon a tlaková ztráta jednořadé vyústky pro variantu B

Vířivé vyústě pro přívod i odvod vzduchu: MANDIK – VVM 500 24 lamel

Pro variantu B jsou shodné jako pro variantu A.

4. DALŠÍ PRVKY ROZVODŮ VZT

4.1. Varianta A

Protidešťová žaluzie pro výfuk a sání z exteriéru: MANDIK – PZDM 1600x1600

Sání z exteriéru

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	1600x1600
Efektivní plocha:	1,8365m ²
Průtok vzduchu:	17100m ³ /h
Efektivní rychlost:	2,59m/s
Tlaková ztráta:	42Pa
Hmotnost:	31kg
Celkem kusů:	1ks

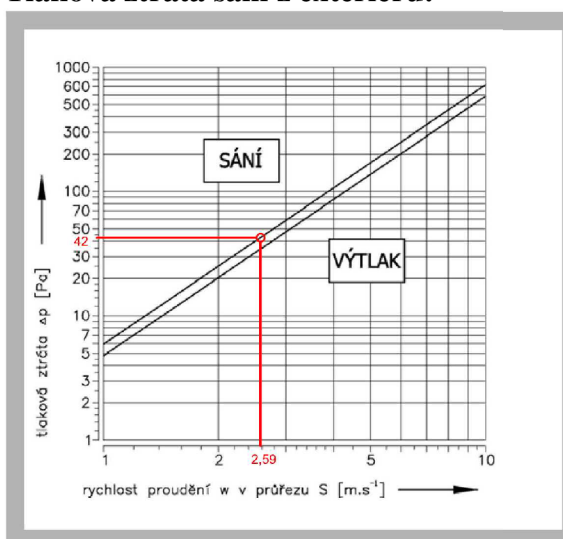
Výfuk do exteriéru

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	1600x1600
Efektivní plocha:	1,8365m ²
Průtok vzduchu:	16700m ³ /h
Efektivní rychlost:	2,52m/s
Tlaková ztráta:	33Pa
Hmotnost:	31kg
Celkem kusů:	1ks

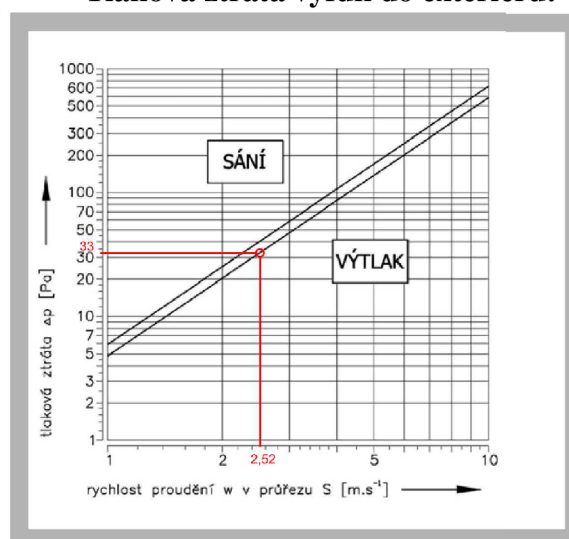


Obrázek 19: Protidešťová žaluzie pro variantu A

Tlaková ztráta sání z exteriéru:

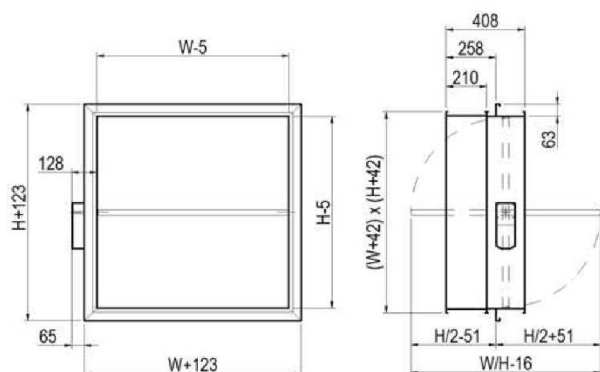


Tlaková ztráta výfuk do exteriéru:



Graf 48: Akustický výkon a tlaková ztráta protidešťové žaluzie pro sání a výfuk pro variantu A

Požární klapky v přívodním i odvodním potrubí: HALTON – FDT/R-1800-800



W: 200, 250, 300, 350, 400...2100
H: 200, 250, 300, 350, 400...1000

Obrázek 20: Požární klapka pro variantu A

Přívodní potrubí:

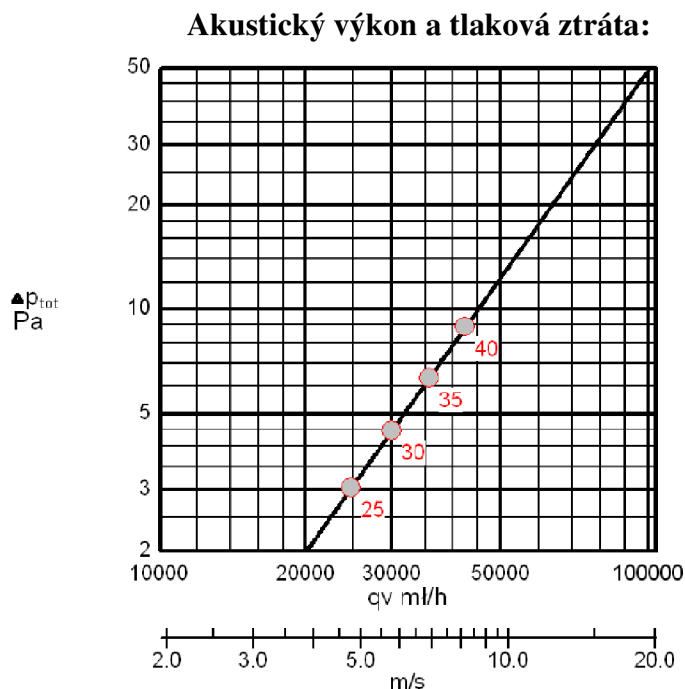
FDT/R-1800-800							
				2010.04			
qv=16326 m ³ /h				Δp _{tot} =1 Pa			
L _p Are 25m ² sab=16 dB(A)				NR/NC=9/5			
L _w dB							
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz
41	33	28	20	13	4	3	3

Tabulka 18: Parametry požární klapky v přívodním potrubí 1800x800 pro variantu A

Odvodní potrubí:

FDT/R-1800-800							
				2010.04			
qv=15900 m ³ /h				Δp _{tot} =1 Pa			
L _p Are 25m ² sab=15 dB(A)				NR/NC=8/4			
L _w dB							
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz
40	33	28	19	12	3	3	3

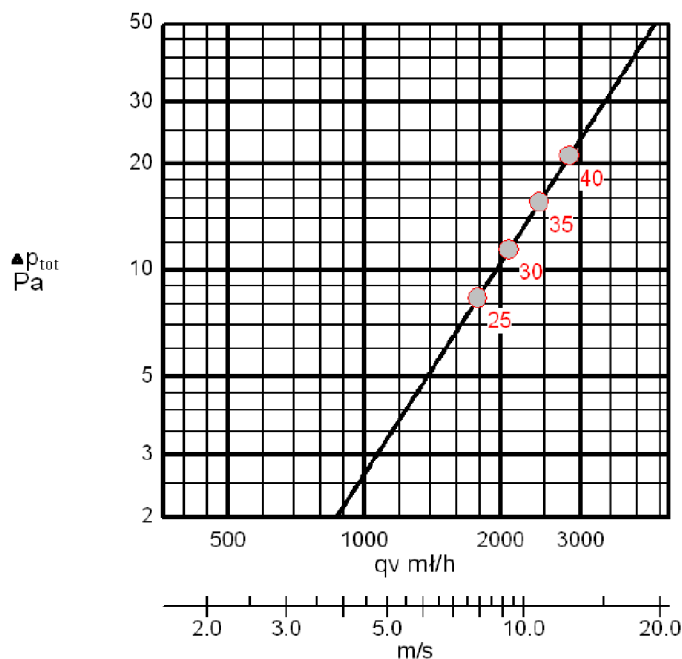
Tabulka 19: Parametry požární klapky v odvodním potrubí 1800x800 pro variantu A



Graf 49: Akustický výkon a tlaková ztráta požární klapky 1800x800 pro variantu A

Požární klapky v přívodním i odvodním potrubí: HALTON – FDT/R-250-250

FDT/R-250-250		2010.04
qv=800 ml/h		▲p _{tot} = 2 Pa
L _p Are 25m ² sab<10 dB(A)		NR/NC=
L _{vr} dB		



Graf 50: Akustický výkon a tlaková ztráta požární klapky 250x250 pro variantu A

Regulační klapka v potrubí v hlavní větvi: MANDIK – RKTM 1800x800

Přívod vzduchu

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	1800x800
Počet listů:	8
Efektivní plocha:	1,267m ²
Průtok vzduchu:	16300m ³ /h
Efektivní rychlost:	3,57m/s
Tlaková ztráta:	2,3Pa
Natočení listů:	0°
Hmotnost:	41kg
Celkem kusů:	1ks

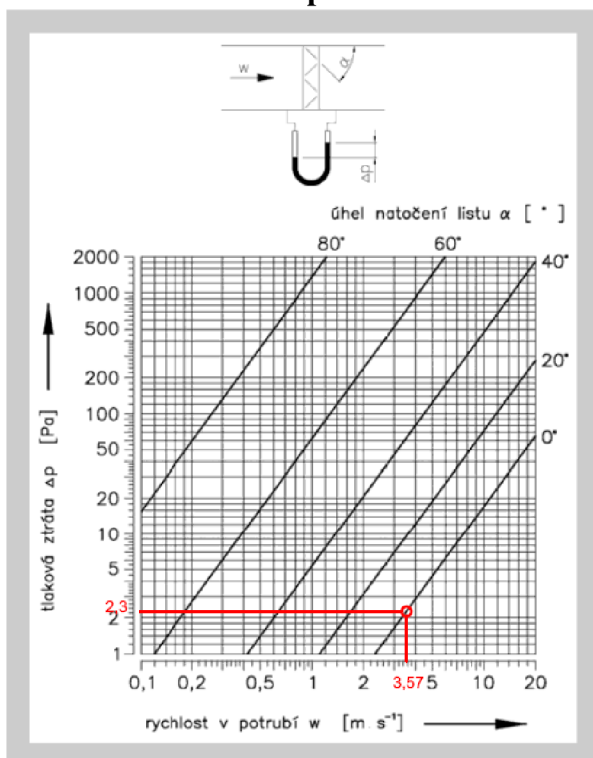
Odvod vzduchu

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	1800x800
Počet listů:	8
Efektivní plocha:	1,267m ²
Průtok vzduchu:	15900m ³ /h
Efektivní rychlost:	3,49m/s
Tlaková ztráta:	19Pa
Natočení listů:	30°
Hmotnost:	41kg
Celkem kusů:	1ks

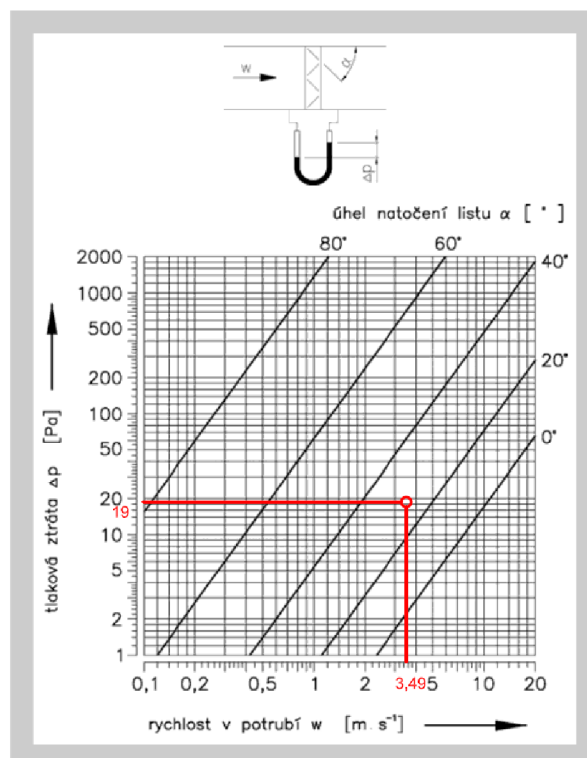


Obrázek 21: Regulační klapka pro variantu A

Tlaková ztráta přívod vzduchu:



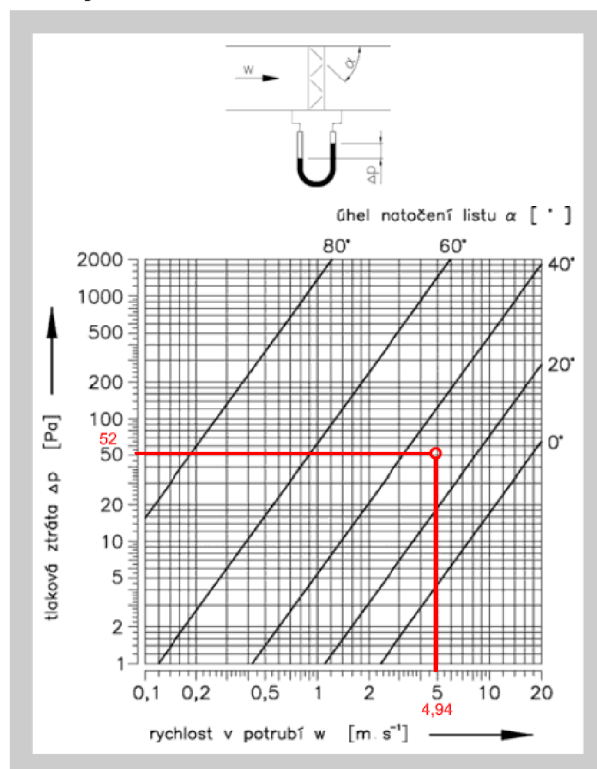
Tlaková ztráta odvod vzduchu:



Graf 51: Akustický výkon a tlaková ztráta regulačních klapek v hlavním potrubí pro var. A

Regulační klapka v přívod. potrubí ve vedlejší větvi: MANDIK – RKTM 250x250

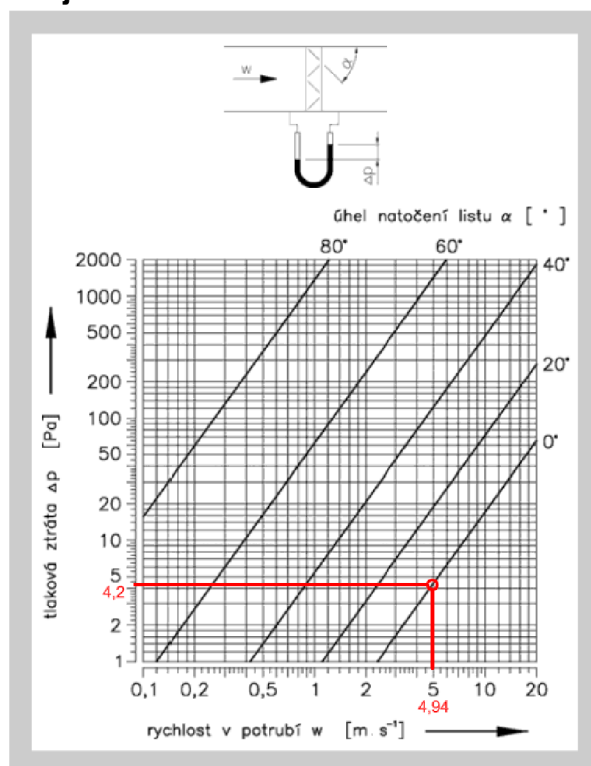
Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	250x250
Počet listů:	2
Efektivní plocha:	0,045m ²
Průtok vzduchu:	800m ³ /h
Efektivní rychlost:	4,94m/s
Tlaková ztráta:	52Pa
Natočení listů:	30°
Hmotnost:	4kg
Celkem kusů:	1ks



Graf 52: Akustický výkon a tlaková ztráta regulační klapky ve vedlejším přívodním potrubí pro var. A

Regulační klapka v odvod. potrubí ve vedlejší větvi: MANDIK – RKTM 250x250

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	250x250
Počet listů:	2
Efektivní plocha:	0,045m ²
Průtok vzduchu:	800m ³ /h
Efektivní rychlost:	4,94m/s
Tlaková ztráta:	4,2Pa
Natočení listů:	0°
Hmotnost:	4kg
Celkem kusů:	1ks



Graf 53: Akustický výkon a tlaková ztráta regulační klapky ve vedlejším odvodním potrubí pro var. A

4.2. Varianta B

Protidešťová žaluzie pro výfuk a sání z exteriéru: MANDIK – PZDM 1120x1120

Sání z exteriéru

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	1120x1120
Efektivní plocha:	0,8701m ²
Průtok vzduchu:	8900m ³ /h
Efektivní rychlost:	2,84m/s
Tlaková ztráta:	52Pa
Hmotnost:	16,6kg
Celkem kusů:	1ks

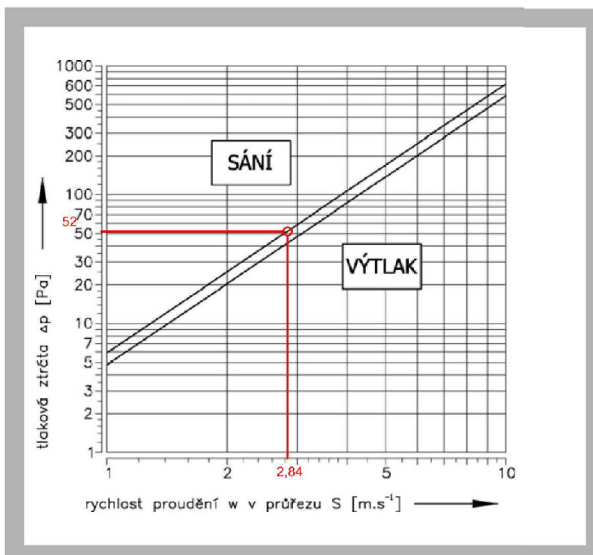
Výfuk do exteriéru

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	1120x1120
Efektivní plocha:	0,8701m ²
Průtok vzduchu:	8500m ³ /h
Efektivní rychlost:	2,71m/s
Tlaková ztráta:	38Pa
Hmotnost:	16,6kg
Celkem kusů:	1ks

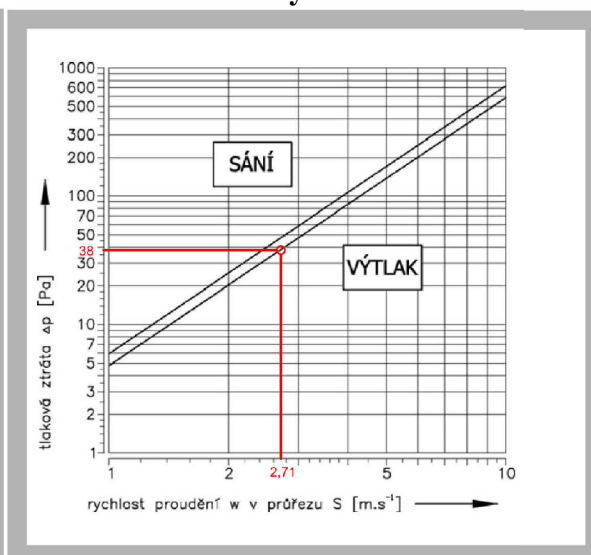


Obrázek 22: Protidešťová žaluzie pro variantu B

Tlaková ztráta sání z exteriéru:

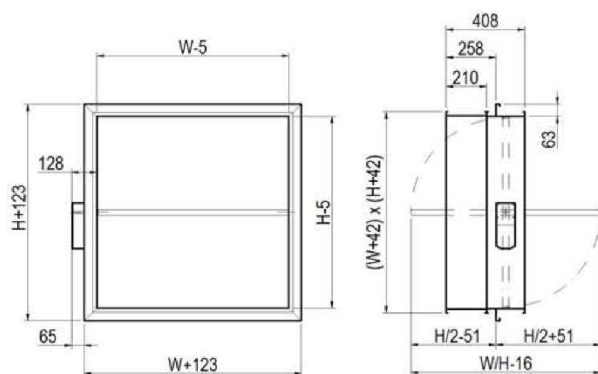


Tlaková ztráta výfuk do exteriéru:



Graf 54: Akustický výkon a tlaková ztráta protidešťové žaluzie pro sání a výfuk pro variantu B

Požární klapky v přívodním i odvodním potrubí: HALTON – FDT/R-800-800



W: 200, 250, 300, 350, 400...2100
H: 200, 250, 300, 350, 400...1000

Obrázek 23: Požární klapka pro variantu B

Přívodní potrubí:

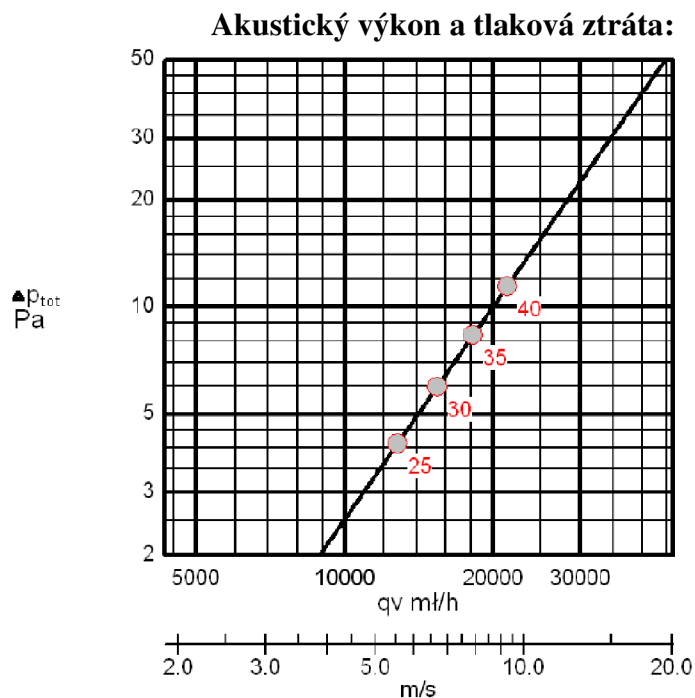
FDT/R-800-800							
						2010.04	
qv=8100 ml/h				▲p _{tot} =2 Pa			
L _p Are 25m ² sab=14 dB(A)				NR/NC=7/4			
L _w dB							
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz
38	31	26	19	12	5	3	3

Tabulka 20: Parametry požární klapky v přívodním potrubí 800x800 pro variantu B

Odvodní potrubí:

FDT/R-800-800							
						2010.04	
qv=7700 ml/h				▲p _{tot} =1 Pa			
L _p Are 25m ² sab=13 dB(A)				NR/NC=6/2			
L _w dB							
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz
37	30	25	17	11	3	3	3

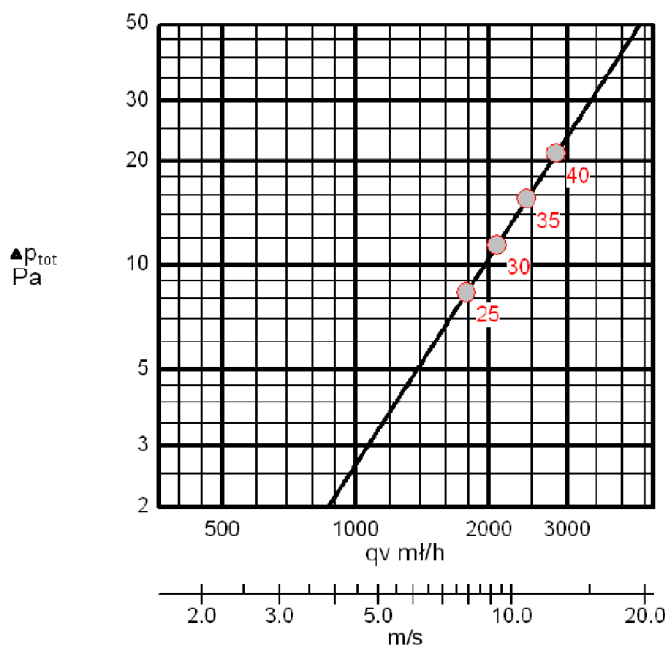
Tabulka 21: Parametry požární klapky v odvodním potrubí 800x800 pro variantu B



Graf 55: Akustický výkon a tlaková ztráta požární klapky 800x800 pro variantu B

Požární klapky v přívodním i odvodním potrubí: HALTON – FDT/R-250-250

FDT/R-250-250		2010.04
qv=800 m³/h	Δp _{tot} =2 Pa	
L _p Are 25m²sab<10 dB(A)	NR/NC=	
L _v dB		



Graf 56: Akustický výkon a tlaková ztráta požární klapky 250x250 pro variantu B

Regulační klapka v potrubí v hlavní větvi: MANDIK – RKTМ 800x800

Přívod vzduchu

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	800x800
Počet listů:	8
Efektivní plocha:	0,576m ²
Průtok vzduchu:	8100m ³ /h
Efektivní rychlost:	3,91m/s
Tlaková ztráta:	2,7Pa
Natočení listů:	0°
Hmotnost:	19,5kg
Celkem kusů:	1ks

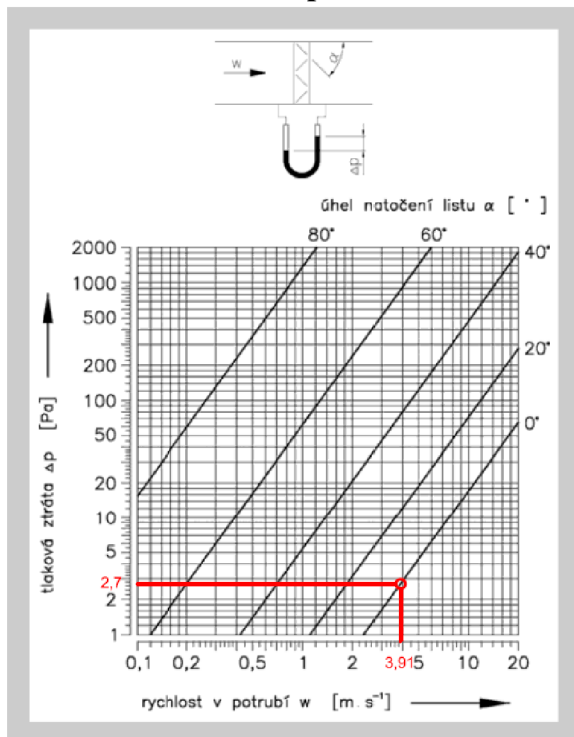
Odvod vzduchu

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	800x800
Počet listů:	8
Efektivní plocha:	0,576m ²
Průtok vzduchu:	7700m ³ /h
Efektivní rychlost:	3,71m/s
Tlaková ztráta:	21Pa
Natočení listů:	28°
Hmotnost:	19,5kg
Celkem kusů:	1ks

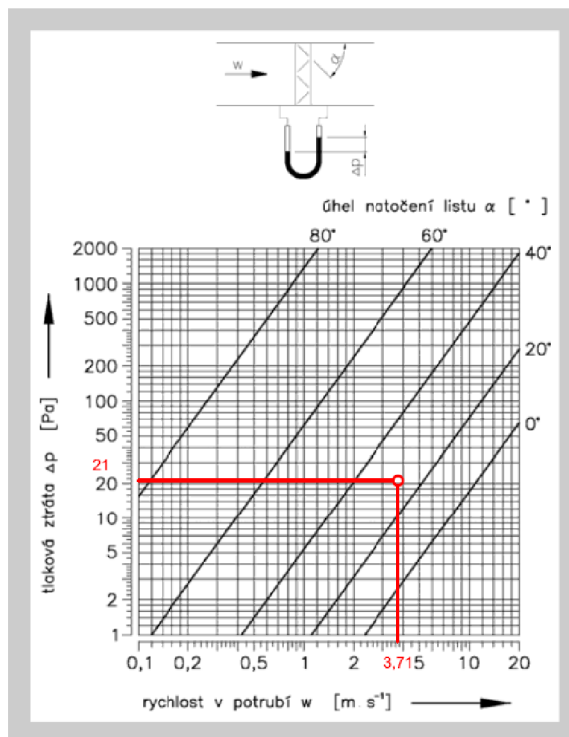


Obrázek 24: Regulační klapka pro variantu B

Tlaková ztráta přívod vzduchu:



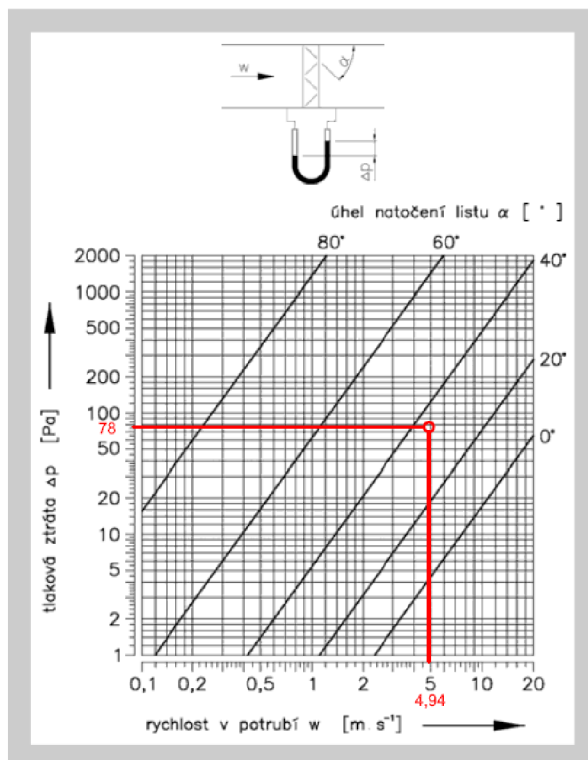
Tlaková ztráta odvod vzduchu:



Graf 57: Akustický výkon a tlaková ztráta regulačních klapek v hlavním potrubí pro var. B

Regulační klapka v přívod. potrubí ve vedlejší větvi: MANDIK – RKTM 250x250

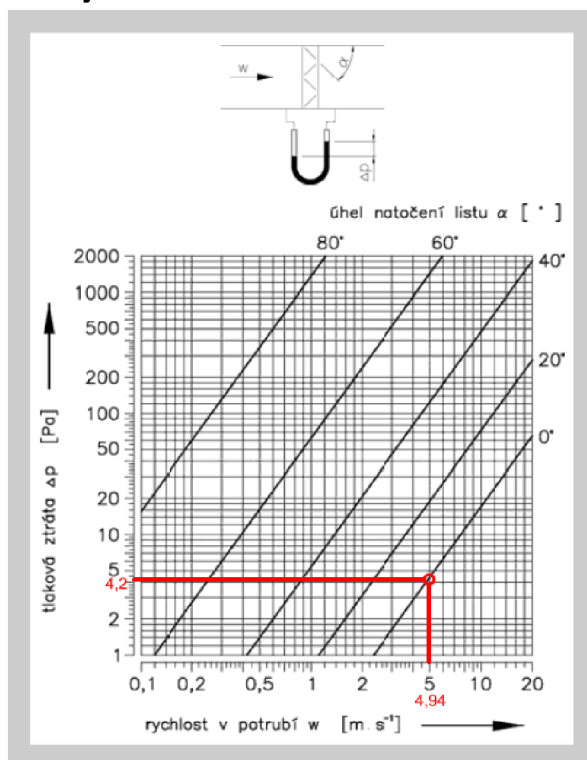
Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	250x250
Počet listů:	2
Efektivní plocha:	0,045m ²
Průtok vzduchu:	800m ³ /h
Efektivní rychlost:	4,94m/s
Tlaková ztráta:	78Pa
Natočení listů:	35°
Hmotnost:	4kg
Celkem kusů:	1ks



Graf 58: Akustický výkon a tlaková ztráta regulační klapky ve vedlejším přívodním potrubí pro var. B

Regulační klapka v odvod. potrubí ve vedlejší větvi: MANDIK – RKTM 250x250

Výrobce:	MANDIK
Jmenovitý rozměr:	250x250
Počet listů:	2
Efektivní plocha:	0,045m ²
Průtok vzduchu:	800m ³ /h
Efektivní rychlost:	4,94m/s
Tlaková ztráta:	4,2Pa
Natočení listů:	0°
Hmotnost:	4kg
Celkem kusů:	1ks



Graf 59: Akustický výkon a tlaková ztráta regulační klapky ve vedlejším odvodním potrubí pro var. B

5. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ


5.1. Varianta A


FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru					TABULKA 22 - DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ - ZAŘÍZENÍ Č. 1.01 VARIANTA A					Brno	
z výkresu		kruhové potrubí			čtyřhranné potrubí			tlaková ztráta					
číslo	průtok vzduchu	délka úseku	předběžná rychlost	průtočná plocha	průměr kruhového potrubí	skutečný rozměr čtyřhranného potrubí	rovnocenný průměr	skutečná rychlost	měrná tlaková ztráta	součinitel vřazených odporů	tlaková ztráta místními odporami	celková tlaková ztráta	
u	V	L	v'	S	d'	ŠxV	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
PRÍVOD - HLAVNÍ VĚTEV													
1	907	3,8	2,5	0,101	0,358		0,400	2,01	0,14	0,0	0,00	0,53	
2	907	0,8	2,5	0,101	0,358	0,280x0,500	0,359	2,49	0,21	0,6	2,16	2,32	
3	1814	3,3	2,5	0,202	0,507	0,500x0,500	0,500	2,57	0,14	0,6	2,29	2,75	
4	2721	4,0	2,5	0,302	0,621	0,710x0,500	0,587	2,79	0,14	0,6	2,72	3,28	
5	3628	4,0	3,0	0,336	0,654	1,000x0,500	0,667	2,89	0,13	0,6	2,90	3,42	
6	4535	3,3	3,0	0,420	0,731	1,000x0,630	0,774	2,68	0,11	1,2	4,99	5,35	
7	5442	1,6	3,0	0,504	0,801	1,260x0,630	0,840	2,73	0,11	0,6	2,59	2,77	
8	6349	4,0	3,0	0,588	0,865	1,260x0,630	0,840	3,18	0,12	0,3	1,76	2,24	
9	7256	4,0	3,5	0,576	0,857	1,260x0,630	0,840	3,64	0,14	0,3	2,30	2,86	
10	8163	4,0	3,5	0,648	0,908	1,260x0,710	0,908	3,50	0,13	0,6	4,27	4,79	
11	9070	4,0	3,5	0,720	0,958	1,600x0,710	0,984	3,31	0,11	0,6	3,82	4,26	
12	9977	4,0	3,5	0,792	1,004	1,600x0,710	0,984	3,65	0,13	0,3	2,31	2,83	
13	10884	3,0	4,0	0,756	0,981	1,600x0,710	0,984	3,98	0,14	0,9	8,26	8,67	
14	11791	0,7	4,0	0,819	1,021	1,600x0,800	1,066	3,67	0,10	0,6	4,69	4,76	
15	12698	3,8	4,0	0,882	1,060	1,600x0,800	1,066	3,95	0,12	0,3	2,72	3,18	
16	13605	4,0	4,5	0,840	1,034	1,600x0,800	1,066	4,24	0,15	0,3	3,12	3,72	
17	14512	4,2	4,5	0,896	1,068	1,600x0,800	1,066	4,52	0,17	0,3	3,55	4,27	
18	15419	0,7	4,5	0,952	1,101	1,800x0,800	1,108	4,44	0,15	0,6	6,87	6,98	
19	16326	11,8	5,0	0,907	1,075	1,800x0,800	1,108	4,71	0,16	2,1	26,97	28,85	
20	17126	7,0	5,0	0,951	1,101	1,800x0,800	1,108	4,94	0,17	1,8	25,44	26,63	
										výústka	Pa	22	
										požární klapka	Pa	1	
										regulační klapka	Pa	2,3	
										tlumič 1A	Pa	8	
										tlaková ztráta větve	Pa	157,77	
PRÍVOD - VEDLEJŠÍ VĚTEV													
u	V	L	v'	S	d'	Š x V	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
1	200	0,5	2,5	0,022	0,168		0,200	1,77	0,25	0,0	0,00	0,13	
2	200	3,0	3,0	0,019	0,154	0,125x0,250	0,167	2,54	0,60	0,6	2,24	4,04	
3	400	7,2	3,5	0,032	0,201	0,180x0,250	0,209	3,24	0,67	0,6	3,65	8,48	
4	600	4,0	4,0	0,042	0,230	0,225x0,250	0,237	3,78	0,82	0,6	4,97	8,25	
5	800	13,4	4,5	0,049	0,251	0,250x0,250	0,250	4,53	0,93	2,4	28,56	41,02	
											výústka	Pa	7,5
											požární klapka	Pa	2
											regulační klapka	Pa	52
											tlaková ztráta větve	Pa	123,14


FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru							TABULKA 22 - DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ - ZAŘÍZENÍ Č. 1.01 VARIANTA A				Brno
z výkresu		kruhové potrubí				čtyřhranné potrubí			tlaková ztráta				
číslo	průtok vzduchu	délka úseku	předběžná rychlost	průtočná plocha	průměr kruhového potrubí	skutečný rozměr čtyřhranného potrubí	rovnocenný průměr	skutečná rychlost	měrná tlaková ztráta	součinitelé vřazených odporů	tlaková ztráta místními odpory	celková tlaková ztráta	
u	V	L	v'	S	d'	ŠxV	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
ODVOD - HLAVNÍ VĚTEV													
1	2650	2,7	2,5	0,294	0,612	0,900x0,500	0,643	2,27	0,11	0,9	2,69	2,98	
2	5300	8,0	3,0	0,491	0,791	0,900x0,800	0,848	2,61	0,10	1,1	4,34	5,14	
3	10600	5,9	3,5	0,841	1,035	1,800x0,800	1,108	3,06	0,90	1,2	6,50	11,81	
4	13250	4,3	4,0	0,920	1,083	1,800x0,800	1,108	3,82	0,13	1,2	10,15	10,71	
5	15900	16,8	4,5	0,981	1,118	1,800x0,800	1,108	4,58	0,15	1,8	21,93	24,44	
6	16700	12,0	5,0	0,928	1,087	1,800x0,800	1,108	4,81	0,20	3,3	44,35	46,75	
											výústka	Pa	4,2
											požární klapka	Pa	1
											regulační klapka	Pa	19
											tlumič 2A	Pa	8
											tlaková ztráta větve	Pa	134,03
ODVOD - VEDLEJŠÍ VĚTEV													
u	V	L	v'	S	d'	Š x V	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
1	200	0,5	2,5	0,022	0,168		0,200	1,77	0,25	0,0	0,00	0,13	
2	200	7,2	3,0	0,019	0,154	0,125x0,250	0,167	2,54	0,60	0,6	2,24	6,56	
3	400	4,0	3,5	0,032	0,201	0,180x0,250	0,209	3,24	0,67	0,6	3,65	6,33	
4	600	3,3	4,0	0,042	0,230	0,225x0,250	0,237	3,78	0,82	0,6	4,97	7,68	
5	800	6,2	4,5	0,049	0,251	0,250x0,250	0,250	4,53	0,93	3,3	39,27	45,03	
											výústka	Pa	7,5
											požární klapka	Pa	2
											regulační klapka	Pa	4
											tlaková ztráta větve	Pa	79,43

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru						TABULKA 22 - DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ - ZAŘÍZENÍ Č. 1.01 VARIANTA A				Brno	
z výkresu		kruhové potrubí			čtyřhranné potrubí			tlaková ztráta					
číslo	průtok vzduchu	délka úseku	předběžná rychlost	průtočná plocha	průměr kruhového potrubí	skutečný rozměr čtyřhranného potrubí	rovnocenný průměr	skutečná rychlost	měrná tlaková ztráta	součinitelé vřazených odporů	tlaková ztráta místními odpory	celková tlaková ztráta	
u	V	L	v'	S	d'	ŠxV	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
SÁNÍ K JEDNOTCE 1.01													
1	17100	6,4	2,5	1,900	1,556	1,600x1,600	1,600	2,36	0,01	0,6	1,94	2,01	
2	17100	0,8	4,5	1,056	1,160	1,220x1,170	1,186	4,30	0,04	0,3	3,22	3,25	
											protidešťová žaluzie	Pa	42
											tlumič 3A	Pa	4
											tlaková ztráta větve	Pa	51,26
VÝFUK JEDNOTKY 1.01													
u	V	L	v'	S	d'	Š x V	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
1	16700	0,8	2,5	1,856	1,537	1,600x1,600	1,600	2,31	0,01	0,3	0,93	0,93	
2	16700	20,8	4,5	1,031	1,146	1,250x1,250	1,250	3,78	0,12	3,3	27,38	29,87	
											protidešťová žaluzie	Pa	33
											tlumič 4	Pa	8
											tlaková ztráta větve	Pa	71,81

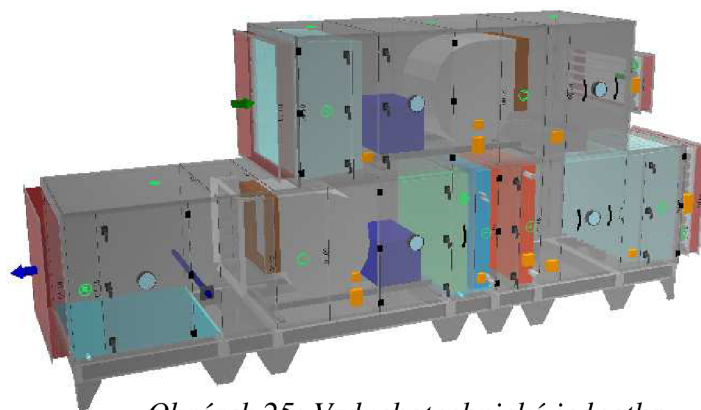
5.2. Varianta B

 Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 23 - DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ - ZAŘÍZENÍ Č. 1.01 VARIANTA B						Brno					
z výkresu		kruhové potrubí			čtyřhranné potrubí			tlaková ztráta					
číslo	průtok vzduchu	délka úseku	předběžná rychlost	průtočná plocha	průměr kruhového potrubí	skutečný rozměr čtyřhranného potrubí	rovnocenný průměr	skutečná rychlost	měrná tlaková ztráta	součinitelé vřazených odporů	tlaková ztráta místními odpory	celková tlaková ztráta	
u	V	L	v'	S	d'	ŠxV	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
PŘÍVOD - HLAVNÍ VĚTEV													
1	450	3,8	2,5	0,050	0,252		0,250	2,55	0,35	0,0	0,00	1,33	
2	450	0,8	2,5	0,050	0,252	0,200x0,355	0,256	2,43	0,31	0,6	2,05	2,29	
3	900	3,3	2,5	0,100	0,357	0,355x0,355	0,355	2,53	0,21	0,6	2,22	2,90	
4	1350	4,0	2,5	0,150	0,437	0,560x0,355	0,435	2,52	0,17	0,6	2,22	2,90	
5	1800	4,0	3,0	0,167	0,461	0,560x0,400	0,467	2,92	0,19	0,6	2,97	3,73	
6	2250	3,3	3,0	0,208	0,515	0,560x0,500	0,528	2,86	0,16	1,2	5,68	6,20	
7	2700	1,6	3,0	0,250	0,564	0,560x0,560	0,560	3,05	0,16	0,6	3,23	3,49	
8	3150	4,0	3,0	0,292	0,610	0,560x0,710	0,626	2,84	0,14	0,6	2,82	3,38	
9	3600	4,0	3,5	0,286	0,603	0,560x0,710	0,626	3,25	0,17	0,3	1,84	2,52	
10	4050	4,0	3,5	0,321	0,640	0,560x0,710	0,626	3,66	0,20	0,3	2,33	3,13	
11	4500	4,0	3,5	0,357	0,675	0,630x0,710	0,668	3,57	0,19	0,6	4,43	5,19	
12	4950	4,0	3,5	0,393	0,707	0,630x0,710	0,668	3,93	0,21	0,3	2,68	3,52	
13	5400	3,0	4,0	0,375	0,691	0,630x0,710	0,668	4,28	0,24	0,9	9,57	10,28	
14	5850	0,7	4,0	0,406	0,719	0,710x0,710	0,710	4,11	0,21	0,6	5,87	6,02	
15	6300	3,8	4,0	0,438	0,747	0,710x0,710	0,710	4,42	0,26	0,3	3,40	4,39	
16	6750	4,0	4,5	0,417	0,729	0,800x0,710	0,752	4,22	0,22	0,6	6,21	7,09	
17	7200	4,2	4,5	0,444	0,752	0,800x0,710	0,752	4,51	0,25	0,3	3,53	4,58	
18	7650	0,7	4,5	0,472	0,776	0,800x0,800	0,800	4,23	0,21	0,6	6,23	6,37	
19	8100	11,8	5,0	0,450	0,757	0,800x0,800	0,800	4,48	0,24	2,1	24,43	27,25	
20	8900	7,0	5,0	0,494	0,794	0,800x0,800	0,800	4,92	0,30	1,8	25,28	27,38	
											výústka	Pa	38
											požární klapka	Pa	2
											regulační klapka	Pa	2,7
											tlumič 1B	Pa	12
											tlaková ztráta větve	Pa	188,62
PŘÍVOD - VEDLEJŠÍ VĚTEV													
u	V	L	v'	S	d'	Š x V	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
1	200	0,5	2,5	0,022	0,168		0,200	1,77	0,25	0,0	0,00	0,13	
2	200	3,0	3,0	0,019	0,154	0,125x0,250	0,167	2,54	0,60	0,6	2,24	4,04	
3	400	7,2	3,5	0,032	0,201	0,180x0,250	0,209	3,24	0,67	0,6	3,65	8,48	
4	600	4,0	4,0	0,042	0,230	0,225x0,250	0,237	3,78	0,82	0,6	4,97	8,25	
5	800	13,4	4,5	0,049	0,251	0,250x0,250	0,250	4,53	0,93	2,4	28,56	41,02	
											výústka	Pa	7,5
											požární klapka	Pa	2
											regulační klapka	Pa	78
											tlaková ztráta větve	Pa	149,24

 Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 23 - DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ - ZAŘÍZENÍ Č. 1.01 VARIANTA B						Brno					
z výkresu		kruhové potrubí			čtyřhranné potrubí			tlaková ztráta					
číslo	průtok vzduchu	délka úseku	předběžná rychlost	průtočná plocha	průměr kruhového potrubí	skutečný rozměr čtyřhranného potrubí	rovnocenný průměr	skutečná rychlost	měrná tlaková ztráta	součinitel vřazených odporů	tlaková ztráta místními odpory	celková tlaková ztráta	
u	V	L	v'	S	d'	ŠxV	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
ODVOD - HLAVNÍ VĚTEV													
1	1283	2,7	2,5	0,143	0,426	0,400x0,450	0,424	2,53	0,18	0,9	3,33	3,82	
2	2566	8,0	3,0	0,238	0,550	0,710x0,450	0,551	2,99	0,17	1,1	5,71	7,07	
3	5132	5,9	3,5	0,407	0,720	0,710x0,800	0,752	3,21	0,13	1,2	7,18	7,94	
4	6415	4,3	4,0	0,445	0,753	0,800x0,800	0,800	3,55	0,14	1,5	10,94	11,55	
5	7698	16,8	4,5	0,475	0,778	0,800x0,800	0,800	4,26	0,21	1,8	18,91	22,43	
6	8498	12,0	5,0	0,472	0,776	0,800x0,800	0,800	4,70	0,27	3,3	42,25	45,49	
											výústka	Pa	4,4
											požární klapka	Pa	1
											regulační klapka	Pa	21
											tlaková ztráta větve	Pa	124,93
ODVOD - VEDLEJŠÍ VĚTEV													
u	V	L	v'	S	d'	Š x V	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
1	200	0,5	2,5	0,022	0,168		0,200	1,77	0,25	0,0	0,00	0,13	
2	200	7,2	3,0	0,019	0,154	0,125x0,250	0,167	2,54	0,60	0,6	2,24	6,56	
3	400	4,0	3,5	0,032	0,201	0,180x0,250	0,209	3,24	0,67	0,6	3,65	6,33	
4	600	3,3	4,0	0,042	0,230	0,225x0,250	0,237	3,78	0,82	0,6	4,97	7,68	
5	800	6,2	4,5	0,049	0,251	0,250x0,250	0,250	4,53	0,93	3,3	39,27	45,03	
											výústka	Pa	7,5
											požární klapka	Pa	2
											regulační klapka	Pa	4,2
											tlaková ztráta větve	Pa	79,43

		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru						TABULKA 23 - DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ - ZAŘÍZENÍ Č. 1.01 VARIANTA B				Brno	
z výkresu		kruhové potrubí			čtyřhranné potrubí			tlaková ztráta					
číslo	průtok vzduchu	délka úseku	předběžná rychlost	průtočná plocha	průměr kruhového potrubí	skutečný rozměr čtyřhranného potrubí	rovnocenný průměr	skutečná rychlost	měrná tlaková ztráta	součinitel vrážených odporů	tlaková ztráta místními odpory	celková tlaková ztráta	
u	V	L	v'	S	d'	ŠxV	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
SÁNÍ K JEDNOTCE 1.01													
1	8900	6,4	2,5	0,989	1,122	1,120x1,120	1,120	2,51	0,04	0,6	2,19	2,45	
2	8900	0,8	4,5	0,549	0,837	0,900x0,800	0,848	4,38	0,21	0,3	3,34	3,49	
											protidešťová žaluzie	Pa	52
											tlumič 3B	Pa	7
											tlaková ztráta větve	Pa	64,94
VÝFUK JEDNOTKY 1.01													
u	V	L	v'	S	d'	Š x V	d	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m	m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa	
1	8500	0,8	2,5	0,944	1,097	1,120x1,120	1,120	2,40	0,04	0,3	1,00	1,03	
2	8500	20,8	4,5	0,525	0,818	0,800x0,800	0,800	4,70	0,27	3,3	42,27	47,89	
											protidešťová žaluzie	Pa	38
											tlumič 4B	Pa	2
											tlaková ztráta větve	Pa	88,92

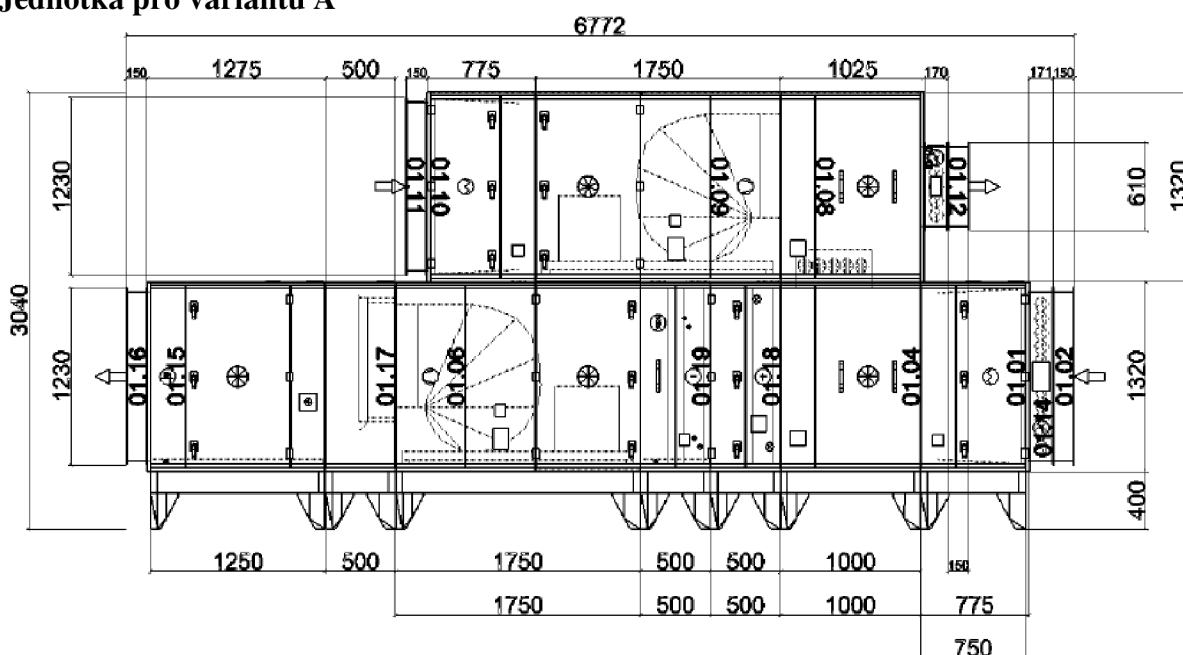
6. VZT JEDNOTKY



Obrázek 25: Vzduchotechnická jednotka

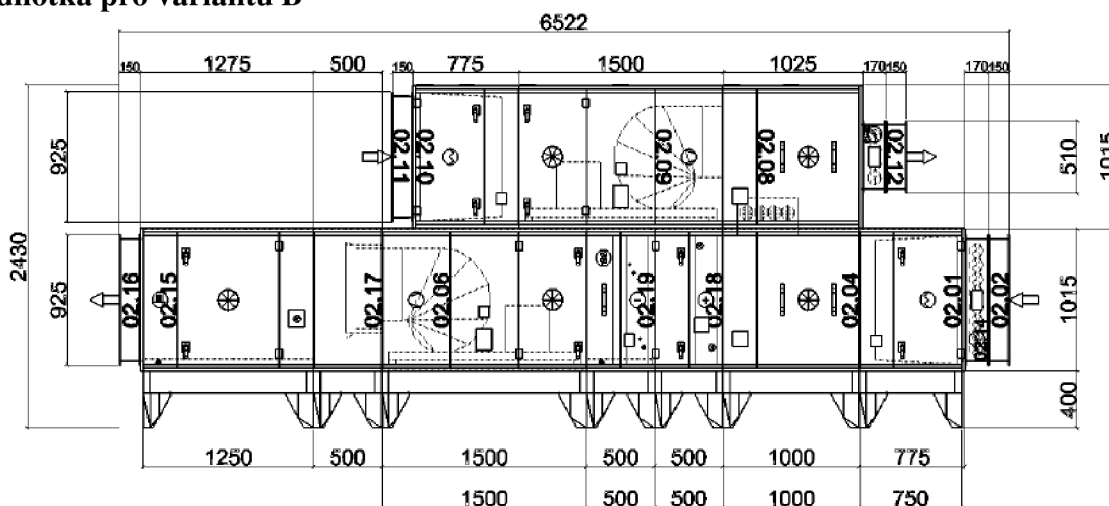
6.1. Porovnání velikostí jednotek varianty A a B

Jednotka pro variantu A



Obrázek 26: Vzduchotechnická jednotka pro variantu A

Jednotka pro variantu B



Obrázek 26: Vzduchotechnická jednotka pro variantu B

6.2. Varianta A

Soupis zařízení projektu

Číslo	Název zařízení	Hmotnost (±10%)	CENA BRUTTO		
			Vzduchotechnika	Regulace	Celkem
01	zařízení 1	2 428 kg			

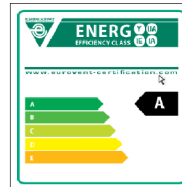
Číslo zařízení	01	Název zařízení	zařízení 1	Druh, rozměr Model box	AeroMaster XP 22 AMXP3
----------------	----	----------------	------------	---------------------------	---------------------------

Popis zařízení *

SESTAVNÁ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA

- standardně dodávány varianty pro vnitřní i venkovní instalace pro prostředí C2 nebo C3 dle (CSN) EN ISO 14713-1
- schváleno k použití v hygienických a čistých aplikacích (SZÚ - 111130, S 294/01)
- standardní rozsah pracovních teplot je -40°C až +40°C
- samonosná bezrámová konstrukce se zcela hladkým vnitřním pláštěm
- sendvičové panely s 50 mm nehořlavou izolací
- parametry dle EN 1886:2008 (M): D2, L2 resp. L1, T3, TB3
- zvuková neprůzvučnost pláště $R_w=43$ dB
- ES prohlášení shody vydáno ve spolupráci s TÜV SÜD Czech
- certifikát shody dle GOST R
- vyvinuto a vyráběno v souladu s certifikovaným systémem řízení jakosti ISO 9001:2001

* Detailní informace ke specifikacím a užití zařízení a příslušenství viz. Související obchodně technická dokumentace



Klimatické a vstupní podmínky (zima/léto)

Teplota vzduchu (venkovní) [°C]	-15 / 31	Teplota z místnosti [°C]	20 / 25
Relativní vlhkost (venkovní) [%]	95 / 37	Relativní vlhkost z místnosti [%]	50 / 55
Tlak vzduchu [kPa]	99 / 99		

Vzduchové parametry zařízení (přívod/odvod)

Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	17100 / 16700	Tlaková ztráta komponentů v sestavě [Pa]	447 / 175
Rychlost v průřezu [m/s]	3.07 / 3.00	Výstupní teplota z přívodu (zima/léto) [°C]	21 / 17
Skutečná externí tlaková ztráta (rezerva) [Pa]	211 / 242	Výstupní relativní vlhkost z přívodu (zima/léto) [%]	48 / 77
Rozdíl (k zaregulování) [Pa]	+6 / +17		

Výkonové parametry zařízení (přívod/odvod)*

Dimenzováno na výkonový stupeň ventilátoru	5 / 5	Součtové výkony pro ohřev [kW]	46 / 0
Součtové výkony ventilátorů [kW]	7.47 / 5.02	Součtové výkony pro chlazení [kW]	72 / 0
Specifický výkon zařízení SFP _{E, RW, m⁻³.s}	1572 / 1081	Výkon zpětného získání tepla [kW]	0

*Návrh s vlivem kondenzace

Hlukové parametry zařízení

Přívod	Hladiny akustického výkonu v oktávných pásmech L _{WA,okt} [dB(A)] a celková hladina L _{WA} [dB(A)]								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L _{WA}
Vstup	60.3	69.2	71.0	74.3	69.4	64.7	60.1	52.5	77.9
Výstup	63.9	74.1	77.0	81.7	79.5	77.8	75.1	68.5	86.2
Okolí	55.3	56.1	56.9	54.3	49.7	47.5	45.8	35.3	62.3

Odvod	Hladiny akustického výkonu v oktávných pásmech L _{WA,okt} [dB(A)] a celková hladina L _{WA} [dB(A)]								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L _{WA}
Vstup	57.1	67.6	71.3	74.8	72.9	70.7	65.4	58.5	79.3
Výstup	59.0	69.3	71.6	76.0	73.9	73.7	69.4	62.5	80.9
Okolí	51.1	52.5	53.2	49.8	46.2	45.5	42.1	31.3	58.5

Detaily ke komponentům zařízení

01.02 Tlumicí vložka	DV 1220-1170	
Objem [m ³]	0.18	
Hmotnost (+/-10%) [kg]	8	
	Tlaková ztráta [Pa]	0

01.14 Klapka uzavírací	LK 1220-1170	
Objem [m ³]	0.26	
Hmotnost (+/-10%) [kg]	20	
Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	3420	
	Tlaková ztráta [Pa]	0
	Plocha klapky [m ²]	1.43

• Servopohon SM 24A-SR

01.01 Sekce filtru	XPHO 22/D	
Objem [m ³]	2.72	
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2	
	Hmotnost (+/-10%) [kg]	131
	Servisní přístup	Zleva
	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	3420

• Panel čelní - vstup XPK 22/P

Tlaková ztráta [Pa]

• Montážní sada panelu XPK 22/P (MSP)

• Filtrační vložka XPNH 22/5

Tlaková ztráta pro výpočet [Pa]	104	Filtrační plocha [m ²]	16.10
Počáteční tlaková ztráta [Pa]	8	Koncová tlaková ztráta [Pa]	200
Rychlost v průřezu [m/s]	0.78	Jímavost [g]	2050
Typ filtru	Kapsový	Teplotní odolnost max. [°C]	80
Třída filtrace	M5	Třída hořlavosti	F1
Střední odlučivost na syntetický prach [%]	88.00	Regenerovatelnost	Neregenerovatelný
Střední odlučivost na atmosférický prach [%]	44.00		

• Snímač tlakové difference P33 N (30 - 500 Pa)

01.04 Sekce směšování	XPID 22/S			
Objem [m ³]	1.80	Teplota [°C]	-15.0	31.0
Hmotnost (+/-10%) [kg]	124	Relativní vlhkost [%]	95	37
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Měrná vlhkost [g/kg]	0.98	10.58
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2	Entalpie [kJ/kg]	-12.72	58.35
Servisní přístup	Zleva	Výstupní parametry vzduchu	Zima	Léto
Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	17100	Teplota [°C]	13.0	26.2
Tlaková ztráta [Pa]	24	Relativní vlhkost [%]	65	51
Procento cirkulačního vzduchu [%]	80	Měrná vlhkost [g/kg]	6.11	10.99
Výstupní parametry vzduchu	Zima	Entalpie [kJ/kg]	28.63	54.46
	Léto			

• Kukátko/průhledítko HLED 150

01.18 Sekce ohřivač, servis			XPQW 22/S		
Objem [m ³]	1.84		Servisní přístup	Zleva	
Hmotnost (+10%) [kg]	121		Připojení měřící	Zleva	
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech		Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	17100	
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2				
• Vodní ohřivač XPNC 22/2R					
Tlaková ztráta [Pa]	73		Relativní vlhkost [%]	39	51
Dimenzovat na podmínky	Zima		Měrná vlhkost [g/kg]	6.13	10.99
Teplonosné médium	Voda		Entalpie [kJ/kg]	36.77	54.46
Aktivovat návrh atyp.funkce	Ne		Výstupní teplota média (skutečná) [°C]	32	
Vstupní teplota média [°C]	55		Topný výkon (skutečný) [kW]	46.4	
Výstupní teplota média (zadaná) [°C]	40		Průtok teplosného média [m ³ /h]	1.78	
Vstupní parametry vzduchu	Zima	Léto	Tlaková ztráta média [kPa]	0.4	
Teplota [°C]	13.0	26.2	Počet řad	2	
Relativní vlhkost [%]	65	51	Počet okruhů	1	
Měrná vlhkost [g/kg]	6.11	10.99	Rozteč lamel	2.1	
Entalpie [kJ/kg]	28.63	54.46	Průměr připojení ["]	2	
Výstupní parametry vzduchu	Zima	Léto	Vodní obsah [l]	16	
Teplota [°C]	21.0	26.2			
• Směšovací uzel SUMX 4 (2)					
• Protimrazové čidlo NS 130 R					
01.19 Sekce chladič, eliminátor			XPQU 22/F		
Objem [m ³]	1.80		Servisní přístup	Zleva	
Hmotnost (+10%) [kg]	167		Připojení měřící	Zleva	
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech		Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	17100	
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2				
• Přímý výparník / kondenzátor XPNF 22/4RT					
Tlaková ztráta [Pa]	161		Měrná vlhkost [g/kg]	6.13	9.43
Provozovat v období	Léto		Entalpie [kJ/kg]	36.77	41.04
Teplonosné médium	Freon R407C (Mix)		Výkonové parametry	Zima	Léto
Aktivovat návrh atyp.funkce	Ne		Výkon [kW]	72.1	72.1
Teplota vypařování [°C]	5		Množství kondenzátu [kg/h]	29.9	
Vstupní parametry vzduchu	Zima	Léto	Hmotnostní průtok média [kg/h]	1686	
Teplota [°C]	21.0	26.2	Tlaková ztráta média [kPa]	13.5	
Relativní vlhkost [%]	39	51	Počet řad	4	
Měrná vlhkost [g/kg]	6.13	10.99	Počet okruhů	2 (dělení v poměru 1:1)	
Entalpie [kJ/kg]	36.77	54.46	Rozteč lamel [mm]	2.5	
Výstupní parametry vzduchu	Zima	Léto	Vnitřní obsah [l]	19	
Teplota [°C]	21.0	17.0	Průměr připojení páry	35	
Relativní vlhkost [%]	39	77	Průměr připojení kondenzátu	28	
• Eliminátor kapek XPNU 22					
Tlaková ztráta [Pa]	50				
• Kapilárový termostat CAP 2M_XP					
• Souprava pro odvod kondenzátu XPOO 301					
01.06 Sekce ventilátoru			XPAA 22/P-D		
Objem [m ³]	6.41		Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	
Hmotnost (+10%) [kg]	476		Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2	
Servisní přístup	Zleva		Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	17100	
• Panel čelní - výtlak XPM 22/A					
Tlaková ztráta [Pa]	0				
• Ventilátor XPVA 500-315/280-7,5-J6 (IE1)					
Tlakový zisk pro výpočet [Pa]	659		Průtok vzduchu max [m ³ /h]	19596	
Statický tlak [Pa]	659		Celkový tlak max. [Pa]	744	
Celkový tlak [Pa]	740		Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz	
Výkon ventilátoru [kW]	6.34		Výkon motoru nom. [W]	7500	
Účinnost [%]	67		Proud max. [A]	16.30	
Elektrický příkon [kW]	7.47		Pracovní teplota max. [°C]	40	
Rychlost v průřezu [m/s]	3.07		Počet pólů	6	
Dimenzovat na výkonový stupeň	5		Termokontakty	Ano	
Pracovní frekvence [Hz]	50		Krytí	IP 55	
Průměr kola [mm]	500		Třída izolace	F	
Zahnutí lopatek	Dopředu		Typ regulace	frekvenční	
Převod	Remenový		Třída účinnosti motoru	IE1	
Otáčky [1/min]	862				
• Regulátor výkonu XPFM 7.5 (3x400V) V					
• Servisní vypínač XPSV S25/03					
• Snímač tlakové diference P33 V (20 - 200 Pa)					
• Kukátko/průhledítko HLED 150					
01.17 Sekce difuzoru			XPJD 22		
Objem [m ³]	1.80		Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2	
Hmotnost (+10%) [kg]	86		Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	17100	
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech				
• Difuzor XPNA 22					
01.15 Sekce zvlhčování			XPJZ 22		
Objem [m ³]	4.51		Servisní přístup	Zleva	
Hmotnost (+10%) [kg]	234		Připojení měřící	Zleva	
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech		Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	17100	
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2				
• Panel čelní - výstup XPK 22/P					
Tlaková ztráta [Pa]	20				
• Montážní sada panelu XPK 22/P (MSP)					
• Komplet zvlhčovacího zařízení CA-UE 35/125C					
Tlaková ztráta [Pa]	14		Měrná vlhkost [g/kg]	7.56	9.43
Dimenzovat na podmínky	Zima		Entalpie [kJ/kg]	40.39	41.04
Vstupní parametry vzduchu	Zima	Léto	Parní výkon (požadovaný) [kg/h]	28.5	
Teplota [°C]	21.0	17.0	Zvlhčovací dráha (minimální) [m]	0.2	
Relativní vlhkost [%]	39	77	Parní výkon (skutečný) [kg/h]	35.0	
Měrná vlhkost [g/kg]	6.13	9.43	Systém distribuce páry	elektrodový	
Entalpie [kJ/kg]	36.77	41.04	Napájecí napětí zvlhčovače	3NPE 400 V, 50 Hz	
Výstupní parametry vzduchu	Zima	Léto	Elektrický příkon zvlhčovače [kW]	26.3	
Teplota [°C]	21.0	17.0	Delka připojovacích hadic [m]	3	
Relativní vlhkost [%]	48	77			

VZT jednotky – varianta A

- Sada náhradních varných válců CA-UN 35
- Kukátko/průhledítko HLED 150
- Souprava pro odvod kondenzátu XPOO 301
- Základní hygrostat DPWC
- Omezovací hygrostat DPDC

01.16 Tlumicí vložka	DV 1220-1170
Objem [m ³]	0.18
Hmotnost (+-10%) [kg]	8
Tlaková ztráta [Pa]	0

01.11 Tlumicí vložka	DV 1220-1170
Objem [m ³]	0.18
Hmotnost (+-10%) [kg]	8
Tlaková ztráta [Pa]	0

01.10 Sekce filtru	XPHO 22/D		
Objem [m ³]	2.72	Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2
Hmotnost (+-10%) [kg]	131	Servisní přístup	Zprava
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	16700
<ul style="list-style-type: none"> • Panel čelní - vstup XPK 22/P 			
Tlaková ztráta [Pa]	19		
<ul style="list-style-type: none"> • Montážní sada panelu XPK 22/P (MSP) • Filtrační vložka XPNH 22/S 			
Tlaková ztráta pro výpočet [Pa]	131	Filtrační plocha [m ²]	16.10
Početné tlakové ztráty [Pa]	62	Koncová tlaková ztráta [Pa]	200
Typ filtru	Kapsový	Jímavost [g]	2050
Třída filtrace	M5	Teplotní odolnost max. [°C]	80
Střední odlučivost na syntetický prach [%]	88.00	Třída hořlavosti	F1
Střední odlučivost na atmosférický prach [%]	44.00	Regenerovatelnost	Neregenerovatelný
<ul style="list-style-type: none"> • Snímač tlakové difference P33 N (30 - 500 Pa) 			

01.09 Sekce ventilátoru	XPAA 22/P-D		
Objem [m ³]	6.40	Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2
Hmotnost (+-10%) [kg]	395	Servisní přístup	Zprava
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	16700
<ul style="list-style-type: none"> • Panel čelní - výtlak XPM 22/A 			
Tlaková ztráta [Pa]	0		
<ul style="list-style-type: none"> • Ventilátor XPVA 500-315/224-5,5-J6 (IE1) 			
Tlakový zisk pro výpočet [Pa]	417	Průtok vzduchu max. [m ³ /h]	20412
Statický tlak [Pa]	417	Celkový tlak max. [Pa]	492
Celkový tlak [Pa]	495	Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz
Výkon ventilátoru [kW]	4.17	Výkon motoru nom. [W]	5500
Účinnost [%]	66	Proud max. [A]	12.10
Elektrický příkon [kW]	5.02	Pracovní teplota max. [°C]	40
Dimenzovat na výkonový stupeň	5	Počet pólů	6
Pracovní frekvence [Hz]	50	Termokontakty	Ano
Průměr kola [mm]	500	Krytí	IP 55
Zahnutí lopatek	Dopředu	Třída izolace	F
Převod	Remenový	Typ regulace	frekvenční
Otáčky [1/min]	690	Třída účinnosti motoru	IE1
<ul style="list-style-type: none"> • Regulator výkonu XPFM 5.5 (3x400V) V • Servisní vypínač XPSV S25/03 • Snímač tlakové difference P33 V (20 - 200 Pa) • Kukátko/průhledítko HLED 150 			

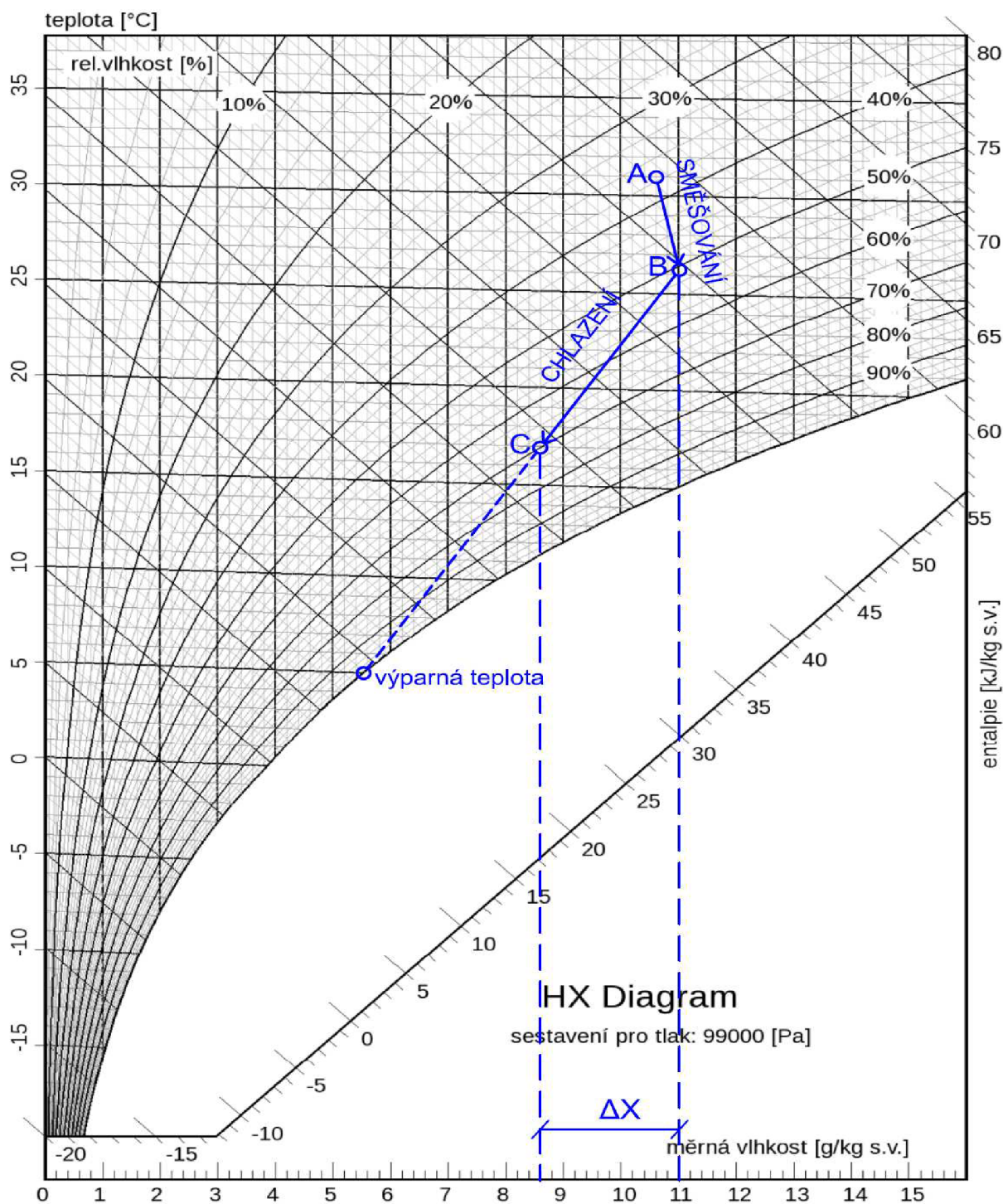
01.08 Sekce směšování	XPID 22/R			
Objem [m ³]	1.80	Relativní vlhkost [%]	50	55
Hmotnost (+-10%) [kg]	168	Měrná vlhkost [g/kg]	7.40	11.09
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Entalpie [kJ/kg]	38.97	53.49
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2	Výstupní parametry vzduchu	Zima	Léto
Servisní přístup	Zprava	Teplota [°C]	20.0	25.0
Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	16700	Relativní vlhkost [%]	50	55
Tlaková ztráta [Pa]	22	Měrná vlhkost [g/kg]	7.40	11.09
Vstupní parametry vzduchu	Zima	Entalpie [kJ/kg]	38.97	53.49
Teplota [°C]	20.0			
<ul style="list-style-type: none"> • Panel čelní - výstup XPK 22/N 				
Tlaková ztráta [Pa]	1			
<ul style="list-style-type: none"> • Montážní sada panelu XPK 22/N (MSP) • Servopohon NM 24A-SR • Kukátko/průhledítko HLED 150 				

01.13 Klapka uzavírací	LK 1170-550		
Objem [m ³]	0.12	Tlaková ztráta [Pa]	0
Hmotnost (+-10%) [kg]	14	Plocha klapek [m ²]	0.64
Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	3020		
<ul style="list-style-type: none"> • Servopohon NM 24A-SR 			

01.12 Tlumicí vložka	DV 1170-550		
Objem [m ³]	0.03	Tlaková ztráta [Pa]	0
Hmotnost (+-10%) [kg]	6		

Doplňky		Počet	Kód
01.XX	Spojovací sada	8 ks	XPSS22MR
01.XX	Základový rám	1 ks	XPROS2217504P
	pro sekci	01.06	XPAA 22/P-D
01.XX	Základový rám	1 ks	XPROS2210004P
	pro sekci	01.04	XPR 22/1000-4
01.XX	Základový rám	1 ks	XPROS2207504P
	pro sekci	01.01	XPID 22/S
01.XX	Základový rám	1 ks	XPROS2212504P
	pro sekci	01.01	XPR 22/1750-4
01.XX	Základový rám	1 ks	XPROS2205004P
	pro sekci	01.15	XPHO 22/D
01.XX	Základový rám	1 ks	XPROS2205004P
	pro sekci	01.17	XPR 22/500-4
01.XX	Základový rám	1 ks	XPROS2205004P
	pro sekci	01.17	XPJZ 22
01.XX	Základový rám	1 ks	XPROS2205004P
	pro sekci	01.18	XPR 22/500-4
01.XX	Základový rám	1 ks	XPROS2205004P
	pro sekci	01.18	XPQW 22/S
	pro sekci	01.19	XPR 22/500-4
	pro sekci	01.19	XPQU 22/F

Provozní režim léto



Graf 60a: H – x diagram pro provozní režim léto – varianta A

Bod	Pozice	Teplota vzduchu	Relativní vlhkost	Měrná vlhkost	Entalpie	Hustota
		t [°C]	φ [%]	x [g/kg]	h [kJ/kg]	ρ [kg/m ³]
A	1,4	31,0	37,0	10,6	58,4	1,1
B		26,2	50,8	11,0	54,5	1,2
C	1,2	17,0	70,0	8,6	39,0	1,2

Tabulka 24a: Provozní režim léto – varianta A

6.3. Varianta B

Soupis zařízení projektu

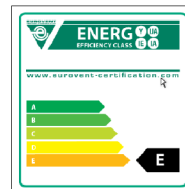
Číslo	Název zařízení	Hmotnost (±10%)	CENA BRUTTO		
			Vzduchotechnika	Regulace	Celkem
02	zařízení 1 varianta 4	1 651 kg			
Hmotnost celkem (±10%)		1 651 kg			
Číslo zařízení	02	Název zařízení	zařízení 1 varianta 4	Druh, rozměr Model box Hmotnost zařízení	AeroMaster XP 13 AMXP3 1 651 kg

Popis zařízení *

SESTAVNÁ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA

- standardně dodávány varianty pro vnitřní i venkovní instalace pro prostředí C2 nebo C3 dle (ČSN) EN ISO 14713-1
- schváleno k použití v hygienických a čistých aplikacích (SZÚ - 111130, S 294/01)
- standardní rozsah pracovních teplot je -40°C až +40°C
- samonosná bezrámová konstrukce se zcela hladkým vnitřním pláštěm
- sendvičové panely s 50 mm nehořlavou izolací
- parametry dle EN 1886:2008 (M): D2, L2 resp. L1, T3, TB3
- zvuková neprůzvučnost pláště $R_w=43$ dB
- ES prohlášení shody vydáno ve spolupráci s TÜV SÜD Czech
- certifikát shody dle GOST R
- vyvinuto a vyráběno v souladu s certifikovaným systémem řízení jakosti ISO 9001:2001

* Detailní informace ke specifikacím a užití zařízení a příslušenství viz. Související obchodně technická dokumentace



Klimatické a vstupní podmínky (zima/léto)

Teplota vzduchu (venkovní) [°C]	-15 / 31	Teplota z místnosti [°C]	20 / 25
Relativní vlhkost (venkovní) [%]	95 / 37	Relativní vlhkost z místnosti [%]	50 / 55
Tlak vzduchu [kPa]	99 / 99		

Vzduchové parametry zařízení (přívod/odvod)

Skutečný průtok vzduchu [m³/h]	8900 / 8500	Tlaková ztráta komponentů v sestavě [Pa]	436 / 160
Rychlost v průřezu [m/s]	2.80 / 2.68	Výstupní teplota z přívodu (zima/léto) [°C]	21 / 17
Skutečná externí tlaková ztráta (rezerva) [Pa]	243 / 270	Výstupní relativní vlhkost z přívodu (zima/léto) [%]	48 / 75
Rozdíl (k zaregulování) [Pa]	+38 / +45		

Výkonové parametry zařízení (přívod/odvod)*

Dimenzováno na výkonový stupeň ventilátorů	5 / 5	Součtové výkony pro ohřev [kW]	46 / 0
Součtové výkony ventilátorů [kW]	4.40 / 2.57	Součtové výkony pro chlazení [kW]	41 / 0
Specifický výkon zařízení SFP _E [W.m ⁻³ .s]	1781 / 1088	Výkon zpětného získání tepla [kW]	0

*Návrh s vlivem kondenzace

Hlukové parametry zařízení

Přívod	Hladiny akustického výkonu v oktávních pásmech L _{WA,okt} [dB(A)] a celková hladina L _{WA} [dB(A)]								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L _{WA}
Vstup	59.2	71.3	70.8	78.7	73.5	67.6	64.3	52.8	81.2
Výstup	66.8	78.0	80.9	88.4	89.8	86.9	81.9	71.8	94.0
Okolí	55.2	58.2	57.7	59.7	55.8	51.4	50.0	36.6	65.0

Odvod	Hladiny akustického výkonu v oktávních pásmech L _{WA,okt} [dB(A)] a celková hladina L _{WA} [dB(A)]								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L _{WA}
Vstup	51.4	62.9	65.0	71.2	69.8	68.8	63.6	56.5	75.8
Výstup	52.7	64.1	65.2	72.3	70.8	71.8	67.7	60.5	77.6
Okolí	45.4	47.8	46.9	46.2	43.1	43.6	40.3	29.3	53.8

Detaily ke komponentům zařízení

02.02 Tlumicí vložka	DV 915-865		
Objem [m³]	0.10	Tlaková ztráta [Pa]	0
Hmotnost (+-10%) [kg]	6		

02.14 Klapka uzavírací	LK 915-865		
Objem [m³]	0.14	Tlaková ztráta [Pa]	0
Hmotnost (+-10%) [kg]	15	Plocha klapek [m²]	0.79
Skutečný průtok vzduchu [m³/h]	3560		

• Servopohon NM 24A-SR

02.01 Sekce filtru	XPHO 13/D		
Objem [m³]	0.81	Hmotnost (+-10%) [kg]	97
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Servisní přístup	Zleva
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2	Skutečný průtok vzduchu [m³/h]	3560

• Panel čelní - vstup XPK 13/P

Tlaková ztráta [Pa] 4

• Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP)

• Filtrační vložka XPNH 13/5

Tlaková ztráta pro výpočet [Pa]	108	Filtrační plocha [m²]	9.05
Počáteční tlaková ztráta [Pa]	16	Koncová tlaková ztráta [Pa]	200
Rychlost v průřezu [m/s]	1.55	Jímavost [g]	1150
Typ filtru	Kapsový	Teplotní odolnost max. [°C]	80
Třída filtrace	M5	Třída hořlavosti	F1
Střední odlučivost na syntetický prach [%]	88.00	Regenerovatelnost	Neregenerovatelný
Střední odlučivost na atmosférický prach [%]	44.00		

• Snímač tlakové diference P33 N (30 - 500 Pa)

02.04 Sekce směšování	XPID 13/S				
Objem [m³]	1.10	Teplota [°C]	-15.0	31.0	
Hmotnost (+-10%) [kg]	99	Relativní vlhkost [%]	95	37	
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Měrná vlhkost [g/kg]	0.98	10.58	
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2	Entalpie [kJ/kg]	-12.72	58.35	
Servisní přístup	Zleva	Výstupní parametry vzduchu	Zima	Léto	
Skutečný průtok vzduchu [m³/h]	8900	Teplota [°C]	6.0	27.4	
Tlaková ztráta [Pa]	13	Relativní vlhkost [%]	82	47	
Procento cirkulačního vzduchu [%]	60	Měrná vlhkost [g/kg]	4.83	10.89	
Vstupní parametry vzduchu	Zima	Léto	Entalpie [kJ/kg]	18.29	55.44

• Kukátko/průhledítko HLED 150

02.18 Sekce ohřivač, servis XPQW 13/S

Objem [m ³]	0.54	Servisní přístup	Zleva
Hmotnost (+-10%) [kg]	86	Připojení měří	Zleva
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	8900
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2		
• Vodní ohřivač XPNC 13/2R			
Tlaková ztráta [Pa]	77	Relativní vlhkost [%]	31 47
Dimenzovat na podmínky	Zima	Měrná vlhkost [g/kg]	4.86 10.89
Teplonosné médium	Voda	Entalpie [kJ/kg]	33.54 55.44
Aktivovat návrh atyp.funkce	Ne	Výstupní teplota média (skutečná) [°C]	39
Vstupní teplota média [°C]	55	Topný výkon (skutečný) [kW]	46.4
Výstupní teplota média (zadaná) [°C]	40	Průtok teplonosného média [m ³ /h]	2.52
<u>Vstupní parametry vzduchu</u>	Zima	Léto	
Teplota [°C]	6.0	27.4	
Relativní vlhkost [%]	82	47	
Měrná vlhkost [g/kg]	4.83	10.89	
Entalpie [kJ/kg]	18.29	55.44	
<u>Výstupní parametry vzduchu</u>	Zima	Léto	
Teplota [°C]	21.0	27.4	
• Směšovací uzel SUMX 6,3 (3)			
• Protimrazové čidlo NS 130 R			

02.19 Sekce chladič, eliminátor XPQU 13/F

Objem [m ³]	0.50	Servisní přístup	Zleva
Hmotnost (+-10%) [kg]	116	Připojení měří	Zleva
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	8900
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2		
• Příčný výparník / kondenzátor XPNF 13/4RT			
Tlaková ztráta [Pa]	160	Měrná vlhkost [g/kg]	4.86 9.25
Provazovat v období	Léto	Entalpie [kJ/kg]	33.54 40.59
Teplonosné médium	Freon R407C (Mx)	<u>Výkonové parametry</u>	Zima
Aktivovat návrh atyp.funkce	Ne	Výkon [kW]	41.3
Teplota vypařování [°C]	5	Množství kondenzátu [kg/h]	16.2
<u>Vstupní parametry vzduchu</u>	Zima	Léto	
Teplota [°C]	21.0	27.4	
Relativní vlhkost [%]	31	47	
Měrná vlhkost [g/kg]	4.86	10.89	
Entalpie [kJ/kg]	33.54	55.44	
<u>Výstupní parametry vzduchu</u>	Zima	Léto	
Teplota [°C]	21.0	17.0	
Relativní vlhkost [%]	31	75	
• Eliminátor kapek XPNU 13			
Tlaková ztráta [Pa]	42		
• Kapilárový termostat CAP 2M_XP			
• Souprava pro odvod kondenzátu XPOO 301			

02.06 Sekce ventilátoru XPAA 13/P-D

Objem [m ³]	1.60	Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech
Hmotnost (+-10%) [kg]	247	Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2
Servisní přístup	Zleva	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	8900
• Panel čelní - výtlač XPM 13/A			
Tlaková ztráta [Pa]	0		
• Ventilátor XPVA 355-224/180-4,0-J4 (IE1)			
Tlakový zisk pro výpočet [Pa]	680	Průtok vzduchu max [m ³ /h]	9633
Statický tlak [Pa]	680	Celkový tlak max. [Pa]	794
Celkový tlak [Pa]	767	Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz
Výkon ventilátoru [kW]	3.64	Výkon motoru nom. [W]	4000
Účinnost [%]	63	Proud max. [A]	8.34
Elektrický příkon [kW]	4.40	Pracovní teplota max. [°C]	40
Rychlost v průřezu [m/s]	2.80	Počet pólů	4
Dimenzovat na výkonový stupeň	5	Termokontakty	Ano
Pracovní frekvence [Hz]	50	Krytí	IP 55
Průměr kola [mm]	355	Třída izolace	F
Zahnutí lopatek	Dopředu	Typ regulace	frekvenční
Převod	Remenový	Třída účinnosti motoru	IE1
Otáčky [1/min]	1160		
• Regulator výkonu XPFM 4.0 (3x400V) V			
• Servisní vypínač XPSV S16/03			
• Snímač tlakové difference P33 V (20 - 200 Pa)			
• Kukátko/průhledítko HLED 150			

02.17 Sekce difuzoru XPJD 13

Objem [m ³]	0.54	Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2
Hmotnost (+-10%) [kg]	66	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	8900
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech		
• Difuzor XPNA 13			

02.15 Sekce zvlhčování XPJZ 13

Objem [m ³]	1.41	Servisní přístup	Zleva
Hmotnost (+-10%) [kg]	192	Připojení měří	Zleva
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	8900
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2		
• Panel čelní - výstup XPK 13/P			
Tlaková ztráta [Pa]	17		
• Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP)			
• Komplet zvlhčovacího zařízení CA-UE 35/105C			
Tlaková ztráta [Pa]	16	Měrná vlhkost [g/kg]	7.56 9.25
Dimenzovat na podmínky	Zima	Entalpie [kJ/kg]	40.39 40.59
<u>Vstupní parametry vzduchu</u>	Zima	Léto	
Teplota [°C]	21.0	17.0	
Relativní vlhkost [%]	31	75	
Měrná vlhkost [g/kg]	4.66	9.25	
Entalpie [kJ/kg]	33.54	40.59	
<u>Výstupní parametry vzduchu</u>	Zima	Léto	
Teplota [°C]	21.0	17.0	
Relativní vlhkost [%]	48	75	
		Parní výkon (požadovaný) [kg/h]	23.2
		Zvlhčovací dráha (minimální) [m]	0.4
		Parní výkon (skutečný) [kg/h]	35.0
		Systém distribuce páry	elektrodový
		Napájecí napětí zvlhčovače	3NPE 400 V, 50 Hz
		Elektrický příkon zvlhčovače [kW]	23.3
		Délka připojovacích hadic [m]	3

VZT jednotky – varianta B

- Sada náhradních varných válců CA-UN 35
- Kukátko/průhledítko HLED 150
- Souprava pro odvod kondenzátu XPOO 301
- Základní hygroskop DPWC
- Omezovací hygroskop DPDC

02.16 Tlumicí vložka		DV 915-865	
Objem [m ³]	0.10	Tlaková ztráta [Pa]	0
Hmotnost (+-10%) [kg]	6		

02.11 Tlumicí vložka		DV 915-865	
Objem [m ³]	0.10	Tlaková ztráta [Pa]	0
Hmotnost (+-10%) [kg]	6		

02.10 Sekce filtru		XPHO 13/D	
Objem [m ³]	0.81	Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2
Hmotnost (+-10%) [kg]	97	Servisní přístup	Zprava
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	8500
<ul style="list-style-type: none"> • Panel čelní - vstup XPK 13/P 			
Tlaková ztráta [Pa]	16		
<ul style="list-style-type: none"> • Montážní sada panelu XPK 13/P (MSP) • Filtrační vložka XPNH 13/5 			
Tlaková ztráta pro výpočet [Pa]	126	Filtrační plocha [m ²]	9.05
Počáteční tlaková ztráta [Pa]	53	Koncová tlaková ztráta [Pa]	200
Typ filtru	Kapsový	Jimavost [g]	1150
Třída filtrace	M5	Teplotní odolnost max. [°C]	80
Střední odlučivost na syntetický prach [%]	88.00	Třída hořlavosti	F1
Střední odlučivost na atmosférický prach [%]	44.00	Regenerovatelnost	Neregenerovatelný
<ul style="list-style-type: none"> • Snímač tlakové difference P33 N (30 - 500 Pa) 			

02.09 Sekce ventilátoru		XPAA 13/P-D	
Objem [m ³]	1.60	Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2
Hmotnost (+-10%) [kg]	247	Servisní přístup	Zprava
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	8500
<ul style="list-style-type: none"> • Panel čelní - výtlak XPM 13/A 			
Tlaková ztráta [Pa]	0		
<ul style="list-style-type: none"> • Ventilátor XPVA 400-280/160-2,2-J4 (IE1) 			
Tlakový zisk pro výpočet [Pa]	430	Průtok vzduchu max [m ³ /h]	9016
Statický tlak [Pa]	430	Celkový tlak max. [Pa]	488
Celkový tlak [Pa]	480	Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz
Výkon ventilátoru [kW]	2.05	Výkon motoru nom. [W]	2200
Účinnost [%]	66	Proud max. [A]	4.81
Elektrický příkon [kW]	2.57	Pracovní teplota max. [°C]	40
Dimenzovat na výkonový stupeň	5	Počet polů	4
Pracovní frekvence [Hz]	50	Termokontakty	Ano
Průměr kola [mm]	400	Krytí	IP 55
Zahnutí lopatek	Dopředu	Třída izolace	F
Převod	Řemenový	Typ regulace	frekvenční
Otáčky [1/min]	817	Třída účinnosti motoru	IE1
<ul style="list-style-type: none"> • Regulator výkonu XPFM 2.2 (3x400V) V • Servisní vypínač XPSV S16/03 • Snímač tlakové difference P33 V (20 - 200 Pa) • Kukátko/průhledítko HLED 150 			

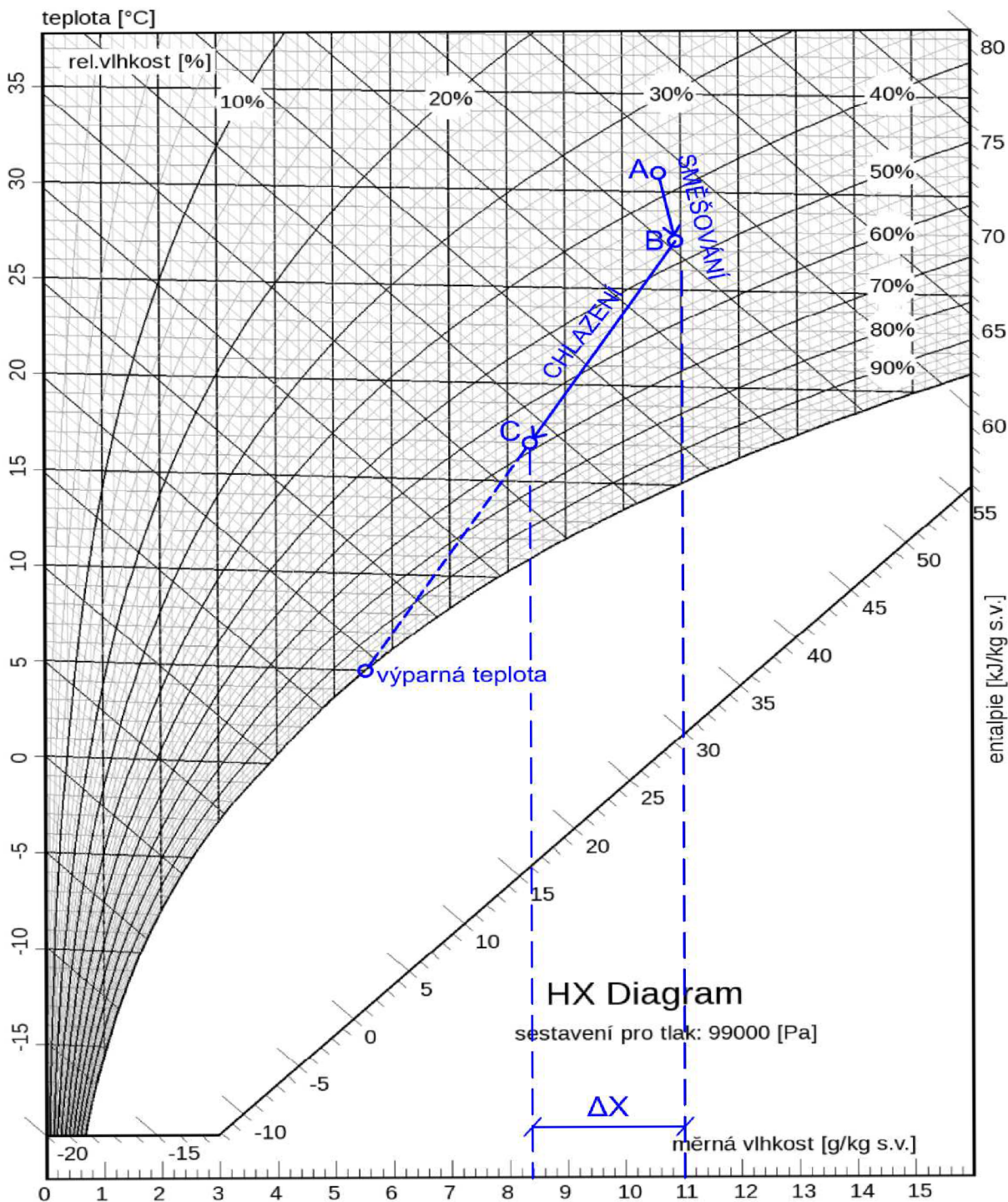
02.08 Sekce směšování		XPID 13/R	
Objem [m ³]	1.10	Relativní vlhkost [%]	50
Hmotnost (+-10%) [kg]	127	Měrná vlhkost [g/kg]	7.40
Materiál vnějšího pláště	Pozinkovaný plech	Entalpie [kJ/kg]	38.97
Materiál vnitřního pláště / Těsnost	Pozinkovaný plech / L2	<u>Výstupní parametry vzduchu</u>	
Servisní přístup	Zprava	Teplota [°C]	Zima 20.0
Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	8500	Relativní vlhkost [%]	50
Tlaková ztráta [Pa]	12	Měrná vlhkost [g/kg]	7.40
<u>Vstupní parametry vzduchu</u>		Entalpie [kJ/kg]	38.97
Teplota [°C]	Zima 20.0	Léto 25.0	
<ul style="list-style-type: none"> • Panel čelní - výstup XPK 13/N 			
Tlaková ztráta [Pa]	5		
<ul style="list-style-type: none"> • Montážní sada panelu XPK 13/N (MSP) • Servopohon NM 24A-SR • Kukátko/průhledítko HLED 150 			

02.13 Klapka uzavírací		LK 865-450	
Objem [m ³]	0.07	Tlaková ztráta [Pa]	1
Hmotnost (+-10%) [kg]	11	Plocha klapek [m ²]	0.39
Skutečný průtok vzduchu [m ³ /h]	3160		
<ul style="list-style-type: none"> • Servopohon NM 24A-SR 			

02.12 Tlumicí vložka		DV 865-450	
Objem [m ³]	0.05	Tlaková ztráta [Pa]	0
Hmotnost (+-10%) [kg]	4		

Doplňky		Počet		Kód
02.XX	Spojovací sada		8 ks	XPSSS13MR
02.XX	Základový rám pro sekci	02.15	1 ks	XPROS1312504P
02.XX	Základový rám pro sekci	02.17	1 ks	XPROS1305004P
02.XX	Základový rám pro sekci	02.06	1 ks	XPROS1315004P
02.XX	Základový rám pro sekci	02.19	1 ks	XPROS1305004P
02.XX	Základový rám pro sekci	02.18	1 ks	XPROS1305004P
02.XX	Základový rám pro sekci	02.04	1 ks	XPROS1310004P
02.XX	Základový rám pro sekci	02.01	1 ks	XPROS1307504P

Provozní režim léto



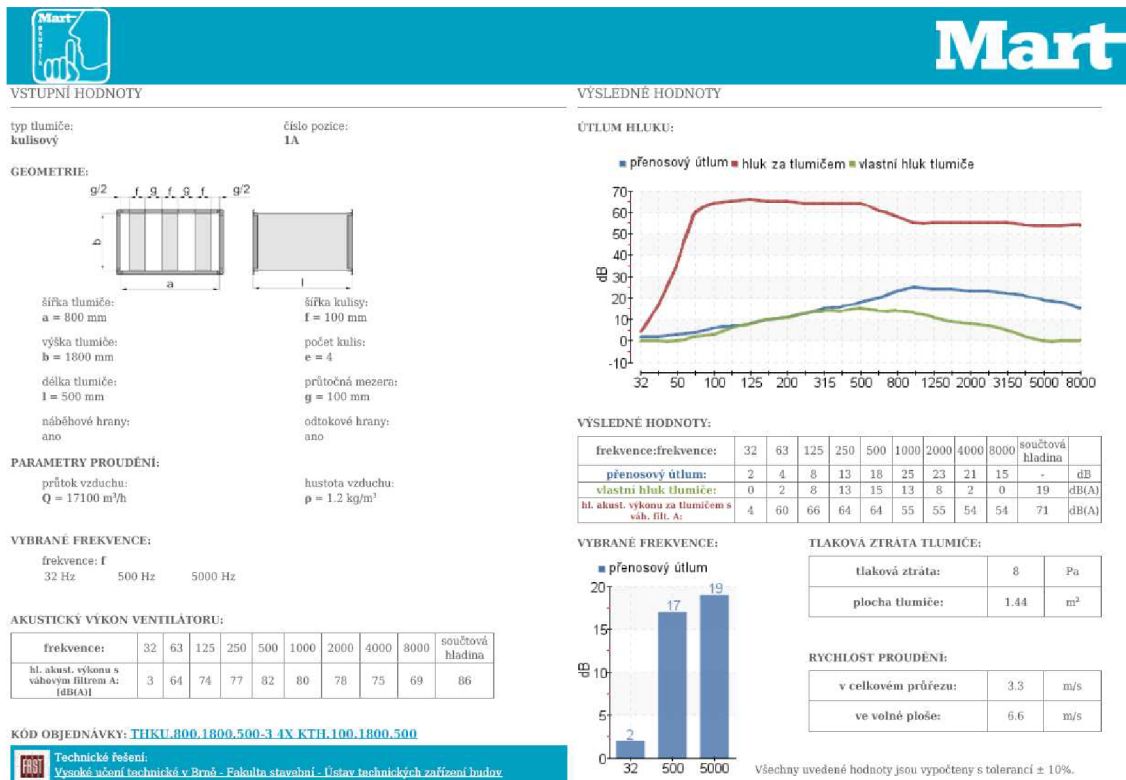
Graf 60b: H – x diagram pro provozní režim léto – varianta B

Bod	Pozice	Teplota vzduchu t [°C]	Relativní vlhkost φ [%]	Měrná vlhkost x [g/kg]	Entalpie h [kJ/kg]	Hustota ρ [kg/m ³]
A	1,4	31,0	37,0	10,6	58,4	1,13
B		27,4	46,9	10,9	55,4	1,15
C	1,2	17,0	68,0	8,4	38,3	1,19

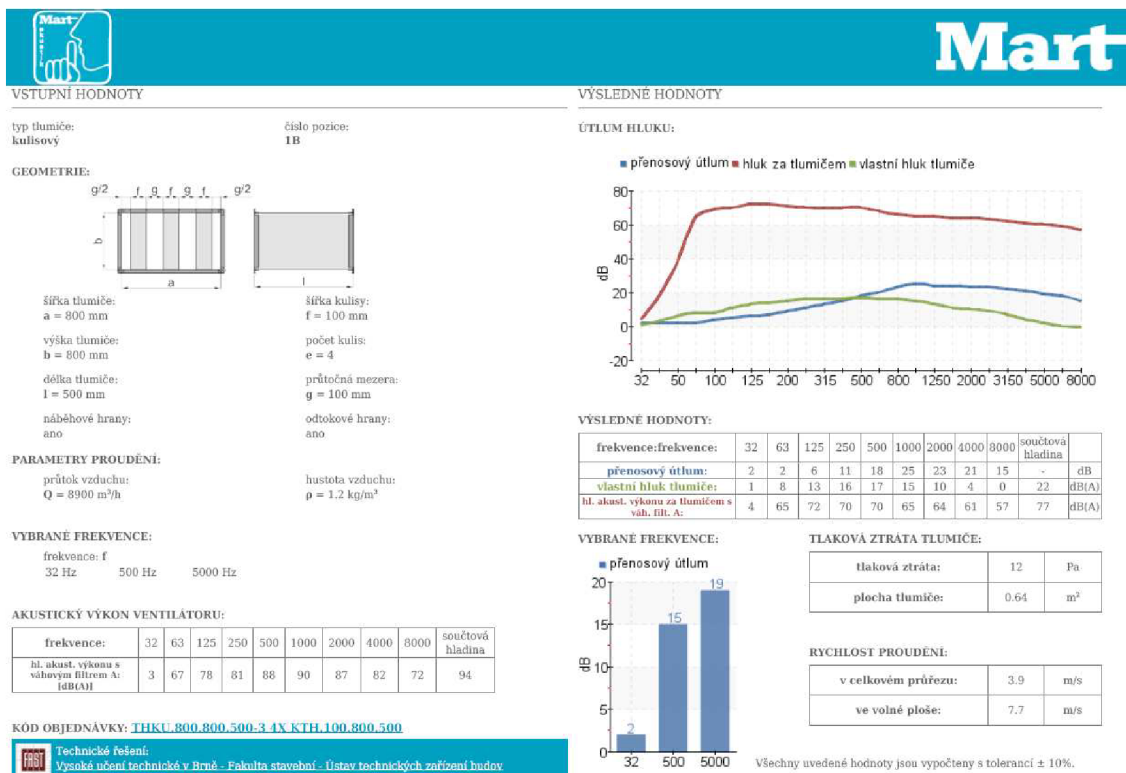
Tabulka 24b: Provozní režim léto – varianta B

7. ÚTLUM HLUKU

Tlumiče byly navrženy pomocí programu MartAkustik. Na obrázku č. 27 a 28 je zobrazen výpočet útlumu hluku pro přívod vzduchu dýzou do showroom.



Obrázek 27: Návrh tlumiče hluku pro přívod vzduchu dýzou do místnosti pro variantu A




Obrázek 27: Návrh tlumiče hluku pro přívod vzduchu dýzou do místnosti pro variantu B

7.1. Varianta A

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru										TABULKA 25 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 PŘÍVOD DO MÍSTNOSTI Č. 1.01 - DÝZA VARIANTA A		Brno
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										PŘÍVOD		
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet		
L _{VV}	Hluk ventilátoru													
L _{VV}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	64	74	77	82	80	78	75	69	86	podklady výrobce (REMAK)		
K _a	Hladina ak. výkonu požární klapky	0	41	33	28	20	13	4	3	3	42	podklady výrobce (HALTON)		
L _{VV}	součet	3	64	74	77	82	80	78	75	69	86			
D _p	Přirozený útlum													
	útlum v rovném potrubí délky 10,9m	0	0	3	2	1	1	1	1	1				
	útlum v obloucích (5ks)	0	0	0	5	10	15	15	15	15				
	útlum rozbočky	6	6	6	6	6	6	6	6	6		D=10*log(ΣS _{odb} /S _{odb1})		
	Útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	útlum tlumiče hluku délky L=500mm	2	4	8	13	18	25	23	21	15		kulisový tlumič (1A) - pozice 1.13		
	útlum ohebného potrubí délky 1,28m		9	15	20	17	13	10	12	6		zvukově izolační potrubí		
L _{V1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	0	45	42	32	30	20	24	20	26	42			
L _{Vy}	Hladina akustického výkonu vyústky											20	podklady výrobce (HALTON)	
K	Korekce na počet vyústek	K=10*log(n ₁₈)					počet vyústek:		18		13	Zohlední se vliv dalších (stejně hlučných) vyústek v místnosti		
L _S	Hladina ak. výkonu všech vyústek	L _S =10*log(10 ^(0,1*L1) +10 ^(0,1*L2))+K										55	hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti	
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění vyústky v prostoru	
r	vzdálenost od vyústky k posluchači											6	nejmenší vzdálenost mezi vyústkou a osobami v místnosti	
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m2)		1970		pohltivost (-)		0,05		99	poměrná pohltivost povrchů místnosti A=α*S			
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	L _p =L _{ws} +10*log(Q/(4*π*r ²)+4/A)										42	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy	
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi	

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

 Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 26 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 ODVOD Z MÍSTNOSTI Č. 1.01 VARIANTA A										Brno	
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										ODVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L_{vv}	Hluk ventilátoru												
L_{vv}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	57	68	71	75	73	71	65	59	79	podklady výrobce (REMAK)	
K_a	Hladina ak. výkonu požární klapky	0	40	33	28	19	12	3	3	3	41	podklady výrobce (HALTON)	
L_{vv}	součet	3	57	68	71	75	73	71	65	59	79		
D_p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potubí délky 18,2m	0	0	5	3	2	1	1	1	1			
	útlum v obloucích (6ks)	0	0	0	6	12	18	18	18	18			
	útlum rozbočky	7	7	7	7	7	7	7	7	7		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	Útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	útlum tlumiče hluku délky L=500mm	2	4	8	13	18	25	23	21	15		kulisový tlumič (2A) - pozice 1.14	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	0	46	47	42	36	22	22	18	17	49		
L_{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky											30	podklady výrobce (MANDIK)
K	Korekce na počet vyústek	$K=10*\log(n_6)$					počet vyústek:		6	8	Zohlední se vliv dalších (stejně hlučných) vyústek v místnosti		
L_s	Hladina ak. výkonu všech vyústek	$L_s=10*\log(10^{(0,1*L1)}+10^{(0,1*L2)})+K$										57	hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění vyústky v prostoru
r	vzdálenost od vyústky k posluchači											6	nejmenší vzdálenost mezi vyústkou a osobami v místnosti
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m ²)		1970	pohltivost (-)		0,05	99	poměrná pohltivost povrchů místnosti $A=a*S$				
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2)+4/A)$										43	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru									TABULKA 27 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 PŘÍVOD DO MÍSTN. Č. 1.01 - VÍŘIVÁ VYÚŠŤ VARIANTA A		Brno
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										PŘÍVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L_{vv}	Hluk ventilátoru												
L_{vv}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	64	74	77	82	80	78	75	69	86	podklady výrobce (REMAK)	
K_a	Hladina ak. výkonu požární klapky	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	podklady výrobce (HALTON)	
L_{vv}	součet	3	64	74	77	82	80	78	75	69	86		
D_p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potrubí délky 2,1m+10,1m	0	0	7	5	3	2	2	2	2			
	útlum v obloucích (2ks+3ks)	0	0	0	2	7	12	15	15	15			
	útlum rozbočky 1	14	14	14	14	14	14	14	14	14		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	útlum rozbočky 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	útlum tlumiče hluku délky L=500mm	2	4	8	13	18	25	23	21	15		kulisový tlumič (1A) - pozice 1.13	
	útlum ohebného potrubí délky 1,24m		11	20	26	22	17	12	16	10		zvukově izolační potrubí	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	0	33	24	16	16	8	10	6	11	26		
L_{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky											18	podklady výrobce (MANDIK)
K	Korekce na počet vyústek	$K=10*\log(n_2)$					počet vyústek:		2	3	Zohlední se vliv dalších (stejně hlučných) vyústek v místnosti		
L_s	Hladina ak. výkonu všech vyústek	$L_s=10*\log(10^{(0,1*L1)}+10^{(0,1*L2)})+K$										29	hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění vyústky v prostoru
r	vzdálenost od vyústky k posluchači											2,1	nejmenší vzdálenost mezi vyústkou a osobami v místnosti
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m ²)	200	pohltivost (-)	0,1							20	poměrná pohltivost povrchů místnosti $A=\alpha*S$
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2)+4/A)$										23	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.



Diplomová práce 2013/2014
 Vypracovala: Zdeňka Výravská
 Téma: Vliv stavební konstrukce na
 tepelnou zátěž prostoru

**TABULKA 28 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1
 ODVOD Z MÍSTNOSTI Č. 1.03
 VARIANTA A**

Brno

ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										ODVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L_{vv}	Hluk ventilátoru												
L_{vv}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	57	68	71	75	73	71	65	59	79	podklady výrobce (REMAK)	
K_a	Hladina ak. výkonu požární klapky	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	podklady výrobce (HALTON)	
L_{vv}	součet	3	57	68	71	75	73	71	65	59	79		
D_p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potrubí délky 3,4m+3,7m	0	0	3	2	1	1	1	1	1			
	útlum v obloucích (4ks+4ks)	0	0	0	4	12	20	24	24	24			
	útlum rozbočky 1	14	14	14	14	14	14	14	14	14		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	útlum rozbočky 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	útlum tlumiče hluku délky L=500mm	2	4	8	13	18	25	23	21	15		kulisový tlumič (2A) - pozice 1.14	
	útlum ohebného potrubí délky 1,6m		14	26	34	28	22	16	20	13		zvukově izolační potrubí	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	0	23	16	3	0	0	0	0	0	16		
L_{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky											18	podklady výrobce (MANDIK)
K	Korekce na počet vyústek	$K=10*\log(n_1)$					počet vyústek:			1	0	Zohlední se vliv dalších (stejně hlučných) vyústek v místnosti	
L_s	Hladina ak. výkonu všech vyústek	$L_s=10*\log(10^{(0,1*L1)}+10^{(0,1*L2)})+K$										20	hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění vyústky v prostoru
r	vzdálenost od vyústky k posluchači											2,1	nejmenší vzdálenost mezi vyústkou a osobami v místnosti
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m ²)	44	pohltivost (-)		0,1						4	poměrná pohltivost povrchů místnosti $A=\alpha*S$
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2)+4/A)$										20	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru									TABULKA 29 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 SÁNÍ Z EXTERIÉRU VARIANTA A		Brno
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										PŘÍVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L _v	Hluk ventilátoru												
L _w	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	60	69	71	74	69	65	60	53	78	podklady výrobce (REMAK)	
K _a	Hladina akustického výkonu ventilátoru										10		
L _w	součet	3	60	69	71	74	69	65	60	53	78		
D _p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potubí délky 1,5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	útlum v obloucích (2ks)	0	0	2	4	6	6	6	6	6			
	útlum rozbočky	0	0	0	0	0	0	0	0	0		D=10*log(ΣS _{odb} /S _{odb1})	
	Útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	útlum tlumiče hluku délky L=1000mm	4	7	12	18	26	40	37	31	20		kulisový tlumič (3A) - pozice 1.15	
L _{v1}	Hladina akustického výkonu na fasádě	0	53	55	49	42	23	22	23	26	56		
Q	směrový činitel										2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění výústky v prostoru	
r	vzdálenost výfuku k posluchači										1	vzdálenost 1m od fasády	
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2))$									48	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy	
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										50	Směrodatné hodnoty určuje NV o ochraně před hlukem a vibracemi (hodnota pro den)	

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

 Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 30 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 VÝFUK DO EXTERIÉRU VARIANTA A										Brno	
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										PŘÍVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L_{vv}	Hluk ventilátoru												
L_{vv}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	59	69	72	76	74	74	69	63	81	podklady výrobce (REMAK)	
K_a	Hladina akustického výkonu ventilátoru										10		
L_{vv}	součet	3	59	69	72	76	74	74	69	63	81		
D_p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potubí délky 10,2m	0	0	3	2	1	1	1	1	1			
	útlum v obloucích (5ks)	0	0	5	10	15	15	15	15	15			
	útlum rozbočky	0	0	0	0	0	0	0	0	0		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	Útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	útlum tlumiče hluku délky L=1000mm	3	6	10	17	25	38	35	29	19		kulisový tlumič (4A) - pozice 1.16	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu na fasádě	0	53	51	43	35	20	23	25	28	52		
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění výústky v prostoru
r	vzdálenost výfuku k posluchači											1	vzdálenost 1m od fasády
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2))$										44	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje NV o ochraně před hlukem a vibracemi (hodnota pro den)

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

7.2. Varianta B

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru										TABULKA 31 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 PŘÍVOD DO MÍSTNOSTI Č. 1.01 - DÝŽA VARIANTA B		Brno
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										PŘÍVOD		
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet		
L_{vv}	Hluk ventilátoru													
L_{vv}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	67	78	81	88	90	87	82	72	94	podklady výrobce (REMAK)		
K_a	Hladina ak. výkonu požární klapky	0	38	31	26	19	12	5	3	3	39	podklady výrobce (HALTON)		
L_{vv}	součet	3	67	78	81	88	90	87	82	72	94			
D_p	Přirozený útlum													
	útlum v rovném potrubí délky 10,9m	0	0	3	2	1	1	1	1	1				
	útlum v obloucích (5ks)	0	0	0	5	10	15	15	15	15				
	útlum rozbočky	6	6	6	6	6	6	6	6	6		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$		
	Útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	útlum tlumiče hluku délky L=500mm	2	2	6	11	18	25	23	21	15		kulisový tlumič (1B) - pozice 1.13		
	útlum ohebného potrubí délky 1,28m		11	19	24	20	16	12	15	9		zvukově izolační potrubí		
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	0	48	43	33	33	27	30	24	26	44			
L_{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky										23	podklady výrobce (HALTON)		
K	Korekce na počet vyústek	$K=10*\log(n_{18})$					počet vyústek:		18	13	Zohlední se vliv dalších (stejně hlučných) vyústek v místnosti			
L_s	Hladina ak. výkonu všech vyústek	$L_s=10*\log(10^{(0,1*L1)}+10^{(0,1*L2)})+K$										57	hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti	
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění vyústky v prostoru	
r	vzdálenost od vyústky k posluchači											6	nejmenší vzdálenost mezi vyústkou a osobami v místnosti	
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m2)					1970	pohltivost (-)		0,05	99	poměrná pohltivost povrchů místnosti $A=\alpha*S$		
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2)+4/A)$										43	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy	
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi	

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru									TABULKA 32 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 ODVOD Z MÍSTNOSTI Č. 1.01 VARIANTA B		Brno
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech										ODVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L _{VV}	Hluk ventilátoru												
L _{VV}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	51	63	65	71	70	69	64	57	76	podklady výrobce (REMAK)	
K _a	Hladina ak. výkonu požární klapky	0	37	30	25	17	11	3	3	3	38	podklady výrobce (HALTON)	
L _{VV}	součet	3	52	63	65	71	70	69	64	57	76		
D _p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potrubí délky 18,2m	0	0	5	3	2	1	1	1	1			
	útlum v obloucích (6ks)	0	0	0	6	12	18	18	18	18			
	útlum rozbočky	7	7	7	7	7	7	7	7	7		D=10*log(ΣS _{odb} /S _{odb1})	
	Útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	útlum tlumiče hluku											tlumič není třeba	
L _{V1}	Hladina akustického výkonu ve výústce	0	45	51	49	51	44	43	38	31	56		
L _{Vy}	Hladina akustického výkonu výústky											29	podklady výrobce (MANDIK)
K	Korekce na počet výústek	K=10*log(n ₆)					počet výústek:			6	8	Zohlední se vliv dalších (stejně hlučných) výústek v místnosti	
L _S	Hladina ak. výkonu všech výústek	L _S =10*log(10 ^(0,1*L1) +10 ^(0,1*L2))+K										63	hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění výústky v prostoru
r	vzdálenost od výústky k posluchači											6	nejmenší vzdálenost mezi výústkou a osobami v místnosti
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m ²)					1970	pohltivost (-)		0,05	99	poměrná pohltivost povrchů místnosti A=α*S	
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	L _p =L _{ws} +10*log(Q/(4*π*r ²)+4/A)										50	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru									TABULKA 33 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 PŘÍVOD DO MÍSTN. Č. 1.01 - VÍŘIVÁ VYÚŠŤ VARIANTA B		Brno
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech										PŘÍVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L_{vv}	Hluk ventilátoru												
L_{vv}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	67	78	81	88	90	87	82	72	94	podklady výrobce (REMAK)	
K_a	Hladina ak. výkonu požární klapky	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	podklady výrobce (HALTON)	
L_{vv}	součet	3	67	78	81	88	90	87	82	72	94		
D_p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potrubí délky 2,1m+10,1m	0	0	7	5	3	2	2	2	2			
	útlum v obloucích (2ks+3ks)	0	0	0	2	7	12	15	15	15			
	útlum rozbočky 1	11	11	11	11	11	11	11	11	11		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	útlum rozbočky 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	útlum tlumiče hluku délky L=500mm	2	2	6	11	18	25	23	21	15		kulisový tlumič (1B) - pozice 1.13	
	útlum ohebného potrubí délky 1,24m		11	20	26	22	17	12	16	10		zvukově izolační potrubí	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	0	42	33	25	26	22	22	16	18	35		
L_{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky											18	podklady výrobce (MANDIK)
K	Korekce na počet vyústek	$K=10*\log(n_2)$					počet vyústek:		2	3	3	Zohlední se vliv dalších (stejně hlučných) vyústek v místnosti	
L_s	Hladina ak. výkonu všech vyústek	$L_s=10*\log(10^{(0,1*L1)}+10^{(0,1*L2)})+K$										38	hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění vyústky v prostoru
r	vzdálenost od vyústky k posluchači											2,1	nejmenší vzdálenost mezi vyústkou a osobami v místnosti
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m ²)	200	pohltivost (-)	0,1							20	poměrná pohltivost povrchů místnosti $A=\alpha*S$
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2)+4/A)$										32	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.




Diplomová práce 2013/2014
 Vypracovala: Zdeňka Výravská
 Téma: Vliv stavební konstrukce na
 tepelnou zátěž prostoru

**TABULKA 34 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1
 ODVOD Z MÍSTNOSTI Č. 1.03
 VARIANTA B**

Brno

ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										ODVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L_{vv}	Hluk ventilátoru												
L_{vv}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	51	63	65	71	70	69	64	57	76	podklady výrobce (REMAK)	
K_a	Hladina ak. výkonu požární klapky	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	podklady výrobce (HALTON)	
L_{vv}	součet	3	51	63	65	71	70	69	64	57	76		
D_p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potrubí délky 3,4m+3,7m	0	0	3	2	1	1	1	1	1			
	útlum v obloucích (4ks+4ks)	0	0	0	4	12	20	24	24	24			
	útlum rozbočky 1	11	11	11	11	11	11	11	11	11		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	útlum rozbočky 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	útlum tlumiče hluku											tlumič není třeba	
	útlum ohebného potrubí délky 1,6m		14	26	34	28	22	16	20	13		zvukově izolační potrubí	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	0	25	22	13	18	15	16	7	7	25		
L_{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky											18	podklady výrobce (MANDIK)
K	Korekce na počet vyústek	$K=10*\log(n_1)$					počet vyústek:		1	0	Zohlední se vliv dalších (stejně hlučných) vyústek v místnosti		
L_s	Hladina ak. výkonu všech vyústek	$L_s=10*\log(10^{(0,1*L1)}+10^{(0,1*L2)})+K$										26	hladina akustického výkonu zdrojů v místnosti
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění vyústky v prostoru
r	vzdálenost od vyústky k posluchači											2,1	nejmenší vzdálenost mezi vyústkou a osobami v místnosti
A	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m ²)	44	pohltivost (-)	0,1	4	poměrná pohltivost povrchů místnosti $A=\alpha*S$						
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2)+4/A)$										25	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje nařízení vlády o ochraně před hlukem a vibracemi

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

 Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 35 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 SÁNÍ Z EXTERIÉRU VARIANTA B										Brno	
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech										PŘÍVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L_{vv}	Hluk ventilátoru												
L_{vv}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	59	71	71	79	74	68	64	53	81	podklady výrobce (REMAK)	
K_a	Hladina akustického výkonu ventilátoru										10		
L_{vv}	součet	3	59	71	71	79	74	68	64	53	81		
D_p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potubí délky 1,5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	útlum v obloucích (2ks)	0	0	2	4	6	6	6	6	6			
	útlum rozbočky	0	0	0	0	0	0	0	0	0		$D=10*\log(\sum S_{odb}/S_{odb1})$	
	Útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	útlum tlumiče hluku délky L=1500mm	6	8	14	23	38	62	56	46	27		kulisový tlumič (3B) - pozice 1.15	
												protihluková žaluzie tl. 200mm	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu na fasádě	0	51	55	44	35	5	6	12	20	55		
Q	směrový činitel											2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění výústky v prostoru
r	vzdálenost výfuku k posluchači											1	vzdálenost 1m od fasády
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2))$										47	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti											50	Směrodatné hodnoty určuje NV o ochraně před hlukem a vibracemi (hodnota pro den)

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

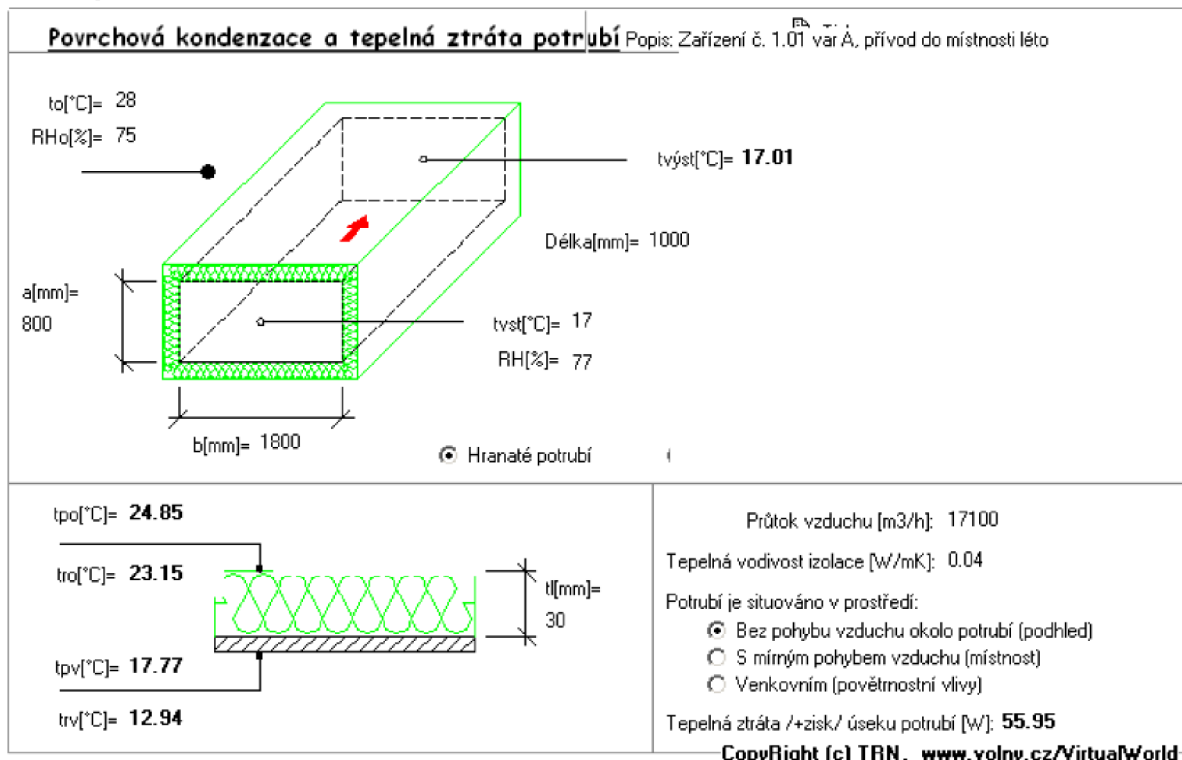
FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru									TABULKA 36 - ÚTLUM HLUKU ZAŘÍZENÍ Č.1 VÝFUK DO EXTERIÉRU VARIANTA B		Brno
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech										PŘÍVOD	
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	výpočet	
L _{VV}	Hluk ventilátoru												
L _{VV}	Hladina akustického výkonu ventilátoru	0	53	64	65	72	71	72	68	61	78	podklady výrobce (REMAK)	
K _a	Hladina akustického výkonu ventilátoru										10		
L _{VV}	součet	3	53	64	65	72	71	72	68	61	78		
D _p	Přirozený útlum												
	útlum v rovném potrubí délky 10,2m	0	0	3	2	1	1	1	1	1			
	útlum v obloucích (5ks)	0	0	0	5	10	15	15	15	15			
	útlum rozbočky	0	0	0	0	0	0	0	0	0		D=10*log(ΣS _{odb} /S _{odb1})	
	Útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	útlum tlumiče hluku délky L=1000mm	3	4	8	15	26	40	37	31	20		kulisový tlumič (4B) - pozice 1.16	
L _{V1}	Hladina akustického výkonu na fasádě	0	49	53	44	35	15	19	21	25	54		
Q	směrový činitel										2	nabývá hodnoty 2 až 8 podle umístění výústky v prostoru	
r	vzdálenost výfuku k posluchači										1	vzdálenost 1m od fasády	
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače	$L_p=L_{ws}+10*\log(Q/(4*\pi*r^2))$									46	Hodnota, která se posuzuje s hygienickými předpisy	
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										50	Směrodatné hodnoty určuje NV o ochraně před hlukem a vibracemi (hodnota pro den)	

Tabulka pro výpočet od Ing. Olgy Rubinové, Ph.D.

8. IZOLACE POTRUBÍ

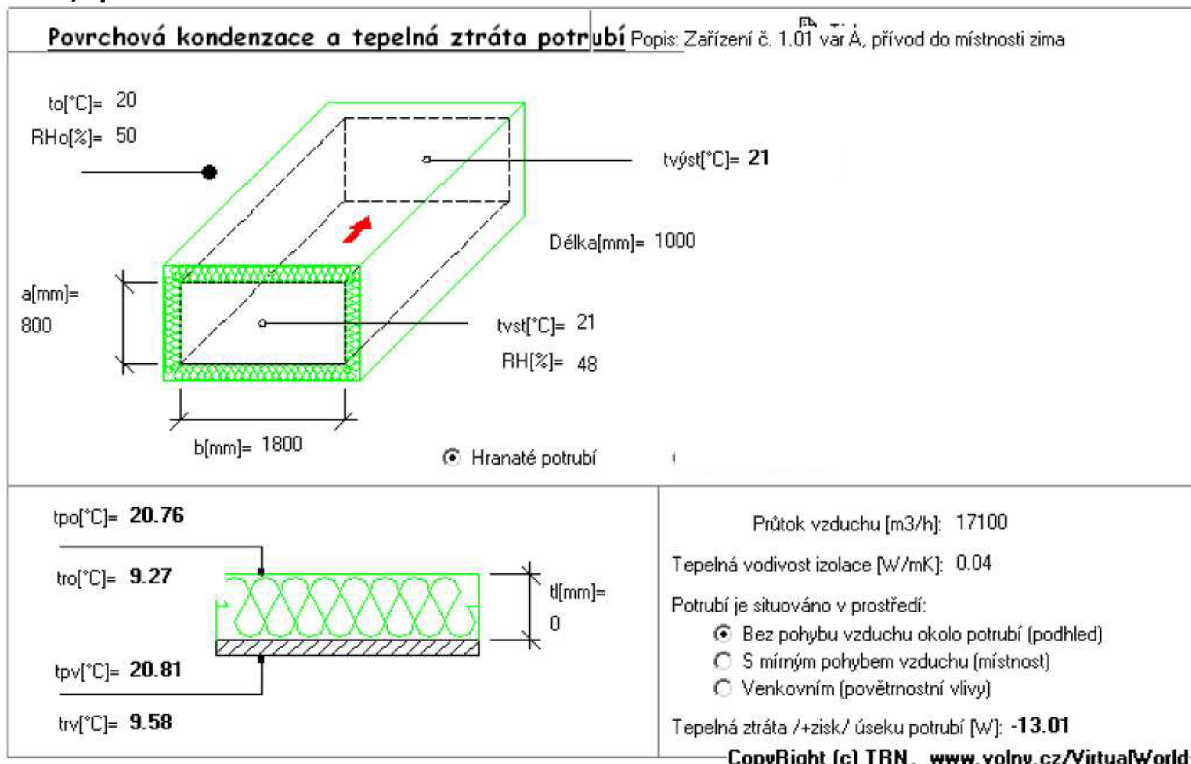
8.1. Varianta A

a) přívod do místnosti léto



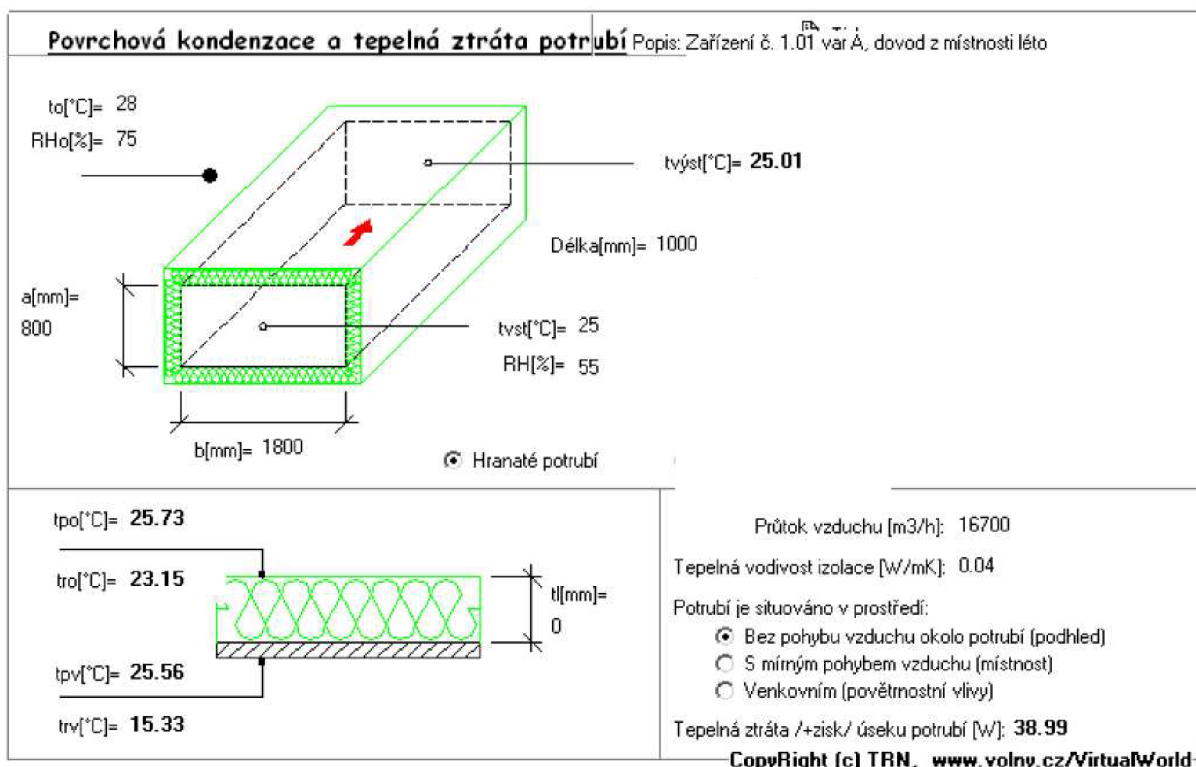
Obrázek 28: Výpočet povrchové kondenzace – přívod do místnosti léto

b) přívod do místnosti zima



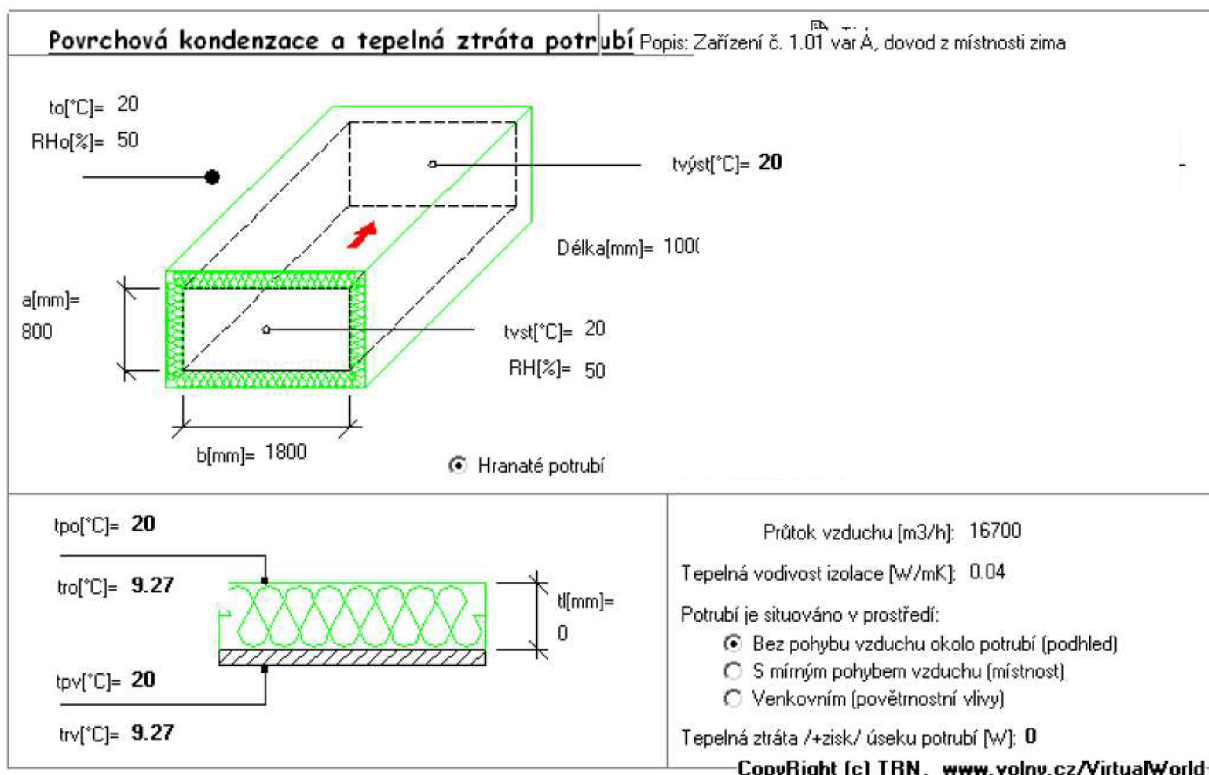
Obrázek 29: Výpočet povrchové kondenzace – přívod do místnosti zima

c) odvod z místnosti léto



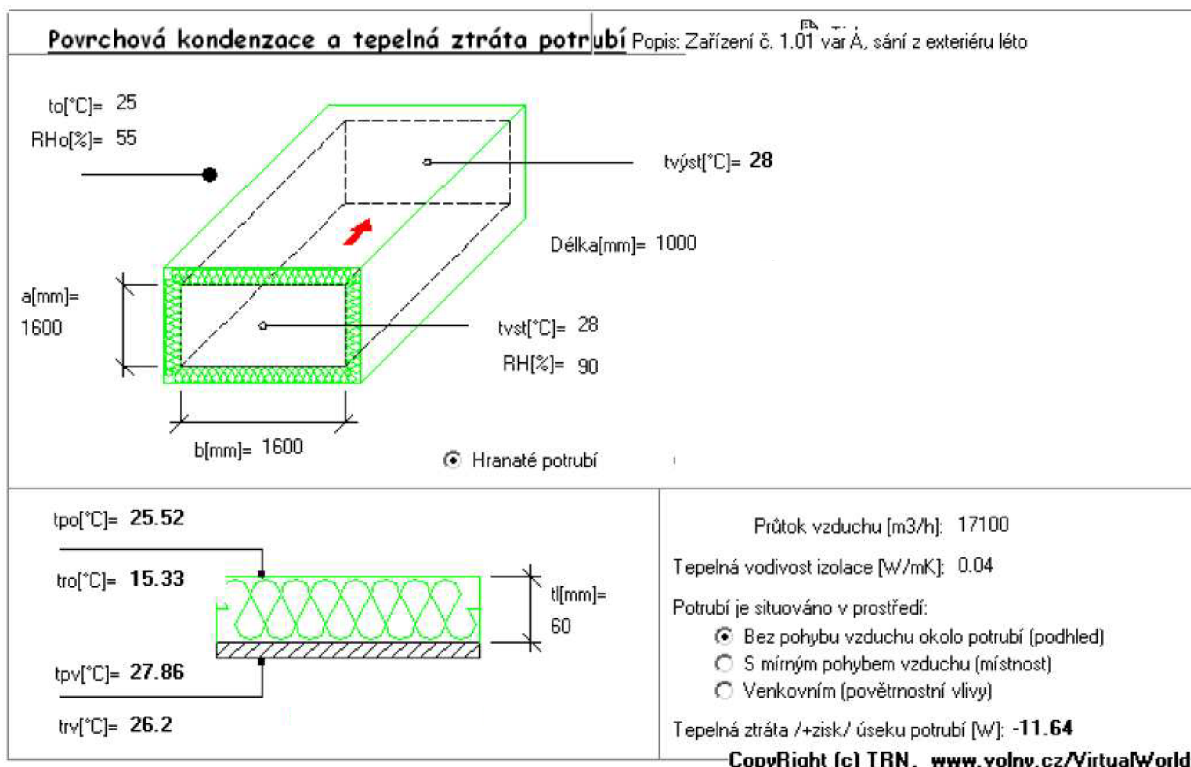
Obrázek 30: Výpočet povrchové kondenzace – odvod z místnosti léto

d) odvod z místnosti zima



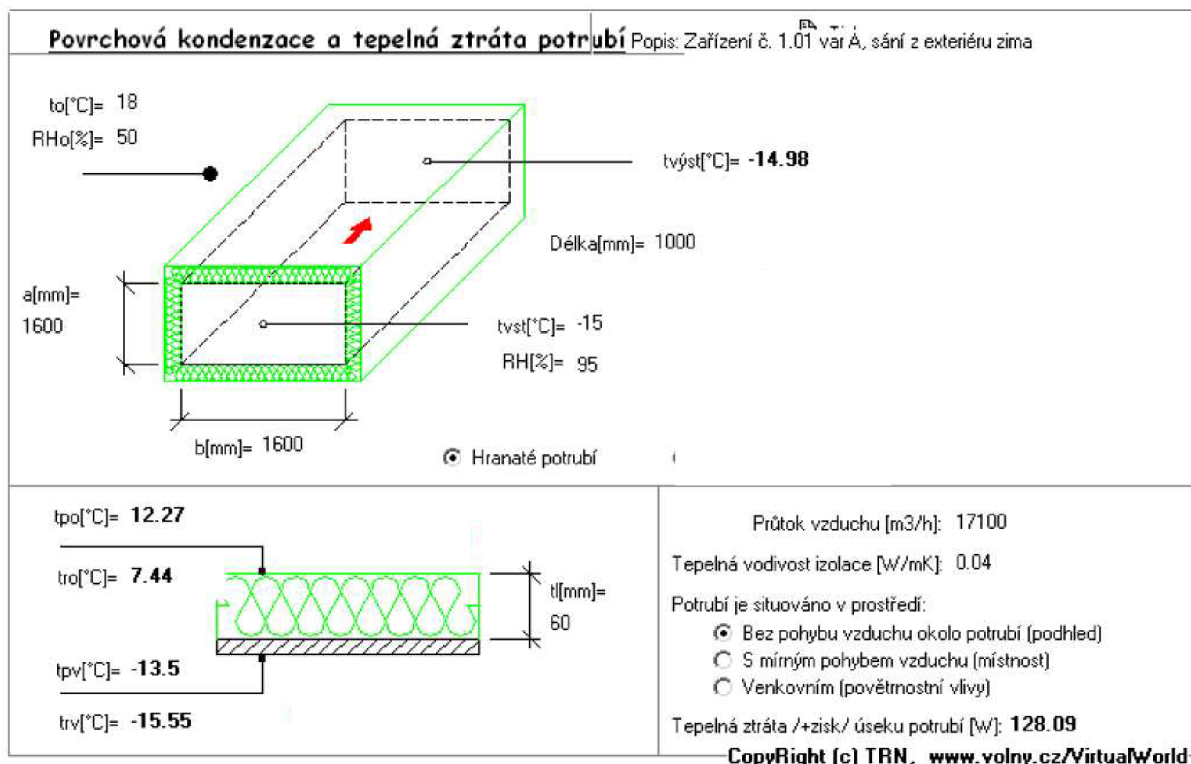
Obrázek 31: Výpočet povrchové kondenzace – odvod z místnosti zima

e) sání z exteriéru léto



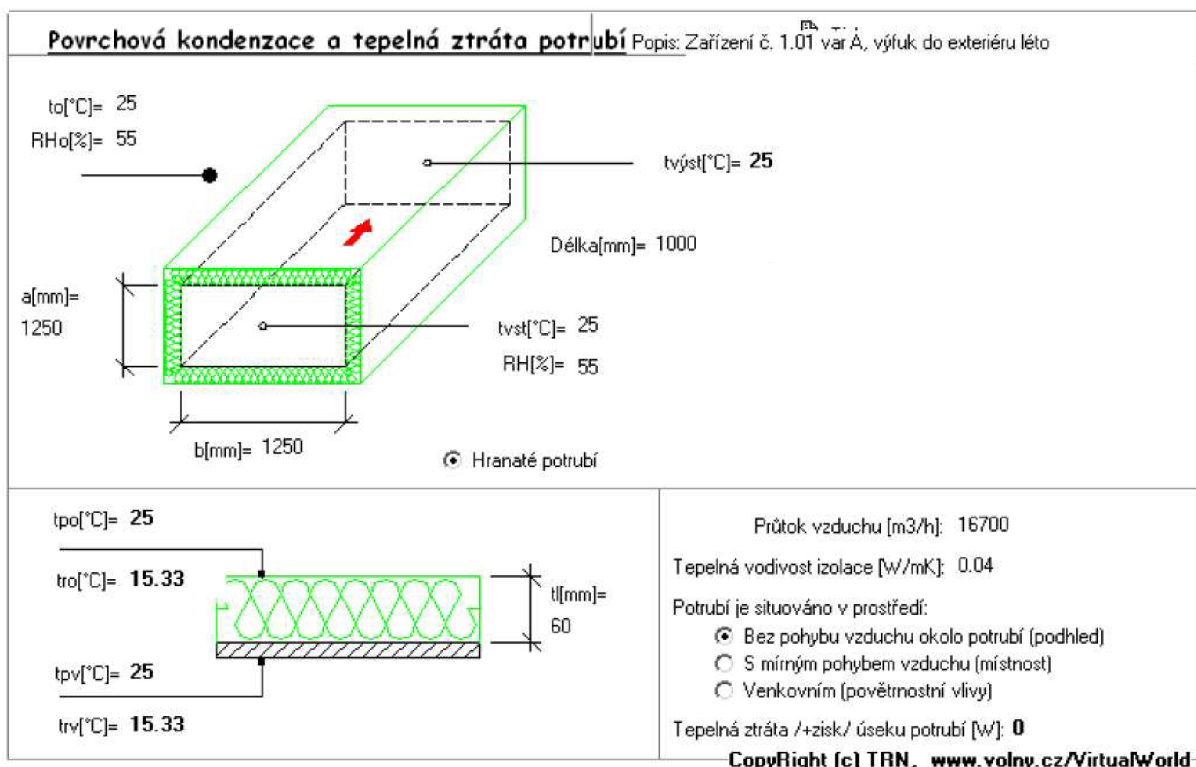
Obrázek 32: Výpočet povrchové kondenzace – sání z exteriéru léto

f) sání z exteriéru zima



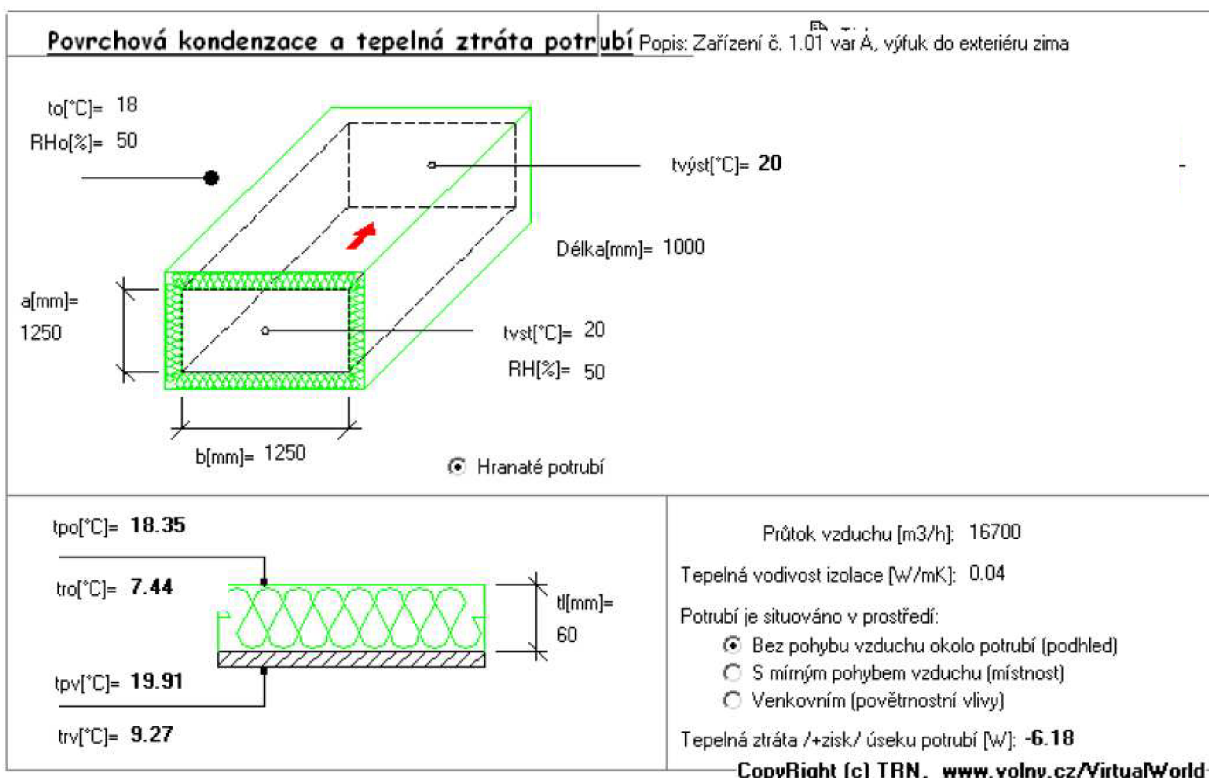
Obrázek 33: Výpočet povrchové kondenzace – sání z exteriéru zima

g) výfuk do exteriéru léto



Obrázek 34: Výpočet povrchové kondenzace – výfuk do exteriéru léto

h) výfuk do exteriéru zima



Obrázek 35: Výpočet povrchové kondenzace – výfuk do exteriéru zima

8.2. Varianta B

Vzhledem k tomu, že teplotní poměry v létě i v zimě ve všech potrubích zůstávají stejné, mění se jen průtoky vzduchu a rozměry potrubí, rychlost v potrubí zůstává také velmi podobná, tak i riziko kondenzace je stejné a navržené tloušťky izolací taktéž.

9. STRUČNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA

9.1. Úvod

Předmětem tohoto projektu je návrh větrání showroom autosalonu ve dvou variantách, varianta A je návrh pro případ zasklení obyčejným dvojsklem, varianta B je návrh pro případ zasklení dvojsklem s heat mirror se speciální protisluneční ochranou. Návrhy jsou řešeny tak, aby byly zajištěny předepsané hodnoty hygienických výměn vzduchu a pohody prostředí. Součástí projektu je i ekonomické zhodnocení obou variant.

9.1.1. Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování projektu byla bakalářská práce: Vzduchotechnika autosalonu. Součástí podkladů jsou také projektová dokumentace stavební části, podklady a katalogy výrobců jednotlivých VZT zařízení a příslušné české technické normy a vyhlášky, zejména:

- Nařízení vlády č.272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. (se změnami 68/2010 Sb. a 93/2012 Sb.), kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- Vyhláška č.6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- ČSN EN 13779 – Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy (2010)
- ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (1988)
- ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)
- ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb (2009)
- Nařízení vlády č. 23/2008 Sb., Vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb
- ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením (1996)

9.1.2. Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

- Místo: Brno
- Nadmořská výška: 156m n. m.
- Normální tlak vzduchu: 99kPa
- Výpočtová teplota vzduchu: léto: +31°C, zima: -15°C
- Relativní vlhkost: léto: 37%, zima: 95%

9.2. Základní koncepční řešení

Budova má dvě nadzemní podlaží. V prvním nadzemním podlaží se nachází mechanická dílna, školící místnost, strojovna VZT a showroom, která zasahuje i do podlaží druhého. V druhém nadzemním podlaží jsou kanceláře.

Projekt navrhuje teplovzdušné větrání a klimatizaci v místnosti showroom a jejím příslušenství ve dvou variantách. Obě varianty se liší průtoky vzduchu a tudíž i velikostí celého VZT systému. Trasování, výfuk, sání a umístění VZT jednotek se nemění. Navržené průtoky vzduchu vycházejí z potřeby pokrytí tepelné zátěže, přestože jsou průtoky vzduchu u jednotlivých variant v poměru téměř 1:2, v obou případech několikanásobně vyhovují i pro požadovanou hygienickou výměnu vzduchu. Také z tohoto důvodu je ve VZT jednotkách navržena směšovací komora. Pro větší komfort je pro zimní období navrženo zvlhčování vzduchu.

Projekt řeší i ekonomickou výhodnost obou variant pro letní období, v němž jsou vlivy tepelných zátěží zcela dominantní a jejich rozdíl pro obě varianty značně převažuje rozdíl tepelných ztrát v zimě. Proto do ekonomického zhodnocení není zimní vlhčení zahrnuto.

Všechny hygienické výměny vzduchu jsou řešeny v souladu s platnou legislativou České republiky.

9.3. Popis technického řešení

Obě varianty řeší větrání a klimatizaci showroom a jejího příslušenství (tedy kanceláře 1.06 a kuchyňky 1.03). Navržena je centrální VZT jednotka. Jednotka zajišťuje jednostupňovou filtraci vzduchu třídy F5, směšování vzduchu, ohřev, chlazení, eliminaci kapek a zvlhčování vzduchu v zimě.

Centrální VZT jednotka je umístěna ve strojovně 1.14 v 1NP, dopravena bude po jednotlivých komorách.

Chlazení vzduchu je řešeno pomocí přímého výparníku v jednotce, kondenzační jednotka je umístěna na střeše objektu.

Ohřev vzduchu je řešen pomocí výměníku s otopnou vodou (výrobu otopné vody zajistí ÚT).

Vzduch je do místností přiváděn i z místnosti odváděn čtyřhranným potrubím z pozinkovaného plechu. Jako koncové elementy pro přívod vzduchu do místnosti showroom 1.01, kde je světlá výška místnosti 7,75m, jsou navrženy dýzy. Ostatní přívodní elementy jsou navrženy jako vířivé vyústě. Pro odvod vzduchu jsou navrženy jednořadé obdélníkové vyústky.

Výfuk je řešen na fasádu přes protidešťovou žaluzii. Sání je také z fasády, ale z jiné a v dostatečné vzdálenosti od výfuku. Sání je z fasády, ke které přiléhá zelená plocha.

9.4. Měření a regulace

Profese MaR zajistí řízení a regulaci vzduchotechnického zařízení. Základní funkční parametry jsou:

- Silové napájení ovládání chodu ventilátorů
- Zajištění současného chodu zařízení 1.01 a 1.02
- Umístění teplotních a vlhkostních čidel v jednotlivých místnostech
- Regulace teploty vzduchu řízením výkonu ohřívače a přímého výparníku (řízení vstříkovacích trysek)
- Regulace vlhkosti vzduchu pro zařízení 1.01 řízením výkonu zvlhčovače
- Regulace množství cirkulačního vzduchu pomocí uzavírací klapky ve směšovací komoře zařízení 1.01, včetně dodání servopohonu
- Ovládání uzavíracích klapek v jednotkách včetně dodání servopohonu

- Protimrazová ochrana teplovodního výměníku (podle teploty na straně vzduchu i vody).
Reakce na pokles teploty:
 - 1 – vypnutí ventilátoru
 - 2 – uzavření klapek
 - 3 – otevření třícestného ventilu
 - 4 – spuštění čerpadla
- Signalizace bezporuchového chodu ventilátoru pomocí diferenčního snímače tlaků – světelnou kontrolkou v ústředně MaR
- Signalizace poruch – světelnou kontrolkou v ústředně MaR
- Signalizace zanášení filtru pomocí měření tlakové ztráty – světelnou kontrolkou v ústředně MaR
- Signalizace stavu otevření požárních klapek – světelnou kontrolkou v ústředně MaR
- Připojení veškeré signalizace a regulace do jednoho místa – ústředny MaR

Zajištění požadované vlhkosti vzduchu

Vzduch bude vlhčen pouze v zimním období a pouze v době provozu autosalonu tzn. v pracovní dny od 9:00 do 17:00

Pokud vlhkosní čidlo v místnosti zaznamená relativní vlhkost vzduchu pod 40% sepne se parní zvlhčovač. Až bude v místnosti dosaženo vlhkosti 50% zvlhčovač se vypne. Za parním zvlhčovačem bude umístěno ochranné čidlo, které když zaznamená vlhkost výstupního vzduchu ze zvlhčovače nad 70%, tak zvlhčovač vypne.

Zajištění požadované kvality vzduchu (hladina CO₂)

Pokud čidlo v místnosti zaznamená zvýšení koncentrace CO₂ nad 1500ppm, sníží se průtok cirkulačního vzduchu a zvýší se průtok vzduchu z exteriéru přivřením klapek ve směšovací komoře a pootevřením klapky výfuku a sání z exteriéru. Pokud hladina koncentrace CO₂ v místnosti klesne pod 800ppm klapka ve směšovací komoře se opět otevře a klapky na výfuku a sání z exteriéru se zavřou.

Zajištění požadované teploty vzduchu

V místnosti je požadovaná teplota vzduchu v zimě 20°C, v létě 25°C. Přípustné je kolísání teploty mezi 20°C a 25°C po celý rok.

Zimní období je stanoveno od 1.10. do 30.4., letní období od 1.5. do 30.9.

Čidlo v interiéru měří teplotu vzduchu a dle této teploty ústředna MaR určí požadovanou teplotu přívodního vzduchu do místnosti. Jednotka zajišťuje teplovzdušné větrání a letní chlazení.

Pokud teplotní čidlo na sání z exteriéru naměří teplotu vzduchu shodnou s požadovanou teplotou přívodního vzduchu do místnosti, klapka ve směšovací komoře se zcela uzavře a klapky na výfuku a sání z exteriéru se zcela otevřou.

Pokud je tato teplota rozdílná, tak se klapka ve směšovací komoře otevře a klapky na výfuku a sání vzduchu z exteriéru se přivřou, tak aby byla zajištěna požadovaná teplota přívodního vzduchu.

Pokud je klapka směšovací komory již úplně otevřena a požadované teploty přesto není dosaženo, ústředna MaR dá signál k zapnutí ohřivače/chladiče. Teplota topné vody vstupující

do ohříváče a množství vstřikovaného chladiva do výparníku je řízeno na základě čidla detekujícího požadovanou teplotu na vstupu do místnosti.

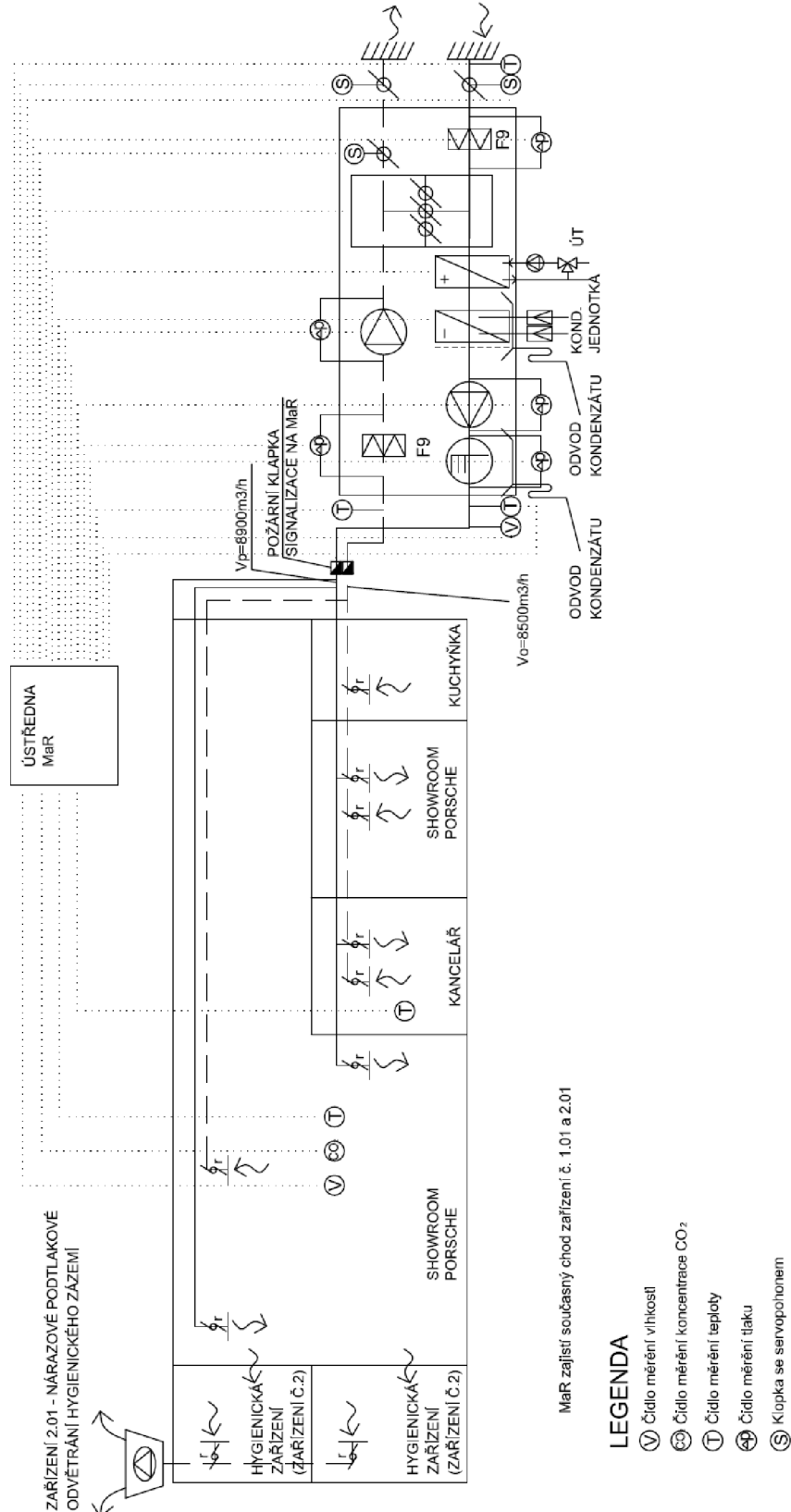
9.5. Závěr

Obě navržené varianty systému větrání a klimatizace zabezpečí celoroční mikroklima a pohodu prostředí splňující nároky na provoz v jednotlivých místnostech.

Podrobná technická zpráva je již součástí bakalářské práce (zdroj [1])

10. FUNKČNÍ SCHÉMA ZAPOJENÍ

Jelikož se varianta A a varianta B liší pouze průtoky vzduchu a tudíž velikostí VZT zařízení a rozvodů, je funkční schéma zapojení pro obě varianty stejné.



11. SPECIFIKACE A NACENĚNÍ ZAŘÍZENÍ

11.1. Varianta A

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 37 - SPECIFIKACE A NACENĚNÍ ZAŘÍZENÍ Č. 1 - VARIANTA A			Brno
Ozn.	Refer. výrobce	Popis zařízení	měrná jednotka	Množství	cena za m. j. [Kč]	celková cena [Kč]	
1.01	REMAK	Centrální VZT jednotka - skladba:	ks	1		672 720	
		Přívodní část:					
		Tlumicí vložka					
		Klapka uzavírací					
		Sekce filtru M5					
		Sekce směšování					
		Sekce ohříváč, servis					
		Sekce chladič, eliminátor					
		Sekce ventilátoru					
		Sekce difuzoru					
		Sekce zvlhčování					
		Tlumicí vložka					
		Odvodní část:					
		Tlumicí vložka					
		Sekce filtru M5					
		Sekce ventilátoru					
		Sekce směšování					
		Klapka uzavírací					
		Tlumicí vložka					
1.02	HALTON	Dýza APL/N - 400 PŘÍVOD	ks	18	4 380	78 840	
1.03	MANDIK	Obdélníková vyústka jednořadá VNM1 825x425 R1 ODVOD	ks	6	1 925	11 550	
1.04	MANDIK	Výřivá vyústka s nastavitelnými lamelami 500x24, včetně plénuboxu s regulační klapkou, PŘÍVOD	ks	4	2636	10544	
1.05	MANDIK	Výřivá vyústka s nastavitelnými lamelami 500x24, včetně plénuboxu s regulační klapkou, ODVOD	ks	4	2608	10432	
1.06	MANDIK	Protidešťová žaluzie PZDM 1600x1600mm - .222 VÝFUK	ks	1	11 781	11 781	
		Upevňovací rámeček 1600x1600					
		Síto proti vniknutí hmyzu					
1.07	MANDIK	Protidešťová žaluzie PZDM 1600x1600mm - .222 SÁNÍ	ks	1	11 781	11 781	
		Upevňovací rámeček 1600x1600					
		Síto proti vniknutí hmyzu					
1.08	HALTON	Požární klapka FDT/R-1800x800	ks	2	15 382	30 764	
1.09	HALTON	Požární klapka FDT/R-250x250	ks	2	6 462	12 924	
1.10	MANDIK	Regulační klapka RKTМ 1800x800 ruční	ks	2	5 574	11 148	
1.11	MANDIK	Regulační klapka RKTМ 250x250 ruční	ks	2	1 078	2 156	
1.12	MANDIK	Regulační klapka RKKTM 400 ruční	ks	18	1 354	24 372	

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 37 - SPECIFIKACE A NACENĚNÍ ZAŘÍZENÍ Č. 1 - VARIANTA A			Brno
Ozn.	Refer. výrobce	Popis zařízení	měrná jednotka	Množství	cena za m. j. [Kč]	celková cena [Kč]	
1.13	MART	Tlumič hluku kulisový 800x1800 l=500mm, 4kulisy f=100mm	ks	1	6 289	6 289	
1.14	MART	Tlumič hluku kulisový 1800x800 l=500mm, 9kulisy f=100mm	ks	1	6 105	6 105	
1.15	MART	Tlumič hluku kulisový 1600x1600 l=1000mm, 8kulisy f=100mm	ks	1	17 002	17 002	
1.16	MART	Tlumič hluku kulisový 1250x1250 l=1000mm, 6kulisy f=108mm	ks	1	8 536	8 536	
1.17	ELEKTRO	Ohebná hadice Sonoflex					
		Ø400	bm	33,3	504	16 783	
		Ø200	bm	9,5	231	2 195	
1.18		Čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu, do obvodu:					
		750 / 10% tvarových dílů	bm	10,2		2 558	
		860 / 10% tvarových dílů	bm	11,2		3 226	
		950 / 15% tvarových dílů	bm	7,3		2 304	
		1000 / 25% tvarových dílů	bm	19,6		7 150	
		1560 / 100% tvarových dílů	bm	0,8		686	
		2000 / 25% tvarových dílů	bm	3,3		2 145	
		2420 / 20% tvarových dílů	bm	4,0		3 407	
		2800 / 30% tvarových dílů	bm	2,7		3 049	
		3000 / 20% tvarových dílů	bm	4,0		4 224	
		3260 / 85% tvarových dílů	bm	3,3		4 142	
		3400 / 10% tvarových dílů	bm	8,0		9 275	
		3780 / 10% tvarových dílů	bm	9,6		12 890	
		3940 / 20% tvarových dílů	bm	4,0		6 462	
		4620 / 25% tvarových dílů	bm	11,0		21 090	
		4780 / 100% tvarových dílů	bm	0,8		2 342	
		4800 / 10% tvarových dílů	bm	12,7		24 960	
		5000 / 65% tvarových dílů	bm	20,8		47 775	
		5200 / 65% tvarových dílů	bm	58,5		139 594	
		6400 / 90% tvarových dílů	bm	7,2		23 744	
1.19		Protipožární izolace - minerální izolace Orstech H 65, tl.30mm, S Al polepem, přelepení spojů Al páskou	m ²	102	157	15 985	
1.20		Tepelná izolace Orsil Orstech LSP H, tl.30mm, polepem, přelepení spojů Al páskou	m ²	302	157	47 348	
1.21		Tepelná izolace Orsil Orstech LSP H, tl.60mm, polepem, přelepení spojů Al páskou	m ²	162	235	37 976	
1.22		Mřížka do dveří 500x100mm	ks	1	570	570	
1.23		Mřížka do dveří 300x100mm	ks	10	470	4 700	
1.24		Mřížka do zdi 300x100mm	ks	1	480	480	
					cena celkem	1 374 003	
					rozdíl ceny zvlhčovače (zimní období)	-130 000	
					cena celkem bez zvlhčovače	1 244 003	

11.2. Varianta B

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vypracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 38 - SPECIFIKACE A NACENĚNÍ ZAŘÍZENÍ Č. 1 - VARIANTA B			Brno
Ozn.	Refer. výrobce	Popis zařízení	měrná jednotka	Množství	cena za m. j. [Kč]	celková cena [Kč]	
1.01	REMAK	Centrální VZT jednotka - skladba:	ks	1		488 817	
		Přívodní část:					
		Tlumící vložka					
		Klapka uzavírací					
		Sekce filtru M5					
		Sekce směšování					
		Sekce ohřivač, servis					
		Sekce chladič, eliminátor					
		Sekce ventilátoru					
		Sekce difuzoru					
		Sekce zvlhčování					
		Tlumící vložka					
		Odvodní část:					
		Tlumící vložka					
		Sekce filtru M5					
		Sekce ventilátoru					
		Sekce směšování					
		Klapka uzavírací					
		Tlumící vložka					
1.02	HALTON	Dýza APL/N - 250 PŘÍVOD	ks	18	2 680	48 240	
1.03	MANDIK	Obdélníková vyústka jednořadá VNM1 525x320 R1 ODVOD	ks	6	1 140	6 840	
1.04	MANDIK	Výřivá vyústka s nastavitelnými lamelami 500x24, včetně plénuboxu s regulační klapkou, PŘÍVOD	ks	4	2636	10544	
1.05	MANDIK	Výřivá vyústka s nastavitelnými lamelami 500x24, včetně plénuboxu s regulační klapkou, ODVOD	ks	4	2608	10432	
1.06	MANDIK	Protidešťová žaluzie PZDM 1120x1120mm - .222 VÝFUK	ks	1	6 814	6 814	
		Upevňovací rámeček 1120x1120					
		Síto proti vniknutí hmyzu					
1.07	MANDIK	Protidešťová žaluzie PZDM 1120x1120mm - .222 SÁNÍ	ks	1	6 814	6 814	
		Upevňovací rámeček 1120x1120					
		Síto proti vniknutí hmyzu					
1.08	HALTON	Požární klapka FDT/R-800x800	ks	2	12 054	24 108	
1.09	HALTON	Požární klapka FDT/R-250x250	ks	2	6 462	12 924	
1.10	MANDIK	Regulační klapka RKTМ 800x800 ruční	ks	2	2 717	5 434	
1.11	MANDIK	Regulační klapka RKTМ 250x250 ruční	ks	2	1 078	2 156	
1.12	MANDIK	Regulační klapka RKKTM 250 ruční	ks	18	826	14 868	

FAST		Diplomová práce 2013/2014 Vpracovala: Zdeňka Výravská Téma: Vliv stavební konstrukce na tepelnou zátěž prostoru		TABULKA 38 - SPECIFIKACE A NACENĚNÍ ZAŘÍZENÍ Č. 1 - VARIANTA B			Brno
Ozn.	Refer. výrobce	Popis zařízení	měrná jednotka	Množství	cena za m. j. [Kč]	celková cena [Kč]	
1.13	MART	Tlumič hluku kulisový 800x800 l=500mm, 4kulisy f=100mm	ks	1	2 529	2 529	
1.15	MART	Tlumič hluku kulisový 1120x1120 l=1500mm, 6kulisy f=87mm	ks	1	10 284	10 284	
1.16	MART	Tlumič hluku kulisový 800x800 l=1000mm, 4kulisy f=100mm	ks	1	4 264	4 264	
1.17	ELEKTRO	Ohebná hadice Sonoflex					
		Ø250	bm	33,3	277	9 224	
		Ø200	bm	9,5	231	2 195	
1.18		Čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu, do obvodu:					
		750 / 10% tvarových dílů	bm	10,2		2 558	
		860 / 10% tvarových dílů	bm	11,2		3 226	
		950 / 15% tvarových dílů	bm	7,3		2 304	
		1000 / 25% tvarových dílů	bm	19,6		7 150	
		1110 / 100% tvarových dílů	bm	0,8		488	
		1420 / 25% tvarových dílů	bm	3,3		1 523	
		1700 / 50% tvarových dílů	bm	2,7		1 964	
		1830 / 20% tvarových dílů	bm	4,0		2 577	
		1920 / 20% tvarových dílů	bm	4,0		2 703	
		2120 / 85% tvarových dílů	bm	3,3		2 693	
		2240 / 30% tvarových dílů	bm	1,6		1 626	
		2320 / 10% tvarových dílů	bm	8,0		6 329	
		2540 / 10% tvarových dílů	bm	12,0		10 394	
		2680 / 25% tvarových dílů	bm	11,0		10 539	
		2840 / 15% tvarových dílů	bm	4,5		4 920	
		3020 / 10% tvarových dílů	bm	14,1		14 417	
		3200 / 65% tvarových dílů	bm	73,4		93 790	
		3400 / 100% tvarových dílů	bm	0,8		1 496	
		4480 / 90% tvarových dílů	bm	7,2		15 053	
1.19		Protipožární izolace - minerální izolace Orstech H 65, tl.30mm, S Al polepem, přelepení spojů Al páskou	m ²	64	157	9 984	
1.20		Tepelná izolace Orsil Orstech LSP H, tl.30mm, polepem, přelepení spojů Al páskou	m ²	197	157		
1.21		Tepelná izolace Orsil Orstech LSP H, tl.60mm, polepem, přelepení spojů Al páskou	m ²	107	235		
1.22		Mřížka do dveří 500x100mm	ks	1	570		
1.23		Mřížka do dveří 300x100mm	ks	10	470	4 700	
1.24		Mřížka do zdi 300x100mm	ks	1	480	480	
					cena celkem	924 001	

12. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Výpočet prosté návratnosti navazuje na výpočet v části matematicko-fyzikální řešení v kapitole Vliv parametrů skla na tepelnou zátěž prostoru. Jedná se tedy opět pouze o výpočet prosté návratnosti pro letní období. Předpoklad pro výpočet je použití zdroje chladu s chladícím faktorem EER=3,5, předpokládaná cena elektrické energie je 4,95Kč/kWh.

Ve výpočtu je zahrnuta cena za elektrickou energii na chlazení za jeden rok, cena zasklení prosklené části fasády a cena pořizovacích nákladů na komponenty vzduchotechniky, včetně potrubí a jejich izolace. Je zde také zahrnuta cena vzduchotechnické jednotky, jelikož je počítána úspora pouze za letní období, je cena jednotky pro variantu A ponížena o rozdíl ceny parního zvlhčovače, který je používán v období zimním. Tento cenový rozdíl je 130 000Kč.

 TABULKA 39 VÝPOČET PROSTÉ NÁVRATNOSTI			
	varianta A	varianta B	rozdíl B-A
celková potřeba chladu na den Q [kWh]	371,5	190,6	-180,9
celková energie (příkon kompresoru) P=Q/EER [kWh]	106	54	-52
cena za el. en. na chlazení za den (1kWh=4,95Kč) [Kč]	525	270	-256
cena za el. en. na chlazení za rok (59 letních dní) [Kč]	30 999	15 904	-15 095
cena za 1m ² skla	1 104	2 874	1 770
cena za za sklo pro celou fasádu S=260m ² [Kč]	287 040	747 240	460 200
cena vzt - všechny komponenty včetně rozvodů a izolací, u varianty A odečten rozdíl ceny zvlhčovače	1 244 003	924 001	-320 002
celkové výrobní náklady	1 531 043	1 671 241	140 198
navýšení výrobních nákladů na zasklení fasády		460 200	
pokles výrobních nákladů na vzt zařízení		-320 002	
celkové navýšení výrobních nákladů (navýšení za zasklení - pokles na vzt)		140 198	
úspora za el. en. za rok		15 095	
prostá návratnost		9,3	

Z tabulky č. 39 je patrná prostá návratnost 9,3 let, což je o 20 let méně než prostá návratnost počítaná pouze se zohledněním spotřeby a ceny elektrické energie pro chlazení a ceny prosklené fasády (bez zohlednění pořizovacích nákladů vzduchotechniky).

Nyní by se investor musel rozhodnout, zda je pro něj navýšení nákladů o téměř 10% (140 198Kč) s návratností 9,3 let, přijatelné.

ZÁVĚR

Výsledkem této diplomové práce je zjištění, že pokud chceme investovat do obvodové konstrukce za účelem snížení tepelné zátěže, tak se pro prostory s velkým objemem vzduchu a s velkými prosklenými plochami, nevyplatí investovat do těžkých a drahých neprůsvitných konstrukcí. Vyplatí se však investovat do kvalitnějšího zasklení s protisluneční ochranou.

Byl zde podrobně zkoumán vliv vlastností jak průsvitných, tak i neprůsvitných materiálů. Místnost byla posuzována v krátkodobém i dlouhodobém časovém úseku. Jelikož místnost má více než padesát procent obvodového pláště proskleného, jsou materiály těchto konstrukcí pro tepelné zátěže rozhodující.

Na základě velmi rozdílných tepelných zátěží pro různé typy zasklení byly pro dvě varianty vypočteny potřebné průtoky vzduchu k pokrytí těchto zátěží. Následně byl pro tyto varianty navržen celý systém VZT. Byla zjištěna cena VZT systému, cena zasklení a úspora za elektrickou energii pro letní chlazení. Vypočtená prostá návratnost 9,3 let není však pro každého investora přijatelná.

V dnešní době na trhu výrobci nabízejí nejrůznější možnosti jak vliv tepelné zátěže, a tím i náklady na vytvoření vhodných mikroklimatických podmínek, minimalizovat. Je však velmi důležité vytvořit nejen kvalitní projektovou dokumentaci, ale také kvalitní ekonomický rozbor variant a zjištění, zda se investice do lepších materiálů vyplatí.

Některé poznatky z této diplomové práce o vlivu vlastností skel na tepelnou zátěž byly také publikovány v časopise Topenářství instalace, v čísle 7/2013. Článek je k této práci přiložen jako příloha č. 1.

Práce byla vytvořena v souladu s platnou legislativou a na základě konzultace s vedoucím práce.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VÝRAVSKÁ, Z. *Vzduchotechnika autosalonu*. Brno, 2012. 161 s., 20 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
- [2] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *Vzduchotechnika pro obor S*. Brno: VUT Brno, FAST: Ústav technických zařízení budov [online]. 2011 [cit. 2014-01-14]. Přednášky Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/>
- [3] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *Technika prostředí*. Brno: VUT Brno, FAST: Ústav technických zařízení budov [online]. 2011 [cit. 2014-01-14]. Přednášky Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/>
- [4] GEBAUER, Günter. *Termika pro TZB, Základní úlohy v příkladech*. Brno: VUT Brno, FAST: Ústav technických zařízení budov. 1996, IBSN 80-214-0745
- [5] CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. IBSN 80-901-5740-8.
- [6] KLÍMOVÁ, Sylva. *Tepelná technika budov, Modul 03, Neustálený teplotní stav*. Brno, VUT Brno, FAST: Ústav technických zařízení budov. 2006, 49 s.
- [7] *Tzb-info* [online]. 2013 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>
- [8] TECHNIKA BUDOV, s.r.o.: *TERUNA, v1.5b*. Počítačový program pro výpočet tepelných zátěží a výpočet tepelných izolací Dostupné z: <http://www.technikabudov.cz/software.html>
- [9] IZOLAČNÍ SKLA. *Katalog výrobků Izolační skla*. [online]. 2013 Dostupné z: www.izolacniskla.cz
- [10] CHARVAT.Z. *Katalog fólií na sklo*. [online]. 2013 Dostupné z: www.zcharvat.cz
- [11] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. [online].2013 Dostupné z: <http://www.chmi.cz>
- [12] KINGSPAN. *Katalog výrobků KINGSPAN* [online].2013 Dostupné z: <http://kingspan.cz/>
- [13] PROTHERM. *Katalog produktů POROTHERM* [online]. 2013 Dostupné z: <http://www.wienerberger.cz/>
- [14] MART. *Ceník výrobků 2010 MART* [online] Dostupné z: http://www.mart.cz/rek_cz.html
- [15] HALTON GROUP. *Halton HIT Design, v2011*, Počítačový program na návrh větracích systémů a modelaci proudu přírodního vzduchu v místnosti
- [16] MANDIK. *Katalog MANDÍK 2010* [online]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/>
- [17] REMAK a.s.: *AeroCAD*, Počítačový program na návrh VZT jednotek
- [18] Mart s.r.o.: *MartAkustik*, Počítačový program na návrh tlumičů hluku [online] Dostupné z: mart.cz/martakustik/
- [19] ČSN 73 0540 *Tepelná ochrana budov*
- [20] ČSN 73 0548 *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*

- [21] ČSN EN 410 *Sklo ve stavebnictví – Stanovení světelných a solárních charakteristik zasklení*
- [22] NV 361/2007 – Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

SEZNAM PŘÍLOH

- Článek „Vliv vlastností skla na tepelnou zátěž prostoru“
- Výkres č. 1.....Půdorys 2NP – varianta A, M 1:100
- Výkres č. 2.....Půdorys 2NP – varianta B, M 1:100
- Výkres č. 3.....Porovnání strojoven varianty A a B, M 1:100
- Výkres č. 4.....Řezy C, D, E, F – varianta A, M 1:100

Vliv vlastností skla na tepelnou zátěž prostoru

Zdeňka Výravská - Lucie Vendlová - Aleš Rubina

V současné době se setkáváme při projektování staveb s moderními architektonickými návrhy, kde v řadě případů je navržen obvodový plášť s velkými prosklenými plochami. Tato skutečnost se samozřejmě projeví při výpočtu potřeb energií pro vytápění objektu v zimě a pro návrh vzduchotechniky a chlazení v letním období. Uvedený článek celou problematiku řeší, a to celkem v pěti možných variantách, kde jsou prosklené plochy provedené z různých skel s různými úpravami. Vzhledem k možné vysoké tepelné zátěži je zde počítáno i se součinitelem stínění v období letním. Pro výpočet energetických nároků jsou brány součinitelé odpovídající jednotlivým variantám prosklených ploch. Výsledky jsou zde sestaveny přehledně do tabulek a jsou vyhodnoceny. Pro toto vyhodnocení nebyla opomenuta ani návratnost a to na základě vypočítaných energetických úspor. Jsou zde rovněž stanoveny i vzduchové výkony pro návrh vzduchotechnického systému. V uvedeném článku je pro jednotlivé varianty uveden velmi seriózní rozbor, který je nutný pro zpracování projektové dokumentace. Článek je velmi instruktivní a může být užitečnou pomůckou při výpočtu energetických nároků při konkrétních projektech.

Recenzent: Karel Papež

Úvod

Při navrhování novodobých staveb jsou architekty velmi oblíbené prostorové a otevřené vstupní či výstavní prostory s prosklenou fasádou. Tyto specifické prostory se vyznačují tím, že svou půdorysnou plochou zaujmají poměrově k ostatním prostorům podstatou část půdorysu vlastní stavby. Vzhledem k tomuto a faktu, že fasáda těchto prostor je tvořena zpravidla kombinací materiálu kov a sklo, vyplývá, že právě tyto prostory se výrazně promítají do energetické bilance celého objektu.

Použití těchto prosklených fasád s sebou nese řadu úskalí, a to nejen v zimě, kdy se tepelně technické vlastnosti skla nemohou rovnat vlastnostem neprůsvitných konstrukcí, ale zejména pak v létě, kdy propouští velké množství solární energie do interiéru.

Nabízí se tedy otázka, jaké máme možnosti z hlediska návrhu prosklené fasády a jaká je finanční bilance, co se týče pořízení a návratnosti různých variant řešení?

Chceme-li prosklené fasády navrhovat ekonomicky, je vhodné čerpat informace o požadavcích na obvodové konstrukce např. z uznávané normy ČSN 73 0540 [5]. Z hlediska tepelných ztrát tato norma uvádí požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu $U_N = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a pro výplň otvoru $U_N = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Pro letní období tato norma žádné konkrétní požadavky na obvodové stěny, ani na výplně otvorů, nemá. Udává pouze požada-

vek na maximální teplotu v místnosti, která v nevýrobních objektech nesmí překročit 27°C .

Pro průsvitné konstrukce je dominantní vstup tepla sluneční radiací, vztah pro výpočet podle [6] je definován takto:

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{od}] \cdot S \quad (1.1)$$

kde:

Q_{or} – tepelný zisk sluneční radiací [W]

S_o – celková plocha okna [m^2]

S_{os} – osluněná plocha okna [m^2]

I_o – intenzita prostupující globální sluneční radiace pro jednoduché standardní zasklení [W/m^2]

I_{od} – intenzita difúzní radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [W/m^2]

c_o – korekce na čistotu atmosféry [-]

S – stínící součinitel [-]

Zásadním parametrem průsvitné konstrukce z hlediska propustnosti solární energie je stínící součinitel. Norma stanovuje jeho výpočet takto:

$$S = \frac{g}{0,87} \quad [-] \quad (1.2)$$

kde:

g – číselník prostupu solární energie [-]

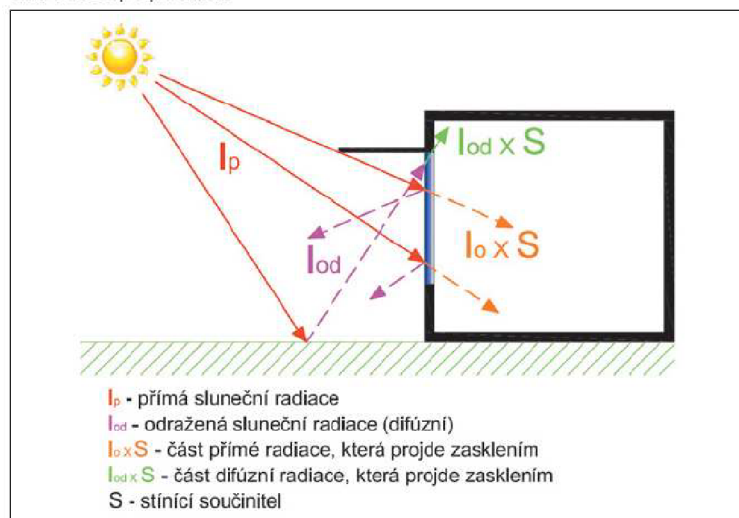
Na obr. 1 je znázorněn vstup tepla radiací oknem.

Případová studie

Na následující případové studii je prakticky ukázána tepelná bilance místnosti při různých variantách zasklení. Je zde také částečně zhodnocena ekonomická stránka jednotlivých variant. Dispozice řešené místnosti je na obr. 2.

Studie řeší objekt autosalonu o dvou nadzemních podlažích. Místnost, pro kterou byly prováděny simulace, slouží jako showroom (vystavení prodávaných aut). Velké prosklení je tedy pro tento účel více než žádoucí. Místnost má výšku přes obě podlaží a je situována na SV straně objektu. Prosklená část fasády se nachází na třech stranách místnosti, tedy na SZ, SV a JV. Prosklení tvoří 51 % celkové plochy obvodových stěn. Zbýlých 49 % je z tepelně-izolačních panelů s polyuretanovým jádrem. Nad prosklenou částí fasády jsou instalovány slunolamy o vyložení 1,5 m. Tepelný tok radiací je kvůli orientaci a dispozici místnosti dominantní v dopoledních hodinách.

Obr. 1 Prostup tepla oknem



Tab. 1 Výpočet charakteristik skel

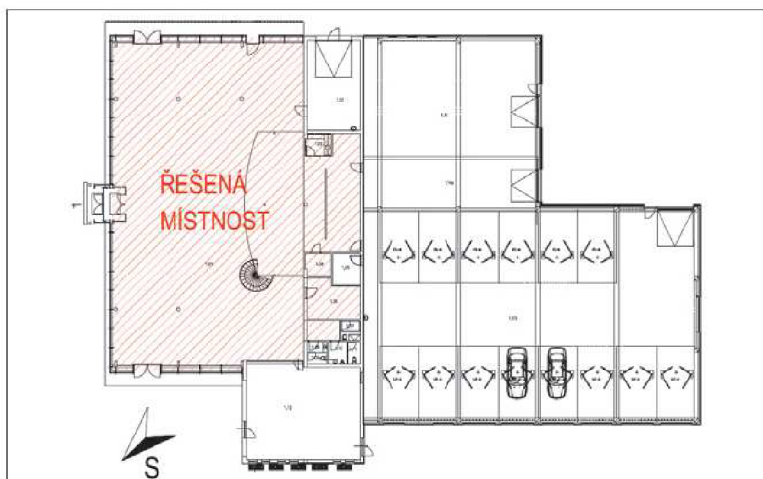
S01 – Prosklená fasáda varianta 1			
(f) Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65 mm			
(g) Zasklení dvojsklem tl. 25 mm			
	U'	R_{si}	R_{se}
$U_f = 2,54 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	2,54	0,13	0,04
$U_g = 1,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	1,1		
$U = 0,992 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Činitel prostupu solární energie $g = 0,76$			
Stínicí součinitel $S = g / 0,87 = 0,874$			

S01 – Prosklená fasáda varianta 2			
(f) Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65 mm			
(g) Zasklení dvojsklem tl. 25 mm + nalepovací fólie			
	U'	R_{si}	R_{se}
$U_f = 2,54 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	2,54	0,13	0,04
$U_g = 1,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	1,1		
$U = 0,992 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Činitel prostupu solární energie $g = 0,76$			
Stínicí součinitel skla $S_g = g / 0,87 = 0,874$			
Stínicí součinitel $S_f = g / 0,87 = 0,68$			
Stínicí součinitel $S = g / 0,87 = 0,594$			

S01 – Prosklená fasáda varianta 3			
(f) Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65 mm			
(g) Zasklení heat mirror tl. 25 mm (TF sporo)			
	U'	R_{si}	R_{se}
$U_f = 2,54 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	2,54	0,13	0,04
$U_g = 1,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	0,6		
$U = 0,646 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Činitel prostupu solární energie $g = 0,48$			
Stínicí součinitel $S = g / 0,87 = 0,552$			

S01 – Prosklená fasáda varianta 4			
(f) Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65 mm			
(g) Zasklení heat mirror tl. 25 mm s protislunnou ochranou TF select			
	U'	R_{si}	R_{se}
$U_f = 2,54 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	2,54	0,13	0,04
$U_g = 1,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	0,6		
$U = 0,646 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Činitel prostupu solární energie $g = 0,34$			
Stínicí součinitel $S = g / 0,87 = 0,391$			

S01 – Prosklená fasáda varianta 5			
(f) Rám Reynaers CW 65-EF šířka 65 mm			
(g) Zasklení s 2x heat mirror tl. 44 mm			
	U'	R_{si}	R_{se}
$U_f = 2,54 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	2,54	0,13	0,04
$U_g = 1,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	0,3		
$U = 0,414 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Doporučená hodnota $U_N = 1,2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
Činitel prostupu solární energie $g = 0,425$			
Stínicí součinitel $S = g / 0,87 = 0,489$			



Obr. 2 Dispozice řešené místnosti

Tepebné chování místnosti v letním období bylo simulováno ve výpočetním softwaru TERUNA. Software počítá jak chování místnosti během dne bez strojního chlazení (zejména teplotu), tak chování při zadané teplotě vnitřního vzduchu (zejména tepelné zátěže). V zimním období byly tepelné ztráty vypočteny obálkovou metodou.

Výpočtová teplota vzduchu v interiéru byla zvolena 20 °C v zimě a 24 °C v létě, což je plně vyhovující pro účel místnosti.

Pro simulaci bylo zvoleno pět různých typů skel. Všechna tato skla byla zasažena do kovových rámu se součinitelem prostupu tepla $U_f = 2,54 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$. První variantou je běžné dvojsklo tloušťky 25 mm, další variantou je stejné dvojsklo s nalepovací nereflexivní protisluneční interní fólií. Třetí variantou je taktéž sklo tloušťky 25 mm, je však vybaveno tepelným zrcadlem heat mirror, ve čtvrté variantě je zasklení vybaveno také fólií heat mirror, ale se speciální protisluneční ochranou. V poslední variantě je zasklení provedeno dvojsklem se dvěma tepelnými zrcadly.

Výpočet a konkrétní vlastnosti jednotlivých zasklení jsou uvedeny v tabulce 1.

Z hodnot součinitele prostupu tepla rámu a skla byl pro každou variantu vypočten součinitel prostupu tepla celé prosklené fasády. Maxima tepelných ztrát byla stanovena k teplotě interiéru 20 °C a teplotě exteriéru -15 °C. Pomocí softwaru TERUNA byl stanoven průběh a maximální hodnota tepelné zátěže místnosti k teplotě interiéru 24 °C a venkovní teplotě mající průběh sinusoidy s maximem 29 °C a amplitudou 11 °C. Konkrétní výsledky a jejich porovnání jsou v tabulce 2 a grafu 1. Jsou zde také uvedeny ceny jednotlivých zasklení.

Výpočty bylo zjištěno, že při instalaci běžného dvojskla je tepelná zátěž extrémně vysoká. Pokud se však toto sklo opatří nereflexivní protisluneční interní fólií, klesne hodnota solárních zisků o 28 %, cena zasklení však stoupne o 29 %. Tepelná ztráta místnosti v zimě zůstává stejná, protože instalací fólie se součinitel prostupu tepla okny U prakticky nezmění. Při porovnání varianty 3 a 4, tedy dvojskel s tepelným zrcadlem heat mirror, zjistíme, že tepelná zátěž se speciální protisluneční termofólií je o 24 % nižší v porovnání se skly s fólií původní, pořizovací cena je však o 21 % vyšší. Z těchto dvou variant tedy jako výhodnější vychází varianta číslo 4: dvojsklo se speciální termofólií.

Z uvedeného grafu 1 je také patrné, že speciální sklo se dvěma tepelnými zrcadly snižuje tepelnou zátěž oproti sklu s jednou fólií jen nepatrně a oproti speciální fólii se zátěž dokonce zvýší. Tepelná ztráta také neklesla příliš výrazně, avšak cena tohoto skla je více než 4x vyšší než cena obyčejného dvojskla a o 60 % vyšší než cena skla se speciální termofólií.

Jako nejvýhodnější se tedy jeví varianta číslo 4, což je dvojsklo tloušťky 25 mm opatřené speciálním tepelným zrcadlem s protisluneční ochranou.

Prostá návratnost

Jelikož procentuální porovnání maxima jednotlivých ztrát, zátěží a cen není příliš průkazné, je zde uveden výpočet doby prosté návratnosti. Doba návratnosti je počítána pouze orientačně, je stanovena jen pro letní období. Ve výpočtu jsou zahrnuty pouze pořizovací náklady na skla a náklady na chlazení místnosti. Chladicí faktor je uvažován $EER = 3,5$ cena 1 kWh elektrické energie 4,95 Kč. Z důvodu jednoduchosti výpočtu zde není zavedeno zimní období.

Var.	Popis skla	Součinitel	Stínicí	Cena	Maximum	Maximum
		průstupu	součinitel			
		tepla			zátěže	ztrát
		prosklené		[Kč]	[W]	[W]
		fasády	[–]			
		[W/(m ² ·K)]				
1	dvojsklo tl. 25 mm	0,99	0,87	1104	45283	23543
2	dvojsklo tl. 25 mm + nalepovací fólie	0,99	0,59	1423	32547	23543
3	dvojsklo heat mirror tl. 25 mm (TF sporo)	0,65	0,55	2369	30510	20334
4	dvojsklo s heat mirror tl. 25 mm s protislunečnou ochranou (TF select)	0,65	0,39	2874	23279	20335
5	dvojsklo s 2× heat mirror tl. 44 mm	0,41	0,49	4613	27630	18070

Tab. 2 Porovnání tepelného chování místnosti



Protože průstup tepla skly v zimě nemá procentuálně tak velký vliv na celkovou tepelnou ztrátu, jako sluneční radiace v létě na tepelnou zátěž, je tato metoda pro orientační výpočet akceptovatelná. Jedná se tedy pouze o prostou návratnost pro období letní.

Pro výpočet prosté návratnosti je nutné znát průběh tepelné zátěže během standardního letního dne a počet těchto dnů. Podle údajů z českého hydro-meteorologického ústavu byly zjištěny počty letních dní v roce, tj. dní s maximální teplotou vzduchu alespoň 25 °C. V takovýchto dnech se dá předpokládat tepelná zátěž radiací. V tabulce 3 jsou uvedeny počty letních dní v jednotlivých letech a jejich průměr.

Průběhy tepelných zátěží během standardního letního dne pro varianty 1 a 4 jsou uvedeny na obrázcích 3 a 4. Z těchto

to obrázků vyplývá, že tepelná zátěž je dominantní v dopoledních hodinách. Maximální zátěž je v obou případech dosaženo v poledne, ovšem u skel s tepelným zrcadlem (varianta 4), je tato zátěž téměř poloviční oproti běžnému dvojsklu. Je zde také patrné, že tepelná zátěž, blíží se k maximálním hodnotám, je mnohem delší u běžného dvojskla. Trvá téměř pět hodin než hodnoty začnou opět klesat, kdežto u skla s heat mirror jsou to pouze asi hodiny dvě.

Výpočet prosté návratnosti a výsledky jsou uvedeny v tabulce 4.

Z tabulky je patrné, že pořizovací náklady na kvalitnější skla jsou tak velké, že doba návratnosti vychází přehnaně dlouhá. Pro druhou variantu necelých 10 let, pro varianty 3 a 4 přes 30 let a pro poslední variantu dokonce 75 let. I přestože jde pouze o letní období

Počty letních dní dle ČHMU ze stanice Brno-Tuřany	
rok	počet letních dní
2006	45
2007	70
2008	67
2009	60
2010	43
2011	67
průměr	59

Tab. 3 Počty letních dnů

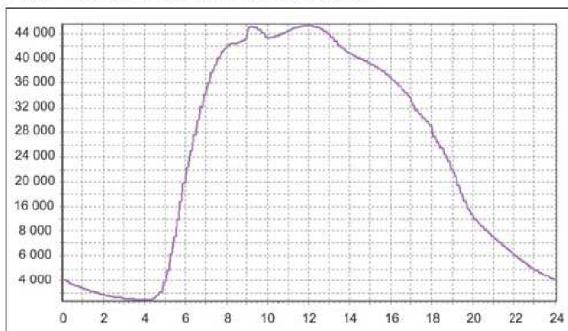
a o výpočet prosté návratnosti, tedy bez započtení inflace a růstu ceny elektrické energie, je pro většinu dnešních potenciálních investorů tato délka doby návratnosti nepřijatelná.

Byla by však chyba nezmínit další výhody, a s tím spojené i další úspory, vzniklé zasklením ploch kvalitnějšími skly. V místnosti je uvažován pobyt pouze asi dvaceti osob. Na každou osobu je z hygienických důvodů požadováno přivést 50 m³/h čerstvého vzduchu. Místnost má celkový objem 4700 m³. Z hygienických předpisů tedy vyplývá, že je požadováno přivést větší z hodnot 20 × 50 = 1000 m³/h (dávka vzduchu na osobu) a 4700 × 0,5 = 2350 m³/h (minimální hodnota výměny vzduchu 0,5× za hodinu). Jelikož však výměna vzduchu vypočtená z potřeby pokrytí tepelné zátěže je daleko vyšší, musí být celý vzduchotechnický systém navržen na tyto průtoky vzduchu.

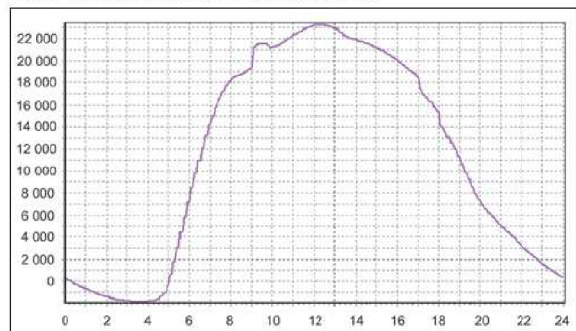
Pro přehlednost a lepší porovnatelnost jsou dále uváděny výpočty jen pro variantu jedna a čtyři, tedy pro běžné dvojsklo a dvojsklo opatřené speciálním protislunečním tepelným zrcadlem. Porovnání potřebných průtoků vzduchu je uvedeno v tabulce 5. Z tabulky je patrné, že potřebný průtok vzduchu pro obyčejné dvojsklo je téměř dvojnásobný.

Uvedené má pak samozřejmě vliv na velikost nejen vzduchotechnické jednotky, ale i vzduchovodů a na velikost a počet koncových elementů. Na obrá-

Obr. 3 Průběh tepelné zátěže pro variantu č. 1



Obr. 4 Průběh tepelné zátěže pro variantu č. 4



Pořad. číslo	Čas	Tepelná zátěž				
		varianta 1 [kW]	varianta 2 [kW]	varianta 3 [kW]	varianta 4 [kW]	varianta 5 [kW]
1	9:00	44	30	28	20	25
2	10:00	43,5	30,5	28,5	21,2	26
3	11:00	44,5	31,5	29,5	22,2	27
4	12:00	45,5	32,5	30,5	23,2	28
5	13:00	44	32	30	23	27
6	14:00	41	30	28	22	25,5
7	15:00	39	29	27	21	24,5
8	16:00	36,5	27	25,5	20	23
9	17:00	33,5	25	23	18	21
celková potřeba chladu na den Q [kWh]		371,5	267,5	250	190,6	227
celková energie (příkon kompresoru) $P = Q / EER$ [kWh]		106	76	71	54	65
cena za el. energii na chlazení za den (1kWh = 4,95Kč) [Kč]		525	378	354	270	321
cena za el. energii na chlazení za rok (59 letních dní) [Kč]		30 999	22 321	20 861	15 904	18 942
cena za 1 m ² skla		1 104	1 423	2 369	2 874	4 613
cena za sklo pro celou fasádu $S = 260$ m ² [Kč]		287 040	369 980	615 940	747 240	1 199 380
navýšení výrobních nákladů		82 940	328 900	460 200	912 340	
úspora za el. energii		8 678	10 138	15 095	12 057	
prostá návratnost		9,6	32,4	30,5	75,7	

Tab. 4 Výpočet prosté návratnosti

Varianta	Varianta	Var. 1: Běžné dvojsklo	Var. 4: Protisluneční HM
Prívod	Plocha [m ²]	610	610
	Objem [m ³]	4 720	4 720
	Počet osob	20	20
	VZD – osoba [m ³ /h]	50	50
	t [°C] – léto	25	25
	t [°C] – zima	20	20
	Tep. zisky [W]	45 283	23 279
	VZD na krytí tep. zisků [m ³ /h]	16 813	8 643
Odvod	Hygienické požadavky [m ³ /h]	2 250	2 250
	Léto t [°C]	17	17
	Zima t [°C]	21	21
	Výměna [h ⁻¹]	3,6	1,8
	VZD [m ³ /h]	16 413	8 243

Tab. 5 Výpočet průtoku vzduchu

ku 5 je dispozice simulované místnosti a vzduchotechnického systému pro variantu běžného dvojskla.

Závěr

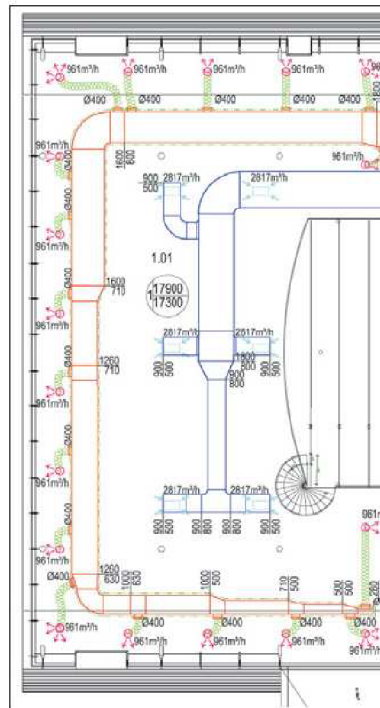
Předložená případová studie dokazuje, že velké prosklené plochy jsou zásadními prostory, jež ovlivňují energetickou bilanci celého objektu.

Výrobci reagují na tuto skutečnost dodávkou nových, kvalitnějších výrobků, jež se snaží eliminovat nežádoucí vlastnosti skla a minimalizovat potřeby energií pro dosažení vhodných hodnot mikroklimatických podmínek ve vnitřním prostoru objektů.

Přesto je návrh těchto prostor, jak z důvodu tepelných ztrát v zimě, tak působením sluneční radiace v letním období a z důvodu fyzikálních vlastností použitých materiálů, velmi zásadní. Chceme-li zabránit vynaložení zbytečně vysokých investičních nebo provozních nákladů, je velmi důležité zpracování nejen kvalitní projektové dokumentace, ale také následně ekonomické vyhodnocení.

Literatura

- [1] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol. *Technický průvodce větrání a klimatizace*. 3. vyd. Praha: ČESKÁ MATICE TECHNICKÁ, 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8.



Obr. 5 Dispozice vzduchotechniky pro variantu

- [2] <http://www.chmi.cz>. Český hydrometeorologický ústav [online]
- [3] Simulační software TERUNA 1.5b, <http://www.technikabudov.cz/software.html>
- [4] VÝRAVSKÁ, Z. *Vzduchotechnika autosalonu*. Brno, 2012. 161 s., 20 s. příl. Bakalářská práce. VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
- [5] ČSN 73 0540 *Tepelná ochrana budov*
- [6] ČSN 73 0548 *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*

Autoři: **Bc. Zdeňka Výrarská**
Ing. Lucie Vendlová
doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Ústav technických zařízení budov,
Fakulta stavební, VUT v Brně

Recenzent: *doc. Ing. Karel Papež, CSc.,*
Katedra TZB, Fakulta stavební, ČVUT v Praze

Effect of the glass on internal thermal load

The authors discuss the methods of calculating the internal thermal load through the glass surfaces. Influence of different type of glazing is compared in the case study. Economics is also solved.

Keywords: glazing, heat gains, thermal load

