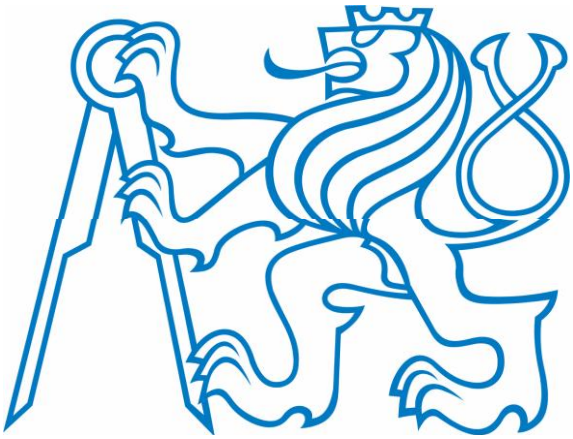
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Vzduchotechnika administrativní budovy

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kristýna CERALOVÁ

Vedoucí bakalářské práce : doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

leden 2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Ceralová Jméno: Kristyna Osobní číslo: 423019

Zadávající katedra: Katedra technických zařízení budov K11125

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Plošné vytápění a chlazení administrativní budovy

Název bakalářské práce anglicky: Office building house surface heating, cooling and ventilation

Pokyny pro vypracování:
Předmětem této bakalářské práce bude návrh dvou variant plošného stropního vytápění a chlazení administrativní budovy s uvažovanou lokalitou Praha. Textová část: interní mikroklima, bilanční výpočty, návrh zařízení dle varianty zdroje, výpočet rozvodů, technické listy potrubí a zařízení, technická zpráva. Výkresová část: půdorys, schéma rozvodů, řezy. Výkresová dokumentace bude na úrovni DPS.

Seznam doporučené literatury:
Kabele, Karel: TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV. Vytápění - podklady pro cvičení
Gebauer G., Horká H., Rubinová O. Vzduchotechnika, Era - vydavatelství, ISBN: 80-7366-027-X, 262 s., 2005.
Kabele a kol. : Energetické a ekologické systémy budov 1 ČVUT (2010)
www.tzb-info.cz

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 17.10.2018 Termín odevzdání bakalářské práce: 13.1.2019

Podpis vedoucího práce

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce" a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací".

17. 10. 2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

CERALOVÁ, Kristýna - Větrání , chlazení a vzduchotechnika administrativní budovy.

Praha: České vysoké učení technické v Praze,

Fakulta stavební, 2019.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

Praha, 13. 1. 2019 .....

Abstrakt:

Cílem této bakalářské práce byl návrh plošného stropního sálavého vytápění administrativní budovy, které je možné využít i pro chlazení. V souvislosti s vytápěním a chlazením bylo okrajově řešeno i větrání zadané budovy. Návrh byl aplikován na imaginární objekt administrativní budovy s uvažovanou lokalitou Praha. Objekt má 5 nadzemních podlaží s proskleným lehkým obvodovým pláštěm. Část pro vytápění je navržena v rozsahu projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení. Využito je vytápění ve dvou variantách - kondenzační plynové kotle či tepelná čerpadla. Z otopných těles byly použity plošné stropní sálavé panely. Koncepčně je pak v práci popsán zvolený systém distribuce teplovzdušného vytápění. V první řadě bylo třeba stanovit tepelné ztráty a zisky budovy. Následně byl navržen zdroj tepla/chladu, akumulační nádoba TUV, akumulační zásobník chladu, chladící jednotka, rekuperační jednotka a trasa rozvodů teplovodního a teplovzdušného vytápění.

Abstrakt v anglickém jazyce:

The aim of this bachelor thesis was the design of a flat ceiling radiant heating of an administrative building, which can also be used for cooling. In connection with heating and cooling, the air-conditioning of the given building was marginally solved. The design was applied to an imaginary object of an administrative building with a considered location in Prague. The building has 5 above-ground floors with glazed lightweight cladding. Part of the heating is proposed in the scope of the project documentation for the issuance of the building permit. Heating is used in two variants - condensing gas boilers or heat pumps. Radiant ceiling panels were used from the radiators. Conceptually, the selected system of distribution of hot-air heating is described in the thesis. First of all, it was necessary to determine heat losses and building gains. Then I found a heat / cold source, a DHW storage tank, a cold storage tank, a cooling unit, a heat recovery unit and a hot-water and hot-air heating circuit were designed.

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, kterým byl Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc., za obrovské množství energie a stráveného času, které mi věnoval při konzultacích v rámci této bakalářské práce. Trpělivost pana docenta Jelínka je až neuvěřitelná.

DĚKUJI!

Seznam příloh:

Příloha č. 1 - Tepelné zisky z vnitřního prostřední

Příloha č. 2 - Tepelné zisky z vnějšího prostřední

Příloha č. 3 -

Příloha č. 4 - Technický list jednotky DUPLEX

Příloha č. 5 - Technický list kotle Viessmann Vitocrossal 100

Příloha č. 6 - Technický list exteriérového vzduchového chladiče STULZ CyberCool XT CEO 1301

Příloha č. 7 - Technický list tepelného čerpadla EasyMaster EM75Z

Příloha č. 8 - Technický list zásobníku chladu Secespol TWE-ARZ

Příloha č. 9 - Technický list stropních panelů Üponoor VERICOOL Velum

Příloha č. 10 - Technický list vířivých výustí MANDÍK

Grafické přílohy:

– Půdorys 1.NP

– Půdorys 2.NP

– Teplotní zóny 1. NP

– Teplotní zóny 2.NP

– Zóny tlakových poměrů 1. NP

– Zóny tlakových poměrů 2.NP

Varianta 1

– Půdorys 1.NP

– Půdorys 2.NP

– Rozvody v podhledu 5.NP

– Půdorys 6.NP – technické podlaží

– Schéma zapojení zařízení v technické místnosti

Přílohy jsou samostatnou složkou, která je přiložena k této bakalářské práci.

Obsah

1. Studijní část 10
1.1. Vytápění a chlazení 10
1.1.1. Zdroje tepla 10
1.1.1.1. Plynové kotle - Varianta 1 11
1.1.1.2. Tepelné čerpadlo - Varianta 2 11
1.1.1.3. Tepelné čerpadlo vzduch/voda 12
1.1.2. Otopná a chladicí soustava 12
1.1.2.1. Klimatizace 12
1.1.2.2. Sálavé vytápění 12
1.1.2.3. Sálavé chlazení 12
1.1.2.4. Stropní vytápění a chlazení 13
1.1.2.5. Stropní vytápění ze sálavých desek a pásů 13
1.1.3. Výhody stropního vytápění/chlazení 13
2. Normové požadavky 14
2.1. Zatřídění kanceláří 14
2.2. Teplota vytápění a chlazení – mikroklimatické hodnoty 15
2.2.1. Teplota pracovního prostředí 15
2.2.2. Rychlost proudění vzduchu 18
2.3. Větraní 18
2.3.1. Koncentrace CO2 18
2.3.2. Potřeba čerstvého vzduchu 19
2.3.2.1. Minimální výměna vzduchu podle počtu osob v místnosti 19
2.3.2.2. Minimální větrání podle objemu místnosti 20
2.3.2.3. Větraní hygienických zařízení 21
2.3.2.4. Minimální výměna vzduchu podle objemu místnosti 20
2.4. Tepelné zisky 22
2.4.1. Tepelné zisky od osob 22

2.4.2. Tepelné zisky od elektrických zařízení 23
2.4.3. Solární zisky konstrukcí 24
2.4.3.1. Solární zisky - obvodový plášť 24
2.4.3.2. Solární zisky přes výplňové konstrukce 24
2.4.3.3. Solární zisky konvekcí 24
2.4.3.4. Solární zisky radiací 25
2.4.3.5. Solární zisky - střešní plášť 26
2.4.3.6. Tepelné zisky větráním 26
2.5. Tepelné ztráty 27
2.5.1. Tepelné ztráty konstrukcemi 27
2.5.2. Tepelné ztráty větráním 30
3. Projektová část 30
3.1. Popis řešeného objektu 31
3.1.2. Architektonické řešení objektu 31
3.1.3. Rozměrové údaje 31
3.1.4. Konstrukce objektu 32
3.1.4.1. Konstrukční nosný systém 32
3.1.4.2. Stopní konstrukce 32
3.1.4.3. Obvodový plášť objektu 32
3.1.4.4. Výplňové otvorové konstrukce 32
3.1.4.5. Vnitřní dělící systém 32
3.1.4.6. Střešní plášť 32
3.2. Výpočty 34
3.2.1. Výpočet tepelných zisků 35
3.2.1.2. Výpočet tepelných ziskov od osob 35
3.2.1.3. Výpočet tepelných zisků od osvětlení 35
3.2.1.4. Tepelné zisky od elektrických zařízení 36
3.2.1.5. Výpočet solárních zisků přes konstrukce 37
3.2.1.6. Výpočet tepelných zisků větráním 40
3.3. Výpočty tepelných ztrát 40
3.3.1. Výpočty tepelných ztrát konstrukcemi 40
3.3.2. Výpočet tepelné ztráty skrz obvodový plášť 41
3.3.3. Výpočet tepelné ztráty skrz výplňové konstrukce 41
3.3.3.1. Tepelné ztráty skrz střešní plášť 42

3.3.3.2. Tepelné straty skrz podlahu na zemině 42
3.3.4. Tepelné ztráty větráním 43
3.4. 3.3. Vyhodnocení tepelných zisků a ztrát 43
3.5. Postupy návrhu zařízení ve 2 variantách 44
3.5.1. Návrh vzduchotechnické jednotky 45
3.5.2. Návrh zdroje tepla pro variantu č. 1 45
3.5.3. 3.4.3. Návrh zdroje chladu pro variantu č. 1 45
3.5.4. 3.4.5. Návrh Zdroj tepla a chladu pro variantu č. 2 45
3.5.5. 3.4.6. Návrh akumulačního zásobníku chladu 46
3.5.6. 3.4.7. Návrh stropních panelů ve variante 1 46
4. Řešení variant 47
4.1. Varianta č. 1 47
4.1. Varianta č. 2 48
5. Zhodnocení variant 48
6. Závěr 49
7. Literatura 49

OBSAH PRÁCE

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vytápění, chlazení a větrání administrativní budovy, která se nachází v Praze. Je rozdělena do dvou základních částí - textové a výkresové.

Součástí textové části bakalářské práce je úvod do vytápění a chlazení, a dále je součástí popis volených variant vytápění/chlazení či větrání - jejich návrh, včetně výpočtů, jako je například potřeba tepla pro vytápění a přípravu teplé vody, stanovení výkonu kondenzačních plynových kotlů či počtu tepelných čerpadel, návrh pojistného zabezpečovacího zařízení (expanzní nádoba), návrh zásobníku pro topnou vodu. Výkresová část projektu vytápění obsahuje výkresy půdorysů vstupního podlaží, typického podlaží a posledního - 6.NP - administrativní budovy. V 6.NP se nachází kotelna a místnost vzduchotechniky. To vše v měřítku 1:50. Dále obsahuje výkresová dokumentace půdorys a řez jedné administrativní "buňky"- kanceláře, ze kterého je jasně patrné rozmístění sálavých panelů, vzduchotechnického potrubí a umístění distribučních vzduchotechnických prvků. Detail technické místnosti je pak v měřítku 1:20.

1. Studijní část

1.1. Vytápění a chlazení

Navržení vhodného systému vytápění všech objektů je nedílnou součástí každého projektování stavby. Cílem je zajištění celkové tepelné pohody vnitřního prostředí během provozu objektu.

V dnešní době je důležité systémy vytápění navrhovat primárně s ohledem na ekonomické a klimatické podmínky. Jedná se tedy především o co nejvyšší možnou efektivitu systému. Měly by být minimalizovány veškeré možné tepelné ztráty objektu, s čímž souvisí konstrukční návrh především obalových konstrukcí budov. Proto je důležitá spolupráce s projektantem již ve fázi návrhu, s ohledem na stavebně – konstrukční podmínky a možnosti. Cílem je návrh zdroje tepla s nižším požadovaným výkonem a tedy menší ekonomickou náročností.

Důležitý je především návrh samotného primárního zdroje pro vytápění. V dnešní době je možné si vybrat z mnoha možných řešení primárních zdrojů, jako jsou: kondenzační, teplovodní a parní kotle, kogenerační jednotky, předávací stanice, tepelná čerpadla, solární systémy, kotle na biomasu či vyvíječe páry.

1.1.1. Zdroje tepla

Způsoby vytápění lze rozdělit do několika kategorií. Jednou z kategorií je rozdělení vytápění dle umístění využívaného zdroje tepla, případně dle typu energie, ze které je teplo získáváno.

Zdroj může být umístěn buď v technické místnosti či kotelně objektu, v tom případě se jedná o decentralizované zásobování objektu. Záleží na druhu vybraného kotle, protože ten dále určuje přísná kritéria a normové požadavky na konstrukční provedení kotelen či technických místností, ve kterých je kotel umístěn.

Druhou možností je dálkové vytápění, kde se tepelná soustava obsahující hlavní zdroj tepla nenachází ve vytápěném objektu, ale mimo něj. Tato soustava pak zásobuje větší oblast. Jedná se tak o centralizované zásobování.

Alternativní možností je využití například i různých tepelných čerpadel. Dále se nabízí termální či sluneční energie, což jsou ale u administrativních budov jen zřídka užívané varianty.

Hlavními využívanými možnostmi u podobných typů administrativních budov je využití zdroje tepla v podobě kotlů či dálkového vytápění. Teplo lze sekundárně využít i pro ohřev teplé vody nebo ohřev větracího vzduchu.

1.1.1.1. Plynové kotle - Varianta 1

V případě, že je možné budovu napojit na plynovodní potrubí, je možné jako zdroj tepla použít kotel na zemní plyn. Nejčastěji se jedná o kondenzační plynové kotle, které se vyznačují vysokou účinností, nízkou emisivitou a využitím tepla z kondenzace vodních par.

Při spalování vodíku v zemním plynu dochází k ochlazení spalin pod hodnotu rosného bodu, vzniká kondenzát a tak se uvolňuje kondenzační teplo. Takto vzniklým teplem lze ohřívat vodu v otopné soustavě.

Velkou výhodou u plynových kotlů je možnost efektivního využití regulace podle teploty vody v soustavě a také ekvitermní regulace, což se oproti regulaci podle vnitřních teplot projeví zvýšením účinnosti až o 20%. Díky tomu dochází ke snížení energetické a finanční náročnosti zdroje.

Teplota odcházejících spalin u plynových kondenzačních kotlů je poměrně nízká (cca 45°C) a to nestačí pro vytvoření dostatečného přirozeného tahu komína. Obvykle se tak do kotlům instalují ventilátory. Kotle jsou také vybaveny přetlakovým nebo atmosférickým hořákem s předsměšovací směsí. Je možné je využít v otopných systémech při teplotním pádu až 80-60 °C, avšak nejvýhodnější a nejefektivnější je jejich použití při nízkoteplotním spádu 40-30°C.

1.1.1.2. Tepelné čerpadlo - Varianta 2

Tepelné čerpadlo pracuje jako soustava výměníků s chladicím okruhem. Jeho hnacím prvkem je kompresor poháněný elektromotorem. Zařízení odvádí ve výparníku teplo z nějaké části okolního prostředí - ze vzduchu, země nebo z vody - a za pomoci elektrické energie ho předává v kondenzátoru například do topné vody. Teplo, které je převáděno z výparníku do kondenzátoru se přitom zvětšuje o teplo, na které se v kompresoru mění hnací elektrická energie. Tepelné čerpadlo produkuje tepelnou energii, která je dána součtem obou vložených energií, a proto je pokaždé větší než hnací energie.

Druh tepelných čerpadel se rozlišuje podle způsobu předávání tepla. Nejčastějším typem je tepelné čerpadlo země/voda nebo vzduch/voda, lze se ale setkat také s tepelnými čerpadly vzduch/vzduch či voda/voda.

1.1.1.3. Tepelné čerpadlo vzduch/voda

U typu čerpadla vzduch/voda je teplo odebíráno ze vzduchu přes výparník, kterým proudí venkovní vzduch. Jeho výhodou jsou nízké pořizovací náklady a nenáročná instalace na rozdíl od instalace tepelného čerpadla země/vzduch. I když tepelné čerpadlo k běhu kompresoru potřebuje elektřinu, její spotřeba je oproti jiným zdrojům často až poloviční a tím se výrazně snižují provozní náklady. Na rozdíl od kotle na zemní plyn a tuhá paliva nevypouští tepelné čerpadlo škodliviny do ovzduší a jeho použití je poměrně šetrné k životnímu prostředí.

Pro tato tepelná čerpadla jsou v České republice ideální klimatické podmínky. Vzhledem k průměrné teplotě vzduchu během topné sezóny min. +3 °C a schopnosti úsporně vytápět i při venkovní teplotě až -25 °C je jejich průměrný výkon stejný jako u systému země-voda, které jsou technicky náročnější a podstatně dražší.

1.1.2. Otopná a chladicí soustava

1.1.2.1 Klimatizace

Při návrhu klimatizace je nezbytné dbát na tepelnou pohodu vnitřního prostředí. Musí docházet k takové distribuci upraveného vzduchu, aby byl optimalizován průtok přiváděného vzduchu odpovídající min. hygienické dávce čerstvého vzduchu pro osobu. V prostorách budovy by měla být nízká hladina vyzařovaného akustického výkonu klimatizačních zařízení a rychlost proudění v pobytovém prostoru by neměla přesahovat 0,20 m/s ve výšce 1,8 m nad podlahou.

1.1.2.2. Sálavé vytápění

U sálavého vytápění probíhá přenos tepla z otopné plochy z větší části sáláním, i když částečně je teplo přenášeno také prouděním. Sálavá plocha ohřívá okolní plochy a od těch se následně ohřívá okolní vzduch. V prostoru se tento způsob přenosu tepla projevuje také tím, že střední radiační teplota je vyšší než teplota vzduchu, kdyžto u konvekčního způsobu vytápění je tomu naopak.

Tohoto způsobu sdílení tepla je využito v podlahovém, stěnovém či stropním velkoplošném vytápění, u zavěšených sálavých panelů nebo tmavých a světlých plynových zářičů. U velkoplošného vytápění je kromě vysokého podílu tepelného toku sdíleného sáláním (80% u stropního, 65% u stěnového a 55% u podlahového) typická poměrně nízká teplota teplonosné látky a tím i teplota povrchů. U stropního vytápění je to maximálně 40-45 °C, u stěnového 55-60 °C a u podlahového 25-34 °C.

Velkoplošná otopná plocha může být realizována několika způsoby - buď je přímo součástí stavební konstrukce, je samostatná a ke stavební konstrukci je pouze připevněna nebo se nachází volně ve vytápěném prostoru. Nejčastějším médiem, kterým je plocha zahřívána, je teplá voda, vzduch nebo elektřina.

1.1.2.3. Sálavé chlazení

Sálavé chladicí stropy jsou nejrozšířenějším typem sálavých chladicích systémů.

Vycházejí ze stejných konstrukčních principů jako stropní vytápění. Oproti sálavému stropnímu vytápění je ale nutné dbát i na dodržení teploty rosného

bodu vzduchu proudícího kolem chladicích ploch. Je nutné, aby byla okolní teplota proudícího vzduchu nižší, než je povrchová teplota ploch, a to minimálně o 1 K. V případě, že tomu tak nebude, dojde k orosení povrchy stropu a tím ke kondenzaci vody. Teplota přívodní
vody se obvykle navrhuje < 16 °C a teplotní spád bývá v rozmezí 2 – 4 K.
Součástí návrhu sálavého chlazení proto bývá i regulace, která stav vlhkosti monitoruje a případně ošetřuje, například změnou teploty přívodní vody. Regulátor je
informován čidlem teploty rosného bodu, který je složen z elektrického elementu – ten
mění elektrický odpor podle toho, jaká je relativní vlhkost vzduchu. Pokud se relativní
vlhkost zvýší nad danou mez, která je obvykle zhruba 85%, regulátor vyšle signál akčnímu členu, a dojde k regulaci.

1.1.2.4. Stropní vytápění a chlazení

Výhodou stropního vytápění na rozdíl od otopných těles či podlahového vytápění je, že kromě vytápění je možné jej využívat i k chlazení. Princip stropního vytápění/chlazení spočívá ve velkoplošném přenosu tepla stropem, pomocí topné/chladící vody, která cirkuluje v zabudovaném rozvodném potrubí. Mezi výhody tohoto systému patří bezhlučný provoz, absence proudění vzduchu a tím pádem nedochází k víření prachu. Stropní vytápění/chlazení na rozdíl od otopných těles nezabírá prostor v místnosti.

Při vytápění stropními panely vzniká teplo tam, kam dopadá tepelné záření, tj. na podlahu nebo povrch lidského těla. Na rozdíl od teplovzdušného vytápění, kdy ohřátý vzduch stoupá vzhůru. Díky tomu je rozložení teplot ve výšce prostoru rovnoměrnější a spotřeba energie nižší. Při sálavém vytápění je pocitová teplota až o 3 °C vyšší.

1.1.2.5. Stropní vytápění ze sálavých desek a pásů

Ke stropnímu vytápění je možné použít sálavé desky a pásy, které jsou na strop pouze zavěšeny a netvoří tak přímo otopnou plochu stropu.

Trubky jsou upevněny či přivařeny na ocelový plech, jenž je shora zakryt tepelnou izolací. Desky se na strop zavěšují buď jednotlivě, nebo v souvislých pásech.

1.1.3. Výhody stropního vytápění/chlazení

- Stropní vytápění / chlazení je bezhlučné, bezúdržbové a energeticky úsporné
- Jednoduchá montáž a instalace.
- Při správně instalaci, natemperování a dokonalém odplynění systému nejsou nutné žádné další zásahy po celou dobu provozu.
- Jeden systém je možné využít jak pro vytápění, tak i pro chlazení.
- Rovnoměrné rozložení teplot v rámci celé otopné plochy a následné dosažení optimálního sálavého účinku.
- Vysoká variabilita regulace a poměrně rychlá reakce na regulační zásah.
- Poměrně malé množství použité otopné vody v systému - cca 0,5 – 1 l/m2.

2. Normové požadavky

Před návrhem jakéhokoli systému je třeba se obeznámit s legislativními požadavky týkajícími se dané budovy a následně je dodržovat. Každý druh objektů má dané specifické hodnoty, které jsou nejčastěji určený vyhláškami, zákony, nařízeními či normami. V případě, že nikde z výše zmíněných zdrojů není k nalezení specifická hodnota, měli bychom se řídit odbornými metodikami.

Všechny návrhové hodnoty pro dané konstrukce musí být rovny či být ještě příznivější, než stanovuje legislativa.

2.1. Zatřídění kanceláří

Rozdělení kancelářských prostorů podle prostorového uspořádání a počtu osob je zmíněno v normě **ČSN EN 73 5305** pod bodem **5.2 Kanceláře**.

Kanceláře se v této části normy dělí podle způsobu prostorového uspořádání a počtu kancelářských míst následovně:

- buňkové kanceláře - individuální - obsahují 1 pracovní místo
- sdružené - obsahují 2 pracovní místa
- společné - obsahují 3 až 10 pracovních míst
- velkoprostorové kanceláře - 11 a více pracovních míst
- kombinovaná kancelář - 11 a více pracovních míst
- flexibilní kancelář - nemá stálý počet pracovních míst [1]

Plošné minimální a doporučené požadavky na kancelářské pracoviště jsou uvedené v tabulce č. 1. Ideální obsazenost je vždy závislá na konkrétním interiérovém uspořádání a charakteru práce a případných dalších společenských nárocích v konkrétním případě.

Tabulka č. 1 - Prostorové požadavky na kancelářské prostory [1]

Kancelářská práce	**minimální plocha kancelářského pracoviště**	**doporučená plocha kancelářského pracoviště**
jednotky	[m2]	[m2]
bez prostoru na jednání, bez odkládací plochy	5	8
bez prostoru na jednání, s odkládací plochou	8	10
s prostorem pro jednání, bez odkládací plochy	10	12
s prostorem pro jednání, s odkládací plochou	12	16

Dle způsobu prostorového uspořádání a počtu kancelářských míst se v řešeném objektu nachází kanceláře sdružené. Uvažovaná podlahová plocha pro jedno kancelářské místo je 4,23 m2/os. Vzhledem k tomu, že se na každém patře nachází zasedací místnost a archivy, můžeme zařadit kanceláře do kategorie „bez prostoru na jednání, bez odkládací

plochy“. Norma stanovuje pro kancelářské místo "bez prostoru na jednání, bez odkládací plochy" minimálně 5 m2/os, což nebylo sice striktně dodrženo, ale vzhledem k charakteru vykonávané práce - čistě administrativní činnost, práce na počítači a vzhledem ke kartotékám a archivům na každém patře v samostatné místnosti, je přípustná i kancelář o velikosti 9,36 m2.

2.2. Teplota vytápění a chlazení – mikroklimatické hodnoty

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících pohodlí a komfort při práci je teplota okolního prostředí a rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně. Samozřejmě také čerstvost přiváděného vzduchu. Každý z nás vnímá své okolí trochu odlišně a díky tomu i pociťujeme komfort teplotní pohody při odlišných teplotách prostředí. Existuje však nařízení vlády České republiky 93/2012, které konkrétně upravuje i hodnoty vnitřního mikroklima.

2.2.1. Teplota pracovního prostředí

„Zátěž teplem při práci na pracovišti se hodnotí podle průměrné operativní teploty (to), kterou se rozumí teplota vypočtená jako časově vážený průměr za efektivní dobu práce, kterou je doba snížená o dobu trvání přestávky na jídlo a oddech a bezpečnostní přestávku nebo průměr z jednotlivých měřených časových intervalů v průběhu celé osmihodinové směny nebo delší směny, jde-li o pracoviště s měnícími se teplotami, z teploty vzduchu ta, výsledné teploty kulového teploměru tg, rychlosti proudění vzduchu va a stereoteploty tst. Hodnocení podle průměrné operativní teploty lze za podmínky rychlosti proudění vzduchu va rovné nebo menší než 0,2 m.s-1 nahradit hodnocením podle výsledné teploty kulového teploměru.“ [2]

Tabulka č. 2 - Třídy práce podle celkového průměrného energetického výdaje (M) vyjádřené v brutto hodnotách. [2]

Třída práce	Druh práce	M ($W.m^{-2}$)
I	Práce vsedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozorných a velínech, psaní na stroji, práce s PC, laboratorní práce, sestavovaní nebo třídění drobných lehkých předmětů.	≤ 80
IIa	Práce spojená s lehkou manuální prací rukou a paží, řízení osobního, nákladního vozidla, traktorů, autobusů, trolejbusů a ostatních drážních vozidel za běžných provozních podmínek, přesouvání lehkých břemen nebo překonávání malých odporů, automatizované strojní opracovávání a montáž malých lehkých dílců, kusová práce nástrojářů a mechaniků, pokladní.	81 až 105
IIb	Převažující práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou - dělnice v potravinářské výrobě, mechanici, strojní opracování a montáž středně těžkých dílců, práce na ručním lisu. Práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou spojená s přenášením břemen do 10 kg prodavači, lakýrníci, svařování, soustružení, strojové vrtání, dělník v ocelárně, valcíř hutních materiálů, tažení nebo tlačení lehkých vozíků.	106 až 130
IIIa	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin občas v předklonu nebo vkleče, chůze - údržba strojů, mechanici, obsluha koksové baterie, práce ve stavebnictví - ukládání panelů na stavbách pomocí mechanizace, skladníci s občasným přenášením břemen do 15 kg, řezníci na jatkách, zpracování masa, pekaři, malíři pokojů, operátoři poloautomatických strojů, montážní práce na montážních linkách v automobilovém průmyslu, výroba kabeláže pro automobily, obsluha válcovacích tratí v kovoprůmyslu, hutní údržba, průmyslové žehlení prádla, čištění oken, ruční úklid velkých ploch, strojní výroba v dřevozpracujícím průmyslu.	131 až 160
IIIb	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze, práce ve stavebnictví při tradiční výstavbě, čištění menších odlitků sbíječkou a broušením, příprava forem na 15 až 50 kg odlitky, foukači skla při výrobě velkých kusů, obsluha gumárenských lisů, práce na lisu v kovárnách, chůze po zvlněném terénu bez zátěže, zahradnické práce a práce v zemědělství.	161 až 200

Třída práce	Druh práce	M ($W.m^{-2}$)
IVa	Práce spojená s rozsáhlou činností svalstva trupu, horních i dolních končetin - práce ve stavebnictví, práce s lopatou ve vzpřímené poloze, přenášení břemen o váze 25 kg, práce se sbíječkou, práce v lesnictví s jednomužnou motorovou pilou, svoz dřeva, práce v dole – chůze po rovině a v úklonu do 15°, práce ve slévárnách, čištění a broušení velkých odlitků, příprava forem pro velké odlitky, strojní kování menších kusů, plnění tlakových nádob plyny.	201 až 250
IVb	Práce spojené s rozsáhlou a intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin - práce na pracovištích hlubinných dolů s ruční ražbou – práce se sbíječkou, práce v lomech, práce v zemědělství s vysokým podílem ruční práce, strojní kování větších kusů.	251 až 300
V	Práce spojené s rozsáhlou a velmi intenzivní činností svalstva trupu, horních i dolních končetin - transport těžkých břemen např. pytlů s cementem, výkopové práce, práce sekerou při těžbě dřeva, chůze v úklonu 15 až 30°, ruční kování velkých kusů, práce na pracovištích hlubinných dolů s ruční ražbou v nízkých slojích.	301 a více

Tabulka č. 3 - Přípustné hodnoty nastavení mikroklimatických podmínek pro klimatizované pracoviště třídy I a IIa [2]

Třída práce	M [$W.m^{-2}$]	Kategorie	Klimatizované pracoviště				v_a [$m.s^{-1}$]	Rh [%]
			nastavení vytápění		nastavení chlazení			
			tepelný odpor oděvu 1,0 clo		tepelný odpor oděvu 0,5 clo			
			t_o [°C]		t_o [°C]			
I	≤ 80	A	22	±1,0	24,5	±1,0	0,05 až 0,2	30 až 70
		B		±1,5		-1,0 až+1,5		
		C		-2,0 až+2,5		-2,0 až+2,5		
IIa	81-105	A	20	±1,0	23	±1,0		
		B		±1,5		-1,0 až+1,5		
		C		-2,0 až+2,5		-2,0 až+2,5		

Vysvětlení k tabulce č. 3 - dělení pracovních prostředí podle potřeby kvality do třech kategorií [2]:

Kategorie A – platí pro klimatizované pracoviště s požadovanou vysokou kvalitou prostředí, na kterých je vykonávaná práce náročná na pozornost a soustředění (např. zpracování odborných stanovišť, zpracovaní dat, atd.);
Kategorie B – platí pro klimatizované pracoviště s požadovanou střední kvalitou prostředí

při práci vyžadující průběžnou pozornost a soustředění (např. práce s počítačem);
Kategorie C – platí pro ostatní klimatizované pracoviště.

Pro kanceláře v tomto konkrétním případě byly vybrány následující vstupní hodnoty vnitřního mikroklima. Vzhledem k tomu, že se jedná o práci v sede s minimální celo tělovou aktivitou, byla zvolená **třída práce I.**, kde energetický výdaj bude M ≤ 80 W.m-2. Z pracovních prostředí byla vybrána Kategorie A, se zvýšenými nároky na práci. Hodnoty mikroklima klimatizovaného pracoviště kanceláří a zasedacích místností jsou následující: při **vytápění tih = 22°C** a Při **chlazení tic = 25,5°C**.

2.2.2. Rychlost proudění vzduchu

„Rychlost proudění vzduchu je další veličina, která ovlivňuje tepelné děje v prostoru. Konkrétně je to přestup tepla proudění mezi osobou a prostředím. Je to veličinaurčená svojí velikostí a směrem. Může byt zdrojem celkové a nebo lokální tepelné nepohody. Při vyšších rychlostech vyvolává pocit průvanu, při nízkých naopak pocit stojatého vzduchu. Doporučené hodnoty proudění vzduchu jsou 0,1 – 0,25 m.s-1.“ [3]

Rychlost proudění vzduchu v pobytových zónách pro celý objekt bude uvažovaná
podle tabulky č. 3 a to v rozmezí va = 0,05 až 0,2 m.s-1

2.3. Větraní

Při řešení vhodného větrání objektu je třeba se řídit dvěma kritérii. Jedním z nich je koncentrace CO2 v místnosti, kterou je možno brát jako ukazatel intenzity a kvality čerstvého vzduchu ve vnitřním prostředí. Druhou hodnotou je minimální požadavek na přívod čerstvého vzduchu na osobu.

2.3.1. Koncentrace CO2

Všechny živé organismy na planetě produkují CO2 - oxid uhličitý. Ten není v malé míře nijak nebezpečný, ale při jeho vyšších koncentracích se mohou vyskytnou problémy u osob vystavených vyšší koncentraci CO2. Oxid uhličitý je plyn bez chuti, zápachu a barvy. Díky tomu člověk není schopný vlastními smysly určit jeho koncentraci v ovzduší. Koncentraci CO2 dokážeme zjistit pomocí měřících zařízení. Hlavním zdrojem produkce oxidu uhličitého v interiéru je člověk sám. V tabulce č. 4 jsou znázorněny účinky CO2 na lidský organismus.

Tabulka č. 4 - Účinky CO2 na lidský organismus [4]

Účinky CO2 na lidský organismus	
cca 350 ppm	úroveň venkovního prostředí
do 1000 ppm	doporučená úroveň CO2 ve vnitřních prostorách
1200-1500 ppm	doporučená maximální úroveň CO2 ve vnitřních prostorách
1000-2000 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000-5000 ppm	nastávají možné bolesti hlavy
5000 ppm	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000 ppm	nevolnost a zvýšený tep
> 15000 ppm	dýchací potíže
> 40000 ppm	možná ztráta vědomí

[4]

Vyhlášky určují hodnoty CO2 následovně:

Koncentraci CO2 určovala vyhláška č. 268/2009 Sb. v § 26 Výplně otvorů. Její znění je: „Dále musí být dodržena hodnota maximální přípustné koncentrace oxidu uhličitého **1000 ppm**, která slouží jako ukazatel intenzity a kvality větrání.“ [5]

V nové stavební vyhlášce č. 20/2012 Sb., která upravuje tu předcházející, je Čl. II v bode 5 upravená hodnota maximální koncentrace CO2 takto: „Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO2, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu **1 500 ppm**“. [6]

2.3.2. Potřeba čerstvého vzduchu

Větrání, díky kterému přivádíme do uzavřeného interiérového prostředí čerstvý vzduch, je důležitým faktorem pro pohodový pobyt v místnosti. V interiéru se vzduch nejvíce znečistí oxidem uhličitým, zápachem, teplotou, vlhkostí. Podle typu místnosti a hlavní vyprodukované škodliviny se následně určuje minimální množství přívodu čerstvého vzduchu. Minimální výměna může být stanovena dle objemu místnosti a násobnosti výměny vzduchu, či požadavku přívodu čerstvého vzduchu na jednu osobu. Vždy však uvažujeme vyšší z hodnot.

2.3.2.1. Minimální výměna vzduchu podle počtu osob v místnosti

Minimální hodnotu přiváděného vzduchu na jednu osobu na pracovišti, bez dalších škodlivin, stanovuje nařízení vlády Sb. zák. č. 93/2012 bod 58. V § 41 odstavec 2 a zní: „(2) Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být

a) **25 m3.h-1** na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa podle přílohy č. 1 k tomuto nařízení, části A, tabulky č. 1 na pracovišti bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,
b) 50 m3.h-1 na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa podle přílohy č. 1 k tomuto nařízení, části A, tabulky č. 1 na pracovišti s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,
c) 70 m3.h-1 na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd IIb, IIIa

nebo IIIb podle přílohy č. 1 k tomuto nařízení, části A, tabulky č. 1,
d) 90 m3.h-1 na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd IVa, IVb nebo V podle přílohy č. 1, části A, tabulky č. 1.“ [2]

Vícenásobné znečištění vzduchu v interiéru určuje následující část nařízení vlády Sb. zák. č. 93/2012 bod 59. V § 41 odstavec 3 zní:
„(3) Minimální množství venkovního vzduchu podle odstavce 2 musí být zvýšeno při další zátěži větraného prostoru pracoviště, například teplem nebo pachy. V takovém případě se zvyšuje množství přiváděného venkovního vzduchu o **10 m3.h-1** podle počtu přítomných zaměstnanců.“. [2]

Níže je vidět, že požadované hodnoty koncentrace CO2 a přívodu čerstvého vzduchu z vyhlášek a nařízení spolu úzce souvisí a jsou si velmi podobné. Viz vzorec (1)

$$V_{FAp} = \frac{m_{CO_2}}{\rho_{Amax} - \rho_{Aext}} = \frac{19}{1000 - 350} * 1000 = 29{,}2\ \mathrm{m3.h-1.os-1} \qquad (1), [7]$$

kde:
VFAp - množství čerstvého vzduchu na osobu [m3.h-1.os-1]
mCO2 - produkce CO2 dýcháním (19 l.h-1.os-1) [l.h-1.os-1]
ρAmax - maximální přípustná koncentrace CO2 v interiéru (1000 ppm) [ppm]
ρAext - koncentrace CO2 ve vnějším (přiváděném) vzduchu (350 ppm) [ppm]

V tomto konkrétním případě budeme při návrhu vzduchotechniky uvažovat jako vstupní hodnotu pro výměnu vzduchu na osobu objem **VFAp = 25 m3.h-1.os-1**. Je to hodnota převzatá z Nařízení vlády Sb. zák. č. 93/2012 bod 58. V § 41 odstavce 2 pro práci zařazenou do třídy I a IIa.

2.3.2.2. Minimální větrání podle objemu místnosti

Každá místnost má stanovenou výměnu vzduchu. Objem požadované výměny prostoru je vždy třeba porovnat s požadovaným objemem potřebným pro osoby v místnosti. Pro výpočet tepelných ztrát jsem použila vždy ten větší objem.

Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů pro vytápěný prostor se stanový podle vzorců (2)

$V_{min,i} = n_{min} . V_i$ (2), [8]

kde:

Vmin,i - objem požadovaného množství vzduchu z hyg. důvodů [m3.h-1]

nmin - nejmenší intenzita výměny vnějšího vzduchu za hodinu (tab. č.5) [h-1]

Vi - objem vytápěného prostoru (i), vypočítaného z vnitřních rozměrů [m3]

(přibližně má tento objem hodnotu 0,8 objemu z vnějších rozměrů)

Základní hodnoty pro minimální výměnu vnějšího vzduchu nmin jsou uvedené v tabulce č. 5

Tabulka č. 5 – Minimální intenzita výměny vzduchu nmin [8].

	nmin
Druh místnosti	h-1
Obytná místnost (základní)	0,5
Kuchyně nebo koupelna s oknem	1,5
Kancelář	1
Zasedací místnost, učebna	2

Doporučená nejnižší intenzita větrání místnosti, v h-1, pro dobu kdy **není místnost užívaná**, platí **nmin,N = 0,1 h-1**. Pokud zvláštní předpisy a provozní podmínky neustanovují jinak. [9].

2.3.2.3. Větraní hygienických zařízení

Pro odvětrání hygienických zařízení se nejčastěji používá nárazové větraní. To se zapne jen na dobu, kdy je dané hygienické zařízení užívané. Odvede vzduch do exteriéru a tím vznikají tepelné ztráty.

U administrativních budov je často vhodnější odvětrávat hygienická zařízení neustále s tím rozdílem, že vzduch je odváděn přes hlavní rekuperační jednotku do exteriéru a tak nedochází k tepelným ztrátám větráním. Podle tabulky č. 6 se určí minimální množství vzduchu potřebného na odvod vzduchu.

Tabulka č. 6 – Výsledné teploty a výměny vzduchu v sanitárních zařízeních [10]

Zařízení	Výsledná teplota °C	Výměna vzduchu m3.h-1
Šatna	20	20 na 1 šatnové místo
Umývárna	22	30 na 1 umyvadlo
Sprchy	25	150-200 na 1 sprchu
Záchody	18	50 na 1 kabinku
		25 na 1 pisoár

V řešeném případě bude čerstvý vzduch přiváděný do kancelářských prostor přes akustické větrací mřížky ve stěnách odváděn do prostoru chodby a z chodeb následně do hygienického zařízení. Z hygienického zařízení bude následně vzduch přes rekuperační jednotku odváděn do exteriéru. Množství odváděného vzduchu přes hygienické zařízení bude určitě několikanásobně větší, než požaduje vyhláška.

2.3.2.4. Minimální výměna vzduchu podle objemu místnosti

Každý vytápěný prostor musí mít stanovenou výměnu interiérového vzduchu za čerstvý. Objem požadované výměny vytápěného prostoru je však vždy potřeba porovnat s objemem požadovaným dle počtu lidí v místnosti. Pro výpočet tepelných ztrát budeme uvažovat tu vyšší hodnotu.

Nejmenší požadované množství čerstvého vzduchu z hygienických důvodů pro vytápěný prostor se stanoví dle vzorce. (2)

Vmin,i = nmin . Vi (2), [8]

Kde:
Vmin,i - objem požadovaného množství vzduchu z hyg. důvodů [m3.h-1]
nmin - nejmenší intenzita výměny vnějšího vzduchu za hodinu (tab. č.5) [h-1]
Vi - objem vytápěného prostoru (i), vypočítaného z vnitřních rozměrů [m3]

Základní hodnoty pro minimální výměnu vnějšího vzduchu nmin jsou uvedeny v tabulce č. 5

Tabulka č. 5 – Minimální intenzita výměny vzduchu nmin [8].

Druh místnosti	
Obytná místnosť (základní)	0,5
Kuchyně nebo koupelna s oknem	1,5
Kancelář	1,0
Zasadací místnost, učebna	2,0

Počítáno je s doporučenou intenzitou výměny vzduchu podle typu místnosti – v kancelářích np = 1,0 h-1, v kuchyňkách a hygienických zařízeních np = 1,5 h-1 , v zasedacích místnostech np = 2,0 h-1 , ve všech ostatních místnostech np = 0,5 h-1.

Doporučená nejnižší intenzita větrání místnosti, v h-1, pro dobu, kdy místnost není užívána, platí **nmin,N = 0,1 h-1**. Pokud jiné zvláštní předpisy a provozní podmínky nestanovují jinak. [9].

2.4. Tepelné zisky

Aby byl návrh chladicí techniky funkční, je třeba znát hodnotu tepelné zátěže objektu. Tepelné zisků mámě několik - jako například tepelné zisky od lidí, svítidel, elektrického zařízení, strojů, vybavení, slunce, větrání a od okolních místností.

2.4.1. Tepelné zisky od osob

Lidské tělo je jedním z významných zdrojů tepla v interiérovém prostředí. Neustále v něm probíhají chemické reakce, které vytváří mimo jiné právě i teplo. Toto teplo se nazývá metabolické. Množství tohoto uvolněného tepla záleží na vykonávané činnosti, pohlaví. Je známo, že ženy produkují méně tepla, než muži - kvůli tomu, že je jejich tělo menší.

Rozdělení pracovních činností určuje pak **nařízení vlády č. 93/2012 Sb**. i s hodnotami produkovaného tepla. Nařízení vlády udává hodnoty vysálaného tepla pro muže. Pokud bychom předpokládali že prostor budou využívat jen ženy, bylo by potřeba toto teplo snížit.

Vzhledem k tomu, že v zadání není přesně určeno, kým bude administrativní budova užívána, budeme brát v potaz radši hodnotu vyšší a budeme tak na straně bezpečnosti.
Rozdělení a hodnoty metabolického tepla najdeme v tabulce č. 2.

Výpočet tepelných zisků pro celý objekt (podlaží, místnost) se počítá dle vzorců (3)

$$QCp = qM \,.\, nop \qquad (3)$$

kde:

QCp - tepelné zisky od osob [W]
qM - teplo metabolické (viz tab. č 2) [W.os-1]
nop - maximální výpočtový počet osob v objekte (poschodí, místnosti) [os]

Při návrhu daného objektu budeme uvažovat maximální metabolické teplo od jedné osoby:
qM = 80 W.

2.4.2. Tepelné zisky od elektrických zařízení

Všechna elektrická zařízení uvolňují do okolního prostředí teplo. Zisky z elektrických zařízení se pak rovnají sumě tepel, která zařízení uvolní. Budeme uvažovat pouze zařízení s příkonem vyšším než 50W. Jedná se konkrétně třeba o počítače, monitory, tiskárny, faxy, scannery, kopírky, atp. Výsledný tepelný zisk od elektrických zařízení se vypočte dle vzorce:

$$Q\text{M} = \sum P * c1 * c2 * c3 \text{ [W]} \quad (4)$$

P ..... elektrický příkon přístroje [W]
c1 ..... součinitel současnosti [-]
c2 ..... zbytkový součinitel [-]
c3 ..... součinitel využití [-]

Tabulka č. 6 - Přehled maximálních výkonů počítačů [10]

	Provoz [W]	Útlum [W]
Průměrná hodnota	55	35
Bezpečná hodnota	65	40
Velmi bezpečná hodnota	75	45

Tabulka č. 7 - Přehled maximálních výkonů monitorů [10]

	Provoz [W]	Útlum [W]
Malý monitor 13-15 pal.	55	55
Střední monitor 16-18 pal.	70	70
Velký monitor 19-20 pal.	80	80

Tabulka č. 8 - Přehled maximálních výkonů laserových tiskáren [10]

Velikost zařízení	Provoz-max. výkon [W]	1(list)/min [W]
Malá stolní	400	85
Velké kanceláře (tisková centra)	1100	400

Tabulka č. 9 - Přehled maximálních výkonů kopírovacích strojů [10]

Velikost zařízení	Provoz-max. výkon [W]	1(list)/min [W]	Útlum [W]
Malá stolní	130	75	10
Stolní	215	100	35
Malé kanceláře	320	160	70
Velké kanceláře (tisková centra)	550	275	125

Tabulka č. 10 - Přehled maximálních výkonů ostatních zařízení [10]

Zařízení	Provoz [W]	Útlum [W]
Fax	30	15
Skener	25	15
Jehličková tiskárna	50	25

2.4.3. Solární zisky konstrukcí

Solární tepelné zisky se dělí na zisky konvekcí a radiací. Okny - tedy výplňovými konstrukcemi - mohou zisky vstupovat konvekcí i radiací. V případě obvodových konstrukcí se však jedná jen o zisky radiací.

2.4.3.1. Solární zisky - obvodový plášť

Jedná se o stavbu se železobetonovou nosnou konstrukcí a lehkým obvodovým pláštěm. Hodnoty solárních zisků přes obvodový plášť zanedbáme.

2.4.3.2. Solární zisky přes výplňové konstrukce

Při výpočtu solárních zisků přes výplňové konstrukce jsem vycházela z normy ČSN 73 0548 „Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů“ schválené 11.1.1985, s účinností od 1.7.1986.

Vypočet byl proveden k 21.7. - jako nejteplejšímu dni v roce - dni, ve kterém jsou solární zisky přes výplňové konstrukce nejvyšší.

„Výpočet se obvykle provádí pro slunný den 21. července, v odůvodnitelných případech, daných orientací či provozem v budově, je možné provést výpočet pro jiný měsíc. Výpočty se provádějí k 21. příslušného měsíce." [14]

Výpočet byl proveden pro hodinu, kdy jsou očekávané největší tepelné zisky. Pro cíle této bakalářské práce je tento postup dostačující a na straně bezpečnosti.

2.4.3.3. Solární zisky konvekcí

Při výpočtu prostupu tepla jsem použila následující výchozí parametry: exteriérová teplota te = 32°C, interiérová teplota ti = 26°C. Zároveň jsem použila hodnotu t_{eN} = 30 °C, která vychází z tabulky č. 11.

Tabulka č. 11 - Průběh denních teplot při $t_{e,max}$ = 30°C a A = 7 K [14]

h		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
teN	[°C]	16	16,2	16,9	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30
h		3	2	1	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15

Na výpočet tepelných zisků konvekcí QCwinK se používá vzorec (5):

$$QCwinK = Uwin \,.\, Swin \,.\, (\, teN - tiC \,) \qquad (5), [13]$$

kde:

QCwinK - tepelné zisky konvekcí přes výplňovou konstrukci [W]

Uwin - součinitel prostupu tepla výplňovou konstrukcí [W.m-2.K-1]

Swin - plocha výplňové konstrukce [m2]

teN - průměrná exteriérová teplota vzduchu v lete (normová) [°C]

tiC - interiérová teplota vzduchu v lete [°C]

2.4.3.4. Solární zisky radiací

Pro výpočet tepelných zisků radiací QCwinR se požívá vzorec (6)

$$QCwinR = [\ Sos\ .\ Io\ .\ co + (\ Swin\ -\ Sos\ )\ .\ Io\ dif\ ]\ .\ s \qquad (6), [13]$$

kde:

QCwinR - tepelné zisky radiácií přes cez výplňovou konstrukci [W]

Sos - osluněné plocha výplňové konstrukci [m2]

Swin - plocha výplňovej konštrukcie [m2]

Io - celková intenzita sluneční radiace [W.m-2]

Io dif - intenzita difúzní sluneční radiace (hodnoty SEVER) [W.m-2]

co - korekce na čistotu atmosféry, uvažuji hodnotu (co = 1,0) [-]

s - stínící součinitel (viz vzorec 7) [-]

„Stínící součinitel s vyjadřuje , jaká část radiace prochází sledovaným oknem vzhledem ke standardnímu jednoduchému zasklení. Tyto hodnoty omezující sluneční radiaci vznikající oknem pro své výrobky udává výrobce. “ [14]

V případě, že stíníme více možnostmi, pak se stíní součinitel vypočte dle vztahu:

$$s = s1\ .\ s2\ .\ \ldots\ sn \qquad (7), [14]$$

kde:

s - stínící součinitel pro výplňovou konstrukci [-]

s1 - stínící součinitel (například) pro izolační trojsklo [-]

s2 - stínící součinitel (například) pro exteriérové žaluzie [-]

Při výpočtu prostupu sluneční radiace uvažujeme jen osluněný povrch okna. Ten se určí dle vztahu (8):

$$Sos = [\, swin - (\, e1 \,.\, f\,)] \,.\, [\, vwin - (\, e2 - g\,)] \qquad (8), [13]$$

kde:

swin - šířka výplňové konstrukce [m]

vwin - výška výplňové konstrukce [m]

f, g - odstup svislé a vodorovné části výplňové konstrukce od slunolamu [m]

(f, g = 0 m - slunolamy nejsou použity)

e1, e2 - délky stínů v okenním otvoru od okraje slunolamu [m] (ostění a nadpraží)

dwin - hloubka výplňové konstrukce [m]

cwin - hloubka výplňové konstrukce vzhledem k horní k stínící desce [m]

Délky stínů se vypočítají dle vzorců (9) a (10)

$$e1 = dwin \,.\, tg\,(\,\alpha - \gamma\,) \qquad (9) [13]$$

$$e2 = cwin \,.\, tg\ h \,/\, cos\,(\,\alpha - \gamma\,) \qquad (10) [13]$$

kde:

α - sluneční azimut (viz. tabulka č. 13) [-]

γ - azimut stěny, výplňové konstrukce (svisle orientované γ = 90°) [-]

h - výška slunce (viz tabulka č. 13) [-]

Tabulka č. 12 - Výška slunce h a sluneční azimut α [14]

Výška slunce h a sluneční azimut α od směru S pro jednotlivé měsíce pro 50° s.š.												
Měsíc (cca 20.)		Sluneční čas										
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Výška slunce h	VIII	18	28	37	44	49	51	49	44	37	28	18
	VII	25	34	44	52	58	60	58	52	44	34	25
Sluneční azimut α	VIII	94	106	120	137	157	180	203	223	240	254	266
	VII	88	100	114	131	152	180	208	229	246	260	272

Pozn. : Slunečný čas = zimný čas.

2.4.3.5. Solární zisky - střešní plášť

Na střeše se nachází zelená střecha, která bude fungovat jako dobrý izolant proti solárnímu záření konvekcí. Železobetonová stropní deska s tepelnou izolací a vegetační vrstvou dostatečné chrání interiérové prostředí před solárními zisky. Solární zisky přes střešní plášť tak zanedbáváme.

2.4.3.6. Tepelné zisky větráním

Interiérové prostředí je vždy třeba větrat. Intenzita větrání závisí vždy na aktuálních vnitřních podmínkách. Díky výměně vzduchu mezi interiérem a exteriérem dochází k tepelným ziskům v letním

období (k tepelným ztrátám v obdobím zimním). Teplota vzduchu v exteriéru je vyšší než v interiéru (v interiéru vyšší než v exteriéru).

Norma ČSN 73 0458 udává maximální teplotu exteriéru během dne 30°C, viz tabulka č. 11.

Výpočet tepelných zisků větráním se spočte dle vzorce (11):

$$QCFA = VFA \,.\, \rho A \,.\, cA \,.\, (\, teN - tiC \,) \qquad (11)$$

kde:

QCFA - tepelné zisky větráním [W]

VFA - požadovaný objem čerstvého vzduchu [m3.h-1]

tiC - interiérová teplota vzduchu v létě [°C]

teN - průměrná exteriérová teplota vzduchu v létě (normová) [°C]

ρA - objemová hmotnost vzduchu (ρA = 1,2 kg.m-3) [kg.m-3]

cA - měrná tepelná kapacita vzduchu (cA = 1 010 J.kg-1.K-1) [J.kg-1.K-1]

2.5. Tepelné ztráty

Tepelné ztráty objektu vznikají kvůli rozdílu teplot mezi teplejším interiérem objektu

a chladnějším vnějším prostředím. Tento rozdíl se snaží navzájem vyrovnat. Z toho důvodu pak dochází k prostupu tepla přes konstrukce. Ať už v zimním období - z vnitřního vytápěného objektu do chladnějšího exteriéru, či v období zimním - z teplejšího exteriéru do chlazeného interiéru.

Mezi tepelné ztráty se počítá i větrání, kdy dochází k přívodu chladného exteriérového vzduchu, který je následně ohřívám na požadovanou teplotu. Teplo potřebné na ohřátí větracího vzduchu je také jednou ze složek tepelných ztrát.

2.5.1. Tepelné ztráty konstrukcemi

Tepelnými ztrátami konstrukcí se zaobírá především norma ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – část 2: Požadavky. Pro výpočet tepelných ztrát se v normě uvádí limitní hodnoty součinitele prostupu tepla, průměrný součinitel prostupu tepla, lineární a bodový součinitel prostupu tepla a další.

„... součinitel prostupu tepla se hodnotí současně dvěma způsoby: pro jednotlivé

konstrukce a pro budovu jako celek pomocí průměrného součinitele prostupu tepla Uem.

Oba požadavky musí být splněné současně, pokud není výjimečně povoleno jinak.“

„Konstrukce vytápěné budovy musí mít v prostorách s návrhovou relativní

vlhkostí vnitřního vzduchu ϕi ≤60 % součinitel prostupu tepla U, ve [W.m-2.K-1] takový, aby

splnil podmínku (12)

$U \leq UN$ (12), [9]

kde:

UN - normou požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [W.m-2.K-1]

Požadovaná hodnota UN se stanoví pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou im v intervalu 18°C až 22°C včetně a pro všechny návrhové vnější teploty podle tabulky č. 13.

Převažující návrhová vnitřní teplota θim v °C, odpovídá návrhové vnitřní teploty θi většiny prostorů v budově a nebo zón v budově. Za budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θim v intervalu od 18 do 22 °C včetně se považuji všechny budovy obytné (nevýrobní bytové), občanské (nevýrobní bytové) s převážně s dlouhodobým pobytem lidí (např. školské, administrativní, ubytovací, stravovací , veřejná správa, většina zdravotnických) a jiné budovy, pokud převažující návrhová vnitřní teplota θim je v uvedeném intervalu.“[9]

Tabulka č. 13. – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou Φ_{im} v intervale 18°C až 22°C včetně. [9]

Popis konstrukce		Součinitel prostupu tepla [W/(m²·K)]		
		Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
		$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější		0,30[1)]	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°		0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně		0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem		0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)		0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)		0,30[1)]	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině[4), 6)]		0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru		0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí		0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině[6)]		0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami[3)]		1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně		1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně		1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,20	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,70	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří		1,50 [2)]	1,20	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí		1,40 [7)]	1,10	0,90
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)		1,70	1,20	0,90
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru		3,50	2,30	1,70
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		3,50	2,30	1,70
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		2,60	1,70	1,40
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m^2/m^2, kde	$f_w \leq 0,50$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$	$0,15 + 0,85 \cdot f_w$
A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m^2; A_w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m^2	$f_w > 0,50$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$		
Kovový rám výplně otvoru		-	1,80	1,00
Nekovový rám výplně otvoru[5)]		-	1,30	0,90 - 0,70
Rám lehkého obvodového pláště		-	1,80	1,20

Hodnoty součinitelů prostupu tepla Pro zadaný objekt:

Uwin - součinitel prostupu tepla výplňovou konstrukcí (Uwin = 1,2 W.m-2.K-1) [W.m-2.K-1]

Uwall - součinitel prostupu tepla obvodovou stěnou (Uwall = 0,2 W.m-2.K-1) [W.m-2.K-1]

Uroof - součinitel prostupu tepla střešním pláštěm (Uroof = 0,2 W.m-2.K-1) [W.m-2.K-1]

Ufloor - součinitel prostupu tepla podlahou (Ufloor. = 0,2 W.m-2.K-1) [W.m-2.K-1]

Všechny součinitele prostupu tepla byly zvoleny rovny doporučeným hodnotám součinitelů prostupu.

2.5.2. Tepelné ztráty větráním

Tepelné ztráty větráním vznikají díky výměně vzduchu mezi interiérem a exteriérem. Teplý vzduch z interiéru uniká do vnějšího prostředí a studený čerstvý vzduch se z exteriéru přivádí do prostředí interiérového. Intenzita výměny závisí na daný vnitřních požadavcích vnitřního prostředí.

"Pokud je u novostavby z hygienických a provozních důvodů celková intenzita

větrání v budově větší než n = 1 h-1 po dobu nejméně 8 hodin denně, doporučuje se

osazení účinného zařízení ke zpětnému získávání tepla z odpadního vzduchu, s ověřenou

účinností zpětného získání tepla alespoň 60%. Pokud není možné takové zařízení

prokazatelně použít, doporučuje se v rámci energetické bilance budovy udělat takové

opatření, které zajistí nejméně stejné snížení potřeby tepla na provoz budovy, pokud je to

v konkrétních podmínkách možné. "

"POZNÁMKY

1 Hodnota účinnost zpětného získávání tepla se vztahuje na návrhové podmínky při rovnotlakém

větrání.

2 Účinnost zpětného získávání tepla je stejně označováno jako tepelný faktor zpětného získávání

tepla (ČSN EN 12599). "[9]

Výpočet tepelných ztrát větráním se počítá podle vzorce (13):

$$Q_{HFA} = V_{FA} . \rho_A . C_a . (T_{eh} - T_{IH}) \quad (13)$$

kde:

Q_{HFA} - hodinová tepelná ztráta větráním [W]

V_{FA} - požadovaný objem čerstvého vzduchu [m3.h-1]

T_{eh} - exteriérová teplota vzduchu v zimě [° C]

T_{IH} - interiérová teplota vzduchu v zimě [° C]

ρ_A - objemová hmotnost vzduchu (ρ_A = 1,2 kg.m-3) [kg.m-3]

C_a - měrná tepelná kapacita vzduchu (ca = 1 010 J.kg-1.K-1) [J.kg-1.K-1]

3. Projektová část

3.1. Popis řešeného objektu

3.1.1. Architektonické řešení objektu

Administrativní budova je řešena jako samostatně stojící objekt obdélníkového tvaru o pěti nadzemních podlažích, které slouží ke komerčnímu využití jako nájemní prostory pro kanceláře.

V 1.NP se nachází zádveří, vertikální komunikace (čtyřramenné schodiště, dva výtahy) a recepce. Dále se zde nachází jídelna o ploše 26 m2, zázemí jídelny 17,1 m2, 14 kanceláří o rozloze 9,36 m2, jedna meetingová místnosti o rozloze 21,4 m2, 2 menší archivy, oddělené sociální zázemí, úklidová místnost, 1 kuchyňka a technická místnost, určená především pro umístění vzduchotechnického zařízení.

V 2.-5.NP je navrženo v každém patře vždy 20 buňkových kanceláří o rozloze 9,36 m2, jedna meetingová místnost o rozloze 21,4 m2, 2 menší archivy, sociální zázemí, úklidová místnost, 1 kuchyňka s prostorem pro stravování zaměstnanců a technická místnost.

Na střeše se pak nachází prostor pro zdroj tepla, chladu a strojovna vzduchotechniky.

Půdorysné rozměry stavby jsou 14,58 x 27,2 m, výška je 13,5m a zastavěná plocha činí 396,58m2 . Objekt je zastřešen plochou nepochozí střechou, přístupnou pouze pro údržbu po schodišti vedoucím do 6.NP.

3.1.2. Rozměrové údaje

- základní obrys budovy: 14,58 x 27,2m
- zastavěná plocha objektu: 396,58m2
- zastavěný prostor: 5.353,78m3
- výška objektu: 13,5m
- kostrukční výška podlaží: 3,5m
- užitná plocha objektu: 2379,48m2
- vytápěná/chlazená užitná plocha: 1.249,65m2

- 1. NP = vstupní podlaží - celková plocha 362m2
    - kanceláře: 120,77m2
    - jídelna: 26,0m2
    - zázemí jídelny: 17,1m2
    - konferenční místnosti: 20,7m2
    - hygienické zázemí + kychyňka: 19,32 m2
    - chodby: 90,98m2
    - společné prostory (archivy, recepce, ...): 31,53m2
    - ostatní (technická místnost, schody, výtahy, zádveří...): 35,6m2.

- 2. NP celková plocha: 362m2
    - kanceláře: 183,16m2
    - konferenční místnosti: 20,7m2
    - hygienické zázemí + kychyňka: 19,32 m2
    - chodby: 90,98m2
    - společné prostory (archivy, recepce, ...): 34,71m2
    - ostatní (technická místnost, schody, výtahy, zádveří...35,6m2

3.1.3. Konstrukce objektu

3.1.3.1. Konstrukční nosný systém

Nosné konstrukce budovy jsou z vysokopevnostního betonu s ocelovými výztužemi. Konstrukční systém objektu je skeletový se ztužujícím stěnovým jádrem. Rozměr osových vzdáleností skeletu 5,4 m x 4,0 m. Jádro je tvořeno stěnami tloušťky 200 mm a je rozdělené na tři trakty. V prvním traktu je schodiště, v druhém výtahová šachta a v třetím pak šachta pro TZB. Konstrukční výška podlaží je 3,5 m.

3.1.3.2. Stopní konstrukce

Stropní konstrukce je tvořena oboustranně vyztuženou deskou tloušťky 200 mm.

3.1.3.3. Obvodový plášť objektu

Obvodový plášť objektu tvoří prosklená fasáda. Obvodový plášť je tak řazen do kategorie lehkých obvodových plášťů. Nosnou konstrukcí je lehká rámová konstrukce sestavená na místě nesoucích neprůhledné či průhledné prefabrikované panely. Rám je ukotven do nosného železobetonového systému.Součinitel prostupu tepla konstrukcí je:

Uwall = 0,2 W.m-2.K-1.

3.1.3.4. Výplňové otvorové konstrukce

Výplňové konstrukce otvorů jsou navržené z hliníkových profilů a izolačních trojskel. Všechny okenní otvory jsou vybaveny elektricky ovládanými žaluziemi, které jsou zabudované do nadpraží okna. Součinitel prostupu tepla oken a dveří je:

Uwin = 1,0 W.m-2.K-1.

Výsledný stínící součinitel je roven hodnotě s = 0,12 a je kombinací součinitele zasklení s hodnotu s1 = 0,6 [15] a součinitele pro exteriérové žaluzie s hodnotu s1 = 0,2. [14]

3.1.3.5. Vnitřní dělící systém

Vnitřní prostor je dělen na menší celky - kancelářské jednotky. Dělící konstrukce se skládají z dvou sádrokartonových desek kotvených do ocelového rámu. Dutina mezi panely slouží pro rozvody elektrické a výpočtové sítě. Do dutin byla osazena také protihluková izolace. Tloušťka příček je hr = 150 mm.

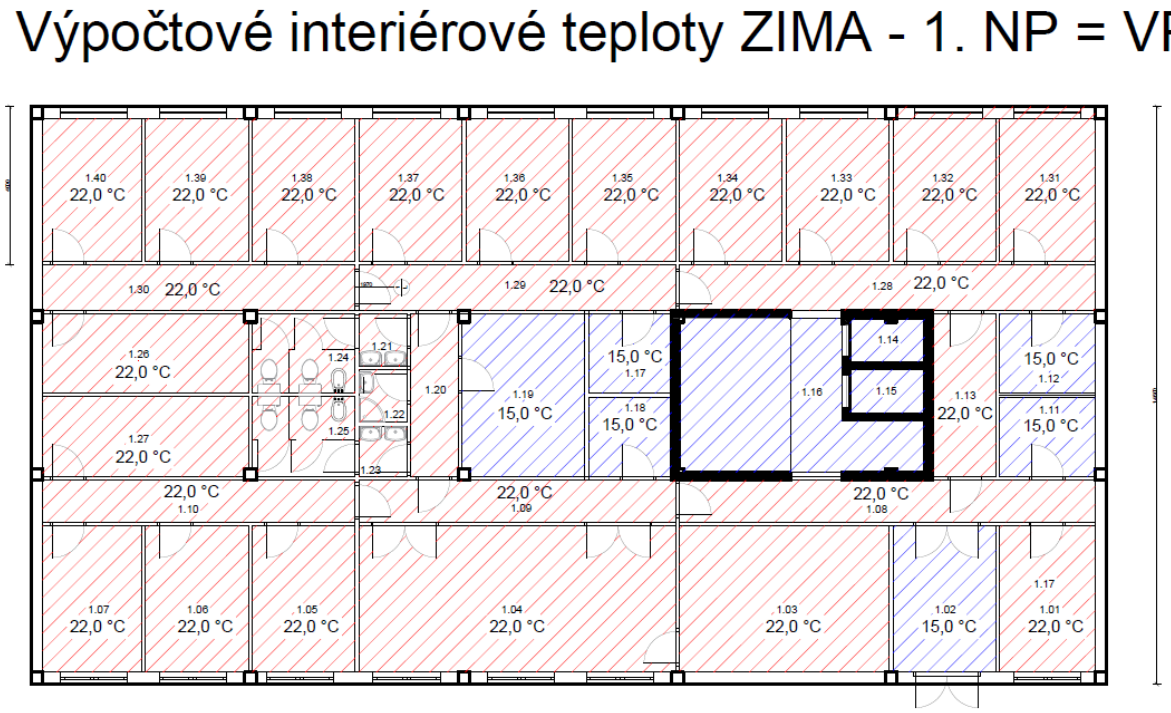
3.1.3.6. Střešní plášť

Nosný konstrukční systém je shodný jako v ostatních podlažích. Na nosném systému jsou uložené vrstvy tepelné izolace. Na tepelné izolaci je následně položena

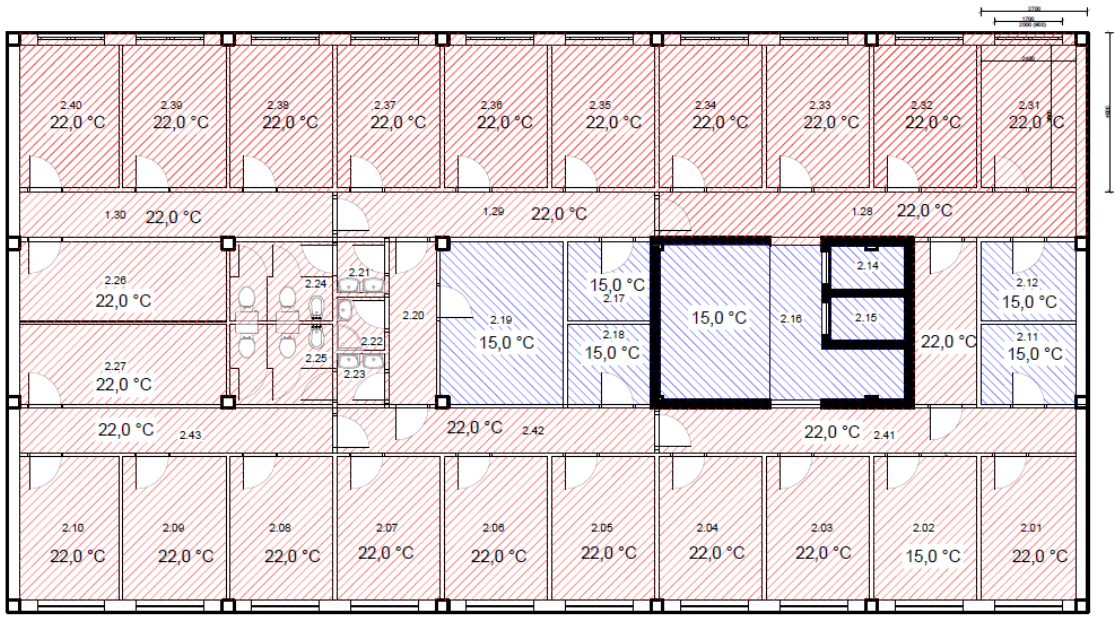
hydroizolace a finální vegetativní úprava střechy. Součinitel prostupu tepla strešním pláštěm je:

Uroof = 0,1 W.m-2.K-1.

Obrázek č.1 - Výpočtové interiérové teploty - ZIMA - půdorys typického podlaží



Obrázek č.2 - Půdorys typického podlaží



3.2. Výpočty

3.2.1. Výpočet tepelných zisků

Výpočet celkových tepelných zisků objektu je vypracován v prílohe č. 1.

3.2.1.1. Výpočet tepelných ziskov od osob

Při výpočtu tepelných zisku od osob v typickém podlaží budeme kalkulovat s počtem kanceláří a jejich počtem pracovních míst. Tím získáme poměrně přesný počet osob v typickém podlaží. V 1.NP - vstupním podlaží - budeme kalkulovat pouze s přibližným počtem osob. Podrobnější postup výpočtu tepelných zisků os osob je součástí přílohy č. 1. Uvažovanou hodnotu metabolického tepla najdeme v tabulce č.2.

Výpočet tepelných zisků od osob QCp pro celý objekt se vypočte dle vzorce (14):

Qcp = QM * nop

Qcp = 80 * 390 W = 24 180 W = 24,2 kW

QCp - celkové tepelné zisky od osob za hodinu [W]

QM - teplo metabolické (návrh podle tab. č. 2 **QM= 80 W.os-1**) [W.os-1]

nop - maximální výpočtový počet osob v objektu (výpočet **nop = 390 os**) [os]

Při návrhu objektu budeme uvažovat maximální tepelné zisky od osob:

QCp = 31,2 kW.

3.2.1.2. Výpočet tepelných zisků od osvětlení

Při výpočtu tepelných zisků od osvětlení nás zajímá především obsah osvětlené plochy a způsob, jakým je plocha osvětlována. Do osvětlované plochy jsem nezapočítávala plochy skladů, kartoték, technických místností, atp. Po většinu času v těchto prostorách světlo svítit nebude a tak je možné tepelné zisky z osvětlení ve výše zmíněných místnostech zanedbat.

Teplo vyprodukované osvětlením se bere v potaz tehdy, je-li osvětlení v provozu i v době špičkových tepelných zisků. Osvětlení v budově je realizováno pomocí zářivek. S využitím umělého osvětlení se počítá až ve vzdálenosti 5 m od okna, pokud je osvětlení dostatečné (vzhledem k poměrně velké ploše oken ve stěnách můžeme osvětlení přirozeným světlem považovat za dostatečné). Tepelné zisky z osvětlení se tedy v jednotlivých kancelářích neprojeví a počítáme je jen ve vnitřním traktu budovy.

Výpočet je proveden podle vztahu:

$$Qsv = \sum P * Ssv * c1 * c2 \quad (15)$$

kde:

Qsv ... celkový tepelný zisk z osvětlení [W]

P ... produkce tepla svítidla na metr čtvereční (P=25W/m2 viz. tabulka č. 10) [W/m2]

Ssv ... osvětlená plocha () [m2]

c1 ... součinitel současnosti používání svítidel (c1 = 1,0 – předpoklad, že všechna svítidla svítí současně) [-]

c2 ... zbytkový součinitel (c2 = 1,0 - 100% tepelného výkonu se dostane do prostředí) [-].

Součinitel současnosti používání svítidel je zvolen o hodnotě c1 = 1,0 – předpoklad, že všechna svítidla svítí současně.

Zbytkový součinitel c2 = 1,0 – zohledňuje, jak velká část tepla vyprodukovaného svítidly se projeví v tepelných ziscích, v závislosti na konstrukci, způsobu odsávání vzduchu nebo intenzity výměny vzduchu - 100% tepla vyprodukovaného svítidly se projeví v tepelných ziscích.

Tabulka č. 10 - Produkce tepla od osvětlení

Pracoviště	Intenzita osv.	žárovky	zářivky
	[lx]	[W/m^2]	[W/m^2]
Skladiště, byty, restaurace, divadla	120	20 - 30	7 - 9
Učebny, pokladny	250	40 - 55	13 – 18
Kanceláře, výpočetní střediska, výzkum	500	75 – 105	25 – 35
Výstavy, obchodní domy, jemná montáž	750	115 - 160	38 – 53
Montáž elektroniky, retuš	1000		50 – 70
Nejnáročnější jemná montáž, elektronika	1500		75 – 105
Hodinářství, subminiaturní elektronika	2000		100 - 140
Televizní studia	nad 2000		nad 140

Pro výpočty jsem uvažovala produkci tepla od zářivek ve výši P = 25 W/m2. Tato hodnota vychází tabulky č. 10 - Produkce tepla od osvětlení, která je součástí normy ČSN 73 0548. Tato norma byla schválena již v roce 1985 a tak jsou hodnoty v tabulce možná oproti dnešním technologiím již poněkud zastaralé. V dnešní době lze s běžnými kancelářskými svítidly dosáhnout hodnot pod 20 W/m^2. Nicméně užití hodnoty P = 25 W/m2 je rozhodně na straně bezpečnosti.

3.2.1.3. Tepelné zisky od elektrických zařízení

Mezi teplo, které produkují elektronická zařízení, je započítáno teplo vyprodukované počítači, monitory, tiskárnami, faxy atp. za předpokladu, že se veškerý příkon přemění v teplo. Počítala jsem jen se zařízeními, jež mají výkon vyšší než 50W. Výpočet se provádí podle vztahu (16):

$Qe = \sum P * c1 * c3$ (16)

kde:

∑p ... celkový příkon elektronických zařízení (W)

c1 ... součinitel současnosti chodu elektronických zařízení

c3 ... průměrné zatížení zařízení (-).

K výpočtu tepelných zisků z elektrických zařízení je užit předpoklad, že každý pracovník kanceláře používá 1x PC, 1x monitor plus se nachází 1 tiskárna v kanceláři (pro dva lidi).

$\sum P = n1 \cdot P1 + n2 * P2 + n3 * P3$ (17)

kde:

∑P ... celkový příkon elektronických zařízení (W)

n1 ... počet počítačů

P1 ... tepelný výkon jednoho počítače

n2 ... počet monitorů

P2 ... tepelný výkon jednoho monitoru

n3 ... počet tiskáren

P3 ... tepelný výkon jedné tiskárny

Tepelný výkony jednotlivých zařízení jsou převzaty z tabulek č. 6-10.

Po dosazení hodnot dostaneme:

$\sum P = 187 * 65 + 187 * 70 + 94 * 160$ W = 40 280 W

Součinitel c1 = 1,0 - za předpokladu, že všechna elektronická zařízení budou v provozu současně.

Součinitel c3 = 1,0 – u PC, monitorů i u tiskáren je předpokládáno, že po celou dobu provozu pracují na maximální výkon.

Po dosazení dostaneme, že celkový příkon elektronických zařízení je:

$Qe = \sum P * c1 * c3 = 40\,280 * 1,0 * 1,0$ W = 40 280 W = 40,28 kW.

3.2.1.4. Výpočet solárních zisků přes konstrukce

Pro potřeby této bakalářské práce jsem brala v potaz solární zisky jen pro výplňové konstrukce. Tepelný prostup konvekcí skrz obvodový plášť (neprůsvitné prefabrikované panely) a střechu je v porovnání se solárními zisky radiací skrz výplňové konstrukce zanedbatelný.

Při výpočtu solárních tepelných zisků jsem postupovala při výpočtu dle platné normy ČSN 73 0548 „Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů“. Výpočet byl proveden pro **21. den v červenci.**

Vstupní hodnoty pro výšku slunce a slunečního azimutu jsou převzaty z tabulky č.12 pro příslušný datum a hodinu.

Pro okna byla použita hodnota součinitele prostupu tepla Uwin = 1,2 W.m-2.K-1, jak je již zmíněno výše v 2.3.3.4 Výplňové otvorové konstrukce. Interiérová teplota v letním období je tiC = 25,5°C.

Okna budovy jsou orientována na sever a na jih. Vytvořila jsem tak 2 tabulky pro výpočet solárních zisků jedné kanceláře. V každé kanceláři se nachází 1 okno o rozměrech 1,7m x 2,0m (viz. příloha č.2). Získanou hodnotu jsem pak vynásobila počtem oken ve stěnách na příslušných světových stranách. Při výpočtu byly použity vzorce č. 18, 19, 20, 21, 22, 23.

Tepelný zisk QCwin byl vypočten pro hodinu největších solárních zisků. Jako hodnota plochy otvoru byla použita plocha zasklení i rámu (nikoli neprůsvitných

panelů). Vypočtená hodnota tepelných zisků tak bude pravděpodobně o trochu vyšší, než teplota reálná, nicméně jsme na straně bezpečnosti výpočtu.

Pro výpočet tepelných zisků konvekcí QCwin byl použit vzorec (18)

QCwinK = Uwin . Swin . (teC - tiC) vzorec (18), [14]

kde:

QCwinK - tepelné zisky konvekcí skrz výplňovou konstrukci [W]

Uwin - součinitel prostupu tepla výplňovou konstrukcí (Uwin = 1,0 W.m-2.K-1) [W.m-2.K-1]

Swin - plocha výplňové konstrukce [m2]

teC - exteriérová teplota vzduchu v létě (normová) [°C]

tiC - interiérová teplota vzduchu v létě (tiC = 25,5 °C) [°C]

Pro výpočet tepelných zisků radiací QCwinR byl použit vzorec (19)

QCwinR = [Sos . Io . co + (Swin - Sos) . Io dif] . s vzorec (19), [14]

kde:

QCwinR - tepelné zisky radiací skrz výplňovou konstrukci [W]

Sos - osluněná plocha výplňové konstrukce [m2]

Swin - plocha výplňové konstrukce [m2]

Io - celková intenzita sluneční radiace [W.m-2]

Io dif - intenzita difúzní sluneční radiace (hodnoty SEVER/JIH) [W.m-2]

co - korekce na čistotu atmosféry, uvažujme hodnotu (co = 0,85) [-]

s - těsnící součinitel (viz. výpočet níže) [-]

Stínící součinitel s vyjadřuje, jak část radiace prochází sledovaným oknem vzhledem k standardnímu jednoduchému zasklení. Tyto hodnoty omezující sluneční radiaci vnikající oknem udává výrobce Pro svoje výrobky. U zasklení se také používá označení g – průnik sluneční energie. V projektu jsou do výplňových konstrukcí použité izolační trojskla od společnosti Kalypso a exteriérové žaluzie. Hodnoty obou součinitelů jsem zaokrouhlil na jednu desetinu, abych byl na straně bezpečného návrhu. Při vícenásobném stínění se součinitel počítá dle následovného vzorce (7)

s = s1 . s2 . ... sn = 0,6 . 0,2 = 0,12 (20), [14]

kde:

s - stínící součinitel pro výplňovou konstrukci [-]

s1 - stínící součinitel Pro izolační trojsklo (s1 = 0,6) [14] [-]

s2 - stínící součinitel pro exteriérové žaluzie (s2 = 0,2) [13] [-]

Pro výpočet sluneční radiace oknem je třeba uvažovat jen osluněný povrch okna. Ten se spočte dle vzorce (21)

Sos = [šwin – (e1 . f)] . [vwin - (e2 - g)] vzorec (21), [14]

kde:

šwin - šířka výplňové konstrukce [m]

vwin - výška výplňové konstrukce [m]

f, g - odstup svislé a vodorovné časti výplňové konstrukce od slunolamu [m]

(f, g = 0 m - slunolamy nejsou použity)

e1, e2 - délky stínů v okenním otvoru od okrajů slunolamu (ostění a nadpraží)[m]

dwin - hloubka výplňové konstrukce [m]

cwin - hloubka výplňové konstrukce vzhledem k horní stínící desce [m]

Délky stínů se stanoví dle vzorců (22) a (23)

e1 = dwin . tg (α – γ) (22) [14]

e2 = cwin . tg h / cos (α – γ) (23) [14]

kde:

α - sluneční azimut (viz. tabulka č. 14) [-]

γ - azimut stěny, výplňové konstrukce (vertikálně orientované γ = 90°) [-]

h - výška slunce (viz tabulka č. 14) [-]

Získanou hodnoty Qcwin (solární zisky srz jedno okno = v jedné kanceláři) jsem vynásobila počtem výplňových konstrukcí daného typu a orientace a tak jsem získala hodnotu QCwin.

QC,WIN = 28,04 kW.

3.2.1.5. Výpočet tepelných zisků větráním

Při výpočtu tepelných zisků jsem postupovala následovně. Získané průměrné denní teploty **teN** převzaté z normy ČSN 73 0458 jsem navýšila o + 2°C. Maximální exteriérová teplota se tak zvedla z teN = 30°C na hodnotu **teC = 32 °C**. Tímto zajistíme spolehlivost výpočtu chlazení a vykrytí případných neočekávaných výkyvů. Rekuperace bude probíhat i během letního větrání. Teplejší exteriérový vzduch tak bude předchlazován. V případě, že by teplota vzduchu v exteriéru klesla pod požadovanou interiérovou teplotu, dojde pomocí inteligentního systému k vypnutí rekuperačního výměníku. Vzduch začne proudit obtokem, přes tzv. BY-PASS. Tlaková ztráta v systému se sníží a tak se sníží i výkon elektromotorů. To se výrazně projeví na spotřebě elektrické energie. Účinnost rekuperace

udává výrobce 85%.

Výpočet tepelných zisků větráním budeme počítat dle vzorce (24)

QCFA = VFA . ρA . cA . (trC – tiC) / 3600 kW (24)

kde:

QCFA - tepelné zisky větráním [W]

VFA - požadovaný objem čerstvého vzduchu (VFA = 9750 m3.h-1) [m3.h-1]

tiC - interiérová teplota vzduchu v létě (tiC = 25,5 °C) [°C]

teC - exteriérová teplota vzduchu v létě (teC = 32 °C) [°C]

trC - rekuperovaná teplota vzduchu v létě (max. trC = 26,6 °C) [°C]

ρA - objemová hmotnost vzduchu (ρA = 1,2 kg.m-3) [kg.m-3]

cA - měrná tepelná kapacita vzduchu (cA = 1 010 J.kg-1.K-1) [J.kg-1.K-1]

Při návrhu daného objektu budeme uvažovat maximální hodinový tepelný zisk

větráním ve výši **OCFA = 3,61 kWh**. Více viz příloha č. 2.

3.3. Výpočty tepelných ztrát

Při výpočtu tepelný ztrát objektu jsem počítala s předpokladem, že tepelné zisky budou nulové.

3.3.1. Výpočty tepelných ztrát konstrukcemi

Pokud má dojít k návrhu vhodného a efektivního způsobu vytápění, je třeba, aby projektant znal přesnou hodnotu tepelných ztrát objektu.

Tepelné ztráty vznikají v místech styku obvodové konstrukce s exteriérem. Do ztrát skrz obvodové konstrukce řadíme: ztráty skrz obvodový plášť, výplňové konstrukce a střešní konstrukci. Při výpočtech nebyly brány do úvahy hodnoty **lineárních a bodových tepelných mostů**.

3.3.2. Výpočet tepelné ztráty skrz obvodový plášť

Při výpočtu tepelných zisků srz obvodový plášť jsem postupovala následovně. Spočetla jsem tepelné ztráty obvodovým pláštěm pro jednu "buňku" = kancelář. Získanou hodnotu jsem pak vynásobila počtem buněk nacházejících se v obvodovém plášti na straně severní a jižní a přičetla jsem tepelné ztráty srkz obvodový plášť pro stranu západní a východní, na které se nenachází žádné výplňové konstrukce.

Na výpočet tepelných ztrát obvodovým pláštěm QHwall jsem použila vzorec (25)

QHwall = Uwall . Swall . (teH - tiH) (14)

kde:

QHwall - tepelné straty obvodovým pláštěm [W]

Uwall - součinitel prostupu tepla obvodovou konstrukcí (Uwall = 0,2 W.m-2.K-1) [W.m-2.K-1]

Swall - plocha obvodového pláště (Swall = 788,06m2) [m2]

teH - exteriérová teplota vzduchu v zimě (teH = -15 °C) [°C]

tiH - interiérová teplota vzduchu v zimě (tiH = 22 °C) [°C]

Při návrhu daného objektu budeme uvažovat maximální hodinovou tepelnou ztrátu

prostupem skrz obvodový plášť ve výši **QHwall = 5,83 Wh**.

3.3.3. Výpočet tepelné ztráty skrz výplňové konstrukce

Vypočítala jsem tepelnou ztrátu skrz výplňovou konstrukci jedné buňky a následně ji vynásobila celkovým počtem buněk.

Na výpočet tepelných ztrát výplňovými konstrukcemi QHwin jsem použila vzorec (15)

QHwin = Uwin . Swin . (teH - tiH) (26)

kde:

QHwin - tepelné ztráty výplňovými konstrukcemi [W]

Uwin - součinitel prostupu tepla výplňovou konstrukcí (Uwin = 1,2 W.m-2.K-1) [W.m-2.K-1]

Swin - plocha výplňové konstrukce (340m2) [m2]

teH - exteriérová teplota vzduchu v zimě (teH = -15 °C) [°C]

tiH - interiérová teplota vzduchu v zimě (tiH = 22 °C) [°C]

Při návrhu daného objektu budeme uvažovat maximální hodinovou tepelnou ztrátu

prostupem skrz výplňové konstrukce ve výši **QHwin = 15,10kWh**.

3.3.3.1. Tepelné ztráty skrz střešní plášť

Tepelné ztráty skrz střešní plášť jsem počítala jen nad vytápěnými místnostmi. Většinu střechy zabírá místnost vzduchotechniky a kotelna. V těchto prostorách nedochází k vytápění ani chlazení. Toto 6. NP jsem při výpočtu tepelných ztrát skrz střešní plášť považovala jako nevytápěnou půdu. Součinitel prostupu tepla Uroof jsem tak přirovnala k hodnotě součinitele stropu pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace). Předpokladem je, že ztráty skrz střešní konstrukci budou jedny z nejnižších.

Na výpočet tepelných ztrát střešním pláštěm QHroof jsem použila vzorec (27)

QHroof = Uroof . Sroof . (teH - tiH) (27)

kde:

QHroof - tepelné ztráty střešním pláštěm [W]

Uroof - součinitel prostupu tepla střešním pláštěm (Uroof = 0,2 W.m-2.K-1) [W.m-2.K-1]

Sroof - plocha střešního pláště, nad vytápěnými kancelářemi (Sroof = 321m2) [m2]

teH - exteriérová teplota vzduchu v zimě (teH = -15 °C) [°C]

tiH - interiérová teplota vzduchu v zimě (tiH = 22 °C) [°C]

Při návrhu daného objektu budeme uvažovat maximální hodinovou tepelnou ztrátu prostupem skrz střešní plášť ve výši **OHroof = 2,375 kWh**.

3.3.3.2.Tepelné straty skrz podlahu na zemině

Řešený objekt není podsklepen. Dle platné normy ČSN EN ISO 13 370 jsem při výpočtu použila místo teploty zeminy návrhovou exteriérovou teplotu. Pro výpočet tepelných ztrát skrz podlahu na zemině QHfloor jsem použila vzorec (28)

QHfloor = Ufloor . Sfloor . (teH - tiH) vzorec (28)

QHfloor - tepelné straty podlahou nad nevykurovaným priestorom [W]

Ufloor - součinitel prostupu tepla podlahou (Ufloor. = 0,2 W.m-2.K-1) [W.m-2.K-1]

Sfloor - plocha podlahy nad nevykurovaným priestorom [m2]

teH - teplota zeminy v zimě (teH = - 15°C) [°C]

tiH - interiérová teplota vzduchu v zimě (tiH = 22 °C) [°C]

Při návrhu daného objektu budeme uvažovat maximální hodinovou tepelnou ztrátu prostupem skrz podlahu ve výši **QHflor = 2,93kWh**.

3.3.4 Tepelné ztráty větráním

Díky výměně vzduchu mezi interiérovým a exteriérovým prostředím vznikají tepelné ztráty. Teplý vzduch z interiéru je odváděn ven a studený čerstvý vzduch z exteriéru je přiváděn dovnitř. Intenzita výměny vzduchu záleží na aktuálních vnitřních požadavcích daného prostředí.

V zimním období bude větrání zabezpečovat především rekuperační jednotka. Ta zajistí ohřátí studeného přiváděného vzduchu, teplým odpadním vzduchem. Účinnost rekuperace udává výrobce 85%. Objem vzduchu, který se za hodinu přečerpá, je roven maximální výpočtem požadované hodnotě při plném obsazení budovy. V případě, že se v budově nachází méně lidí a potřeba vzduchu tak bude nižší, tak se díky inteligentním systémům sníží. Tím se sníží i výkon ventilátorů a spotřeba elektrické energie.

Výpočet tepelných ztrát větráním jsem počítala dle vzorce (29)

$$QHFA = VFA \cdot \rho A \cdot cA \cdot (trH – tiH) / 3600 \quad (29)$$

kde:

QHFA - tepelná ztráta větráním [W]

VFA - požadovaný objem čerstvého vzduchu (VFA = 9 750 m3.h-1) [m3.h-1]

teH - exteriérová teplota vzduchu v zimě (teH = -15 °C) [°C]

tiH - interiérová teplota vzduchu v zimě (tiH = 22 °C) [°C]

trH - rekuperovaná teplota vzduchu v zimě (max. trH = 15 °C) [°C]

ρA - objemová hmotnost vzduchu (ρA = 1,2 kg.m-3) [kg.m-3]

cA - měrná tepelná kapacita vzduchu (cA = 1 010 J.kg-1.K-1) [J.kg-1.K-1]

Při návrhu daného objektu budeme uvažovat maximální hodinovou tepelnou ztrátu větráním ve výši **QHFA = 23,00 kWh**. Více viz příloha č. 2.

3.4. Vyhodnocení tepelných zisků a ztrát

Po výpočtu tepelných ztrát a zisků celé budovy jsem dala data přehledně do tabulky a grafu. Zde je jasně patrné znázornění maximální hodnoty ale také percentuální vyjádření jednotlivých subjektů podílejících se na tepelných ztrátách nebo ziscích.

V první tabulce (č. 11) a grafu (č. 1) jsou znázorněné tepelné zisky celého objektu.

Tabulka č. 11 - Srovnání tepelných zisků celého objektu

název	ozn.	číselná hodnota	percentuální hodnota

Tepelné zisky od osob	QCp	31,20	29,43
Tepelné zisky z osvětlení	QCsv	2,88	2,72
Tepelné zisky od elektrických zařízení	QCe	40,29	38,00
Tepelné solárne zisky	QCwin	28,04	26,45
Tepelné zisky vetraním	QCFA	3,61	3,41
celkem	QC	106,02	100,00

Jedná se o maximální hodnoty tepelných zisků za danou hodinu. Zisky jsou počítané při plném provozu a obsazení objektu.

Největší podíl z tepelných zisků mají elektrická zařízení. Druhým největším producentem tepla v budově jsou pak lidé. Z hlediska velikosti tepelných zisků patří tepelný zisk z osob k nejvíce kolísající hodnotě. Tepelný výkon osob záleží na počtu osob přítomných v budově. Při výpočtu solárních zisků hraje velkou roli stínění výplňových konstrukcí. Vhodné stínění může výrazně snížit solární tepelné zisky. Díky tomu jsou tepelné solární zisky na třetí pozici, co se velikosti týče. Z důvodu využití rekuperace i v letním období, se podařilo významně snížit hodnotu tepelných zisků větráním. Proto jsou ze všech nejnižší.

V druhé tabulce (č. 12) a grafu (č. 2) jsou znázorněné tepelné straty celého objektu.

název	ozn.	číselná hodnota	percentuální hodnota
Tepelné ztráty plášť	QHwall	5,83	11,84
Tepelné ztráty výplně	QHwin	15,10	30,67
Tepelné ztráty střecha	QHroof	2,38	4,82
Tepelné ztráty podlaha	QHfloor	2,93	5,95
Tepelné ztráty větraní	QHFA	23,00	46,71
celkem	QH	49,24	100,00

Tepelné ztáty jsou vypočítané pro nejnepříznivější zimní stav a jsou počítané při plném provozu a obsazení objektu (viz příloha č. 5.). Při výpočtech jsem neuvažovala se žádnými tepelnými zisky, aby byl výpočet vždy na straně bezpečnosti.

Větraní má největší podíl na tepelných ztrátách, i přes použití rekuperace s účinností 85%. Tepelné ztráty výplňových konstrukcí se umístily na druhém místě. Tepelné ztráty výplňovými konstrukcemi jsou výrazně vyšší, než tepelné ztráty obvodovým pláštěm a to díky výrazně odlišné hodnotě součinitele prostupu tepla skrz dané konstrukce. Na třetím místě jsou tepelné ztráty obvodového pláště díky jeho velké ploše. Na čtvrté příčce skončily ztráty podlahou na zemině.

Z porovnání vyplývá, že je-li objekt vhodně a dobře zaizolovaný, největší tepelnou ztrátu pak tvoří větrání objektu.

Z toho důvodu je to místo, kde se dá ušetřit nejvíce energie a financí.

3.5. Postupy návrhu zařízení ve 2 variantách

3.5.1. Návrh vzduchotechnické jednotky

Vzduchotechnické jednotky jsem navrhovala pro celý objekt a obě varianty. Navrženy byly vždy dvě rekuperační jednotky - jedna pro severní část budovy, druhá pro část jižní. Maximální výkon má pokrýt požadavky na minimální intenzitu objemu místnosti a minimální množství vzduchu na osobu. Výsledná hodnota potřebného vzduchu pro objekt je

VFA = 14 150m3.h-1.

Hlavními požadavky na vzduchotechnickou jednotku byly požadovaný objem vzduchu a rekuperace vzduchu. Navrhla jsem rekuperační jednotku DUPLEX Roto 8000 (příloha č. 4), která má maximální objemový průtok vzduchu **Vmaxr = 11 200 m3h-1** a účinnost rekuperačního výměníku η = 85%.

3.5.2. Návrh zdroje tepla pro variantu č. 1

Zdroj tepla byl navržen pro pokrytí tepelných ztrát celého objektu z části 3.2.2." Výpočty tepelných ztrát" a vypočtené potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody.

Zdroj má pokrýt všechny tepelné straty a to ve výši **QH = 106kW**. Pro dosažení požadovaného výkonu jsem navrhla dva atmosférické plynové kondenzační kotle Viessmann VITOCROSSAL 100 (příloha č. 5.) zapojené do kaskády. Výhodou tohoto zapojeni je postupné spuštění kotlů podle potřeby výkonu. Zvýši se tým efektivnost provozu. Jmenovitý vytápěcí výkon jednoho kotle při spáde 50/30 °C je **Qmax50/30 = 35,0 kW**. Pro dva kolte je to **QHn = 70,0 kW**, což je dostatečný výkon pro pokrytí tepelné ztráty. [17]

Více informací o plynovém zdroji tepla v časti 1.1.1. Zdroj vytápění a rozvod

3.5.3. Návrh zdroje chladu pro variantu č. 1

Zdroj chladu byl navržen na maximální tepelné zisky celého objektu, spočtené

v časti 3.1.2. "Výpočty tepelných zisků". Výkon zdroje musí pokrýt všechny tepelné zisky a to ve výši **QC = 49,00kW**. Na pokrytí požadovaných ztrát jsem navrhla exteriérový vzduchový chladič STULZ

CyberCool XT CEO 1301 (příloha č. 6). Jeho maximální chladící výkon je

QCmax = 131kW, při těchto podmínkách: tepelný spád chladícího média je 12°C/7°C,

při max. exteriérové teplotě vzduchu 35°C.

3.5.4. Návrh Zdroj tepla a chladu pro variantu č. 2

Pro variantu č. 2 jsem zvolila jako zdroj tepla a chlazení soustavu pěti tepelných čerpadel EasyMaster EM75Z při podmínkách A2W35 (exteriérový vzduch 2°C, teplota vytápěcí vody 35°C)-(příloha č.7.). Díky použití těchto dvou tepelných čerpadel je možné pokrýt tepelné ztráty a zisky celé budovy. Maximální tepelný výkon jednoho tepelného čerpadla je QHmax = 23,2 kW. Při chlazení má čerpadlo chladící výkon **QCmax.= 16,5 kW** při podmínkách A35W2.

V návrhu jsem použila kaskádu pěti tepelných čerpadel - jejich celkový topný

výkon by byl **QHmax,kas = 116,0 kW** (při podmínkách A-15W35), který pokryje teplené ztráty

objektu. Chladící výkon tepelných čerpadel by byl jen **QCmax,kas = 82,5 kW** - to na pokrytí

maximálních tepelných zisků nestačí. Z toho důvodu jsem navrhla v této variantě akumulační

zásobník chladící vody blíže určený v časti 3.4.6. Návrh akumulačního zásobníku chladu.

3.5.5. Návrh akumulačního zásobníku chladu

Nutnost návrhu akumulačního zásobníku chladu byla podmíněná snížením

maximálních tepelných zisků - aby bylo možné navrhnout jen tři tepelná čerpadla pro

chlazení objektu. Bylo tak třeba snížit maximální hodinové tepelné zisky na hodnotu chladícího výkonu tepelných čerpadel **QCmax,kas = 49,5 kW**. V případě vyšších potřebných hodnot výkonu musí pokrýt potřebu chladu navržený zásobník Secespol TXE ARZ 4000 (příloha č.8.).

Aby byl zásobník využitý s nejvyšší efektivitou, pokrývá i tepelné zisky v případě

nízké potřeby chladu v ranních a večerných hodinách. Akumulační zásobník se nabíjí v případě,

že jsou tepelná čerpadla zapnutá a mají přebytkový výkon.

Při návrhu jsem uvažoval s teplotou vstupní vody do zásobníku tCWVz = 7 °C, což je

výstupní teplota vody z tepelného čerpadla. Na výstupu ze zásobníku jsem uvažoval teplotu

tCWRz = 15 °C, což je teplota o 1°C nižší jak teplota v chladicím systému dané varianty.

Objem akumulačního zásobníku je 4m3. Hodinová tepelná ztráta zásobníku prostupem tepla jsem si odhadem zvolila QCSZ = 0,15 kW. Dle vzorce (18) jsem si vypočítal maximální výkon zásoby chladu QZmax.

$$QZmax = VW \,.\, \rho W \,.\, cW \,.\, (tCWRz - tCWVz) \quad (18)$$

kde:

QZmax - maximálna zásoba chladu [W]

VW - objem vody v zásobníka (VW = 4,0 m3) [m3]

tCWRz - teplota výstupnej vody zo zásobníku (tCWRz = 15 °C) [°C]

tCWVz - teplota vstupní vody do zásobníku (tCWVz = 7 °C) [°C]

ρW - objemová hmotnosť vody (ρW = 998 kg.m-3) [kg.m-3]

cW - merná tepelná kapacita vody (cW = 4 180 J.kg-1.K-1) [J.kg-1.K-1]

Více informácí o akumulačním zásobníku je v časti 4.2.3. Akumulační zásobník chladu.

3.5.6. Návrh stropních panelů ve variante 1

V první variantě jsem použila stropní panely Üponoor VERICOOL Velum (příloha

Č. 9.). Počet panelů jsem určila podle požadavků na pokrytí tepelných ztrát a zisků dané

místnosti. Určila jsem si maximální topný a chladící výkon panelu pro následující

tepelné spády:

- teplota vstupní chladící vody do panelů tCWV2 = 16 °C

- teplota výstupní chladící vody z panelů tCWR2 = 24 °C

- interiérová teplota vzduchu v létě tiC = 25,5 °C

- teplotní rozdíl střední teploty chladící vody a vzduchu v interiéru ΔtRWC2 = 6,0 K

- teplota vstupní topné vody do panelů tHWV2 = 40 °C

- teplota výstupní topné vody z panelů tHWR2 = 30 °C

- interiérová teplota vzduchu v zimě tiH = 22 °C

- teplotní rozdíl střední teploty topné vody a vzduchu v interiéry ΔtRWH2 = 15 K

Více informací o stropních panelech je v časti 4.2.4. Topný, chladící stropní

systém.

4. Řešení variant

4.1. Varianta č. 1

Pro variantu č. 1 byly použitá následující zařízení:,

větraní - rekuperační jednotka DUPLEX ROTO 5000
zdroj tepla – 2 kusy plynových kotlů Viessman VITOCROSSAL 100
zdroj chladu – chladící jednotka Hyperchill ICE 150

V této variante byl vzduch přiváděn do místnosti pomocí výusti s vířivým výtokem VVM 300.

KLADY:
- sálavé nízko-teplotní vytápění
- ohřívání povrchů nacházejících se v místnosti, od kterých se dále ohřívá i vnitřní vzduch
- sálavé chlazení nad bodem kondenzace
- regulace teploty v každé místnosti samostatně
- rekuperace vzduchu celé budovy
- ovládaní objemu přívodu čerstvého vzduchu
- přívod čerstvého vzduchu nad panely použitý na zvýšení účinnosti
- snímače teploty a koncentrace CO_2 v místnostech
- všechny zařízení jsou připojená do centrálního řídicího systému
- stropní panely bez ventilátorů a spotřeby elektriky

ZÁPORY: - pomalejší odezva na požadavku vytápění chlazení
- delší náběh při přerušení provozu
- větší objem média v systéme
- větší výkon čerpadel na rozvod topné a chladící vody

- při vysoké koncentraci vodní páry možný vznik kondenzátu na panelech
- rozložení stropních panelů osvětlení a ostaních částí stropu

4.2. Varianta č. 2

Pro variantu č. 2 byla použitá následující zařízení:
větrání - rekuperační jednotka DUPLEX ROTO 5000
zdroj tepla – soustavu tří tepelných čerpadel EasyMaster EM75Z
zdroj chladu – chladící jednotka Hyperchill ICE 150
Nastavení teploty v jednotlivých místnostech se reguluje objemem topného/chladícího vzduchu, který je do nich přiváděn.

KLADY:
- rychlá odezva na požadavku vytápění/chlazení
- reguláce teploty v každé místnosti samostatně podle přiváděného objemu vzduchu
- rekuperace vzduchu celé budovy
- ovládaní objemu přívodu čerstvého vzduchu DCV
- snímače teploty a koncentrace CO2 v místnostech
- všechny zařízení připojené do centrálního řídicího systému
- vícestranné využitelná varianta při dispozičních změnách

ZÁPORY:
- méně efektivní vytápění oproti variantě č. 1 - teplý přiváděný vzduch vždy stoupá vzhůru ke stropu
- vznik kondenzátu a potřeba jeho odvodu
- zvýšená hlučnost od ventilátorů
- zvýšení odběru elektriky na pohon ventilátorů v jednotkách

5. Zhodnocení variant

Každá postavená budova je odlišná. Odlišná konstrukcí, umístěním, dispozicí a využitím. Pro každý typ budov jsou odlišné požadavky na vnitřní prostředí. Z toho důvodu navrhujeme vždy jedinečný systém technického zařízení. Vždy je lepší si vypracovat více vhodných variant a následně zvolit tu nejvhodnější. V počátcích je vždy třeba určit daná kritéria, dle kterých bude následně vyhodnocen a navrhnut výsledný systém.
V mém případě se mi rozhodně jeví výhodnějším a efektivnějším systém vytápění/chlazení použitý ve variantě č. 1 - kombinace sálavého stropního vytápění s přívodem čerstvého vzduchu pomocí vzduchotechnického potrubí. Sálavé stropní panely ohřívají povrchy nacházející se v místnosti, které následně ohřívají i okolní vzduch. Na rozdíl od druhé varianty, kde jsou všechny tepelné zisky / ztráty pokryty pouze přívodem vzduchu adekvátních vlastností pomocí vzduchotechnického potrubí a koncových distribučních prvků. V tomto případě jde o konvenční vytápění teplým vzduchem, který á tendence stoupat vzhůru. Především u vytápění teplým vzduchem dochází k nežádoucímu jevu - teplejší vzduch vždy stoupá vzhůru ke stropu a vytápění tak není tolik efektivní, protože teplý vzduch je odváděn do vrchních zón místnosti.

6. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo zpracování návrhu vytápění/chlazení administrativní budovy ve dvou variantách. V začátcích zpracovávání bakalářské práce jsem se seznámila s legislativními podklady pro návrh vytápění/chlazení pro administrativní budovy. V první řadě jsem určila největší tepelné ztráty pro zimní období, následně pak největší tepelné zisky v obdobím letním - vždy při plném obsazení budovy. Návrh systému byl proveden na maximální hodnoty, se kterými se v průběhu roku můžeme setkat. V průběhu roku budou však hodnoty vždy nižší.

Po vypočtení tepelných zisků jsem vyhodnotila jako největší producenty tepla eletrická zařízení a lidi. I přes to, že rekuperační jednotka bude v provozu i během letního období - bude předehřívat přiváděný vzduch - největší ztráty jsou právě ztráty větráním.

Pro obě varianty byl navrhnutý stejný systém vzduchotechnické jednotky s rekuperací. Cílem byla možnost, regulovat objem přiváděného vzduchu do místnosti dle aktuálních požadavků na přívod čerstvého vzduchu dle koncentrace CO2. To zajišťuje snímač koncentrace CO2 umístěný v každé místnosti, který kooperuje s inteligentně ovládanou klapkou v přívodním potrubí. Pomocí tohoto systému by bylo možné regulovat větrání například v nevyužitých či neobsazených místnostech a provozní náklady by tak mohly být sníženy.

V první variantě je zrdojem tepla dvojice kondenzačních plynových kotlů a zdrojem chladu střešní jednotka Hyperchill.
Ve variantě druhé byla navrhnuta kaskáda tří tepelných čerpadel vzduch - voda. Tepelná čerpadla jsou napojena na systém vytápění/chlazení pomocí trojcestných ventilů. Významnou výhodou tepelných čerpadel je fakt, že zhruba dvě třetiny potřebné energie jsou schopná získat z exteriérového vzduchu.

Ve variantě č. 1 se jednalo o vytápění/chlazení sálavými stropními panely umístěnými v podhledu a čerstvý vzduch byl distribuován přes menší vzduchotechnické potrubí. .
Ve variantě č. 2 byla teplota místnosti kompletně regulována pouze přívodem vzduchu pomocí vzduchotechnického potrubí.

Pro pokrytí časti tepelných zisků a případné snížení počtů čerpadel jsem navrhovala i akumulační zásobník

Pro variantu č. 1 byla zpracovaná výkresová dokumentace, která zobrazuje umístění, napoejní a funkčnosti jednotlivých systémů.

7. Literatura

[1] ČSN EN 73 5305. Administrativní budovy a prostory. Praha : Český normalizační institut, duben 2005.
[2] Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterém se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č.68/2012 Sb.
[3] JOKL M. V. : Zdravé obytné a pracovní prostředí. 1. vydání. Praha : Academia, 2002. 261s., ISBN 80-200-0928-0
[4] ZIKÁN, Z. :Oxid uhličitý – utajený nepřítel. Informační portál TZB-info [online].7.2.2011 [cit. 26.4.2013] http://vetrani.tzb-info.cz/vnitrni-prostredi/7132-oxid-uhlicity-utajeny-nepritel
[5] Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby. Sbírka zákonů ČR
[6] Vyhláška č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Sbírka zákonů ČR
[7] NOVÝ R. a kolektiv: Technika prostředí. skripta ČVUT v Praze: Praha, 2000. 265 s., ISBN 80-01-02108-4

[8] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Praha : Český normalizační institut, březen 2005.
[9] ČSN EN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha : Český normalizační institut, říjen 2011.
[10] Ing. Michal Duška, Ph.D., prof. Ing. František Drkal, CSc., Ing. Miloš Lain, Ph.D.: Tepelné zisky z vnitřních vybavení administrativních budov. Informační portál TZB-info [online].20.6.2005 https://vetrani.tzb-info.cz/vnitrni-prostredi/2566-tepelne-zisky-z-vnitrnich-vybaveni-administrativnich-budov
[11] Nařízení vlády Sb. zák. č. 361/2007, které se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Sbírka zákonů ČR
[12] ČSN EN 15251. Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, únor 2011.
[13] URBAN M. a kolektiv : Metodika bilančního výpočtu energetické náročnosti budov. metodická příručka ČVUT Praha : Ministerstvo průmyslu a obchodu, leden 2009.
[14] ČSN 73 0548. Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Praha : Český normalizační institut, duben 1985.