



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

NÁVRH CHLAZENÍ BYTU V PANELOVÉM DOMĚ

DESIGN OF COOLING SYSTEM IN APARTMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Gebauer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Pech, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Ondřej Gebauer**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Ondřej Pech, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

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 bakalářské práce:

Návrh chlazení bytu v panelovém domě

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

U podstřešního bytu, umístěného v panelovém domě z počátku 80. let minulého století dochází díky jeho poloze a orientaci prosklených ploch v letním období k přehřívání, kdy teploty v místnostech dosahují 28 – 30 °C.

Cíle bakalářské práce:

Provést literární rešerši chladících jednotek, pro konkrétní byt v panelovém domě určit tepelnou zátěž, navrhnout alespoň dvě varianty řešení chlazení a k nim zvolit vhodnou chladicí jednotku. Provést porovnání jednotlivých variant na základě posouzení nákladů na pořízení, montáž a roční provoz.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Praha: Český normalizační institut, 1986.

SZÉKYOVÁ, Marta. Větrání a klimatizace. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. ISBN 80-807-6037-3.

CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. Větrání a klimatizace. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901-5740-8.

JANOTKOVÁ, E. Technika prostředí. Brno: VUTIUM, 1991, 201 s. ISBN 802140258X.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se skládá z rešeršní části, která se zabývá rozdělením používaných chladicích systémů a popisem principu, jak fungují. Následující část se věnuje popisu daného bytu, pro který je uvažováno chlazení. Třetí část se zabývá výpočtem tepelných zisků získávaných od lidí, elektrických přístrojů, proudění z ostatních místností a slunečního záření. V závěru jsou ukázány tři varianty chlazení, jejich porovnání a zhodnocení.

Klíčová slova

Klimatizace, klimatizační jednotka, tepelné zisky, varianta, chladicí

ABSTRACT

Bachelor thesis is consisting of a part of the thesis, which deals with the distribution of used cooling systems and a description of how they work. The following section attend with the description of the flat for which cooling is envisaged. The third part deals with the calculation of heat gains derived from people, electrical appliances, flow from other rooms and solar radiation. The last section show three variants of cooling, their comparison and evaluation.

Key words

Air-conditioner, air condition unit, thermal gains, variant, cooling

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GEBAUER, O. *Návrh chlazení bytu v panelovém domě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 54 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ondřej Pech, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh chlazení bytu v panelovém domě** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

22. května 2019

Datum

Ondřej Gebauer

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Ondřej Pech, Ph.D. za cenné připomínky a věcné rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.

OBSAH

ÚVOD	13
1 Klimatizace	14
1.1 Ústřední klimatizační systémy	15
1.2 Klimatizační jednotky	15
1.2.1 Vzduchové systémy	15
1.2.2 Systémy kombinované	16
1.2.3 Systémy vodní	16
1.2.4 Chladivové systémy	17
2 Popis bytu	24
2.1 Dětský pokoj	25
2.2 Ložnice	26
2.3 Obývací pokoj	27
2.4 Kuchyně	29
3 Výpočet tepelné zátěže	30
3.1 Tepelné zisky od lidí	30
3.2 Tepelné zisky od technologie	30
3.3 Tepelné zisky vnitřními stěnami	31
3.4 Tepelné zisky podlahou	32
3.5 Tepelné zisky okny konvekci	32
3.6 Tepelné zisky sluneční radiace okny	33
3.7 Tepelné zisky vnějšími stěnami	40
3.8 Tepelné zisky stropem	40
3.9 Celkové tepelné zisky	41
3.10 Celkové tepelné zisky jednotlivých pokojů	42
3.11 Celkové tepelné zisky bytu	43
4 Volba klimatizační jednotky	45
4.1 Varianta 1 – Složitější multisplit systém	45
4.2 Varianta 2 – Singelsplit systém (2x)	47
4.3 Varianta 3 – Jednodušší multisplit systém	48
4.4 Porovnání variant	49
4.5 Zhodnocení	49
ZÁVĚR	51
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	52

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
SEZNAM PŘÍLOH	54

ÚVOD

Klimatizace se stávají, zejména v posledních letech více populární produkt na trhu. Dříve klimatizační jednotky byly dominantou spíše pro obchodní centra, kancelářské budovy, provozy továren a společenská centra jako jsou kina a divadla nebo v automobilech. Lidé je využívali hlavně z důvodu dlouhého vystavování nepříjemným teplotám. V dnešní době jsou klimatizace častěji instalovány do rodinných domů a bytů, a to zejména kvůli vyššímu komfortu.

Pro zvolení vhodné klimatizační jednotky do bytu je třeba znát tepelné zisky produkované lidmi, elektronickými přístroji a dále tepelné zisky od proudění z okolních místností a slunečního záření, které působí na zdi daného bytu a proudí skrz plochu okna.

Cílem práce je navrhnout vhodné varianty klimatizačních zařízení, které budou zvoleny na základě spočítaných tepelných zisků. Dále porovnat tyto varianty na základě nákladů na pořízení, montáž, roční provoz a údržbu, a vybrat lepší z variant a popsat důvody zvolené varianty.

1 Klimatizace

Klimatizace jsou dle [1] vzduchotechnická zařízení určená pro nucené větrání klimatizovaných prostor. Jejich hlavní úlohou je přivádět upravený vzduch, odvádět znečištěný vzduch (prachem, škodlivinami, zápachem apod.), odvádět tepelné zátěže a produkovanou vlhkost, kompenzovat tepelné ztráty a udržovat v budově potřebný tlak, aby se předešlo nežádoucí výměně vzduchu. Všechny uvedené úlohy a funkce zabezpečují klimatizační zařízení pomocí automaticky řízené činnosti klimatizačních jednotek a nezávisle na stavu vnějšího vzduchu.

Podle použití lze klimatizační zařízení rozdělit dle [2] na komfortní a průmyslová.

- Komfortní

Komfortní klimatizační zařízení zajišťují nejvýhodnější stav vnitřního ovzduší s ohledem na osoby pobývající v klimatizovaném prostoru. Klimatizace je nutná ve shromažďovacích a společenských místnostech (divadla, kina, obchodní domy) především pro odvod tepla a vlhkosti produkovanych lidmi. V dnešní době jsou komfortní klimatizace využívány zcela běžně v bytech i rodinných domech.

Mezi komfortní klimatizace může být zařazena klimatizace používaná v dopravních prostředcích.

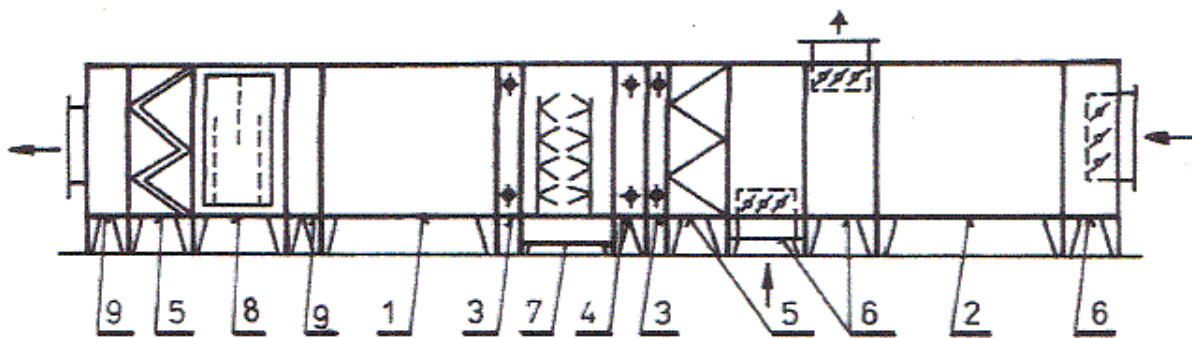
- Průmyslová

Průmyslová klimatizační zařízení upravují vzduch na stav požadovaný technologií výroby, která je nadřazena potřebám pohody prostředí člověka. Patří sem klimatizační zařízení pro výrobní provozy přesné mechaniky a optiky, pro provozy v textilním průmyslu, v elektrotechnickém průmyslu aj. [2].

Dle [2] se klimatizační systémy dělí na ústřední klimatizační systémy a klimatizační jednotky.

1.1 Ústřední klimatizační systémy

Ústřední systémy se skládají z ústřední klimatizační strojovny, potrubního rozvodu a případně dextrálních jednotek sloužících k dodatečné úpravě vzduchu v jednotlivých místnostech. Pro ústřední klimatizační systémy se v současné době používají téměř výhradně stavebnicová (sestavná) klimatizační zařízení tvořící blokové jednotky, většinou v plechovém provedení. Jednotlivé díly (tzn. filtrační, směšovací, ohřívací, chladicí, zvlhčovací, ventilátorový, tlumicí) jsou tvořeny skříněmi, které mají stejně přípojovací rozměry a mohou se jednoduchým způsobem spojovat (obr. 1.1.).



Obr. 1.1 Sestavné ústřední klimatizační zařízení

- 1- Ventilátorová komora průběžná, 2 – ventilátorová komora sací, 3 – ohřívací komora, 4 – chladicí komora, 5 – filtrační komora, 6 – klapková komora, 7 – vlhčicí komora, 8 – tlumicí komora, 9 – volná komora [2]

U velkých průmyslových objektů se používají také klimatizační zařízení vytvořená ze samostatných prvků umístěných do zděných komor klimatizační strojovny. Jsou vhodná pro velké vzduchové výkony. Přinášejí jisté úspory na vzduchotechnickém zařízení, zvyšují však stavební náklady. Dnes se používají jen zřídka, např. v textilním průmyslu. Jedná se o chlazení s výměnou vzduchu.

1.2 Klimatizační jednotky

Klimatizační jednotky jsou kompaktní zařízení obvykle skříňového provedení. Umisťují se do klimatizovaného prostoru, nebo do jeho těsné blízkosti. Používají se pro klimatizaci jednotlivých místností [2].

Klimatizační jednotky dělíme dle [3] na vzduchové systémy, systémy kombinované, systémy vodní a chladivové systémy.

1.2.1 Vzduchové systémy

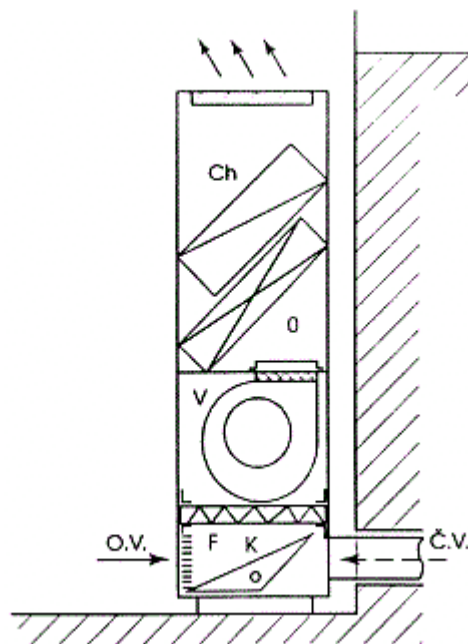
Vzduchové klimatizační systémy lze rozdělovat dle [2] podle rychlosti proudění vzduchu v hlavním rozváděcím potrubí na nízkotlaké (nízkorychlostní – do 12 m/s) a vysokotlaké (vysokorychlostní – až 25m/s). U nízkotlakých systémů se upravený vzduch přivádí potrubím přímo do klimatizované místnosti, kdežto u vysokotlakých systémů musí dojít k redukci tlaku. Vzduchové ústřední klimatizační zařízení se rozděluje dle [2] na nízkotlaká jednokanálová, nízkotlaká vícezónová, vysokotlaká jednokanálová a vysokotlaká dvoukanálová.

1.2.2 Systémy kombinované

Kombinované systémy vzduch-voda se používají v budovách s velkým počtem místností, v nichž se vyžaduje individuální regulaci a dále tam, kde hraje významnou roli tepelná zátěž od slunečního záření (např. mnohopodlažní administrativní budovy s velkým zasklením fasády) [2].

1.2.3 Systémy vodní

U vodních klimatizačních systémů jsou na rozvod vody připojeny podokenní klimatizační soupravy – klimakonvektory (obr. 1.6), které obsahují všechny základní prvky pro úpravu vzduchu, tj. filtr, ventilátor, ohřívač a chladič. Tyto soupravy pracují pouze s oběhovým vzduchem, nebo nasávají také venkovní vzduch otvory ve fasádě pod okny. V případě, že pracují jen s oběhovým vzduchem, je nutno místnost větrat samostatným větracím zařízením (někdy se vystačí s přirozeným větráním okny). Výměník může být společný (při přepínacím systému) pro vytápění a chlazení, nebo se používají dva výměníky – samostatný chladič a ohřívač[3]. Kromě podokenních provedení klimakonvektorů se vyrábí provedení podstropní, které bývá napojeno na centrální rozvod vzduchu.



Obr. 1.2 Podokenní klimakonvektor. K – klapka, F – filtr, V – ventilátor, O – ohřívač, Ch – chladič, č. v. – čerstvý vzduch, o. v. – oběhový vzduch [3]

Vodní systémy jsou levnější než vzduchové nebo kombinované (odpadají vzduchovody), a také provozní náklady jsou nižší, protože mohou být v provozu jen ty klimakonvektory, které jsou potřebné. Nevýhodou je větší hlučnost. Tyto systémy se dnes často používají místo systémů kombinovaných [3]. Vodní systém je vhodný zejména pro hotely a administrativní budovy [2].

1.2.4 Chladivové systémy

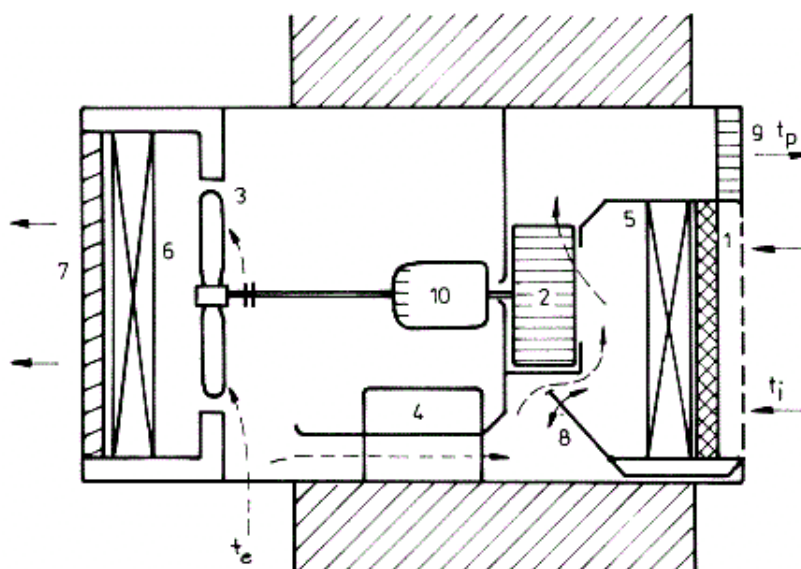
Chladivové systémy jsou určeny pro klimatizaci jednotlivých místností (laboratoří, výpočetních středisek, řídicích kabin, bytů aj.) [3]. Jedná se o chlazení bez výměny vzduchu.

Kompaktní klimatizační jednotky

Umísťují se buď přímo do klimatizované místnosti, nebo do její těsné blízkosti (s krátkým potrubím pro rozvod vzduchu). Jejich výhodou je, že jsou nezávislé na vnějších energetických zdrojích (kromě elektrické energie) [2].

- **Okenní klimatizátory**

Patří k nejmenším klimatizačním jednotkám. Mají vestavěné chladicí zařízení se vzduchem chlazeným kondenzátorem, který musí být umístěn vně místnosti. Mohou pracovat buď jen s oběhovým vzduchem, nebo s určitým podílem čerstvého vzduchu. Umísťují se do okna, nebo do venkovní stěny (obr. 1.7) [3]. Dle [1] chladicí výkon bývá 2 až 6 kW při průtoku vzduchu 450 až 800 m³/h. V provozu bývají hlučné [4].



Obr. 1.3 Okenní klimatizátor. 1 – filtr, 2 – radiální ventilátor, 3 – axiální ventilátor, 4 – chladicí kompresor, 5 – výparník, 6 – kondenzátor, 7 – žaluzie, 8 – klapka, 9 – vyústka, 10 – elektromotor [3]

- **Klimatizační skříně**

Jsou klimatizační zařízení skříňového tvaru, které rovněž obsahují všechny části běžných klimatizačních zařízení, většinou však bez zvlhčovače. Chladicí zařízení mají obvykle s vodou chlazeným kondenzátorem. Vytápění se někdy provádí elektrické, častěji však teplovodní (pak je nutné připojit jednotku na rozvod teplé vody v objektu) [2]. Dle [2] se chladicí výkon těchto zařízení pohybuje do 45 kW a objemový tok vzduchu do 3m³/s. V případě, že je v tomto typu jednotky zvlhčovač, jedná se o odpařovací nebo parní. V prostorech s velkou tepelnou zátěží od technologického zařízení (v řídicích pracovištích, počítačových sálech), které mají zdvojenou podlahu, se použijí klimatizační skříně s prouděním upraveného vzduchu shora dolů. Teplý vzduch je nasáván zpod stropu a upravený je přiváděn zdvojenou podlahou a podlahovými nebo velkoplošnými vyústkami do klimatizovaného prostoru [1].

- **Mobilní klimatizační jednotky**

Mají celý chladicí okruh ve skříni umístěné v klimatizované místnosti. Ke chlazení kondenzátoru se používá vzduch z klimatizované místnosti. Ten se z klimatizační jednotky odvádí ohebnou hadicí do vnějšího prostoru [3]. Výhodou mobilní klimatizace je jednoduchá instalace a snadné přemísťování. Bývá využívána např. v památkách. Jedná se o hlučnější typ klimatizační jednotky s nižší účinností a její další nevýhodou je nutnost vylévání nádoby s kondenzovanou vodou [5].



Obr. 1.4 Nástěnná jednotka [5]

- **Parapetní klimatizátor**

Zpravidla se umísťují pod oknem. Mají většinou chladicí zařízení s vodou chlazeným kondenzátorem. V poslední době se prosazuje oddělené chladicí zařízení se vzduchem chlazeným kondenzátorem. Výkon těchto klimatizátorů je poněkud větší než okenních [3]. Využívají se také soustavy s tepelným čerpadlem. Tyto soustavy se uplatňují zejména tam, kde některé místnosti je třeba chladit a jiné vytápět (např. přechodném ročním období oslunění některého průčelí budovy). Teplo získané v chlazených místnostech se tak převádí do vytápěných místností, čímž je dosaženo značných úspor energie [1].

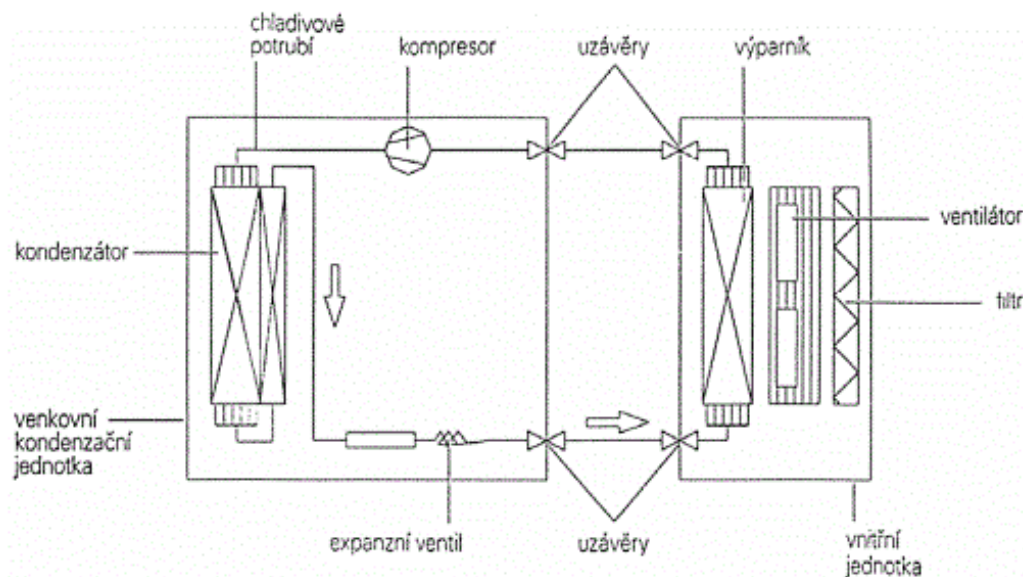
Dělené chladivové systémy

Dělené chladivové klimatizační systémy byly vyvinuty především pro komfortní chlazení pracující s cirkulačním vzduchem. V převážné většině tedy nezajišťují větrání. Pouze v některých aplikacích lze přívod čerstvého vzduchu realizovat přímo do vnitřní jednotky, např. nástěnné jednotky nebo kazetové jednotky.

Rozdělení dle typu systému:

- **Split systémy**

Mají výparník společně s ventilátorem a filtrem uložen ve vnitřní jednotce umístěné v klimatizované místnosti. Kondenzátor chlazený vzduchem, chladicí kompresor a expanzní ventil jsou uloženy ve venkovní jednotce. Jednotky jsou propojeny chladivovým potrubím. K ovládání chodu zařízení včetně nastavení teploty, která je automaticky udržována, slouží ovladače, které jsou nejčastěji dálkové. Split systémy jsou často konstruovány s možností reverzního chodu, kdy fungují jako tepelné čerpadlo. Tyto jsou vybaveny čtyřcestným ventilem. Venkovní jednotka se umísťuje na venkovní fasádě, nebo střeše objektu.



Obr. 1.5 Schéma split systému [3]

- **Multisplit systémy**

Jedná se o dělený chladivový systém, ke kterému můžeme připojit až 5 vnitřních jednotek. Každá vnitřní jednotka je s venkovní propojena samostatným chladivovým potrubím a může být řízena individuálně.

- **Multisplit systém s proměnným průtokem chladiva**

U těchto systémů je možné na jednu venkovní jednotku napojit až 64 vnitřních jednotek. Pro tento typ jednotky se také vžil název VRV (Variable Refrigerant Volume) systémy. VRV systém je řízen počítačem. Provoz tepelného čerpadla je zde samozřejmostí. V nejdokonalejší variantě umí i přečerpávat teplo z místnosti, kde je ho přebytek, do místnosti, kde je ho nedostatek. Současně mohou být některé jednotky v režimu chlazení a jiné v režimu topení. Je to velmi rozšiřující se systém [3].

Dále do této kategorie řadíme systémy VRF (Variable Refrigerant Flow). Jedná se o systém s proměnlivým tokem chladiva. Systém je řízen tak, aby bez ohledu na velikosti budovy měla každá vnitřní jednotka přesně takové množství chladiva, které v daný okamžik potřebuje [6].

Chladicí kapalina je rozváděna pomocí páteřního potrubí, ze kterého vedou odbočky k jednotlivým vnitřním jednotkám. Maximální délka potrubí chladiva k nejvzdálenější vnitřní jednotce může být až 150m [7].

Rozdělení dle typu vnitřní jednotky dle [8]:

- **Nástěnná jednotka**

Jedná se o jednotku, která je zavěšená na zdi v místnosti, která má být ochlazována. Veškerá připojení (elektrické připojení, Cu potrubí, kondenzát) se instalují nejčastěji za jednotku. Odvod kondenzátu od nástěnných jednotek se musí řešit samospádem, nebo kondenzátním čerpadlem, které není součástí jednotky. Tato jednotka má vyšší výkon než mobilní. Nástěnná jednotka je vhodná do bytu či domu, a to i z důvodu designu.



Obr. 1.6 Nástěnná jednotka [8]

- **Kazetová jednotka**

Jedná se o jednotku, která bývá umístěna v sádkartonových stropěch nebo v kazetových podhledech. Většinou je situována do středu ochlazované místnosti. Potrubí, kondenzát a elektrické připojení bývá umístěno ve stropě. Součástí jednotek je většinou i kondenzační čerpadlo. Kazetové jednotky jsou vyráběny ve dvou variantách, jednocestné a čtyřcestné – jedná se o počet směrů, kterými je ochlazený vzduch foukán. Výhodou těchto jednotek je vysoký výkon, tichý chod a schopnost ochladit větší prostory. Nejčastěji je využívána do kanceláří, restaurací a obchodů.



Obr. 1.7 Kazetová jednotka [8]

- **Podstropní jednotka**

Podstropní jednotka je instalována pod strop ochlazované místnosti. Příslušenství nutné k provozu (Cu potrubí, elektrické připojení a kondenzát) může být vedeno ve stropě nebo ve zdi. Hlavním přínosem této jednotky je chladicí výkon, který je vyšší než u mobilních jednotek, dále disponují tichým provozem a dobrou účinností. Je využívána především v technických prostorech, kde nám jde především o výkon.



Obr. 1.8 Podstropní jednotka [8]

- **Parapetní jednotka**

Jednotka se umísťuje na zeď ve vertikální poloze. Konstrukčním provedením se podobají podstropním jednotkám. Svým vzhledem připomínají radiátory. Často bývají využívány pro topení.



Obr. 1.9 Parapetní jednotka [8]

- **Kanálová jednotka**

Jedná se o zařízení, která jsou určena pro takzvanou neviditelnou instalaci. Tyto jednotky se montují třeba do mezistropů. Vzduch je přiváděn pomocí VZT potrubí. Jedná se o jednotku, která využívá výměnu vzduchu s okolím. Instalovány v místnostech s vysokými nároky na design.



Obr. 1.10 Kanálová jednotka [8]

- **Sloupová jednotka**

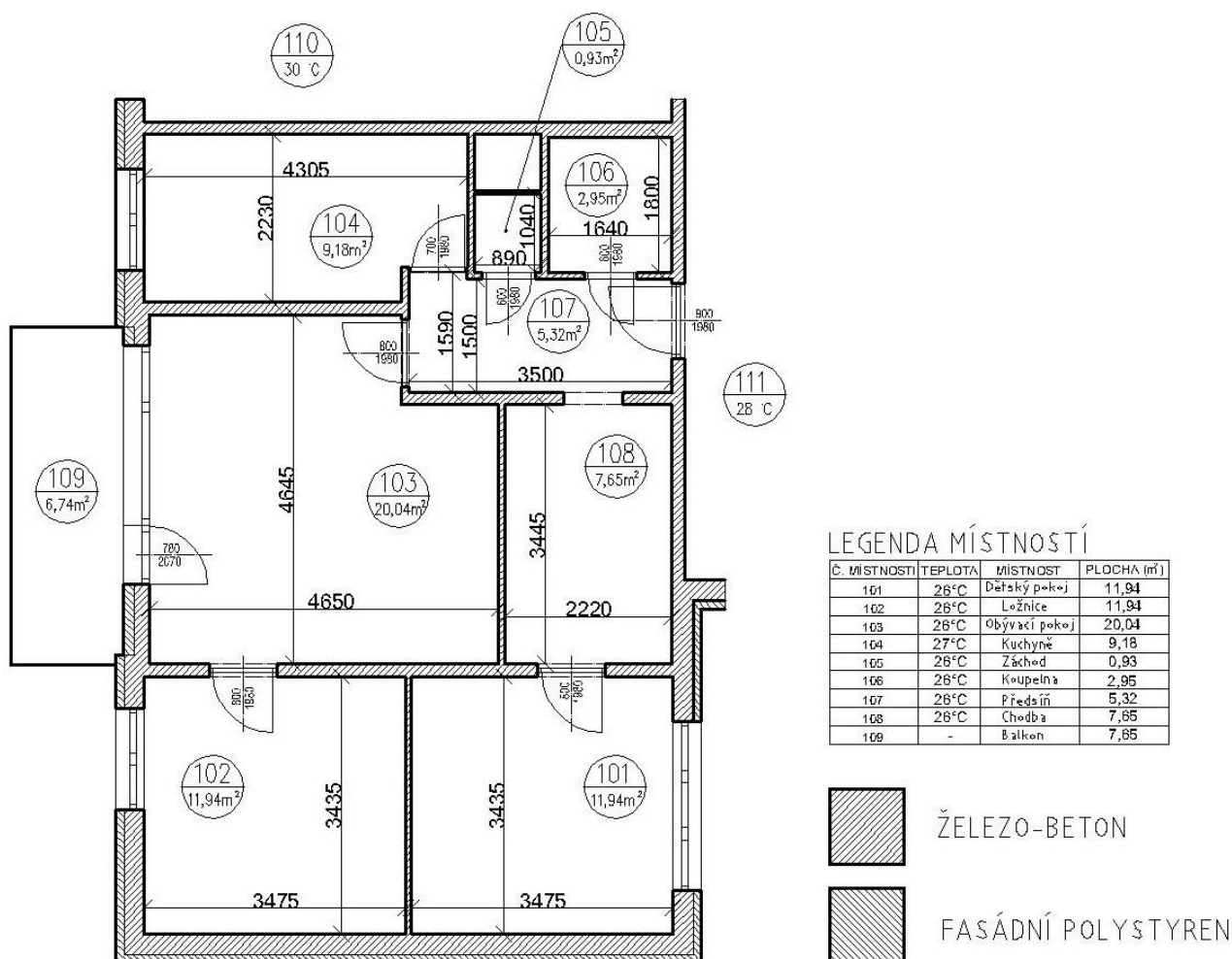
Hlavním využití v serverovnách a IT sálech s velkými tepelnými zisky [5][8].



Obr. 1.11 Sloupová jednotka [9]

2 Popis bytu

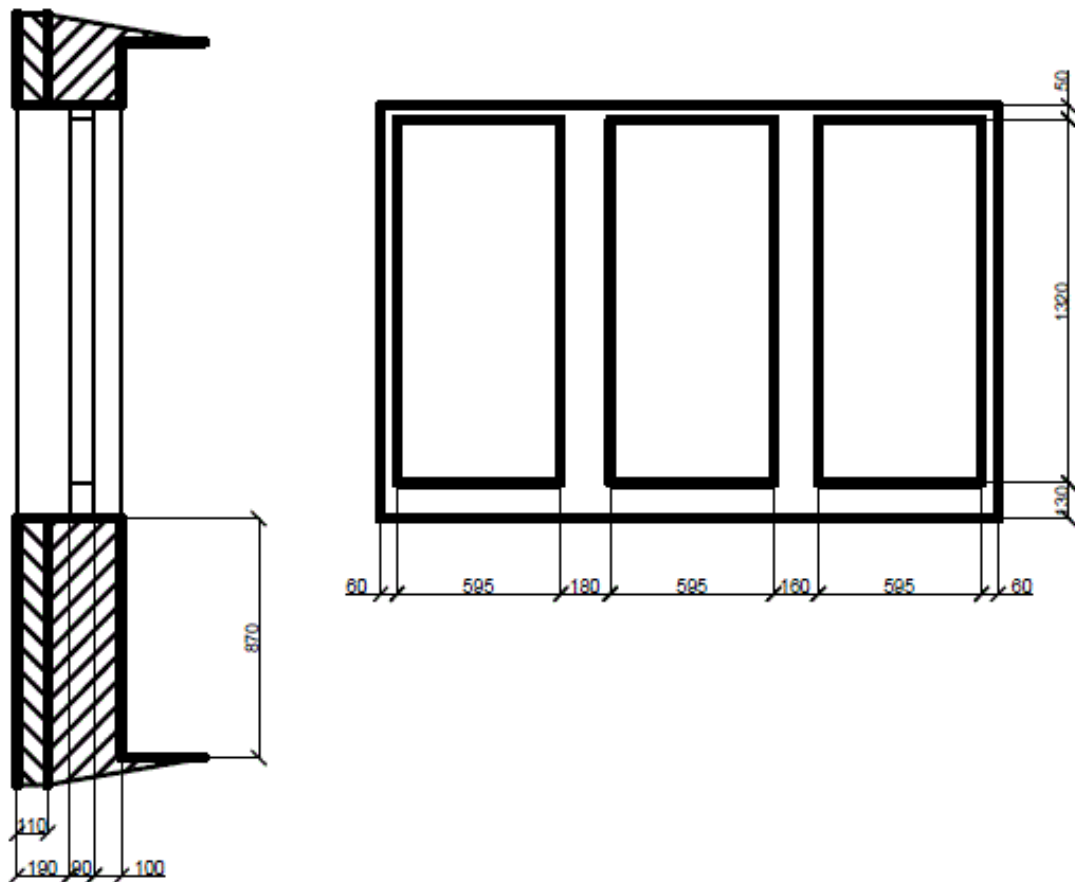
Byt se nachází v Brně ve čtvrti Lišeň na ulici Hochmanova 2. Jedná se o byt 3+1 viz obr 2.1. Plocha, pro kterou uvažujeme chlazení, je 53m² a zahrnuje dětský pokoj (101), ložnici (102), obývací pokoj (103) a kuchyni (104). V celém bytě jsou uvažována okna s plastovým 5 komorovým rámem s dvojsklem a vnitřní a vnější žaluzie. Mezera mezi skly je 16 mm. Okna jsou vsazená ve fasádě. Požadované osvětlení pro všechny místnosti je pouze přirozeným osvětlením. Předpokládaná doba chlazení je od 6:00 do 22:00 SELČ. Záporné zisky bytu uvažujeme až do -100 W.



Obr. 2.1 Půdorys bytu

2.1 Dětský pokoj

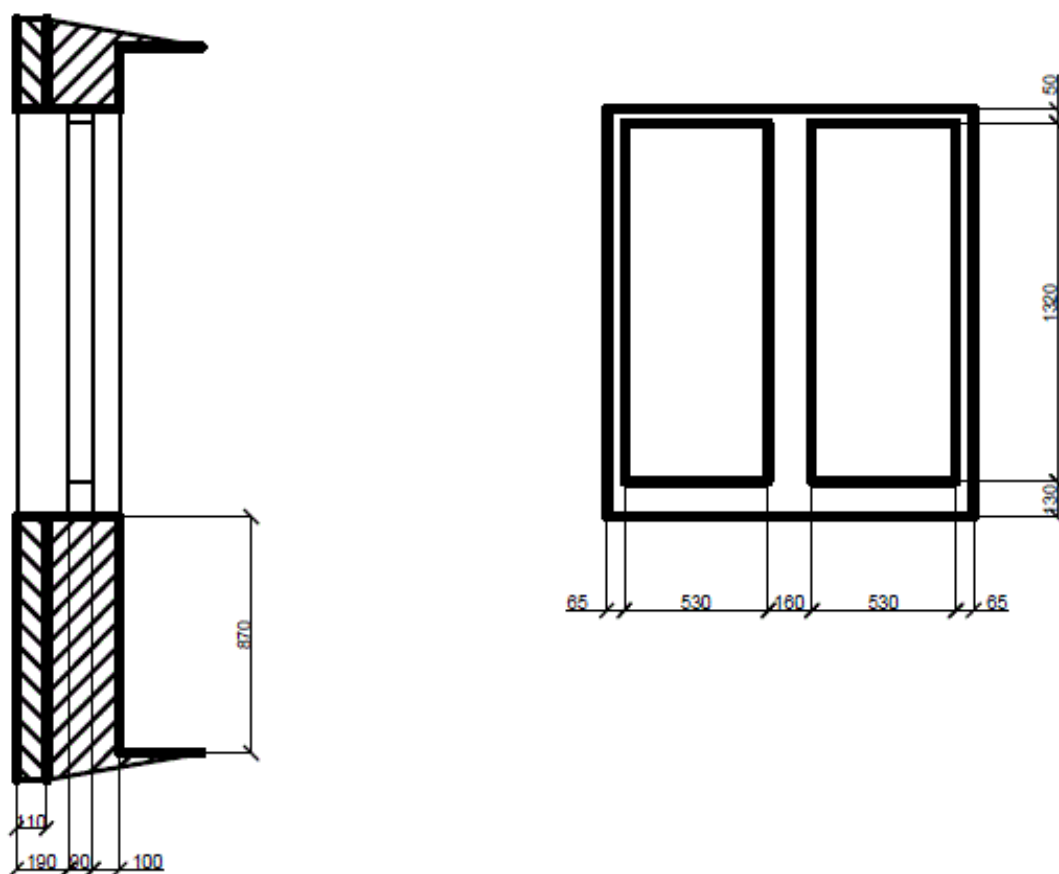
Jedná se o místnost obdélníkového půdorysu. Okno je situováno na východ a jeho velikost je viz. obr. 2.2. Požadovaná teplota v místnosti je 26°C. Předpokládaný počet osob v místnosti jsou dvě děti. Příkon elektrických strojů zahrnuje 1x LED televizi 32". Současnost chodu je 0,3.



Obr. 2.2 Vnější pohled okno dětský pokoj

2.2 Ložnice

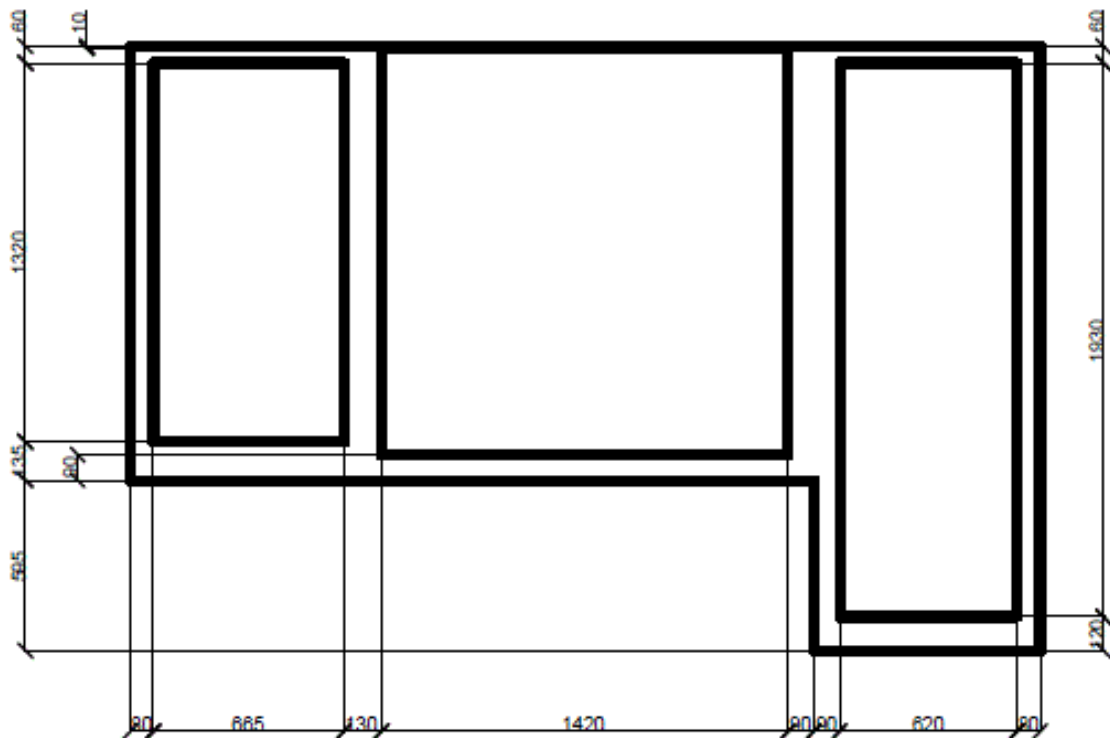
Jedná se o místnost obdélníkového půdorysu. Okno je situováno na západ a jeho velikost je viz. obr. 2.3. Požadovaná teplota v místnosti je 26°C. Předpokládaný počet osob v místnosti jsou jeden muž a jedna žena. Příkon elektrických strojů zahrnuje 1x LED televizi 32“. Současnost chodu je 0,3.



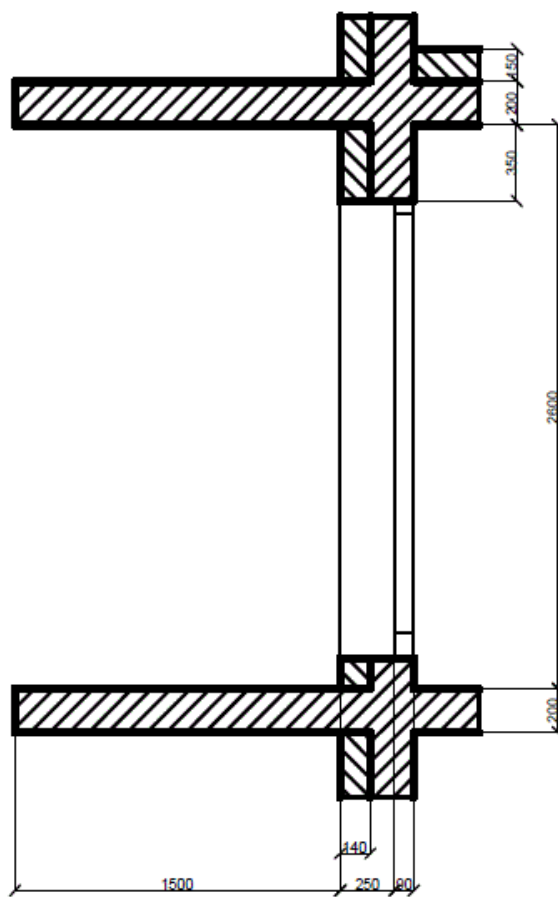
Obr. 2.3 Vnější pohled okno ložnice

2.3 Obývací pokoj

Jedná se o místnost s půdorysem tvaru L. Okno je situováno na západ a jeho velikost je viz. obr. 2.4. Požadovaná teplota v místnosti je 26°C. Předpokládaný počet osob v místnosti jsou jeden muž, jedna žena a dvě děti. Příkon elektrických strojů zahrnuje 1x plazmovou televizi 42". Současnost chodu je 0,6.



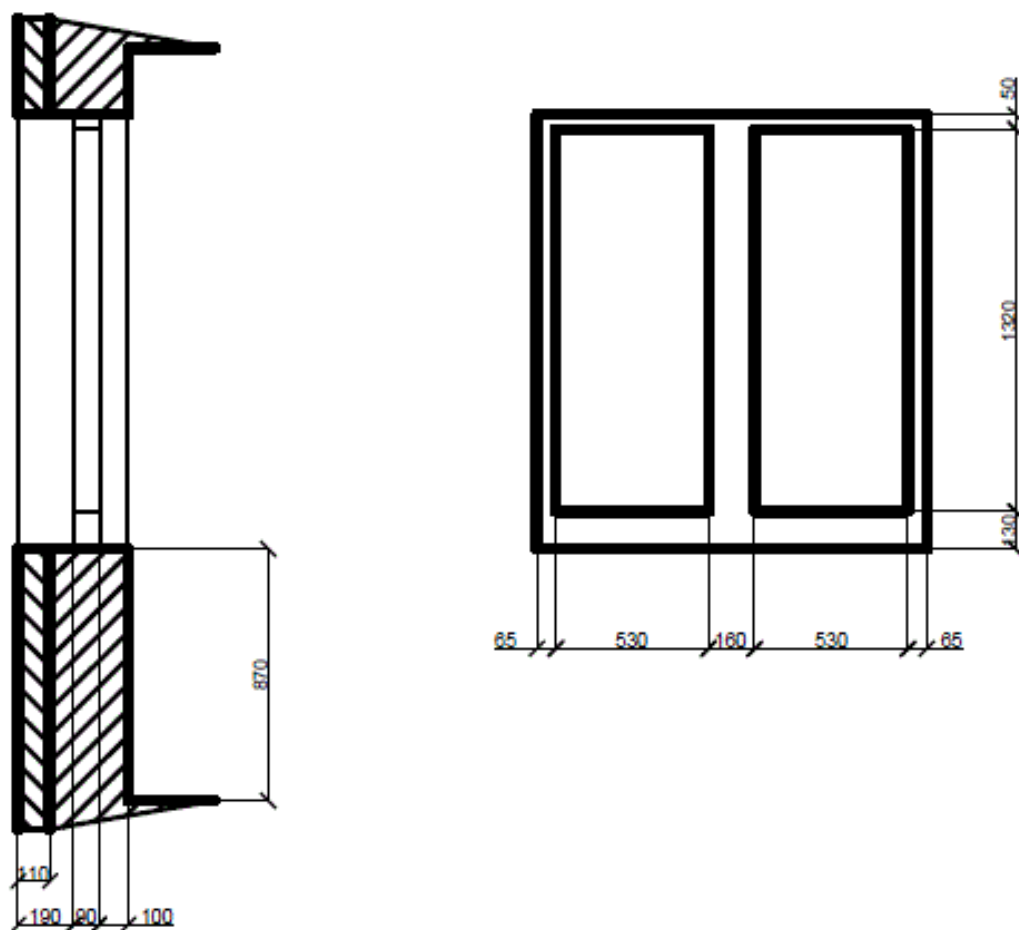
Obr. 2.4 Vnější pohled obývací pokoj okno



Obr. 2.5 Pohled okno v bokorysu

2.4 Kuchyně

Jedná se o místnost s půdorysem tvaru L. Okno je situováno na východ a jeho velikost je viz. obr. 2.5. Požadovaná teplota v místnosti je $27 \pm 1^\circ\text{C}$ (přípustné překročení této teploty o 1K). Předpokládaný počet osob v místnosti jsou jeden muž a jedna žena. Příkon elektrických strojů zahrnuje 1x LED televizi 24“, 1x lednice třídy A, 1x plynový vaříč čtyř plotýnkový s plynovou troubou. Současnost chodu je 0,2.



Obr. 2.6 Vnější pohled okno kuchyně

3 Výpočet tepelné zátěže

Jako modelový pokoj byl zvolen obývací pokoj. Výpočet se provádí pro slunný den 21. července. Všechny vzorce uvedeny v této kapitole jsou dle [4] a dle [10]. K výpočtu jsou využity údaje z kapitoly 2.

3.1 Tepelné zisky od lidí

$$\begin{aligned} Q_L &= i_m \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) + 0,85 \cdot i_z \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) + 0,75 \cdot i_d \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) \\ Q_L &= 1 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) + 0,85 \cdot 1 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) + 0,75 \cdot 2 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) \\ Q_L &= 207,7 \text{ W} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Kde:

Q_L	[W]	tepelné zisky od lidí
i_m	[-]	počet mužů
i_z	[-]	počet žen
i_d	[-]	počet dětí
t_i	[°C]	vnitřní teplota pokoje

3.2 Tepelné zisky od technologie

Tepelné zisky od elektrických zařízení

$$Q_e = c_1 \cdot c_3 \cdot \sum P \quad (3.2)$$

$$Q_e = 0,6 \cdot 0,1 \cdot 63 = 5,67 \text{ W}$$

Kde:

Q_e	[W]	tepelné zisky od technologie
c_1	[-]	součinitel současnosti chodu (dle zadání 0,6)
c_3	[-]	průměrné zatížení stroje, zvoleno : TV=0,1
P	[W]	výkon TV – 63W dle [11]

Tepelná zátěž od svítidel

Výpočty jsou uvažovány v době působení přirozeného osvětlení.

3.3 Tepelné zisky vnitřními stěnami

Tepelné zisky jsou uvažovány pouze pro stěnu společnou s kuchyní, protože v ostatních místnostech předpokládáme stejnou teplotu jako v obývacím pokoji.

$$Q = k \cdot S \cdot (t_k - t_i) \quad (3.3)$$

$$Q_{104} = 2,7478 \cdot 8,56 \cdot (28 - 26) = 48,15 \text{ W}$$

Kde:

Q_{1xx} [W] tepelné zisky vnitřními stěnami

k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] prostup tepla stěnou

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_z}{\lambda_z} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad (3.4)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,18}{1,58} + \frac{1}{8}} = 2,747 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

S [m^2] plocha stěny sousedící s kuchyní

t_k [$^{\circ}\text{C}$] vnitřní teplota kuchyně

t_i [$^{\circ}\text{C}$] vnitřní teplota obývacího pokoje

α_i [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] součinitel přestupu tepla na vnitřní stěně dle [10]

d_z [m] tloušťka železobetonu viz obr. 2.1

λ_z [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] součinitel tepelné vodivosti železobetonu dle [12]

3.4 Tepelné zisky podlahou

Byl zvolen vzorec pro tepelné zisky vnitřními stěnami viz 3.24.

$$Q = k \cdot S \cdot (t_k - t_i)$$
$$Q_{pod} = 2,4820 \cdot 22,44 \cdot (30 - 26) = 222,39 \text{ W}$$

Kde:

Q_{pod} [W] tepelné zisky podlahou

k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] prostup tepla stěnou

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_z}{\lambda_z} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad (3.5)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,20}{1,58} + \frac{1}{8}} = 2,4820 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-2}$$

S [m^2] plocha podlahy

t_k [$^{\circ}\text{C}$] vnitřní teplota pokoje pod obývacím pokojem

t_i [$^{\circ}\text{C}$] vnitřní teplota obývacího pokoje

α_i [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] součinitel přestupu tepla na vnitřní stěně dle [10]

d_z [m] tloušťka železobetonu viz obr. 2.1

λ_z [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] součinitel tepelné vodivosti železobetonu dle [12]

3.5 Tepelné zisky okny konvekci

$$Q_{ok} = k_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i) \quad (3.6)$$
$$Q_{ok} = 1,38.5,244 \cdot (29,1 - 26) = 22,43 \text{ W}$$

Kde:

Q_{ok} [W] tepelné zisky od lidí

k_o [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] součinitel prostupu tepla celého okna 1,38 dle [13]

S_o [m^2] plocha celého okna

t_e [$^{\circ}\text{C}$] venkovní teplota pro 17h

t_i [$^{\circ}\text{C}$] vnitřní teplota pokoje

3.6 Tepelné zisky sluneční radiace okny

Pro výpočet tepelných zisků sluneční radiace okny je třeba první spočítat vstupní parametry, jako intenzitu sluneční radiace a další. Proto jsou v této podkapitole první postupně spočítány tyto vstupní hodnoty a následně je vypočítána samotná hodnota tepelných zisků radiace okny.

Průběh teplot venkovního vzduchu

Hodnoty průběhu venkovní teploty mohou být spočítány dle vzorce (3.7), nebo mohou být použity hodnoty dle [10].

$$t_e = t_{e \max} - A \cdot [1 - \sin(15\tau - 135)] \quad (3.7)$$

$$t_e = 30 - 7 \cdot [1 - \sin(15 \cdot 17 - 135)] = 29,1^\circ\text{C}$$

Kde:

t_e	[°C]	průběh teplot venkovního vzduchu
A	[K]	amplituda kolísání teplot venkovního vzduchu, $A = 7 \text{ K}$ dle [10]
$t_{e \max}$	[°C]	maximální teplota v daný den: $t_{e \max} = 30^\circ\text{C}$
τ	[h]	sluneční čas – zvoleno 17h

Sluneční deklinace

Hodnota sluneční deklinace může být spočítána dle vzorce (3.8), nebo může být použita hodnota dle [10]

$$\delta = -23,5 \cdot \cos(30 \cdot M) \quad (3.8)$$

$$\delta = -23,5 \cdot \cos(30 \cdot 7) = 20,4^\circ$$

Výška slunce nad obzorem

Hodnota výšky slunce nad obzorem může být spočítána dle vzorce (3.9), nebo může být použita hodnota dle [10]

$$\sin h = 0,766 \cdot \sin \delta - 0,643 \cdot \cos \delta \cdot \cos(15\tau) \quad (3.9)$$

$$\sin h = 0,766 \cdot \sin 20,4^\circ - 0,643 \cdot \cos 20,4^\circ \cdot \cos(15 \cdot 17)$$

$$h = 25^\circ$$

Kde:

h	[°]	výška slunce nad obzorem
M	[-]	číslo měsíce (červenec = 7)
δ	[°]	sluneční deklinace
τ	[h]	sluneční čas – zvoleno 17h

Sluneční azimut

Hodnota slunečního azimutu může být spočítána dle vzorce (3.10), nebo může být použita hodnota dle [10]

$$\sin \alpha' = \frac{\sin 15^\circ \cdot \cos \delta}{\cos h} \quad (3.10)$$
$$\sin \alpha' = \frac{\sin(15 \cdot 16) \cdot \cos 20,4}{\cos 35}$$
$$\alpha' = -87,6^\circ$$
$$a = 360 + (-87,6) = 272,4^\circ \cong 272^\circ$$

Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků

$$\cos \theta = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \cdot \sin a \cdot \cos(a - \gamma) \quad (3.11)$$
$$\cos \theta = \sin 35^\circ \cdot \cos 90^\circ + \cos 35^\circ \cdot \sin 90^\circ \cdot \cos(272 - 270)$$
$$\theta = 25,1^\circ$$

Délka vodorovného stínu na okně

$$e_1 = d \cdot \operatorname{tg}(a - \gamma) \quad (3.12)$$
$$e_1 = 1,75 \cdot \operatorname{tg}(272 - 270) = 0,82 \text{ m}$$

Délka svislého stínu na okně

$$e_2 = c \cdot \operatorname{tg}(h) / \cos(a - \gamma) \quad (3.13)$$
$$e_2 = 0,25 \cdot \frac{\operatorname{tg}(25^\circ)}{\cos(272 - 270)} = 0,01 \text{ m}$$

t	[h]	sluneční čas
δ	[°]	sluneční deklinace
h	[°]	výška slunce nad obzorem
α	[°]	úhel mezi vodorovnou rovinou a stěnou na odvrácené straně slunce 90°
a	[°]	sluneční azimut
d	[m]	hloubka okna viz 2.4
c	[m]	hloubka okna vzhledem k horní stínící desce viz 2.4
γ	[°]	azimutový úhel normály pro okno $\gamma = 270^\circ$

Velikost osluněné plochy okna

$$S_{os} = [l_A - (e_1 - f)] \cdot [l_B - (e_2 - g)] \quad (3.14)$$

$$S_{os} = [1,5 - (0,01 - 0)] \cdot [3,55 - (0,82 - 0)] = 3,66 \text{ m}^2$$

Kde:

S_{os}	[m ²]	velikost osluněné plochy okna
l_A	[m]	výška okna
l_B	[m]	šířka okna
f, g	[m]	odstup svislé a vodorovné části okna od slunolamu
e_1	[m]	délka vodorovného stínu na okně
e_2	[m]	délka svislého stínu na okně

Intenzita přímé sluneční radiace

$$I_{DK} = I_0 \cdot \exp \left[-0,1 \cdot z \left(\frac{16000 - H}{\frac{16000 + H}{\sinh}} \right)^{0,8} \right] \quad (3.15)$$

$$I_{DK} = 1350 \cdot \exp \left[-0,1 \cdot 5 \left(\frac{16000 - 267}{\frac{16000 + 267}{\sin(25^\circ)}} \right)^{0,8} \right] = 511,76 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Intenzita přímé sluneční radiace na libovolnou plochu

$$I_D = I_{DK} \cdot \cos \theta \quad (3.16)$$

$$I_D = 511,76 \cdot \cos(25,1^\circ) = 464,47 \text{ W/m}^2$$

Kde:

I_{DK}	[W·m ⁻²]	intenzita přímé sluneční radiace
I_D	[W·m ⁻²]	intenzita přímé sluneční radiace na libovolnou plochu
I_0	[W·m ⁻²]	sluneční konstanta 1350 W/m ²
z	[-]	Linkeho součinitel znečištění atmosféry – zvolen z=5 dle [10]
H	[m]	výška nad mořem pro zvolený byt je 267m
h	[°]	výška slunce nad obzorem
θ	[°]	úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků

Intenzita difúzní sluneční radiace

$$I_d = \left[1350 - I_{DK} - (1080 - 1,4 \cdot I_{DK}) \cdot \sin^2 \frac{a}{2} \right] \cdot \frac{\sin h}{3} \quad (3.17)$$

$$I_d = \left[1350 - 511,76 - (1080 - 1,4 \cdot 511,76) \cdot \sin^2 \frac{90}{2} \right] \cdot \frac{\sin 25^\circ}{3} = 92,43 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Kde:

I_d	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	intenzita difúzní sluneční radiace
I_{DK}	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	intenzita přímé sluneční radiace
a	$[\circ]$	úhel mezi vodorovnou rovinou a stěnou na odvrácené straně slunce 90°
h	$[\circ]$	výška slunce nad obzorem

Propustnost standartního okna pro přímé sluneční záření

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100} \right)^5 \quad (3.18)$$

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{25,1}{100} \right)^5 = 0,87$$

Intenzita difúzní radiace procházející standartním oknem

$$I_{OKd} = T_{DO} \cdot I_d \quad (3.19)$$

$$I_{OKd} = 0,85 \cdot 92,43 = 78,57 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Celková intenzita slun. radiace procházející standartním oknem

$$I_{OK} = T_D \cdot I_D + I_{OKd} \quad (3.20)$$

$$I_{OK} = 0,87 \cdot 464,47 + 78,57 = 472,52 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Kde:

T_D	$[-]$	propustnost standartního okna pro přímé sluneční záření
θ	$[\circ]$	úhel mezi normálnou osluněného povrchu a směrem paprsků
T_{DO}	$[-]$	celková propustnost difúzní slun. radiace 0,85 dle [10]
I_{OKd}	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	intenzita difúzní radiace procházející standartním oknem
I_{OK}	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	celková intenzita slun. radiace procházející standartním oknem
I_D	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	intenzita difúzní sluneční radiace

Tepelné zisky okny radiací

Tepelné zisky okny mohou být zmenšovány pomocí žaluzií a dalších zastíňovacích prostředků, proto jsou zde tepelné zisky radiací okny spočítány pro nezastíněné okno a pro zastíněné okno pouze vnitřní, pouze vnější žaluzií a nakonec pro zastínění vnější i vnitřní žaluzií.

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_{ok} \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{OKd}] \cdot s_{os} \cdot s_s \cdot s_o \quad (3.21)$$

1. Varianta – bez vnitřních a vnějších žaluzií

$$Q_{or} = [3,66 \cdot 472,52 \cdot 1 + (5,24 - 3,66) \cdot 78,57] \cdot 0,9 = 1669,35 \text{ W}$$

2. Varianta – s vnitřními žaluziemi

$$Q_{or} = [3,66 \cdot 472,52 \cdot 1 + (5,24 - 3,66) \cdot 78,57] \cdot 0,56 \cdot 0,9 = 934,83 \text{ W}$$

3. Varianta – s vnějšími žaluziemi

$$Q_{or} = [3,66 \cdot 472,52 \cdot 1 + (5,24 - 3,66) \cdot 78,57] \cdot 0,13 \cdot 0,9 = 217,02 \text{ W}$$

4. Varianta – s vnějšími i vnitřními žaluziemi

$$Q_{or} = [3,66 \cdot 472,52 \cdot 1 + (5,24 - 3,66) \cdot 78,57] \cdot 0,56 \cdot 0,13 \cdot 0,9 = 121,59 \text{ W}$$

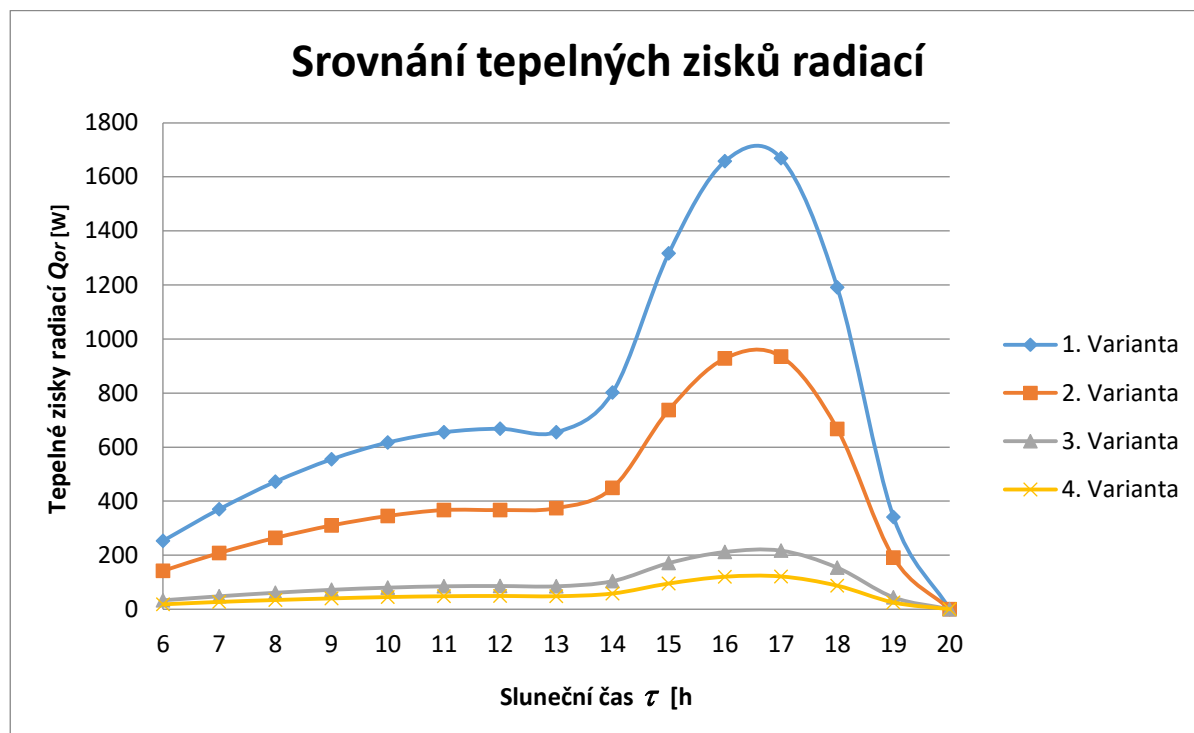
Kde:

S_{os}	$[\text{m}^2]$	velikost osluněné plochy okna
I_{ok}	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	celková intenzita slun. radiace procházející standartním oknem
c_o	$[-]$	korekce na čistotu atmosféry = 1 , středně čistá
S_o	$[\text{m}^2]$	plocha okna
I_{OKd}	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	intenzita difúzní radiace procházející standartním oknem
s_s	$[-]$	stínící součinitel vnitřních žaluzií 0,56 dle [10]
s_o	$[-]$	stínící součinitel vnějších žaluzií 0,13 dle [10]
s_{os}	$[-]$	stínící součinitel dvojskla 0,9 dle [10]

Tab. 3.1 Tepelné zisky okny radiací¹ obývacího pokoje v průběhu dne v závislosti na zastínění okna

Hodina [-]	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Varianta	253	370	472	555	617	655	668	655	802	1317	1658	1669	1191	341	0
2. Varianta	142	208	264	310	345	367	367	374	449	737	928	935	667	191	0
3. Varianta	33	48	61	72	80	85	86	85	104	171	212	217	154	44	0
4. Varianta	18	27	34	40	45	48	49	48	58	95	120	121	87	25	0

¹ Tepelné zisky okny radiací v tabulce 3.1 jsou uváděny v jednotkách Watt-W



Obr. 3.1 Graf porovnání tepelných zisků radiací

Pro celkové výpočty tepelných zisků je dále uvažována pouze 1. varianta a to z důvodu nejvyšších tepelných zisků.

Snížení zisků od osluněných oken

$$\Delta Q = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t \quad (3.22)$$

$$\Delta Q = 0 \text{ W}$$

Kde:

ΔQ	[W]	snížení zisků od osluněných oken
M	[Kg]	hmotnost obvodových stěn, bez vnější stěny podlahy a stropu
Δt	[°C]	přípustné překročení teploty v místnosti $\Delta t = 0$

Průměrné tepelné zisky během provozu

$$Q_{orm} = \frac{1}{n} \sum Q_{ori} \quad (3.23)$$

$$Q_{orm} = \frac{1}{16} \cdot (48 + 70 + 90 + 105 + 117 + 124 + 152 + 250 + 315 + 317 + 226 + 64)$$

$$Q_{orm} = 133W$$

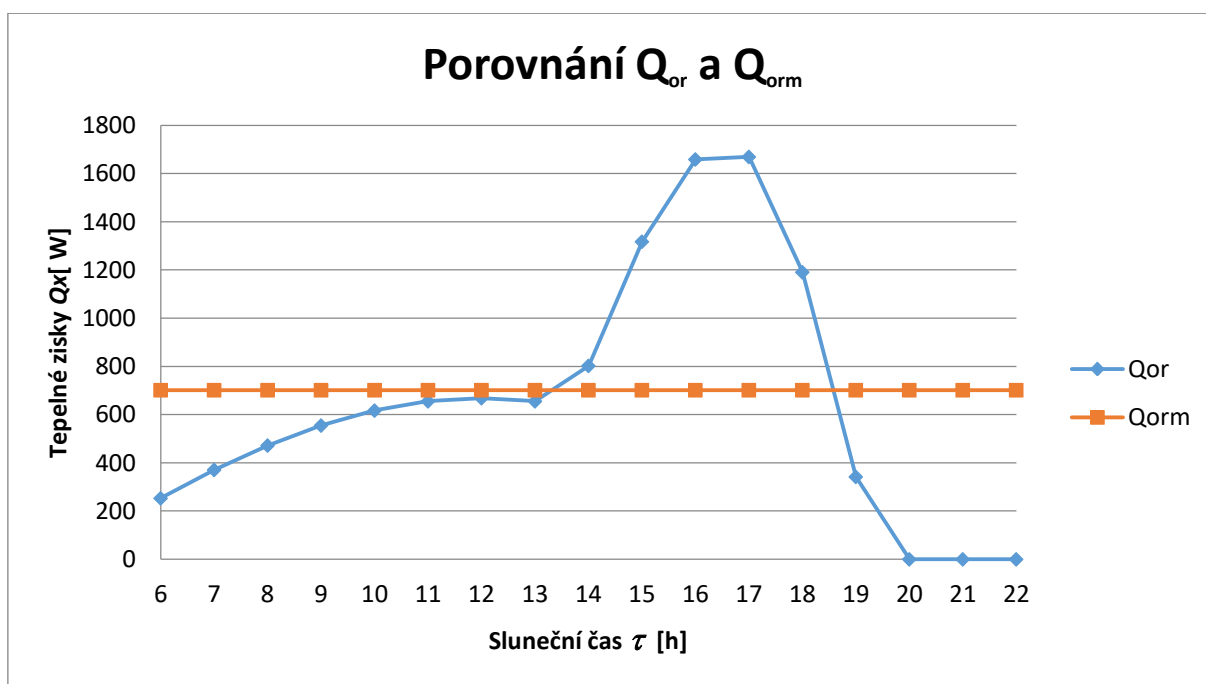
Kde:

Q_{orm} [W] průměrné tepelné zisky během provozu

n [-] počet hodin provozu

Q_{ori} [W] tepelný zisk sluneční radiací oknem v jednotlivé hodiny

Dle [10] bude dále uvažována za skutečný tepelných zisk od sluneční radiace větší z hodnot Q_{or} a Q_{orm} .



Obr. 3.2 Graf porovnání tepelných zisků Q_{or} a Q_{orm}

3.7 Tepelné zisky vnějšími stěnami

Byl zvolen vzorec pro středně těžké stěny (pro stěny o tloušťkách 0,08-0,45m). Pro ukázkou je uveden výpočet pro západní stěnu.

$$Q_s = k_z \cdot S_z [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] \quad (3.24)$$

$$Q_{západ} = 0,3233 \cdot 6,83 [(29,7 - 26) + 0,2234 \cdot (23,2 - 29,7)] = 4,97 \text{ W} \quad (3.25)$$

$$\psi = 32 \cdot \delta - 0,5$$

$$\psi = 32 \cdot 0,36 - 0,5 = 11,02 \cong 11 \text{ h}$$

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot \delta}{2500^\delta} \quad (3.26)$$

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot 0,36}{2500^{0,36}} = 0,2$$

3.8 Tepelné zisky stropem

Byl zvolen vzorec pro středně těžké stěny (pro stěny o tloušťkách 0,08-0,45m) viz 3.24.

$$Q_{strop} = 0,39 \cdot 3,55 [(29,7 - 27) + 0,2 \cdot (16,2 - 29,7)] = 50,67 \text{ W}$$

Kde:

$Q_{západ}$ [W]	tepelný zisk vnějšími stěnami
Q_{strop} [W]	tepelný zisk vnějšími stěnami
k_z [W·m ² ·K]	součinitel prostupu tepla venkovní stěny (západní)
S_z [m ²]	plocha západní stěny
t_{rm} [°C]	průměrná rovníocenná slun. teplota za 24 hodin dle [10]
t_i [°C]	vnitřní teplota
$t_{r\psi}$ [°C]	rovníocenná slun. teplota v době o ψ dřívější

$$\psi = 32 \cdot \delta - 0,5$$

$$\psi = 32 \cdot 0,35 - 0,5 = 10,7 \cong 11 \text{ h}$$

m [-]	součinitel zmenšení teplotního kolísání
---------	---

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

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot 0,36}{2500^{0,36}} = 0,2$$

δ [m]	tloušťka stěny viz obr. 2.4
--------------	-----------------------------

3.9 Celkové tepelné zisky

$$Q = \sum Q_i \quad (3.27)$$

$$Q = Q_L + Q_e + Q_{104} + Q_{pod} + Q_{ok} + Q_{or} + Q_{západ} + Q_{strop}$$

$$Q = 207,7 + 5,67 + 48,15 + 222,39 + 22,43 + 317,18 + 4,97 + 50,67 = 855 \text{ W}$$

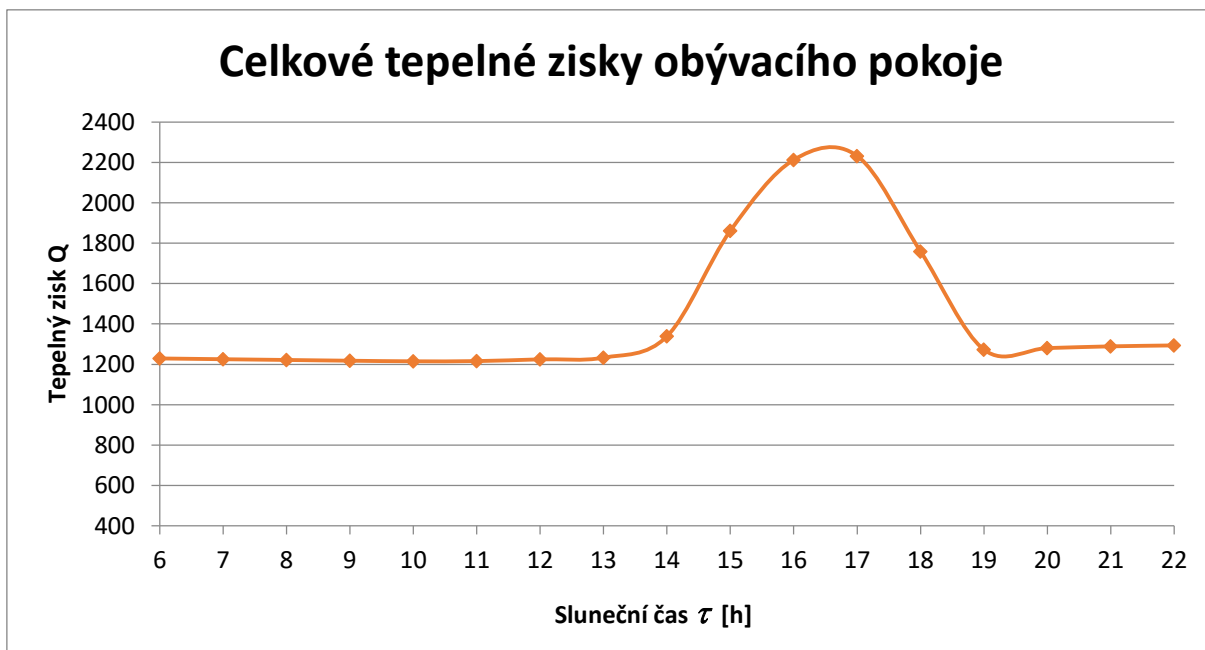
Kde:

Q	[W]	celkové tepelné zisky
Q_L	[W]	tepelné zisky od lidí
Q_e	[W]	tepelné zisky od technologií
Q_{104}	[W]	tepelné zisky vnitřními stěnami
Q_{pod}	[W]	tepelné zisky podlahou
Q_{ok}	[W]	tepelné zisky okny konvekci
$Q_{or(m)}$	[W]	tepelné zisky okny radiací (nebo průměrné tepelné zisky)
$Q_{západ}$	[W]	tepelné zisky západní stěnou
Q_{strop}	[W]	tepelné zisky stropem

Tab. 3.2 Tepelné zisky obývacího pokoje v průběhu dne

Hodina [-]	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tepelné zisky [W]	1229	1225	1222	1218	1215	1216	1225	1233	1339

Hodina [-]	15	16	17	18	19	20	21	22
Tepelné zisky [W]	1861	2212	2231	1759	1273	1281	1289	1294



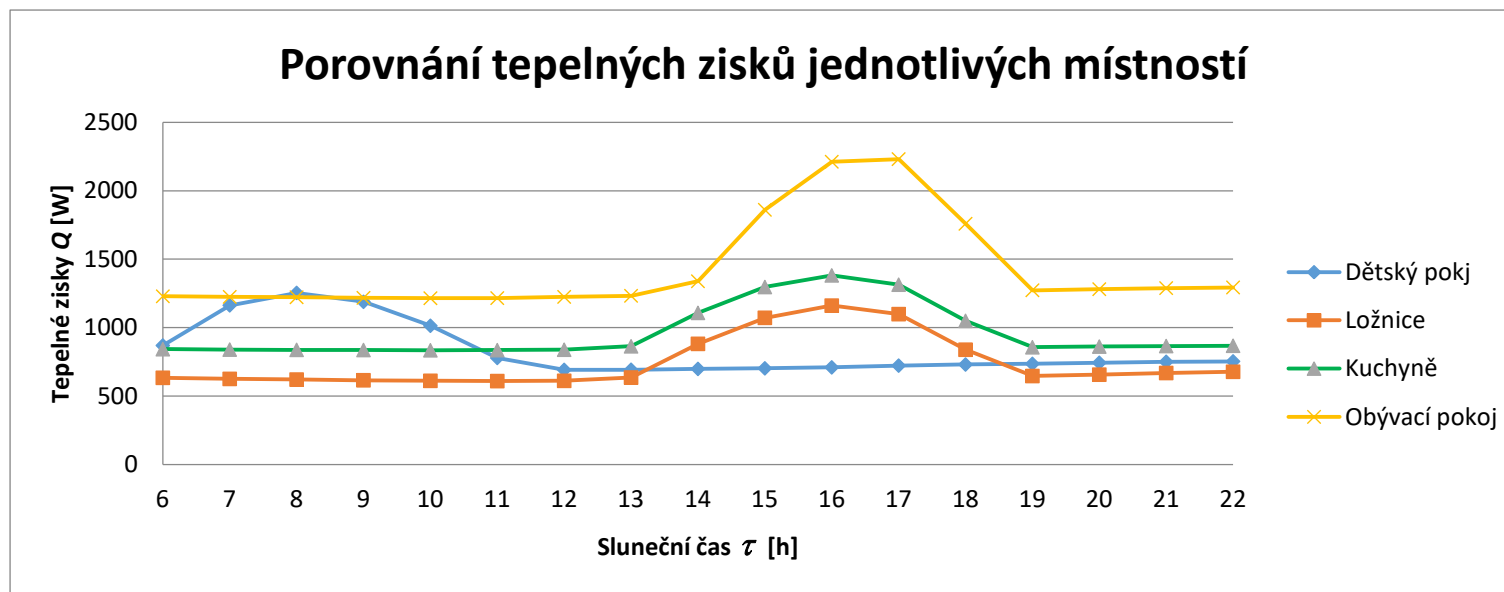
Obr. 3.3 Graf celkových tepelných zisků obývacího pokoje

3.10 Celkové tepelné zisky jednotlivých pokojů

Tepelné zisky jsou zde uvažovány s "Variantou 1" dle podkapitoly 3.6. (bez zastínění oken) a to z důvodu ukázky nejvyšších tepelných zisků.

Tab. 3.3 Tepelné zisky² jednotlivých pokojů v průběhu dne

Hodina [-]	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Dětský pokoj	870	1163	1254	1189	1014	779	692	693	699	703	710	723	731	736	744	751	754
Ložnice	634	626	621	616	612	610	612	636	882	1072	1161	1099	839	647	657	669	678
Kuchyně	843	840	838	837	835	836	839	864	1108	1297	1382	1314	1050	857	862	866	868
Obývací pokoj	1229	1225	1222	1218	1215	1216	1225	1233	1339	1861	2212	2231	1759	1273	1281	1289	1294



Obr. 3.4 Graf porovnání tepelných zisků jednotlivých místností v průběhu dne

² Tepelné zisky v tabulce 3.3 jsou uváděny v jednotkách Watt-W

Z tabulky 3.3 jsou patrné nejvyšší tepelné zisky pro jednotlivé pokoje v průběhu dne, dětský pokoj - 1254 W ložnice - 1161 W kuchyně - 1382 W obývací pokoj - 2231 W. Tyto hodnoty budou využity v další kapitole pro výběr vhodné vnitřní jednotky.

3.11 Celkové tepelné zisky bytu

Celkové tepelné zisky bytu jsou zaneseny do tabulky 3.4 a následně do grafu. Jsou zde porovnány jednotlivé varianty v závislosti na zastínění oken, kdy byly použity varianty z podkapitoly 3.6.

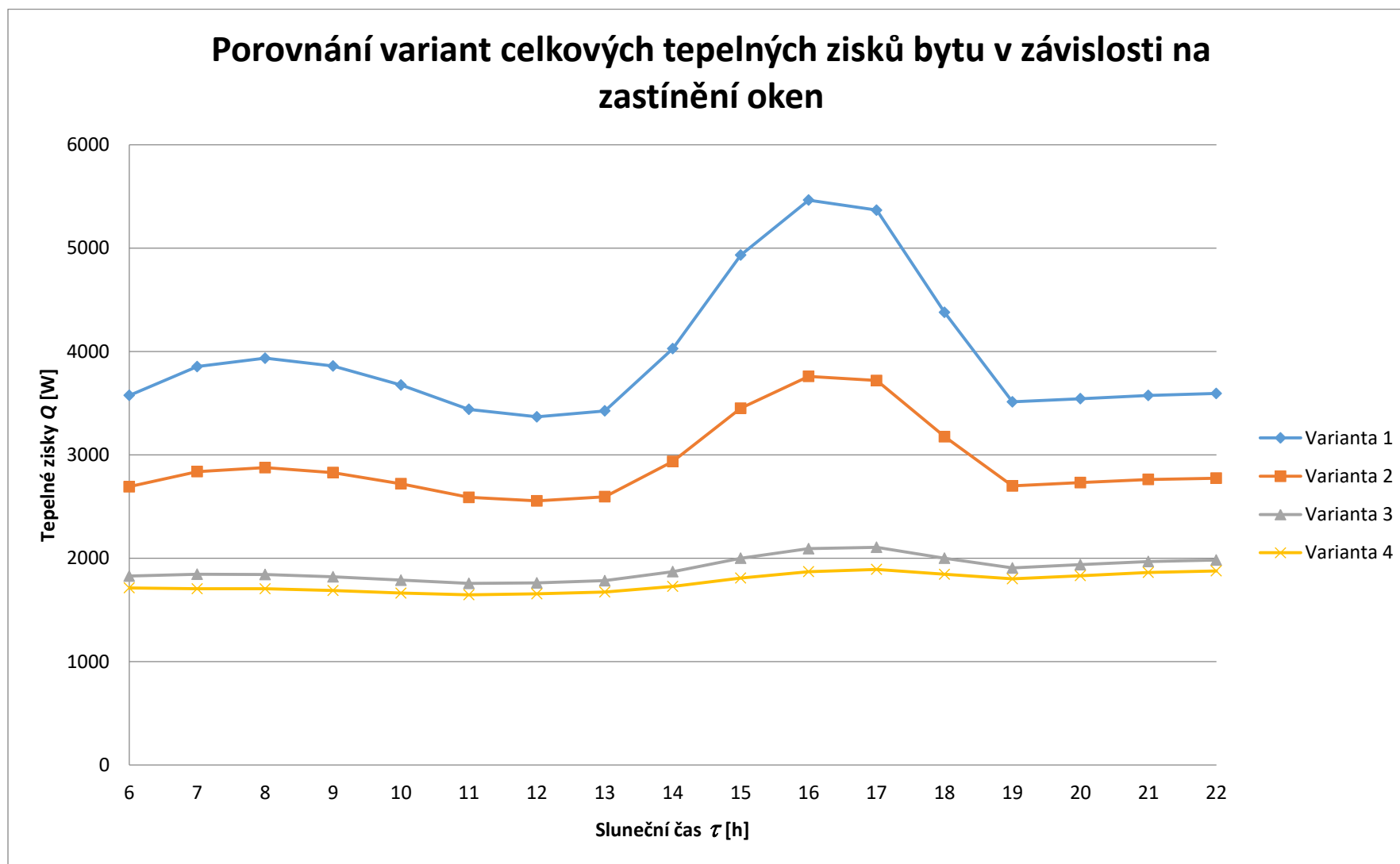
Tab. 3.4 Tepelné zisky³ bytu v průběhu dne v závislosti na zastínění oken

Hodina [-]	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Varianta 1	3576	3854	3935	3860	3676	3441	3368	3426	4028	4933	5465	5367	4379	3513	3544	3575	3594
Varianta 2	2692	2839	2877	2829	2721	2589	2555	2596	2937	3451	3760	3719	3176	2700	2732	2763	2775
Varianta 3	1828	1846	1843	1821	1788	1757	1762	1783	1871	2001	2093	2107	2001	1906	1938	1969	1983
Varianta 4	1714	1705	1705	1688	1663	1647	1656	1674	1728	1809	1871	1893	1845	1801	1832	1863	1878

Z tabulky 3.4 jsou patrné nejvyšší tepelné zisky pro celkový byt, 5465 W. Tato hodnota bude využita k výběru vhodné vnější jednotky popř. pro výběr vhodných vnějších jednotek.

Z tabulky 3.4 jsou patrné rozdíly v jednotlivých zastíněních, kdy rozdíly mezi "Varianta 3" (zastínění vnějšími žaluziemi) a "Varianta 4" (zastínění vnějšími i vnitřními žaluziemi) je minimální, což ukazuje, že kombinace vnitřních a vnějších žaluzií, co se tepelných zisků týká, je zbytečná.

³ Tepelné zisky v tabulce 3.4 jsou uváděny v jednotkách Watt-W



Obr. 3.4 Graf porovnání tepelných zisků jednotlivých místností v průběhu dne

4 Volba klimatizační jednotky

Na základě výpočtu tepelných zisků (viz 3. kap.) jsou v následující kapitole představeny a porovnány dvě varianty chlazení daného bytu včetně nákresu obsahujícího rozmístění vybraných jednotek. Dále je v této kapitole uvedeno zhodnocení autora o vhodnosti jednotlivých variant.

4.1 Varianta 1 – Složitější multisplit systém

V této variantě byl zvolen typ jednotky Multisplit, což v tomto konkrétním případě znamená jedna venkovní jednotka a čtyři vnitřní nástěnné jednotky. Byly zvoleny jednotky značky Sinclair – vnější jednotka Sinclair MS-E28AIN (obr 4.1), s výkonem chlazení 8 kW, a tři vnitřní jednotky Sinclair MS-H07AIZ (obr 4.2), s výkonem chlazení 2,1 kW, umístěny v ložnici (103)⁴, kuchyni (104) a dětském pokoji (101) a jednu vnitřní jednotku Sinclair MS-H12AISW PT (obr 4.3), s výkonem chlazení 2,6 kW, umístěnou v obývacím pokoji (103). Chladicí výkony jsou dle [14].



Obr. 4.1 Venkovní jednotka [14]



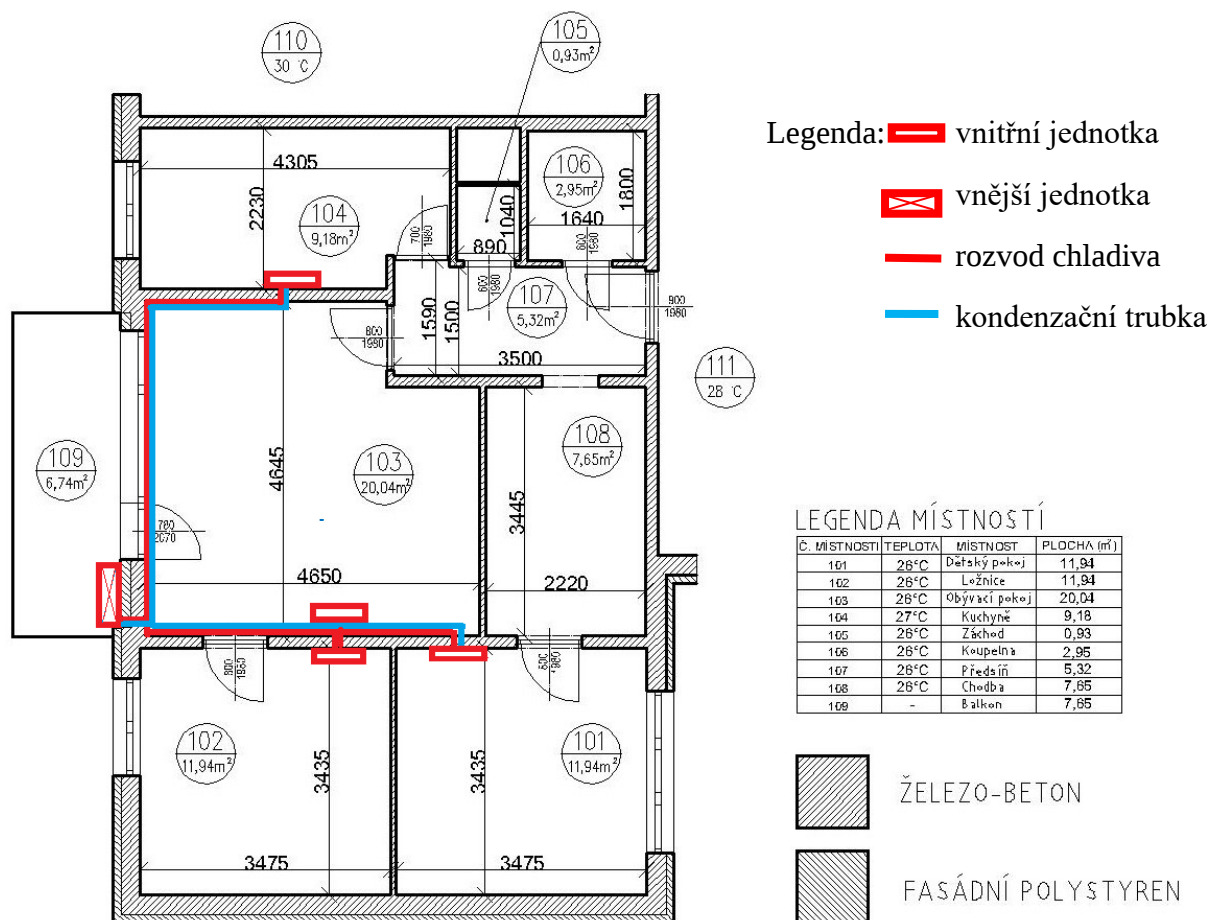
Obr. 4.2 Vnitřní jednotka (kuchyně, ložnice a dětský pokoj) [14]



Obr. 4.3 Vnitřní jednotka (obývací pokoj) [14]

Venkovní jednotka byla umístěna na venkovní fasádu na balkón, a to z důvodu dobrého přístupu při údržbě venkovní jednotky.

⁴ Číslo označuje o který pokoj se jedná viz obr. 4.4



Obr. 4.4 Varianta 1

4.2 Varianta 2 – Singelsplit systém (2x)

Ve variantě dvě byl zvolen typ jednotky Singelsplit. Budou uvažovány pouze dvě Singelsplit jednotky, jedna do obývacího pokoje a druhá do kuchyně. Do obou pokojů je uvažována stejná Singelsplit jednotka – GREE GWH09AAB-K6DNA4A s chladicím výkonem 2,5 kW dle [15].

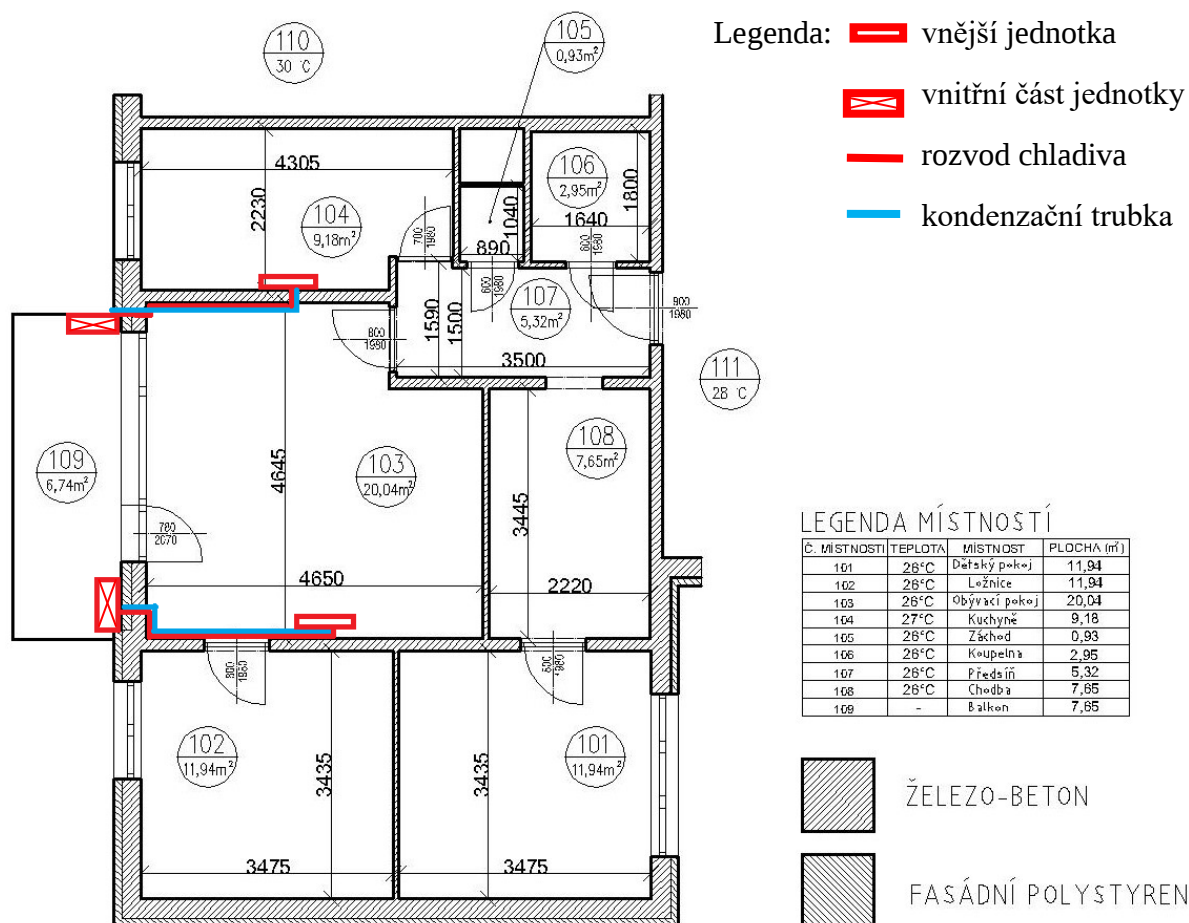


Obr. 4.5 Venkovní jednotka [15]



Obr. 4.6 Vnitřní jednotka [15]

Vnitřní část jednotky bude opět nástěnná (obr 4.6) a venkovní část (obr 4.5) jednotky bude umístěna na balkóně z důvodu jednoduché instalace a následné obsluhy viz obr 4.7.



Obr. 4.7 Varianta 2

4.3 Varianta 3 – Jednodušší multisplit systém

Jedná se o zjednodušenou verzi "Varianta 1 – Složitější multisplit systém", kdy je použita jedna vnější jednotka GREE GWH14NK6LO (obr 4.8) s chladicím výkonem 4,1 kW dle [15] a dvě vnitřní jednotky GREE GWH09AAB-K6DNA4A (obr 4.9) s chladicím výkonem 2,5 kW dle [15].

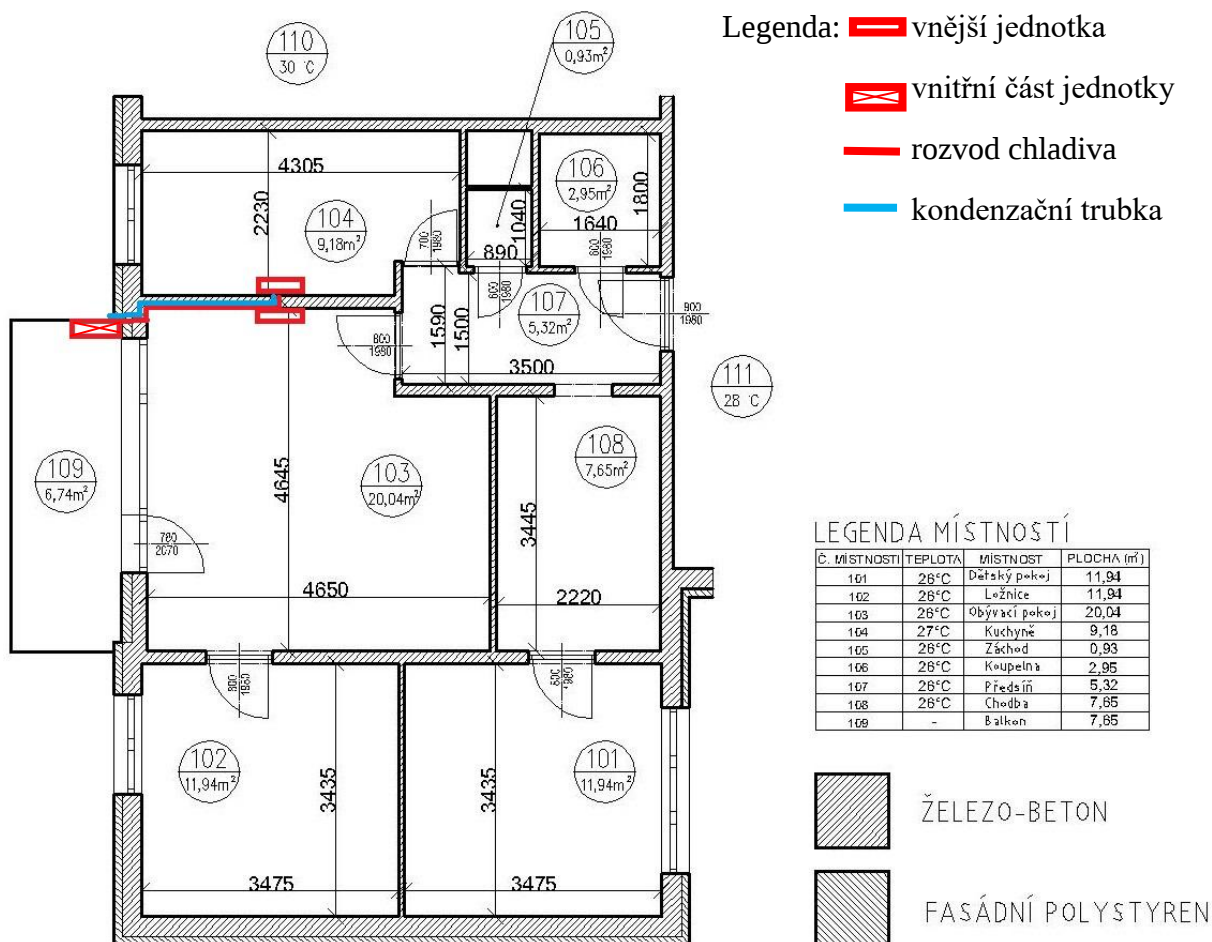


Obr. 4.8 Venkovní jednotka [15][15]



Obr. 4.9 Vnitřní jednotka [15]

Vnitřní jednotky budou opět nástěnné a venkovní část jednotky bude umístěna na balkóně z důvodu jednoduché instalace a následné obsluhy viz obr 4.10.



Obr. 4.10 Varianta 3

4.4 Porovnání variant

Tab. 4.1 Cenové srovnání jednotlivých variant

		Varianta 1		Varianta 2	Varianta 3	
Cena jednotek	vnější		41 793 Kč			25 800 Kč
	vnitřní	69 030 Kč	3x 6074 Kč 1x 9015 Kč	31 800 Kč	40 448 Kč	2x 7 324 Kč
Cena montáže		19 500 Kč		11 200 Kč	9 750 Kč	
Cena ročního provozu		10 800 Kč		7 200 Kč	6 800 Kč	
Cena roční údržby		4 300 Kč		2 500 Kč	1 900 Kč	

Cena jednotek zahrnuje pouze cenu jednotek dle [16].

Cena montáže zahrnuje samostatnou montáž, stavební práce, potřebné díly k namontování, kondenzační hadici a Cu potrubí. Cena byla konzultována s firmou zabývající se montáží chladících zařízení.

Cena ročního provozu zahrnuje spotřebu elektrické energie dle [17]. Spotřeba elektrické energie je předpokládána pro 120 dní.

Roční údržba byla opět konzultována s firmou zabývající se montáží chladících zařízení. Cena zahrnuje doplnění chladicí kapaliny včetně práce s doplněním související.

4.5 Zhodnocení

Varianta 1 (složitější multisplit systém) je složitější na provedení a dražší, ale zahrnuje chlazení všech pokojů, pro které byly počítány tepelné zisky. Výkon chlazení převyšuje tepelné zisky. To je dáno nižšími tepelnými zisky především v dětském pokoji, ložnici a částečně i kuchyni. Chladicí výkon venkovní jednotky je dostatečně velký (8,1 kW), protože byla zvolena jednotka z důvodu možnosti napojení čtyř vnitřních jednotek. Varianty venkovních jednotek s nižšími chladicími výkony nezahrnovali možnost napojení čtyř vnitřních jednotek.

Varianta 2 (2x singlesplit systém) je jednodušší na provedení a levnější. Tato varianta nezahrnuje chlazení všech místností, pro které byly počítány tepelné zisky. Umístění jednotek bylo zvoleno do místností s nejvyššími tepelnými zisky, obývací pokoj a z důvodu velkých nárazových tepelných zisků i kuchyně. Jelikož chladicí výkon převyšuje tepelné zisky z obývacího pokoje, mohl by tento chladicí výkon částečně kompenzovat tepelné zisky z ložnice prouděním přes otevřené dveře a v kombinaci s vnitřními žaluziemi. V dětském pokoji by nedocházelo k chlazení vůbec. Vzhledem k tomu, že v dětském pokoji jsou velké tepelné zisky zejména ráno, opět by to mohlo být řešeno pomocí vnitřních či vnějších žaluzií, které značně snižují tepelné zisky okny radiací viz 3.6, které tvoří největší složku celkových tepelných zisků. Mohla by být uvažována modifikace varianty 2, kdy by do dětského pokoje mohla instalována mobilní jednotka s maximálním chladicím výkonem 1,5 kW. Nevýhodou mobilní jednotky je nižší účinnost a hlučnost.

Nejvýhodněji se jeví Varianta 3 (jednodušší multisplit systém), která je jednodušší verzí "Varianta 1 – složitější multisplit systém". Co se pořizovacích nákladů týče je dražší než "Varianta 2 – singlesplit systém", ale roční provoz je levnější a zároveň bude jednodušší

a levnější roční údržba. V této variantě opět nedochází k chlazení dětského pokoje, což by opět mohlo být řešeno pomocí vnitřních žaluzií. Také nedochází k chlazení ložnice, kde by mohli být tepelné zisky sníženy vnějšími žaluziemi. Tato varianta včetně chlazení je doporučena autorem práce včetně doplnění o žaluzie v dětském pokoji a ložnici.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navržení vhodného typu chlazení pro zadaný byt na základě výpočtů tepelné zátěže a rešerší klimatizačních jednotek.

Na úvod byla vypracována rešerše klimatizačních jednotek s popisem jejich funkčnosti a vhodnosti. Na jejím základě byla ve čtvrté kapitole vybrána vhodná jednotka. V kapitole dvě jsou popsány všechny parametry zadaného bytu potřebné pro výpočty v další kapitole.

Následuje třetí kapitola, kde jsou zpracovány výpočty tepelné zátěže bytu. Ukázkový výpočet tepelné zátěže od jednotlivých zdrojů tepla (lidé, elektrické přístroje, okolní místnosti s vyšší teplotou a sluneční záření) byl proveden pro obývací pokoj. V rámci výpočtu tepelné zátěže radiací okny bylo provedeno srovnání čtyř různých variant zastínění okna. Nejmenší tepelná zátěž byla u varianty s kombinací vnitřních a vnějších žaluzií následována variantou pouze s vnějšími žaluziemi, dále varianta s vnitřními žaluziemi a nakonec varianta bez zastíněné vnějšími a vnitřními žaluziemi. Na základě výpočtů tepelné zátěže byla získány hodnoty nejvyšších tepelných zátěží (tzn. bez zastínění oken) pro jednotlivé pokoje (dětský pokoj – 1254 W, ložnice – 1161 W, kuchyně – 1372 W a obývací pokoj – 2231 W) a pro celý byt (5465 W). Podrobné výpočty tepelné zátěže pro jednotlivé pokoje jsou obsaženy v přílohách 1-4. V příloze 6 (Celkové tepelné zisky) jsou zobrazeny grafy, které popisují závislosti tepelných zátěží bytu v průběhu dne v závislosti na zastínění oken.

V poslední kapitole byly vytvořeny tři varianty chlazení, kde byly vybrány vhodné jednotky v závislosti na tepelných zátěžích z kapitoly 3. Varianty byly následně srovnány na základě ceny jednotek, montáže, ročního provozu a roční údržby. Nejlepší variantou byla vyhodnocena "Varianta 3 – jednodušší multisplit systém", která zahrnuje chlazení obývacího pokoje a kuchyně. Dále je doporučeno pořízení vnitřních žaluzií do dětského pokoje a vnějších žaluzií do ložnice.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SZÉKYROVÁ, M. – FERSTL, K. – NOVÝ, R.: *Větrání a klimatizace*, Bratislava: JAGA, 2006, 359 s., ISBN 80-8076-037-3
- [2] JANOTKOVÁ, E. *Technika prostředí*. Brno: VUTIUM, 1991, 201 s. ISBN 802140258X.
- [3] JANOTKOVÁ, E.: *Technika prostředí* [online]. [cit. 2018-05-20]. 2010 Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/technikaprostredi/SylabyTP6.pdf>
- [4] CHYLSKÝ, J. - HEMZAL, K.: *Technický průvodce: Větrání a klimatizace*, Třetí vydání, zcela přepracované. Praha: BOLIT, 1993, 560 s. ISBN 80-901576-0-8
- [5] Rozdělení klimatizace. *Nejklimatizace* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.nejklimatizace.cz/rozdeleni%20klimatizace.html>
- [6] Toshiba. *Toshiba klimatizace* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.toshiba-klima.at/cz/technicke-podrobnosti-vyrobkuvrf.html>
- [7] VRV systémy. [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.laka.cz/faq/vrv-systemy/>
- [8] Jak rozdělujeme klimatizace. *Splitová klimatizace* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.splitova-klimatizace.cz/jak-rozdelujeme-klimatizace.html>
- [9] Sloupová klimatizace. *Zahradajezek* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.zahradajezek.cz/sloupove-klimatizace/sloupova-klimatizace-tcl-tca-48fhra-u3/?gclid=CjwKCAiA_P3jBRAqEiwAZyWWaHUayb6MqYGdfc_4BonCHbWsNmYUCV29JqxfA2MUEi-zB8CVR0kTLhoCrM0QAvD_BwE
- [10] ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Praha: Český normalizační institut, 1986.
- [11] Datart. *Datart* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.datart.cz/index.html>
- [12] Katalog materiálu. *Tzb-info* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086_katalog.html
- [13] Součinitel prostupu tepla. *Oknaplastovaokna* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.oknaplastovaokna.cz/soucinitel-prostupu-tepla.html>
- [14] Sinclair produkty. *Sinclair-solutions* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.sinclair-solutions.com/cs/produkty/>
- [15] Klimatizace Gree. *Gree* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: http://www.gree.at/site/page/view/split_change
- [16] Klimatizace produkty. *Klimatizacedodomu* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.klimatizacedodomu.cz/>
- [17] Provoz klimatizace. *Klimatizace Hustopeče* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://klimatizace-hustopece.cz/clanek-na-blog-kolik-nas-stoji-provoz-klimatizace-lete/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Veličina	Jednotka
A	Amplituda kolísání teplot venkovního vzduchu	K
a	Sluneční azimut	°
c	Součinitel současnosti	-
c	Hloubka okna vzhledem ke stínící desce	m
d	Hloubka okna ve stěně	m
e	Délka stínu	m
f	Vzdálenost okna od svislých slunolamů	m
g	Vzdálenost okna od vodorovných slunolamů	m
h	Výška slunce nad obzorem	°
H	Nadmořská výška místa	m
I	Počet lidí	-
I	Intenzita sluneční radiace	$W \cdot m^{-2}$
k	Součinitel prostupu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
l	Délka	m
m	Součinitel zmenšení teplotního kolísání na vnitřním povrchu	-
M	Číslo měsíce	-
M	Hmotnost	Kg
n	Počet hodin v provozu	-
P	Výkon	W
Q	Tepelné zisky	W
s	Stínící součinitel	-
S	Plocha, povrch	m^2
t	Teplota	°C
T_D	Propustnost okna	-
z	Linkeho součinitel znečištění atmosféry	-
α	Součinitel přestupu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
α	Úhel stěny s vodorovnou rovinou	°
δ	Deklinace	°
γ	Azimutový úhel normály stěny	°
λ	Součinitel tepelné vodivosti	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
θ	Úhel mezi normálou povrchu a směrem slunečních paprsků	°
τ	Sluneční čas	h
Ψ	Fázové posunutí teplotních kmitů při prostupu tepla stěnou	h

SEZNAM PŘÍLOH

- 1 Výpočet tepelné zátěže dětský pokoj
- 2 Výpočet tepelné zátěže ložnice
- 3 Výpočet tepelné zátěže kuchyň
- 4 Výpočet tepelné zátěže obývací pokoj
- 5 Srovnání variant stínění
- 6 Celkové tepelné zisky