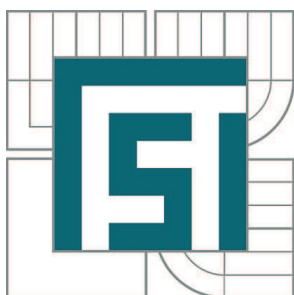


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

KLIMATIZACE KANCELÁŘSKÝCH PROSTOR

AIR-CONDITIONING OF OFFICE ROOMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JAROSLAVA ŠMEJDOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. EVA JANOTKOVÁ, CSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jaroslava Šmejdová

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

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

Klimatizace kancelářských prostor

v anglickém jazyce:

Air-conditioning of office rooms

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh a dimenzování ústředního klimatizačního zařízení pro kancelářské prostory v dvoupodlažní budově. Budova se nachází v lokalitě s letní výpočtovou teplotou 30 °C a relativní vlhkostí 35 %. Výpočtová teplota zimní je -15 °C. Dispozice objektu a stavební materiály dle dodané dokumentace.

Cíle diplomové práce:

Návrh a dimenzování ústředního klimatizačního zařízení pro kancelářské místnosti. Stanovení objemového toku venkovního vzduchu. Výpočet tepelných ztrát a tepelné zátěže klimatizovaných prostor. Psychrometrický výpočet letního a zimního provozu. Návrh strojovny a rozvodů vzduchu. Dimenzování vzduchovodů. Rozpis materiálů. Zpracování potřebné výkresové dokumentace.

Seznam odborné literatury:

Chyský, J. - Hemzal, K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce sv. 31. BOLIT, Brno 1993.

Székyová, M. - Ferstl, K. - Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006.

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu: březen 2005.

ČSN 730548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů: 1986.

ČSN 730540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin: 2005.

Nařízení vlády 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

Nařízení vlády 68/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

Firemní podklady.

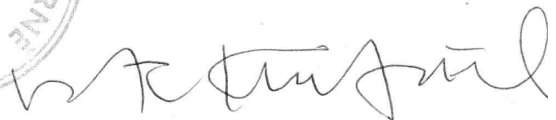
Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Eva Janotková, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a dimenzováním ústředního klimatizačního zařízení pro kancelářské místnosti v dvoupodlažní budově. Součástí práce je teoretická část zabývající se klimatizačními zařízeními dále výpočtová a návrhová část. Ve výpočtové části je stanoven objemový tok venkovního vzduchu, výpočet tepelných ztrát a tepelné zátěže klimatizovaných prostor a dále psychrometrické výpočty pro letní a zimní provoz. Návrhová část se skládá z návrhu a dimenzování vyústek a vzduchovodů a z návrhu klimatizačního zařízení a strojovny. Návrhová část je doplněna rozpisem materiálů a zpracováním potřebné výkresové dokumentace.

Klíčová slova: klimatizační zařízení, kancelář, tepelná ztráta, tepelná zátěž, psychrometrie, vyústky, vzduchovody;

Abstract

Diploma thesis is focused on the design and dimensioning of the central air-condition system of the offices in two-story building. The thesis consists of a theoretical part which deals with air-condition systems, and computation and design part. The computation part is comprised of calculation of quantity of ventilation air, calculation of heat losses and heat gains and psychrometric evaluation of operation during summer and winter. Design part consists of design and dimensioning of air-distributions and air ducts and consist of design of air-conditioner and machine room. There are specification of materials and drawing documentation in the end of thesis.

Keywords: air-condition, office, heat loss, heat gain, psychrometric, air-distributions, air ducts;

Bibliografická citace

ŠMEJDOVÁ, J. Klimatizace kancelářských prostor. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 117 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Eva Janotková, CSc..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma klimatizace kancelářských prostor vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce doc. Ing. Evy Janotkové, CSc., vycházela jsem při tom z odborných konzultací a uvedené literatury a podkladů.

V Brně dne 24. 5. 2013

.....
Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce doc. Ing. Evě Janotkové, CSc. za cenné rady a odborné vedení při zpracování diplomové práce a především za přívětivé jednání a za ochotu.

Ráda bych poděkovala rodičům a celé své rodině a blízkým za podporu a trpělivost v průběhu studia.

Obsah

Úvod	11
1 Klimatizační zařízení.....	13
2 Charakteristika objektu	16
3 Požadavky na minimální množství větracího vzduchu	20
3.1 Výpočet výměny vzduchu při větrání	20
4 Výpočet součinitele prostupu tepla	21
5 Výpočet návrhového tepelného výkonu.....	27
5.1 Výpočet tepelného výkonu pro vytápěný prostor	27
5.2 Celkové tepelné ztráty vytápěného prostoru	27
5.3 Vzorový výpočet tepelných ztrát prostupem tepla pro místnosti 103 a 208	29
5.4 Návrhová tepelná ztráta větráním	33
5.5 Vzorový výpočet tepelných ztrát větráním pro místnost 208	33
5.6 Tepelný zátopový výkon	34
5.7 Vzorový výpočet tepelného zátopového výkonu pro místnost 208	34
5.8 Tepelný výkon pro jednotlivé místnosti.....	35
6 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů	36
6.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla	36
6.1.1 Produkce tepla od lidí	36
6.1.2 Produkce tepla svítidel	36
6.1.3 Tepelné zisky od technologie	37
6.1.4 Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech-zisk, ztráta ve vzduchovodu	38
6.1.5 Jiné zdroje.....	39
6.2 Tepelné zisky od vnějších zdrojů	39
6.2.1 Tepelná zátěž okny	39
6.2.2 Tepelné zisky sluneční radiací oknem.....	41
6.2.3 Tepelné zisky okna prostupem	45
6.2.4 Tepelné zisky vnějšími stěnami.....	45
6.2.5 Tepelné zisky z přívodu venkovního vzduchu	46
6.2.6 Vodní zisky.....	46
6.3 Výsledná tepelná zátěž.....	47
6.4 Vzorový výpočet tepelné zátěže pro místnost 208.....	47
6.4.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla	47
6.4.2 Produkce tepla od vnějších zdrojů.....	48
6.4.3 Tepelné zisky z přívodu venkovního vzduchu	53
6.4.4 Vodní zisky.....	53
6.4.5 Výsledná tepelná zátěž pro místnost 208	53
6.5 Tepelné zisky místností pro léto	54

6.6	Tepelná zátěž vázaným teplem pro zimu	54
6.7	Tepelné ztráty místností pro zimu	55
7	Psychrometrické výpočty	57
7.1	Psychrometrický výpočet pro letní provoz	57
7.2	Psychrometrický výpočet pro zimní provoz	68
8	Koncové prvky vzduchového systému	76
8.1	Množství přiváděného vzduchu	76
8.2	Návrh koncových prvků	77
8.2.1	Přiváděcí výústky	77
8.2.2	Odváděcí výústky	81
8.2.3	Koncové prvky v exteriéru	83
10	Klimatizační jednotka	101
11	Strojovna klimatizačního zařízení	102
12	Technická zpráva	103
13	Závěr	105
14	Seznam použité literatury	106
15	Seznam použitých symbolů	108
16	Seznam obrázků	115
17	Seznam tabulek	116
18	Seznam příloh a výkresové dokumentace	117

Úvod

Člověk tráví až 80 % času ve vnitřním prostředí, proto je potřeba vytvořit zde vhodné podmínky pro zdravý pobyt a tvořivou práci. Tyto podmínky se nazývají pohoda prostředí. Pohoda prostředí je subjektivní pocit, kdy se člověk cítí spokojeně se stavem prostředí, ve kterém tráví čas. Kvalitu prostředí lze hodnotit různými činiteli jako je čistota, teplota a vlhkost vzduchu, dále i rychlost proudění, osvětlení, hluk, vibrace a mnoho dalších. V dnešní době slouží mnoho zařízení ke zvýšení kvality prostředí, jedním z nich je i klimatizace.

Klimatizace je technické zařízení, které se významně podílí na tvorbě vnitřního prostředí. Klimatizace upravuje vzduch a zajišťuje jeho čistotu, pohyb, teplotu a vlhkost vzduchu tak, aby byly dodrženy požadované parametry klimatizovaného prostoru.

Cílem diplomové práce je navrhnout klimatizační systém pro zadané kancelářské prostory v dvoupodlažní budově, která je situována na území města Benešov. Pro kancelářské prostory je charakteristická tepelná zátěž proměnná v průběhu celého dne i ročního období. Zásadní faktory, které ovlivňují tepelný stav místností, jsou tepelná produkce kancelářského vybavení, osvětlení, personální obsazení a osluněná okna. V diplomové práci je proveden výpočet minimálního přívodu venkovního vzduchu, výpočet tepelných ztrát a tepelné zátěže. Na základě psychrometrického výpočtu je dimenzováno klimatizační zařízení. Dále jsou navrženy přívodní a odvodní vyústky, rozvod a dimenze vzduchovodů a jejich zaregulování. Na závěr bude proveden rozpis použitých materiálů.

1 Klimatizační zařízení

Klimatizace je zařízení pro úpravu vzduchu, které zajišťuje čistotu, pohyb, teplotu, diferenční tlak a vlhkost vzduchu tak, aby byly dodrženy požadované parametry klimatizovaného prostoru. Klimatizační zařízení může sloužit k větrání, ohřívání či chlazení, vlhčení či odvlhčování nebo k úpravě vzduchu na požadovanou čistotu. Vzduch je přiváděn do klimatizačního zařízení, je upraven a dále je transportován a poté distribuován pomocí koncových prvků v klimatizovaném prostoru. Klimatizační zařízení je tvořeno skladbou jednotlivých prvků, které zajišťují dílčí úpravy. Úplná klimatizace zajišťuje úpravu teploty, vlhkosti a čistoty. Dílčí klimatizace slouží jen k částečné úpravě vzduchu. Klimatizační systémy lze dělit na komfortní a průmyslové. V odborné literatuře se obor klimatizačních systémů označuje jako HVAC&R, což je zkratka (z anglického heating, ventilation, air-conditioning and refrigerating) pro vytápění, větrání, klimatizace a chlazení.

Komfortní klimatizace

Komfortní klimatizace by se dala rozdělit na pět větších celků. Prvním z nich je komerční sektor, který zahrnuje kancelářské budovy, supermarkety, obchodní domy, restaurace a další. Druhý celek je institucionální, do kterého patří školy, univerzity, knihovny, muzea, zimní stadiony, kina, divadla, koncertní sály a rekreační střediska. Třetí sektor by se dal označit jako obytný či ubytovací sektor a ten se skládá z hotelů, motelů, bytových domů a soukromých domů. Dalším odvětvím je zdravotnictví, což zahrnuje nemocnice, sanatoria, zotavovny a různá pečovatelská zařízení. Poslední částí je doprava. V tomto sektoru se jedná o klimatizaci v dopravních prostředcích (letadla, automobily, vlaky, autobusy).

Průmyslová klimatizace

Průmyslová klimatizace slouží k úpravě vzduchu v průmyslových odvětvích, hlavně při výrobě různých produktů, pro skladování výrobků či pro různé výzkumné a vývojové procesy. Klimatizace má vliv na kvalitu výroby, snižování výrobních nákladů nebo přímo podmiňuje funkci strojního zařízení. Různá odvětví průmyslové klimatizace mají rozdílné požadavky na úpravu vzduchu. Vysoké požadavky kladené na vlhkost jsou v textilní, papírenské či tabákové výrobě. V elektrotechnickém odvětví jsou požadavky na celkovou vysokou čistotu vzduchu. Mnoho výrobců požaduje přesné řízení teploty během výrobních procesů. Ve farmaceutické oblasti je potřeba správná teplota, vlhkost a hlavně čistota vzduchu.

Klimatizační systémy se dají dále dělit dle teplosné látky. Jako přenosné medium se využívá vzduch, voda či chladivo, podle toho se klimatizační systémy dělí na vzduchové, vodní, kombinované a chladivové.

Vzduchové klimatizační systémy

U vzduchových systémů dochází k odstranění tepelné zátěže klimatizovaného prostoru pomocí vzduchu. Vzduch má malou tepelnou kapacitu a pracovní rozdíl teplot pro léto je malý, proto je ke kompenzaci tepelné zátěže zapotřebí velkého množství vzduchu. U vzduchového systému se často pracuje s cirkulačním vzduchem. Hlavní části tohoto systému jsou vzduchotechnická jednotka, přívodní a vratné potrubí, ventilátory, vyústky a příslušenství vzduchovodů (regulační a uzavírací součásti, regulátory konstantního průtoku, požární klapky). Systém vzduchové klimatizace se dělí na nízkotlaký a vysokotlaký. Nízkotlaké systémy jsou ústřední, zónové a vícenásobné systémy a vysokotlaké systémy lze dělit na jedno kanálové či dvou kanálové, s konstantním nebo proměnným průtokem vzduchu.

Nízkotlaké jednokanálové ústřední vzduchové systémy pracují s konstantním průtokem přiváděného vzduchu nebo s proměnným průtokem vzduchu. Čidlo automatické regulace je



možno umístit pouze na jedno místo. Tento systém je vhodné použít u staveb s větším podílem vnějšího vzduchu, jako jsou konferenční a koncertní sály, divadla, kina, jídelny dále i pracovní a výrobní prostory, laboratoře atd.

Obr. 1-1: Klimatizační vzduchová jednotka [22]

Kombinovaný klimatizační systém

V kombinovaném systému jsou nosnými médii vzduch a voda. Větrací vzduch se označuje jako primární a tento vzduch je upravován ve strojovně. Po budově se rozvádí jen primární vzduch a do místností se přivádí jen požadované množství. Rozvod primárního vzduchu je vysokotlaký. Přiváděný objemový průtok vzduchu se určuje podle hygienických limitů (podle počtu osob v klimatizovaném prostoru). Hlavním nositelem tepla a chladu je voda. Kombinovaný klimatizační systém zakončují indukční jednotky či chladicí trámce. Do těchto jednotek je přiváděn primární vzduch, sekundární vzduch je přisáván z místnosti a v jednotce dochází ve výměníku tepla k úpravě vzduchu na požadované parametry. Poměr mezi sekundárním a primárním vzduchem se označuje jako indukční poměr a obvykle nabývá hodnot od 2 do 8. Výhodou systému s indukčními jednotkami a chladicími trámcí je tichý provoz jednotek. Systém lze použít pro výškové a kancelářské budovy, hotely atd.

Vodní klimatizační systém

Vodní systém zakončují vodní ventilátorové jednotky (fan-coil) nebo chladicí panely, a tyto jednotky jsou umístěny v klimatizovaném prostoru. Přenosným médiem je u těchto systémů voda. Fan-coil jednotky jsou parapetní, podstropní nebo nízkého provedení. Výhodou vodní ventilátorové jednotky je intenzivní přenos tepla, pružná regulace topného i chladicího výkonu. Nevýhodou je hlučnost způsobená ventilátorem. Tento systém se využívá především ve výškových budovách, hotelech, restauracích, správních budovách atd. Jednotky pracují s oběhovým vzduchem z místnosti a větrací (venkovní) vzduch je do klimatizovaného prostoru dopraven např. přívodem do jednotky otvorem ve fasádě, otevíratelnými okny, nasáváním do jednotky z centrálního beztlakového kanálu nebo přívodem z nízkotlakého přetlakového systému.

Chladivové klimatizační systémy

Chladivový systém se skládá z kombinace prvků a zařízení připojených v sekvenci za sebou s cílem pokrýt především tepelnou zátěž. Teplonosnou látkou je chladivo. Chladivo je látka, která mění skupenství a v chladicím oběhu přijímá teplo při nízkém tlaku a teplotě a odevzdává je při vyšším tlaku a teplotě. Systém často pracuje v režimu chlazení, ale používá se i pro vytápění v režimu tepelného čerpadla. Chladivové systémy se dají dělit na samostatné klimatizační jednotky, okenní nebo mobilní jednotky, a dělené chladivové systémy. Dělené

chladičové systémy se také označují jako split systémy. Mezi split systémy patří monosplit, multisplit a VRV systém.

Split systémy mají vnější a vnitřní jednotky propojené potrubím k cirkulaci chladiva. Součástí vnější jednotky bývá kompresor s kondenzátorem, redukčním ventilem a ventilátorem a ve vnitřní jednotce je výparník, ventilátor a filtr. Součástí zařízení monosplit je jedna venkovní a jedna vnitřní jednotka. Multisplit je systém, který se skládá z jedné venkovní jednotky, na kterou je napojeno více vnitřních jednotek (obvykle více než 5). VRV je chladičový multisplit s proměnným průtokem chladiva. Na jednu vnější jednotku lze napojit až šedesát-čtyři vnitřních. Vnitřní jednotky jsou nástěnné, podstropní či kazetové viz Obr. 1-2.



Obr. 1-2: Vnitřní kazetová jednotka [23]

Výhodou systému je možnost individuální regulace v jednotlivých klimatizovaných místnostech. Mezi nevýhody systému patří problematika chladiva. Některé chladiva mají negativní dopad na životní prostředí při jejich úniku a chladiva obecně potřebují revize a opravy od specializované firmy.

2 Charakteristika objektu

V diplomové práci je řešen návrh a dimenzování ústředního klimatizačního zařízení pro kancelářské prostory. Jedná se o návrh komfortní klimatizace v komerčním sektoru. Budova je situována do města Benešov. V této lokalitě je letní výpočtová teplota 30 °C, zimní výpočtová teplota -15 °C a dále je počítáno s relativní rychlostí pro léto 35 % a pro zimu 90 %.

Budova je dvoupodlažní s plochou střechou. Objekt je situován v předměstské části v krajině se stromovým a okolní zástavou. Stavba je tvořena podélným železobetonovým skeletem v kombinaci s Porotherm systémem. Charakteristiky místností jsou uvedeny v Tab. 2-1. Dispoziční nákresy 1NP a 2NP jsou uvedeny na obrázcích Obr. 2-2 a Obr. 2-3. Vizualizace řešeného objektu je uvedena na Obr. 2-1. Výplně vnějších otvorů okenních i dveřních jsou provedeny z dvojskel.



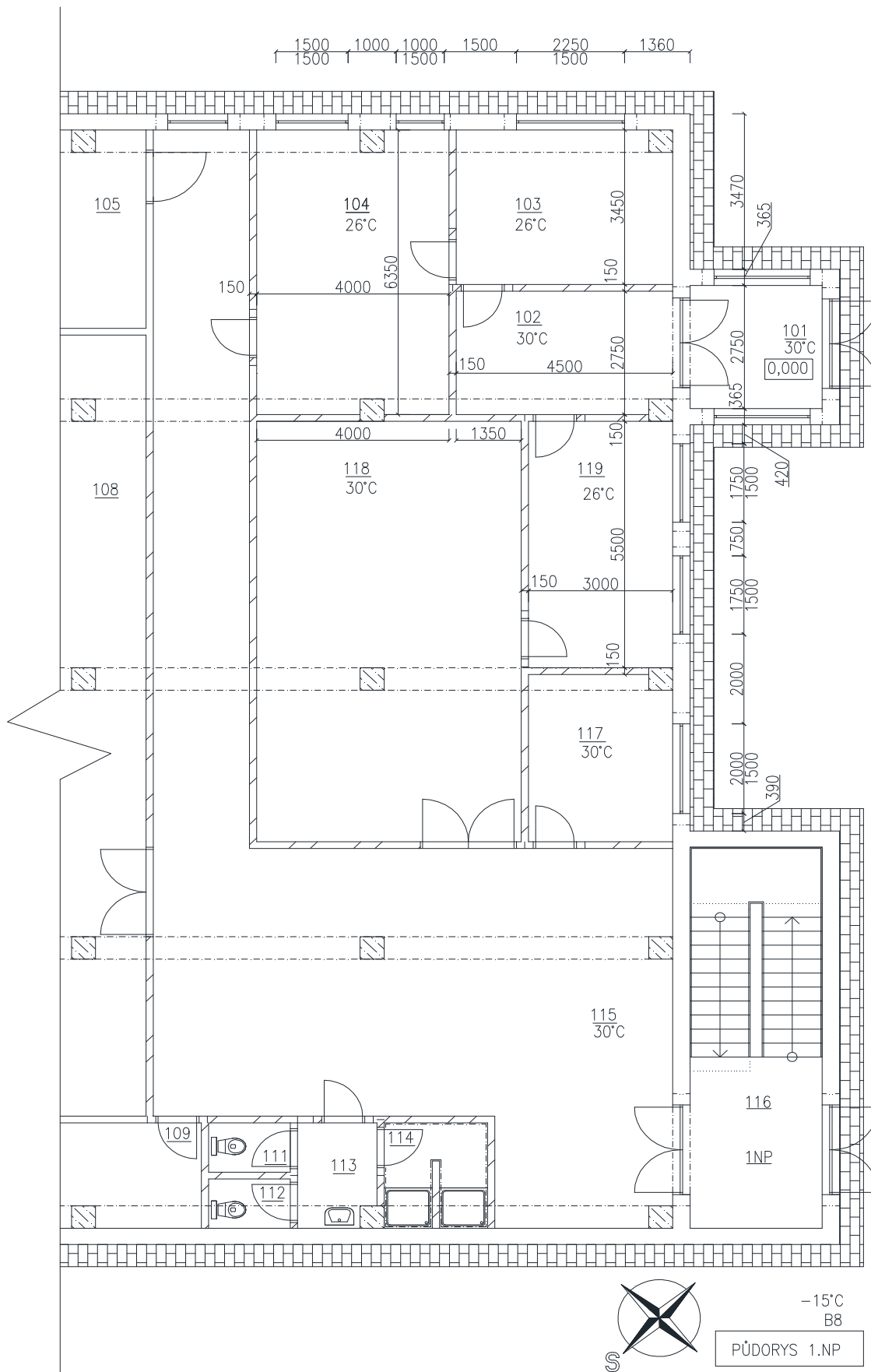
Obr. 2-1: Řešený objekt

Tab. 2-1: Charakteristika objektu

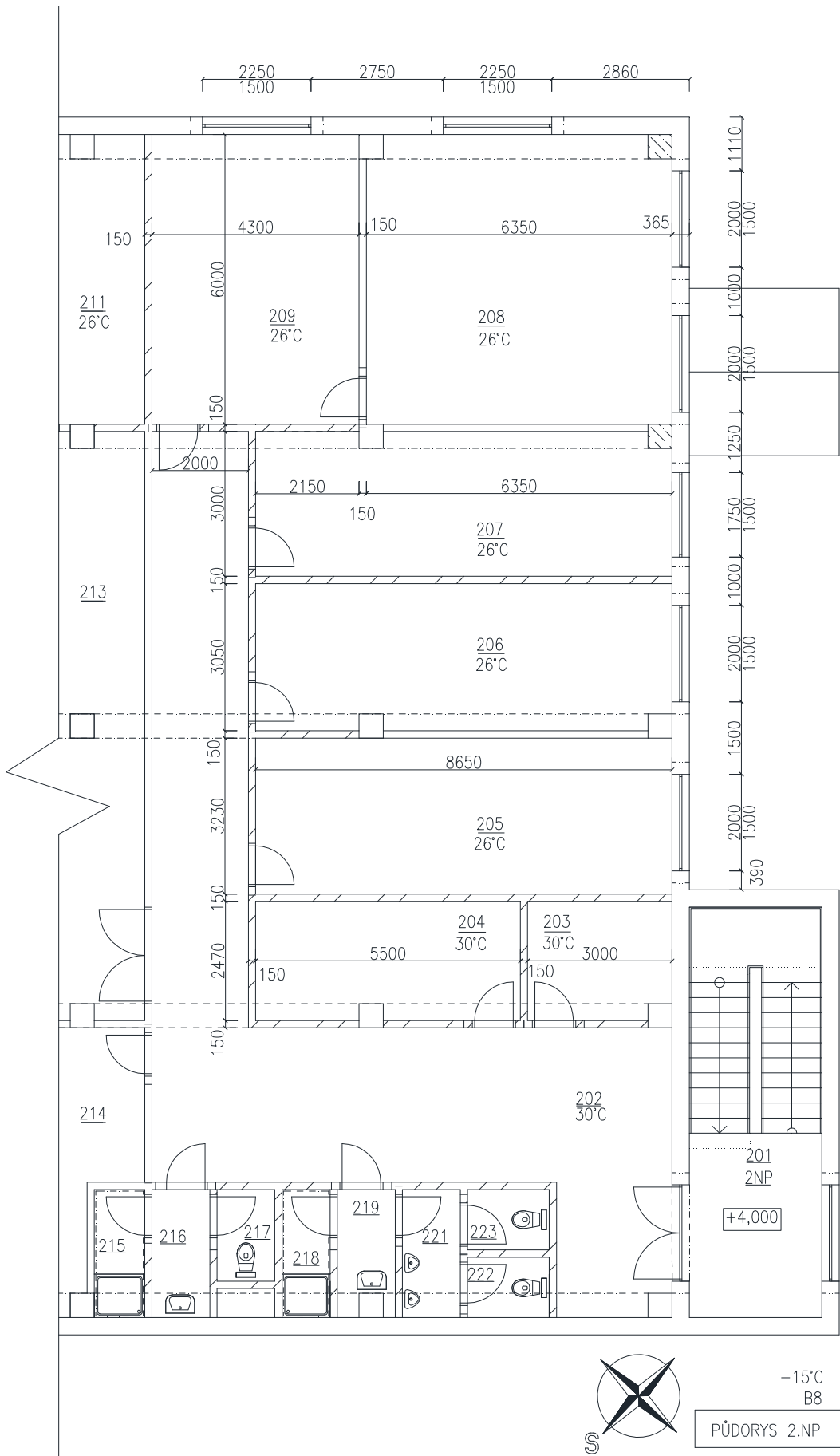
Údaje o místnostech					
Označení místnosti		Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti	Návrh klimatizace
		$\theta_{int,i}$	A_i	V_i	
		[°C]	[m ²]	[m ³]	
101	Zádveří	15	7,6	27,2	NE
102	Hala	20	12,3	44,2	ANO
103	Expedice	20	15,3	55,0	ANO
104	Fakturace	20	25,0	89,9	ANO
105	Strojovna	15	39,364	141,71	NE

Tab. 2-1: Charakteristika objektu-pokračování

Označení místnosti		$\theta_{int,i}$	A_i	V_i	Návrh klimatizace
		[°C]	[m ²]	[m ³]	
108	Dílna	20	357,0	1285,3	NE
109	Šatna	20	9,3	33,4	NE
111	WC	15	1,9	6,7	NE
112	WC	15	1,9	6,7	NE
113	Sociální zařízení	15	3,7	13,3	NE
114	Sprchy	24	4,8	17,4	NE
115	Chodba	15	105,3	379,0	NE
116	Schodiště- vytápěné	10	23,8	85,6	NE
117	Kuchyň	20	11,0	39,7	NE
118	Sklad náhradních dílů	15	51,3	184,8	NE
119	Skladník	20	16,5	59,4	ANO
201	Schodiště- vytápěné	10	23,4	84,2	NE
202	Chodba	15	65,7	236,6	NE
203	Technická místnost	15	7,2	26,0	NE
204	Archiv	15	13,4	48,3	NE
205	Kancelář	20	27,9	100,6	ANO
206	Kancelář	20	26,0	93,7	ANO
207	Kancelář	20	25,6	92,2	ANO
208	Kancelář	20	37,7	135,6	ANO
209	Kancelář	20	25,8	92,9	ANO
211	Provozovna	20	116,6	419,6	NE
213	Provozovna	20	336,6	1211,9	NE
214	Šatna	20	18,4	66,1	NE
215	Sprcha	24	2,7	9,5	NE
216	Sociální zařízení	15	3,2	11,4	NE
217	WC	15	2,3	8,2	NE
218	Sprcha	24	2,7	9,5	NE
219	Sociální zařízení	15	3,2	11,4	NE
221	Sociální zařízení	15	3,2	11,4	NE
222	WC	15	2,1	7,7	NE
223	WC	15	2,1	7,7	NE



Obr. 2-2: Dispoziční náčrt 1NP



Obr. 2-3: Dispoziční náčrt 2NP

3 Požadavky na minimální množství větracího vzduchu

3.1 Výpočet výměny vzduchu při větrání

Průtok venkovního větracího vzduchu při celkovém větrání můžeme určit z:

- z dávek vzduchu na osobu,
- na základě doporučené intenzity výměny vzduchu,
- bilance škodlivin ve větraném prostoru,
- z dávek vzduchu na m^2 podlahové plochy.

Výpočet výměny vzduchu při větrání z dávek vzduchu na osobu

Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště je určeno podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [1], kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Pro práci v sedě s energetickým výdejem pod 80 W/m^2 je minimální množství přiváděného vzduchu $50 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{os}$ a pro lehkou práci je to $70 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{os}$. Výpočty výměn vzduchu pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v Tab. 3-1.

Tab. 3-1: Výpočet výměny vzduchu při větrání z dávek vzduchu na osobu

Číslo místnosti	Místnost	Počet osob	Min. množ. venkovního vzduchu na osobu	Minimální množství venkovního vzduchu podle osob	
		i_l	\dot{V}_e	\dot{V}_e	
		[-]	$[\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{os}]$	$[\text{m}^3/\text{h}]$	$[\text{m}^3/\text{s}]$
103	Expedice	2	70	140	0,0389
104	Fakturace	2	50	100	0,0278
119	Skladník	1	70	70	0,0194
205	Kancelář	5	50	250	0,0694
206	Kancelář	4	50	200	0,0556
207	Kancelář	4	50	200	0,0556
208	Kancelář	2	50	100	0,0278
209	Kancelář	2	50	100	0,0278
Celkem				1160	0,3222

4 Výpočet součinitele prostupu tepla

Výpočet součinitele prostupu tepla U [W/(m²·K)] byl proveden dle ČSN 7305 40[2]. Veličina součinitel prostupu tepla nám určuje celkovou výměnu tepla mezi prostory oddělenými od sebe určitou stavební konstrukcí. Čím je hodnota menší, tím lepší jsou tepelně izolační vlastnosti konstrukce. Součinitel prostupu tepla U se vypočítá pomocí odporu konstrukce R [(m²·K)/W]. Teplený odpor konstrukce R vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti konstrukce. Pro skladbu, kde je možné uvažovat jednorozměrné šíření tepla, se tepelný odpor R a součinitel prostupu tepla U vypočítá ze vztahu:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \quad (4.1)$$

$$R = \sum R_j \quad (4.2)$$

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (4.3)$$

kde:

U [W/(m²·K)] je součinitel prostupu tepla;

R [(m²·K)/W] je tepelný odpor konstrukce;

R_T [(m²·K)/W] je tepelný odpor při prostupu tepla;

R_{si} [(m²·K)/W] je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně;

R_{se} [(m²·K)/W] je tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně;

d_j [m] je tloušťka j -té vrstvy konstrukce;

λ_j [W/(m·K)] je součinitel tepelné vodivosti materiálu.

Součinitele tepelné vodivosti běžných materiálů je možné nalézt v podkladech výrobců stavebních hmot nebo v ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov [3]. Součinitele tepelné vodivosti stavebních materiálů použité pro výpočet jsou uvedeny v Tab. 4-1. Vzorový výpočet součinitelů prostupu tepla U a tepelné odporu při prostupu tepla je uveden na straně 23, ostatní hodnoty jsou uvedeny v Tab. 4-3. Ve výpočtu se počítá i s odporem tepla při přestupu různými směry toku tepla, tyto hodnoty jsou uvedeny v Tab. 4-2.

Tab. 4-1: Součinitel tepelné vodivosti stavebních materiálů

Součinitel tepelné vodivosti stavebních materiálů			Informace o zdroji hodnoty λ daných materiálů
Číslo materiálu	Popis materiálu	λ	
		[W/(m·K)]	
1	Porotherm 36,5 P+D	0,13	[4]
2	Porotherm 14 P+D	0,13	[4]
3	Stropní panel	1,15	[5]
4	Betonová mazanina	1,20	[6]
5	Podkladní beton	1,20	[6]
6	Štěrkopískový násyp	0,65	[6]

Tab. 4-1: Součinitel tepelné vodivosti stavebních materiálů - pokračování

Součinitel tepelné vodivosti stavebních materiálů			Informace o zdroji hodnoty λ daných materiálů
Číslo materiálu	Popis materiálu	λ [W/(m·K)]	
7	Dlažba- venkovní	1,10	[6]
8	Hydroizolační vrstva- FATRAFOL-S	0,22	[7]
9	Separační vrstva	0,20	[6]
10	Hydroizolační vrstva	0,20	[6]
11	Parotěsná vrstva	0,20	[6]
12	Hlavní vodětesnící vrstva	0,20	[6]
13	Vzduchová vrstva	0,03	[6]
14	Omítka perlitová	0,12	[6]
15	Omítka vápenocementová	0,99	[6]
16	Tepelně izolační vrstva Isover EPS 200S	0,03	[8]
17	Tepelně izolační vrstva Isover EPS 70S	0,04	[8]
18	Kročejová izolace Isover EPS 150S	0,04	[8]
19	Dlažba	1,05	[6]
20	Linoleum	0,20	[6]

Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti stavebních materiálů byly brány z internetových stránek výrobců daných materiálů <http://www.wienerberger.cz/> [4], <http://www.prefa.cz/> [5], <http://www.fatrafol.cz/>[7], <http://www.isover.cz/> [8] a na stránkách <http://www.tzb-info.cz/>[6].

Tab. 4-2: Tepelný odpor při přestupu tepla z [9]

Tepelný odpor při přestupu tepla (mezi vzduchem a stavební částí)		R_{si}, R_{se}
Č.m.	Popis	$\left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$
24	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)	0,13
25	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)	0,04
26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)	0,10
27	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)	0,17

Vzorový výpočet součinitele prostupu tepla

Obvodová stěna, označena jako stavební část 2, se skládá z tří vrstev. První vrstva je omítka vápenocementová tloušťky 0,01m a má součinitel tepelné vodivosti 0,99 W/(m·K). Druhá vrstva je cihla Porotherm 36,5 P+D tloušťky 0,365 m a se součinitelem tepelné vodivosti 0,13 W/(m·K) a třetí vrstva je omítka perlitová tloušťky 0,01 m a se součinitelem tepelné vodivosti 0,12 W/(m·K).

Tepelný odpor jednotlivých vrstev

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,01}{0,99} = 0,01 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,365}{0,13} = 2,808 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,01}{0,12} = 0,083 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Celkový odpor vrstev obvodové stěny

$$R = \sum R_j = R_1 + R_2 + R_3 = 0,01 + 2,808 + 0,083 = 2,901 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

Součinitel prostupu tepla obvodové stěny

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,13 + 2,901 + 0,04} = \frac{1}{3,071} = 0,33 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Tab. 4-3: Výpočet součinitelů prostupu tepla pro stavební části

Stavební část	Materiál	Popis	d	λ	R	U_k
			[m]	$\left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$	$\left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$	$\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$
1	Obvodová stěna					
	24	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,130	
	15	Omítka vápenocementová	0,01	0,99	0,010	
	1	Porotherm 36,5 P+D	0,365	0,13	2,808	
	14	Omítka perlitová	0,01	0,12	0,083	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,130	
Celková tloušťka a U_k			0,385		3,16	0,32
2	Obvodová stěna					
	25	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,040	
	15	Omítka vápenocementová	0,01	0,99	0,010	
	1	Porotherm 36,5 P+D	0,365	0,13	2,808	
	14	Omítka perlitová	0,01	0,12	0,083	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,130	
Celková tloušťka a U_k			0,385		3,07	0,33
3	Příčka					
	24	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,130	
	14	Omítka perlitová	0,02	0,12	0,167	
2	Porotherm 14 P+D	0,14	0,13	1,077		

Tab. 4-3: Výpočet součinitelů prostupu tepla pro stavební části – pokračování

Stavební část	Materiál	Popis	d	λ	R	U_k
			[m]	$\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$	$\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$	$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$
3	14	Omítka perlitová	0,02	0,12	0,167	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,130	
	Celková tloušťka a U_k			0,18		1,67
4	Podlaha - dlažba					
	27	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,170	
	19	Dlažba	0,018	1,05	0,017	
	4	Betonová mazanina	0,065	1,2	0,054	
	9	Separáční vrstva	0,003	0,2	0,015	
	16	Tepelně izolační vrstva Isover EPS 200S	0,06	0,034	1,765	
	10	Hydroizolační vrstva	0,004	0,2	0,020	
	5	Podkladní beton	0,2	1,2	0,167	
	6	Štěrkopískový násyp	0,2	0,65	0,308	
Celková tloušťka a U_k			0,55		2,52	
5	Podlaha - linoleum					
	27	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,170	
	20	Linoleum	0,012	0,20	0,060	
	4	Betonová mazanina	0,065	1,2	0,054	
	9	Separáční vrstva	0,003	0,2	0,015	
	16	Tepelně izolační vrstva Isover EPS 200S	0,06	0,034	1,765	
	10	Hydroizolační vrstva	0,004	0,2	0,020	
	5	Podkladní beton	0,2	1,2	0,167	
	6	Štěrkopískový násyp	0,2	0,65	0,308	
Celková tloušťka a U_k			0,544		2,56	
6	Strop - dlažba					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,100	
	19	Dlažba	0,018	1,05	0,017	
	4	Betonová mazanina	0,065	1,2	0,054	
	9	Separáční vrstva	0,003	0,2	0,015	
	18	Kročeťová izolace Isover EPS 150S	0,06	0,035	1,714	
3	Stropní panel	0,25	1,15	0,217		

Tab. 4-3: Výpočet součinitelů prostupu tepla pro stavební části – pokračování

Stavební část	Materiál	Popis	d	λ	R	U_k
			[m]	$\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$	$\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$	$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$
6	14	Omítka perlitová	0,02	0,039	0,513	
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,100	
	Celková tloušťka a U_k		0,416		2,73	
Strop - linoleum						
7	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,100	
	20	Linoleum	0,012	0,2	0,060	
	4	Betonová mazanina	0,065	1,2	0,054	
	9	Separáční vrstva	0,003	0,2	0,015	
	18	Kročejová izolace Isover EPS 150S	0,06	0,035	1,714	
	3	Stropní panel	0,25	1,15	0,217	
	14	Omítka perlitová	0,02	0,039	0,513	
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,100	
	Celková tloušťka a U_k		0,41		2,77	
Střecha						
8	25	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,040	
	7	Dlažba- venkovní	0,03	1,1	0,027	
	8	Hydroizolační vrstva- FATRAFOL-S	0,005	0,22	0,023	
	9	Separáční vrstva	0,001	0,2	0,005	
	16	Tepelně izolační vrstva-spádová vrstva	0,02	0,034	0,588	
	17	Tepelně izolační vrstva Isover EPS 70S	0,2	0,039	5,128	
	11	Parotěsná vrstva	0,001	0,2	0,005	
	3	Stropní panel	0,25	1,15	0,217	
	14	Omítka perlitová	0,02	0,12	0,167	
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,100	
	Celková tloušťka a U_k		0,527		6,30	
Stavební část	Materiál	Popis	U_k			
			$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$			
9	Okna	Plastové okno	1,2			
10	Dveře	Vnější	1,5			
11	Dveře	Vnitřní	1,5			

Součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí

Shrnutí součinitelů přestupu tepla pro všechny stavební konstrukce je uvedeno v Tab. 4-4.

Tab. 4-4: Součinitel prostupu tepla stavebních konstrukcí

Kód	Konstrukce	U
		$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
1	Obvodová stěna	0,316
2	Obvodová stěna	0,326
3	Příčka	0,599
4	Podlaha - dlažba	0,398
5	Podlaha - linoleum	0,391
6	Strop - dlažba	0,366
7	Strop - linoleum	0,361
8	Střecha	0,159
9	Okna	1,200
10	Dveře vnější	1,500
11	Dveře vnitřní	1,500

5 Výpočet návrhového tepelného výkonu

Výpočet vychází z normy ČSN 12831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu [9].

5.1 Výpočet tepelného výkonu pro vytápěný prostor

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad (5.1)$$

$\Phi_{HL,i}$ [W] je celkový tepelný výkon vytápěného prostoru (i);

Φ_i [W] je celková tepelná ztráta vytápěného prostoru (i);

$\Phi_{T,i}$ [W] je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i);

$\Phi_{RH,i}$ [W] je zátopový tepelný výkon požadovaný pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění vytápěného prostoru (i);

$\Phi_{V,i}$ [W] je návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i).

5.2 Celkové tepelné ztráty vytápěného prostoru

Výpočet tepelných ztrát se provádí pro každou místnost zvlášť a jejich souhrn (součet) tvoří celkovou přesnou tepelnou ztrátu objektu. Tepelné ztráty jsou stanoveny pro nejnepříznivější výpočtové parametry exteriéru a výpočtové teploty interiéru. Exteriér je charakterizován výpočtovou venkovní teplotou, která se pro výpočet klimatizačního zařízení snižuje o $\Delta t = -3 \text{ K}$. Ve výpočtu se zohledňuje poloha budovy v krajině, orientace ke světovým stranám. Celková tepelná ztráta z vytápěného prostoru je tvořena tepelnou ztrátou prostupem tepla a tepelnou ztrátou z větrání vytápěného prostoru.

Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru (i) se vypočítá dle rovnice:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (5.2)$$

kde:

$\Phi_{T,i}$ [W] je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i);

$\Phi_{V,i}$ [W] je návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i).

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Vzorový výpočet tepelné ztráty je uveden v odstavci 5.3. Shrnutí výsledných tepelných ztrát je uvedeno v Tab. 5-2. Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti je uveden v příloze A.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (5.3)$$

$\Phi_{T,i}$ [W] je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla;

$H_{T,ie}$ [W/K] je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy;

$H_{T,iue}$ [W/K] je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem;

$H_{T,ig}$ [W/K] je součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu;

$H_{T,ij}$ [W/K] je součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu;

$\theta_{int,i}$ [°C] je výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i);

θ_e [°C] je výpočtová venkovní teplota.

Součinitel tepelné ztráty prostupem přímo do venkovního prostředí

Tepelné mosty počítány zjednodušenou metodou

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad (5.4)$$

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} \quad (5.5)$$

$H_{T,ie}$ [W] je tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí;

A_k [m²] je plocha stavební části (k);

e_k [-] je korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům v normě [9] podle přílohy D.4.1;

U_{kc} [W/(m²·K)] je korigovaný součinitel prostupu tepla stavební částí (k);

U_k [W/(m²·K)] je součinitel prostupu tepla stavební částí (k);

ΔU_{tb} [W/(m²·K)] je korekční součinitel v normě [9] podle přílohy D.4.1.

Součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad (5.6)$$

$H_{T,ig}$ [W] je tepelná ztráta do přilehlé zeminy;

f_{g1} [-] je korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty v normě [9] podle přílohy D.4.3;

f_{g2} [-] je teplotní redukční činitel;

$U_{equiv,k}$ [W/(m²·K)] je ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí (k), stanovený podle typologie podlahy v normě [9] v souvislosti na součiniteli prostupu tepla podlahou a parametru B';

G_w [-] je korekční činitel zohledňující vliv spodní vody v normě [9] podle přílohy D.4.3;

A_k [m²] je plocha stavební částí (k), které se dotýkají zeminy;

Teplotní redukční činitel f_{g2} [-]

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (5.7)$$

$\theta_{m,e}$ [°C] je roční průměrná teplota vzduchu;

$\theta_{int,i}$ [°C] je výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i);

θ_e [°C] je výpočtová venkovní teplota.

Charakteristický parametr B' [-]

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \quad (5.8)$$

A_g [m²] je plocha uvažované podlahové konstrukce;

P [m] je obvod uvažované podlahové konstrukce.

Součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad (5.9)$$

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vyt. sous. prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (5.10)$$

$H_{T,ij}$ [W] je tepelná ztráta do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách;

$f_{i,j}$ [-] je redukční teplotní činitel;

$\theta_{vyt. sous. prostoru}$ [°C] je teplota vytápěného sousedního prostoru;

$\theta_{int,i}$ [°C] je výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i);

θ_e [°C] je výpočtová venkovní teplota.

5.3 Vzorový výpočet tepelných ztrát prostupem tepla pro místnosti 103 a 208

Tepelná ztráta prostupem tepla pro místnost 103

Místnost 103 je expedice. Půdorys místnosti je uveden na Obr. 5-1. Půdorysná plocha místnosti je 15,275 m². Místnost je situována v pravém rohu budovy směrem na jih. Světlná výška místnosti je 3,6 m. Výpočtová vnitřní teplota je 20 °C.

Tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí

Tepelné mosty počítány zjednodušenou metodou

Hodnoty pro korekční součinitel ΔU_{tb} jsou stanoveny dle [9] z tab. D.3a, D.3c. Korekční součinitel pro svislou stavební konstrukci je 0,2 W/(m²·K) a pro výplň otvorů je pro plochu okna od 2 do 4 m² 0,4 W/(m²·K). Výpočet součinitele tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí je proveden dle rovnice (5.4).

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k = 24,94 \cdot 0,526 \cdot 1 + 3,375 \cdot 1,6 \cdot 1 = 18,51 \text{ W}$$

$$U_{kc,stěna} = U_{k,stěna} + \Delta U_{tb,stěna} = 0,326 + 0,2 = 0,526 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

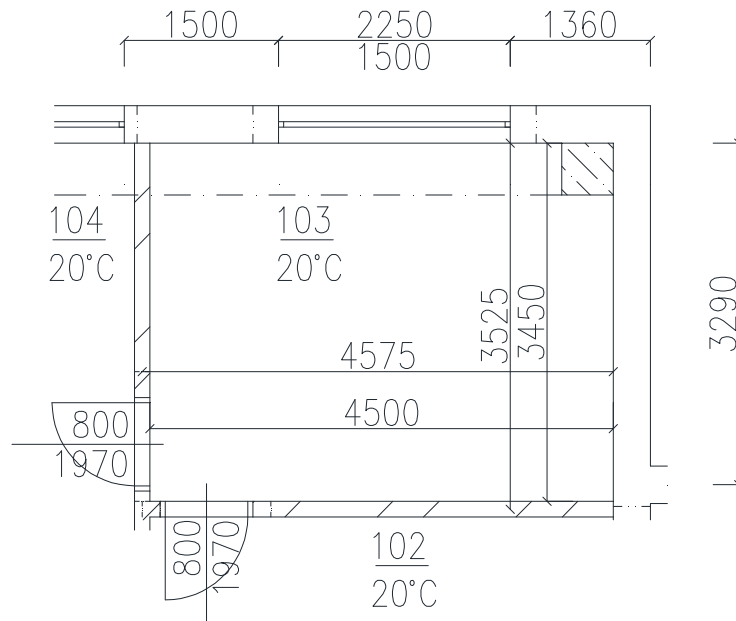
$$U_{kc,okno} = U_{k,okno} + \Delta U_{tb,okno} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Plocha stěny do venkovního prostředí

$$A_{k1} = (4,575 + 3,29) \cdot 3,6 - 2,25 \cdot 1,5 = 24,94 \text{ m}^2$$

Plocha okna

$$A_{k2} = 2,25 \cdot 1,5 = 3,375 \text{ m}^2$$



Obr. 5-1: Půdorys místnosti 103

Výpočet korigovaného součinitele prostupu tepla je proveden dle rovnice (5.5).

$$U_{kc,Stěna} = U_{k,Stěna} + \Delta U_{tb,Stěna} = 0,326 + 0,2 = 0,526 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_{kc,Okno} = U_{k,Okno} + \Delta U_{tb,Okno} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Hodnota korekčního součinitele $\Delta U_{tb,Stěna}$ je vybrána z normy [9] v příloze D.4 tabulky D.3a pro svislé stavební konstrukce a objemu prostoru do 100 m^3 . Hodnota korekčního součinitele $\Delta U_{tb,Okno}$ je vybrána z normy [9] v příloze D.4 tabulky D.3c pro otvorové výplně od 2 do 4 m^2 .

Tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Hodnota korekčního součinitele f_{g1} je 1,45 a korekčního součinitele G_w je 1 pro předpokládanou vzdálenost spodní vody od úrovně základů větší než 1 m. Roční průměrná teplota vzduchu $\theta_{m,e} = 3,9 \text{ °C}$.

Výpočet tepelné ztráty do přilehlé zeminy je proveden dle rovnice (5.6).

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w = 1,45 \cdot 0,424 \cdot 15,275 \cdot 0,38 = 3,566 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

$$f_{g1} = 1,45$$

Výpočet teplotního redukčního součinitele je proveden dle rovnice (5.7).

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 3,9}{20 - (-18)} = 0,424$$

$$G_w = 1$$

Charakteristický parametr se počítá z rovnice (5.8).

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} = \frac{15,275}{0,5 \cdot 8,1} = 3,77$$

Podlahová plocha konstrukce je $A_g = 15,275 \text{ m}^2$ a obvod P [m] se počítá dle normy [9] viz obrázek 2.

$$P = 4,575 + 3,525 = 8,1 \text{ m}$$

Pro součinitel B' a součinitel přestupu tepla U_k je hodnota $U_{equiv,k}$ odečtena z normy [9] obrázek 3 pro podlahové desky na zemině.

$$B' = 3,77; U_k = 0,398 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \rightarrow U_{equiv,k} = 0,38 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

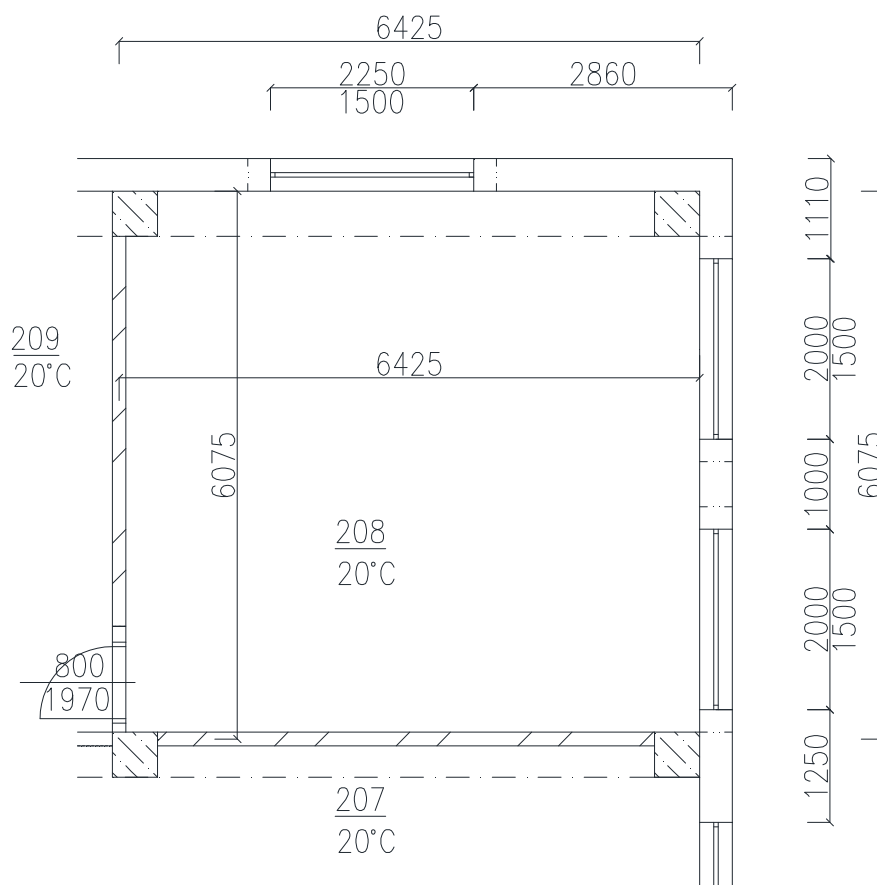
$$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ig} = 18,51 + 3,566 = 22,07 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem se počítá z rovnice (5.3).

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = (22,07) \cdot (20 - (-18)) = 839 \text{ W}$$

Tepelná ztráta prostupem tepla pro místnost 208

Místnost 208 je kancelář ředitele. Půdorys místnosti je uveden na Obr. 5-2. Podlahová plocha místnosti je $37,68 \text{ m}^2$. Místnost je situována v pravém rohu budovy směrem na jih. Světlá výška místnosti je 3,6 m. Výpočtová vnitřní teplota je $20 \text{ }^\circ\text{C}$.



Obr. 5-2: Půdorys místnosti 208

Tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí

Tepelné mosty počítány zjednodušenou metodou

Hodnoty pro korekční součinitel ΔU_{tb} jsou stanoveny dle ČSN 12 831 z tab. D.3a, D.3c. Korekční činitel pro svislou stavební konstrukci je $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, pro výplň otvorů je pro plochu okna od 2 do 4 m^2 $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a pro vodorovnou stavební část pro těžkou stropní konstrukci je $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Výpočet tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí je proveden dle rovnice (5.4).

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k = 35,625 \cdot 0,526 \cdot 1 + 9,375 \cdot 1,6 \cdot 1 + 37,68 \cdot 0,207 \cdot 1 = \\ = 41,59 \text{ W}$$

Plocha stěny do venkovního prostředí

$$A_{k3} = (6,425 + 6,075) \cdot 3,6 - 2,25 \cdot 1,5 - 2 \cdot 2 \cdot 1,5 = 35,625 \text{ m}^2$$

Plocha otvorů

$$A_{k4} = 2,25 \cdot 1,5 + 2 \cdot 2 \cdot 1,5 = 9,375 \text{ m}^2$$

Plocha stropu do venkovního prostředí

$$A_{k4} = 37,68 \text{ m}^2$$

Výpočet korigovaného součinitele prostupu tepla je proveden dle rovnice (5.5).

$$U_{kc,Stěna} = U_{k,Stěna} + \Delta U_{tb,Stěna} = 0,326 + 0,2 = 0,526 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_{kc,Okno} = U_{k,Okno} + \Delta U_{tb,Okno} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_{kc,Střecha} = U_{k,Střecha} + \Delta U_{tb,Střecha} = 0,16 + 0,05 = 1,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na různé teploty

Výpočet tepelné ztráty do prostorů vytápěných na různé teploty je proveden dle rovnice (5.9).

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k = 0 \cdot 23,13 \cdot 0,5987 + 0 \cdot 20,02 \cdot 0,5987 + 0 \cdot 1,58 \cdot 1,5 \\ + 0 \cdot 10,5 \cdot 0,361 + 0 \cdot 27,18 \cdot 0,361 = 0 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Tepelná ztráta do okolních prostorů vychází nulová, protože všechny okolní místnosti jsou vytápěny na stejnou teplotu jako řešená místnost 208.

Redukční teplotní činitel se vypočítá z rovnice (5.10).

$$f_{ij,209} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vyt.prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 20}{20 - (-18)} = 0$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem se počítá z rovnice (5.3).

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = (41,59 + 0) \cdot (20 - (-18)) = 1580,4 \text{ W}$$

5.4 Návrhová tepelná ztráta větráním

Vzorový výpočet tepelné ztráty větráním $\phi_{V,i}$ [W] je uveden v odstavci 5.5. Shrnutí výsledných tepelných ztrát větráním je uvedeno v Tab. 5-2. Výpočet tepelných ztrát větráním pro jednotlivé místnosti je uveden v příloze B. Návrhové tepelné ztráty větráním.

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (5.11)$$

$H_{V,i}$ [W/K] je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním;

$\theta_{int,i}$ [°C] je výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i);

θ_e [°C] je výpočtová venkovní teplota.

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad (5.12)$$

\dot{V}_i [m³/h] výměna vzduchu vytápěného prostoru;

ρ [W/K] je hustota vzduchu;

c_p [kJ/kg·K] je měrná tepelná kapacita vzduchu.

Pro výpočet rovnotlakého větrání (klimatizace) se počítá s množstvím vzduchu vyměňovaným infiltrací.

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} \quad (5.13)$$

$\dot{V}_{inf,i}$ [m³/h] max. výměna vzduchu infiltrací

Infiltrace obvodovým pláštěm budovy

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (5.14)$$

n_{50} [h⁻¹] intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy v normě [9] v příloze D.5.2;

e_i [-] stínící činitel v normě [9] v příloze D.5.3;

ε_i [-] výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země v normě [9] v příloze D.5.4;

Činitel 2 je zaveden v rovnici, protože hodnota n_{50} je dána pro celou budovu a výpočet musí uvažovat nejhorší případ (všechn vzduch vstupuje na jedné straně).

5.5 Vzorový výpočet tepelných ztrát větráním pro místnost 208

Objem místnosti 208 je $V_i = 135,63$ m³. Výpočtová venkovní teplota je $\theta_e = -18$ °C. Výpočtová vnitřní teplota je $\theta_{int,i} = 20$ °C. V místnosti se nachází 3 nechráněné otvory. Hodnota intenzity výměny vzduchu n_{50} je uvedena v [9] v tabulce D.7. Pro kancelář 208 se počítá s hodnotou $n_{50} = 3$ h⁻¹. Hodnoty stínícího součinitele e jsou uvedeny v normě [9] v tabulce D.8 a výškový korekční činitel ε je v v normě [9] v tabulce D.9 Pro vytápěný prostor s více než jednou nechráněnou otvorovou výplní a při mírném zastínění budovy je $e = 0,03$. Je-li výška vytápěného prostoru nad úrovní země do 10 m je $\varepsilon = 0,1$. Pro výpočet rovnotlakého větrání (klimatizace) se počítá s množstvím vzduchu vyměňovaným infiltrací.

Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním je proveden z rovnice (5.11)

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 8,3 \cdot [20 - (-18)] = 315 \text{ W}$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním se vypočítá z rovnice (5.12).

$$H_{V,i} = \dot{V}_{inf,i} \cdot \rho \cdot c_p = 0,34 \cdot \dot{V}_{inf,i} = 0,34 \cdot 24,41 = 8,3 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Výměna vzduchu infiltrací se vypočítá z rovnice (5.14).

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 135,63 \cdot 3 \cdot 0,03 \cdot 0,1 = 24,41 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

5.6 Tepelný zátopový výkon

Tepelný zátopový výkon pro jednotlivé místnosti je uveden v Tab. 5-1. Tepelný zátopový výkon se počítá pomocí zjednodušené metody dle rovnice:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad (5.15)$$

kde:

A_i [m²] je podlahová plocha vytápěného prostoru (i);

f_{RH} [W/m²] je korekční součinitel závislý na době zátoku a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době;

Hodnoty korekčního součinitele f_{RH} jsou uvedeny v normě [9] v příloze D.6.

Tab. 5-1: Tepelný zátopový výkon

Č.M.	Místnost	A_i	f_{RH}	Φ_{RH}
		[m ²]	[W/m ²]	[W]
103	Expedice	15,275	23	351,3
104	Fakturace	24,975	23	574,4
119	Skladník	16,5	23	379,5
205	Kancelář	27,94	23	642,6
206	Kancelář	26,03	23	598,7
207	Kancelář	25,6	23	588,8
208	Kancelář	37,675	23	866,5
209	Kancelář	25,8	23	593,4

5.7 Vzorový výpočet tepelného zátopového výkonu pro místnost 208

Podlahová plocha kanceláře 208 $A_i = 37,675 \text{ m}^2$. Pro kanceláře se zátopový součinitel f_{RH} určuje z tabulky pro nebytové budovy s nočním teplotním útlumem nejvýše 12 h. Hmotnost budovy je uvažována jako vysoká, protože se podlaha a stěpy skládají z betonových panelů a stěny jsou cihelné. Pro dobu zátoku 2 h a předpokládaný pokles vnitřní teploty o 3 K je $f_{RH} = 23 \text{ W/m}^2$.

Tepelný zátopový výkon pro jednotlivé místnosti se vypočítá dle rovnice (5.15).

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 37,675 \cdot 23 = 866,525 \text{ W}$$

5.8 Tepelný výkon pro jednotlivé místnosti

Hodnoty tepelné ztráty prostupem tepla, větráním, zátopového tepelného výkonu a celkového tepelného výkonu pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v Tab. 5-2.

Tab. 5-2: Tepelný výkon místností

Č.M.	Místnost	Tepelné ztráty prostupem	Tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
		$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	Φ_{RH}	$\Phi_{HL,i}$
		[W]	[W]	[W]	[W]
103	Expedice	839	85	351	1275
104	Fakturace	716	209	574	1499
119	Skladník	815	138	380	1333
205	Kancelář	761	156	643	1560
206	Kancelář	634	145	599	1378
207	Kancelář	608	143	589	1339
208	Kancelář	1580	315	867	2762
209	Kancelář	716	144	593	1454
Celkem					12601

6 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů

Výpočet se provádí podle normy ČSN 730548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů [10]. Výpočet je proveden pro slunný den 21. července. Tepelná zátěž je počínána zvláště pro každou místnost. Tolerance teplot v místnostech je $\pm 1\text{K}$. Výpočtem se stanoví tepelná zátěž od vnitřních zdrojů, tepelná zátěž od vnějších zdrojů a vodní zisky. Ve výpočtu se záporné hodnoty tepelných zisků menší než 100W uvažují. Pro výpočet ploch se dosazují vnitřní rozměry místností. Vzorový výpočet je proveden v odstavci 6.4 a to pro místnost 208.

6.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla

Do tepelných zisků od vnitřních zdrojů se zahrnuje produkce tepla do lidí, svítidel, elektronických zařízení, ventilátorů, produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech či ze sousedních místností.

6.1.1 Produkce tepla od lidí \dot{Q}_1 [W]

Do této produkce je zahrnuto pouze citelné teplo. Velikost produkce tepla je závislá na činnosti člověka, teplotě vzduchu v místnosti a počtu a složení skupiny lidí. Pokud pohlaví není rozlišeno, počítáme všechny jako muže. Uvažuje se produkce tepla 62 W, což je produkce citelného tepla muže při mírně aktivní práci u stolu a při teplotě 26 °C.

$$\dot{Q}_1 = i_1 \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)] \quad (6.1)$$

$$i_1 = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m \quad (6.2)$$

i_1 [-] počet lidí

i_z [-] počet žen

i_d [-] počet dětí

i_m [-] počet mužů

t_i [°C] je teplota v interiéru;

Δt [°C] maximální přípustěné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru.

6.1.2 Produkce tepla svítidel \dot{Q}_{sv} [W]

Norma předepisuje nutnost osvětlení ve vzdálenosti větší než 5m od okna. Pro výpočet použijeme měrný příkon svítidel, který je uveden v

Tab. 6-1.

$$\dot{Q}_{sv} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (6.3)$$

$$\dot{Q}_{sv} = S_{op} \cdot \dot{P}_m \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (6.4)$$

S_{op} [m²] je osvětlená plocha;

\dot{P}_m [W/m²] je měrný příkon svítidel;

\dot{P} [W] je příkon svítidel;

c_1 [-] je součinitel současnosti použití svítidel;

c_2 [-] je zbytkový součinitel.

Tab. 6-1: Produkce tepla svítidel

Typ	Příkon [W]	Měrný příkon [W/m ²]
Úsporná zářivka	15	30
Žárovka	50	75

6.1.3 Tepelné zisky od technologie

Produkce tepla od elektronických zařízení \dot{Q}_e [W]

Pro výpočet produkce tepla od elektronických zařízení je potřeba znát příkony zařízení, pro která se výpočet provádí, viz Tab. 6-3. Příkony použitých zařízení, které se nacházejí v počítaných místnostech, jsou uvedeny v Tab. 6-2.

$$\dot{Q}_{el} = \sum \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_3 \quad (6.5)$$

\dot{P} [W] je příkon elektronických zařízení;

c_1 [-] je součinitel současnosti použití svítidel;

c_3 [-] průměrné zatížení;

Tab. 6-2: Příkon elektronických zařízení v jednotlivých místnostech

Číslo místnosti	Místnost	Číslo zařízení	Příkon elektrických zařízení \dot{P} [W]
104	Fakturace	2+5	200+75
119	Skladník	2+5	200+75
205	Kancelář	5·2+5·5+3	5·200+5·75+215
206	Kancelář	4·2+4·5+3	4·200+4·75+215
207	Kancelář	4·2+4·5+3	4·200+4·75+215
208	Kancelář	2·2+2·5	2·200+2·75
209	Kancelář	2·2+2·5+4+6	2·200+2·75+100+1100

Tab. 6-3: Příkon elektronických zařízení

Přístroj		Příkon [W]	Součinitel současnosti c_1 [-]
1	Notebook	40	1
2	Počítač	200*)	1
3	Tiskárna stolní - laserová	215*)	0,2
4	Scener	100	0,2
5	Monitor- střední velikosti 16"-18"	75	1
6	Kopírovací stroj-pro větší kanceláře	1100*)	0,2

*) Pro maximální provoz

Produkce tepla od ventilátorů \dot{Q}_v [W]

Prochází-li vzduch ventilátorem, dochází k jeho ohřátí. Velikost ohřátí vzduchu je ovlivněno polohou elektromotoru ventilátoru. Celý příkon elektromotoru se mění v teplo, pokud se nachází ventilátor s elektromotorem v proudě upravovaného vzduchu. Pak se produkce tepla vypočítá dle vzorce:

$$\dot{Q}_v = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta_v \cdot \eta_m} \quad (6.6)$$

kde:

\dot{V} [m³/s] je průtok vzduchu ventilátorem;

Δp [Pa] je celkový tlak ventilátoru;

η_v [-] je účinnost ventilátoru, dle údajů výrobce;

η_m [-] je účinnost elektromotoru.

Pro případ umístění elektromotoru ventilátoru mimo proud upravovaného vzduchu se produkce tepla počítá dle vzorce:

$$\dot{Q}_v = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta_v} \quad (6.7)$$

$$\dot{V} = \dot{V}_c + \dot{V}_e \quad (6.8)$$

\dot{V}_c [m³/s] je průtok cirkulačního vzduchu ventilátorem;

\dot{V}_e [m³/s] je minimální množství venkovního vzduchu;

Minimální množství venkovního vzduchu \dot{V}_e je uvedeno v Tab. 3-1. Množství cirkulačního vzduchu \dot{V}_c zatím není známo. Pro výpočet se uvažuje \dot{V}_e je 20% z celkového přiváděného vzduchu.

6.1.4 Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech-zisk, ztráta ve vzduchovodu

Výpočet se provádí pro neizolované, špatně izolované vzduchovody nebo pro vzduchovody vystavěné vnějším podmínkám. Pokud je vzduchovod izolovaný a není vystavěný vnějším podmínkám, výpočet se neprovádí, protože zisk je zanedbatelný.

$$\dot{Q}_{vzd} = U_{vzd} \cdot S_{vzd,po} \cdot \Delta t_m = \rho \cdot c_p \cdot w_{vzd} \cdot S_{vzd,prů} \quad (6.9)$$

kde:

U_{vzd} [W/(m²·K)] je součinitel přestupu tepla ze vzduchovodu do okolí;

$S_{vzd,po}$ [m²] je povrch vzduchovodu;

Δt_m [°C] je střední rozdíl teplot mezi vzduchem v potrubí a okolí;

ρ [kg/m³] je hustota vzduchu;

c_p [J/kg·K] je měrná tepelná kapacita vzduchu;

w_{vzd} [m/s] je střední průtočná rychlost vzduchu potrubím;

$S_{vzd,prů}$ [m²] je průtočná plocha vzduchovodu.

6.1.5 Jiné zdroje \dot{Q}_{vm} [W]

Sousedí-li klimatizovaná místnost, do které je navrhováno klimatizační zařízení, s místností, v níž je jiná teplota, počítají se tepelné zisky dle rovnice (6.10). Tepelné zisky ze sousedních místností počítáme na základě známých parametrů stěn rozdělující tyto místnosti s počítanou místností a rozdílu teplot mezi těmito místnostmi. Do výpočtu se nezahrnuje stěna, která odděluje místnost od venkovního prostředí.

$$\dot{Q}_{vm} = U \cdot S \cdot (t_{is} - t_i) \quad (6.10)$$

U [W/m²K] je součinitel prostupu tepla stěnou;

S [m²] je plocha stěny;

t_{is} [°C] je teplota v sousední místnosti;

t_i [°C] je teplota v interiéru klimatizované místnosti;

6.2 Tepelné zisky od vnějších zdrojů

Do tepelných zisků od vnějších zdrojů se zahrnují tepelné zisky radiací okny, prostupem tepla okny, zisky vnějšími konstrukcemi (podlaha do zeminy, střecha, venkovní obvodová stěna) a tepelné zisky infilrací venkovního vzduchu.

6.2.1 Tepelná zátěž okny

Pro výpočet tepelné zátěže okny jsou důležité hodnoty o poloze slunce a intenzity sluneční radiace, které se vypočítají dle níže uvedených vzorců.

Poloha slunce

Sluneční deklinace δ [°]

Sluneční deklinace δ [°] je úhel, který svírá spojnice středu Slunce se středem Země (čili směr slunečních paprsků) s rovinou zemského rovníku. Hodnoty pro daný měsíc M jsou uvedeny v normě [10] tab.3. Sluneční deklinace lze vypočítat dle vztahu:

$$\delta = 23,5 \cdot \sin[(M - 1) \cdot 30 + D - 81] \quad (6.11)$$

kde D je číslo dne v daném měsíci;

Pro 21.červenec se δ rovná:

$$\delta = 23,5 \cdot \sin[(M - 1) \cdot 30 + D - 81] = 23,5 \cdot \sin[(7 - 1) \cdot 30 + 21 - 81] = 20,35^\circ$$

Výška slunce nad obzorem h [°]

Výška slunce nad obzorem h [°] je skutečná úhlová vzdálenost mezi horizontem a sluncem v místě pozorování. Výška slunce nad obzorem se pro 50° severní šířky určí z tab. 4 v [10] nebo dle daného vztahu:

$$\sin h = \sin \psi \cdot \sin \delta - \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos(15\tau) \quad (6.12)$$

kde:

τ [h] je sluneční čas;

ψ [°] je zemská šířka.

Sluneční azimut a [°]

Sluneční azimut a [°] je velikost úhlu určeného od severu ve směru otáčení hodinových ručiček. Velikost úhlu je pro daný směr je možno najít v normě [10] tab. 4 nebo lze vypočítat podle vzorce:

$$\sin a_c = \frac{\sin(15 \cdot \tau) \cdot \cos \delta}{\cos h} \quad (6.13)$$

Pro úhly $a_c < 90$ je:

$$a_c = a \quad (6.14)$$

Pro úhly $a_c > 90$ je:

$$a = 180 - a_c \quad (6.15)$$

kde:

τ [h] je sluneční čas;

δ [°] je sluneční deklinace;

h [°] je výška slunce nad obzorem;

a_c [°] je pomocný úhel;

Úhel Θ [°]

Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků Θ [°] se vypočítá ze vztahu:

$$\cos \Theta = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \cdot \sin \alpha \cdot \cos(a - \gamma) \quad (6.16)$$

kde:

α [°] je úhel stěny s vodorovnou rovinou (braný na straně odvrácené od slunce);

γ [°] azimutový úhel normály stěny;

Intenzita sluneční radiace

Intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou ke směru slunečních paprsků I_D [W/m²]

$$I_D = i \cdot \exp \left[-0,1 \cdot z \cdot \left(\frac{16 - H}{16 + H} \cdot \frac{1}{\sin h} \right)^{0,8} \right] \quad (6.17)$$

z [-] je součinitel znečištění atmosféry;

H [km] nadmořská výška;

i [W/m²] je sluneční konstanta $i=1350$ W/m²;

Pro Českou republiku se bere průměr $H=0,3$ km

$$I_D = i \cdot \exp[-0,1 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}] \quad (6.18)$$

i [W/m²] je sluneční konstanta;

h [°] je výška slunce nad obzorem;

z [-] součinitel znečištění atmosféry;

Intenzita přímé sluneční radiace na plochu libovolně orientovanou vzhledem ke směru paprsků \dot{I}_{DS} [W/m²]

$$\dot{I}_{DS} = \dot{I}_D \cdot \cos \Theta \quad (6.19)$$

\dot{I}_D [W/m²] je intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou ke směru slunečních paprsků;
 Θ [°] je úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků.

Intenzita difúzní sluneční radiace \dot{I}_d [W/m²]

$$\dot{I}_d = \left[i - \dot{I}_D - (1080 - 1,4 \cdot \dot{I}_D) \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \frac{\sin h}{3} \quad (6.20)$$

Zjednodušení výpočtu intenzity difúzní sluneční radiace pro svislé stěny:

$$\dot{I}_d = (i - 0,5 \cdot \dot{I}_D) \cdot \frac{\sin h}{5} \quad (6.21)$$

i [W/m²] je sluneční konstanta;

\dot{I}_D [W/m²] je intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou ke směru slunečních paprsků;

α [°] je úhel stěny s vodorovnou rovinou (braný na straně odvrácené od slunce);

h [°] je výška slunce nad obzorem.

Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardním jednoduchým sklem T_D [-]

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\Theta}{100} \right)^5 \quad (6.22)$$

Θ [°] úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků;

Celková propustnost difúzní sluneční radiace T_d [-]

Celková propustnost difúzní sluneční radiace T_d [-] standardního skla je stálá. Tato hodnota je nezávislá na poloze slunce.

$$T_d = 0,85$$

Celková intenzita sluneční radiace oknem libovolně skloněným \dot{I}_O [W/m²]

$$\dot{I}_O = \dot{I}_{OD} + \dot{I}_{Od} = \dot{I}_{DS} \cdot T_D + \dot{I}_d \cdot T_d \quad (6.23)$$

\dot{I}_{OD} [W/m²] je intenzita přímé radiace procházející standardním oknem;

\dot{I}_{Od} [W/m²] je intenzita difúzní radiace procházející standardním oknem;

\dot{I}_{DS} [W/m²] je intenzita přímé sluneční radiace na plochu libovolně orientovanou vzhledem ke směru paprsků;

T_D [-] je celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace;

\dot{I}_d [W/m²] je intenzita difúzní sluneční radiace;

T_d [-] je celková propustnost difúzní sluneční radiace.

6.2.2 Tepelné zisky sluneční radiací oknem

$$\dot{Q}_{or} = [S_{os} \cdot I_O \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{Od}] \cdot s \cdot n \quad (6.24)$$

S_o [m²] je povrch okna;

S_{os} [m²] je osluněný povrch okna;

I_o [W/m²] je celková intenzita sluneční radiace oknem libovolně skloněným;

c_o [-] je korekce na čistotu atmosféry;

s [-] je stínící součinitel;

n [-] je počet oken.

Stínící součinitel s [-]

Hodnoty stínícího součinitele jsou v tab. 11 v normě [10]. Pro kombinaci různých stínících součinitelů se mezi sebou hodnoty násobí.

$$s = s_1 \cdot s_2 \cdot \dots \cdot s_n \quad (6.25)$$

Osluněná plocha okna

$$S_{os} = [l_A - (e_1 - f)] \cdot [l_B - (e_2 - g)] \quad (6.26)$$

l_A, l_B [m] je šířka a výška zasklené části okna;

f, g [m] je šířka rámu;

d, c [m] je hloubka okna, hloubka okna zvětšená o hloubku blízké stěny;

e_1, e_2 [m] je délka stínu v okenním otvoru.

Na obrázku Obr. 6-1 jsou zakresleny veličiny, je-li okno v blízkosti stěny, která mu stíní. Na obrázku Obr. 6-2 jsou zakresleny veličiny, je-li okno bez stínících stěn či slunolamů.

Délka stínu

Stín e_1 je vytvořen svislou překážkou (blízká stěna, hloubka zapuštění okna v otvoru). Stín e_2 je vržený vodorovnou překážkou (hloubka zapuštění okna v otvoru).

$$e_1 = d \cdot |\tan(\alpha - \gamma)| \quad (6.27)$$

$$e_2 = c \cdot \left| \frac{\tan h}{\cos(\alpha - \gamma)} \right| \quad (6.28)$$

α [°] je úhel stěny s vodorovnou rovinou (braný na straně odvrácené od slunce);

γ [°] azimutový úhel normály stěny;

h [°] výška slunce nad obzorem.

Zvláštní případy výpočtu osluněné plochy oken S_{os} jsou uvedeny v rovnicích (6.29), (6.30) a (6.31). Pokud hodnoty délky stínu e_1, e_2 jsou menší jak f, g výpočet se provede dle rovnic:

pro $e_1 < f$

$$S_{os} = l_A \cdot [l_B - (e_2 - g)] \quad (6.29)$$

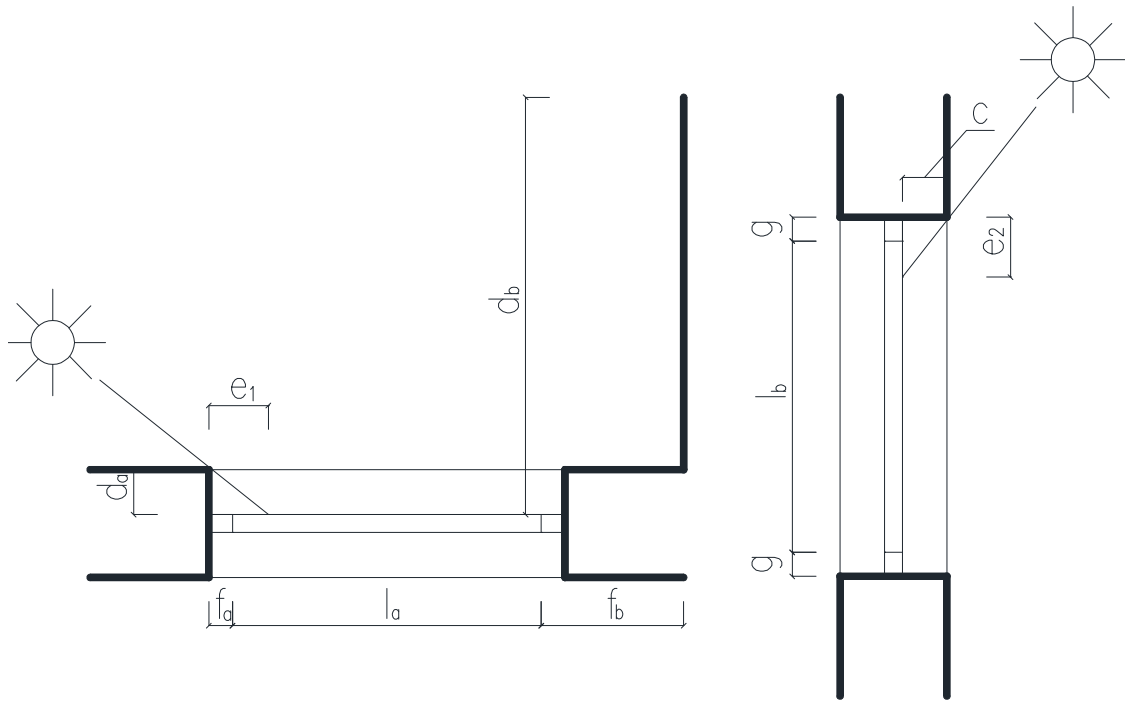
pro $e_2 < g$

$$S_{os} = l_B \cdot [l_A - (e_1 - f)] \quad (6.30)$$

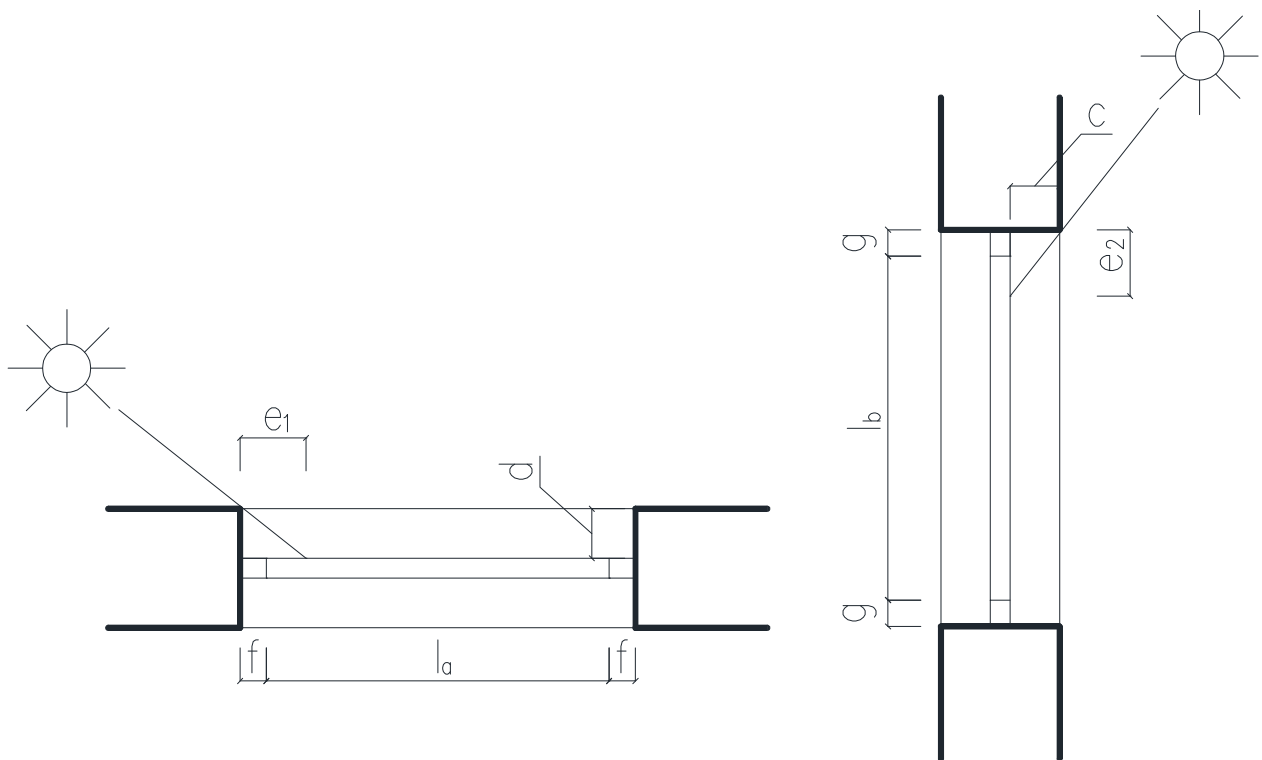
pro $e_1 < f, e_2 < g$

$$S_{os} = l_A \cdot l_B \quad (6.31)$$

Pokud hodnota délky stínu $e_1 - f$ je větší než l_A , osluněná plocha oken S_{os} je rovna nule. Pokud hodnota délky stínu $e_2 - g$ je větší než l_B , osluněná plocha oken S_{os} je rovna nule.



Obr. 6-2: Označení oken s blízkou stěnou



Obr. 6-1: Označení oken bez slunolamů a blízkých stěn

Snížení zisků vlivem akumulace

Připustíme-li kolísání vnitřní teploty, tepelný zisk sluneční radiací se sníží o teplo akumulované do konstrukcí obklopující počítanou místnost. Konstrukce osluněná se do akumulace nepočítá.

Snížení tepelných zisků od osluněných oken vlivem akumulace se stanoví ze vztahu:

$$\Delta\dot{Q} = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t \quad (6.32)$$

kde:

$\Delta\dot{Q}$ [W] je snížení hodnoty tepelných zisků od oslunění oken;

M [kg] je hmotnost obvodových stěn, podlahy a stropu;

Δt [°C] je maximální připuštěné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru.

Hmotnost konstrukce M pro stěny tenčí než 0,16 m je:

$$M = \frac{\rho \cdot S \cdot d}{2} \quad (6.33)$$

Hmotnost konstrukce M pro stěny silnější než 0,16 m je:

$$M = \rho \cdot S \cdot d_a \quad (6.34)$$

kde:

ρ [kg/m³] je hustota konstrukce;

S [m²] je plocha konstrukce;

d_a [m] je akumuláční vrstva;

d [m] je tloušťka konstrukce;

Jako hmotnost stěn, podlah a stropu pro akumulaci tepla se uvažuje jejich hmotnost poloviční tloušťky dané konstrukce. Při konstrukci o tloušťce větší než 0,16 m se uvažuje akumuláční tloušťka 0,08 m.

Tepelný zisk sluneční radiací okny zmenšený o akumulaci

Skutečný zisk sluneční radiací bude v případě povoleného překročení teploty v klimatizovaném prostoru zmenšen o tepelný tok do konstrukcí obklopující počítanou místnost.

$$\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q} \quad (6.35)$$

Průměrný tepelný zisk sluneční radiací okny v době provozu

Výsledky dílčích slunečních zisků radiací okny zprůměrujeme počtem pracovní doby. Je-li úhel mezi normálou okna a směrem slunečních paprsků větší než 90° je skutečná osluněná plocha oken pro tyto hodiny nulová a proto je přímá sluneční intenzita rovna nule.

$$\dot{Q}_{orm} = \sum_{i=1}^n \frac{\dot{Q}_{ori}}{n} \quad (6.36)$$

n [-] počet hodin provozu klimatizačního zařízení.

Tepelný zisk sluneční radiací okny

$$Q_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}; \dot{Q}_{orm}) \quad (6.37)$$

6.2.3 Tepelné zisky okna prostupem

$$\dot{Q}_{ok} = U_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i) \quad (6.38)$$

\dot{Q}_{ok} [W] je tepelný zisk okna prostupem;

U_o [W/m²·K] je součinitel prostupu tepla oknem;

S_o [m²] je plocha okna včetně rámu;

t_e [°C] je teplota v exteriéru;

t_i [°C] je teplota v interiéru;

6.2.4 Tepelné zisky vnějšími stěnami

Pro výpočty se dělí venkovní stěny do tří skupin - stěny lehké, středně těžké a těžké. Rovnocennou sluneční teplotu vzduchu t_r lze vypočítat dle rovnice (6.39). Pro typický letní den s nejvyšší teplotou vzduchu 30 °C při intenzitách sluneční radiace v normě [10] v tabulce 5 a při $\varepsilon = 0,6$ jsou rovnocenné sluneční teploty uvedeny v tabulce 13.

$$t_r = t_e + \frac{\varepsilon \cdot \dot{I}_s}{\alpha_e} \quad (6.39)$$

$$\dot{I}_s = \dot{I}_{DS} + \dot{I}_d \quad (6.40)$$

\dot{I}_s [W/m²] je intenzita přímé a difúzní sluneční radiace dopadající na stěnu;

\dot{I}_{DS} [W/m²] je intenzita přímé sluneční radiace na plochu libovolně orientovanou vzhledem ke směru paprsků;

\dot{I}_d [W/m²] je intenzita difúzní sluneční radiace;

ε [-] je součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci v normě [10] v tabulce 12;

α_e [W/(m²·K)] je součinitel přestupu tepla na vnější straně;

➤ Stěny lehké $\delta \leq 0,08$

$$\dot{Q}_s = U \cdot S \cdot (t_r - t_i) \quad (6.41)$$

U [W/m²·K] je součinitel prostupu tepla venkovní stěny;

S [m²] je plocha stěny;

t_r [°C] je rovnocenná sluneční teplota vzduchu;

t_i [°C] je teplota v interiéru;

➤ Středně těžké stěny $\delta = (0,08-0,45 \text{ m})$

$$\dot{Q}_s = U \cdot S \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] \quad (6.42)$$

U [W/m²·K] je součinitel prostupu tepla venkovní stěny;

S [m²] je plocha stěny;

t_{rm} [°C] je průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 h;
 t_i [°C] je teplota v interiéru;
 m [-] je součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou;
 $t_{r\psi}$ [°C] je rovnocenná sluneční teplota v době o ψ dřívější.

Posunutí teplotních kmitů ψ [h]

$$\psi \cong 32 \cdot \delta - 0,5 \quad (6.43)$$

Zmenšení teplotního kolísání m [-]

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot \delta}{2500^\delta} \quad (6.44)$$

δ [m] je tloušťka stěny;

➤ Stěny těžké pro $\delta \geq 0,45$

$$\dot{Q}_s = U \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) \quad (6.45)$$

U [W/m²·K] je součinitel prostupu tepla venkovní stěny;

S [m²] je plocha stěny;

t_{rm} [°C] je průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 h;

t_i [°C] je teplota v interiéru;

6.2.5 Tepelné zisky z přívodu venkovního vzduchu

Zátěž plynoucí z přívodu venkovního vzduchu do klimatizačního zařízení se vypočítá dle rovnice:

$$\dot{Q}_{ec} = \dot{V}_e \cdot \rho \cdot c_p \cdot [t_e - (t_i + \Delta t)] \quad (6.46)$$

kde:

\dot{Q}_{ec} [W] zátěž plynoucí z přívodu venkovního vzduchu do klimatizačního zařízení;

\dot{V}_e [m³/s] je přívod venkovního vzduchu;

ρ [kg/m³] je hustota vzduchu;

c_p [J/(kg·K)] je měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku;

t_e [°C] je teplota v exteriéru;

t_i [°C] je teplota v interiéru;

Δt [°C] je maximální přípustěné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru.

6.2.6 Vodní zisky

Při teplotě povrchu, z kterého dochází k odpařování, vyšší než je teplota vzduchu se odebírá teplo pro odpaření přímo z vody. Patří sem produkce páry člověkem či odpařování z hladiny.

Tepelná zátěž vnitřního prostoru vázaným teplem, tj. produkce páry od lidí

$$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1 \quad (6.47)$$

\dot{Q}_{iv} [W] je tepelná zátěž vnitřního prostoru vázaným teplem;

$l_{23} = 2,5 \cdot 10^6$ J/kg je měrné výparné teplo vody;

M_w [kg/s] je produkce páry člověkem;

i_1 [-] je počet osob v místnosti.

6.3 Výsledná tepelná zátěž

Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem

$$\dot{Q}_{ic} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_{sv} + \dot{Q}_{el} + \dot{Q}_v + \dot{Q}_{vzd} + \dot{Q}_{vm} + \dot{Q}_{ok} + \dot{Q}_{or,c} + \dot{Q}_s \quad (6.48)$$

Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_{ic} + \dot{Q}_{ec} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_{sv} + \dot{Q}_{el} + \dot{Q}_v + \dot{Q}_{vzd} + \dot{Q}_{vm} + \dot{Q}_{ok} + \dot{Q}_{or,c} + \dot{Q}_s + \dot{Q}_{ec} \quad (6.49)$$

Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_{ic} + \dot{Q}_{iv} \quad (6.50)$$

Celková tepelná zátěž všech prostorů dohromady je uvedena v Tab. 6-8. Tabulky výpočtů tepelných zátěží pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v příloze C. Tepelné zisky

6.4 Vzorový výpočet tepelné zátěže pro místnost 208

Místnost 208 je kancelář ředitele. Podlahová plocha místnosti je 38,68 m². Místnost je situována v pravém rohu budovy. Orientace oken je na JV a JZ. Okna jsou plastová s dvojitým sklem a s meziokenní žaluzií. Výpočtová hodina je 15 hodin zimního času, protože pro tuto hodinu jsou očekávány největší tepelné zisky. Světla výška místnosti je 3,6 m. Počet lidí uvažovaných pro výpočet je 2. Přívod a odvod vzduchu je uvažován pro mírně aktivní práci u stolu 50 m³/h·os. Teplota interiéru je 26 °C. Venkovní výpočtová teplota je 30 °C.

6.4.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla

Produkce tepla od lidí \dot{Q}_1

Výpočet tepelné zátěže od lidí je proveden dle rovnice (6.1). Počet osob i_1 je uveden v Tab. 3-1.

$$\dot{Q}_1 = i_1 \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)] = 2 \cdot 6,2 \cdot [36 - (26 + 1)] = 111,6 \text{ W}$$

Produkce tepla svítidel \dot{Q}_{sv}

Výpočet tepelné zátěže od svítidel proveden dle rovnice (6.4).

$$\dot{Q}_{sv} = S_{op} \cdot \dot{P}_m \cdot c_1 \cdot c_2 = 1,35 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 1 = 41 \text{ W}$$

$$S_{op} = 1,35 \cdot 1 = 1,35 \text{ m}^2$$

U hlubších místností se počítá osvětlená plocha S_{op} ve vzdálenosti větší než 5 m od oken a proto je osvětlená plocha S_{op} je 1,35 m². Měrný příkon svítidel je uveden v

Tab. 6-1 a pro tuto místnost je uvažováno osvětlení pomocí úsporných žárovek, a proto je měrný příkon svítidel $\dot{P}_m = 30 \text{ W/m}^2$. Hodnota součinitele současnosti použití svítidel c_1 a zbytkového součinitele c_2 je zvolena 1.

Produkce tepla od elektrických zařízení \dot{Q}_e

Výpočet tepelné zátěže od elektrických zařízení je proveden dle rovnice (6.5).

$$\dot{Q}_{el} = \sum \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_3 = (2 \cdot 200 + 2 \cdot 75) \cdot 1 \cdot 1 = 550 \text{ W}$$

Příkon elektronických zařízení \dot{P} je uveden v Tab. 6-2. V místnosti 208 jsou počítány dva počítače o výkonu 200 W a dva monitory o výkonu 75 W. Hodnota součinitele současnosti použití svítidel c_1 a průměrného zatížení c_3 je zvolena 1.

Produkce tepla od ventilátorů \dot{Q}_v

Výpočet tepelné zátěže od ventilátorů je proveden dle rovnice (6.6) a výpočet průtoku vzduchu ventilátorem dle rovnice (6.9).

$$\dot{Q}_v = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta_v \cdot \eta_m} = \frac{0,139 \cdot 500}{0,6 \cdot 0,7} = 29 \text{ W}$$

$$\dot{V} = \dot{V}_c + \dot{V}_e = \frac{100}{20} \cdot 0,0278 = 0,139 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{V}_e \dots \dots \dots 20\% \dots \dots \dots 0,0278 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{V} \dots \dots \dots 100\% \dots \dots \dots ? \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Minimální množství venkovního vzduchu \dot{V}_e je uvedeno v Tab. 3-1. Množství cirkulačního vzduchu \dot{V}_c zatím není známo. Pro výpočet se uvažuje \dot{V}_e je 20% z celkového přiváděného vzduchu. Účinnost ventilátoru η_v byla zvolena 0,6 a účinnost elektromotoru η_m 0,7. Celkový tlak ventilátoru Δp byl zvolen 500 Pa.

Jiné zdroje \dot{Q}_{vm}

Výpočet tepelných zisků vnitřní konstrukcí (podlahou z místnosti 102) proveden dle rovnice (6.10).

$$\dot{Q}_{vm} = U \cdot S \cdot (t_{is} - t_i) = 0,366 \cdot 10,498 \cdot (30 - 26) = 15 \text{ W}$$

Součinitel prostupu tepla U je uveden v Tab. 4-4, jedná se o konstrukci stropu s povrchovou úpravou podlahy- dlažba. Plocha S je plocha konstrukce stropu z místnosti 102 společná s místností 208.

6.4.2 Produkce tepla od vnějších zdrojů

Tepelná zátěž okny

Tepelné zisky okny prostupem \dot{Q}_{ok}

Výpočet tepelné zátěže okny prostupem tepla je proveden dle rovnice (6.38).

$$\dot{Q}_{ok} = U_o \cdot \dot{S}_o \cdot (t_e - t_i) = 1,2 \cdot 6 \cdot (30 - 26) + 3,375 \cdot 1,2 \cdot (30 - 26) = 45 \text{ W}$$

Tepelné zisky sluneční radiací oknem $\dot{Q}_{or,c}$

➤ Výpočet JV okno

Na JV stěně místnosti 208 se umístěno jedno okno o rozměrech 2,25x1,5 m. Šířka rámu okna je $f = g = 0,1$ m. Velikost zasklení je $l_a = 2,05$ m a $l_b = 1,3$ m. Hloubka okna $c = d = 0,155$ m. Azimutový úhel normály stěny je pro JV $\gamma = 135^\circ$. Úhel stěny

s vodorovnou rovinou $\alpha = 90^\circ$. Součinitel znečištění atmosféry pro měsíc červenec má dle normy [10] str. 6 hodnotu $z = 5$.

Výpočet výšky slunce nad obzorem je proveden dle rovnice (6.12).

$$\begin{aligned}\sin h &= \sin \psi \cdot \sin \delta - \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos(15\tau) = \\ &= \sin 50 \cdot \sin 20,35 - \cos 50 \cdot \cos 20,35 \cdot \cos(15 \cdot 15) = 0,6925\end{aligned}$$

$$h = 44^\circ$$

Výpočet velikosti slunečního azimutu je proveden z rovnic (6.13) a (6.15).

$$\sin a_c = \frac{\sin(15 \cdot \tau) \cdot \cos \delta}{\cos h} = \frac{\sin(15 \cdot 15) \cdot \cos 20,35}{\cos 44} = -0,9216$$

$$a_c = -67,167^\circ$$

$$a = 180 - a_c = 180 - (-67,167) = 247,2^\circ$$

Výpočet úhlu mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků je proveden dle rovnice (6.16).

$$\cos \Theta = \cos h \cdot \cos(a - \gamma) = \cos 44 \cdot \cos(247 - 135) = -0,2694$$

$$\Theta = 105,5^\circ$$

Výpočet intenzity přímé sluneční radiace na plochu kolmou ke směru slunečních paprsků je proveden dle rovnice (6.18).

$$\dot{I}_D = 1350 \cdot \exp[-0,1 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}] = 1350 \cdot \exp[-0,1 \cdot 5 \cdot (\sin 44)^{-0,8}] = 704,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Výpočet intenzity difúzní sluneční radiace je proveden dle rovnice (6.21).

$$\dot{I}_d = (1350 - 0,5 \cdot \dot{I}_D) \cdot \frac{\sin h}{5} = (1350 - 0,5 \cdot 704,3) \cdot \frac{\sin 44}{5} = 138,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Výpočet intenzity přímé sluneční radiace na plochu libovolně orientovanou vzhledem ke směru paprsků je proveden dle rovnice (6.19).

$$\dot{I}_{DS} = \dot{I}_D \cdot \cos \Theta = 704,3 \cdot \cos 105,5 = -188 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \rightarrow 0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Výpočet celkové poměrné propustnosti přímé sluneční radiace je proveden dle rovnice (6.22).

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\Theta}{100}\right)^5 = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{104,9}{100}\right)^5 = -1,06$$

Celková propustnost difúzní sluneční radiace je konstantní hodnota, která je uvedena v [10] odstavec 63.

$$T_d = 0,85$$

Hodnota stínícího součinitele je závislá na počtu a druhu stínících prvků. Pro dvojitě sklo je $s_1 = 0,9$ a pro meziokenní žaluzie (prostor nevětrán) je $s_2 = 0,5$. Výpočet stínícího součinitele je proveden dle rovnice (6.25).

$$s = s_1 \cdot s_2 = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45$$

Výpočet celkové intenzity sluneční radiace oknem libovolně skloněným je proveden dle rovnice (6.23).

$$\dot{I}_o = \dot{I}_{DS} \cdot T_D + \dot{I}_d \cdot T_d = 0 \cdot -1 + 138,2 \cdot 0,85 = 117,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Výpočet délky stínů je proveden dle rovnic (6.27) a (6.28).

$$e_1 = d \cdot |\tan(\alpha - \gamma)| = 0,155 \cdot \tan(246 - 135) = 0,39$$

$$e_2 = c \cdot \frac{\tan h}{\cos(\alpha - \gamma)} = 0,155 \cdot \frac{\tan 44}{\cos(90 - 135)} = 0,40$$

V 15 hodin na JV stranu nesvítí, proto je osvětlená plocha okna 0 m^2 .

$$S_{os1} = 0 \text{ m}^2$$

Pro městskou oblast je korekce na čistotu atmosféry $c_o = 0,85$.

Tepelný zisk sluneční radiací oknem v 15 hodin je vypočítán dle rovnice (6.24).

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{or1} &= [S_{os} \cdot \dot{I}_o \cdot + (S_o - S_{os}) \cdot \dot{I}_{o,d}] \cdot s \cdot n = \\ &= [0 \cdot 118 \cdot 0,85 + (3,375 - 0) \cdot 118] \cdot 0,45 \cdot 1 = 178 \text{ W} \end{aligned}$$

➤ Výpočet JZ okna

Na JZ stěně místnosti 208 se nacházejí dvě okna stejné velikosti. Rozměry okna jsou $2 \times 1,5 \text{ m}$. Šířka rámu okna je $f = g = 0,1 \text{ m}$. Velikost zasklení je $l_a = 1,8 \text{ m}$ a $l_b = 1,3 \text{ m}$. Hloubka okna $c = d = 0,155 \text{ m}$. Azimutový úhel normály stěny je pro JZ $\gamma = 225^\circ$. Úhel stěny s vodorovnou rovinou $\alpha = 90^\circ$. Součinitel znečištění atmosféry pro měsíc červenec má dle normy [10] str. 6 hodnotu $z = 5$.

Výpočet výšky slunce nad obzorem je proveden dle rovnice (6.12).

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin \psi \cdot \sin \delta - \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos(15\tau) = \\ &= \sin 50 \cdot \sin 20,35 - \cos 50 \cdot \cos 20,35 \cdot \cos(15 \cdot 15) = 0,6925 \end{aligned}$$

$$h = 44^\circ$$

Výpočet velikosti slunečního azimutu je proveden z rovnic (6.13) a (6.15).

$$\sin a_c = \frac{\sin(15 \cdot \tau) \cdot \cos \delta}{\cos h} = \frac{\sin(15 \cdot 15) \cdot \cos 20,35}{\cos 44} = -0,9216$$

$$a_c = -67,167^\circ$$

$$a = 180 - a_c = 180 - (-67,167) = 247,2^\circ$$

Výpočet úhlu mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků je proveden dle rovnice (6.16).

$$\cos \Theta = \cos h \cdot \cos(a - \gamma) = \cos 44 \cdot \cos(247 - 225) = 0,667$$

$$\Theta = 48,17^\circ$$

Výpočet intenzity přímé sluneční radiace na plochu kolmou ke směru slunečních paprsků je proveden dle rovnice (6.18).

$$\dot{I}_D = 1350 \cdot \exp[-0,1 \cdot z \cdot (\sin h)^{-0,8}] = 1350 \cdot \exp[-0,1 \cdot 5 \cdot (\sin 44)^{-0,8}] = 704,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Výpočet intenzity difúzní sluneční radiace je proveden dle rovnice (6.21).

$$\dot{I}_d = (1350 - 0,5 \cdot \dot{I}_D) \cdot \frac{\sin h}{5} = (1350 - 0,5 \cdot 704,3) \cdot \frac{\sin 44}{5} = 138,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Výpočet intenzity přímé sluneční radiace na plochu libovolně orientovanou vzhledem ke směru paprsků je proveden dle rovnice (6.19).

$$\dot{I}_{DS} = I_D \cdot \cos \Theta = 704,3 \cdot \cos 48 = 472 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Výpočet celkové poměrné propustnosti přímé sluneční radiace je proveden dle rovnice (6.22).

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\Theta}{100}\right)^5 = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{48}{100}\right)^5 = 0,83$$

Celková propustnost difúzní sluneční radiace je konstantní hodnota, která je uvedena v [10] odstavec 63.

$$T_d = 0,85$$

Hodnota stínícího součinitele je závislá na počtu a druhu stínících prvků. Pro dvojitě sklo je $s_1 = 0,9$ a pro meziokenní žaluzie (prostor nevětrán) je $s_2 = 0,5$. Výpočet stínícího součinitele je proveden dle rovnice (6.25).

$$s = s_1 \cdot s_2 = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45$$

Výpočet celkové intenzity sluneční radiace oknem libovolně skloněným je proveden dle rovnice (6.23).

$$\dot{I}_o = \dot{I}_{DS} \cdot T_D + \dot{I}_d \cdot T_d = 472 \cdot 0,83 + 138,2 \cdot 0,85 = 510,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Výpočet délky stínů je proveden dle rovnic (6.27) a (6.28).

$$e_1 = d \cdot |\tan(\alpha - \gamma)| = 0,155 \cdot \tan(246 - 225) = 0,062$$

$$e_2 = c \cdot \frac{\tan h}{\cos(\alpha - \gamma)} = 0,155 \cdot \frac{\tan 44}{\cos(90 - 225)} = 0,16$$

Pokud platí pro $e_1 < f$ pro výpočet osluněné plochy okna se použije rovnice (6.29).

$$S_{os2} = l_A \cdot [l_B - (e_2 - g)] = 1,8 \cdot [1,3 - (0,16 - 0,1)] = 2,54 \text{ m}^2$$

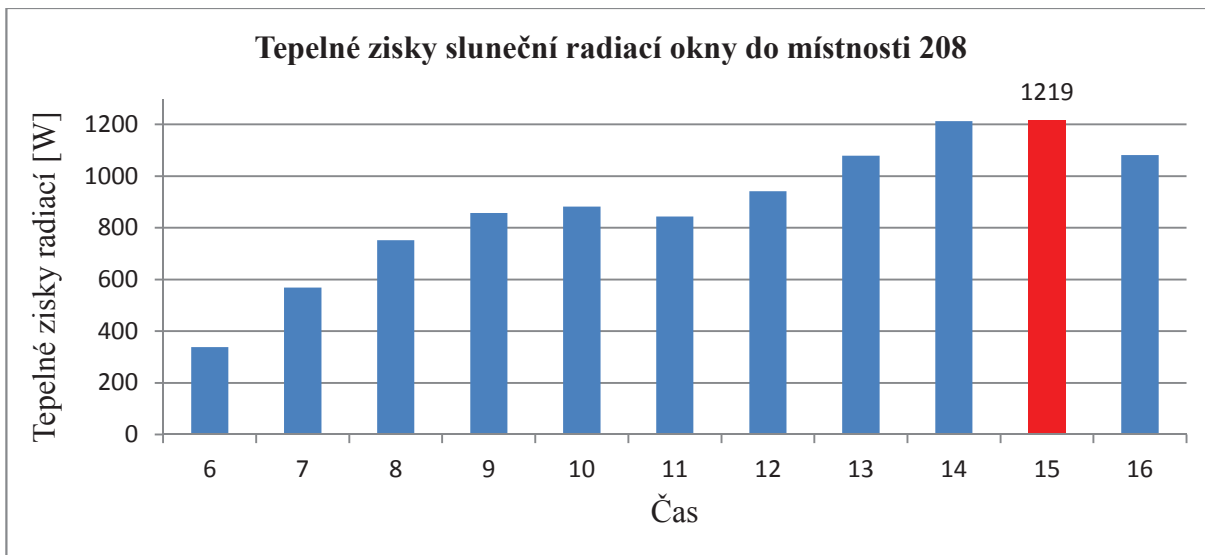
Pro městskou oblast je korekce na čistotu atmosféry $c_o = 0,85$.

Tepelný zisk sluneční radiací oknem v 15 hodin je vypočítán dle rovnice (6.24).

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{or2} &= [S_{os} \cdot \dot{I}_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot \dot{I}_{o,d}] \cdot s \cdot n = \\ &= [2,54 \cdot 510,2 \cdot 0,85 + (3,375 - 2,54) \cdot 117,5] \cdot 0,45 \cdot 2 = 1040 \text{ W} \end{aligned}$$

Tab. 6-4: Výpočet tepelných zisků okny do místnosti 208 radiací pro každou hodinu

Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{or1}	W	193	357	482	540	529	454	330	219	198	178	152
\dot{Q}_{or2}	W	145	212	270	317	353	390	611	861	1014	1040	930
$\dot{Q}_{or1} + \dot{Q}_{or2}$		338	569	752	857	882	844	941	1079	1212	1219	1082
$\dot{Q}_{or,max}$		1219										



Obr. 6-3: Tepelné zisky sluneční radiací okny do místnosti 208

Snížení zisků vlivem akumulace

Připustíme-li kolísání vnitřní teploty, tepelný zisk sluneční radiací se sníží o teplo akumulované do konstrukcí obklopující počítanou místnost. Konstrukce osluněná se do akumulace nepočítá.

Plošná hustota příčky je 182 kg/m^2 a stropu/podlahy 405 kg/m^2 . Akumulační tloušťka $t_a = 0,08 \text{ m}$. Snížení tepelných zisků od osluněných oken vlivem akumulace se stanoví ze vztahu (6.32).

$$\Delta\dot{Q} = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t = 0,05 \cdot (m_{st} + m_s + m_p) \cdot \Delta t =$$

$$= 0,05 \cdot (4976,7 + 6932,2 + 6932,2) \cdot 1 = 0,05 \cdot 18841,1 \cdot 1 = 942,1 \text{ W}$$

Hmotnost konstrukce M pro konstrukce silnější než $0,16 \text{ m}$ je vypočítána ze vztahu (6.34).

➤ Stěna do 207 a 209

$$m_{st} = \rho_1 \cdot S_1 \cdot d_a = 870 \cdot 71,504 \cdot 0,08 = 4976,7 \text{ kg}$$

➤ Strop

$$m_s = \rho_2 \cdot S_{s,p} \cdot d_a = 2300 \cdot 37,675 \cdot 0,08 = 6932,2 \text{ kg}$$

➤ Podlaha

$$m_p = \rho_2 \cdot S_{s,p} \cdot d_a = 2300 \cdot 37,675 \cdot 0,08 = 6932,2 \text{ kg}$$

Tepelný zisk sluneční radiací okny zmenšený o akumulaci se vypočítá z rovnice (6.35).

$$\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q} = 1219 - 942,1 = 276,8 \text{ W}$$

Průměrný tepelný zisk sluneční radiací okny v době provozu se vypočítá z rovnice (6.36).

$$\dot{Q}_{orm} = \sum_{i=1}^n \frac{\dot{Q}_{ori}}{n} =$$

$$= \frac{338 + 569 + 752 + 857 + 882 + 844 + 941 + 1079 + 1212 + 1219 + 1082}{11} =$$

$$= 888,6 \text{ W}$$

Tepelný zisk sluneční radiací okny se vypočítá z rovnice (6.37).

$$Q_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}; \dot{Q}_{orm}) = \max(276,8; 888,6) = 889 \text{ W}$$

Tepelný zisk vnější stěnou

Středně těžké stěny $\delta = (0,08-0,45 \text{ m})$

➤ JV stěna

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{s1} &= U \cdot S \cdot [(t_{rm} - t_1) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] = \\ &= 0,326 \cdot 19,485 \cdot [(30,2 - 26) + 0,19 \cdot (16 - 30,2)] = 9,3 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\psi = 32 \cdot \delta - 0,5 = 32 \cdot 0,385 - 0,5 = 11,82$$

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot \delta}{2500^\delta} = \frac{1 + 7,6 \cdot 0,385}{2500^{0,385}} = 0,19$$

➤ JZ stěna

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{s2} &= U \cdot S \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] = \\ &= 0,326 \cdot 15,6 \cdot [(30,2 - 26) + 0,19 \cdot (16 - 30,2)] = 7,4 \text{ W}\end{aligned}$$

Stěny těžké pro $\delta \geq 0,45$

➤ Střecha

$$\dot{Q}_{s3} = U \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) = 0,159 \cdot 37,675 \cdot (33,6 - 26) = 45,4 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_s = \dot{Q}_{s1} + \dot{Q}_{s2} + \dot{Q}_{s3} = 9,3 + 7,4 + 45,4 = 62,1 \text{ W}$$

6.4.3 Tepelné zisky z přívodu venkovního vzduchu

Tepelné zisky z přívodu venkovního vzduchu se vypočítají dle rovnice (6.46).

$$\dot{Q}_{ec} = \dot{V}_e \cdot \rho \cdot c_p \cdot [t_e - (t_i + \Delta t)] = 0,028 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot [30 - (26 + 1)] = 100 \text{ W}$$

6.4.4 Vodní zisky

Výpočet tepla z vodních zisků se provede dle rovnice (6.47).

$$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1 = \frac{116 \cdot 2 \cdot 2,5 \cdot 10^6}{3600000} = 161,11 \text{ W}$$

6.4.5 Výsledná tepelná zátěž pro místnost 208

Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{ic} &= \dot{Q}_1 + \dot{Q}_{sv} + \dot{Q}_{el} + \dot{Q}_v + \dot{Q}_{vm} + \dot{Q}_{ok,15} + \dot{Q}_{or,c} + \dot{Q}_{s,15} = \\ &= 111,6 + 41 + 550 + 29 + 15 + 45 + 889 + 62,1 = 1742 \text{ W}\end{aligned}$$

Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem

$$\begin{aligned}\dot{Q}_c &= \dot{Q}_1 + \dot{Q}_{sv} + \dot{Q}_{el} + \dot{Q}_v + \dot{Q}_{vm} + \dot{Q}_{ok,15} + \dot{Q}_{or,c} + \dot{Q}_{s,15} + \dot{Q}_{L,15} = \\ &= 111,6 + 41 + 550 + 29 + 15 + 45 + 889 + 62,1 + 100 = 1842 \text{ W}\end{aligned}$$

Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_{ic} + \dot{Q}_{iv} = 1742 + 161,1 = \mathbf{1903 \text{ W}}$$

6.5 Tepelné zisky místností pro léto

V Tab. 6-5 jsou uvedeny maximální hodnoty letní zátěže pro jednotlivé místnosti.

Tab. 6-5: Celkové zisky místností

Místnost		Maximální hodnoty			
		\dot{Q}_{ic}	\dot{Q}_c	\dot{Q}_{iv}	\dot{Q}_i
		[W]	[W]	[W]	[W]
103	Expedice	893	1033	161	1054
104	Fakturace	1011	1111	161	1172
119	Skladník	904	974	81	985
205	Kancelář	2547	2797	403	2950
206	Kancelář	2188	2388	322	2510
207	Kancelář	2072	2272	322	2394
208	Kancelář	1742	1842	161	1903
209	Kancelář	1483	1583	161	1645

6.6 Tepelná zátěž vázaným teplem pro zimu

Výpočet tepla z vodních zisků se provede dle rovnice (6.47). Pro výpočet v zimě se v místnosti uvažuje nižší teplota jak pro výpočet v létě a proto je produkce vodní páry nižší. Pro teplotu v místnosti $t_i = 20^\circ\text{C}$ se uvažuje produkce páry jedním člověkem $M_w = 61 \frac{\text{g}}{\text{h}}$. Výpočet tepelné zátěže pro jednotlivé místnosti je uveden v Tab. 6-6.

Tab. 6-6: Tepelná zátěž vázaným teplem

Vodní zisky		Produkce páry člověkem	Výparné teplo vody	Počet osob	Vázané teplo
Označení místnosti		M_w	l_{23}	i_1	\dot{Q}_{iv}
		[g/h]	[J/kg]	[-]	[W]
103	Expedice	61	2,5E+06	2	84,7
104	Fakturace			2	84,7
119	Skladník			1	42,4
205	Kancelář			5	211,8
206	Kancelář			4	169,4
207	Kancelář			4	169,4
208	Kancelář			2	84,7
209	Kancelář			2	84,7
Celkem					932

6.7 Tepelné ztráty místností pro zimu

Celkový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ je tepelná ztráta citelným teplem pro zimní výpočet používaný v psychrometrii. Celková tepelná ztráta je součet citelného a vázaného tepla a její hodnoty jsou uvedeny v Tab. 6-7.

Tab. 6-7: Celková tepelná ztráta místností

Označení místnosti		$\dot{Q}_{ic} = \Phi_{HL,i}$	\dot{Q}_{iv}	\dot{Q}_i
		[W]	[W]	[W]
103	Expedice	-1275	84,7	-1190,3
104	Fakturace	-1499	84,7	-1414,3
119	Skladník	-1333	42,4	-1290,6
205	Kancelář	-1560	211,8	-1348,2
206	Kancelář	-1378	169,4	-1208,6
207	Kancelář	-1339	169,4	-1169,6
208	Kancelář	-2762	84,7	-2677,3
209	Kancelář	-1454	84,7	-1369,3
Celkem		-12601	932	-11669

Tab. 6-8: Celková tepelná zátěž

Celková tepelná zátěž všech posuzovaných místností													
I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů													
Pracovní doba - zimní čas			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	W	1228										
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	W	1314										
Produkce tepla od elektronických zařízení	\dot{Q}_{el}	W	5869										
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	W	338										
Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech	\dot{Q}_{vzd}	W	0										
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí	\dot{Q}_{vm}	W	570										
II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů													
Tepelné zisky okny prostupem	\dot{Q}_{ok}	W	-320	-263	-194	-122	-49	20	77	126	154	162	154
Tepelné zisky okny radiací	\dot{Q}_{or}	W	3059										
Tepelné zisky venkovní konstrukcí	\dot{Q}_s	W	375	398	371	357	343	330	319	309	304	302	304
Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	\dot{Q}_{ec}	W	-3441	-2900	-2243	-1547	-851	-193	348	812	1083	1160	1083
III. Vázané teplo													
Vodní zisky	\dot{Q}_{iv}	W	1772										
Celková tepelná zátěž													
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	\dot{Q}_{ic}	W	12432	12512	12554	12613	12672	12727	12773	12812	12835	12841	12835
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	\dot{Q}_c	W	8991	9612	10311	11066	11821	12534	13121	13624	13917	14001	13917
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	\dot{Q}_i	W	14204	14284	14326	14385	14444	14499	14545	14584	14607	14613	14607

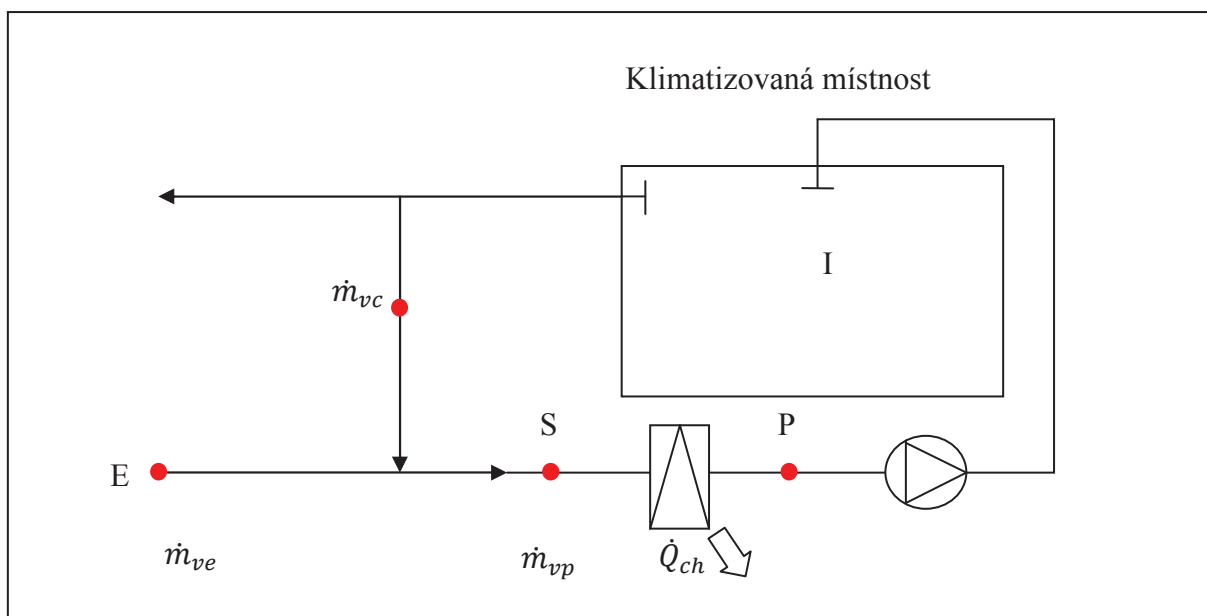
7 Psychrometrické výpočty

Psychrometrie se zabývá studiem termodynamických vlastností vlhkého vzduchu, používá se k analýze a zobrazení různých klimatizačních procesů. Psychrometrické výpočty slouží k dimenzování klimatizačního zařízení.

Pro výpočty se používají tři zjednodušení. Neuvažuje se ohřátí či ztráta tepla v rozvodných potrubích. Zvlhčování vodou se uvažuje jako izoentalpický děj a zvlhčování parou se uvažuje jako izotermický děj.

Klimatizační zařízení se dimenzuje podle letního provozu a zimní provoz se poté přizpůsobí. Schéma letního provozu je zobrazeno na Obr. 7-1 a schéma zimního provozu na Obr. 7-3.

7.1 Psychrometrický výpočet pro letní provoz



Obr. 7-1: Schéma letního provozu

Pro letní provoz lze stanovit psychrometrický výpočet třemi způsoby:

- Volba pracovního rozdílu teplot Δt_p
- Volba povrchové teploty chladiče t_{pch}
- Volba obtokového součinitele F

Vstupní hodnoty

- barometrický tlak 100 kPa

Parametry vnějšího prostředí

- teplota venkovního vzduchu $t_e = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
- relativní vlhkost venkovního vzduchu $\varphi_e = 35 \text{ } \%$

Parametry vnitřního prostředí

- teplota vnitřního vzduchu $t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$
- relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \text{ } \%$

Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru

- citelným teplem $\dot{Q}_{ic} = 12841 \text{ W}$
- vázané $\dot{Q}_{iv} = 1772 \text{ W}$
- celková $\dot{Q}_i = 14613 \text{ W}$

Množství větracího vzduchu

- venkovní $\dot{V}_e = 0,322 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Výpočet klimatizačního zařízení - volba pracovního rozdílu teplot Δt_p

1. Volba pracovního rozdílu teplot

$$\Delta t_p = t_i - t_p \quad (7.1)$$

t_p [°C] je teplota vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

t_i [°C] je teplota vzduchu v interiéru;

Δt_p [°C] je pracovní rozdíl teplot mezi vzduchem v interiéru t_i a teplotou přiváděného vzduchu t_p ;

Pracovní rozdíl teplot je zvolen podle druhu přívodních vyústek. Jako přívodní vyústky byly zvoleny vířivé vyústky a proto je $\Delta t_p = 8 \text{ K}$.

2. Směrnice změny stavu vzduchu klimatizovaného prostoru je určena z faktoru citelného tepla nebo směrového měřítka.

Faktor citelného tepla

$$\vartheta_i = \frac{\dot{Q}_{ic}}{\dot{Q}_i} \quad (7.2)$$

ϑ_i [-] je faktor citelného tepla klimatizovaného prostoru;

\dot{Q}_{ic} [W] je tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem;

\dot{Q}_i [W] je celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru;

Faktor citelného tepla klimatizovaného prostoru se vypočítá dle rovnice (7.2).

$$\vartheta_i = \frac{\dot{Q}_{ic}}{\dot{Q}_i} = \frac{12841}{14613} = 0,879$$

Směrové měřítko

$$\delta_i = \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_{wi}} = \frac{\dot{Q}_i \cdot l_{23}}{\dot{Q}_{iv}} \quad (7.3)$$

δ_i [J/kg] je směrové měřítko;

\dot{m}_{wi} [kg/s] je hmotnostní tok vyvíjené vlhkosti v klimatizovaném prostoru;

l_{23} [kJ/kg] je měrné výparné teplo vody;

\dot{Q}_{iv} [W] je tepelná zátěž vázaným teplem;

Směrové měřítko se vypočítá dle rovnice (7.3).

$$\delta_i = \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_{wi}} = \frac{\dot{Q}_i \cdot l_{23}}{\dot{Q}_{iv}} = \frac{14603 \cdot 2500}{1772} = 20614,75 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

3. Určení parametrů vnitřního a přiváděného vzduchu

Interiér (I)

Parciální tlak syté vodní páry vzduchu v interiéru

$$p''_{p,i} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_i}} \quad (7.4)$$

$p''_{p,i}$ [Pa] je parciální tlak syté vodní páry při teplotě t_i ;

Parciální tlak syté vodní páry při teplotě t_i se vypočítá dle rovnice (7.4).

$$p''_{p,i} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_i}} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{26}} = 3362,77 \text{ Pa}$$

Měrná vlhkost vzduchu v interiéru

$$x_i = \frac{r_v \cdot \varphi_i \cdot p''_{p,i}}{r_p \cdot p - \varphi_i \cdot p''_{p,i}} \quad (7.5)$$

x_i [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu v interiéru;

r_v [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta suchého vzduchu;

r_p [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta přehřáté páry;

φ_i [-] je relativní vlhkost vzduchu v interiéru;

p [Pa] je barometrický tlak vzduchu, pro který provádíme výpočet;

Měrná vlhkost vzduchu v interiéru se vypočítá dle rovnice (7.5).

$$x_i = \frac{r_v \cdot \varphi_i \cdot p''_{p,i}}{r_p \cdot p - \varphi_i \cdot p''_{p,i}} = \frac{287,1}{461,5} \cdot \frac{0,5 \cdot 3362,77}{100000 - 0,5 \cdot 3362,77} = 10,64 \frac{\text{g}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Entalpie vzduchu v interiéru

$$h_i = h_v + x_i \cdot h_p = \bar{c}_{pv} \cdot t_i + x_i \cdot (l_{23} + \bar{c}_{pp} \cdot t_i) \quad (7.6)$$

h_i [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vnitřního vzduchu při teplotě t_i a měrné vlhkosti x_i ;

h_v [kJ/kg] je měrná entalpie suchého vzduchu;

h_p [kJ/kg] je měrná entalpie přehřáté vodní páry;

t_i [°C] je teplota v interiéru;

\bar{c}_{pv} [kJ/(kg·K)] je střední měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku suchého vzduchu;

\bar{c}_{pp} [kJ/(kg·K)] je střední měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku vodní páry;

Entalpie vnitřního vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.6).

$$\begin{aligned} h_i &= h_v + x_i \cdot h_p = \bar{c}_{pv} \cdot t_i + x_i \cdot (l_{23} + \bar{c}_{pp} \cdot t_i) = 1,01 \cdot t_i + x_i \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_i) \\ &= 1,01 \cdot 26 + 0,01064 \cdot (2500 + 1,84 \cdot 26) = 53,37 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}} \end{aligned}$$

Parametry přiváděného vzduchu (P)

Teplota přivodního vzduchu t_p se vyjádří z rovnice (7.1).

$$t_p = t_i - \Delta t_p = 26 - 8 = 18^\circ\text{C}$$

Z rovnice pro výpočet entalpie přiváděného vzduchu (7.7) a rovnice směrového měřítka (7.8) dostaneme vztah pro výpočet měrné vlhkosti přiváděného vzduchu (7.9).

$$h_p = 1,01 \cdot t_p + x_p \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_p) \quad (7.7)$$

$$\delta_i = \frac{h_i - h_p}{x_i - x_p} \quad (7.8)$$

$$x_p = \frac{h_i - 1,01 \cdot t_p - \delta_i \cdot x_i}{(2500 + 1,84 \cdot t_p) - \delta_i} = \frac{58,899 - 1,01 \cdot 18 - 20614,75 \cdot 0,01281}{2500 + 1,84 \cdot 18 - 20614,75} =$$
$$= 10,183 \frac{\text{g}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}} \quad (7.9)$$

h_p [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

t_p [°C] je teplota vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

h_i [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vnitřního vzduchu při teplotě t_i a měrné vlhkosti x_i ;

x_p [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

x_i [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu v interiéru;

δ_i [J/kg] je směrové měřítko;

Po výpočtu měrné vlhkosti přiváděného vzduchu x_p můžeme vypočítat entalpii přiváděného vzduchu.

$$h_p = 1,01 \cdot t_p + x_p \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_p) = 1,01 \cdot 18 + 0,01018 \cdot (2500 + 1,84 \cdot 18)$$
$$= 43,98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Parciální tlak syté vodní páry přiváděného vzduchu

$$p''_{p,p} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_p}} \quad (7.10)$$

$p''_{p,p}$ [Pa] je parciální tlak syté vodní páry při teplotě t_p ;

Parciální tlak syté vodní páry přiváděného vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.10).

$$p''_{p,p} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_p}} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + 18}} = 2064,90 \text{ Pa}$$

Relativní vlhkost přiváděného vzduchu

$$\varphi_p = \frac{p \cdot x_p}{p''_{p,p} \cdot \left(\frac{r_v}{r_p} + x_p\right)} \quad (7.11)$$

φ_p [-] je relativní vlhkost vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

r_v [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta suchého vzduchu;

r_p [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta přehřáté páry;

p [Pa] je barometrický tlak vzduchu, pro který provádíme výpočet;

Relativní vlhkost vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru se vypočítá dle rovnice (7.11).

$$\varphi_p = \frac{p \cdot x_p}{p''_{p,p} \cdot \left(\frac{r_v}{r_p} + x_p \right)} = \frac{100000 \cdot 0,01018}{2064,90 \cdot \left(\frac{287,1}{461,5} + 0,01018 \right)} = 0,78$$

4. Množství přiváděného vzduchu

Hmotnostní tok suchého vzduchu

$$\dot{m}_{vp} = \frac{\dot{Q}_i}{h_i - h_p} \quad (7.12)$$

\dot{m}_{vp} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suchého vzduchu přiváděného do interiéru;

\dot{Q}_i [W] je celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru;

Hmotnostní tok suchého vzduchu přiváděného do interiéru se vypočítá dle rovnice (7.12).

$$\dot{m}_{vp} = \frac{\dot{Q}_i}{h_i - h_p} = \frac{14,613}{53,366 - 43,98} = 1,556 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Hmotnostní tok vlhkého přiváděného vzduchu

$$\dot{m}_p = \dot{m}_{vp} \cdot (1 + x_p) \quad (7.13)$$

\dot{m}_p [kg/s] je hmotnostní tok vlhkého vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

x_p [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

Hmotnostní tok vlhkého přiváděného vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.13).

$$\dot{m}_p = \dot{m}_{vp} \cdot (1 + x_p) = 1,556 \cdot (1 + 0,01018) = 1,572 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Objemový tok vzduchu po smíchání

$$\dot{V}_s = \frac{\dot{m}_s}{\rho_s} = \frac{\dot{m}_s}{\frac{r_v + x_s \cdot r_p}{1 + x_s} \cdot (t_s + 273)} \quad (7.14)$$

\dot{V}_s [m³/s] je objemový tok vzduchu po smíchání;

ρ_s [kg/m³] je hustota vzduchu po smíchání;

r_v [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta suchého vzduchu;

r_p [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta přehřáté páry;

p [Pa] je barometrický tlak vzduchu, pro který provádíme výpočet;

t_p [°C] je teplota vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

Objemový vzduchu po smíchání se vypočítá dle rovnice (7.14).

$$\dot{V}_s = \frac{\dot{m}_s}{\rho_s} = \frac{\dot{m}_{ps}}{p} = \frac{1,572}{100000} = \frac{(287,1 + 0,01034 \cdot 461,5) \cdot (26,93 + 273)}{1 + 0,01034} = 1,3623 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Objemový tok přiváděného vzduchu

$$\dot{V}_p = \frac{\dot{m}_p}{\rho_p} = \frac{\dot{m}_p}{p} = \frac{1,572}{100000} = \frac{(287,1 + 0,01034 \cdot 461,5) \cdot (26,93 + 273)}{1 + 0,01034} \quad (7.15)$$

Objemový tok přiváděného vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.15).

$$\dot{V}_p = \frac{\dot{m}_p}{\rho_p} = \frac{\dot{m}_p}{p} = \frac{1,572}{100000} = \frac{(287,1 + 0,01034 \cdot 461,5) \cdot (26,93 + 273)}{1 + 0,01034} = 1,3214 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

5. Množství oběhového (cirkulačního) vzduchu

Parametry venkovního vzduchu (E)

Parciální tlak syté vodní páry venkovního vzduchu

$$p''_{p,e} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_e}} \quad (7.16)$$

$p''_{p,e}$ [Pa] je parciální tlak syté vodní páry při teplotě t_e ;

t_e [°C] je teplota venkovního vzduchu;

Parciální tlak syté vodní páry venkovního vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.16).

$$p''_{p,e} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_e}} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + 30}} = 4244,35 \text{ Pa}$$

Měrná vlhkost venkovního vzduchu

$$x_e = \frac{r_v \cdot \varphi_e \cdot p''_{p,e}}{r_p \cdot p - \varphi_e \cdot p''_{p,e}} \quad (7.17)$$

x_e [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost venkovního vzduchu;

φ_e [-] je relativní vlhkost venkovního vzduchu;

p [Pa] je barometrický tlak vzduchu, pro který provádíme výpočet;

Měrná vlhkost venkovního vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.17).

$$x_e = \frac{r_v \cdot \varphi_e \cdot p''_{p,e}}{r_p \cdot p - \varphi_e \cdot p''_{p,e}} = \frac{287,1}{461,5} \cdot \frac{0,35 \cdot 4244,35}{100000 - 0,35 \cdot 4244,35} = 0,0094 \frac{\text{kg}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Entalpie venkovního vzduchu

$$h_e = 1,01 \cdot t_e + x_e \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_e) \quad (7.18)$$

h_e [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie venkovního vzduchu při teplotě t_e a měrné vlhkosti x_e ;

Entalpie venkovního vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.18).

$$h_e = 1,01 \cdot t_e + x_e \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_e) = 1,01 \cdot 30 + 0,0094 \cdot (2500 + 1,84 \cdot 30) = 54,27 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Hmotnostní tok vlhkého venkovního vzduchu

$$\dot{m}_e = \dot{m}_{ve} \cdot (1 + x_e) = \dot{V}_e \cdot \rho_e \quad (7.19)$$

\dot{m}_e [kg/s] je hmotnostní tok vlhkého venkovního vzduchu;

\dot{m}_{ve} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky venkovního vzduchu;

x_e [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost venkovního vzduchu;

\dot{V}_e [m³/s] objemový tok větracího venkovního vzduchu;

ρ_e [kg/m³] je hustota venkovního vzduchu;

Hmotnostní tok suchého vzduchu se vyjádří pomocí rovnice (7.19), (7.17) a stavové rovnice, po úpravách dostaneme rovnici (7.20).

$$\dot{m}_{ve} = \frac{\dot{V}_e \cdot \rho_e}{1 + x_e} = \frac{\dot{V}_e \cdot p \cdot (1 + x_e)}{(1 + x_e) \cdot (r_v + x_e \cdot r_p) \cdot (t_e + 273)} \quad (7.20)$$

Hmotnostní tok suché vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.20).

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ve} &= \frac{\dot{V}_e \cdot \rho_e}{1 + x_e} = \frac{\dot{V}_e \cdot p \cdot (1 + x_e)}{(1 + x_e) \cdot (r_v + x_e \cdot r_p) \cdot (t_e + 273)} = \\ &= \frac{0,322 \cdot 100000}{(287,1 + 0,0094 \cdot 461,5) \cdot (30 + 273)} = 0,365 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Hmotnostní tok suchého oběhového vzduchu

$$\dot{m}_{vc} = \dot{m}_{vp} - \dot{m}_{ve} \quad (7.21)$$

\dot{m}_{vc} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky vzduchu cirkulačního;

\dot{m}_{vp} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

\dot{m}_{ve} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky venkovního vzduchu;

Hmotnostní tok suché složky cirkulačního vzduchu se vypočítá z rovnice (7.21)

$$\dot{m}_{vc} = \dot{m}_{vp} - \dot{m}_{ve} = 1,556 - 0,36411 = 1,191 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Objemový tok oběhového vzduchu

$$\dot{V}_c = \frac{\dot{m}_c}{\rho_c} = \frac{\dot{m}_{vc}}{\frac{p}{(r_v + x_i \cdot r_p) \cdot (t_i + 273)}} \quad (7.22)$$

\dot{V}_c [m³/s] objemový tok cirkulačního vzduchu;

\dot{m}_c [kg/s] je hmotnostní tok vlhkého cirkulačního vzduchu;

ρ_c [kg/m³] je hustota cirkulačního vzduchu;

r_v [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta suchého vzduchu;

r_p [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta přehřáté páry;

p [Pa] je barometrický tlak vzduchu, pro který provádíme výpočet;

t_i [°C] je teplota v interiéru;

x_i [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu v interiéru;

Objemový tok cirkulačního vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.22).

$$\begin{aligned}\dot{V}_c &= \frac{\dot{m}_c}{\rho_c} = \frac{\dot{m}_{vc}}{p} = \frac{1,191}{(287,1 + 0,01064 \cdot 461,5) \cdot (26 + 273)} = \\ &= 1,04 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\end{aligned}$$

Kontrola správnosti výpočtu.

$$\dot{V}_e = \dot{V}_s - \dot{V}_c = 1,362 - 1,04 = 0,322 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

6. Parametry směsi (míšení venkovního a vnitřního vzduchu)

$$h_s = \frac{\dot{m}_{ve} \cdot h_e + \dot{m}_{vc} \cdot h_i}{\dot{m}_{vp}} \quad (7.23)$$

$$x_s = \frac{\dot{m}_{ve} \cdot x_e + \dot{m}_{vc} \cdot x_i}{\dot{m}_{vp}} \quad (7.24)$$

h_s [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie směsi vzduchu, který vznikne smícháním vzduchu venkovního a cirkulačního;

h_i [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vnitřního vzduchu při teplotě t_i a měrné vlhkosti x_i ;

h_e [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie venkovního vzduchu při teplotě t_e a měrné vlhkosti x_e ;

\dot{m}_{vc} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky vzduchu cirkulačního;

\dot{m}_{vp} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

\dot{m}_{ve} [kg/s] je hmotnostní tok suché složky venkovního vzduchu;

x_s [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost směsi vzduchu, který vznikne smícháním vzduchu venkovního a cirkulačního;

Entalpie směsi vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.23).

$$h_s = \frac{\dot{m}_{ve} \cdot h_e + \dot{m}_{vc} \cdot h_i}{\dot{m}_{vp}} = \frac{0,364 \cdot 57,753 + 1,191 \cdot 58,899}{1,556} = 53,58 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Měrná vlhkost směsi vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.24).

$$x_s = \frac{\dot{m}_{ve} \cdot x_e + \dot{m}_{vc} \cdot x_i}{\dot{m}_{vp}} = \frac{0,364 \cdot 0,0094 + 1,191 \cdot 0,01064}{1,556} = 0,01034 \frac{\text{kg}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

7. Rosný bod chladiče (R)

Směrové měřítko změny stavu z S do P je stejné jako směrové měřítko změny stavu z S do R, tato rovnost je vyjádřena v rovnici (7.25) a plyne z toho rovnice (7.26). S použitím rovnice pro výpočet měrné entalpie (7.27) do které dosadíme za měrnou vlhkost z rovnice (7.28) a parciální tlak syté páry z rovnice (7.29) dostaneme rovnici (7.30). Pomocí rovnice (7.30) a s použitím Řešitele v programu Excel vypočítáme teplotu rosného bodu chladiče t_R .

$$\delta_{SP} = \delta_{SR} \quad (7.25)$$

$$\frac{h_P - h_S}{x_P - x_S} = \frac{h_R - h_S}{x_R - x_S} \quad (7.26)$$

$$h_R = 1,01 \cdot t_R + x_R \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_R) \quad (7.27)$$

h_R [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie rosného bodu chladiče;

h_P [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

x_P [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

x_S [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost směsi vzduchu, který vznikne smícháním vzduchu venkovního a cirkulačního;

x_R [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost rosného bodu chladiče;

t_R [°C] je teplota rosného bodu chladiče;

$$p''_{p,R} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_R}} \quad (7.28)$$

$$x_R = \frac{r_v}{r_p} \cdot \frac{p''_{p,R}}{p - p''_{p,R}} \quad (7.29)$$

$$1,01 \cdot t_R + \frac{r_v}{r_p} \cdot \frac{e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_R}}}{p - e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_R}}} \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_R) - \delta_{SP} \cdot \left(x_S - \frac{r_v}{r_p} \cdot \frac{e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_R}}}{p - e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_R}}} \right) - h_S = 0 \quad (7.30)$$

$$t_R = 14,03 \text{ °C}$$

$$p''_{p,R} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_R}} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + 14,03}} = 1602,34 \text{ Pa}$$

$p''_{p,R}$ [Pa] je parciální tlak syté vodní páry při teplotě t_R ;

Měrná vlhkost rosného bodu se vypočítá dle rovnice (7.29).

$$x_R = \frac{r_v}{r_p} \cdot \frac{\varphi_R \cdot p''_{p,R}}{p - \varphi_R \cdot p''_{p,R}} = \frac{287,1}{461,5} \cdot \frac{1 \cdot 1602,34}{100000 - 1 \cdot 1602,34} = 10,13 \frac{\text{g}}{\text{kg}_{s.v.}}$$

$p''_{p,R}$ [Pa] je parciální tlak syté vodní páry při teplotě t_R ;

r_v [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta suchého vzduchu;

r_p [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta přehřáté páry;

φ_R [-] je relativní vlhkost rosného bodu chladiče;

p [Pa] je barometrický tlak vzduchu;

Entalpie rosného bodu se vypočítá dle rovnice (7.27).

$$\begin{aligned} h_R &= 1,01 \cdot t_R + x_R \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_R) = \\ &= 1,01 \cdot 14,03 + 0,01013 \cdot (2500 + 1,84 \cdot 14,03) = 39,76 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}} \end{aligned}$$

8. Obtokový součinitel

$$F = \frac{h_p - h_R}{h_s - h_R} \quad (7.31)$$

F [-] je obtokový součinitel;

Obtokový součinitel se vypočítá dle rovnice (7.31).

$$F = \frac{h_p - h_R}{h_s - h_R} = \frac{43,98 - 39,76}{53,58 - 39,76} = 0,305$$

9. Výkon chladiče

$$\dot{Q}_{CH} = \dot{m}_{vp} \cdot (h_p - h_s) \quad (7.32)$$

\dot{Q}_{CH} [W] je výkon chladiče;

h_s [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie směsi vzduchu, který vznikne smícháním vzduchu venkovního a cirkulačního;

h_p [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

\dot{m}_{vp} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

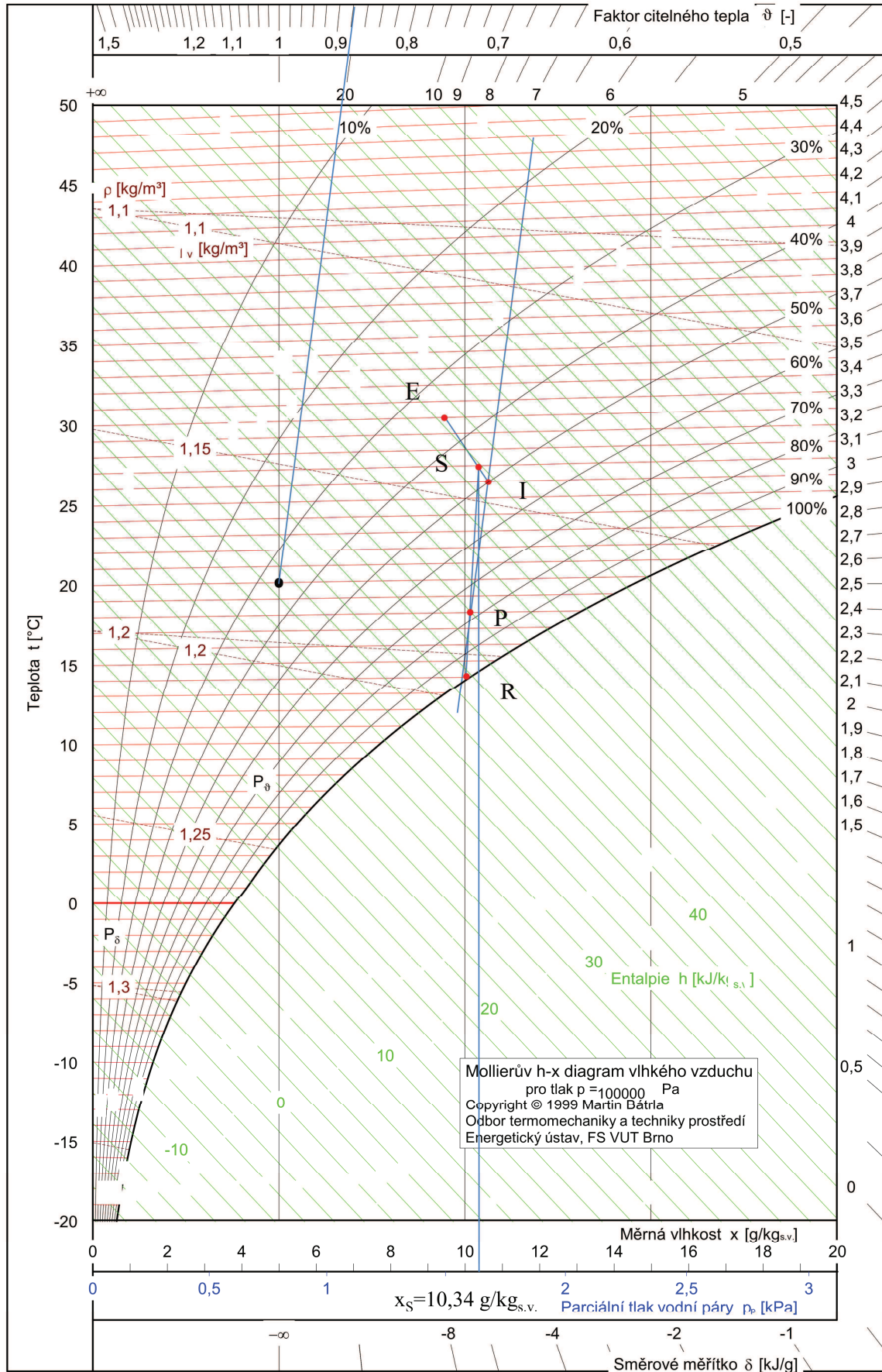
Výkon chladiče se vypočítá dle rovnice (7.32).

$$\dot{Q}_{CH} = \dot{m}_{vp} \cdot (h_p - h_s) = 1,556 \cdot (43,98 - 53,58) = -14,94 \text{ kW}$$

Grafický postup v h-x diagramu

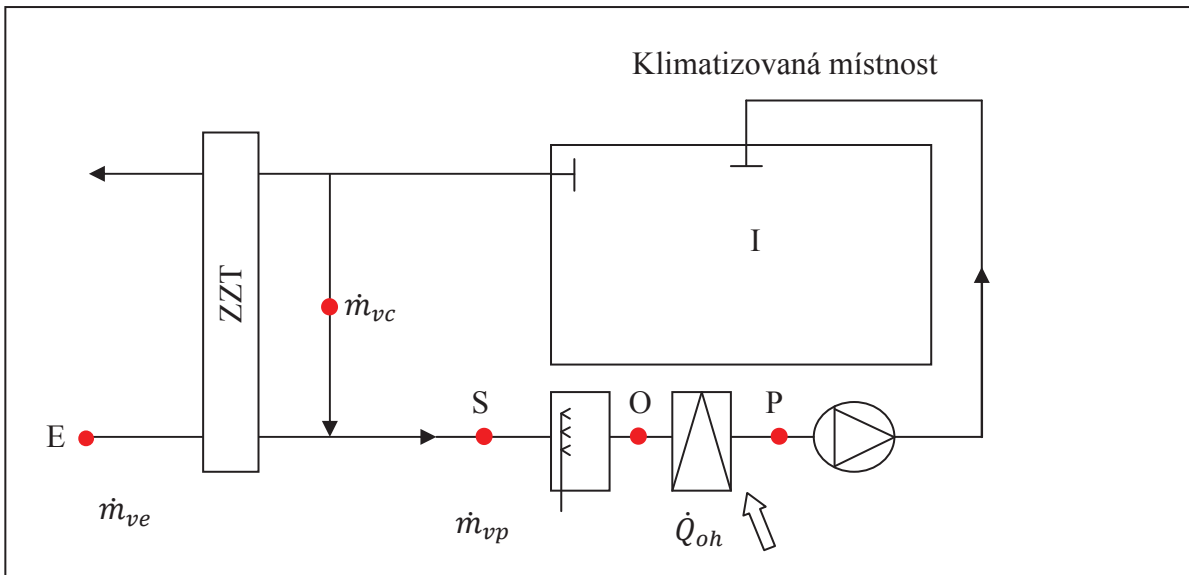
Grafický postup je znázorněn v Mollierově h-x diagramu vlhkého vzduchu na Obr. 7-2.

1. V h-x diagramu se zakreslí zadané body pro exteriér E pro interiér I
2. Určí se faktor citelného tepla z rovnice (7.2).
3. Zvolí se pracovní rozdíl teplot Δt_p z rovnice (7.1).
4. Stanoví se stav P
 - vedeme rovnoběžku se směrnicí faktoru citelného tepla bodem I a vyneseme Δt_p od stavu I
5. Určí se množství vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru z rovnice (7.12).
6. Učí se množství oběhového vzduchu z rovnice (7.21).
7. Určí se stav směsi S
 - spojnice E-I je směšovací úsečka
 - bod S leží v průsečíku směšovací úsečky a měrné vlhkosti vypočítané z rovnice (7.24).
8. Stanoví se rosný bod chladiče R
 - bod R leží na spojnici S-P a na křivce relativní vlhkosti $\varphi = 1$
9. Učí se chladicí výkon chladiče z rovnice (7.32).



Obr. 7-2: Mollierův h-x diagram vlhkého vzduchu - letní provoz

7.2 Psychrometrický výpočet pro zimní provoz



Obr. 7-3: Schéma pro zimní provoz

Vstupní hodnoty

- barometrický tlak 100 kPa

Parametry vnějšího prostředí

- teplota venkovního vzduchu $t_e = -15 \text{ °C}$
- relativní vlhkost venkovního vzduchu $\varphi_e = 90 \text{ %}$

Parametry vnitřního prostředí

- teplota vnitřního vzduchu $t_i = 20 \text{ °C}$
- relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \text{ %}$

Tepelná zátěž

- citelným teplem $\dot{Q}_{ic} = -12600,7 \text{ W}$
- vázané $\dot{Q}_{iv} = 932 \text{ W}$
- celková $\dot{Q}_i = -11669 \text{ W}$

Množství venkovní vzduchu

$$- \dot{V}_e = 0,322 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, \dot{m}_{ve} = 0,364 \frac{\text{kg}_{\text{s.v.}}}{\text{s}}$$

Množství cirkulačního vzduchu

$$- \dot{m}_{vc} = 1,1913 \frac{\text{kg}_{\text{s.v.}}}{\text{s}}$$

Množství přiváděného vzduchu

$$- \dot{m}_{vp} = 1,5562 \frac{\text{kg}_{\text{s.v.}}}{\text{s}}$$

Zařízení pro zpětné získávání tepla

- deskový křížový výměník s účinností $\eta = 65 \text{ %}$

Výpočet klimatizačního zařízení pro zimní provoz

1. Určení parametrů vnitřního, vnějšího a vzduchu po průchodu deskovým výměníkem (ZZT)

Interiér (I)

Parciální tlak páry pro vzduch v interiéru se vypočítá dle rovnice (7.4), měrná vlhkost vzduchu v interiéru se vypočítá dle rovnice (7.5) a entalpie dle rovnice (7.6).

$$p''_{p,i} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_i}} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + 20}} = 2339,33 \text{ Pa}$$

$$x_i = \frac{r_v}{r_p} \cdot \frac{\varphi_i \cdot p''_{p,i}}{(p - \varphi_i \cdot p''_{p,i})} = \frac{287,1}{461,5} \cdot \frac{0,5 \cdot 2339,33}{(100000 - 0,5 \cdot 2339,33)} = 7,36 \frac{\text{g}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

$$h_i = 1,01 \cdot t_i + x_i \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_i) = 1,01 \cdot 20 + 0,00736 \cdot (2500 + 1,84 \cdot 20) = 40,7696 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Exteriér (E)

Parciální tlak páry pro venkovní vzduch se vypočítá dle rovnice (7.16), měrná vlhkost venkovního vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.17) a entalpie dle rovnice (7.18).

$$p''_{p,e} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_e}} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + (-15)}} = 190,046 \text{ Pa}$$

$$x_e = \frac{r_v}{r_p} \cdot \frac{\varphi_e \cdot p''_{p,e}}{(p - \varphi_e \cdot p''_{p,e})} = \frac{287,1}{461,5} \cdot \frac{0,90 \cdot 147,602}{(100000 - 0,90 \cdot 147,602)} = 1,065 \frac{\text{g}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

$$h_e = 1,01 \cdot t_e + x_e \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_e) = 1,01 \cdot (-15) + 0,001065 \cdot [2500 + 1,84 \cdot (-15)] = -12,514 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

ZZT (Z)

Zařízení pro zpětné získávání tepla využívá entalpie vzduchu odváděného a předává ji venkovnímu přiváděnému vzduchu. Rekuperační zařízení (deskový výměník tepla) předává teplo mezi odváděným a přiváděným vzduchem přímo přes stěnu výměníku. Dochází tak k přenosu citelného tepla. Pro rekuperaci bude využit deskový výměník s účinností $\eta = 65 \%$. Teplota vzduchu po rekuperaci se vypočítá dle rovnice (7.33), parciální tlak páry pro venkovní vzduch se vypočítá dle rovnice (7.34), měrná vlhkost venkovního vzduchu po rekuperaci je rovna měrné vlhkosti venkovního vzduchu a entalpie venkovního vzduchu po rekuperaci se vypočítá dle rovnice (7.35).

Teplota vzduchu po rekuperaci

V případě, že množství přiváděného a odváděného vzduchu je stejné, vypočítá se teplota vzduchu po rekuperaci dle rovnice:

$$t_z = t_e + \eta \cdot (t_i - t_e) \tag{7.33}$$

kde

t_z [°C] je teplota venkovního vzduchu po rekuperaci;

t_e [°C] je teplota venkovního vzduchu;

t_i [°C] je teplota vzduchu v interiéru;

η [-] je účinnost výměníku pro zpětné získávání tepla.

Teplota vzduchu po rekuperaci se vypočítá dle rovnice (7.33).

$$t_z = t_e + \eta \cdot (t_i - t_e) = -15 + 0,65 \cdot [20 - (-15)] = 7,75 \text{ °C}$$

Parciální tlak vzduchu po rekuperaci

$$p''_{p,z} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6+t_z}} \quad (7.34)$$

$p''_{p,z}$ [Pa] je parciální tlak syté vodní páry při teplotě t_z ;

Parciální tlak vzduchu po rekuperaci se vypočítá z rovnice (7.34)

$$p''_{p,z} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6+t_z}} = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6+7,75}} = 1054,83 \text{ Pa}$$

Měrná vlhkost vzduchu po rekuperaci

$$x_z = x_e = 1,065 \frac{\text{g}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Entalpie vzduchu po rekuperaci

$$h_z = 1,01 \cdot t_z + x_z \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_z) \quad (7.35)$$

h_z [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vzduchu po rekuperaci při t_z a měrné vlhkosti x_z ;

x_z [g/kg_{s.v.}] je měrná vzduchu po rekuperaci;

Entalpie vzduchu po rekuperaci se vypočítá dle rovnice (7.35).

$$\begin{aligned} h_z &= 1,01 \cdot t_z + x_z \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_z) = \\ &= 1,01 \cdot 7,75 + 0,001065 \cdot [2500 + 1,84 \cdot 7,75] = 10,507 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}} \end{aligned}$$

Relativní vlhkost vzduchu po rekuperaci

$$\varphi_z = \frac{p \cdot x_z}{p''_{p,z} \cdot \left(\frac{r_v}{r_p} + x_z \right)} \quad (7.36)$$

φ_z [-] je relativní vlhkost vzduchu po rekuperaci;

x_z [g/kg_{s.v.}] je měrná vzduchu po rekuperaci;

r_v [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta suchého vzduchu;

r_p [J/(kg·K)] je měrná plynová konstanta přehřáté páry;

p [Pa] je barometrický tlak vzduchu, pro který provádíme výpočet;

Relativní vlhkost vzduchu po rekuperaci se vypočítá z rovnice (7.36).

$$\varphi_z = \frac{p \cdot x_z}{p''_{p,z} \cdot \left(\frac{r_v}{r_p} + x_z \right)} = \frac{100000 \cdot 0,00064}{981,538 \cdot \left(\frac{287,1}{461,5} + 0,00064 \right)} = 0,16215$$

2. Parametry směsi vzduchu (S)

Směs vzduchu vznikne smícháním vzduchu z interiéru (I) a vzduchu, který vznikne ohřátím v zařízení zpětného získávání tepla (Z). Pro výpočet jsou použity průtoky vzduchu

vypočítané pro letní výpočet $\dot{m}_{vc} = 1,1913 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$, $\dot{m}_{vp} = 1,5562 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ a $\dot{m}_{ve} = 0,364 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$.
 Entalpie směsi se vypočítá dle rovnice (7.37), měrná vlhkost směsi dle rovnice (7.38) a teplota směsi dle rovnice (7.39).

$$h_s = \frac{\dot{m}_{ve} \cdot h_z + \dot{m}_{vc} \cdot h_i}{\dot{m}_{vp}} \quad (7.37)$$

$$x_s = \frac{\dot{m}_{ve} \cdot x_z + \dot{m}_{vc} \cdot x_i}{\dot{m}_{vp}} \quad (7.38)$$

h_s [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie směsi vzduchu, který vznikne smícháním vzduchu venkovního po úpravě v ZZT a cirkulačního;

h_i [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vnitřního vzduchu při teplotě t_i a měrné vlhkosti x_i ;

h_z [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vzduchu při teplotě t_z a měrné vlhkosti x_z ;

\dot{m}_{vc} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky vzduchu cirkulačního;

\dot{m}_{vp} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

\dot{m}_{ve} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky venkovního vzduchu;

x_s [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost směsi vzduchu, který vznikne smícháním vzduchu venkovního po úpravě v ZZT a cirkulačního;

x_i [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu v interiéru;

x_z [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu po ohřátí v ZZT;

Entalpie směsi vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.37).

$$h_s = \frac{\dot{m}_{ve} \cdot h_z + \dot{m}_{vc} \cdot h_i}{\dot{m}_{vp}} = \frac{0,364 \cdot 10,507 + 1,1913 \cdot 37,88}{1,5562} = 32,22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Měrná vlhkost směsi vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.38).

$$x_s = \frac{\dot{m}_{ve} \cdot x_z + \dot{m}_{vc} \cdot x_i}{\dot{m}_{vp}} = \frac{0,364 \cdot 0,001065 + 1,1913 \cdot 0,00736}{1,5562} = 0,0059 \frac{\text{kg}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Teplota směsi vzduchu

$$t_s = \frac{h_s - 2500 \cdot x_s}{1,01 + 1,84 \cdot x_s} \quad (7.39)$$

t_s [°C] je teplota směsi;

Teplota směsi vzduchu se vypočítá z rovnice (7.39).

$$t_s = \frac{h_s - 2500 \cdot x_s}{1,01 + 1,84 \cdot x_s} = \frac{32,22 - 2500 \cdot 0,0059}{1,01 + 1,84 \cdot 0,0059} = 17,15 \text{ °C}$$

3. Parametry přiváděného vzduchu (P)

Entalpie přiváděného vzduchu se vypočítá z rovnice (7.12), měrná vlhkost přiváděného vzduchu dle rovnice (7.40) a teplota směsi dle rovnice (7.39).

$$h_p = h_i - \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_{vp}} = 38,88 - \frac{-11,669}{1,5562} = 46,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

h_p [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

h_i [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vnitřního vzduchu při teplotě t_i a měrné vlhkosti x_i ;

\dot{Q}_i [kW] je tepelná ztráta klimatizovaného prostoru;

\dot{m}_{vp} [kg_{s.v.} /s] je hmotnostní tok suché složky vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

Měrná vlhkost přiváděného vzduchu

$$x_p = x_i - \frac{\dot{Q}_{iv}}{\dot{m}_{vp} \cdot l_{23}} \quad (7.40)$$

x_i [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu v interiéru;

x_p [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

\dot{Q}_i [kW] je tepelná ztráta klimatizovaného prostoru;

l_{23} [kJ/kg] je měrné výparné teplo vody;

Měrná vlhkost přiváděného vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.40).

$$x_p = x_i - \frac{\dot{Q}_{iv}}{\dot{m}_{vp} \cdot l_{23}} = 0,00736 - \frac{932}{1,5562 \cdot 2500} = 0,007123 \frac{\text{kg}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

Teplota přiváděného vzduchu

$$t_p = \frac{h_p - 2500 \cdot x_p}{1,01 + 1,84 \cdot x_p} \quad (7.41)$$

t_p [°C] je teplota vzduchu přiváděného do interiéru;

h_p [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

Teplota přiváděného vzduchu se vypočítá dle rovnice (7.41).

$$t_p = \frac{h_p - 2500 \cdot x_p}{1,01 + 1,84 \cdot x_p} = \frac{46,38 - 2500 \cdot 0,007123}{1,01 + 1,84 \cdot 0,007123} = 27,92 \text{ °C}$$

4. Vlhčení vzduchu

Vlhčení lze provádět parou nebo vodou. Pro vlhčení vzduchu bylo zvoleno vlhčení vzduchu parou.

Vzduch před vstupem do ohřívače (O)

Teplota vzduchu vystupujícího ze zvlhčovače je rovna teplotě směsi, protože vlhčení parou se uvažuje jako děj izotermický.

$$t_o = t_s = 17,15 \text{ °C}$$

$$x_o = x_p = 0,007123 \frac{\text{kg}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}}$$

$$h_o = 1,01 \cdot t_o + x_o \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_o) \quad (7.42)$$

h_o [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vzduchu vystupujícího ze zvlhčovače;

x_o [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu vystupujícího ze zvlhčovače;

t_o [°C] je teplota vzduchu za zvlhčovačem;

Entalpie vzduchu vystupujícího ze zvlhčovače se vypočítá dle rovnice (7.42).

$$\begin{aligned} h_o &= 1,01 \cdot t_o + x_o \cdot (2500 + 1,84 \cdot t_o) = \\ &= 1,01 \cdot 17,15 + 0,007123 \cdot (2500 + 1,84 \cdot 17,15) = 35,36 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{s.v.}}} \end{aligned}$$

5. Výkon ohřivače

Tepelný výkon potřebný k ohřevu vstupujícího vzduchu do ohřivače na parametry vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru se vypočítá dle rovnice (7.43).

$$\dot{Q}_{OH} = \dot{m}_{vp} \cdot (h_p - h_o) \quad (7.43)$$

\dot{Q}_{OH} [W] je výkon ohřivače;

\dot{m}_{vp} [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok suché složky vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

h_p [kJ/kg_{s.v.}] je entalpie vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru;

$$\dot{Q}_{OH} = \dot{m}_{vp} \cdot (h_p - h_o) = 1,5562 \cdot (46,38 - 35,36) = 17,15 \text{ kW}$$

6. Výkon zvlhčovače

Hmotnostní tok páry pro vlhčení

$$\dot{m}_{pára} = \dot{m}_{vp} \cdot (x_o - x_s) \quad (7.44)$$

$\dot{m}_{pára}$ [kg/s] je hmotnostní tok páry pro vlhčení;

x_o [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost vzduchu vystupujícího ze zvlhčovače;

x_s [kg/kg_{s.v.}] je měrná vlhkost směsi vzduchu, který vznikne smícháním vzduchu venkovního po úpravě v ZZT a cirkulačního;

Hmotnostní tok páry se vypočítá dle rovnice (7.44).

$$\begin{aligned} \dot{m}_{pára} &= \dot{m}_{vp} \cdot (x_o - x_s) = 1,5562 \cdot (0,007123 - 0,00589) = 0,00192 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \\ &= 6,93 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Příkon zvlhčovače pro vývin páry

$$\dot{Q}_{zvl} = \dot{m}_{pára} \cdot l_{23} \quad (7.45)$$

\dot{Q}_{zvl} [W] je příkon potřebný pro vývin páry;

$\dot{m}_{pára}$ [kg_{s.v.}/s] je hmotnostní tok páry pro vlhčení;

l_{23} [kJ/kg] je měrné výparné teplo vody;

Příkon zvlhčovače potřebný pro vývin páry se vypočítá dle rovnice (7.45).

$$\dot{Q}_{zvl} = \dot{m}_{pára} \cdot l_{23} = 0,00192 \cdot 2500 = 4,81 \text{ kW}$$

Grafický postup v h-x diagramu

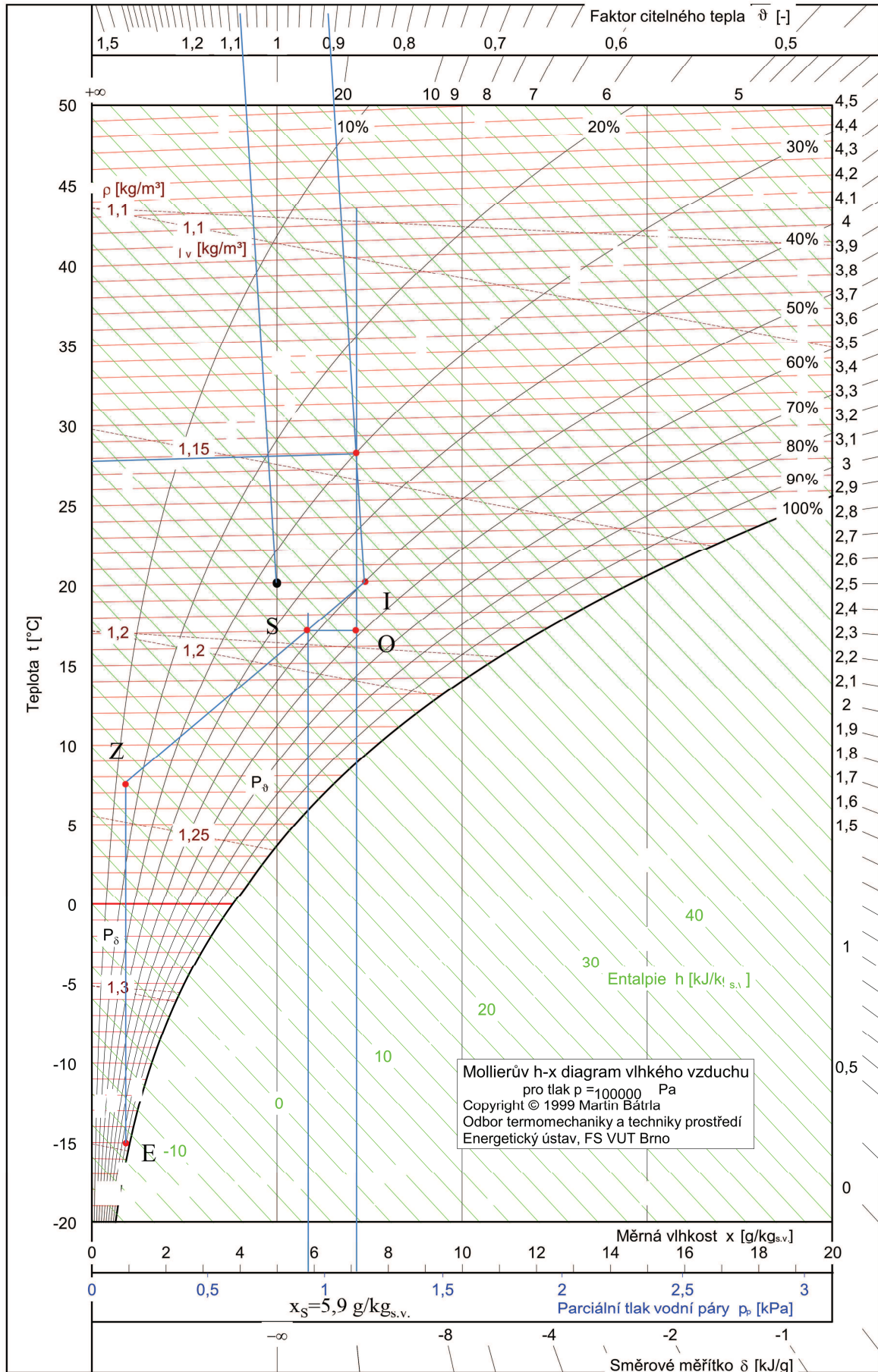
Grafický postup je znázorněn v Mollierově h-x diagramu vlhkého vzduchu na Obr. 7-4.

1. V h-x diagramu se zakreslí zadané body pro exteriér E pro interiér I
2. Vypočte se faktor citelného tepla dle rovnice (7.3) a směrové měřítko dle (7.3).

$$\vartheta_i = \frac{\dot{Q}_{ic}}{\dot{Q}_i} = \frac{-12600,7}{-11669} = 1,08$$

$$\delta_i = \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_{wi}} = \frac{\dot{Q}_i \cdot l_{23}}{\dot{Q}_{iv}} = \frac{-11669 \cdot 2500}{932} = -31302 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

3. Určí se přehřátí vzduchu. K přehřátí dojde v zařízení pro zpětné získávání tepla s účinností $\eta = 65 \%$ a výsledná teplota po přehřátí se vypočítá z rovnice (7.33).
4. Určí se stav vzduchu na vstupu do klimatizačního zařízení - určí se stav směsi S
 - spojnice Z-I je směšovací úsečka
 - bod S leží v průsečíku směšovací úsečky a měrné vlhkosti vypočítané z rovnice (7.38)
 - množství přiváděného, cirkulačního a venkovního vzduchu vychází z letního výpočtu
$$\dot{m}_{vp} = 1,5562 \frac{\text{kg}}{\text{s}}, \dot{m}_{vc} = 1,1913 \frac{\text{kg}}{\text{s}}, \dot{m}_{ve} = 0,364 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$
5. Určí se stav vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru z rovnice (7.12) se vypočte entalpie přiváděného vzduchu. Stav P je průsečík entalpie h_p a směrnice δ_i vedenou stavem I.
6. Určí se stav vzduchu za zvlhčovačem (O). Tento stav vznikne jako průsečík teploty směsi $t_s = t_o$ a měrné vlhkosti přiváděného vzduchu $x_p = x_o$.
7. Učí se výkon ohříváče dle rovnice (7.43) a příkon zvlhčovače (7.45).



Obr. 7-4: Mollierův h-x diagram vlhkého vzduchu - zimní provoz

8 Koncové prvky vzduchového systému

Prvky, které jsou napojené na vzduchotechnický systém v místech výtoku a sání vzduchu z vnitřního či vnějšího prostředí, se nazývají koncové prvky. Koncové komponenty vnitřního prostředí se označují jako distribuční prvky. Vhodná volba a návrh jsou předpokladem dosažení požadovaných mikroklimatických podmínek v obytné zóně. U některých typů vyústí je možné výstupní rychlostní profil upravit např. lopatkami.

8.1 Množství přiváděného vzduchu

Množství přiváděného vzduchu do jednotlivých klimatizovaných místností lze stanovit několika způsoby. Z psychrometrického výpočtu pro letní a zimní provoz bylo vypočítáno celkové množství přiváděného vzduchu. Dále je nutné celkové množství vzduchu rozdělit do jednotlivých místností. Dělení lze provést dle požadovaného minimálního venkovního vzduchu podle osob vyskytujících se v klimatizovaném prostoru, dále rozdělením cirkulačního či přiváděného vzduchu dle tepelné zátěže (tepelné ztráty) v klimatizovaných místnostech. Množství vzduchu přiváděného do jednotlivých klimatizovaných místností lze vypočítat dle rovnice (8.1).

$$\dot{V}_{p,i} = \frac{\dot{Q}_{i,i}}{\dot{Q}_i} \cdot \dot{V}_p \quad (8.1)$$

$\dot{V}_{p,i}$ [m³/s] je množství cirkulačního objemového toku vzduchu přiváděného do jednotlivých místností;

$\dot{Q}_{i,i}$ [W] je tepelná zátěž jednotlivých klimatizovaných místností;

\dot{Q}_i [W] je tepelná zátěž celého klimatizovaného prostoru;

\dot{V}_p [m³/s] je celkové množství cirkulačního objemového toku vzduchu;

i je index, který zde zastupuje označení jednotlivých místností;

Vzorový výpočet pro místnost 208

Množství vzduchu přiváděného do místnosti 208 lze vypočítat dle rovnice (8.1). Tepelná zátěž v létě v místnosti je 1903 W a v zimě je -2677,3 W. Pro léto a zimu vycházejí rozdílné hodnoty přiváděného množství vzduchu, proto se volí střední hodnota. Pro ostatní místnosti jsou výsledky uvedeny v Tab. 8-1.

$$\dot{V}_{p,\text{léto},208} = \frac{\dot{Q}_{i,\text{léto},208}}{\dot{Q}_{i,\text{léto}}} \cdot \dot{V}_p = \frac{1903}{14603} \cdot 1,3214 = 0,1721 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 619,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{p,\text{zima},208} = \frac{|\dot{Q}_{i,\text{zima},208}|}{\dot{Q}_{i,\text{zima}}} \cdot \dot{V}_p = \frac{2677,3}{11669} \cdot 1,3214 = 0,3032 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1091,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{p,208} = \frac{\dot{V}_{p,\text{léto},208} + \dot{V}_{p,\text{zima},208}}{2} = \frac{619,6 + 1091,5}{2} = 855,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Nejmenší rozdíl v potřebném přiváděném vzduchu pro léto a zimu je v místnosti 209. Do této je kanceláře vhodné umístit teplotní regulační čidlo, které je společné pro všechny klimatizované místnosti.

Tab. 8-1: Množství vzduchu přiváděného do jednotlivých klimatizovaných místností

Č.M.	Místnost	Léto	Zima	Léto, zima		Léto	Zima	Návrh
		$\dot{Q}_{i,i}$	$\dot{Q}_{i,i}$	\dot{m}_{vp}	\dot{V}_p	$\dot{V}_{p,léto,i}$	$\dot{V}_{p,zima,i}$	$\dot{V}_{p,i}$
		[W]	[W]	[kg/s]	[m ³ /s]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
103	Expedice	1054	1190,3	1,556	1,3214	343,2	485,2	414,3
104	Fakturace	1172	1414,3			381,6	576,6	479,2
119	Skladník	985	1290,6			320,6	526,2	423,3
205	Kancelář	2950	1348,2			960,2	549,6	754,8
206	Kancelář	2510	1208,6			817	492,7	655,0
207	Kancelář	2394	1169,6			779,4	476,8	628,1
208	Kancelář	1903	2677,3			619,6	1091,5	855,6
209	Kancelář	1645	1369,3			535,4	558,2	546,8
Celkem		14613	11669	1,556	1,3214	4757	4757	4757

8.2 Návrh koncových prvků

Přiváděcí vyústky slouží k přivodu vzduchu do klimatizovaných místností a odváděcí vyústky k odvodu vzduchu. Podle polohy umístění se dají dělit na nástěnné, stropní, podlahové, parapetní anebo vyústky umístěné volně v prostoru. Základním kritériem pro volbu vyústek je rychlost a charakter proudění vzduchu z vyústek v klimatizovaném prostoru. Pro přívod i odvod vzduchu do řešených kanceláří byly zvoleny stropní vyústky. Mezi stropní vyústky se řadí anemostaty, vířivé, velkoplošné vyústky, dýzy a šterbinové vyústky. V projektu se jedná o různé druhy kancelářských místností, pro které je vhodné zvolit distribuci vzduchu pomocí vířivých výústí. Jako koncové přiváděcí i odváděcí vyústky byly zvoleny vířivé vyústky a odvodní difuzory od firmy Systemair [11]. Tato firma nabízí tři druhy vířivých vyústek a to s termostatickým ovládním, termostatické vyústky s pevnými lamelami a vířivé výústí s nastavitelnými lamelami. Pro přívod byly zvoleny vyústky s termostatickým ovládním a pro odvod vzduchu s pevnými lamelami. Dle množství odváděného a přiváděného vzduchu je zapotřebí zvolit velikost vyústek v jednotlivých místnostech, tvar čelních desek, určit tlakovou ztrátu a hlučnost každé vyústky.

Postup návrhu vyústek

1. Volba typu a umístění vyústek (dle výšky místnosti)
2. Stanovení potřebného dosahu proudu z požadovaného obrazu proudění
3. Navrhne se přesný počet vyústek, rozteč mezi vyústkami
4. Určí se velikost vyústky S_0 , průtok vzduchu jednou vyústkou
5. Určí se hluk, tlaková ztráta a rychlost proudění

8.2.1 Přiváděcí vyústky

Přiváděcí vyústka s termostatickým ovládním slouží k přivodu vzduchu s vlastní regulací v závislosti na teplotě přiváděného vzduchu bez potřeby další energie. Na základě změny teploty přiváděného vzduchu do vyústky se mění směr proudění vzduchu z horizontálního na vertikální a naopak. Při letním provozu, kdy se teplota přiváděného vzduchu pohybuje okolo 18 °C, je proud z vyústky horizontální viz Obr. 8-2, naopak při zimním provozu je

proud vertikální viz Obr. 8-1. Výrobek je vhodný pro místnosti se světlou výškou do 4 m. Světla výška řešených místností je 3,6 m. Vyústka lze na rozvod vzduchovodu připojit horizontálně nebo vertikálně, v projektu je navrženo horizontální připojení pružnou hadicí. Tvar čelní desky je uveden na Obr. 8-6.



Obr. 8-1: Vertikální (teplý) proud [11]



Obr. 8-2: Horizontální (studený) proud [11]

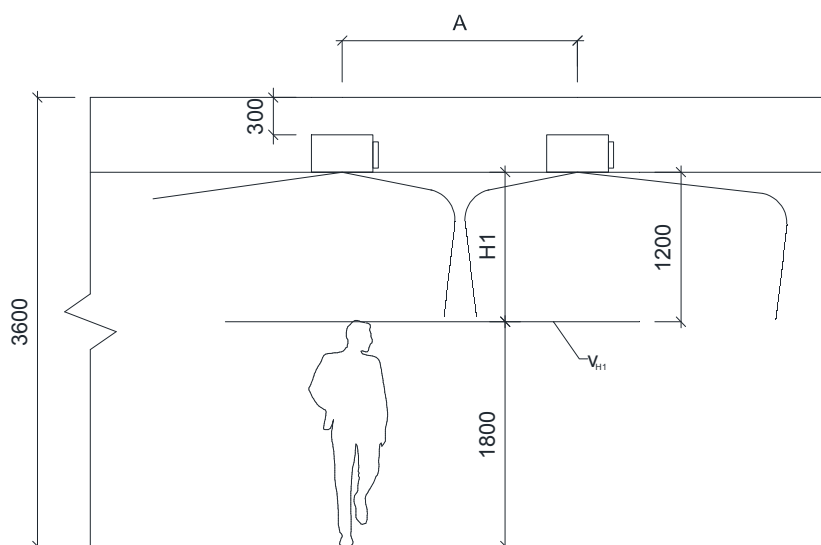
Objemový tok vzduchu přiváděný do místnosti jednou vyústkou

$$\dot{V}_{pv,i} = \frac{\dot{V}_{p,i}}{n} \quad (8.2)$$

$\dot{V}_{pv,i}$ [m³/h] je objemový tok vzduchu přiváděný do místnosti jednou vyústkou;

$\dot{V}_{p,i}$ [m³/h] je objemový tok vzduchu přiváděný do místnosti všemi vyústkami;

n [-] je počet vyústek v jedné místnosti;



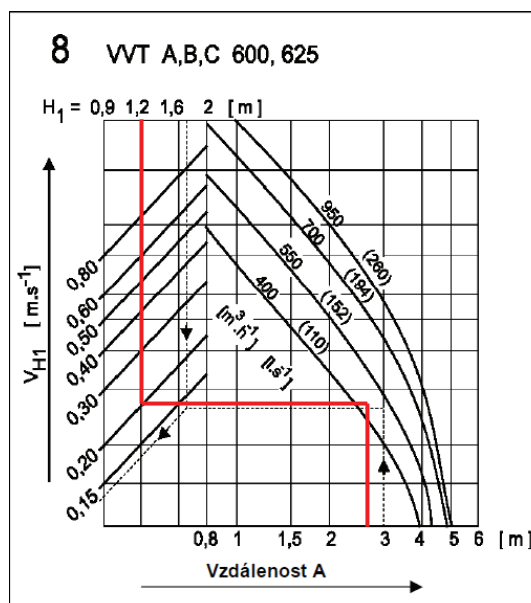
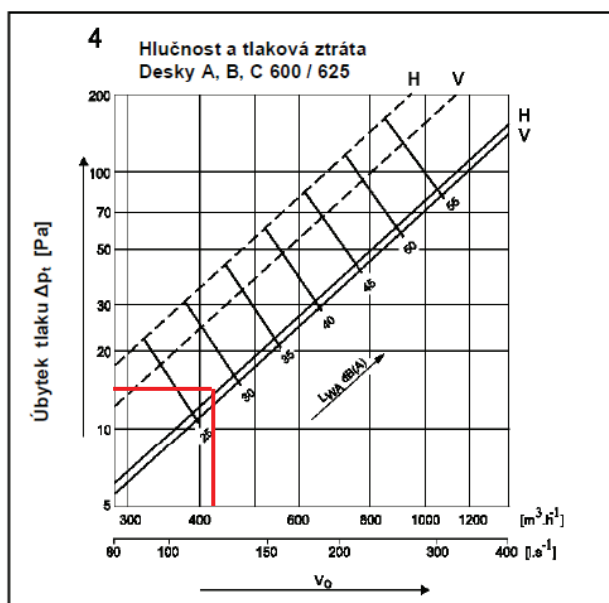
Obr. 8-3: Parametry místnosti [11]

Vzorový výpočet návrhu přírodních vyústek pro místnost 208

Do místnosti 208 se má přivádět v době největší zátěže 855,6 m³/h vzduchu. Jsou navrženy dvě vyústky, proto aby došlo k rovnoměrnému rozložení přírodního vzduchu. Světlá výška místnosti je 3,6 m. Vyústky se budou umísťovat do sníženého podhledu, tímto se sníží světlá výška místnosti na 3 m. Kontroluje se rychlost vzduchu ve výšce 1,8 m nad podlahou. Výška H₁ je 1,2 m viz Obr. 8-3. Výpočet objemového toku přiváděcího vzduchu jednou vyústkou pro místnost 208 se provede dle rovnice (8.2).

$$\dot{V}_{pv,208} = \frac{\dot{V}_{p,208}}{n} = \frac{855,6}{2} = 427,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Do místnosti 208 jsou navrženy dvě přírodní vyústky typu IMOS-VVT-B-H-1-600-RAL9010. Z Obr. 8-5 se odvodí vzdálenost vyústek A=2,9 m pro výšku H₁= je 1,2 m a pro požadovanou rychlost v_{H1}=0,2 m/s. Z Obr. 8-4 se určí hlučnost a tlaková ztráta. Pro místnost 208 je tlaková ztráta jedné vyústky 15 Pa a hlučnost 28 dB. Pro ostatní místnosti jsou hodnoty uvedeny v tabulce Tab. 8-2.



Obr. 8-4: Hlučnost a tlaková ztráta vyústek [11]

Obr. 8-5: Vzduchové hodnoty vyústek [11]

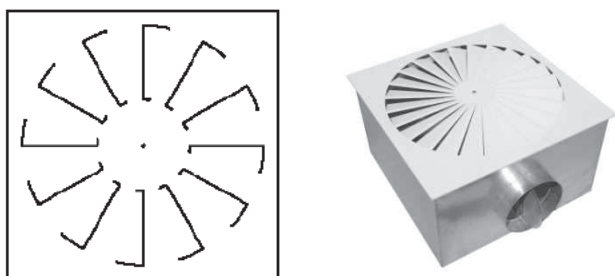
Tab. 8-2: Návrh vyústek pro jednotlivé místnosti

Č. M.	Místnost	Typ vyústky	<i>n</i>	<i>A</i>	<i>L_{WA}</i>	$\Delta p_{m,t}$
			[-]	[m]	[dB]	[Pa]
103	Expedice	IMOS-VVT-B-H-1-RAL9010	2	1,9	19	9
104	Fakturace		2	2	22	10
119	Skladník		1	-	28	15
205	Kancelář		2	2,4	24	11
206	Kancelář		2	2,6	31	20
207	Kancelář		2	2,5	30	18
208	Kancelář		2	2,9	28	15
209	Kancelář		2	2	25	13

A [m] je vzdálenost mezi dvěma vyústkami;

L_{WA} [dB] je hladina akustického výkonu;

$\Delta p_{m,t}$ [Pa] je tlaková ztráta vyústky;



Obr. 8-6: Tvar čelní desky vyústky [11]

Efektivní rychlost

Na množství přiváděného vzduchu závisí rychlost vzduchu w_{ef} v přiváděcích vyústkách. Vypočítané rychlosti jsou uvedeny v Tab. 8-3.

$$w_{ef} = \frac{\dot{V}_{pv,i}}{S_{ef}} \quad (8.3)$$

w_{ef} [m/s] je efektivní rychlost vystupující z vyústky;

S_{ef} [m²] je efektivní plocha vyústky uvedená v podkladech výrobce [11];

Efektivní rychlost vzduchu proudícího z přiváděcí vyústky v místnosti 208 se vypočítá dle rovnice (8.3).

$$w_{ef} = \frac{\dot{V}_{pv,208}}{S_{ef}} = \frac{427,8}{3600 \cdot 0,049} = 2,425 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Výpočet pro ostatní místnosti je veden v Tab. 8-3.

Tab. 8-3: Efektivní rychlost v přiváděcích vyústkách

Číslo místnosti	$\dot{V}_{p,i}$ [m ³ /h]	n [-]	$\dot{V}_{pv,i}$ [m ³ /h]	a [mm]	S_{ef} [m ²]	w_{ef} [m/s]	v_{HI} [m/s]
103	414,3	2	207,2	500	0,029	1,984	0,18
104	479,2	2	239,6	500	0,029	2,295	0,18
119	423,3	1	423,3	600	0,049	2,400	-
205	754,8	2	377,4	600	0,049	2,140	0,19
206	655,0	2	327,5	500	0,029	3,137	0,20
207	628,1	2	314,1	500	0,029	3,008	0,20
208	855,6	2	427,8	600	0,049	2,425	0,20
209	546,8	2	273,4	500	0,029	2,619	0,20

a [mm] je velikost čelní desky vyústky;

v_{HI} [m/s] je střední rychlost proudění vzduchu mezi dvěma vyústkami ve výšce H_1 viz

Obr. 8-3;

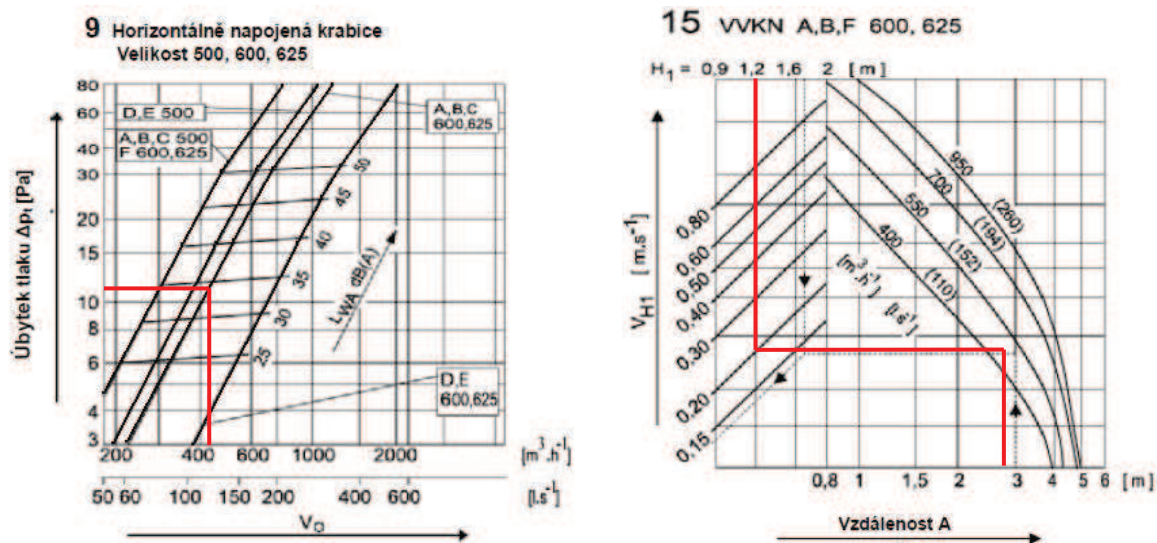
Dle [12] z Tab. 4.9 vyplývá, že do kanceláří je povolena maximální rychlost 6 m/s a se zřetelem na tlakové ztráty u konce větvi pro přívod vzduchu rychlost 8 m/s.

8.2.2 Odváděcí vyústky

Pro odvod znehodnoceného vzduchu jsou navrženy vířivé vyústky s pevnými lamelami IMOS-VVKN do místností 103, 104, 119, 208 a 209. Tvar čelní desky je shodný s přívaděcími vyústkami uvedený na Obr. 8-6. Vyústky VVKN jsou určeny pro přívod i odvod vzduchu, proto je nutné dávat pozor při návrhu a vycházet z grafů pro odvodní vyústky. Vyústky budou napojeny horizontálně. Z místností 205, 206 a 207 je potřeba odvést poměrně velké množství vzduchu. U místností 205, 206, 207 byl by problém při návrhu odvodních vyústek IMOS-VVKN s nedostatkem místa a dodržení prostorových požadavků. Proto do těchto místností jsou pro odvod navrženy perforované odvodní difuzory pro stropní montáž TSF od stejné firmy [11].

Vzorový návrh odvodních vyústek pro místnost 208

Z místnosti 208 je potřeba odvádět 855,6 m³/h vzduchu. Pro odvod vzduchu z místnosti budou navrženy dvě vyústky typu IMOS-VVKN-A-Q-O-H0-Q-600-RAL9010. Z Obr. 8-8 se odvodí vzdálenost vyústek A=2,9 m pro výšku H₁=1,2 m a pro požadovanou rychlost v_{H1}=0,2 m/s. Vyústky se budou umísťovat do sníženého podhledu. Pomocí grafů na Obr. 8-7 byly určeny tlakové ztráty a hlučnost vyústek. Navržené vyústky pro odvod vzduchu pro ostatní místnosti jsou uvedeny v Tab. 8-4.



Obr. 8-7: Hlučnost a tlaková ztráta vyústek [11] Obr. 8-8: Vzduchové hodnoty vyústek [11]

Tab. 8-4: Návrh VVKN vyústek pro odvod vzduchu

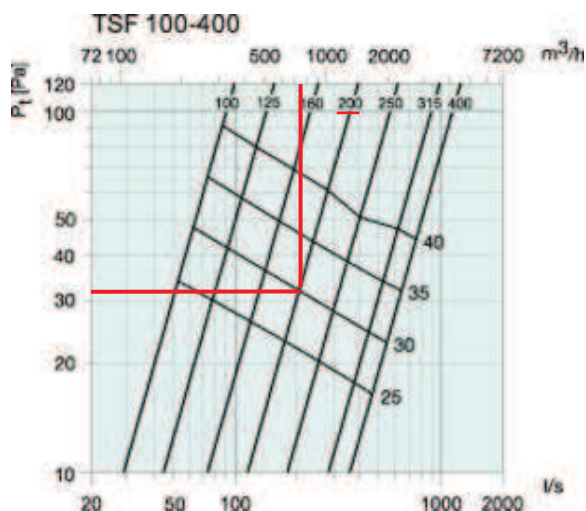
Č. M.	Místnost	Typ vyústky	$\dot{V}_{o,i}$	n	$\dot{V}_{ov,i}$	A	L_{WA}	$\Delta p_{m,t}$
			[m ³ /h]	[-]	[m ³ /h]	[m]	[dB]	[Pa]
103	Expedice	IMOS-VVKN-A-Q-O-H0-Q-500-RAL9010	414,3	2	207,2	1,9	25	6
104	Fakturace	IMOS-VVKN-A-Q-O-H0-Q-500-RAL9010	479,2	2	239,6	2	29	8

Tab. 8-4: Návrh VVKN vyústek pro odvod vzduchu - pokračování

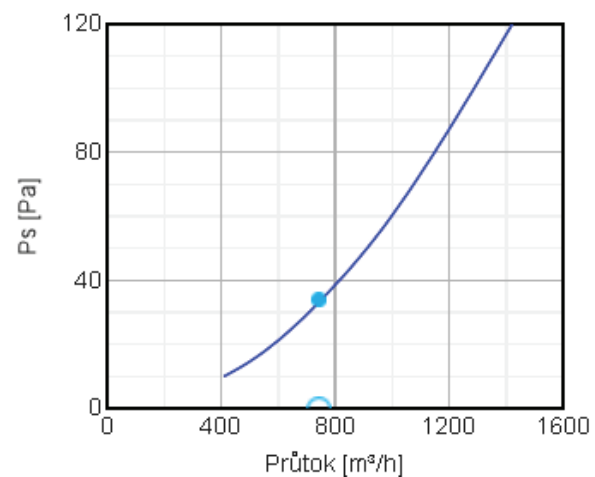
Č. M.	Místnost	Typ vyústky	$\dot{V}_{o,i}$	n	$\dot{V}_{ov,i}$	A	L_{WA}	$\Delta p_{m,t}$
			[m ³ /h]	[-]	[m ³ /h]	[m]	[dB]	[Pa]
119	Skladník	IMOS-VVKN-A-Q-O-H0-Q-600-RAL9010	423,3	1	423,3	-	35	12
208	Kancelář	IMOS-VVKN-A-Q-O-H0-Q-600-RAL9010	855,6	2	427,8	2,9	35	12
209	Kancelář	IMOS-VVKN-A-Q-O-H0-Q-500-RAL9010	546,8	2	273,4	2	31	9

Vzorový výpočet návrhu odvodních vyústek pro místnost 205

Z místnosti 205 je potřeba odvádět 754,8 m³/h vzduchu. Pro odvod vzduchu z místnosti je navržena 1 vyústka. Pro zadané parametry byla zvolena vyústka TSF 200. TSF je perforovaný odvodní difuzor pro stropní montáž, který je určen pro odvod velkého množství vzduchu. Pomocí Obr. 8-9 se volí velikost TSF vyústky dle množství odváděného vzduchu a je zde zobrazena i předběžná tlaková ztráta a hlučnost. Na Obr. 8-10 je zobrazen průběh tlakových ztrát a hlučností pro vyústku TSF 200. Pomocí grafů a výpočetního programu na stránkách [11] byly určeny tlakové ztráty a hlučnost vyústky. Tlaková ztráta vyústky TSF 200 pro místnost 205 je 34,5 Pa a hlučnost je 31,1 dB. Navržené vyústky typu TSF pro odvod vzduchu pro ostatní místnosti jsou uvedeny v Tab. 8-5. Tvar čelní desky je vidět na Obr. 8-12.



Obr. 8-9: Tlakové ztráty TSF vyústek [11]



Obr. 8-10: Tlaková ztráta a hlučnost [11]

Tab. 8-5: Návrh TSF vyústek pro odvod vzduchu

Č. M.	Místnost	Typ vyústky	$\dot{V}_{o,i}$	n	$\dot{V}_{ov,i}$	L_{WA}	$\Delta p_{m,t}$
			[m ³ /h]	[-]	[m ³ /h]	[dB]	[Pa]
205	Kancelář	TSF 200	754,8	1	754,8	31,1	34,5
206	Kancelář	TSF 200	655,0	1	655,0	26,8	25,9
207	Kancelář	TSF 200	628,1	1	628,1	25,4	23,8

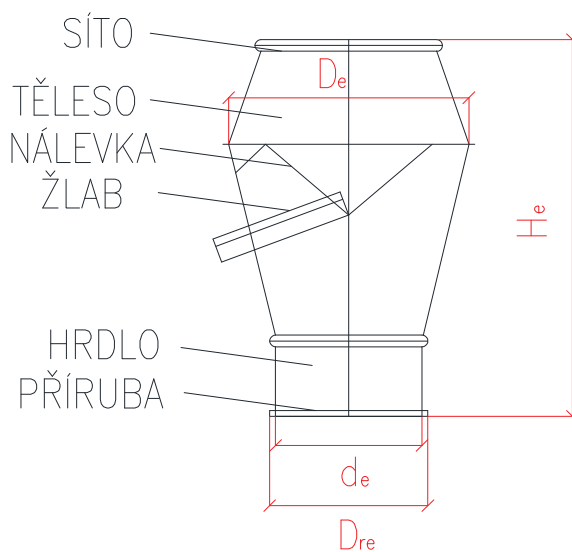


Obr. 8-11: Protidešťová žaluzie [11] Obr. 8-12: Tvar čelní desky TSF [11]

8.2.3 Koncové prvky v exteriéru

Přívod venkovního vzduchu do klimatizačního zařízení bude proveden z fasády. Vstupní otvor vzduchovodu bude chráněn protidešťovou žaluzií PZ od firmy [11], která je zobrazena na Obr. 8-11. Z podkladů výrobce vyplývá, že je nutné dodržet maximální rychlost 3 m/s ve volné ploše, aby bylo zamezeno vnikání vody do žaluzie. Průřez příváděcího potrubí je 0,049 m². Byla zvolena vyústka PZAL-40-F-500-355, jejíž volná plocha je 0,13 m² a rychlost ve volném průřezu je 2,5 m/s. Žaluzie PZAL-40-F je vybavena panelovým filtrem G4.

Odvod znehodnoceného vzduchu bude veden nad střechu. Na konec odvodního vzduchovodu bude osazena výfuková hlavice od firmy [11] IMOS-VHK-1. Tato hlavice byla



zvolena proto, aby byly škodliviny vyfukovány co nejvýše do volného prostoru. Kruhová výfuková hlavice je osazena kruhovou stříškou, která zabraňuje vnikání vody a sněhu do potrubí. Hlavní rozměry jsou uvedeny v Tab. 8-6. Doporučená maximální rychlost vzduchu v přípojovacím hrdle hlavice je 10 m/s. Pro výpočet byla zvolena rychlost 8 m/s. Množství odváděného vzduchu je $\dot{V}_e = 0,322 \text{ m}^3/\text{s}$ viz Tab. 3-1. Z rovnice (8.4) se vypočítá předběžný průřez vzduchovodu vedoucímu k hlavici. Pomocí předběžného průřezu se zvolí jmenovitý průměr potrubí (jmenovitý průměr hlavice) a pomocí zvoleného průměru se vypočítá rychlost vzduchu.

Obr. 8-13: Výfuková hlavice IMOS VHK-1 [11]

$$S_e = \frac{\dot{V}_e}{w_e} \quad (8.4)$$

S_e [m²] je průřez odvodního vzduchovodu vedoucího do exteriéru;

w_e [m/s] je rychlost vzduchu odvodního vzduchovodu vedoucího do exteriéru;

\dot{V}_e [m³/s] je množství vzduchu proudícího odvodním vzduchovodem do exteriéru;

$$S_e = \frac{\dot{V}_e}{w_e} = \frac{0,322}{8} = 0,04025 \text{ m}^2 \rightarrow d = 250 \text{ mm}$$

$$w_e = \frac{\dot{V}_e}{S_e} = \frac{0,322}{\frac{\pi \cdot 0,25^2}{4}} = 6,56 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tab. 8-6: Rozměry výfukové hlavice

d_e	D_e	H_e	H_{1e}	D_{re}	c_e	G_e
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
250	410	650	120	285	30	5,5

d_e [mm] je jmenovitý průměr hlavice;

D_e [mm] je průměr pláště;

H_e [mm] je výška hlavice;

H_{1e} [mm] je výška nástavce;

D_{re} [mm] je průměr rozestup. kružnice;

c_e [mm] je šířka příruby;

G_e [kg] je hmotnost hlavice;

9 Vzduchovody

Vzduchovody jsou potrubí pro přívod a odvod vzduchu. Vzduchovody slouží pro přívod upraveného vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu. Tvar potrubí bývá kruhový nebo čtyřhranný a dělí se na rovné trouby a tvarovky. Hlavní materiály, které se používají na výrobu vzduchovodů, jsou pozinkovaný plech, plast, hliník, silikátové hmoty, tuhé desky ze skelné vlny nebo polyuretanu, zděné, betonové či textilní. Povrch vzduchovodů bývá upraven, používají se nátěry či izolace (tepelná, akustická). Tepelná izolace snižuje tepelné ztráty vzduchovodů a kondenzaci vodních par.

Cílem je navrhnout profily vzduchovodů a vypočítat tlakové ztráty. Tlakové ztráty jsou tvořeny tlakovou ztrátou třením a místními odpory. U dimenzování potrubí je důležité dosáhnout rovnosti dispozičního tlaku a ztrát v jednotlivých uzlech a rovnosti celkové ztráty s tlakovým výkonem ventilátoru.

Návrh vzduchovodů

Projekční návrh vzduchovodů zahrnuje volbu typu vzduchovodů, návrh vedení tras jednotlivých větví, dimenzování úseků a stanovení takových ztrát, stanovení tlaku dopravního ventilátorů, návrh tepelné izolace a návrh tlumiče.

a) Volby typu vzduchovodů

Tvar potrubí byl zvolen kovové kruhové od firmy Tech-trade [13]. Při porovnání potrubí stejného materiálu a o stejném průřezovém obsahu má kruhové potrubí oproti čtyřhrannému menší tlakovou ztrátu, na výrobu kruhového potrubí je potřeba menší množství materiálu a proto je lehčí. Kruhové potrubí se zanáší méně prachem a je menším zdrojem hluku. Připojení vyústek ke kovovému potrubí je provedeno pomocí ohebných hadic z lehkého laminátu Alusystem 160, 200 a 250 od firmy [11].

b) Návrh vedení tras jednotlivých větví

Schéma vedení vzduchovodů je uvedeno na Obr. 9-2 a Obr. 9-3. Pro zakrytí vedení vzduchovodů v klimatizovaných místnostech byl navržen podhled ze sádkkartonu. Světla výška místnosti se pak změní z 3,6 m na 3 m. Stavba je skeletová, skládající se ze sloupů a průvlaků. Na třech místech přívodního a třech místech odvodního vzduchovodu je potřeba řešit problém s vedením potrubí pod průvlakem, v těchto místech bude podélně snížen podhled stropu.

c) Dimenzování jednotlivých úseků stanovením průměrů a tlakových ztrát

Dimenzuje se zvláště přívodní a odvodní vzduchovod. Navržené potrubí se rozdělí do úseků. Úsek je část potrubní sítě, v níž se nemění hmotnostní tok ani rychlost proudění. Souhrn úseků, které na sebe navazují, se nazývá větev. Větev, která má největší tlakovou ztrátu je hlavní větev (magistrála). Průběh rychlostí v hlavní větvi se zpravidla volí tak, aby rychlosti od koncového úseku k ventilátoru neklesaly a pokud stoupají, aby stoupaly minimálně. Pro dimenzování vzduchovodu byla zvolena metoda celkových tlaků.

Postup výpočtu metodou celkových tlaků

1. Rozdělení vzduchovodů na úseky a určení magistrály

Na Obr. 9-2 a Obr. 9-3 je návrh vedení vzduchovodů a jsou zde označeny jednotlivé úseky, uzly a koncové body sítě. Na Obr. 9-4 je uvedeno prostorové schéma vedení vzduchovodů. Magistrála přívodního vzduchovodu se skládá z úseků 1 až 8 a odvodního 1 až

8. Vedlejší větve přívodního vzduchovodu jsou označeny čísly 9 až 27 a odvodního 9 až 23. Uzlové body přívodního vzduchovodu jsou označeny písmeny A až K a odvodního A až J.

2. Volba rychlosti na konci větve

w'_1 [m/s] je zvolená rychlost na konci hlavní větve tj. v úseku 1;

3. Koncový průměr v hlavní větvi

$$S'_1 = \frac{\dot{V}_1}{w'_1} \quad (9.1)$$

\dot{V}_1 [m³/h] je objemový tok vzduchu úsekem 1;

S'_1 [m²] je předběžný průřez úseku 1;

$$d'_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S'_1}{\pi}} \quad (9.2)$$

d'_1 [m] je předběžný průměr úseku 1;

Z plochy S'_1 se vypočítá předběžný průměr d'_1 úseku 1. Pomocí předběžného průměru d'_1 a podkladů výrobce se vybere nejbližší menší průměr vzduchovodu d_1 , který je součástí výrobní řady vzduchovodů. Ze zvoleného průměru d_1 se vypočítá skutečná plocha průřezu úseku 1 a dále rychlost vzduchu.

4. Skutečná rychlost v koncovém úseku hlavní větve

$$w_1 = \frac{\dot{V}_1}{S_1} \quad (9.3)$$

w_1 [m/s] je střední rychlost vzduchu ve vzduchovodu;

S_1 [m²] je skutečný průřez vzduchovodu;

5. Výpočet tlakové ztráty

$$\Delta p_z = \Delta p_t + \Delta p_m + \Delta p_{m,t} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot w^2 \cdot \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \xi_i \right) + \Delta p_{m,t} \quad (9.4)$$

Δp_z [Pa] je celková tlaková ztráta;

Δp_t [Pa] je tlaková ztráta třením;

Δp_m [Pa] je tlaková ztráta místními odpory;

$\Delta p_{m,t}$ je tlaková ztráta vyústky;

λ [-] je součinitel tření;

l [m] je délka potrubí;

d [mm] je průměr nebo ekvivalentní průměr;

ξ [-] je součinitel místního odporu;

ρ [kg/m³] je hustota vzduchu;

Tlaková ztráta třením

Tlakové ztráty třením vznikají průtokem vzduchu v potrubí a to třením vzduchu o stěny, vnitřním třením v důsledku viskozity vzduchu a nerovnoměrným rozložením rychlosti po průřezu.

$$\Delta p_t = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot w^2 \cdot \frac{\lambda \cdot l}{d} \quad (9.5)$$

Zvolí se ekvivalentní drsnost vzduchovodu ε , která se určuje podle materiálu vzduchovodu. Navrhované vzduchovody jsou z pozinkovaného plechu, proto je $\varepsilon = 0,15$.

Určí se poměr ekvivalentní drsnosti a zvoleného průměru potrubí tj. poměrná drsnost dle rovnice (9.6) a Reynoldovo číslo dle rovnice (9.7). Kinematickou viskozitu vzduchu pro většinu teplot uvažujeme $15,32 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Součinitel tření λ se vypočítá dle rovnice (9.8) [14] pro kontrolu se může porovnat s hodnotou, kterou určíme pomocí poměrné drsnosti a Reynoldsova čísla se z grafu [15].

$$\frac{\varepsilon}{d} \quad (9.6)$$

ε [mm] je ekvivalentní drsnost vzduchovodu;

d [mm] je průměr vzduchovodu;

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (9.7)$$

ν [m²/s] je kinematická viskozita;

$$\lambda = \frac{1,318}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (9.8)$$

λ [-] součinitel tření;

Tlaková ztráta místními odpory

Tlaková ztráta místními odpory se určí pomocí součinitelů vřazených odporů, které jsou pro jednotlivé typy (koleno, rúžení, clona, T-kus) tabelovány.

$$\Delta p_m = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot w^2 \cdot \sum \xi_i \quad (9.9)$$

6. Volba rychlosti v navazujícím úseku $w'_2 = w_1$

7. Rozměry navazujícího úseku- průměr a průřez

Dimenzování a výpočet tlakových ztrát vzduchovodů pro přívod a odvod jsou uvedeny v Tab. 9-2 a Tab. 9-3.

Vzorový výpočet tlakové ztráty pro úsek 1- přívod

Úsek 1 příváděcího potrubí je označen na Obr. 9-3. Úsek 1 vede od vyústky IMOS-VVT-B-H-1-500-RAL9010 tj. koncový bod III po uzel B. Množství požadovaného příváděného vzduchu je 327,5 m³/h. Rychlost zvolená na konci větve vyplývá z efektivní rychlosti vyústky $w'_1 = 3,137 \text{ m/s}$. Dle rovnice (9.1) se vypočítá předběžný průřez úseku 1. Velikost průměru

připojovacího otvoru ve vyústce je $D=200$ mm. Předběžný průměr se vypočítá dle rovnice (9.2) a skutečná rychlost se vypočítá dle rovnice (9.3).

$$S'_1 = \frac{\dot{V}_1}{w'_1} = \frac{327,5}{3,137 \cdot 3600} = 0,02899 \text{ m}^2$$

$$d'_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S'_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,02899}{\pi}} = 0,1921 \text{ m}$$

Zvolený průměr potrubí je $d_1 = 200$ mm. Vyústka bude připojena k vedení vzduchovodu flexibilním potrubím Alusystém 200 od firmy [11]. Jedná se o ohebné flexibilní potrubí z lehkého laminátu, které je vyrobeno z několika vrstev hliníku a polyesteru.

$$w_1 = \frac{\dot{V}_1}{S_1} = \frac{327,5}{0,03141 \cdot 3600} = 2,8956 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tlaková ztráta třením úseku 1

Součinitel tření λ je funkcí poměrné drsnosti vypočítané z rovnice (9.6) a Reynoldsova čísla vypočítaného z rovnice (9.7), tato závislost je zobrazena v grafu.

$$\frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,15}{200} = 0,00075$$

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{2,8956 \cdot 0,2}{15,32 \cdot 10^{-6}} = 37801$$

$$\lambda = \frac{1,318}{\left[\ln \left(\frac{0,15}{3,7 \cdot 200} + \frac{5,74}{37801 e^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,0244$$

Délka počítaného úseku je $l = 1,15$ m.

$$\Delta p_t = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot w^2 \cdot \frac{\lambda \cdot l}{d} = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 2,8965^2 \cdot \frac{0,0244 \cdot 1,15}{0,20} = 0,7 \text{ Pa}$$

Tlaková ztráta místními odpory úseku 1

Tlaková ztráta místními odpory se vypočítá dle rovnice (9.9). Vřazený odpor v úseku jedna se počítá pro odbočení k vyústce. Připočítává se tlaková ztráta vyústkou.

Vřazený odpor pro odbočku

Výpočet vychází z [12]. Tlaková ztráta se počítá pro rozbočku přívaděcího typu ($A_p=A_o$) a pro odbočení. Pro přepočet na rychlosti ve větvích je určena rovnice (9.10).

$$\xi_{bb} = \xi_{bo} \cdot \left(\frac{w_o}{w_b} \right)^2 \quad (9.10)$$

$$\xi_{bo} = A \cdot \left[1 + \left(\frac{w_b}{w_o} \right)^2 - 2 \cdot \cos \vartheta \cdot \left(\frac{w_b}{w_o} \right) \right] \quad (9.11)$$

$A[-]$ součinitel- výpočet dle Tab. 9-1;

w_o [m/s] rychlost proudu přicházejícího do rozbočky;

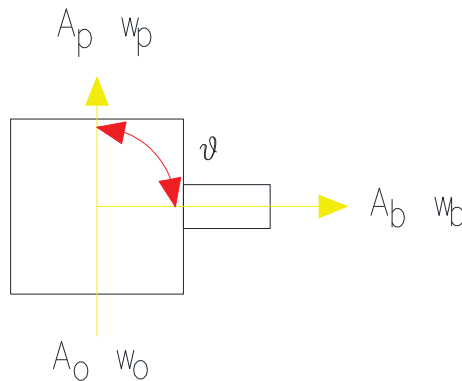
w_b [m/s] rychlost proudu odcházejícího odbočkou;

ξ_{bo} [-] součinitel tlakové ztráty do odbočky vztaženou na rychlost w_o ;

ξ_{bb} [-] součinitel tlakové ztráty do odbočky vztaženou na rychlost w_b ;

Tab. 9-1: Součinitel A [12]

$\frac{A_b}{A_o}$	$\leq 0,35$		$> 0,35$	
	$\leq 0,4$	$> 0,4$	$\leq 0,6$	$> 0,6$
$\frac{\dot{V}_b}{\dot{V}_o}$	$\leq 0,4$	$> 0,4$	$\leq 0,6$	$> 0,6$
A	$1,1 - 0,7 \cdot \frac{\dot{V}_b}{\dot{V}_o}$	0,85	$1 - 0,65 \cdot \frac{\dot{V}_b}{\dot{V}_o}$	0,6



Vstupní hodnoty pro uzel B

$$A_p = 0,1256 \text{ m}^2$$

$$A_b = 0,0314 \text{ m}^2$$

$$A_o = 0,1256 \text{ m}^2$$

$$w_b = 2,896 \text{ m/s}$$

$$w_o = 3,14 \text{ m/s}$$

$$\frac{\dot{V}_b}{\dot{V}_o} = \frac{327,5}{1409,8} = 0,2323$$

$$\frac{A_b}{A_o} = \frac{0,0314}{0,1256} = 0,25$$

Obr. 9-1: Rozbočka [12]

Na Obr. 9-1 je zakresleno schéma rozbočky, na kterém jsou označeny rychlosti a plochy potřebné k výpočtu tlakových ztrát. Z Tab. 9-1 se součinitel A pro vypočtené hodnoty poměrů se vypočítá dle rovnice:

$$A = 1,1 - 0,7 \cdot \frac{\dot{V}_b}{\dot{V}_o} = 1,1 - 0,7 \cdot 0,2323 = 0,9374$$

Pomocí rovnice (9.10) a (9.11) se vypočítají tlakové ztráty do odbočky.

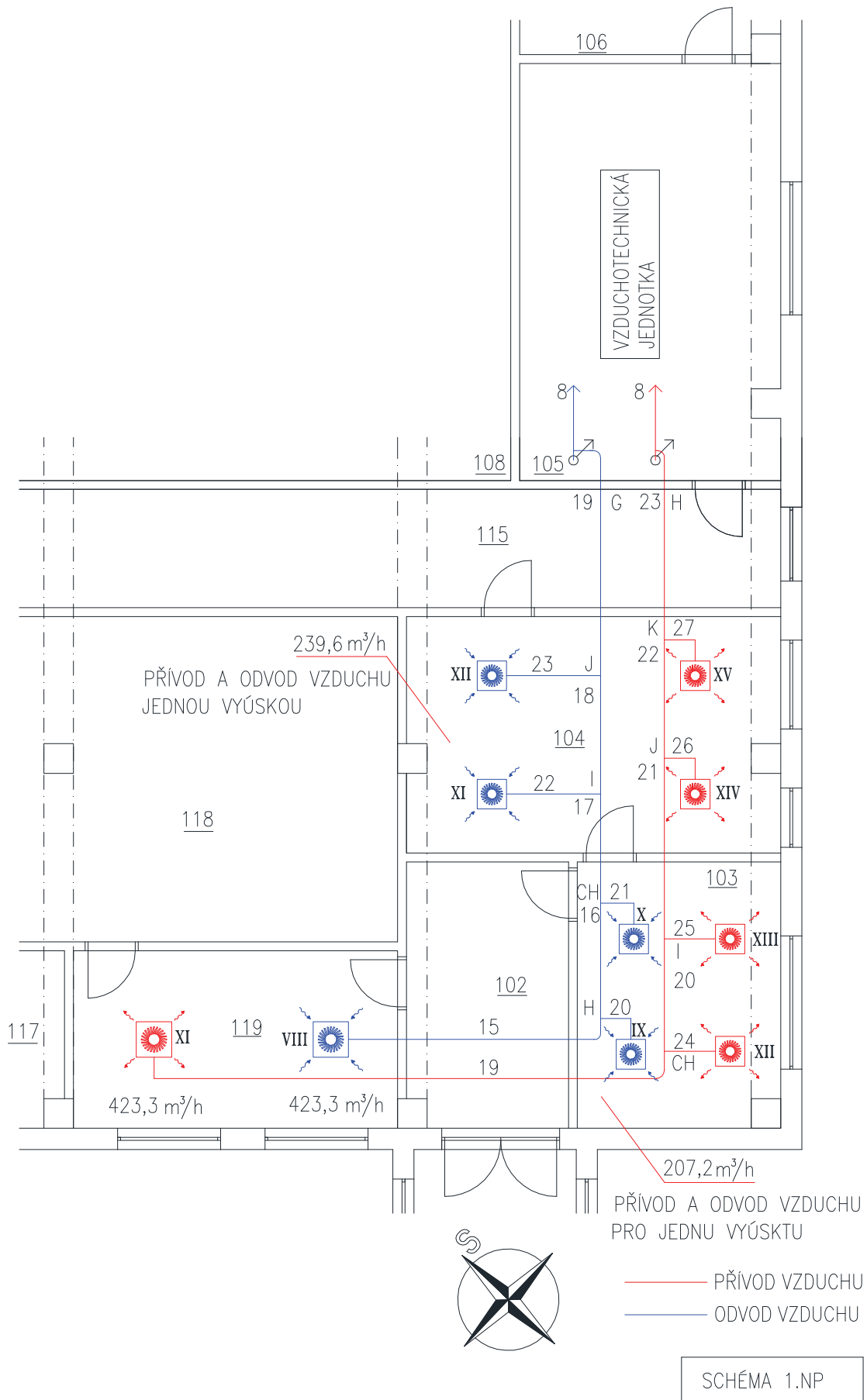
$$\begin{aligned} \xi_{bo} &= A \cdot \left[1 + \left(\frac{w_b}{w_o} \right)^2 - 2 \cdot \cos \vartheta \cdot \left(\frac{w_b}{w_o} \right) \right] = \\ &= 0,9374 \cdot \left[1 + \left(\frac{2,896}{3,14} \right)^2 - 2 \cdot \cos 90 \cdot \left(\frac{2,896}{3,14} \right) \right] = 2,508 \end{aligned}$$

$$\xi_{bb} = \xi_{bo} \cdot \left(\frac{w_o}{w_b} \right)^2 = 2,508 \cdot \left(\frac{3,14}{2,896} \right)^2 = 2,95$$

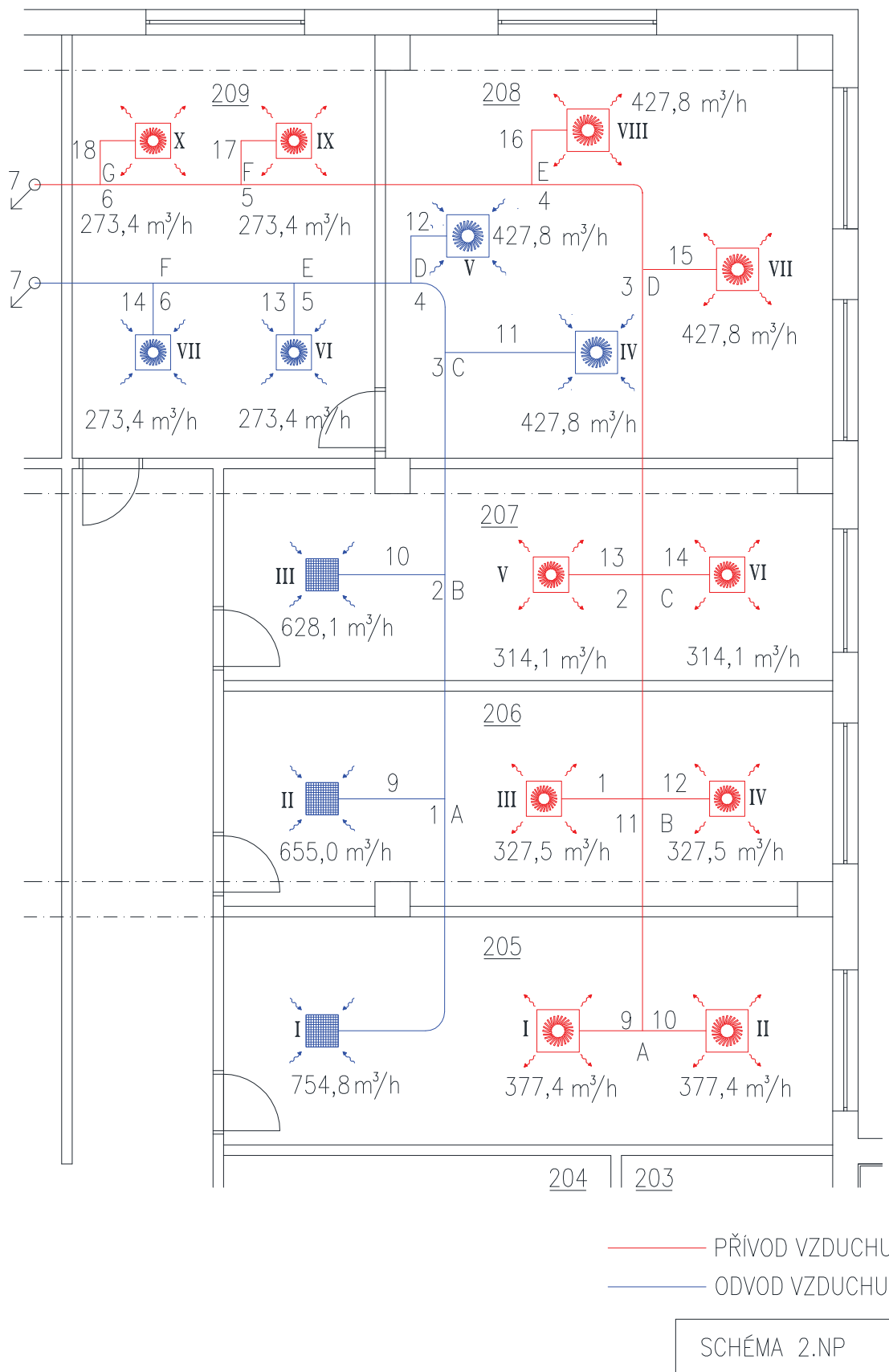
$$\Delta p_m = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot w^2 \cdot \sum \xi_i = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 2,896^2 \cdot 2,95 + 20 = 14,85 \text{ Pa}$$

Celková tlaková ztráta úseku 1

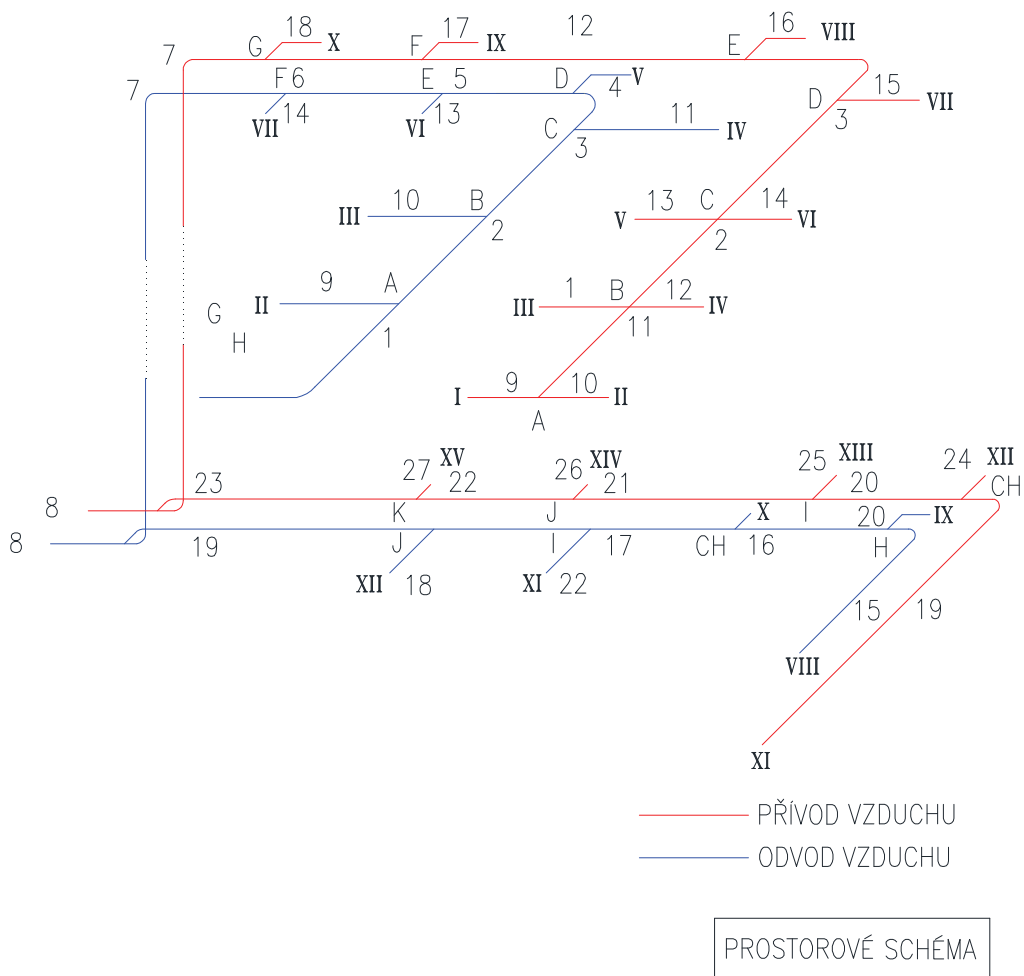
$$\Delta p_z = \Delta p_t + \Delta p_m + \Delta p_{m,t} = 0,7 + 34,85 + 20 = 35,55 \text{ Pa}$$



Obr. 9-2: Schéma vedení vzduchovodů 1NP



Obr. 9-3: Schéma rozvodu vzduchovodů 2NP



Obr. 9-4: Prostorové schéma vedení vzduchovodu

d) Spoje a uložení vzduchovodů

Jednotlivé kusy vzduchovodu a tvarovek budou příčně spojeny pomocí nasouvacích tvarových prvků s gumovým kruhovým těsněním TK.

Při návrhu uložení potrubí je nutné vycházet z druhu stavení konstrukce. Pro uložení kruhového potrubí jsou vhodné objímkové závěsy a závitové tyče. Pro vzduchovod do DN 400 pro zavěšení stačí jedna závitová tyč, pro DN 450 a více dvě tyče. Závěsy budou upevněny do železobetonových stropních panelů. Vzdálenost závěsů se navrhuje v rozpětí 2-4 m v závislosti na velikosti a hmotnosti vzduchovodů. Výpočet nosnosti závěsných systémů by měl být proveden statickem.

Svislé potrubí se kotví v každém podlaží pomocí úhelníkových příložek připevněných na boční část potrubí.

Tab. 9-2: Výpočet dimenzí a tlakových ztrát odvodního vzduchovodu

Č.Ú.	$\dot{V}_{pv,i}$	$\dot{V}_{pv,i}$	L	w'	S'	D	t	d	S	w	ε	ε/d	Re	λ	$\lambda \cdot L/d$	Δp_t	ξ	Δp_m	$\Delta p_{m,t}$	Δp_z
-	m ³ /h	m ³ /s	m	m/s	m ²	mm	mm	mm	m ²	m/s	mm	-	-	.	-	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	754,8	0,2097	4,53	3,14	0,067	300	0,6	298,8	0,0701	2,99	0,15	0,0005	58555	0,0219	0,3311	1,78	2,341	12,56	34,5	48,83
2	1409,8	0,3916	3,175	2,99	0,131	400	0,6	398,8	0,1249	3,14	0,15	0,0004	81858	0,0203	0,1614	0,95	0,806	4,75	0	5,71
3	2037,9	0,5661	3,15	3,14	0,181	450	0,6	448,8	0,1582	3,58	0,15	0,0003	105111	0,0194	0,1359	1,04	0,350	2,69	0	3,73
4	2465,8	0,6849	1,131	3,58	0,191	450	0,6	448,8	0,1582	4,33	0,15	0,0003	127176	0,0189	0,0475	0,53	0,285	3,21	0	3,75
5	2893,6	0,8038	1,66	4,33	0,186	450	0,6	448,8	0,1582	5,08	0,15	0,0003	149241	0,0185	0,0683	1,06	0,151	2,34	0	3,40
6	3167,0	0,8797	1,885	3,58	0,246	450	0,6	448,8	0,1582	5,56	0,15	0,0003	163342	0,0183	0,0767	1,42	0,138	2,56	0	3,98
7	3440,3	0,9556	6,24	5,56	0,172	450	0,6	448,8	0,1582	6,04	0,15	0,0003	177442	0,0181	0,2515	5,51	1,430	31,31	0	36,82
8	4757,2	1,3214	4,28	6,04	0,219	500	0,6	498,8	0,1954	6,76	0,15	0,0003	220706	0,0175	0,1498	4,11	0,502	13,77	0	17,88
9	655,0	0,1819	1,513	2,43	0,075	300	0,6	298,8	0,0701	2,59	0,15	0,0005	50807	0,0224	0,1132	0,46	1,360	5,49	25,9	31,85
10	628,1	0,1745	1,513	2,59	0,067	300	0,6	298,8	0,0701	2,49	0,15	0,0005	48726	0,0226	0,114	0,42	1,932	7,18	23,8	31,40
11	427,8	0,1188	1,847	2,49	0,048	-	-	250	0,0491	2,42	0,15	0,0006	39506	0,0237	0,1754	0,62	2,850	10,02	12	22,64
12	427,8	0,1188	1,174	2,43	0,049	-	-	250	0,0491	2,42	0,15	0,0006	39506	0,0237	0,1115	0,39	2,765	9,72	12	22,11
13	273,4	0,0759	0,734	2,62	0,029	-	-	200	0,0314	2,42	0,15	0,0008	31557	0,0251	0,0922	0,32	4,547	15,94	9	25,26
14	273,4	0,0759	0,734	2,62	0,029	-	-	200	0,0314	2,42	0,15	0,0008	31557	0,0251	0,0922	0,32	5,155	18,07	9	27,39
20	207,2	0,0575	0,87	1,98	0,029	-	-	200	0,0314	1,83	0,15	0,0008	23913	0,0265	0,1151	0,23	1,484	2,99	6	9,22
21	207,2	0,0575	0,87	1,98	0,029	-	-	200	0,0314	1,83	0,15	0,0008	23913	0,0265	0,1151	0,23	2,195	4,42	6	10,65
22	239,6	0,0666	1,592	2,29	0,029	-	-	200	0,0314	2,12	0,15	0,0008	27655	0,0257	0,2049	0,55	2,168	5,84	8	14,39

Tab. 9-2: Výpočet dimenzí a tlakových ztrát odvodního vzduchovodu - pokračování

Č.Ú.	$\dot{V}_{pv,i}$	$\dot{V}_{pv,i}$	L	w'	S'	D	t	d	S	w	ε	ε/d	Re	λ	$\lambda \cdot L/d$	Δp_t	ξ	Δp_m	$\Delta p_{m,t}$	Δp_z
-	m ³ /h	m ³ /s	m	m/s	m ²	mm	mm	mm	m ²	m/s	mm	-	-	-	-	Pa	-	Pa	Pa	Pa
23	239,6	0,0666	1,59	2,29	0,029	-	-	200	0,0314	2,12	0,15	0,0008	27655	0,0257	0,2049	0,55	2,696	7,26	8	15,81
15	423,3	0,1176	4,44	2,40	0,049	-	-	250	0,0491	2,40	0,15	0,0006	39092	0,0238	0,4224	1,45	1,154	3,98	12	17,43
16	630,5	0,1751	1,95	2,40	0,073	300	0,6	298,8	0,0701	2,50	0,15	0,0005	48909	0,0226	0,1468	0,55	0,569	2,13	0	2,68
17	837,7	0,2327	1,85	2,40	0,097	315	0,6	313,8	0,0773	3,01	0,15	0,0005	61862	0,0217	0,1268	0,69	0,488	2,65	0	3,34
18	1077,2	0,2992	2	3,01	0,099	315	0,6	313,8	0,0773	3,87	0,15	0,0005	79555	0,0208	0,1324	1,19	0,372	3,34	0	4,53
19	1316,8	0,3658	3,68	3,87	0,095	315	0,6	313,8	0,0773	4,73	0,15	0,0005	97248	0,0203	0,2369	3,18	1,820	24,43	0	27,61

Tab. 9-3: Výpočet dimenzí a tlakových ztrát přívodního vzduchovodu

Č.Ú.	$\dot{V}_{pv,i}$	$\dot{V}_{pv,i}$	L	w'	S'	D	t	d	S	w	ε	ε/d	Re	λ	$\lambda \cdot L/d$	Δp_t	ξ	Δp_m	$\Delta p_{m,t}$	Δp_z
-	m ³ /h	m ³ /s	m	m/s	m ²	mm	mm	mm	m ²	m/s	mm	-	-	-	-	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	327,5	0,091	1,15	3,137	0,029	200	-	200	0,0314	2,90	0,2	0,0008	37801	0,0244	0,140	0,70	2,95	14,85	20	35,56
2	1409,8	0,392	3,18	2,194	0,178	400	0,8	398,4	0,1247	3,14	0,2	0,0004	82022	0,0203	0,161	0,96	1,12	6,63	0	7,59
3	2037,9	0,566	4,33	3,141	0,180	450	0,8	448,4	0,1579	3,58	0,2	0,0003	105299	0,0194	0,187	1,44	0,02	0,12	0	1,56
4	2465,8	0,685	2,13	3,585	0,191	450	0,8	448,4	0,1579	4,34	0,2	0,0003	127403	0,0189	0,089	1,01	0,26	2,95	0	3,96
5	2893,6	0,804	4,18	4,337	0,185	450	0,8	448,4	0,1579	5,09	0,2	0,0003	149508	0,0185	0,172	2,67	0,00	0,05	0	2,72
6	3167,0	0,880	2	5,090	0,173	450	0,8	448,4	0,1579	5,57	0,2	0,0003	163633	0,0183	0,081	1,52	0,00	0,05	0	1,56
7	3440,3	0,956	5,68	5,571	0,172	450	0,8	448,4	0,1579	6,05	0,2	0,0003	177759	0,0181	0,229	5,03	0,35	7,66	0	12,69
8	4757,2	1,321	4,28	6,052	0,218	500	0,8	498,4	0,1951	6,77	0,2	0,0003	221060	0,0175	0,150	4,12	1,00	27,62	0	31,74

Tab. 9-3: Výpočet dimenzí a tlakových ztrát přírodního vzduchovodu - pokračování

Č.Ú.	$\dot{V}_{pv,i}$	$\dot{V}_{pv,i}$	L	w'	S'	D	t	d	S	w	ε	ε/d	Re	λ	$\lambda \cdot L/d$	Δp_t	ξ	Δp_m	$\Delta p_{m,t}$	Δp_z
-	m ³ /h	m ³ /s	m	m/s	m ²	mm	mm	mm	m ²	m/s	mm	-	-	-	-	Pa	-	Pa	Pa	Pa
9	377,4	0,105	0,9	2,140	0,049	-	-	250	0,0491	2,14	0,2	0,0006	34853	0,0243	0,087	0,24	1,31	3,57	11	14,81
11	754,8	0,210	3,29	2,140	0,098	350	0,6	348,8	0,0956	2,19	0,2	0,0004	50133	0,0222	0,209	0,60	1,31	3,78	0	4,39
10	377,4	0,105	0,9	2,140	0,049	-	-	250	0,0491	2,14	0,2	0,0006	34853	0,0243	0,087	0,24	1,31	3,57	11	14,81
12	327,5	0,091	0,95	3,137	0,029	-	-	200	0,0314	2,90	0,2	0,0008	37801	0,0244	0,116	0,58	2,95	14,85	20	35,43
13	314,1	0,087	1,05	3,008	0,029	-	-	200	0,0314	2,78	0,2	0,0008	36253	0,0245	0,129	0,60	3,79	17,55	18	36,15
14	314,1	0,087	0,95	3,008	0,029	-	-	200	0,0314	2,78	0,2	0,0008	36253	0,0245	0,116	0,54	3,79	17,55	18	36,09
15	427,8	0,119	1,35	2,425	0,049	-	-	250	0,0491	2,42	0,2	0,0006	39506	0,0237	0,128	0,45	5,69	20,01	15	35,46
16	427,8	0,119	0,33	2,425	0,049	-	-	250	0,0491	2,42	0,2	0,0006	39506	0,0237	0,031	0,11	7,53	26,48	15	41,59
17	273,4	0,076	0,23	2,619	0,029	-	-	200	0,0314	2,42	0,2	0,0008	31557	0,0251	0,028	0,10	8,96	31,41	13	44,51
18	273,4	0,076	0,23	2,619	0,029	-	-	200	0,0314	2,42	0,2	0,0008	31557	0,0251	0,028	0,10	10,18	35,70	13	48,80
19	423,3	0,118	9,48	2,400	0,049	-	-	250	0,0491	2,40	0,2	0,0006	39092	0,0238	0,901	3,10	1,64	5,65	15	23,76
20	630,5	0,175	1,9	2,396	0,073	300	0,6	298,8	0,0701	2,50	0,2	0,0005	48909	0,0226	0,143	0,54	0,04	0,14	0	0,68
21	837,7	0,233	2,45	2,498	0,093	300	0,6	298,8	0,0701	3,32	0,2	0,0005	64979	0,0216	0,176	1,16	0,01	0,06	0	1,23
22	1077,2	0,299	2	3,318	0,090	300	0,6	298,8	0,0701	4,27	0,2	0,0005	83565	0,0208	0,139	1,52	0,07	0,75	0	2,26
23	1316,8	0,366	3,68	4,267	0,086	315	0,6	313,8	0,0773	4,73	0,2	0,0005	97248	0,0203	0,237	3,18	1,52	20,39	0	23,57

Tab. 9-3: Výpočet dimenzí a tlakových ztrát přírodního vzduchovodu - pokračování

Č.Ú.	$\dot{V}_{pv,i}$	$\dot{V}_{pv,i}$	L	w'	S'	D	t	d	S	w	ε	ε/d	Re	λ	$\lambda \cdot L/d$	Δp_t	ξ	Δp_m	$\Delta p_{m,t}$	Δp_z
-	m ³ /h	m ³ /s	m	m/s	m ²	mm	mm	mm	m ²	m/s	mm	-	-	-	-	Pa	-	Pa	Pa	Pa
24	207,2	0,058	0,87	1,984	0,029	-	-	200	0,0314	1,83	0,2	0,0008	23913	0,0265	0,114	0,23	3,35	6,74	9	15,97
25	207,2	0,058	0,87	1,984	0,029	-	-	200	0,0314	1,83	0,2	0,0008	23913	0,0265	0,114	0,23	4,96	9,98	9	19,21
26	239,6	0,067	0,28	2,295	0,029	-	-	200	0,0314	2,12	0,2	0,0008	27655	0,0257	0,035	0,10	6,12	16,48	10	26,58
27	239,6	0,067	0,28	2,295	0,029	-	-	200	0,0314	2,12	0,2	0,0008	27655	0,0257	0,035	0,10	7,29	19,63	10	29,73

D [mm] je vnější průměr vzduchovodu z pozinkovaného plechu;

t [mm] je tloušťka vzduchovodu z pozinkovaného plechu;

e) Zaregulování vzduchovodů

Účelem zaregulování vzduchovodů je zajistit požadované průtoky vzduchu vyústkami a určit tlakové difference v jednotlivých uzlech. Je-li tlaková difference menší lze ji doregulovat pomocí regulační klapky ve vyústce. Je-li tlaková difference větší, je potřeba navrhnout redukční clonu. U vířivých termostaticky ovládaných vyústek je možné doregulovat tlakový rozdíl 22 Pa. Na přívodní větvi bude potřeba navrhnout jednu redukční clonu a to do úseku 21. Tlakové difference přívodní větve jsou uvedeny v Tab. 9-4. Vzorový příklad výpočtu tlakové difference pro přívodní větev je uveden v Tab. 9-6.

Přívodní potrubí

Tab. 9-4: Tlakové difference na přívodní větvi

Uzel	Úsek hlavní větve	Úsek regulované větve	Tlaková difference
A	9	10	0
B	1	9+11	16,35
		10+11	16,35
		12	0,12
C	1+2	13	7,00
		14	7,05
D	1+2+3	15	9,24
E	1+2+3+4	16	7,07
F	1+2+3+4+5	17	6,87
G	1+2+3+4+5+6	18	4,14
H	1+2+3+4+5+6+7	19+20+21+22+23	14,14
CH	19	24	7,79
I	19+20	25	5,23
J	19+20+21	26	-0,92 ^{*)}
K	19+20+21+22	27	-1,81 ^{*)}

^{*)} Záporné hodnoty vymizí po vložení redukční clony do úseku 21.

Redukční clona vložená do úseku 21 bude regulovat tlakovou diferencí 14,14 Pa a tím se vyrovná tlakovou diferencí uzlu H. Redukční clona v úseku 21 zvýší tlakové ztráty a tím se změní tlakové difference v uzlu J a K. Změna difference uzlů J a K je uvedena v Tab. 9-5.

Tab. 9-5: Tlakové difference po vložení redukční clony do úseku 21

Uzel	Úsek hlavní větve	Úsek regulované větve	Tlaková difference
H	1+2+3+4+5+6+8	19+20+21+22+23	0,00
J	19+20+21	26	13,22
K	19+20+21+22	27	12,33

Stanovení tlakové difference uzel B

Tab. 9-6: Tlaková difference - uzel B

Před zaregulováním	Po zaregulování	Δp_i [Pa]
$\Delta p_{z,1} \geq \Delta p_{z,9} + \Delta p_{z,11}$	$\Delta p_{z,1} - \Delta p_1 \geq \Delta p_{z,9} + \Delta p_{z,11}$	$\Delta p_1 \leq \Delta p_{z,1} - \Delta p_{z,9} - \Delta p_{z,11}$
$\Delta p_{z,1} \geq \Delta p_{z,10} + \Delta p_{z,11}$	$\Delta p_{z,1} - \Delta p_2 \geq \Delta p_{z,10} + \Delta p_{z,11}$	$\Delta p_2 \leq \Delta p_{z,1} - \Delta p_{z,10} - \Delta p_{z,11}$
$\Delta p_{z,1} \geq \Delta p_{z,12}$	$\Delta p_{z,1} - \Delta p_3 \geq \Delta p_{z,12}$	$\Delta p_3 \leq \Delta p_{z,12} - \Delta p_{z,11}$

$$\Delta p_{z,1} - \Delta p_{z,9} - \Delta p_{z,11} = 35,555 - 14,81 - 4,39 = 16,35 \text{ Pa} \rightarrow \Delta p_1 \leq 16,35 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{z,1} - \Delta p_{z,10} - \Delta p_{z,11} = 35,555 - 14,81 - 4,39 = 16,35 \text{ Pa} \rightarrow \Delta p_2 \leq 16,35 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{z,12} - \Delta p_{z,11} = 35,55 - 35,43 = 0,12 \text{ Pa} \rightarrow \Delta p_3 \leq 0,12 \text{ Pa}$$

Odvodní potrubí

Tab. 9-7: Tlakové difference na odvodní větvi

Uzel	Úsek hlavní větve	Úsek regulované větve	Tlaková difference
A	1	9	8,38
B	1+2	10	23,14
C	1+2+3	11	35,63
D	1+2+3+4	12	39,90
E	1+2+3+4+5	13	40,15
F	1+2+3+4+5+6	14	42,01
G	1+2+3+4+5+6+7	15+16+17+18+19	50,63
H	15	20	8,21
CH	15+16	21	9,46
I	15+16+17	22	9,06
J	15+16+17+18	23	12,17

K vyústkám TSF 200, které jsou na schématu Obr. 9-2 označeny I, II, III, je připojena přetlaková komora PER od firmy [11] Obr. 9-5. Součástí komory je uzavírací perforovaná klapka a plastové hadičky a tyto části slouží pro nastavení požadovaného průtoku vzduchu. U vířivých vyústek s pevnými lamelami, které jsou na schématu Obr. 9-2 a Obr. 9-3 označeny VI, VII, IX-XII je možné je pomocí regulačních klapek doregulovat až $5,6 \times \Delta p_{t,m}$ a u vyústek IV, V, VII je možnost regulace až $6 \times \Delta p_{t,m}$. Uzel A-F a H-J se lze doregulovat ve vyústkách viz Tab. 9-8. Uzel G bude potřeba doregulovat pomocí redukční clony.



Obr. 9-5: Přetlaková komora PER [11]

Tab. 9-8: Regulace odvodní potrubí

Č.M.	Vyústka	$\Delta p_{m,t}$	Možnost regulace	Tlaková diference
		[Pa]	[Pa]	[Pa]
103	IX	6	33,6	8,21
	X	6	33,6	9,46
104	XI	8	44,8	9,06
	XII	8	44,8	12,17
119	VIII	12	72	-
208	IV	12	72	35,63
	V	12	72	39,90
209	VI	9	50,4	40,15
	VII	9	50,4	42,01
205	I	34,5	50,5	-
206	II	25,9	46,45	16,98
207	III	23,8	50,63	23,14

Návrh redukční clony

Redukční clona je určena k regulaci a měření průtoku vzduchu. Clonka má větší škrtící schopnosti. Předběžný návrh se provede pomocí rovnice (9.12).

$$\frac{\Delta p_z}{\Delta p_{d1}} = \left[n + \sqrt{\xi_i \cdot n \cdot (n - 1)} - 1 \right]^2 \quad (9.12)$$

Δp_z [Pa] je tlak, který je třeba seškrtnit;

Δp_{d1} [Pa] je dynamický tlak ve vzduchovodu;

n [m²/m²] je poměr S_1 k S_2 ;

S_1 [m²] je průřez vzduchovodu;

S_2 [m²] je průřez škrceného místa vzduchovodu;

ξ [-] je součinitel místního odporu pro clonu;

Vzorový výpočet clony pro uzel G odvodního potrubí

$$\frac{\Delta p_z}{\Delta p_{d1}} = \left[n + \sqrt{\xi_i \cdot n \cdot (n - 1)} - 1 \right]^2$$

$$\frac{50,63}{\frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 4,73^2} = \left[n + \sqrt{0,5 \cdot n \cdot (n - 1)} - 1 \right]^2$$

Řešením rovnice vyšlo $n=1,967$.

$$S_2 = \frac{S_1}{n} = \frac{\pi \cdot 0,3138^2}{4 \cdot 1,967} = 0,03930 \text{ m}^2 \rightarrow d_{cl} = 0,224 \text{ m}$$

Do úseku 19 pro regulaci uzlu G odvodního potrubí byla zvolena clonka od firmy [11] typu SPI 315. SPI je kruhová regulační clonka pro regulaci a měření průtoku vzduchu pomocí středového těsnícího elementu z pěnové gumy. Do úseku 21 přívodního potrubí byla navržena clonka od firmy [11] typu SPI 300.

f) Stanovení dopravního tlaku ventilátorů

Dopravní tlaky ventilátorů, které jsou součástí vzduchotechnického zařízení, musí být větší než sumy celkových tlakových ztrát vzduchovodů pro přívod a odvod. Součet tlakových ztrát přívodního a odvodního vzduchovodu je uveden v Tab. 9-9. Do těchto tlakových ztrát nejsou zahrnuty tlakové ztráty tlumičů.

Tab. 9-9: Celkové tlakové ztráty hlavní větve vzduchovodu pro přívod a odvod

Hlavní větve vzduchovodu	Σ celkových tlakových ztrát
Přívodní vzduchovod (1+2+3+4+5+6+7+8)	91,86 Pa
Odvodní vzduchovod (1+2+3+4+5+6+7+8)	124,10 Pa

g) Návrh tepelné izolace

Ve vzduchovodech bude dopravován vzduch o jiné teplotě než má okolní prostředí, proto je potřeba ho izolovat. Tepelná izolace zabraňuje nejen tepelným ztrátám, ale i kondenzaci vlhkosti. Při nebezpečí vzniku vlhkosti se vodorovné potrubí spáduje nebo opatřuje vypouštěcími kohouty. Pro zateplení vzduchovodů se používají desky a rohože z minerálních vln. Zateplení vzduchovodů bylo zvoleno od firmy Isover [8]. Byla navržena lamelová rohož ML 3 tloušťky 50 mm a pro venkovní použití je nutné oplechování.

h) Návrh tlumičů hluku

Hlavním zdrojem hluku ve vzduchotechnice je ventilátor, další zdroje jsou proudění vzduchu v potrubí, oblouky, odbočky, koncové elementy atd. Pro posouzení hlučnosti ventilátorů je potřeba znát jejich akustický výkon ve frekvenčních pásmech od 250 do 8 000 Hz. Tyto údaje vyplývají z návrhu klimatizační jednotky.

Do potrubí pro přívod čerstvého vzduchu do místností je umístěn tlumič hluku co nejbližší za vzduchotechnickou jednotku. Navržený tlumič LDC-B 500-1200 je od firmy [11].



Tlumič LDC-B je kruhový a je vybaven kulisou tloušťky 100 mm a má tlakovou ztrátu 15 Pa. Do odvodního potrubí je navržen tlumič LDC-B 500-900 s tlakovou ztrátou 15 Pa. Do potrubí pro přívod venkovního vzduchu a odvod vzduchu do exteriéru je navržen tlumič LDC 250/600 s tlakovou ztrátou 5 Pa viz Obr. 9-6.

Obr. 9-6: Tlumič hluku LCD 250/600 [11]

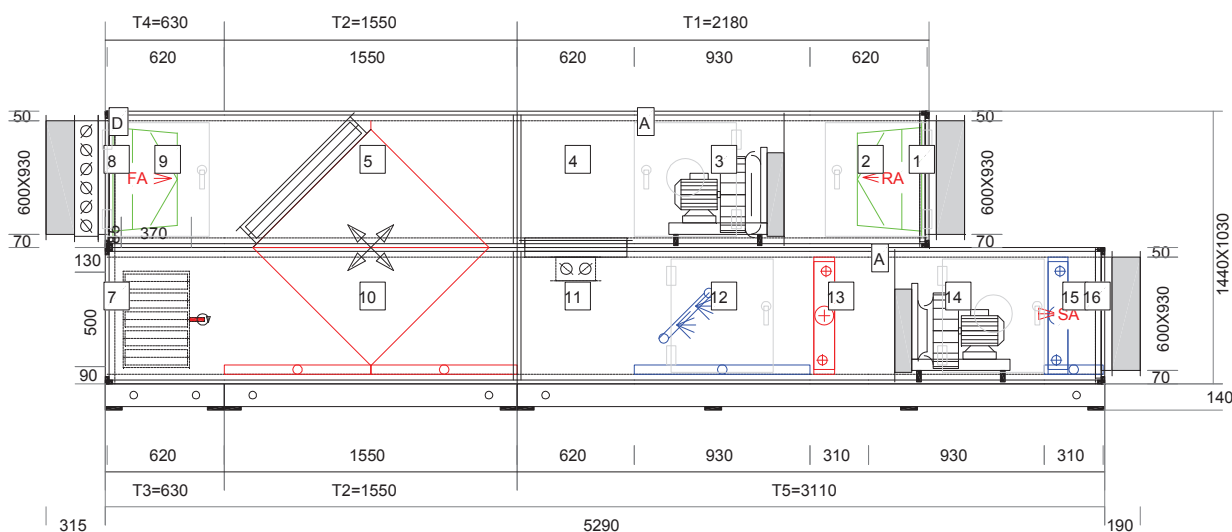
i) Požární klapky

Strojovna tvoří samostatný požární úsek. Je potřeba zabránit šíření požáru vzduchovody a proto se do potrubí umísťují požární klapky. Navrženy jsou kruhové klapky od firmy [11], dvě klapky PKI-R-EI-90S-315-ZV-P-KS1 a dvě PKI-R-EI-90S-450-ZV-P-KS1. Klapky mají spouštěcí mechanismus, který uzavře list klapky a udrží ji v poloze proti zpětnému otevření, pokud dojde po dobu 30-60 s překročení teploty $72 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

10 Klimatizační jednotka

Návrh klimatizačního zařízení vychází z psychrometrických výpočtů viz kapitola 7.1 a 7.2 a výpočtů celkových tlakových ztrát viz kapitola 9. Důležitými parametry je množství přiváděného vzduchu $\dot{V}_p = 4757,04 \text{ m}^3/\text{h}$ a tlaková ztráta magistrály přívodní větve $\Delta p_{pm} = 91,86 \text{ Pa}$ a odvodní větve $\Delta p_{om} = 124,1 \text{ Pa}$.

Klimatizační jednotka byla navržena od firmy JANKA ENGINEERING s.r.o. za pomoci návrhového softwaru CLIMACAL 8.0.0. Byla navržena vertikální jednotka PremiAir KLMOD viz Obr. 10-1. Návrh jednotlivých komponent (chladič, ohřívač, parní zvlhčovač, deskový výměník) vychází z hodnot získaných v psychrometrických výpočtech. V psychrometrickém výpočtu je uvažovaná účinnost rekuperace deskového výměníku $\eta = 65 \%$. V klimatizačním zařízení je navržen deskový výměník s účinností $\eta = 69 \%$. Pro ohřívač je navržena teplota vody 80/60 °C. Pro chlazení chladiče je zvolena kondenzační jednotka pro přímé vypařování s chladivem R410A. Kondenzační jednotka je umístěna na střeše objektu. Přívodní ventilátor je dimenzován na tlak 230 Pa a odvodní na tlak 264 Pa. Tento tlak je součet tlakové ztráty magistrály a navýšení 140 Pa. V navýšení je zahrnuta tlaková ztráta tlumičů, nárůst tlaku při porovnání tlakové ztráty napočítané na schématu a se skutečným stavem, tlaková ztráta přívadecí části potrubí z exteriéru a rezervy pro bezpečnou funkci ventilátoru.



Odvodní vzduch: 1-Vstup vzduchu, 2-Filtr, 3-Odvodní ventilátor, 4-Směšovací komora, 5-Zpětné získávání tepla, 7-Výstup vzduchu

Přivodní vzduch: 8-Vstup vzduchu, 9-Filtr, 10-Zpětné získávání tepla, 11-Směšovací komora, 12-Zvlhčovač, 13-Ohřívač, 14-Přivodní ventilátor, 15-Chladič, 16-Výstup vzduchu

Obr. 10-1: Klimatizační jednotka KLMOD [24]

Charakteristiky a výkony jednotlivých komponent (značeno čísly viz Obr. 10-1) navrženého klimatizačního zařízení jsou uvedeny v příloze E.

11 Strojovna klimatizačního zařízení

Vzduchotechnická zařízení se umísťují do venkovních prostředí nejčastěji na plochu střechu objektu nebo jsou instalovány do vnitřních prostorů do strojoven vzduchotechniky. Strojovny vzduchotechniky musí splňovat prostorové i akustické požadavky. Rozměry strojovny musí především splňovat podmínky pro bezpečný provoz a musí být takové, aby byl zajištěn přístup pro montáž, údržbu a opravy vzduchotechnických zařízení. Musí být dodrženy dostatečné vzdálenosti mezi jednotlivými zařízení, ale i mezi zařízení a stavební konstrukcí. Dveře do strojovny se musí otvírat ven ze strojovny, musejí být nehořlavé a jejich velikost musí umožnit bezpečnou dopravu navržených zařízení.

Strojovna vzduchotechniky je umístěna v 1NP v místnosti 105. Umístěním klimatizační jednotky do strojovny je zařízení chráněno před nepříznivými vlivy počasí, rozvody topné vody jsou chráněné před zamrznutím a je možný bezpečný servis. Obslužný prostor je dle [16] závislý na velikosti jednotky. Obslužná strana má mít volný prostor o velikosti $1,2 \times B$ (B je šířka jednotky) a boční přístup má být $1,5 \times B$. Z výkresu půdorysu strojovny vyplývá, že prostor je vyhovující. Rozměry místnosti jsou $9 \times 4,43 \times 3,6$ m. JV stěna místnosti je venková. V místnosti je jedno okno o velikosti 2250×1500 mm. Podlaha je spádovaná a odvodněná.

Pro větrání strojovny byl zvolen podtlakový systém. Odvod vzduchu je zajištěn axiálním ventilátorem ve venkové stěně a přívod vzduchu je zajištěn přes mřížkové otvory ve dveřích.

Množství větracího vzduchu

$$\dot{V}_{VS} = V_{105} \cdot n_{VS} \quad (11.1)$$

\dot{V}_{VS} [m^3/h] je množství větracího vzduchu;

V_{105} [m^3] je objem strojovny;

n_{VS} [h^{-1}] intenzita výměny vzduchu;

Intenzita výměny vzduchu je $n = 2 \text{ h}^{-1}$ a objem strojovny je uveden v Tab. 2-1. Množství větracího vzduchu se vypočte dle rovnice (11.1).

$$\dot{V}_{VS} = V_{105} \cdot n_{VS} = 141,72 \cdot 2 = 283,44 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Odvod vzduchu ze strojovny bude zajišťovat stěnový axiální ventilátor HXM 200 od firmy ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o. [17] viz Obr. 11-1. Objemový průtok ventilátoru při nulovém tlakovém rozdílu mezi strojovnou a exteriérem je $500 \text{ m}^3/\text{h}$. Průměr oběhového kola je 205 mm. Doporučené rozměry instalačního otvoru jsou 222×222 mm. Ventilátor bude umístěn 2,35 m nad podlahou.



Obr. 11-1: Ventilátor HXM [17]

12 Technická zpráva

1. Úvod

Projekt řeší návrh zařízení pro klimatizaci kanceláří v dvoupodlažní budově.

1.1. Podklady pro zpracování

Podkladem pro vypracování projektu je dodaná výkresová dokumentace, požadované parametry v klimatizovaných místnostech, nařízení vlády, normy, technická dokumentace a firemní podklady:

- Nařízení vlády 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část. 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 730540 - 4 Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody
- ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách- Výpočet tepelného výkonu
- ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaného prostoru
- Chyský, J., Hemzal, K. a kol.: Větrání a klimatizace.
- Székyová, M., Ferstl, K., Nový, R.: Větrání a klimatizace.
- Ing. Günter Geauer, CSc; Doc. Ing. Jiří Hirš, CSc., Vzduchotechnika v příkladech 1.
- Podklady výrobců (Systemair s.r.o., Janka engeneering s.r.o., Tech-Trade s.r.o., Isover Saint Gobain, Elektrodeding s.r.o. ...)

1.2. Výpočtové hodnoty klimatizačních poměrů

Místo: Benešov

Nadmořská výška: 327 m n. m.

Normální tlak vzduchu: 100 kPa

Výpočtová teplota vzduchu: léto- + 30 °C, zima- -15 °C

Výpočtová relativní vlhkost: léto- 30 %, zima- 90 %

1.3. Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Výpočtová zimní teplota: 20 °C

Výpočtová letní teplota: 26 ± 1 °C

Rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně: 0,2 m/s

2. Popis technického řešení

Navržený systém je rovnotlaký vzduchový nízkotlaký a ústřední. Navržené klimatizační zařízení Airpremium KLMOD od firmy Janka engeneering s.r.o je umístěno ve strojovně. Vertikální sestavná jednotka se skládá z odvodní a přívodní části. Zařízení obsahuje vstup a výstup vzduchu, filtr, odvodní ventilátor, přívodní ventilátor, směšovací komoru, zpětné získávání tepla, zvlhčovač, ohřívač a chladič. Zařízení je dimenzováno na průtok vzduchu 4757 m³/h. Ohřívač je navržen na teplotní spád vody 80/60 °C. Pro chlazení chladiče je zvolena kondenzační jednotka pro přímé vypařování s chladivem R410A. Kondenzační jednotka je umístěna na střeše objektu. Výlez na střechu je zajištěn na SZ straně objektu. Ve strojovně je sání i výfuk vzduchu do exteriéru. Přiváděný venkovní vzduch je nasáván přes protidešťovou žaluzii do jednotky. Z jednotky vystupuje vzduch upravený na požadované hodnoty. Doprava vzduchu je realizována kruhovým pozinkovaným potrubím od firmy Tech-Trade. Vzduchovody jsou izolovány tepelnou izolací tl. 50 mm od firmy Isover. Vzduch je přiváděn a odváděn do místností skrz distribuční elementy, vířivé vyústky a odvodní difuzory,

od firmy Systemair. Odpadní vzduch je veden v izolovaném potrubí s oplechováním po fasádě budovy až nad střechu, kde je vyfukován výfukovou hlavicí.

3. Potřeba energie

V objektu je k dispozici elektrická síť 3 + PEN, 50 Hz, 400V /230V. Elektrická energie je uvažována pro pohon elektronických zařízení, klimatizační jednotky a zdroje chladu.

4. Požadavky na ostatní profese

4.1. Stavební úpravy

Ve strojovně je nutná odvodněná podlaha. Na střeše je potřeba zřídit ocelovou konstrukci pro upevnění kondenzační jednotky. Ve střepech a stěnách je potřeba vytvořit otvory pro prostupy. Otvory musí být o min. 50 mm větší do všech stran, než je velikost procházejících vzduchovodů. Po montáži je nutné utěsnění prostupů kolem vzduchovodů.

4.2. Elektroinstalace

Je nutné zajistit napojení veškerých zařízení klimatizačního systému, které potřebují k provozu elektrickou energii, na elektrickou síť.

4.3. Vytápění

Ohřívač musí být připojený na rozvod topné vody (80/60 °C).

4.4. Zdravotní technika

Musí být zajištěn odvod kondenzátu. Odvod kondenzátu je zajištěn do kondenzační vany. Ve strojovně je podlahová vpust', která je připojena na kanalizační systém přes sifon.

4.5. Chlazení

Chladič musí být připojen na kondenzační jednotku.

5. Protihluková opatření

Do vzduchovodů pro odvod i přívod vzduchu do interiéru i exteriéru jsou umístěny tlumiče hluku. Vzduchovody jsou izolované tepelnou izolací tl. 50 mm. Klimatizační zařízení je připojeno k vzduchovodům přes pružné manžety.

6. Ovládání a regulace

Klimatizační jednotka bude řízena vlastním systémem měření a regulace od firmy Janka engineering s.r.o.

7. Protipožární opatření

V do vzduchovodů procházejících stavební konstrukcí ohraničující požární úsek strojovny vřazeny protipožární klapky. Klapky jsou v přívodním i odvodním potrubí.

8. Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

Zařízení musí být pravidelně kontrolována, čištěna a musí být dodržován provozní řád údržby. Montáž zařízení bude prováděna odbornými pracovníky. Při práci musí být dodrženy bezpečnostní předpisy.

9. Ekologie provozu klimatizačního systému

Chladicí zařízení pracuje s chladivem R 410A. Je nutné provádět kontroly vedení a těsnosti potrubí s chladivem a vést potřebné záznamy.

13 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout klimatizační zařízení pro kancelářské prostory v dvoupodlažní budově. Postup návrhu vyplývá z příslušných hygienických předpisů, technických norem a podkladů výrobců.

Na začátku bylo potřeba vypočítat minimální množství přiváděného venkovního vzduchu do klimatizovaných místností. Tento výpočet vycházel z počtu osob a činnosti očekávané v místnosti. Celkové minimální množství venkovního přiváděného vzduchu vyšlo $\dot{V}_e = 1160 \text{ m}^3/\text{h}$. Dále byly vypočítány tepelné ztráty a zisky jednotlivých klimatizovaných místností. Celkový tepelný výkon je roven $\Phi_{HL} = 12601 \text{ W}$. Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru je $\dot{Q}_i = 14613 \text{ W}$. Z těchto výpočtů vychází psychrometrický výpočet.

Byl navržen nízkotlaký vzduchový systém. Celkové množství přiváděného vzduchu, získané z psychrometrických výpočtů, je potřebný parametr pro návrh vyústek. Pro přívod byly zvoleny termostaticky ovládané vířivé vyústky IMOS VVT velikosti 500 a 600. Pro odvod byly navrženy perforované odvodní difuzory TSF 200 a vířivé vyústky IMOS VVKV velikosti 500 a 600. Nasávání vzduchu do jednotky je vedeno z fasády a ukončeno protidešťovou žaluzií. Výfuk znehodnoceného vzduchu je veden na střechu a ukončen výfukovou hlavicí IMOS VHK-1. Všechny koncové prvky jsou navrženy od firmy Systemair.

Rozvod vzduchu je veden kruhovým potrubím od firmy Tech-Trade s.r.o. a připojení vyústek je provedeno pomocí ohebných hadic Alusystem od firmy Systemair. Regulace vzduchovodů je provedena pomocí klapek ve vířivých vyústkách. Dále na TSF vyústky je připojena přetlaková komora PER, která umožňuje regulaci a do dvou úseků jsou vloženy regulační klapky SPI 315 a SPI 300 od firmy Systemair. Tlumiče hluku jsou umístěny co nejbližší za klimatizační jednotku do obou přívodních i odvodních potrubí. Od firmy Systemair jsou navrženy tlumiče LDC-B 500-1200, LDC-B 500-900 a dva LDC 250/600.

Klimatizační jednotka byla navržena od firmy Janka engineering s.r.o.. Vertikální sestavná jednotka Airpremium KLMOD je umístěna do strojovny. Strojovna je podtlakově větrána axiálním ventilátorem HXM 200 od firmy ELEKTRODESIGN.

14 Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 12831 *Tepelné soustavy v budovách- Výpočet tepelného výkonu*, Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [2] *Nariadení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*
- [3] ČSN 730540 - 4 *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*, Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN 730540- 3 *Tepelná ochrana budov*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [5] „Wienerberger a. s.,“ [Online]. Available: <http://www.wienerberger.cz/>. [Přístup získán listopad 2012].
- [6] „Prefa Brno,“ [Online]. Available: <http://www.prefa.cz/>. [Přístup získán listopad 2012].
- [7] „<http://www.tzb-info.cz/>,“ [Online]. Available: http://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html.
- [8] „Fatrafol,“ [Online]. Available: <http://www.fatrafol.cz/>. [Přístup získán listopad 2012].
- [9] „Isover Saint-Gobain,“ [Online]. Available: <http://www.isover.cz/>. [Přístup získán listopad 2012].
- [10] ČSN 73 0548 *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*, Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1985.
- [11] „Systemair,“ [Online]. Available: www.systemair.cz. [Přístup získán únor 2013].
- [12] K. Hemzal, J. Chyský a kol., *Větrání a klimatizace*, Praha: Česká matice technická, 1993.
- [13] „Tech-trade,“ [Online]. Available: www.tech-trade.cz. [Přístup získán únor 2013].
- [14] „Podklady pro výuku,“ [Online]. Available: „<http://users.fs.cvut.cz/~schwajan/poklady%20pro%20vyuku.htm>,“ [Přístup získán prosinec 2012].
- [15] „www.glasgow-nautical.ac.uk,“ [Online] [Přístup získán leden 2013].
- [16] doc. Ing. Rubina Aleš, „BT02 – TZB III – VZDUCHOTECHNIKA [Online]. Available: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/vzt.htm>. [Přístup získán květen 2013].
- [17] „ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o.,“ [Online]. Available: http://www.elektrodesign.cz. [Přístup získán květen 2013].
- [18] Drkal, Prof. Ing František; Ing Miloš Lain, Ph.D.; Ing Jan Schwarzer, Ph.D.; Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. *Vzduchotechnika*, Praha: Evropský sociální fond, 2009.
- [19] Ing. Günter Geauer, CSc; Doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.: *Vzduchotechnika v příkladech 1*.
- [20] S. K. Wang, *Handbook of Air condition and Refrigeration*, 2001.
- [21] Marta Székyová, Karol Ferstl, Richard Nový, *Větrání a klimatizace*, Bratislava: Jaga Media, 2006.
- [22] „Alteko-vzduch s přídatnou hodnotou,“ [Online]. Available: <http://www.alteko.cz/>.

[Přístup získán květen 2013].

[23] „M-Tech s.r.o.“ [Online]. Available: <http://www.mtech.cz/>. [Přístup získán květen 2013].

[24] „JANKA ENGINEERING s.r.o.“ [Online]. Available: <http://janka.cz/>. [Přístup získán květen 2013].

15 Seznam použitých symbolů

Označení	Jednotka	Název veličiny
A	[m]	Rozteč vyústek
A_g	[m ²]	Plocha uvažované podlahové konstrukce
A_i	[m ²]	Podlahová plocha prostoru (i)
A_k	[m ²]	Plocha stavební části (k)
B'	[-]	Charakteristický parametr
D	[-]	Číslo dne v daném měsíci
D	[m]	Vnější průměr vzduchovodu z pozinkovaného plechu
D_e	[m]	Průměr pláště výfukové hlavice
D_{re}	[m]	Průměr rozestup. kružnice výfukové hlavice
F	[-]	Obtokový součinitel
G_e	[kg]	Hmotnost výfukové hlavice
G_w	[-]	Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
H_e	[m]	Výška výfukové hlavice
$H_{T,ie}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy
$H_{T,ig}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu
$H_{T,ij}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu
$H_{T,iue}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem
H_l	[m]	Vzdálenost vyústky od kontrolní roviny
H_{le}	[m]	Výška nástavce výfukové hlavice
\dot{i}	[W/m ²]	Sluneční konstanta $\dot{i}=1350$ W/m ²
\dot{I}_D	[W/m ²]	Intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou ke směru slunečních paprsků
\dot{I}_d	[W/m ²]	Intenzita difúzní sluneční radiace
\dot{I}_{DS}	[W/m ²]	Intenzita přímé sluneční radiace na plochu libovolně orientovanou vzhledem ke směru paprsků
\dot{I}_O	[W/m ²]	Celková intenzita sluneční radiace oknem libovolně skloněným
\dot{I}_{OD}	[W/m ²]	Intenzita přímé radiace procházející standardním oknem
\dot{I}_{Od}	[W/m ²]	Intenzita difúzní radiace procházející standardním oknem;
L_{wa}	[dB]	Hladina akustického výkonu
M	[-]	Uvažovaný měsíc výpočtu
M	[kg]	Hmotnost akumulčních konstrukcí
M_w	[kg/s]	Produkce páry člověkem

Označení	Jednotka	Název veličiny
P	[m]	Obvod uvažované podlahové konstrukce
\dot{P}	[W]	Příkon svítidel
\dot{P}	[W]	Příkon elektronických zařízení
\dot{P}_m	[W/m ²]	Měrný příkon svítidel
$\Delta\dot{Q}$	[W]	Snížení zisků vlivem akumulace
\dot{Q}_c	[W]	Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem
\dot{Q}_e	[W]	Produkce tepla od elektronických zařízení
\dot{Q}_{ec}	[W]	Zátěž plynoucí z přívodu venkovního vzduchu do klimatizačního zařízení
\dot{Q}_i	[W]	Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru
\dot{Q}_{ic}	[W]	Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem
\dot{Q}_{iv}	[W]	Tepelná zátěž vnitřního prostoru vázaným teplem
\dot{Q}_{CH}	[W]	Výkon chladiče
\dot{Q}_{OH}	[W]	Výkon ohřívače
\dot{Q}_{ok}	[W]	Tepelné zisky okna prostupem
\dot{Q}_{or}	[W]	Tepelné zisky sluneční radiací oknem
\dot{Q}_{orm}	[W]	Tepelné zisky sluneční radiací oknem-průměrné
$\dot{Q}_{or,max}$	[W]	Tepelné zisky sluneční radiací oknem-maximální
\dot{Q}_s	[W]	Tepelné zisky vnějšími stěnami
\dot{Q}_{sv}	[W]	Produkce tepla svítidel
\dot{Q}_v	[W]	Produkce tepla od ventilátorů
\dot{Q}_{vm}	[W]	Produkce tepla od jiných zdrojů
\dot{Q}_{vzd}	[W]	Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech-zisk, ztráta ve vzduchovodu
\dot{Q}_{zvl}	[W]	Příkon zvlhčovače pro vývin páry
\dot{Q}_1	[W]	Produkce tepla od lidí
R	[(m ² ·K)/W]	Teplený odpor konstrukce
Re	[-]	Reynoldovo číslo
R_{se}	[(m ² ·K)/W]	Teplený odpor při přestupu tepla na vnější straně
R_{si}	[(m ² ·K)/W]	Teplený odpor při přestupu tepla na vnitřní straně
R_T	[(m ² ·K)/W]	Teplený odpor při prostupu tepla
S	[m ²]	Plocha konstrukce
S	[m ²]	Plocha stěny
S_e	[m ²]	Průřez odvodního vzduchovodu vedoucího do exteriéru
S_{ef}	[m ²]	Efektivní plocha vyústky
S_o	[m ²]	Plocha okna
S_{op}	[m ²]	Osvětlená plocha
S_{os}	[m ²]	Osluněný povrch okna
$S_{vzd,po}$	[m ²]	Povrch vzduchovodu
$S_{vzd,prů}$	[m ²]	Průtočná plocha vzduchovodu

Označení	Jednotka	Název veličiny
T_D	[-]	Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardním jednoduchým sklem
T_d	[-]	Celková propustnost difúzní sluneční radiace
U	[W/(m ² ·K)]	Součinitel prostupu tepla
$U_{equiv,k}$	[W/(m ² ·K)]	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí (k), stanovený podle typologie podlahy
U_k	[W/(m ² ·K)]	Součinitel prostupu tepla konstrukce
U_{kc}	[W/(m ² ·K)]	Korigovaný součinitel prostupu tepla konstrukce (k)
ΔU_{tb}	[W/(m ² ·K)]	Korekční součinitel prostupu tepla
U_{vzd}	[W/(m ² ·K)]	Součinitel přestupu tepla ze vzduchovodu do okolí
\dot{V}	[m ³ /s]	Průtok vzduchu ventilátorem
\dot{V}_c	[m ³ /s]	Průtok cirkulačního vzduchu ventilátorem
\dot{V}_e	[m ³ /h·os]	Min. množ. venkovního vzduchu na osobu
\dot{V}_e	[m ³ /s]	Minimální množství venkovního vzduchu podle osob
V_i	[m ³]	Vnitřní objem prostoru (i)
\dot{V}_i	[m ³ /s]	Výměna vzduchu vytápěného prostoru
$\dot{V}_{inf,i}$	[m ³ /s]	Max. výměna vzduchu infiltrací
\dot{V}_p	[m ³ /s]	Objemový tok přiváděného vzduchu
$\dot{V}_{p,i}$	[m ³ /s]	Množství cirkulačního objemového toku vzduchu přiváděného do jednotlivých místností
$\dot{V}_{pv,i}$	[m ³ /s]	Objemový tok vzduchu přiváděný do místnosti jednou vyústkou
\dot{V}_s	[m ³ /s]	Objemový tok vzduchu po smíchání
\dot{V}_{VS}	[m ³ /s]	Množství větracího vzduchu potřebné k větrání strojovny
a	[°]	Sluneční azimut
a	[m]	Velikost čelní desky vyústky
a_c	[°]	Pomocný úhel při výpočtu slunečního azimutu
c_e	[m]	Šířka příruby výfukové hlavice
c_p	[kJ/(kg·K)]	Měrná tepelná kapacita vzduchu
\bar{c}_{pp}	[kJ/(kg·K)]	Střední měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku vodní páry
\bar{c}_{pv}	[kJ/(kg·K)]	Měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku suchého vzduchu
co	[-]	Korekce na čistotu atmosféry
c_1	[-]	Součinitel současnosti použití svítidel
c_1	[-]	Součinitel současnosti použití elektronických zařízení
c_2	[-]	Zbytkový součinitel
c_3	[-]	Průměrné zatížení pro použití elektronických zařízení
d	[m]	Průměr nebo ekvivalentní průměr
d_a	[m]	Akumulační vrstva
d_e	[m]	Jmenovitý průměr hlavice výfukové hlavice
d_j	[m]	Tloušťka j-té vrstvy konstrukce
d_l	[m]	Zvolený průměr úseku 1

Označení	Jednotka	Název veličiny
d'_1	[m]	Předběžný průměr úseku 1
e_i	[-]	Stínící činitel
e_1	[m]	Délka stínu v okenním otvoru-horizontální
e_2	[m]	Délka stínu v okenním otvoru-vertikální
f	[m]	Šířka rámu okna-oční
f_{g1}	[-]	Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
f_{g2}	[-]	Teplotní redukční činitel
f_{RH}	[W/m ²]	Korekční součinitel závislý na době zátoku a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době
g	[m]	Šířka rámu okna - horní
h	[°]	Výška Slunce nad obzorem
h_e	[kJ/kg _{s.v}]	Entalpie venkovního vzduchu při teplotě t_e a měrné vlhkosti x_e
h_i	[kJ/kg _{s.v}]	Entalpie vnitřního vzduchu při teplotě t_i a měrné vlhkosti x_i
h_o	[kJ/kg _{s.v}]	Entalpie vzduchu vystupujícího ze zvlhčovače
h_p	[kJ/kg _{s.v}]	Entalpie vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru
h_{pp}	[kJ/kg _{s.v}]	Měrná entalpie přehřáté vodní páry
h_R	[kJ/kg _{s.v}]	Entalpie rosného bodu
h_s	[kJ/kg _{s.v}]	Entalpie směsi vzduchu, který vznikne smícháním vzduchu venkovního a cirkulačního
h_v	[kJ/kg _{s.v}]	Měrná entalpie suchého vzduchu
h_z	[kJ/kg _{s.v}]	Entalpie vzduchu po rekuperaci při t_z a měrné vlhkosti x_z
i_d	[-]	Počet dětí
i_m	[-]	Počet mužů
i_z	[-]	Počet žen
i_1	[-]	Počet lidí
l	[m]	Délka potrubí
l_a	[m]	Šířka zasklené části okna
l_b	[m]	Výška zasklené části okna
l_{23}	[kJ/kg]	Měrné výparné teplo vody
m	[-]	Zmenšení teplotního kolísání
\dot{m}_c	[kg _{s.v} /s]	Hmotnostní tok vlhkého cirkulačního vzduchu
\dot{m}_e	[kg/s]	Hmotnostní tok vlhkého venkovního vzduchu
\dot{m}_p	[kg/s]	Hmotnostní tok vlhkého vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru
$\dot{m}_{pára}$	[kg/s]	Hmotnostní tok páry pro vlhčení
\dot{m}_{vc}	[kg _{s.v} /s]	Hmotnostní tok suché složky vzduchu cirkulačního
\dot{m}_{ve}	[kg _{s.v} /s]	Hmotnostní tok suché složky venkovního vzduchu
\dot{m}_{vp}	[kg _{s.v} /s]	Hmotnostní tok suchého vzduchu přiváděného do interiéru
\dot{m}_{wi}	[kg/s]	Hmotnostní tok vyvíjené vlhkosti v klimatizovaném prostoru

Označení	Jednotka	Název veličiny
n	[-]	Počet vyústek v jedné místnosti
n	[-]	Počet stejných oken v místnosti
n_{VS}	[h ⁻¹]	Násobnost výměny vzduchu ve strojovně
n_{50}	[h ⁻¹]	Intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa
p	[Pa]	Barometrický tlak vzduchu
Δp	[Pa]	Celkový tlak ventilátoru
Δp_m	[Pa]	Tlaková ztráta místními odpory
$\Delta p_{m,t}$	[Pa]	Tlaková ztráta vyústky
Δp_t	[Pa]	Tlaková ztráta třením
Δp_z	[Pa]	Celková tlaková ztráta
$p''_{p,i}$	[Pa]	Parciální tlak syté vodní páry vzduchu v interiéru
$p''_{p,e}$	[Pa]	Parciální tlak syté vodní páry venkovního vzduchu
$p''_{p,p}$	[Pa]	Parciální tlak syté vodní páry přiváděného vzduchu
$p''_{p,R}$	[Pa]	Parciální tlak syté vodní páry při teplotě t_R
$p''_{p,z}$	[Pa]	Parciální tlak vzduchu po rekuperaci
r_p	[J/kg·K]	Měrná plynová konstanta přehřáté páry
r_v	[J/kg·K]	Měrná plynová konstanta suchého vzduchu
s	[-]	Stínící součinitel
t	[m]	Tloušťka vzduchovodu z pozinkovaného plechu
Δt	[°C]	Maximální připuštěné překročení požadované teploty v klimatizovaném prostoru
t_e	[°C]	Teplota venkovního vzduchu
t_i	[°C]	Teplota vnitřního vzduchu
t_{is}	[°C]	Teplota v sousední místnosti
Δt_m	[°C]	Střední rozdíl teplot mezi vzduchem v potrubí a okolí
t_O	[°C]	Teplota vzduchu za zvlhčovačem
t_p	[°C]	Teplota vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru
Δt_p	[°C]	Pracovní rozdíl teplot mezi vzduchem v interiéru t_i a teplotou přiváděného vzduchu t_p
t_{pch}	[°C]	Povrchová teplota chladiče
t_R	[°C]	Teplota rosného bodu chladiče
t_r	[°C]	Rovnocenná sluneční teplota vzduchu
t_{rm}	[°C]	Průměrná rovníková sluneční teplota vzduchu za 24 h
$t_{r\psi}$	[°C]	Rovnocenná sluneční teplota v době o ψ dřívější
t_s	[°C]	Teplota směsi vzduchu
t_z	[°C]	Teplota venkovního vzduchu po rekuperaci
v_{HI}	[m/s]	Střední rychlost proudění vzduchu mezi dvěma vyústkami ve výšce H_1
w_b	[m/s]	Rychlost proudu odcházejícího odbočkou
w_{ef}	[m/s]	Efektivní rychlost na výstupu vzduchu z vyústky

Označení	Jednotka	Název veličiny
w_e	[m/s]	Rychlost vzduchu odvodního vzduchovodu vedoucího do exteriéru
w_o	[m/s]	Rychlost proudu přicházejícího do rozbočky
w_{vzd}	[m/s]	Střední průtočná rychlost vzduchu potrubím
x_i	[kg/kg _{s.v.}]	Měrná vlhkost vzduchu v interiéru
x_e	[kg/kg _{s.v.}]	Měrná vlhkost venkovního vzduchu
x_o	[kg/kg _{s.v.}]	Měrná vlhkost vzduchu vystupujícího ze zvlhčovače
x_p	[kg/kg _{s.v.}]	Měrná vlhkost vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru
x_R	[kg/kg _{s.v.}]	Měrná vlhkost rosného bodu chladiče
x_s	[kg/kg _{s.v.}]	Měrná vlhkost směsi vzduchu, který vznikne smícháním vzduchu venkovního a cirkulačního;
x_z	[kg/kg _{s.v.}]	Měrná vlhkost vzduchu po rekuperaci
z	[-]	Součinitel znečištění atmosféry
θ_e	[°C]	Výpočtová venkovní teplota
$\theta_{int,i}$	[°C]	Výpočtová vnitřní teplota
$\theta_{m,e}$	[°C]	Roční průměrná teplota vzduchu
$\theta_{vyt. sous. pros}$	[°C]	Teplota vytápěného sousedního prostoru
λ	[-]	Součinitel tření
λ_j	[W/m·K]	Součinitel tepelné vodivosti materiálu
$\Phi_{HL,i}$	[W]	Celkový tepelný výkon vytápěného prostoru (i)
Φ_i	[W]	Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru (i)
$\Phi_{RH,i}$	[W]	Zátopový tepelný výkon požadovaný pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění vytápěného prostoru (i)
$\Phi_{T,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i)
$\Phi_{V,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru
ε	[m]	Ekvivalentní drsnost vzduchovodu
ε_i	[-]	Výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země
η	[-]	Účinnost deskového výměníku pro ZZT
η_m	[-]	Účinnost elektromotoru
η_v	[-]	Účinnost ventilátoru, dle údajů výrobce
ρ	[kg/m ³]	Hustota vzduchu
ρ_c	[kg/m ³]	Hustota cirkulačního vzduchu
ρ_e	[kg/m ³]	Hustota venkovního vzduchu
δ	[°]	Sluneční deklinace
τ	[h]	Sluneční čas
ψ	[°]	Zemská šířka
α	[°]	Úhel stěny s vodorovnou rovinou (braný na straně odvrácené od slunce)
γ	[°]	Azimutový úhel normály stěny

Označení	Jednotka	Název veličiny
θ	[°]	Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků
φ_e	[%]	Relativní vlhkost venkovního vzduchu
φ_i	[%]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu
φ_p	[%]	Relativní vlhkost vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru
φ_z	[%]	Relativní vlhkost vzduchu po rekuperaci
ϑ_i	[-]	Faktor citelného tepla klimatizovaného prostoru;
δ_i	[J/kg]	Směrové měřítko
π	[-]	Ludolfovo číslo
ξ	[-]	Součinitel místního odporu
ξ_{bo}	[-]	Součinitel tlakové ztráty do odbočky vztaženou na rychlost w_o
ξ_{bb}	[-]	Součinitel tlakové ztráty do odbočky vztaženou na rychlost w_b
ν	[m ² /s]	Kinematická viskozita

16 Seznam obrázků

Obr. 1-1: Klimatizační vzduchová jednotka [22]	14
Obr. 1-2: Vnitřní kazetová jednotka [23]	15
Obr. 2-1: Řešený objekt	16
Obr. 2-2: Dispoziční nákres 1NP	18
Obr. 2-3: Dispoziční nákres 2NP	19
Obr. 5-1: Půdorys místnosti 103	30
Obr. 5-2: Půdorys místnosti 208	31
Obr. 6-1: Označení oken bez slunolamů a blízkých stěn	43
Obr. 6-2: Označení oken s blízkou stěnou	43
Obr. 6-3: Tepelné zisky sluneční radiací okny do místnosti 208	52
Obr. 7-1: Schéma letního provozu	57
Obr. 7-2: Mollierův h-x diagram vlhkého vzduchu - letní provoz	67
Obr. 7-3: Schéma pro zimní provoz	68
Obr. 7-4: Mollierův h-x diagram vlhkého vzduchu - zimní provoz	75
Obr. 8-1: Vertikální (teplý) proud [11]	80
Obr. 8-2: Horizontální (studený) proud [11]	78
Obr. 8-3: Parametry místnosti [11]	78
Obr. 8-4: Hlučnost a tlaková ztráta vyústek [11]	81
Obr. 8-5: Vzduchové hodnoty vyústek [11]	79
Obr. 8-6: Tvar čelní desky vyústky [11]	80
Obr. 8-7: Hlučnost a tlaková ztráta vyústek [11]	83
Obr. 8-8: Vzduchové hodnoty vyústek [11]	81
Obr. 8-9: Tlakové ztráty TSF vyústek [11]	84
Obr. 8-10: Tlaková ztráta a hlučnost [11]	82
Obr. 8-11: Protidešťová žaluzie [11]	85
Obr. 8-12: Tvar čelní desky TSF [11]	83
Obr. 8-13: Výfuková hlavice IMOS VHK-1 [11]	83
Obr. 9-1: Rozbočka [12]	89
Obr. 9-2: Schéma vedení vzduchovodů 1NP	90
Obr. 9-3: Schéma rozvodu vzduchovodů 2NP	91
Obr. 9-4: Prostorové schéma vedení vzduchovodu	92
Obr. 9-5: Přetlaková komora PER [11]	98
Obr. 9-6: Tlumič hluku LCD 250/600 [11]	100
Obr. 10-1: Klimatizační jednotka KLMOD [24]	101
Obr. 11-1: Ventilátor HXM [17]	102
Obr. C.17-1: Označení oken v místnosti 119	XXV

17 Seznam tabulek

Tab. 2-1: Charakteristika objektu.....	16
Tab. 3-1: Výpočet výměny vzduchu při větrání z dávek vzduchu na osobu	20
Tab. 4-1: Součinitel tepelné vodivosti stavebních materiálů	21
Tab. 4-2: Tepelný odpor při přestupu tepla z [2]	22
Tab. 4-3: Výpočet součinitelů prostupu tepla pro stavební části	23
Tab. 4-4: Součinitel prostupu tepla stavebních konstrukcí	26
Tab. 5-1: Tepelný zátopový výkon	34
Tab. 5-2: Tepelný výkon místností	35
Tab. 6-1: Produkce tepla svítidel	37
Tab. 6-2: Příkon elektronických zařízení v jednotlivých místnostech.....	37
Tab. 6-3: Příkon elektronických zařízení	37
Tab. 6-4: Výpočet tepelných zisků okny do místnosti 208 radiací pro každou hodinu.....	51
Tab. 6-5: Celkové zisky místností.....	54
Tab. 6-6: Tepelná zátěž vázaným teplem.....	54
Tab. 6-7: Celková tepelná ztráta místností.....	55
Tab. 6-8: Celková tepelná zátěž.....	56
Tab. 8-1: Množství vzduchu přiváděného do jednotlivých klimatizovaných místností	77
Tab. 8-2: Návrh vyústek pro jednotlivé místnosti.....	79
Tab. 8-3: Efektivní rychlost v přiváděcích vyústkách	80
Tab. 8-4: Návrh VVKN vyústek pro odvod vzduchu	81
Tab. 8-5: Návrh TSF vyústek pro odvod vzduchu.....	82
Tab. 8-6: Rozměry výfukové hlavice.....	84
Tab. 9-1: Součinitel A [13]	89
Tab. 9-2: Výpočet dimenzí a tlakových ztrát odvodního vzduchovodu	93
Tab. 9-3: Výpočet dimenzí a tlakových ztrát přívodního vzduchovodu.....	94
Tab. 9-4: Tlakové diference na přívodní větvi.....	97
Tab. 9-5: Tlakové diference po vložení redukční clony do úseku 21	97
Tab. 9-6: Tlaková diference - uzel B	98
Tab. 9-7: Tlakové diference na odvodní větvi	98
Tab. 9-8: Regulace odvodní potrubí	99
Tab. 9-9: Celkové tlakové ztráty hlavní větve vzduchovodu pro přívod a odvod.....	100

18 Seznam příloh a výkresové dokumentace

Seznam příloh

A. Návrhové tepelné ztráty	I
A.1 Místnost číslo 103 - expedice	I
A.2 Místnost číslo 104 - fakturace	II
A.3 Místnost číslo 119 - skladník	III
A.4 Místnost číslo 205 - kancelář	IV
A.5 Místnost číslo 206 - kancelář	V
A.6 Místnost číslo 207 - kancelář	VI
A.7 Místnost číslo 208 - kancelář	VII
A.8 Místnost číslo 209 - kancelář	VIII
B. Návrhové tepelné ztráty větráním	IX
C. Tepelné zisky	X
C.1 Místnost číslo 103 - expedice	X
C.2 Místnost číslo 104 - fakturace	XV
C.3 Místnost číslo 119 - skladník	XXI
C.4 Místnost číslo 205 - kancelář	XXVII
C.5 Místnost číslo 206 - kancelář	XXXII
C.6 Místnost číslo 207 - kancelář	XXXVII
C.7 Místnost číslo 208 - kancelář	XLII
C.8 Místnost číslo 209 - kancelář	XLVIII
D. Výpis materiálu	LIII
E. Klimatizační jednotka	LVII

Seznam výkresové dokumentace

Stavení výkresy

Výkres č. 1: Půdorys 1NP

Výkres č. 2: Půdorys 2NP

Výkresy klimatizačního zařízení

Výkres č. 3: Vedení vzduchovodů 1NP + řezy

Výkres č. 4: Vedení vzduchovodů 2NP + řezy

Výkres č. 5: Řezy

A. Návrhové tepelné ztráty

A.1 Místnost číslo 103 - expedice

Místnost		103			Teplota	20°C	
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [na jedn.]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]		
2	Stěna	24,939	0,526	1	13,108		
9	Okno	3,375	1,600	1	5,400		
Celkem stavební části					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]		18,508
Tepelné mosty U_{tb}							
Kód	Stavební část	U_k W/m ² ·K	ΔU_{tb} W/m ² ·K	$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$ W/m ² ·K			
2	Stěna	0,326	0,200	0,526			
9	Okno	1,200	0,400	1,600			
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					18,508		
Tepelné ztráty zeminou							
Výpočet B'		A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]			
		15,275	8,235	3,710			
Kód	Stavební část	U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]		
4	Podlaha	0,398	0,380	15,275	5,805		
Celkem ekvivalentní stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	5,805	
Korekční činitelé		f_{g1} [na jedn.]	f_{g2} [na jedn.]	G_w [na jedn.]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [na jedn.]		
		1,450	0,424	1	0,614		
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou [W/K]					$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	3,566	
Celkový součinitel tepelné ztráty					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ig}$ [W/K]	22,074	
Teplotní údaje							
Venkovní výpočtová hodnota			θ_e	[°C]	-18		
Vnitřní výpočtová hodnota			$\theta_{int,i}$	[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	38		
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	838,8	

A.2 Místnost číslo 104 - fakturace

Místnost		104			Teplota	20°C
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [na jedn.]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
2	Stěna	11,190	0,526	1	5,882	
9	Okno 2x	3,720	1,600	1	5,952	
Celkem stavební části					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	11,834
Tepelné mosty U_{tb}						
Kód	Stavební část	U_k W/m ² ·K	ΔU_{tb} W/m ² ·K	$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$ W/m ² ·K		
2	Stěna	0,326	0,200	0,526		
9	Okno	1,200	0,400	1,600		
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						11,834
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]		
		24,975	4,150	12,036		
Kód	Stavební část	U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	
4	Podlaha	0,398	0,250	24,975	6,244	
Celkem ekvivalentní stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	6,244
Korekční činitelé		f_{g1} [na jedn.]	f_{g2} [na jedn.]	G_w [na jedn.]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [na jedn.]	
		1,450	0,424	1	0,614	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [W/K]	3,836
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Kód	Stavební část	f_{ij} [na jedn.]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
3	Příčka (115)	0,132	21,518	0,599	1,695	
3	Příčka (118)	0,132	14,724	0,599	1,160	
11	Dveře (115)	0,132	1,576	1,500	0,311	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami					$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	3,166
Celkový součinitel tepelné ztráty					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$ [W/K]	18,836
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová hodnota			θ_e	[°C]	-18	
Vnitřní výpočtová hodnota			$\theta_{int,i}$	[°C]	20	
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	38	
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	715,7

A.3 Místnost číslo 119 - skladník

Místnost		119			Teplota	20°C
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [na jedn.]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
2	Stěna	15,090	0,526	1	7,932	
9	Okno 2x	5,250	1,600	1	8,400	
Celkem stavební části					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	16,332
Tepelné mosty U_{tb}						
Kód	Stavební část	U_k W/m ² ·K	ΔU_{tb} W/m ² ·K	$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$ W/m ² ·K		
2	Stěna	0,326	0,200	0,526		
9	Okno	1,200	0,400	1,600		
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						16,332
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet B'		A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]		
		16,500	5,420	6,089		
Kód	Stavební část	U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	
4	Podlaha	0,398	0,350	16,500	5,775	
Celkem ekvivalentní stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	5,775
Korekční činitele		f_{g1} [na jedn.]	f_{g2} [na jedn.]	G_w [na jedn.]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [na jedn.]	
		1,450	0,424	1	0,614	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [W/K]	3,548
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Kód	Stavební část	f_{ij} [na jedn.]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
3	Příčka (118)	0,132	15,955	0,599	1,257	
11	Dveře (118)	0,132	1,580	1,500	0,312	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami					$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	1,569
Celkový součinitel tepelné ztráty					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$ [W/K]	21,449
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová hodnota			θ_e	[°C]	-18	
Vnitřní výpočtová hodnota			$\theta_{int,i}$	[°C]	20	
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	38	
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	815,0

A.4 Místnost číslo 205 - kancelář

Místnost		205			Teplota	20°C	
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		
		[m ²]	[W/m ² ·K]	[na jedn.]	[W/K]		
2	Stěna	9,168	0,526	1	4,819		
9	Okno	3,000	1,600	1	4,800		
8	Střecha	27,940	0,209	1	5,832		
Celkem stavební části					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]		15,450
Tepelné mosty U_{tb}							
Kód	Stavební část	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$			
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K			
2	Stěna	0,326	0,200	0,526			
9	Okno	1,200	0,400	1,600			
8	Střecha	0,159	0,050	0,209			
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							15,450
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$		
		[na jedn.]	[m ²]	[W/m ² ·K]	[W/K]		
3	Příčka (202)	0,132	10,628	0,599	0,837		
3	Příčka (203)	0,132	10,800	0,599	0,851		
3	Příčka (204)	0,132	20,880	0,599	1,645		
3	Příčka (206)	0	31,032	0,599	0		
11	Dveře (202)	0,526	1,576	1,500	1,244		
7	Strop (117,118)	0	27,940	0,361	0		
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$						4,577	
Celkový součinitel tepelné ztráty					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ij}$ [W/K]	20,027	
Teplotní údaje							
Venkovní výpočtová hodnota		θ_e	[°C]	-18			
Vnitřní výpočtová hodnota		$\theta_{int,i}$	[°C]	20			
Výpočtový rozdíl teplot		$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	38			
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	761,0	

A.5 Místnost číslo 206 - kancelář

Místnost		206			Teplota	20°C
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
		[m ²]	[W/m ² ·K]	[na jedn.]	[W/K]	
2	Stěna	8,502	0,526	1	4,469	
9	Okno	3,000	1,600	1	4,800	
8	Střecha	26,030	0,209	1	5,433	
Celkem stavební části			$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]		14,702	
Tepelné mosty U_{tb}						
Kód	Stavební část	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$		
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K		
2	Stěna	0,326	0,200	0,526		
9	Okno	1,200	0,400	1,600		
8	Střecha	0,159	0,050	0,209		
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					14,702	
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	
		[na jedn.]	[m ²]	[W/m ² ·K]	[W/K]	
3	Příčka (202)	0,132	11,376	0,599	0,896	
3	Příčka (205)	0	31,032	0,599	0	
3	Příčka (207)	0	31,032	0,599	0	
11	Dveře (202)	0,132	1,576	1,500	0,311	
7	Strop (118)	0,132	16,600	0,361	0,787	
7	Strop (119)	0	9,430	0,361	0	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$					1,995	
Celkový součinitel tepelné ztráty					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ij}$ [W/K]	16,697
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová hodnota			θ_e	[°C]	-18	
Vnitřní výpočtová hodnota			$\theta_{int,i}$	[°C]	20	
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	38	
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	634,5

A.6 Místnost číslo 207 - kancelář

Místnost		207			Teplota	20°C	
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		
		[m ²]	[W/m ² ·K]	[na jedn.]	[W/K]		
2	Stěna	8,715	0,526	1	4,581		
9	Okno	2,625	1,600	1	4,200		
8	Střecha	25,600	0,209	1	5,343		
Celkem stavební části					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]		14,124
Tepelné mosty U_{tb}							
Kód	Stavební část	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$			
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K			
2	Stěna	0,326	0,200	0,526			
9	Okno	1,200	0,400	1,600			
8	Střecha	0,159	0,050	0,209			
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						14,124	
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$		
		[na jedn.]	[m ²]	[W/m ² ·K]	[W/K]		
3	Příčka (202)	0,132	9,872	0,599	0,778		
3	Příčka (206)	0	31,032	0,599	0		
3	Příčka (208)	0	23,130	0,599	0		
3	Příčka (209)	0	8,226	0,599	0		
11	Dveře (202)	0,132	1,576	1,500	0,311		
7	Strop (118)	0,132	16,325	0,361	0,774		
7	Strop (119)	0	9,275	0,361	0		
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$							1,863
Celkový součinitel tepelné ztráty					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ij}$ [W/K]	15,987	
Teplotní údaje							
Venkovní výpočtová hodnota		θ_e	[°C]			-18	
Vnitřní výpočtová hodnota		$\theta_{int,i}$	[°C]			20	
Výpočtový rozdíl teplot		$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]			38	
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	607,5	

A.7 Místnost číslo 208 - kancelář

Místnost		208			Teplota	20°C	
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		
		[m ²]	[W/m ² ·K]	[na jedn.]	[W/K]		
2	Stěna	35,625	0,526	1	18,725		
9	Okno 3x	9,375	1,600	1	15,000		
8	Střecha	37,675	0,209	1	7,863		
Celkem stavební části			$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]		41,588		
Tepelné mosty U_{tb}							
Kód	Stavební část	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$			
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K			
2	Stěna	0,326	0,200	0,526			
9	Okno 3x	1,200	0,400	1,600			
8	Střecha	0,159	0,050	0,209			
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							41,588
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$		
		[na jedn.]	[m ²]	[W/m ² ·K]	[W/K]		
3	Příčka (207)	0	23,130	0,599	0		
3	Příčka (209)	0	20,024	0,599	0		
11	Dveře (209)	0	1,576	1,500	0		
7	Strop (102)	0	10,498	0,366	0		
7	Strop (103,104)	0	27,178	0,366	0		
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$						0,0	
Celkový součinitel tepelné ztráty			$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ij}$ [W/K]			41,588	
Teplotní údaje							
Venkovní výpočtová hodnota			θ_e	[°C]	-18		
Vnitřní výpočtová hodnota			$\theta_{int,i}$	[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	38		
Návrhová tepelná ztráta prostupem			$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]			1580,4	

A.8 Místnost číslo 209 - kancelář

Místnost		209			Teplota	20°C	
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Kód	Stavební část	A_k	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		
		[m ²]	[W/m ² ·K]	[na jedn.]	[W/K]		
2	Stěna	12,645	0,526	1	6,646		
9	Okno	3,375	1,600	1	5,400		
8	Střecha	25,800	0,209	1	5,385		
Celkem stavební části					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]		17,431
Tepelné mosty U_{tb}							
Kód	Stavební část	U_k	ΔU_{tb}	$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$			
		W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K			
2	Stěna	0,326	0,200	0,526			
9	Okno	1,200	0,400	1,600			
8	Střecha	0,159	0,050	0,209			
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						17,431	
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Kód	Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$		
		[na jedn.]	[m ²]	[W/m ² ·K]	[W/K]		
3	Příčka (202)	0,132	6,218	0,599	0,490		
3	Příčka (207)	0	8,226	0,599	0		
3	Příčka (208)	0	20,024	0,599	0		
3	Příčka (211)	0	19,298	0,599	0		
11	Dveře (202)	0,132	1,576	1,500	0,311		
11	Dveře (209)	0	1,576	1,500	0		
7	Strop (104)	0	12,900	0,366	0		
7	Strop (115)	0,132	12,900	0,366	0,622		
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$							1,422
Celkový součinitel tepelné ztráty					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ij}$ [W/K]	18,854	
Teplotní údaje							
Venkovní výpočtová hodnota			θ_e	[°C]	-18		
Vnitřní výpočtová hodnota			$\theta_{int,i}$	[°C]	20		
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	38		
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	716,4	

B. Návrhové tepelné ztráty větráním

Označení místnosti		Objem místnosti	Výpočtová venkovní teplota	Výpočtová vnitřní teplota	Teplotní rozdíl	Množství vzduchu infiltrace					Výpočet tepelné ztráty větráním	
						Nechráněné otvory	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	Činitel zaclonění	Výškový korekční činitel	Množství vzduchu infiltrace $V_{inf,i}=2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot \epsilon \cdot e$	Návrhový součinitel tepelné ztráty větráním	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}=H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_e)$
						-	n_{50}	e	ϵ	$\dot{V}_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\Phi_{v,i}$
		V_i	θ_e	$\theta_{int,i}$	$\theta_e-\theta_{int,i}$	na jedn.	h^{-1}	na jedn.	na jedn.	m^3/h^{-1}	W/K	W
		m^3	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$							
103	Expedice	54,99	-18	20	38	1	3	0,02	1	6,60	2,2	85
104	Fakturace	89,91		20	38	2	3	0,03	1	16,18	5,5	209
119	Skladník	59,40		20	38	2	3	0,03	1	10,69	3,6	138
205	Kancelář	100,58		20	38	1	3	0,02	1	12,07	4,1	156
206	Kancelář	93,71		20	38	1	3	0,02	1	11,24	3,8	145
207	Kancelář	92,16		20	38	1	3	0,02	1	11,06	3,8	143
208	Kancelář	135,63		20	38	3	3	0,03	1	24,41	8,3	315
209	Kancelář	92,88		20	38	1	3	0,02	1	11,15	3,8	144
Celkem		719,26										1336

C. Tepelné zisky

Výpočet tepelné zátěže byl proveden pro místnosti 103, 104, 119, 205, 206, 207, 208 a 209. Výsledky výpočtů jsou pro jednotlivé místnosti uvedeny v následujících tabulkách.

C.1 Místnost číslo 103 - expedice

Venkovní teplota	t_e	30	°C
Vnitřní teplota	t_i	26	°C
Přípustné překročení teploty	Δt	1	°C
Vnitřní teplota zvýšená o přípustné překročení teploty	$t_i + \Delta t$	27	°C
Doba provozu	-	6 - 16	hod
Doba provozu- letní čas	-	7 - 17	hod

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů					
Produkce tepla od lidí					
Počet lidí	n	-	2		
Teplota člověka	t_{ξ}	°C	36		
$\dot{Q}_l = n \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)]$				112	W
Produkce tepla od elektronických zařízení					
Celkový příkon zařízení	P	W	275		
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1		
Součinitel průměrného zatížení zařízení	c_3	-	1		
$\dot{Q}_{el} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_3$				275	W
Produkce tepla od ventilátorů					
Průtok vzduchu ventilátorem	V	m ³ /s	0,194		
Celkový tlak ventilátoru	Δp	Pa	500		
Účinnost ventilátoru	η_v	-	0,6		
Účinnost elektromotoru	η_{elm}	-	0,7		
$\dot{Q}_v = (\dot{V} \cdot \Delta p) / (\eta_v \cdot \eta_{elm})$				41	W
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí -stěna, dveře, zemina					
Sousední prostor			S-102	D-102	Zemina
Plocha	S	m ²	21,28	14,40	15,28
Součinitel prostupu tepla	U	W/m ² ·K	0,599	1,500	0,398
Teplota sousední místnosti	t_{is}	°C	30	30	21
			50,97	86,40	-30,36
$\dot{Q}_{vm} = S \cdot U \cdot (t_{is} - t_i)$				107	W

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů												
Tepelné zisky okny prostupem												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S_o	m^2	3,375										
U_o	$W/(m^2 \cdot K)$	1,20										
t_e	$^{\circ}C$	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8
\dot{Q}_{ok}	W	-32	-26	-19	-12	-5	2	8	13	15	16	15
Tepelné zisky okny radiací												
JV okno												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{or}	W	193	357	482	540	529	454	330	219	198	178	152
S_o	m^2	3,375										
S_{os}	m^2	2,47	2,56	2,59	2,54	2,46	2,33	2,02	0,97	0	0	0
c_o	-	0,85										
i_o	W/m^2	181	335	451	510	505	435	315	184	131	118	100
$\dot{i}_{o,d}$	W/m^2	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e_1	m	0,25	0,17	0,11	0,06	0,01	0,05	0,16	0,49	1,90	0,39	0,22
e_2	m	0,08	0,11	0,13	0,16	0,20	0,26	0,39	0,82	2,45	0,40	0,18
f	m	0,1										
g	m	0,1										
$c = d$	m	0,155										
l_a	m	2,05										
l_b	m	1,3										
s_1	-	0,9										
s_2	-	0,5										
δ	$^{\circ}$	20,35										
a_c	$^{\circ}$	76,6	87,6	80,5	66,8	49,7	27,3	0,0	-27,3	-49,7	-66,8	-80,5
a	$^{\circ}$	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261
γ	$^{\circ}$	135										
h	$^{\circ}$	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35
α	$^{\circ}$	90										
z	-	5										
T_d	-	0,85										
T_D	-	0,76	0,81	0,83	0,83	0,81	0,76	0,63	0,37	-0,15	-1,06	-2,58
Θ	$^{\circ}$	59,7	52,1	48,0	48,0	52,2	59,7	69,5	80,8	92,9	105,5	118,6

\dot{I}_D	W/m ²	333,8	513,6	629,6	704,3	750,9	776,5	784,7	776,5	750,9	704,3	629,6	
\dot{I}_d	W/m ²	63,0	92,4	117,6	138,2	153,7	163,2	166,5	163,2	153,7	138,2	117,6	
\dot{I}_{DS}	W/m ²	168,5	315,4	421,7	471,6	460,3	391,3	274,3	124,8	0	0	0	
Snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken										$\Delta\dot{Q}$	W	369,75	
Plocha stropu/podlahy										$S_{s,p}$	m ²	15,28	
Tloušťka akumulací										d_a	m	0,08	
Tloušťka skutečná stropu										$d_{s,s}$	m	0,416	
Tloušťka skutečná podlahy										$d_{s,p}$	m	0,55	
Plošná hustota stropu / podlahy										ρ_2	kg/m ³	2300	
Hmotnost stropu										m_s	kg	2810,6	
Hmotnost podlahy										m_p	kg	2810,6	
Plocha stěny										S_s-S_o	m ²	25,486	
Tloušťka skutečná stěny										$d_{s,st}$	m	0,18	
Plošná hustota stěny										ρ_1	kg/m ³	870	
Hmotnost stěny										m_{st}	kg	1773,8	
Hmotnost celková										M	kg	7395,0	
Maximální přípuštění překročení teploty										Δt	K	1	
Maximální hodnota tepelných zisků od oslunění oken										$\dot{Q}_{or,max}$	W	540	
Rozdíl max. hodnoty tep. zisků od oslunění oken a akumul. tepla										$\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}$		172,6	
Tepelné zisky radiací v době provozu										ΣQ_{or}	W	3631,7	
Počet hodin provozu										n	-	11	
Průměrné tepelné zisky										$\dot{Q}_{or,m}$	W	330	
Tepelné zisky radiací uvažované pro výpočet $\dot{Q}_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}; \dot{Q}_{or,m})$												330	W
Tepelné zisky venkovní konstrukcí													
JV stěna													
S_1	m ²	13,10											
U	W/(m ² ·K)	0,326											
t_{rm}	°C	30,20											
m	-	0,19											
ψ	h	11,82											
Hodina- ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	
t_{ry}	°C	30,5	27,6	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2	
\dot{Q}_{s1}	W	18,2	15,8	13,5	12,0	10,5	9,1	7,9	7,0	6,4	6,2	6,4	
JZ stěna													
S_2	m ²	13,18											
U	W/(m ² ·K)	0,326											

t_{rm}	°C	30,20										
m	-	0,19										
ψ	h	11,82										
Hodina- ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
t_{rv}	°C	37,1	28,7	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2
\dot{Q}_{s2}	W	23,7	16,8	13,5	12,1	10,6	9,2	8,0	7,0	6,4	6,3	6,4
$\dot{Q}_s = \dot{Q}_{s1} + \dot{Q}_{s2}$		42	33	27	24	21	18	16	14	13	12	13
Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu												
V_e	m ³ /s	0,04										
ρ	kg/m ³	1,2										
c_p	J/(kg·K)	1000										
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{ec}	W	-415	-350	-271	-187	-103	-23	42	98	131	140	131

III. Vázané teplo

Vodní zisky

Produkce páry člověkem	M_w	g/h	116	
Výparné teplo vody	l_{23}	J/kg	2,5E+06	
Počet osob	i_1	-	2	
$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1$				161 W

\dot{Q}_{ic}	W	874	871	872	876	881	885	888	891	893	893	893
\dot{Q}_c	W	459	521	601	690	778	862	930	989	1023	1033	1023
\dot{Q}_{iv}	W	161										
\dot{Q}_i	W	1036	1032	1033	1038	1042	1046	1049	1052	1054	1054	1054

Místnost 103													
I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů													
Pracovní doba – standardní čas			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	W	112										
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	W	0										
Produkce tepla od elektronických zařízení	\dot{Q}_{el}	W	275										
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	W	41										
Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech	\dot{Q}_{vzd}	W	0										
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí	\dot{Q}_{vm}	W	107										
II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů													
Tepelné zisky okny prostupem	\dot{Q}_{ok}	W	-32	-26	-19	-12	-5	2	8	13	15	16	15
Tepelné zisky okny radiací	\dot{Q}_{or}	W	330										
Tepelné zisky venkovní konstrukcí	\dot{Q}_s	W	42	33	27	24	21	18	16	14	13	12	13
Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	\dot{Q}_{ec}	W	-415	-350	-271	-187	-103	-23	42	98	131	140	131
III. Vázané teplo													
Vodní zisky	\dot{Q}_{iv}	W	161										
Celková tepelná zátěž													
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	\dot{Q}_{ic}	W	874	871	872	876	881	885	888	891	893	893	893
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	\dot{Q}_c	W	459	521	601	690	778	862	930	989	1023	1033	1023
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	\dot{Q}_i	W	1036	1032	1033	1038	1042	1046	1049	1052	1054	1054	1054

C.2 Místnost číslo 104 - fakturace

Vnitřní teplota	t_i	°C	26
Vnitřní teplota zvýšená o přípustné překročení teploty	t_i+1K	°C	27
Doba provozu	-	hod	6 - 16
Doba provozu- letní čas	-	hod	7 - 17

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů					
Produkce tepla od lidí					
Počet lidí	n	-	2		
Teplota člověka	t_{ξ}	°C	36		
$\dot{Q}_l = n \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)]$				112	W
Produkce tepla od svítidel					
Osvětlená plocha	S_{op}	m^2	4,98		
Celkový příkon svítidel	\dot{P}_m	W/m^2	30		
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1		
Součinitel zbytkový	c_2	-	1		
$\dot{Q}_{sv} = \dot{P}_m \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot S$				149	W
Produkce tepla od elektronických zařízení					
Celkový příkon zařízení	P	W	275		
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1		
Součinitel průměrného zatížení zařízení	c_3	-	1		
$\dot{Q}_{el} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_3$				275	W
Produkce tepla od ventilátorů					
Průtok vzduchu ventilátorem	V	m^3/s	0,139		
Celkový tlak ventilátoru	Δp	Pa	500		
Účinnost ventilátoru	η_v	-	0,6		
Účinnost elektromotoru	η_{elm}	-	0,7		
$\dot{Q}_v = (\dot{V} \cdot \Delta p) / (\eta_v \cdot \eta_{elm})$				29	W
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí -stěna, dveře, zemina					
Sousední prostor	S-102,115,118		D-115	Zemina	
Plocha	S	m^2	45,58	1,58	24,98
Součinitel prostupu tepla	U	$W/(m^2 \cdot K)$	0,599	1,500	0,366
Teplota sousední místnosti	t_{is}	°C	30	30	21
			109,17	9,46	-45,73
$\dot{Q}_{vm} = S \cdot U \cdot (t_{is} - t_i)$				73	W

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů												
Tepelné zisky okny prostupem												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$S_{o1}+S_{o2}$	m^2	3,75										
U_o	$W/m^2 \cdot K$	1,20										
t_e	$^{\circ}C$	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8
\dot{Q}_{ok}	W	-36	-29	-22	-14	-5	2	9	14	17	18	17
Tepelné zisky okny radiací												
JV okno 1												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\dot{Q}_{or,1}$	W	122	227	310	348	342	295	215	145	132	119	101
S_o	m^2	2,25										
S_{os}	m^2	1,49	1,59	1,64	1,61	1,56	1,48	1,26	0,53	0,00	0,00	0,00
c_o	-	0,85										
i_o	W/m^2	181	335	451	510	505	435	315	184	131	118	100
$i_{o,d}$	W/m^2	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e_1	m	0,25	0,17	0,11	0,06	0,01	0,05	0,16	0,49	1,90	0,39	0,22
e_2	m	0,08	0,11	0,13	0,16	0,20	0,26	0,39	0,82	2,45	0,40	0,18
f	m	0,1										
g	m	0,1										
c = d	m	0,155										
l_a	m	1,3										
l_b	m	1,3										
s_1	-	0,9										
s_2	-	0,5										
δ	$^{\circ}$	20,35										
a_c	$^{\circ}$	76,6	87,6	80,5	66,8	49,7	27,3	0,0	-27,3	-49,7	-66,8	-80,5
a	$^{\circ}$	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261
γ	$^{\circ}$	135										
h	$^{\circ}$	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35
α	$^{\circ}$	90										
z	-	5										
T_d	-	0,85										
T_D	-	0,76	0,81	0,83	0,83	0,81	0,76	0,63	0,37	-0,15	-1,06	-2,58
Θ	$^{\circ}$	59,7	52,1	48,0	48,0	52,2	59,7	69,5	80,8	92,9	105,5	118,6

\dot{I}_D	W/m ²	333,8	513,6	629,6	704,3	750,9	776,5	784,7	776,5	750,9	704,3	629,6
\dot{I}_d	W/m ²	63,0	92,4	117,6	138,2	153,7	163,2	166,5	163,2	153,7	138,2	117,6
\dot{I}_{DS}	W/m ²	168,5	315,4	421,7	471,6	460,3	391,3	274,3	124,8	0,0	0,0	0,0
JV okno 2												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\dot{Q}_{or,2}$	W	74	141	195	220	206	189	138	96	88	79	67
S_o	m ²	1,5										
S_{os}	m ²	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,2	0	0	0
c_o	-	0,85										
\dot{I}_o	W/m ²	181	335	451	510	505	435	315	184	131	118	100
$\dot{I}_{o,d}$	W/m ²	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e_1	m	0,25	0,17	0,11	0,06	0,01	0,05	0,16	0,49	1,90	0,39	0,22
e_2	m	0,08	0,11	0,13	0,16	0,20	0,26	0,39	0,82	2,45	0,40	0,18
f	m	0,1										
g	m	0,1										
c = d	m	0,155										
l_a	m	0,8										
l_b	m	1,3										
s_1	-	0,9										
s_2	-	0,5										
δ	°	20,35										
a_c	°	76,6	87,6	80,5	66,8	49,7	27,3	0,0	-27,3	-49,7	-66,8	-80,5
a	°	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261
γ	°	135										
h	°	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35
α	°	90										
z	-	5										
T_d	-	0,85										
T_D	-	0,76	0,81	0,83	0,83	0,81	0,76	0,63	0,37	-0,15	-1,06	-2,58
Θ	°	59,7	52,1	48,0	48,0	52,2	59,7	69,5	80,8	92,9	105,5	118,6
\dot{I}_D	W/m ²	333,8	513,6	629,6	704,3	750,9	776,5	784,7	776,5	750,9	704,3	629,6
\dot{I}_d	W/m ²	63,0	92,4	117,6	138,2	153,7	163,2	166,5	163,2	153,7	138,2	117,6
\dot{I}_{DS}	W/m ²	168,5	315,4	421,7	471,6	460,3	391,3	274,3	124,8	0	0	0
$\dot{Q}_{or,1} + \dot{Q}_{or,2}$		196	368	505	569	548	483	353	240	220	198	169

Snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken		$\Delta\dot{Q}$	W	657,8								
Plocha stropu/podlahy		$S_{s,p}$	m ²	24,98								
Tloušťka akumulární		d_a	m	0,08								
Tloušťka skutečná stropu		$d_{s,s}$	m	0,42								
Tloušťka skutečná podlahy		$d_{s,p}$	m	0,55								
Plošná hustota stropu / podlahy		ρ_2	kg/m ³	2300								
Hmotnost stropu		m_s	kg	4595,4								
Hmotnost podlahy		m_p	kg	4595,4								
Plocha stěny		S_s-S_o	m ²	56,968								
Tloušťka skutečná stěny		$d_{s,st}$	m	0,18								
Plošná hustota stěny		ρ_1	kg/m ³	870								
Hmotnost stěny		m_{st}	kg	3965,0								
Hmotnost celková		M	kg	13155,8								
Maximální přípustění překročení teploty		Δt	K	1								
Maximální hodnota tepelných zisků od oslunění oken		$\dot{Q}_{or,max}$	W	569								
Rozdíl max. hodnoty tep. zisků od oslunění oken a akumul. tepla		$\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}$		-89,1								
Tepelné zisky radiací v době provozu		ΣQ_{or}	W	3850,5								
Počet hodin provozu		n	-	11								
Průměrné tepelné zisky		$\dot{Q}_{or,m}$	W	350								
Tepelné zisky radiací uvažované pro výpočet $\dot{Q}_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}; \dot{Q}_{or,m})$				350	W							
Tepelné zisky venkovní konstrukcí												
JV stěna												
S	m ²	11,19										
U	W/m ² ·K	0,326										
t _{rm}	°C	30,2										
m	-	0,19										
ψ	h	11,82										
Hodina-ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
t _{ry}	°C	30,5	27,6	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2
\dot{Q}_s	W	16	13	12	10	9	8	7	6	5	5	5
Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu												
V _e	m ³ /s	0,028										
ρ	kg/m ³	1,2										
c _p	J/(kg·K)	1000										
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{ec}	W	-297	-250	-193	-133	-73	-17	30	70	93	100	93

III. Vázané teplo					
Vodní zisky					
Produkce páry člověkem	M_w	g/h	116		
Výparné teplo vody	l_{23}	J/kg	2,5E+06		
Počet osob	i_1	-	2		
$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1$				161	W

\dot{Q}_{ic}	W	968	972	978	985	992	998	1003	1008	1011	1011	1011
\dot{Q}_c	W	671	722	785	851	918	981	1033	1078	1104	1111	1104
\dot{Q}_{iv}	W	161										
\dot{Q}_i	W	1129	1133	1139	1146	1153	1159	1164	1169	1172	1172	1172

Místnost 104													
I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů													
Pracovní doba - standardní čas			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	W	112										
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	W	149										
Produkce tepla od elektronických zařízení	\dot{Q}_{el}	W	275										
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	W	29										
Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech	\dot{Q}_{vzd}	W	0										
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí	\dot{Q}_{vm}	W	73										
II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů													
Tepelné zisky okny prostupem	\dot{Q}_{ok}	W	-36	-29	-22	-14	-5	2	9	14	17	18	17
Tepelné zisky okny radiací	\dot{Q}_{or}	W	350										
Tepelné zisky venkovní konstrukcí	\dot{Q}_s	W	16	13	12	10	9	8	7	6	5	5	5
Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	\dot{Q}_{ec}	W	-297	-250	-193	-133	-73	-17	30	70	93	100	93
III. Vázané teplo													
Vodní zisky	\dot{Q}_{iv}	W	161										
Celková tepelná zátěž													
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	\dot{Q}_{ic}	W	968	972	978	985	992	998	1003	1008	1011	1011	1011
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	\dot{Q}_c	W	671	722	785	851	918	981	1033	1078	1104	1111	1104
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	\dot{Q}_i	W	1129	1133	1139	1146	1153	1159	1164	1169	1172	1172	1172

C.3 Místnost číslo 119 - skladník

Venkovní teplota	t_e	°C	30
Vnitřní teplota	t_i	°C	26
Vnitřní teplota zvýšená o přípustné překročení teploty	t_i+1K	°C	27
Doba provozu	-	hod	6 - 16
Doba provozu- letní čas	-	hod	7 - 17

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů					
Produkce tepla od lidí					
Počet lidí	n	-	1		
Teplota člověka	t_e	°C	36		
$\dot{Q}_l = n \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)]$				56	W
Produkce tepla od elektronických zařízení					
Celkový příkon zařízení	P	W	275		
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1		
Součinitel průměrného zatížení zařízení	c_3	-	1		
$\dot{Q}_{el} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_3$				275	W
Produkce tepla od ventilátorů					
Průtok vzduchu ventilátorem	V	m ³ /s	0,097		
Celkový tlak ventilátoru	Δp	Pa	500		
Účinnost ventilátoru	η_v	-	0,6		
Účinnost elektromotoru	η_{elm}	-	0,7		
$\dot{Q}_v = (\dot{V} \cdot \Delta p) / (\eta_v \cdot \eta_{elm})$				20	W
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí -stěna, dveře, zemina					
Sousední prostor	S-102,117,118		D-102,118	Zemina	
Plocha	S	m ²	38,25	3,15	16,50
Součinitel prostupu tepla	U	W/(m ² ·K)	0,599	1,500	0,391
Teplota sousední místnosti	t_{is}	°C	30	30	21
			91,60	-32,25	18,91
$\dot{Q}_{vm} = S \cdot U \cdot (t_{is} - t_i)$				78	W

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů												
Tepelné zisky okny prostupem												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S_o	m^2	5,25										
U_o	$W/(m^2 \cdot K)$	1,20										
t_e	$^{\circ}C$	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8
\dot{Q}_{ok}	W	-50	-41	-30	-19	-8	3	12	20	24	25	24
Tepelné zisky okny radiací												
JZ okno 2												
$\dot{Q}_{or,1}$	W	63	93	118	139	154	164	242	348	404	412	367
S_o	m^2	2,625										
S_{os}	m^2	0	0	0	0	0	0	1,32	1,77	1,86	1,92	1,95
c_o	-	0,85										
\dot{i}_o	W/m^2	54	79	100	118	131	184	315	435	505	510	451
$\dot{i}_{o,d}$	W/m^2	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e_1	m	2,01	3,01	4,57	8,16	40,07	10,24	3,27	1,04	0,01	0,06	0,11
e_2	m	0,05	0,10	0,18	0,40	2,45	0,82	0,39	0,26	0,20	0,16	0,13
$f_p^{*})$	m	3,02										
$f_L^{*})$	m	0,10										
g	m	0,1										
$d_p^{*})$	m	3,265										
$d_L^{*})$	m	0,155										
c	m	0,155										
JZ okno 1												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\dot{Q}_{or,2}$	W	63	93	118	139	154	164	167	286	404	412	367
S_o	m^2	2,625										
S_{os}	m^2	0	0	0	0	0	0	0	1,17	1,86	1,92	1,95
c_o	-	0,85										
\dot{i}_o	W/m^2	54	79	100	118	131	184	315	435	505	510	451
$\dot{i}_{o,d}$	W/m^2	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e_1	m	2,01	3,01	4,57	8,16	40,07	10,24	3,27	1,04	0,01	0,06	0,11
e_2	m	0,05	0,10	0,18	0,40	2,45	0,82	0,39	0,26	0,20	0,16	0,13

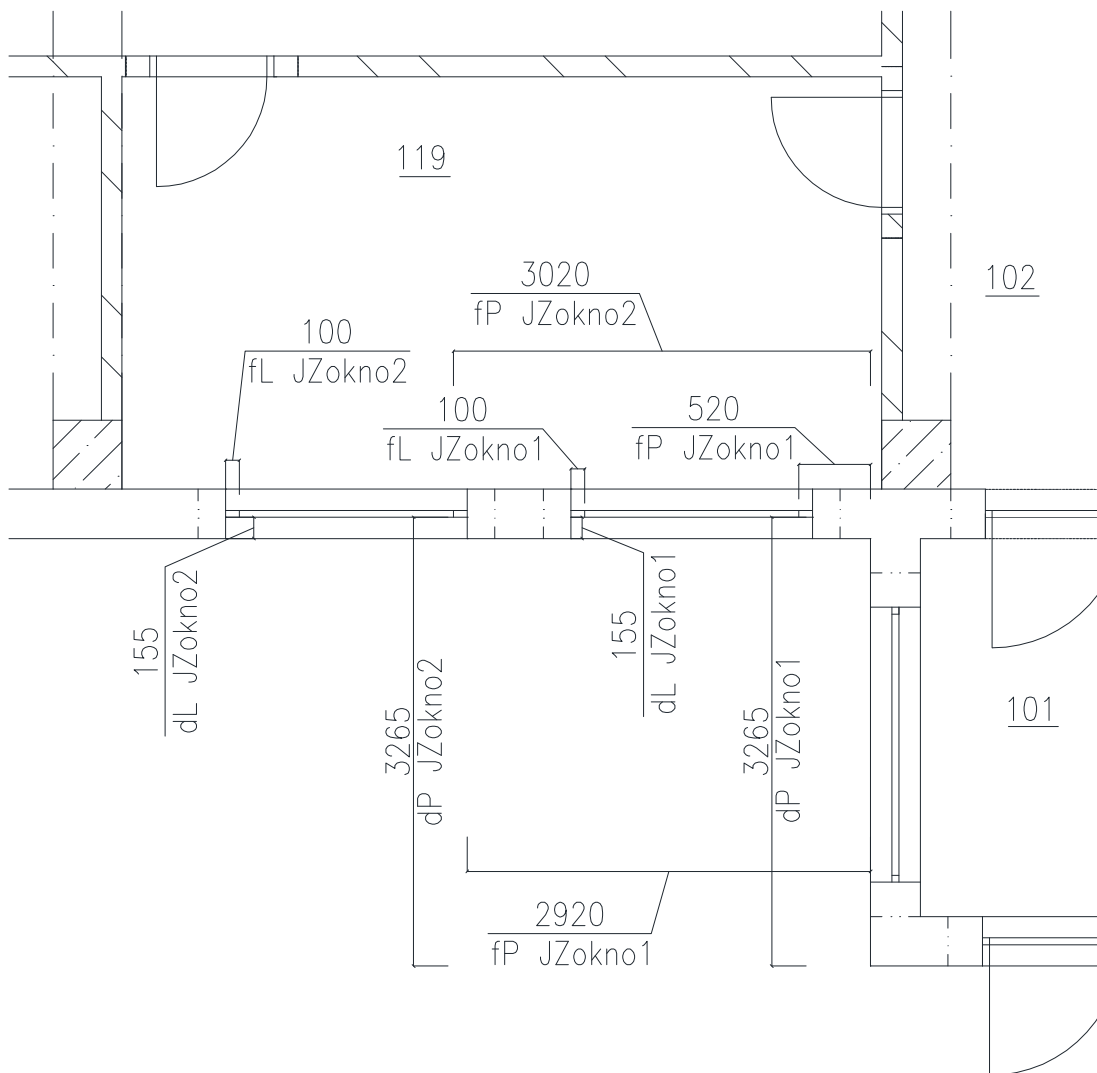
$f_p^{*})$	m	0,52											
$f_L^{*})$	m	0,10											
g	m	0,1											
$d_p^{*})$	m	3,265											
$d_L^{*})$	m	0,155											
c	m	0,155											
l_a	m	1,55											
l_b	m	1,3											
s_1	-	0,9											
s_2	-	0,5											
δ	°	20,35											
a_c	°	76,6	87,6	80,5	66,8	49,7	27,3	0,0	-27,3	-49,7	-66,8	-80,5	
a	°	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261	
γ	°	225											
h	°	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35	
α	°	90											
z	-	5											
T_d	-	0,85											
T_D	-	-8,61	-4,98	-2,58	-1,06	-0,15	0,37	0,63	0,76	0,81	0,83	0,83	
Θ	°	145,2	131,8	118,6	105,5	92,9	80,8	69,5	59,7	52,2	48,0	48,0	
\dot{I}_D	W/m ²	333,8	513,6	629,6	704,3	750,9	776,5	784,7	776,5	750,9	704,3	629,6	
\dot{I}_d	W/m ²	63,0	92,4	117,6	138,2	153,7	163,2	166,5	163,2	153,7	138,2	117,6	
\dot{I}_{DS}	W/m ²	0	0	0	0	0	125	274	391	460	472	422	
$\dot{Q}_{or,1} + \dot{Q}_{or,2}$													
		127	185	236	278	309	328	409	634	809	824	734	
Snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken									$\Delta\dot{Q}$	W	436,7		
Plocha stropu/podlahy									$S_{s,p}$	m ²	16,50		
Tloušťka akumulací									d_a	m	0,08		
Tloušťka skutečná stropu									$d_{s,s}$	m	0,401		
Tloušťka skutečná podlahy									$d_{s,p}$	m	0,54		
Plošná hustota stropu / podlahy									ρ_2	kg/m ³	2300		
Hmotnost stropu									m_s	kg	3036,0		
Hmotnost podlahy									m_p	kg	3036,0		
Plocha stěny									S_s-S_o	m ²	38,2		
Tloušťka skutečná stěny									$d_{s,st}$	m	0,18		
Plošná hustota stěny									ρ_1	kg/m ³	870		

Hmotnost stěny	m_{st}	kg	2662,1									
Hmotnost celková	M	kg	8734,1									
Maximální přípuštění překročení teploty	Δt	K	1									
Maximální hodnota tepelných zisků od oslunění oken	$\dot{Q}_{or,max}$	W	824									
Rozdíl max. hodnoty tep. zisků od oslunění oken a akum. tepla	$\dot{Q}_{or,max} - \Delta \dot{Q}$		387,7									
Tepelné zisky radiací v době provozu	ΣQ_{or}	W	4872,4									
Počet hodin provozu	n	-	11									
Průměrné tepelné zisky	$\dot{Q}_{or,m}$	W	443									
Tepelné zisky radiací uvažované pro výpočet $\dot{Q}_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta \dot{Q}; \dot{Q}_{or,m})$			443	W								
Tepelné zisky venkovní konstrukcí												
JZ stěna												
S_1	m^2				14,262							
U	$W/(m^2 \cdot K)$				0,326							
t_{rm}	$^{\circ}C$				30,2							
m	-				0,193							
ψ	h				11,82							
Hodina- ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
t_{rw}	$^{\circ}C$	37,1	28,7	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2
\dot{Q}_{s1}	W	26	18	15	13	11	10	9	8	7	7	7
Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu												
V_e	m^3/s	0,019										
ρ	kg/m^3	1,2										
c_p	$J/(kg \cdot K)$	1000										
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{ec}	W	-208	-175	-135	-93	-51	-12	21	49	65	70	65

*)Označení oken je zakresleno na Obr. C.18-1

III. Vázané teplo					
Vodní zisky					
Produkce páry člověkem	M_w	g/h	116		
Výparné teplo vody	l_{23}	J/kg	2,5E+06		
Počet osob	i_1	-	1		
$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1$				81	W

\dot{Q}_{ic}	W	848	850	857	867	876	885	893	900	903	904	903
\dot{Q}_c	W	641	675	722	773	825	874	914	949	969	974	969
\dot{Q}_{iv}	W	81										
\dot{Q}_i	W	929	930	937	947	957	966	974	980	984	985	984



Obr. C.18-1: Označení oken v místnosti 119

Místnost 119

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Pracovní doba - standardní čas			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	W	56										
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	W	0										
Produkce tepla od elektronických zařízení	\dot{Q}_{el}	W	275										
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	W	20										
Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech	\dot{Q}_{vzd}	W	0										
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí	\dot{Q}_{vm}	W	78										

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů

Tepelné zisky okny prostupem	\dot{Q}_{ok}	W	-50	-41	-30	-19	-8	3	12	20	24	25	24
Tepelné zisky okny radiací	\dot{Q}_{or}	W	443										
Tepelné zisky venkovní konstrukcí	\dot{Q}_s	W	26	18	15	13	11	10	9	8	7	7	7
Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	\dot{Q}_{ec}	W	-208	-175	-135	-93	-51	-12	21	49	65	70	65

III. Vázané teplo

Vodní zisky	\dot{Q}_{iv}	W	81										
-------------	----------------	---	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Celková tepelná zátěž

Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	\dot{Q}_{ic}	W	848	850	857	867	876	885	893	900	903	904	903
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	\dot{Q}_c	W	641	675	722	773	825	874	914	949	969	974	969
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	\dot{Q}_i	W	929	930	937	947	957	966	974	980	984	985	984

C.4 Místnost číslo 205 - kancelář

Vnitřní teplota	t_i	°C	26
Vnitřní teplota zvýšená o přípustné překročení teploty	t_i+1K	°C	27
Doba provozu	-	hod	6 - 16
Doba provozu- letní čas	-	hod	7 - 17

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů						
Produkce tepla od lidí						
Počet lidí	n	-	5			
Teplota člověka	t_{ξ}	°C	36			
$\dot{Q}_l = n \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)]$				279	W	
Produkce tepla od svítidel						
Osvětlená plocha	S_{op}	m^2	11,79			
Celkový příkon svítidel	\dot{P}_m	W/m^2	30			
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1			
Součinitel zbytkový	c_2	-	1			
$\dot{Q}_{sv} = \dot{P}_m \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot S$				354	W	
Produkce tepla od elektronických zařízení						
Celkový příkon zařízení	P	W	1375	215		
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1	0,2		
Součinitel průměrného zatížení zařízení	c_3	-	1	1		
$\dot{Q}_{el} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_3$				1418	W	
Produkce tepla od ventilátorů						
Průtok vzduchu ventilátorem	V	m^3/s	0,347			
Celkový tlak ventilátoru	Δp	Pa	500			
Účinnost ventilátoru	η_v	-	0,6			
Účinnost elektromotoru	η_{elm}	-	0,7			
$\dot{Q}_v = (\dot{V} \cdot \Delta p) / (\eta_v \cdot \eta_{elm})$				73	W	
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí -stěna, dveře, podlaha						
Sousední prostor	S-202,203,204		D-202	P-117	P-118	
Plocha	S	m^2	40,65	1,58	10,20	17,74
Součinitel prostupu tepla	U	$W/(m^2 \cdot K)$	0,599	1,500	0,361	0,361
Teplota sousední místnosti	t_{is}	°C	30	30	30	30
			97,36	9,46	14,71	25,58
$\dot{Q}_{vm} = S \cdot U \cdot (t_{is} - t_i)$				147	W	

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů												
Tepelné zisky okny prostupem												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S_o	m^2	3										
U_o	$W/m^2 \cdot K$	1,20										
t_e	$^{\circ}C$	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8
\dot{Q}_{ok}	W	-28	-23	-17	-11	-4	2	7	11	14	14	14
Tepelné zisky okny radiací												
JZ okno												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{or}	W	72	106	135	159	176	194	291	401	467	332	128
S_o	m^2	3										
S_{os}	m^2	0	0	0	0	0	0,82	1,77	2,05	2,16	1,22	0
c_o	-	0,85										
i_o	W/m^2	54	79	100	118	131	184	315	435	505	510	451
$\dot{i}_{o,d}$	W/m^2	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e_1	m	0,10	0,14	0,22	0,39	1,90	0,49	0,16	0,05	0,27	1,31	2,33
e_2	m	0,05	0,10	0,18	0,40	2,45	0,82	0,39	0,26	0,20	0,16	0,13
f_L	m	0,49										
f_p	m	0,10										
g	m	0,1										
d_L	m	3,265										
d_p	m	0,155										
c	m	0,155										
l_a	m	1,8										
l_b	m	1,3										
s_1	-	0,9										
s_2	-	0,5										
δ	$^{\circ}$	20,35										
a_c	$^{\circ}$	76,6	87,6	80,5	66,8	49,7	27,3	0,0	-27,3	-49,7	-66,8	-80,5
a	$^{\circ}$	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261
γ	$^{\circ}$	225										
h	$^{\circ}$	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35
α	$^{\circ}$	90										
z	-	5										

T_d	-	0,85										
T_D	-	-8,61	-4,98	-2,58	-1,06	-0,15	0,37	0,63	0,76	0,81	0,83	0,83
Θ	°	145,2	131,8	118,6	105,5	92,9	80,8	69,5	59,7	52,2	48,0	48,0
\dot{I}_D	W/m ²	333,8	513,6	629,6	704,3	750,9	776,5	784,7	776,5	750,9	704,3	629,6
\dot{I}_d	W/m ²	63,0	92,4	117,6	138,2	153,7	163,2	166,5	163,2	153,7	138,2	117,6
\dot{I}_{DS}	W/m ²	0	0	0	0	0	125	274	391	460	472	422
Snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken				$\Delta\dot{Q}$	W	765,81						
Plocha stropu/podlahy				$S_{s,p}$	m ²	27,94						
Tloušťka akumulační				d_a	m	0,08						
Tloušťka skutečná stropu				$d_{s,s}$	m	0,53						
Tloušťka skutečná podlahy				$d_{s,p}$	m	0,40						
Plošná hustota stropu / podlahy				ρ_2	kg/m ³	2300						
Hmotnost stropu				m_s	kg	5141,0						
Hmotnost podlahy				m_p	kg	5141,0						
Plocha stěny				S_s-S_o	m ²	72,33						
Tloušťka skutečná stěny				$d_{s,st}$	m	0,18						
Plošná hustota stěny				ρ_1	kg/m ³	870						
Hmotnost stěny				m_{st}	kg	5034,3						
Hmotnost celková				M	kg	15316,2						
Maximální přípuštění překročení teploty				Δt	K	1,00						
Maximální hodnota tepelných zisků od oslunění oken				$\dot{Q}_{or,max}$	W	467						
Rozdíl max. hodnoty tep. zisků od oslunění oken a akumul. tepla				$\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}$		-299,1						
Tepelné zisky radiací v době provozu				ΣQ_{or}	W	2460,9						
Počet hodin provozu				n	-	11						
Průměrné tepelné zisky				$\dot{Q}_{or,m}$	W	224						
Tepelné zisky radiací uvažované pro výpočet $\dot{Q}_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}; \dot{Q}_{or,m})$						224	W					
Tepelné zisky venkovní konstrukcí												
JZ Stěna												
S_1	m ²	9,168										
U	W/m ² ·K	0,326										
t_{rm}	°C	30,2										
m	-	0,193										
ψ	h	11,82										
Hodina- ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4

t_{ry}	°C	37,1	28,7	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2
\dot{Q}_{s1}	W	16,5	11,7	9,4	8,4	7,4	6,4	5,6	4,9	4,5	4,4	4,5
Střecha												
S_2	m ²	27,94										
U	W/m ² ·K	0,159										
t_{rm}	°C	33,60										
\dot{Q}_{s2}	W	33,7										
$\dot{Q}_s = \dot{Q}_{s1} + \dot{Q}_{s2}$		50	45	43	42	41	40	39	39	38	38	38
Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu												
V_e	m ³ /s	0,069										
ρ	kg/m ³	1,2										
c_p	J/(kg·K)	1000										
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{ec}	W	-742	-625	-483	-333	-183	-42	75	175	233	250	233

III. Vázané teplo												
Vodní zisky												
Produkce páry člověkem							M_w	g/h	116			
Výparné teplo vody							l_{23}	J/kg	2,5E+06			
Počet osob							i_1	-	5			
$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1$									403	W		

\dot{Q}_{ic}	W	2516	2516	2520	2526	2531	2536	2541	2544	2546	2547	2546
\dot{Q}_c	W	1775	1891	2037	2192	2348	2495	2616	2719	2780	2797	2780
\dot{Q}_{iv}	W	403										
\dot{Q}_i	W	2919	2919	2923	2929	2934	2939	2943	2947	2949	2950	2949

Místnost 205

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Pracovní doba - standardní čas			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	W	279										
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	W	354										
Produkce tepla od elektronických zařízení	\dot{Q}_{el}	W	1418										
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	W	73										
Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech	\dot{Q}_{vzd}	W	0										
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí	\dot{Q}_{vm}	W	147										

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů

Tepelné zisky okny prostupem	\dot{Q}_{ok}	W	-28	-28	-23	-17	-11	-4	2	7	11	14	14
Tepelné zisky okny radiací	\dot{Q}_{or}	W	224										
Tepelné zisky venkovní konstrukcí	\dot{Q}_s	W	50	45	43	42	41	40	39	39	38	38	38
Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	\dot{Q}_{ec}	W	-742	-625	-483	-333	-183	-42	75	175	233	250	233

III. Vázané teplo

Vodní zisky	\dot{Q}_{iv}	W	403										
-------------	----------------	---	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Celková tepelná zátěž

Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	\dot{Q}_{ic}	W	2516	2516	2520	2526	2531	2536	2541	2544	2546	2547	2546
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	\dot{Q}_c	W	1775	1891	2037	2192	2348	2495	2616	2719	2780	2797	2780
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	\dot{Q}_i	W	2919	2919	2923	2929	2934	2939	2943	2947	2949	2950	2949

C.5 Místnost číslo 206 - kancelář

Vnitřní teplota	t_i	°C	26
Vnitřní teplota zvýšená o přípustné překročení teploty	t_i+1K	°C	27
Doba provozu	-	hod	6 - 16
Doba provozu- letní čas	-	hod	7 - 17

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů					
Produkce tepla od lidí					
Počet lidí	n	-	4		
Teplota člověka	t_{ξ}	°C	36		
$\dot{Q}_l = n \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)]$				223	W
Produkce tepla od svítidel					
Osvětlená plocha	S_{op}	m^2	10,78		
Celkový příkon svítidel	\dot{P}_m	W/m^2	30		
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1		
Součinitel zbytkový	c_2	-	1		
$\dot{Q}_{sv} = \dot{P}_m \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot S$				323	W
Produkce tepla od elektronických zařízení					
Celkový příkon zařízení	P	W	1100	215	
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1	0,2	
Součinitel průměrného zatížení zařízení	c_3	-	1	1	
$\dot{Q}_{el} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_3$				1143	W
Produkce tepla od ventilátorů					
Průtok vzduchu ventilátorem	V	m^3/s	0,278		
Celkový tlak ventilátoru	Δp	Pa	500		
Účinnost ventilátoru	η_v	-	0,6		
Účinnost elektromotoru	η_{elm}	-	0,7		
$\dot{Q}_v = (\dot{V} \cdot \Delta p) / (\eta_v \cdot \eta_{elm})$				58	W
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí -stěna, dveře, podlaha					
Sousední prostor			S-202	D-202	P-118
Plocha	S	m^2	9,40	1,58	16,60
Součinitel prostupu tepla	U	$W/(m^2 \cdot K)$	0,599	1,500	0,361
Teplota sousední místnosti	t_{is}	°C	30	30	30
			22,52	9,46	23,94
$\dot{Q}_{vm} = S \cdot U \cdot (t_{is} - t_i)$				56	W

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů												
Tepelné zisky okny prostupem												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S_o	m^2	3										
U_o	$W/(m^2 \cdot K)$	1,20										
t_e	$^{\circ}C$	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8
\dot{Q}_{ok}	W	-28	-23	-17	-11	-4	2	7	11	14	14	14
Tepelné zisky okny radiací												
JZ okno												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{or}	W	72	106	135	159	176	194	291	401	467	476	424
S_o	m^2	3										
S_{os}	m^2	0	0	0	0	0	0,82	1,77	2,05	2,16	2,23	2,27
c_o	-	0,85										
\dot{I}_o	W/m^2	54	79	100	118	131	184	315	435	505	510	451
$\dot{I}_{o,d}$	W/m^2	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e_1	m	0,095	0,143	0,217	0,387	1,902	0,486	0,155	0,049	0,013	0,062	0,111
e_2	m	0,050	0,098	0,184	0,401	2,447	0,819	0,385	0,261	0,199	0,160	0,131
f	m	0,1										
g	m	0,1										
$c = d$	m	0,155										
l_a	m	1,8										
l_b	m	1,3										
s_1	-	0,9										
s_2	-	0,5										
δ	$^{\circ}$	20,35										
a_c	$^{\circ}$	76,6	87,6	80,5	66,8	49,7	27,3	0,0	-27,3	-49,7	-66,8	-80,5
a	$^{\circ}$	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261
γ	$^{\circ}$	225										
h	$^{\circ}$	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35
α	$^{\circ}$	90										
z	-	5										
T_d	-	0,85										
T_D	-	-8,61	-4,98	-2,58	-1,06	-0,15	0,37	0,63	0,76	0,81	0,83	0,83
Θ	$^{\circ}$	145,2	131,8	118,6	105,5	92,9	80,8	69,5	59,7	52,2	48,0	48,0

\dot{I}_D	W/m ²	333,8	513,6	629,6	704,3	750,9	776,5	784,7	776,5	750,9	704,3	629,6
\dot{I}_d	W/m ²	63,0	92,4	117,6	138,2	153,7	163,2	166,5	163,2	153,7	138,2	117,6
\dot{I}_{DS}	W/m ²	0	0	0	0	0	125	274	391	460	472	422
Snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken									$\Delta\dot{Q}$	W	728,41	
Plocha stropu/podlahy									$S_{s,p}$	m ²	26,03	
Tloušťka akumulací									d_a	m	0,08	
Tloušťka skutečná stropu									$d_{s,s}$	m	0,53	
Tloušťka skutečná podlahy									$d_{s,p}$	m	0,40	
Plošná hustota stropu / podlahy									ρ_2	kg/m ³	2300	
Hmotnost stropu									m_s	kg	4789,5	
Hmotnost podlahy									m_p	kg	4789,5	
Plocha stěny									S_s-S_o	m ²	71,68	
Tloušťka skutečná stěny									$d_{s,st}$	m	0,18	
Plošná hustota stěny									ρ_1	kg/m ³	870	
Hmotnost stěny									m_{st}	kg	4989,2	
Hmotnost celková									M	kg	14568,2	
Maximální přípuštění překročení teploty									Δt	K	1	
Maximální hodnota tepelných zisků od oslunění oken									$\dot{Q}_{or,max}$	W	476	
Rozdíl max. hodnoty tep. zisků od oslunění oken a akum. tepla									$\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}$		-252,3	
Tepelné zisky radiací v době provozu									ΣQ_{or}	W	2901,5	
Počet hodin provozu									n	-	11	
Průměrné tepelné zisky									$\dot{Q}_{or,m}$	W	264	
Tepelné zisky radiací uvažované pro výpočet $\dot{Q}_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}; \dot{Q}_{or,m})$										264	W	
Tepelné zisky venkovní konstrukcí												
JZ stěna												
S_1	m ²	8,305										
U	W/(m ² ·K)	0,326										
t_{rm}	°C	30,2										
m	-	0,193										
ψ	h	11,82										
Hodina- ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
t_{ry}	°C	37,1	28,7	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2
\dot{Q}_{s1}	W	15,0	80,9	78,8	77,9	77,0	76,1	75,3	74,7	74,4	74,3	74,4
Střecha												
S_2	m ²	26,03										

U	W/(m ² ·K)	0,159										
t _{rm}	°C	33,60										
Q̇ _{s2}	W	31,4										
Q̇ _s = Q̇ _{s1} + Q̇ _{s2}		46	112	110	109	108	107	107	106	106	106	106
Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu												
V _e	m ³ /s	0,056										
ρ	kg/m ³	1,2										
c _p	J/(kg·K)	1000										
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q̇ _{ec}	W	-593	-500	-387	-267	-147	-33	60	140	187	200	187

III. Vázané teplo

Vodní zisky

Produkce páry člověkem	M _w	g/h	116		
Výparné teplo vody	l ₂₃	J/kg	2,5E+06		
Počet osob	i ₁	-	4		
$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1$				322	W

Q̇ _{ic}	W	2086	2157	2161	2166	2172	2177	2181	2185	2187	2188	2187
Q̇ _c	W	1492	1657	1774	1899	2025	2144	2241	2325	2374	2388	2374
Q̇ _{iv}	W	322										
Q̇ _i	W	2408	2479	2483	2488	2494	2499	2503	2507	2509	2510	2509

Místnost 206													
I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů													
Pracovní doba - standardní čas			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	W	223										
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	W	323										
Produkce tepla od elektronických zařízení	\dot{Q}_{el}	W	1143										
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	W	58										
Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech	\dot{Q}_{vzd}	W	0										
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí	\dot{Q}_{vm}	W	56										
II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů													
Tepelné zisky okny prostupem	\dot{Q}_{ok}	W	-28	-23	-17	-11	-4	2	7	11	14	14	14
Tepelné zisky okny radiací	\dot{Q}_{or}	W	264										
Tepelné zisky venkovní konstrukcí	\dot{Q}_s	W	46	112	110	109	108	107	107	106	106	106	106
Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	\dot{Q}_{ec}	W	-593	-500	-387	-267	-147	-33	60	140	187	200	187
III. Vázané teplo													
Vodní zisky	\dot{Q}_{iv}	W	322										
Celková tepelná zátěž													
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	\dot{Q}_{ic}	W	2086	2157	2161	2166	2172	2177	2181	2185	2187	2188	2187
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	\dot{Q}_c	W	1492	1657	1774	1899	2025	2144	2241	2325	2374	2388	2374
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	\dot{Q}_i	W	2408	2479	2483	2488	2494	2499	2503	2507	2509	2510	2509

C.6 Místnost číslo 207 - kancelář

Vnitřní teplota	t_i	°C	26
Vnitřní teplota zvýšená o přípustné překročení teploty	t_i+1K	°C	27
Doba provozu	-	hod	6 - 16
Doba provozu- letní čas	-	hod	7 - 17

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů					
Produkce tepla od lidí					
Počet lidí	n	-	4		
Teplota člověka	t_{ξ}	°C	36		
$\dot{Q}_l = n \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)]$				223	W
Produkce tepla od svítidel					
Osvětlená plocha	S_{op}	m^2	10,60		
Celkový příkon svítidel	\dot{P}_m	W/m^2	30		
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1		
Součinitel zbytkový	c_2	-	1		
$\dot{Q}_{sv} = \dot{P}_m \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot S$				318	W
Produkce tepla od elektronických zařízení					
Celkový příkon zařízení	P	W	1100	215	
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1	0,2	
Součinitel průměrného zatížení zařízení	c_3	-	1	1	
$\dot{Q}_{el} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_3$				1143	W
Produkce tepla od ventilátorů					
Průtok vzduchu ventilátorem	V	m^3/s	0,278		
Celkový tlak ventilátoru	Δp	Pa	500		
Účinnost ventilátoru	η_v	-	0,6		
Účinnost elektromotoru	η_{elm}	-	0,7		
$\dot{Q}_v = (\dot{V} \cdot \Delta p) / (\eta_v \cdot \eta_{elm})$				58	W
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí -stěna, dveře, podlaha					
Sousední prostor			S-202	D-202	P-118
Plocha	S	m^2	9,22	1,58	14,64
Součinitel prostupu tepla	U	$W/m^2 \cdot K$	0,599	1,500	0,361
Teplota sousední místnosti	t_{is}	°C	30	30	30
			22,09	9,456	21,11
$\dot{Q}_{vm} = S \cdot U \cdot (t_{is} - t_i)$				53	W

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů												
Tepelné zisky okny prostupem												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S_o	m^2	2,625										
U_o	$W/(m^2 \cdot K)$	1,20										
t_e	$^{\circ}C$	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8
\dot{Q}_{ok}	W	-25	-20	-15	-9	-4	2	6	10	12	13	12
Tepelné zisky okny radiací												
JZ okno												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{or}	W	63	93	118	139	154	169	253	348	404	412	367
S_o	m^2	2,625										
S_{os}	m^2	0	0	0	0	0	0,68	1,52	1,77	1,86	1,92	1,95
c_o	-	0,85										
i_o	W/m^2	54	79	100	118	131	184	315	435	505	510	451
$i_{o,d}$	W/m^2	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e_1	m	0,095	0,143	0,217	0,387	1,902	0,486	0,155	0,049	0,013	0,062	0,111
e_2	m	0,050	0,098	0,184	0,401	2,447	0,819	0,385	0,261	0,199	0,160	0,131
f	m	0,1										
g	m	0,1										
$c = d$	m	0,2										
l_a	m	1,55										
l_b	m	1,3										
s_1	-	0,9										
s_2	-	0,5										
δ	$^{\circ}$	20,35										
a_c	$^{\circ}$	76,6	87,6	80,5	66,8	49,7	27,3	0,0	-27,3	-49,7	-66,8	-80,5
a	$^{\circ}$	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261
γ	$^{\circ}$	225										
h	$^{\circ}$	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35
α	$^{\circ}$	90										
z	-	5										
T_d	-	0,85										
T_D	-	-8,61	-4,98	-2,58	-1,06	-0,15	0,37	0,63	0,76	0,81	0,83	0,83
Θ	$^{\circ}$	145,2	131,8	118,6	105,5	92,9	80,8	69,5	59,7	52,2	48,0	48,0

\dot{I}_D	W/m ²	333,8	513,6	629,6	704,3	750,9	776,5	784,7	776,5	750,9	704,3	629,6
\dot{I}_d	W/m ²	63,0	92,4	117,6	138,2	153,7	163,2	166,5	163,2	153,7	138,2	117,6
\dot{I}_{DS}	W/m ²	0,0	0,0	0	0	0	125	274	391	460	472	422
Snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken												
									$\Delta\dot{Q}$	W	719,9	
Plocha stropu/podlahy									$S_{s,p}$	m ²	25,60	
Tloušťka akumulační									d_a	m	0,08	
Tloušťka skutečná stropu									$d_{s,s}$	m	0,53	
Tloušťka skutečná podlahy									$d_{s,p}$	m	0,40	
Plošná hustota stropu / podlahy									ρ_2	kg/m ³	2300	
Hmotnost stropu									m_s	kg	4710	
Hmotnost podlahy									m_p	kg	4710,4	
Plocha stěny									S_s-S_o	m ²	71,504	
Tloušťka skutečná stěny									$d_{s,st}$	m	0,18	
Plošná hustota stěny									ρ_1	kg/m ³	870	
Hmotnost stěny									m_{st}	kg	4976,7	
Hmotnost celková									M	kg	14397	
Maximální přípuštění překročení teploty									Δt	K	1	
Maximální hodnota tepelných zisků od oslunění oken									$\dot{Q}_{or,max}$	W	412	
Rozdíl max. hodnoty tep. zisků od oslunění oken a akumul. tepla									$\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}$		-307,7	
Tepelné zisky radiací v době provozu									ΣQ_{or}	W	2520,9	
Počet hodin provozu									n	-	11	
Průměrné tepelné zisky									$\dot{Q}_{or,m}$	W	229,2	
Tepelné zisky radiací uvažované pro výpočet $\dot{Q}_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}; \dot{Q}_{or,m})$											229	W
Tepelné zisky venkovní konstrukcí												
JZ stěna												
S_1	m ²	8,715										
U	W/(m ² ·K)	0,326										
t_{im}	°C	30,2										
m	-	0,193										
ψ	h	11,82										
Hodina- ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
t_{rw}	°C	37,1	28,7	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2
\dot{Q}_{s1}	W	15,7	11,1	9,0	8,0	7,0	6,1	5,3	4,6	4,2	4,1	4,2

Střecha												
S_2	m^2	25,60										
U	$W/(m^2 \cdot K)$	0,159										
t_{rm}	$^{\circ}C$	33,60										
\dot{Q}_{s2}	W	30,9										
$\dot{Q}_s = \dot{Q}_{s1} + \dot{Q}_{s2}$		47	42	40	39	38	37	36	36	35	35	35
Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu												
V_e	m^3/s	0,056										
ρ	kg/m^3	1,2										
c_p	$J/(kg \cdot K)$	1000										
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{ec}	W	-593	-500	-387	-267	-147	-33	60	140	187	200	187

III. Vázané teplo				
Vodní zisky				
Produkce páry člověkem	M_w	g/h	116	
Výparné teplo vody	l_{23}	J/kg	2,5E+06	
Počet osob	i_1	-	4	
$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1$				322 W

\dot{Q}_{ic}	W	2046	2046	2049	2054	2058	2063	2067	2070	2071	2072	2071
\dot{Q}_c	W	1453	1546	1662	1787	1912	2030	2127	2210	2258	2272	2258
\dot{Q}_{iv}	W	322										
\dot{Q}_i	W	2368	2368	2371	2376	2381	2385	2389	2392	2394	2394	2394

Místnost 207													
I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů													
Pracovní doba - standardní čas			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	W	223										
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	W	318										
Produkce tepla od elektronických zařízení	\dot{Q}_{el}	W	1143										
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	W	58										
Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech	\dot{Q}_{vzd}	W	0										
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí	\dot{Q}_{vm}	W	53										
II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů													
Tepelné zisky okny prostupem	\dot{Q}_{ok}	W	-25	-20	-15	-9	-4	2	6	10	12	13	12
Tepelné zisky okny radiací	\dot{Q}_{or}	W	229										
Tepelné zisky venkovní konstrukcí	\dot{Q}_s	W	47	42	40	39	38	37	36	36	35	35	35
Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	\dot{Q}_{ec}	W	-593	-500	-387	-267	-147	-33	60	140	187	200	187
III. Vázané teplo													
Vodní zisky	\dot{Q}_{iv}	W	322										
Celková tepelná zátěž													
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	\dot{Q}_{ic}	W	2046	2046	2049	2054	2058	2063	2067	2070	2071	2072	2071
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	\dot{Q}_c	W	1453	1546	1662	1787	1912	2030	2127	2210	2258	2272	2258
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	\dot{Q}_i	W	2368	2368	2371	2376	2381	2385	2389	2392	2394	2394	2394

C.7 Místnost číslo 208 - kancelář

Venkovní teplota	t_e	°C	30
Vnitřní teplota	t_i	°C	26
Vnitřní teplota zvýšená o přípustné překročení teploty	t_i+1K	°C	27
Doba provozu	-	hod	6 - 16
Doba provozu- letní čas	-	hod	7 - 17

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů				
Produkce tepla od lidí				
Počet lidí	n	-	2	
Teplota člověka	t_{ξ}	°C	36	
$\dot{Q}_l = n \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)]$				112 W
Produkce tepla od svítidel				
Osvětlená plocha	S_{op}	m ²	1,35	
Celkový příkon svítidel	\dot{P}_m	W/m ²	30	
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1	
Součinitel zbytkový	c_2	-	1	
$\dot{Q}_{sv} = \dot{P}_m \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot S$				41 W
Produkce tepla od elektronických zařízení				
Celkový příkon zařízení	P	W	550	
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1	
Součinitel průměrného zatížení zařízení	c_3	-	1	
$\dot{Q}_{el} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_3$				550 W
Produkce tepla od ventilátorů				
Průtok vzduchu ventilátorem	V	m ³ /s	0,139	
Celkový tlak ventilátoru	Δp	Pa	500	
Účinnost ventilátoru	η_v	-	0,6	
Účinnost elektromotoru	η_{elm}	-	0,7	
$\dot{Q}_v = (\dot{V} \cdot \Delta p) / (\eta_v \cdot \eta_{elm})$				29 W
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí - podlaha				
Sousední prostor			P-102	
Plocha	S	m ²	10,498	
Součinitel prostupu tepla	U	W/m ² ·K	0,366	
Teplota sousední místnosti	t_{is}	°C	30	
$\dot{Q}_{vm} = S \cdot U \cdot (t_{is} - t_i)$				15 W

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů												
Tepelné zisky okny prostupem												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$S_{o1}+S_{o2}$	m^2	9,375										
U_o	$W/m^2 \cdot K$	1,20										
t_e	$^{\circ}C$	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8
\dot{Q}_{ok}	W	-89	-73	-54	-34	-14	6	21	35	43	45	43
Tepelné zisky okny radiací												
JV okno 1												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\dot{Q}_{or,1}$	W	193	357	482	540	529	454	330	219	198	178	152
S_o	m^2	3,375										
S_{os}	m^2	2,47	2,56	2,59	2,54	2,46	2,33	2,02	0,97	0	0	0
c_o	-	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
\dot{i}_o	W/m^2	181	335	451	510	505	435	315	184	131	118	100
$\dot{i}_{o,d}$	W/m^2	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e_1	m	0,25	0,17	0,11	0,06	0,01	0,05	0,16	0,49	1,90	0,39	0,22
e_2	m	0,08	0,11	0,13	0,16	0,20	0,26	0,39	0,82	2,45	0,40	0,18
f	m	0,1										
g	m	0,1										
c = d	m	0,155										
l_a	m	2,05										
l_b	m	1,3										
s_1	-	0,9										
s_2	-	0,5										
a	$^{\circ}$	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261
γ	$^{\circ}$	135										
h	$^{\circ}$	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35
α	$^{\circ}$	90										
z	-	5										
T_d	-	0,85										
T_D	-	0,76	0,81	0,83	0,83	0,81	0,76	0,63	0,37	-0,15	-1,06	-2,58
Θ	$^{\circ}$	59,7	52,1	48,0	48,0	52,2	59,7	69,5	80,8	92,9	105,5	118,6
\dot{I}_D	W/m^2	333,8	513,6	629,6	704,3	750,9	776,5	784,7	776,5	750,9	704,3	629,6

i_d	W/m ²	63,0	92,4	117,6	138,2	153,7	163,2	166,5	163,2	153,7	138,2	117,6
i_{DS}	W/m ²	169	315	422	472	460	391	274	125	0	0	0
JZ okno 2,3												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\dot{Q}_{or,2}$	W	145	212	270	317	353	390	611	861	1014	1040	930
S_o	m ²	3										
S_{os}	m ²	0	0	0	0	0	0,97	2,02	2,33	2,46	2,54	2,59
c_o	-	0,85										
i_o	W/m ²	53,6	78,5	99,9	117,5	130,6	184,3	314,6	435,4	504,9	510,2	451,1
$i_{o,d}$	W/m ²	53,6	78,5	99,9	117,5	130,6	138,8	141,5	138,8	130,6	117,5	99,9
s	-	0,45										
n	-	2										
e_1	m	0,095	0,143	0,217	0,387	1,902	0,486	0,155	0,049	0,013	0,062	0,111
e_2	m	0,050	0,098	0,184	0,401	2,447	0,819	0,385	0,261	0,199	0,160	0,131
f	m	0,1										
g	m	0,1										
c = d	m	0,155										
l_a	m	2,05										
l_b	m	1,3										
s_1	-	0,9										
s_2	-	0,5										
δ	°	20,35										
a_c	°	76,6	87,6	80,5	66,8	49,7	27,3	0,0	-27,3	-49,7	-66,8	-80,5
a	°	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261
γ	°	225										
h	°	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35
α	°	90										
z	-	5										
T_d	-	0,85										
T_D	-	-8,61	-4,98	-2,58	-1,06	-0,15	0,37	0,63	0,76	0,81	0,83	0,83
Θ	°	145	132	119	106	93	81	70	60	52	48	48
\dot{I}_D	W/m ²	334	514	630	704	751	777	785	777	751	704	630
\dot{I}_d	W/m ²	63	92	118	138	154	163	166	163	154	138	118
\dot{I}_{DS}	W/m ²	0	0	0	0	0	125	274	391	460	472	422
$\dot{Q}_{or,1} + \dot{Q}_{or,2}$		338	569	752	857	882	844	941	1079	1212	1219	1082

Snížení maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken		$\Delta\dot{Q}$	W	942,1								
Plocha stropu/podlahy		$S_{s,p}$	m ²	37,675								
Tloušťka akumulační		d_a	m	0,08								
Tloušťka skutečná stropu		$d_{s,s}$	m	0,527								
Tloušťka skutečná podlahy		$d_{s,p}$	m	0,416								
Plošná hustota stropu / podlahy		ρ_2	kg/m ³	2300								
Hmotnost stropu		m_s	kg	6932,2								
Hmotnost podlahy		m_p	kg	6932,2								
Plocha stěny		S_s-S_o	m ²	71,504								
Tloušťka skutečná stěny		$d_{s,st}$	m	0,18								
Plošná hustota stěny		ρ_1	kg/m ³	870								
Hmotnost stěny		m_{st}	kg	4976,7								
Hmotnost celková		M	kg	18841								
Maximální přípuštění překročení teploty		Δt	K	1								
Maximální hodnota tepelných zisků od oslunění oken		$\dot{Q}_{or,max}$	W	1219								
Rozdíl max. hodnoty tep. zisků od oslunění oken a akumul. tepla		$\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}$		277								
Tepelné zisky radiací v době provozu		ΣQ_{or}	W	9774,8								
Počet hodin provozu		n	-	11								
Průměrné tepelné zisky		$\dot{Q}_{or,m}$	W	888,6								
Tepelné zisky radiací uvažované pro výpočet $\dot{Q}_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}; \dot{Q}_{or,m})$				889	W							
Tepelné zisky venkovní konstrukcí												
JV stěna												
S_1	m ²	19,485										
U	W/m ² ·K	0,326										
t_{rm}	°C	30,2										
m	-	0,19										
ψ	h	11,82										
Hodina- ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
t_{ry}	°C	30,5	27,6	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2
\dot{Q}_{s1}	W	27,0	23,5	20,0	17,8	15,6	13,5	11,8	10,4	9,5	9,3	9,5
JZ stěna												
S_2	m ²	15,60										
U	W/m ² ·K	0,326										
t_{rm}	°C	30,20										
m	-	0,19										
ψ	h	11,82										

Hodina-ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
t_{ry}	°C	37,1	28,7	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2
\dot{Q}_{s2}	W	28,1	19,9	16,0	14,3	12,5	10,8	9,5	8,3	7,6	7,4	7,6
Střecha												
S_3	m ²	37,68										
U	W/m ² ·K	0,159										
t_{rm}	°C	33,60										
\dot{Q}_{s3}	W	45,4										
\dot{Q}_s = $\dot{Q}_{s1} + \dot{Q}_{s2} + \dot{Q}_{s3}$		101	89	82	78	74	70	67	64	63	62	63
Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu												
V_e	m ³ /s	0,028										
ρ	kg/m ³	1,2										
c_p	J/(kg·K)	1000										
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\dot{Q}_{ec}	W	-297	-250	-193	-133	-73	-17	30	70	93	100	93

III. Vázané teplo				
Vodní zisky				
Produkce páry člověkem	M_w	g/h	116	
Výparné teplo vody	l_{23}	J/kg	2,5E+06	
Počet osob	i_1	-	2	
$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1$				161,1 W

\dot{Q}_{ic}	W	1647	1651	1663	1679	1695	1711	1723	1734	1741	1742	1741
\dot{Q}_c	W	1351	1401	1469	1546	1622	1694	1753	1804	1834	1842	1834
\dot{Q}_{iv}	W	161										
\dot{Q}_i	W	1808	1812	1824	1841	1856	1872	1884	1895	1902	1903	1902

Místnost 208

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Pracovní doba - standardní čas			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	W	112										
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	W	41										
Produkce tepla od elektronických zařízení	\dot{Q}_{el}	W	550										
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	W	29										
Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech	\dot{Q}_{vzd}	W	0										
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí	\dot{Q}_{vm}	W	16										

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů

Tepelné zisky okny prostupem	\dot{Q}_{ok}	W	-89	-73	-54	-34	-14	6	21	35	43	45	43
Tepelné zisky okny radiací	\dot{Q}_{or}	W	889										
Tepelné zisky venkovní konstrukcí	\dot{Q}_s	W	101	89	82	78	74	70	67	64	63	62	63
Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	\dot{Q}_{ec}	W	-297	-250	-193	-133	-73	-17	30	70	93	100	93

III. Vázané teplo

Vodní zisky	\dot{Q}_{iv}	W	161										
-------------	----------------	---	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Celková tepelná zátěž

Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	\dot{Q}_{ic}	W	1647	1651	1663	1679	1695	1711	1723	1734	1741	1742	1741
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	\dot{Q}_c	W	1351	1401	1469	1546	1622	1694	1753	1804	1834	1842	1834
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	\dot{Q}_i	W	1808	1812	1824	1841	1856	1872	1884	1895	1902	1903	1902

C.8 Místnost číslo 209 - kancelář

Vnitřní teplota	t_i	°C	26
Vnitřní teplota zvýšená o přípustné překročení teploty	t_i+1K	°C	27
Doba provozu	-	hod	6 - 16
Doba provozu- letní čas	-	hod	7 - 17

I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů					
Produkce tepla od lidí					
Počet lidí	n	-	2		
Teplota člověka	t_{ξ}	°C	36		
$\dot{Q}_l = n \cdot 6,2 \cdot [36 - (t_i + \Delta t)]$				112	W
Produkce tepla od svítidel					
Osvětlená plocha	S_{op}	m ²	4,30		
Celkový příkon svítidel	\dot{P}_m	W/m ²	30		
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1		
Součinitel zbytkový	c_2	-	1		
$\dot{Q}_{sv} = \dot{P}_m \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot S$				129	W
Produkce tepla od elektronických zařízení					
Celkový příkon zařízení	P	W	550	1200	
Součinitel současnosti chodu	c_1	-	1	0,2	
Součinitel průměrného zatížení zařízení	c_3	-	1	1	
$\dot{Q}_{el} = P \cdot c_1 \cdot c_3$				790	W
Produkce tepla od ventilátorů					
Průtok vzduchu ventilátorem	V	m ³ /s	0,139		
Celkový tlak ventilátoru	Δp	Pa	500		
Účinnost ventilátoru	η_v	-	0,6		
Účinnost elektromotoru	η_{elm}	-	0,7		
$\dot{Q}_v = (\dot{V} \cdot \Delta p) / (\eta_v \cdot \eta_{elm})$				29	W
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí -stěna, dveře, podlaha					
Sousední prostor			S-202	D-202	P-115
Plocha	S	m ²	5,62	1,58	12,00
Součinitel prostupu tepla	U	W/m ² ·K	0,599	1,500	0,366
Teplota sousední místnosti	t_{is}	°C	30	30	30
			13,47	9,46	17,58
$\dot{Q}_{vm} = S \cdot U \cdot (t_{is} - t_i)$				41	W

II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů												
Tepelné zisky okny prostupem												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S _o	m ²	3,375										
U _o	W/(m ² ·K)	1,20										
t _e	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8
Q _{ok}	W	-32	-26	-19	-12	-5	2	8	13	15	16	15
Tepelné zisky okny radiací												
JV okno												
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q _{or}	W	193	357	482	540	529	454	330	219	198	178	152
S _o	m ²	3,375										
S _{os}	m ²	2,47	2,56	2,59	2,54	2,46	2,33	2,02	0,97	0	0	0
c _o	-	0,85										
i _o	W/m ²	181	335	451	510	505	435	315	184	131	118	100
i _{o,d}	W/m ²	54	79	100	118	131	139	142	139	131	118	100
s	-	0,45										
n	-	1										
e ₁	m	0,25	0,17	0,11	0,06	0,01	0,05	0,16	0,49	1,90	0,39	0,22
e ₂	m	0,08	0,11	0,13	0,16	0,20	0,26	0,39	0,82	2,45	0,40	0,18
f	m	0,1										
g	m	0,1										
c = d	m	0,155										
l _a	m	2,05										
l _b	m	1,3										
s ₁	-	0,9										
s ₂	-	0,5										
δ	°	20,35										
a _c	°	76,6	87,6	80,5	66,8	49,7	27,3	0,0	-27,3	-49,7	-66,8	-80,5
a	°	77	88	99	113	130	153	180	207	230	247	261
γ	°	135										
h	°	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35
α	°	90										
z	-	5										
T _d	-	0,85										
T _D	-	0,76	0,81	0,83	0,83	0,81	0,76	0,63	0,37	-0,15	-1,06	-2,58
Θ	°	59,7	52,1	48,0	48,0	52,2	59,7	69,5	80,8	92,9	105,5	118,6

\dot{I}_D	W/m ²	333,8	513,6	629,6	704,3	750,9	776,5	784,7	776,5	750,9	704,3	629,6
\dot{I}_d	W/m ²	63,0	92,4	117,6	138,2	153,7	163,2	166,5	163,2	153,7	138,2	117,6
\dot{I}_{DS}	W/m ²	169	315	422	472	460	391	274	125	0	0	0
Sniženi maximální hodnoty tepelných zisků od oslunění oken									$\Delta\dot{Q}$	W	667,96	
Plocha stropu/podlahy									$S_{s,p}$	m ²	25,80	
Tloušťka akumulací									d_a	m	0,08	
Tloušťka skutečná stropu									$d_{s,s}$	m	0,53	
Tloušťka skutečná podlahy									$d_{s,p}$	m	0,42	
Plošná hustota stropu / podlahy									ρ_2	kg/m ³	2300	
Hmotnost stropu									m_s	kg	4747,20	
Hmotnost podlahy									m_p	kg	4747,2	
Plocha stěny									S_s-S_o	m ²	55,53	
Tloušťka skutečná stěny									$d_{s,st}$	m	0,18	
Plošná hustota stěny									ρ_1	kg/m ³	870	
Hmotnost stěny									m_{st}	kg	3864,75	
Hmotnost celková									M	kg	13359,1	
Maximální přípustění překročení teploty									Δt	K	1	
Maximální hodnota tepelných zisků od oslunění oken									$\dot{Q}_{or,max}$	W	540	
Rozdíl max. hodnoty tep. zisků od oslunění oken a akumul. tepla									$\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}$		-127,9	
Tepelné zisky radiací v době provozu									ΣQ_{or}	W	3631,7	
Počet hodin provozu									n	-	11	
Průměrné tepelné zisky									$\dot{Q}_{or,m}$	W	330,2	
Tepelné zisky radiací uvažované pro výpočet $\dot{Q}_{or,c} = \max(\dot{Q}_{or,max} - \Delta\dot{Q}; \dot{Q}_{or,m})$											330	W
Tepelné zisky venkovní konstrukcí												
JV stěna												
S_1	m ²	12,105										
U	W/(m ² ·K)	0,326										
t_{rm}	°C	30,2										
m	-	0,193										
ψ	h	11,82										
Hodina- ψ		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
t_{rv}	°C	30,5	27,6	24,8	23	21,2	19,5	18,1	16,9	16,2	16	16,2
\dot{Q}_{s1}	W	16,8	14,6	12,4	11,1	9,7	8,4	7,3	6,4	5,9	5,7	5,9
Střecha												
S_2	m ²	25,80										

U	W/(m ² ·K)	0,159										
t _{rm}	°C	33,60										
Q̇ _{s2}	W	31,1										
Q̇ _s = Q̇ _{s1} + Q̇ _{s2}		48	46	44	42	41	40	38	38	37	37	37
Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu												
V _e	m ³ /s	0,028										
ρ	kg/m ³	1,2										
c _p	J/(kg·K)	1000										
Hodina		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q̇ _{ec}	W	-297	-250	-193	-133	-73	-17	30	70	93	100	93

III. Vázané teplo

Vodní zisky

Produkce páry člověkem	M _w	g/h	116		
Výparné teplo vody	l ₂₃	J/kg	2,5E+06		
Počet osob	i ₁	-	2		
$\dot{Q}_{iv} = M_w \cdot l_{23} \cdot i_1$				161	W

Q̇ _{ic}	W	1446	1450	1455	1460	1466	1472	1477	1481	1483	1483	1483
Q̇ _c	W	1150	1200	1261	1327	1393	1455	1507	1551	1576	1583	1576
Q̇ _{iv}	W	161										
Q̇ _i	W	1607	1611	1616	1622	1627	1633	1638	1642	1644	1645	1644

Místnost 209													
I. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů													
Pracovní doba - standardní čas			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	W	112										
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	W	129										
Produkce tepla od elektronických zařízení	\dot{Q}_{el}	W	790										
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	W	29										
Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech	\dot{Q}_{vzd}	W	0										
Tepelné zisky vnitřní konstrukcí	\dot{Q}_{vm}	W	41										
II. Tepelné zisky od vnějších zdrojů													
Tepelné zisky okny prostupem	\dot{Q}_{ok}	W	-32	-26	-19	-12	-5	2	8	13	15	16	15
Tepelné zisky okny radiací	\dot{Q}_{or}	W	330										
Tepelné zisky venkovní konstrukcí	\dot{Q}_s	W	48	46	44	42	41	40	38	38	37	37	37
Tepelné zisky přívodem venkovního vzduchu	\dot{Q}_{ec}	W	-297	-250	-193	-133	-73	-17	30	70	93	100	93
III. Vázané teplo													
Vodní zisky	\dot{Q}_{iv}	W	161										
Celková tepelná zátěž													
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	\dot{Q}_{ic}	W	1446	1450	1455	1460	1466	1472	1477	1481	1483	1483	1483
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	\dot{Q}_c	W	1150	1200	1261	1327	1393	1455	1507	1551	1576	1583	1576
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	\dot{Q}_i	W	1607	1611	1616	1622	1627	1633	1638	1642	1644	1645	1644

D. Výpis materiálu

Koncové prvky

Pozice	Název prvku	Rozměr [mm]	Počet [ks]
Přívod			
1.1	Vyústka - IMOS-VVT-B-H-1-600-RAL9010(AxBxC)	600x600x340	5
1.2	Vyústka - IMOS-VVT-B-H-1-500-RAL9010 (AxBxC)	500x500x290	10
1.3	Protidešťová žaluzie	500x355	1
Odvod			
1.4	Difuzor- TSF 200		3
1.5	Vyústka- IMOS-VKN-A-Q-O-H0-Q-500-RAL9010	500x500x290	6
1.6	Vyústka- IMOS-VKN-A-Q-O-H0-Q-600-RAL9010	600x600x340	2
1.7	Přetlaková komora PER 200 (AxBxC)	300x430x195	3
1.8	Výfuková hlavice IMOS VHK-1		1

Prvky vzduchovodu

Pozice	Název prvku	Rozměr [mm]	Počet [ks]
1.9	Rozbočka oboustranná 2x90° (D1-D2-D3)	350-250-250	1
1.10	Přímá trouba (D1/L)	350/540	1
1.11	Odskok (D1/L/H)	350/850/450	2
1.12	Přímá trouba	350/500	1
1.13	Přechod (D1-D2)	350-400	1
1.14	Rozbočka oboustranná 2x90° (D1-D2-D3)	400-200-200	1
1.15	Přímá trouba	2200	1
1.16	Přechod (D1-D2)	400-450	2
1.17	Rozbočka oboustranná 2x90° (D1-D2-D3)	450-200-200	1
1.18	Odskok (D1/L/H)	450/1130/550	4
1.19	Přímá trouba	450/150	2
1.20	Přímá trouba	450/1795	1
1.21	Odbočka 1x90(D1-D2)	450/250	4
1.22	Oblouk 90° (D1)	450	4
1.23	Přímá trouba	450/670	1
1.24	Přímá trouba	450/3705	1
1.25	Přímá trouba	450/1725	1
1.26	Přímá trouba	450/2695	2
1.27	Přechod (D1-D2)	450-500	2
1.28	Odbočka 1x90(D1-D2)	500-315	2

Pozice	Název prvku	Rozměr [mm]	Počet [ks]
1.29	Tlumič LDC-B 500-1200 (D1-D2-L)	500-735-1200	1
1.30	Oblouk 90° (D1)	500	2
1.31	Přechod kruhové→hranaté (D1-A/B)	500-930/600	2
1.32	Oblouk 45° (D1)	250	6
1.33	Přímá trouba	250/350	2
1.34	Přímá trouba	250/2830	1
1.35	Oblouk 90° (D1)	250	3
136	Přechod (D1-D2)	250/300	1
1.37	Odbočka 1x90(D1-D2)	300-200	3
1.38	Přímá trouba	300/1085	1
1.39	Přímá trouba	300/1385	1
1.40	Odskok (D1/L/H)	300/800/250	1
1.41	Přímá trouba	300/505	1
1.42	Přímá trouba	300/1300	1
1.43	Přechod (D1-D2)	300/315	1
1.44	Odbočka 1x90(D1-D2)	315-200	5
1.45	Přímá trouba	315/1995	1
1.46	Přímá trouba	250/2500	1
1.47	Přímá trouba	250/1620	1
1.48	Přechod (D1-D2)	250/315	1
1.49	Přímá trouba	315/905	1
1.50	Přímá trouba	315/1445	1
1.51	Přímá trouba	315/1600	1
1.52	Přímá trouba	315/1100	1
1.53	Odskok (D1/L/H)	315/1000/400	1
1.54	Přímá trouba	315/435	1
1.55	Odbočka 1x90° (D1-D2)	450-200	4
1.56	Přechod	160/300	3
1.57	Přímá trouba	300/520	1
1.58	Oblouk 45° (D1)	300	1
1.59	Přímá trouba	300/355	1
1.60	Přímá trouba	300/565	1
1.61	Oblouk 90° (D1)	300	1
1.62	Přímá trouba	300/375	1

Pozice	Název prvku	Rozměr [mm]	Počet [ks]
1.63	Odskok (D1/L/H)	300/850/400	2
1.64	Přímá trouba	300/500	1
1.65	Přechod	300/400	1
1.66	Odbočka 1x90° (D1-D2)	400/300	1
1.67	Přímá trouba	400/1865	1
1.68	Odbočka 1x90° (D1-D2)	450/300	1
1.69	Přímá trouba	450/130	1
1.70	Přímá trouba	450/385	1
1.71	Přímá trouba	450/375	1
1.72	Přímá trouba	450/440	1
1.73	Přímá trouba	450/1600	1
1.74	Přímá trouba	450/875	1
1.75	Přímá trouba	250/300	1
1.76	Tlumič LDC-B 500-900 (D1-D2-L)	500-735-900	1
1.77	Oblouk 45° (D1)	500	1
1.78	Přímá trouba	500/885	1
1.79	Flexi hadice (D1/L)	250/525	2
1.80	Flexi hadice	200/750	1
1.81	Flexi hadice	200/550	1
1.82	Flexi hadice	200/595	1
1.83	Flexi hadice	200/495	1
1.84	Flexi hadice	250/670	1
1.85	Flexi hadice	250/580	1
1.86	Flexi hadice	200/620	1
1.87	Flexi hadice	200/680	1
1.88	Flexi hadice	250/1020	1
1.89	Flexi hadice	200/910	1
1.90	Flexi hadice	200/420	1
1.91	Flexi hadice	200/525	1
1.92	Flexi hadice	200/590	1
1.93	Flexi hadice	160/200	2
1.94	Flexi hadice	160/230	1
1.95	Flexi hadice	250/595	1
1.96	Flexi hadice	200/305	2

Pozice	Název prvku	Rozměr [mm]	Počet [ks]
1.97	Flexi hadice	250/800	1
1.98	Flexi hadice	200/1115	1
1.99	Flexi hadice	200/450	1
1.100	Flexi hadice	200/1200	1
1.101	Regulační clonka SPI 315	315	1
1.102	Regulační clonka SPI 300	300	1
1.103	Přechod kruhové →hranaté (D1-A/B)	250-930/600	1
1.104	Oblouk 90° (D1)	250	5
1.105	Tlumič hluku LDC 250/600 (D1-D2-L)	250-355-600	2
1.106	Přímá trouba	250/1755	1
1.107	Přechod kruhové →hranaté (D1-A/B)	250-500/355	1
1.108	Přechod kruhové →hranaté (D1-A/B)	250-370/500	1
1.109	Oblouk 45° (R)	250(375)	1
1.110	Přímá trouba	250/445	1
1.111	Protipožární klapka PKI-R-EI-90S-315-ZV-P-KS1 (D)	315	2
1.112	Protipožární klapka PKI-R-EI-90S-450-ZV-P-KS1 (D)	450	2
1.113	Flexi hadice	250/1405	1
1.114	Přímá trouba	250/730	1
1.115	Přímá trouba	250/6000	1

E. Klimatizační jednotka

Klimatizační jednotka				
CLIMACAL Version 8.0.0 IWBFS3YE6HNUD9C				Kanceláře
Pozice v projektu	1	Odběratel	Jaroslava Šmejdová	Datum
Číslo nabídky	Kanceláře	Projekt	Kanceláře	9.5.2013

Technické údaje

Velikost jednotky	KLMOD 06	Opláštění	
Průtok odvod / přívod	4757 / 4757 m ³ /h	Tloušťka panelu	0,6mm ext./0,6mm int.
	1,32 / 1,32 m ³ /s	Vnitřní	Pozink
Externí tlak	264 / 230 Pa	Vnější	Lakovaný (RAL 9002)
Rychlost ve volném průřezu	2,3 / 2,3 m/s	Kostra	Hliník
Typ jednotky	Vnitřní jednotka	Izolace	PUR pěna / 50 mm

Odvodní vzduch

Transportní sekce 1 Délka: 2170 mm

(1) Vstup vzduchu	s	Snímatelné 'Dveře (Pravé)	
Odvodní vzduch	Čelní připojení celoplošné	930 x 600 mm	
Max. průtok	4757	m ³ /h	
	1,32	m ³ /s	
Příslušenství	- 1x Manžeta 370x500mm		

(2) Filtr	s	Snímatelné 'Dveře (Pravé)	
Údaje o filtru	Údaje o proudění		
Typ	Krátký kapsový filtr zasunovací	Průtok	4757 m ³ /h
			1,321 m ³ /s
Třída filtrace	G4	Poč./ Max. tl. ztr.	30/250 Pa
Čelní plocha	0,52 m ²	Vyp. tlak. ztráta	140 Pa
Délka filtru	360 mm		
			Vyložení filtrů
			287x592 1 (550 304)
			592x592 1 (550 364)

(3) Odvodní ventilátor	s	Snímatelné 'Dveře (Pravé)		(PGF 40 340196)						
Údaje o ventilátoru	Údaje o motoru			Údaje o proudění						
Velikost	D 400 P Standard		Výkon	1,5 A	Průtok				4757 m ³ /h	
Lopatky	Plug Fan		OP 1,1	kW	1,321	m ³ /s				
Izolátory	Pryž		Napětí	230/400V-3ph-50Hz		Celk. tlak. ztráta				311 Pa
Otáčky OP./max.	1930/2180	ot/min	Krytí	IP55 Termistory (A11)		Externí tlak				264 Pa
Účinnost	79	%	Prov./Max. Frekv.	67/76	Hz	Dynamický tlak				42 Pa
Příkon	1,03	kW	Otáčky	1440	ot/min	Celkový tlak				617 Pa
			Jmenovitý proud	3,3 A						
				OP 2,78	A					
			Kód motoru	90.4.B3.1,5kW.S.S						
			(340196)							
<i>Hladina ak. výkonu</i>	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Celkem	
Lw opláštění	33	44	49	49	46	46	38	30	54 dB(A)	
Lp*	16	27	32	32	29	29	21	13	37 dB(A)	
Lw Odvodní vzduch	45,5	59	70	76	74	70	66	59	80 dB(A)	
Lw Odpadní vzduch	42	55	64	69	71	69	64	57	75 dB(A)	

*hladina akustického tlaku vypočtená ve vzdálenosti 2 m (pro volné pole)

Příslušenství - 1x Okno
- 1x F.M. sam. 1,5kW 3x400V (IP54) s LCP panelem (ID Basic drive - 912028)

(4) Směšovací komora

Transportní sekce 2 Délka: 1550 mm

(5) Zpětné získávání tepla			Údaje o proudění	
Údaje o ZZT			Průtok	
Typ	Deskový výměník		4757	m ³ /h
	Model B		1,321	m ³ /s

Materiál	AL	Vstup vzduchu	20/50	°C/%r.H.
Rychlost na vým.	2,1 m/s	Výstup vzduchu	3/87	°C/%r.H.
Rozteč lamel	3.9 mm	Celkový výkon	38	kW
		Kondenzace	17,7	l/h
		Účinnost	69	%
		Tlaková ztráta	122	Pa

Příslušenství
- 1x Sifon
- 1x Vana nerez

Transportní sekce 3 Délka: 620 mm

(6) Výstup vzduchu							
(7) Výstup vzduchu							
Odpadní vzduch	Pravá klapka úzká vnější	350 x 510 mm					
Max. průtok	4757 m ³ /h	Tlaková ztráta	49 Pa	Ovládací moment	4	Nm	
	1,32 m ³ /s						

Příslušenství
- 1x Manžeta 370x500mm

Přívodní vzduch

Transportní sekce 4 Délka: 620 mm

(8) Vstup vzduchu							
Čerstvý vzduch	Čelní klapka celoplošná vnější	910 x 610 mm					
Max. průtok	4757 m ³ /h	Tlaková ztráta	5 Pa	Ovládací moment	8	Nm	
	1,32 m ³ /s						

Příslušenství
- 1x Manžeta 370x500mm

(9) Filtr							
Údaje o filtru				Snímatelné 'Dveře (Levé)			
Typ	Krátký kapsový filtr zasuvací	Průtok	4757 m ³ /h	Vyložení filtrů	287x592	1 (550 304)	
			1,321 m ³ /s		592x592	1 (550 364)	
Třída filtrace	G4	Počet Max. tl. ztr.	30/250 Pa				
Čelní plocha	0,52 m ²	Vyp. tlak. ztráta	140 Pa				
Délka filtru	360 mm						

Příslušenství
- 1x Průchodky pro tlaková čidla (pár)

Transportní sekce 2 Délka: 1550 mm

(10) Zpětné získávání tepla							
Údaje o ZZT				Údaje o proudění			
Typ	Deskový výměník Model B obtok (8Nm)	Průtok	4757 m ³ /h				
			1,321 m ³ /s				
Materiál	AL	Vstup vzduchu	-15/90	°C/%r.H.			
Rychlost na vým.	2,1 m/s	Výstup vzduchu	9/13	°C/%r.H.			
Rozteč lamel	3.9 mm	Celkový výkon	38	kW			
		Účinnost	69	%			
		Tlaková ztráta	114	Pa			

Transportní sekce 5 Délka: 3100 mm

(11) Směšovací komora							
Cirkulační vzduch	Horní klapka úzká vnitřní	740 x 210 mm					
Max. průtok	4757 m ³ /h	Tlaková ztráta	65 Pa	Ovládací moment	4	Nm	
	1,32 m ³ /s						

(12) Zvlhčovač							
Údaje o vlhčení				Snímatelné 'Dveře (Levé)			
Zahrnuje parní a kondenzátní potrubí pro připojení vyvíječe do vzdálenosti 3m.							
Typ	Parní Carel UE008XL001 & 1x DP085D30R0 Modulační	Průtok	4757 m ³ /h	Připojení Levé	Údaje o médiu	Průtok	8 kg/h
			1,321 m ³ /s				
		Vstup vzduchu	17,15/48	°C/%r.H.			
		Výstup vzduchu	17,15/59	°C/%r.H.			
Připojení	3/4 "	Tlaková ztráta	0 Pa				

Příslušenství
- 1x Vana Al
- 1x Sifon

(13) Ohřivač							
Údaje o výměníku				Připojení Levé (450948)			
Typ	Výměník "A"	Průtok	4757 m ³ /h	Údaje o médiu	Údaje o médiu	Typ	Voda
			1,321 m ³ /s			Glykol	0 %
Rychlost na vým.	2,9 m/s	Vstup vzduchu	17,15/59	°C/%r.H.	Vstup/výstup	80/60	°C
Řad/okruhů	1/11	Výstup vzduchu	28/30	°C/%r.H.	Průtok	737	kg/h

Rozteč lamel	2,12	mm	Bezpečnostní koef.	21	%	Tlaková ztráta	2,9	kPa
Připojení	DN15	Zvenku	Celkový výkon	17,15	kW			
			Tlaková ztráta	31	Pa			

(14) Přívodní ventilátor		s		Snímatelné 'Dveře (Levé)				(PGF 40 340196)	
Údaje o ventilátoru				Údaje o motoru				Údaje o proudění	
Velikost	D 400 P Standard	Výkon		1.5 A	Průtok		4757 m ³ /h		
Lopatky	Plug Fan	OP 1,2		kW	1,321 m ³ /s				
Izolátory	Pryž	Napětí		230/400V-3ph-50Hz	Celk. tlak. ztráta		381 Pa		
Otáčky OP./max.	1965/2180 ot/min	Krytí		IP55 - Termistory	Externí tlak		230 Pa		
Účinnost	79 %	Prov./Max. Frekv.		68/76 Hz	Dynamický tlak		42 Pa		
Příkon	1,09 kW	Otáčky		1440 ot/min	Celkový tlak		653 Pa		
		Jmenovitý proud		3.3 A					
		OP 2,97		A					
		Kód motoru		90.4.B3.1,5kW.S.S					
				(340196)					
<i>Hladina ak. výkonu</i>	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Celkem
Lw opláštění	34	45	49	49	47	46	38	31	55 dB(A)
Lp*	17	28	32	32	30	29	21	14	38 dB(A)
Lw Čerstvý vzduch	43,5	55	62	67	68	65	59	53	72 dB(A)
Lw Přívodní vzduch	47,5	61,5	72,5	78,5	78,5	74,5	70	64	83 dB(A)

*hladina akustického tlaku vypočtená ve vzdálenosti 2 m (pro volné pole)

Příslušenství

- 1x Okno

- 1x F.M. sam. 1,5kW 3x400V (IP54) s LCP panelem (ID Basic drive - 912028)

(15) Chladič		Připojení Levé		Výpočet přímého výparníku je předbežný, slouží pro stanovení ceny a bude upřesněn při objednávce dle použitého zdroje chladu.					
Údaje o výměníku				Údaje o proudění		Údaje o médiu			
Typ	Výměník	Průtok		4757	m ³ /h	Typ	Přímý výparník		
	Počet okruhů: 2	1,321		m ³ /s		R410A			
Materiál	Cu/Al	Vstup vzduchu		27/46	°C/%r.H.	Vypařovací teplota	6	°C	
Rychlost na vým.	3,1 m/s	Výstup vzduchu		18/80	°C/%r.H.	Kondenzační teplota	45	°C	
Řad/vstříků	3/4	Celkový výkon		14,5	kW	Tlaková ztráta	1552,2	kPa	
Rozteč lamel	2,54 mm	Kondenzace		0,1	l/h	Přehřátí	4	K	
Připojení	2x2x1/4 lg:	Tlaková ztráta		91	Pa				
	500mm-Diaph.25/8								

Příslušenství

- 1x Vana Al

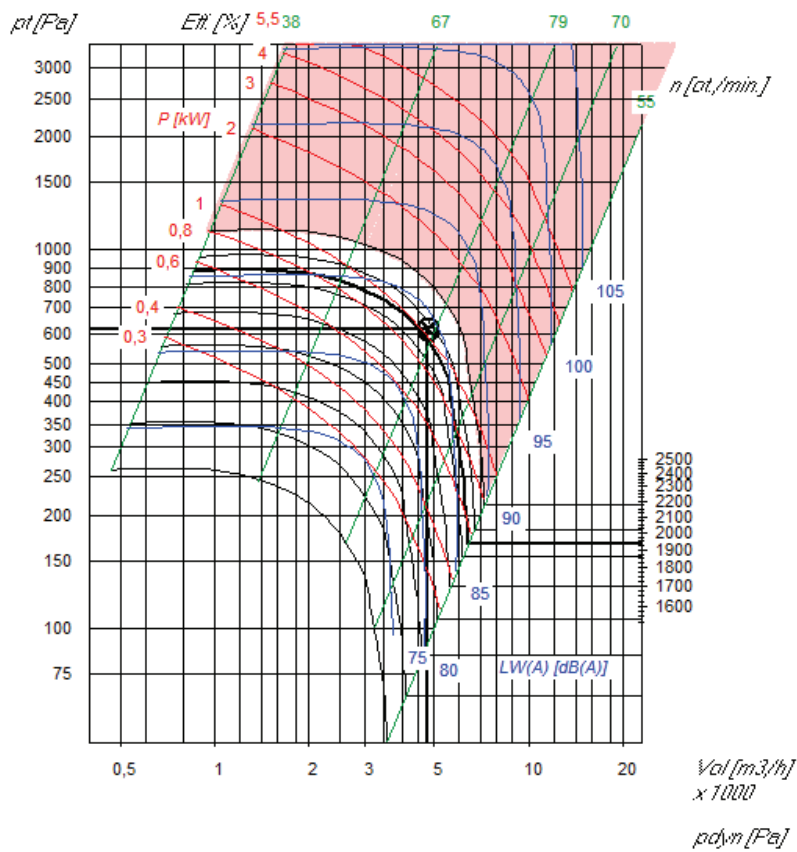
- 1x Sifon

(16) Výstup vzduchu		Přívodní vzduch Čelní připojení celoplošné 930 x 600 mm	
Max. průtok	4757	m ³ /h	
	1,32	m ³ /s	

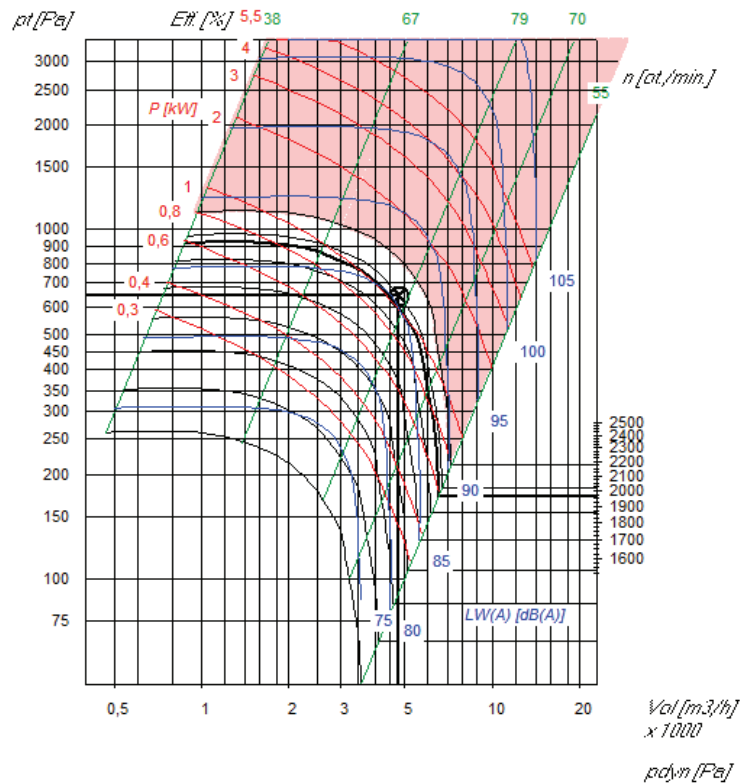
Příslušenství

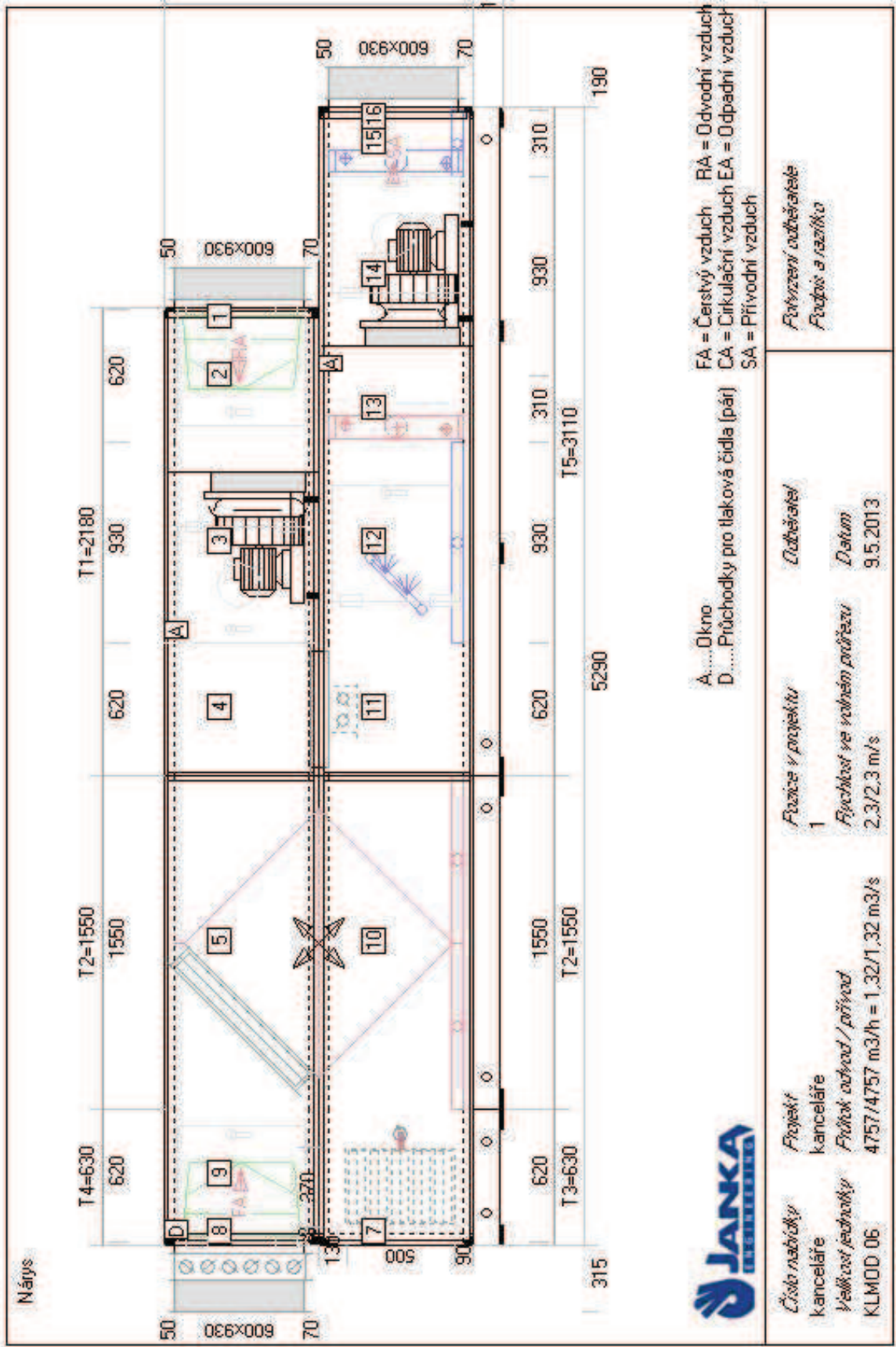
- 1x Manžeta 370x500mm

Odvodní ventilátor D 400 P Standard

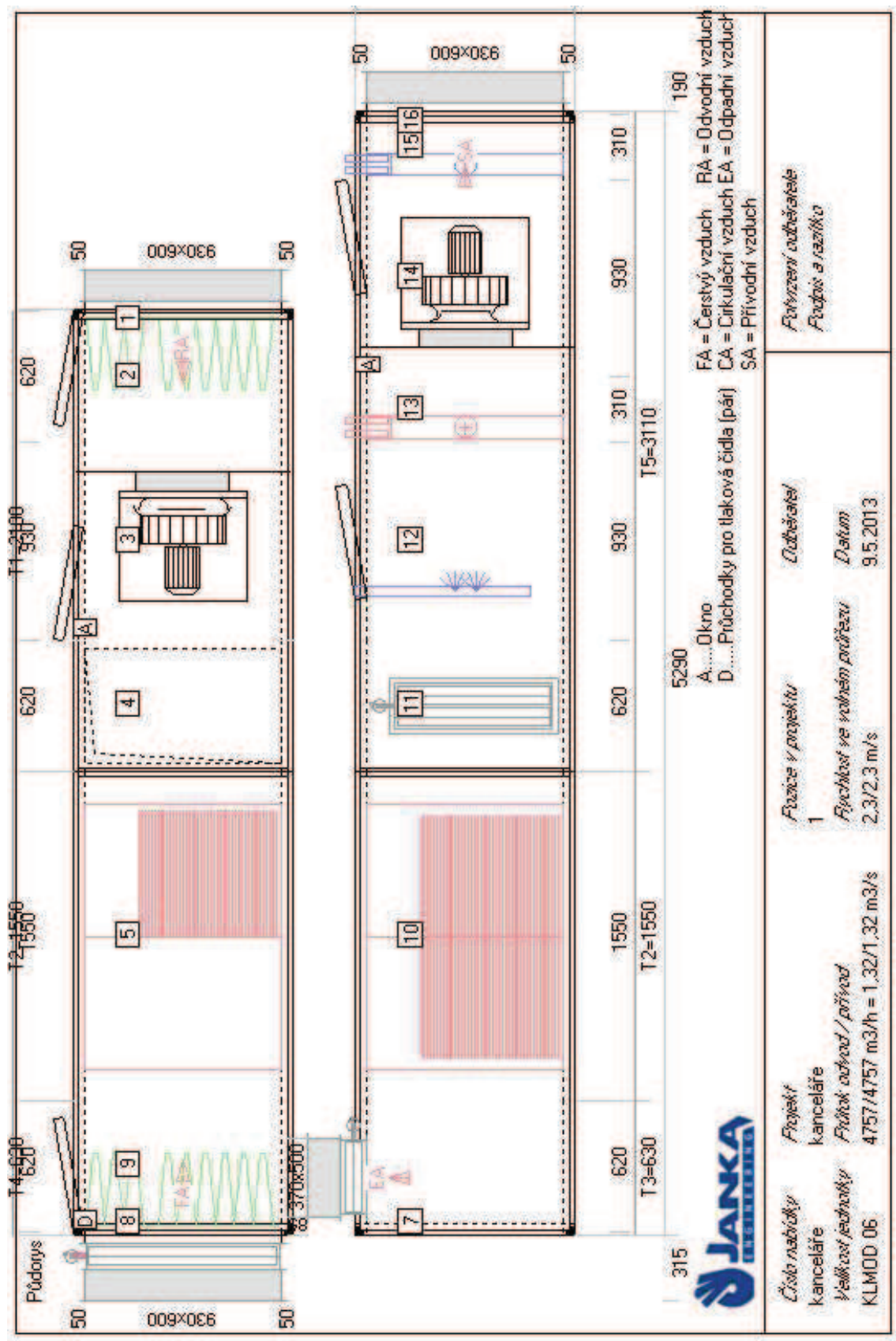


Přívodní ventilátor D 400 P Standard





Číslo nabídky	Projekt	Fázice v projektu	Dabčerstvě	Příprava a realizace
kanceláře	kanceláře	1		Příprava a realizace
Velikost jednotky	Fázice v projektu			
KLM00 06	4757/4757 m ³ /h = 1,32/1,32 m ³ /s	2,3/2,3 m/s	9,5,2013	



Číslo nabídky kanceláře	Projekt kanceláře	Fázise v projektu 1	Objekt Kancelář
Výškový jeřabek KLM00 06	Flotok odhad / přívod 4757/4757 m3/h = 1.32/1.32 m3/s	Rychlost ve vnitřním průřezu 2.3/2.3 m/s	Datum 9.5.2013
			Rozvazení odvětrátele Rozpis a sazítka

