

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav techniky prostředí



Větrání a klimatizace rodinného domu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Ondřej Balihar

1-IB-2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Balihar** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **467388**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Inteligentní budovy**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Větrání a klimatizace rodinného domu

Název diplomové práce anglicky:

Air-Conditioning and Ventilation of a Family House

Pokyny pro vypracování:

Zabývejte se návrhem větrání a klimatizace zadaného rodinného domu. Vypočítejte tepelné ztráty a zisky, navrhnete větrání a klimatizaci ve více variantách. Porovnejte jednotlivé varianty.

Seznam doporučené literatury:

Chyský, J.; Hemzal, K. a kol. Větrání a klimatizace. Technický průvodce. BOLIT ? B press, Brno 1993. ISBN 80-901574-0-8. Nařízení komise (EU) č. 1253/2014 ze dne 7. července 2014, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign větracích jednotek.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Miloš Lain, Ph.D., ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **04.07.2021**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Miloš Lain, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci s názvem: „Větrání a klimatizace rodinného domu“ vypracoval samostatně a použil jsem k tomu pouze zdroje uvedené na konci práce, a to v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským.

V Praze dne:

.....
Bc. Ondřej Balihar

Poděkování

Děkuji Ing. Miloši Lainovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce a za podnětné návrhy, které ji obohatily.

Bc. Ondřej Balihar

Název práce: Větrání a klimatizace rodinného domu
Autor: Bc. Ondřej Balihar
Obor: Inteligentní budovy
Druh práce: Diplomová práce
Vedoucí práce: Ing. Miloš Lain, Ph.D.
Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní, České vysoké učení
technické v Praze

Konzultant: —

Abstrakt: Výsledkem diplomové práce je porovnání způsobů úpravy vnitřní teploty rodinného domu za účelem zlepšení vnitřního klimatu v letním období. Navrhované systémy chlazení a stínící techniky jsou porovnány na základě provozu a investičních nákladů. Současně je uvažován provoz v zimním období a následně je porovnávána změna tepelné zátěže při změně rozměrů prosklených ploch.

Klíčová slova: chlazení, noční chlazení, tepelné zisky, tepelná zátěž, větrání, stínění, Multisplit, tepelné čerpadlo, prosklení

Title: Air-Conditioning and Ventilation of a Family House

Author: Bc. Ondřej Balihar

Abstract: The result of the diploma thesis is a comparison of ways to adjust the internal temperature of a family house in order to improve the indoor climate in the summer. The proposed cooling systems and shading techniques are compared on the basis of operation and investment costs. At the same time, operation in the winter period is considered and subsequently the change in heat load is compared when the dimensions of glazed surfaces change.

Key words: cooling, night cooling, heat gains, heat load, ventilation, shielding, Multisplit, heat pump, glazing

Obsah

Úvod.....	7
Kapitola 1 Teoretická část	8
1.1 Stínění.....	8
1.2 Klimatizační a chladicí systémy	12
1.2.1 Způsoby větrání.....	12
1.2.2 Pasivní chlazení.....	19
1.2.3 Chladivové systémy	22
1.2.4 Vzduchové systémy	25
1.2.5 Vodní systémy.....	26
1.2.6 Kombinované systémy	28
Kapitola 2 Praktická část	30
2.1 Rodinný dům	30
2.2 Tepelná zátěž a tepelné ztráty.....	32
2.3 Stínění.....	38
2.4 Klimatizační a chladicí systémy	42
2.5 Velikost prosklení.....	48
Závěr	54
Citovaná literatura a použité zdroje	56
Seznam zkratk	62
Příloha A Koncept rodinného domu v Hradci Králové	64
Příloha B Průběh tepelné zátěže pro jednotlivé místnosti.....	67
Příloha C Klimatizační jednotky v půdorysu	69

Úvod

Součástí diplomové práce je projekt rodinného domu, který byl realizován v Hradci Králové. Na základě normy ČSN 73 0548 [1] pro výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor jsou navrženy nejčastěji používané možnosti pro snížení tepelných zisků v rodinném domě a zajištění tepelné pohody.

V letním období jsou tepelné zisky nežádoucí, jelikož dochází ke snižování tepelné pohody. Vlivem globálního oteplování a zvětšování prosklení je stále častěji kladen důraz na snižování tepelné zátěže budovy, jinak dochází k přehřívání místností. Úprava teploty je zajišťována umístěním stínících prvků anebo instalováním chladicího systému.

Jednotlivé návrhy chladících systémů a stínění jsou porovnávány v závislosti na pořizovacích nákladech realizace a podle vhodnosti použití v rodinném domě. Do ekonomické náročnosti jednotlivých variant jsou započítány náklady na pokrytí tepelných ztrát. Pro porovnávání byly zvoleny stínící prvky, chlazení multisplit systémem a chlazení tepelným čerpadlem. Jednotlivé návrhy jsou následně porovnávány v závislosti na zvětšujícím se prosklení.

Kapitola 1 Teoretická část

1.1 Stínění

Stínící prvky slouží k eliminaci tepelných zisků rodinného domu v letním období. Stínění se uplatňuje na každé prosklené ploše domu, která je během dne osluněna. Základní rozdělení je na stínění vnější (Obr. 1) a vnitřní (Obr. 2). Dle stále se více zpřísňujících podmínek na konstrukci budovy, nacházejí v rodinných domech uplatnění hlavně vnější stínící prvky, které dříve nebyly třeba. Dnešní doba již nabízí veliký výběr jednotlivého stínění a různé úrovně automatizace.



Obr. 1: Vnější žaluzie (vlevo) a rolety (vpravo) [2].

Jako vnitřní stínění jsou používány žaluzie, závěsy, záclony nebo rolety. Vnitřním stíněním je zamezováno dopadu přímých slunečních paprsků do osluněných místností a snížení tvorby odlesků, které jsou nežádoucí například na obrazovce televizoru nebo monitoru u PC. Závěsy pomáhají k zatemnění, které člověk potřebuje ke klidnému spánku. Použití vnitřních stínících prvků se neuplatňuje při snižování tepelných zisků, i když například žaluzie nastavené tak, aby odrážely nejvíce slunečních paprsků, ale zároveň propouštěly dostatek nepřímého světla, mohou tepelný zisk snížit, avšak stále dochází k ohřevu vzduchu v prosklené místnosti. Ohříváný vzduch se nachází právě mezi prosklenou částí místnosti a samotnou žaluzií.



Obr. 2: Použití vnitřních žaluzií [3].

Vnější stínící prvky jsou umísťovány na prosklené části rodinného domu, nebo v jejich blízkém okolí. Stínící prvky umístěné na prosklené části jsou rolety a žaluzie. V okolí prosklených částí obálky budovy se umísťují markýzy, slunolamy a přístřešky. Pro každou místnost se může použít jiný způsob stínění, protože každá místnost slouží pro svůj specifický provoz a je tedy požadováno různé množství světla. Vnější stínění umístěné přímo na prosklené části obálky budovy v letním období snižuje tepelnou zátěž místnosti a v zimním období naopak působí izolačně v nočních hodinách. Stínící prvky v podobě markýz, slunolamů nebo přesahů střech jsou navrhovány tak, aby v letním období poskytovaly přes den stín, a současně v zimním období, kdy je slunce níže, zabraňovaly snižování tepelných zisků od oslunění.



Obr. 3: Nalevo horní kazetová markýza [4], napravo boční zatahovací markýza [5].

Ohřev vzduchu je v případě vnějších rolet nebo žaluzií uskutečňován mezi stínícím prvkem a prosklenou částí. Nedochozí tedy k pronikání tepla do místnosti. V zimním období vlivem ohřevu vzduchu mezi stínícím prvkem a prosklenou částí dochází ke snižování tepelných ztrát prosklenou částí. Umístění markýz slouží k minimalizování tepelných zisků v letním období a současně k maximalizaci tepelných zisků během zimního období, kdy paprsky dopadají pod jiným úhlem.



Obr. 4: Použití slunolamu jako stínícího prvku [6].

Při návrhu jednotlivých stínících systémů dochází ke změně stínícího součinitele okna. Stínící součinitel se upravuje podle Tab. 1.

Tab. 1: Hodnoty stínících součinitelů s pro různá provedení oken a různé druhy stínících prostředků [1].

Druh zasklení	s	Stínící prostředky	s
Jednoduché sklo	1,00	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, světlé	0,56
Dvojité sklo	0,90	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, střední barvy	0,65
Jednoduché determální sklo	0,70	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, tmavé	0,75
Vnější determální vnitřní obyčejné	0,60	Vnější žaluzie, lamely 45°, světlé	0,15
Reflexní sklo jednoduché, průměrná jakost	0,70	Vnější žaluzie, lamely 45°, ven jasné, dovnitř tmavé	0,13
Reflexní sklo dvojité, špičkové výrobky	0,24	Vnější markýzy, meziprostor větrán	0,30
Vnější reflexní sklo průměrné jakosti, vnitřní obyčejné	0,60	Meziokenní žaluzie, prostor nevětrán	0,50
Zdvojené reflexní sklo, dobré jakosti	0,30	Reflexní záclony světlé (vnější reflexní vrstva)	0,60
Barevné vrstvy stříkané světlé	0,80	Závěsy: bavlna, umělá vlákna	0,80
Barevné vrstvy stříkané střední	0,70	Reflexní záclony tmavé (vnější reflexní vrstva)	0,70
Reflexní fólie tmavá	0,25		
Reflexní fólie světlá	0,42		
Sklo s drátěnou vložkou	0,80		

1.2 Klimatizační a chladicí systémy

Klimatizační a chladicí systémy zajišťují tepelnou pohodu a kvalitu vnitřního vzduchu. Některé systémy dokáží v zimním období plnit funkci vytápění a v letním období funkci chlazení. Nedílnou součástí systému na změnu teploty jsou systémy větrací, které mohou mít funkci zpětného získávání tepla. Zároveň kvůli nucenému větrání se za pomoci instalovaných filtrů zlepšuje kvalita vzduchu v interiéru domu.

1.2.1 Způsoby větrání

Člověk tráví velkou část života uvnitř budov. Doba strávená uvnitř budov se liší v závislosti na věku a životním stylu, ale přibližně třetinu dne tvoří spánek a odpočinek [7]. Vnitřní prostředí obytných budov ovlivňuje kvalitu života. Tato kvalita bývá ovlivňována technickým vybavením, konstrukčními vlastnostmi budovy, ale i činnostmi, jež je v dané budově vykonávána.

V obytných místnostech by měl být zajištěn dostatečný přísun vzduchu, aby nedocházelo k poškození zdraví obyvatel. Hodnoty větrání jsou stanoveny podle vyhlášky č. 20/2012 Sb., kde minimální množství vyměňovaného vzduchu na osobu je 25 m³/h na osobu, nebo minimální intenzita větrání 0,5 l/h. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží hladina oxidu uhličitého CO₂, přičemž jeho koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1 500 ppm. [8]

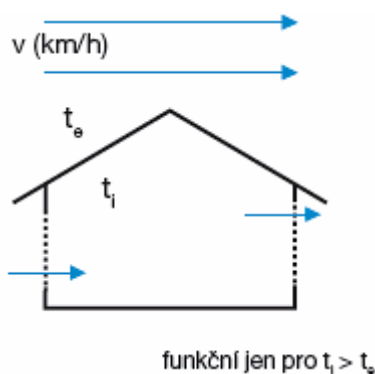
Koncentrace CO₂ má negativní vliv na lidský organismus (Tab. 2) a je ji třeba snižovat.

Tab. 2: Účinky CO₂ na lidský organismus [9].

Cca 350 ppm	Úroveň venkovního prostředí
Do 1 000 ppm	Doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorách
1 200 – 1 500 ppm	Doporučená maximální úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorách
1 000 – 2 000 ppm	Nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2 000 – 5 000 ppm	Nastávají možné bolesti hlavy
5 000 ppm	Maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5 000 ppm	Nevolnost a zvýšený tep
>15 000 ppm	Dýchací potíže
>40 000 ppm	Možná ztráta vědomí

Přirozené větrání s infiltrací

Při přirozeném větrání dochází k proudění vzduchu, které je zajišťováno rozdílem tlaku mezi interiérem a exteriérem (Obr. 5). Rozdíl tlaku nastává při rozdílu teploty vzduchu a při proudění vzduchu. Větrání probíhá vlivem netěsností okenních, dveřních a stavebních konstrukcí. Použití přirozeného větrání je omezeno, jelikož je nutné zajistit tlakový rozdíl vlivem teplot nepřetržitě v daném období. Vzduch přiváděný do místnosti nelze filtrovat a ani předehtřivat, jelikož tlak vnikajícího vzduchu je nedostatečný pro instalování těchto prvků. Průtok vzduchu nelze kontrolovat a nelze zaručit provětrání celého prostoru. V zimním období dochází ke vzniku tepelného diskomfortu, jelikož vzduch v blízkosti prosklení je chladnější než u protilehlé stěny.



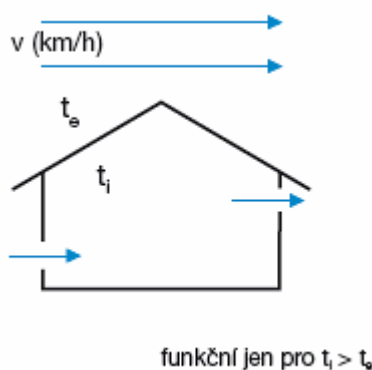
Obr. 5: Přirozené větrání s infiltrací [10].

Infiltrace je přirozené větrání netěsnými spárami oken nebo dveří. Infiltrace funguje nejvíce v zimním období, dochází tedy k nárůstu tepelných ztrát. Moderní okna zamezují infiltraci a zároveň zamezují odvodu vlhkosti z místnosti, tím dochází ke kondenzaci par na vnitřní části okna, tvorbě plísní a k navlhání obvodové konstrukce.

S postupem času a vývojem materiálů je kladen důraz na tepelně technické vlastnosti budovy. Moderní okna mají vysoké nároky na neprůvzdušnost a dochází k zamezení větrání infiltrací. V novostavbách nelze přirozené větrání prakticky použít, podobně tomu je i v případě rekonstrukcí rodinných domů. Zamezení přirozeného větrání má negativní dopad na vnitřní prostředí. Pokud není vhodně navržené větrání, zvyšuje se koncentrace škodlivin a vlhkosti.

Samočinné větrání

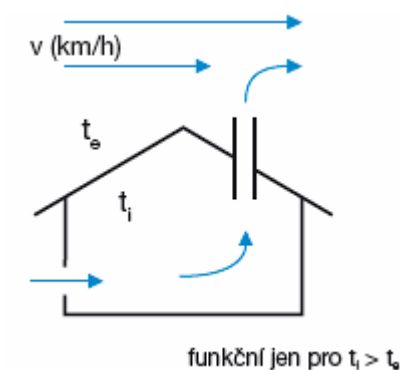
Proces samočinného větrání je podobný větrání infiltrací, používají se zde speciální otvory pro přívod a odvod vzduchu z místnosti. Jednotlivé otvory jsou umístěny v různých výškách (Obr. 6). Při bezvětrí dochází k výměně vzduchu vlivem teplotních rozdílů mezi interiérem a exteriérem. V případě stejných teplot nedochází k větrání. Využití samočinného větrání se uplatní v místnostech, kde nedochází k trvalému pobytu osob, tedy u chodeb bytových a kancelářských budov. Samočinné větrání je nevhodné do místností s instalovanou klimatizací a rodinných domů.



Obr. 6: Samočinné větrání [10].

Šachtové větrání

Odvod vzduchu je zajišťován větrací šachtou (Obr. 7). Vzduch je odváděn na základě rozdílu hustot vzduchu v šachtě, exteriéru a vlivem větru. Šachtové větrání bylo používáno dříve a lze jej nalézt v historických budovách. Dnes se již nenavrhuje z důvodu nesplnění požadavků na větrání. Jednotlivé šachty se podobají komínům, světlíkům nebo potrubím. Použití jednotlivých šachet lze uplatnit při přívodu vzduchu za otopné těleso, tím dochází k ohřevu vzduchu v interiéru během otopné sezóny. Do návrhu je nezbytné zahrnout přívod vzduchu, který nesmí být přiváděn z místností, kde může vzniknout podtlak, a tedy zamezení větrání. Nejčastěji se jedná o schodiště a chodby.



Obr. 7: Šachtové větrání [10].

Nucené větrání

Nucené větrání zajišťuje mechanické proudění vzduchu. Při instalaci klimatizační jednotky je doporučována jeho instalace. Vzduch je nasáván v neosluněných místech fasády, nejčastěji se jedná o severní fasádu. Na volbu místa nasávání vzduchu má vliv vysoká zvuková zátěž a znečištění ovzduší vlivem prachu, pachů a exhalacemi z dopravy.

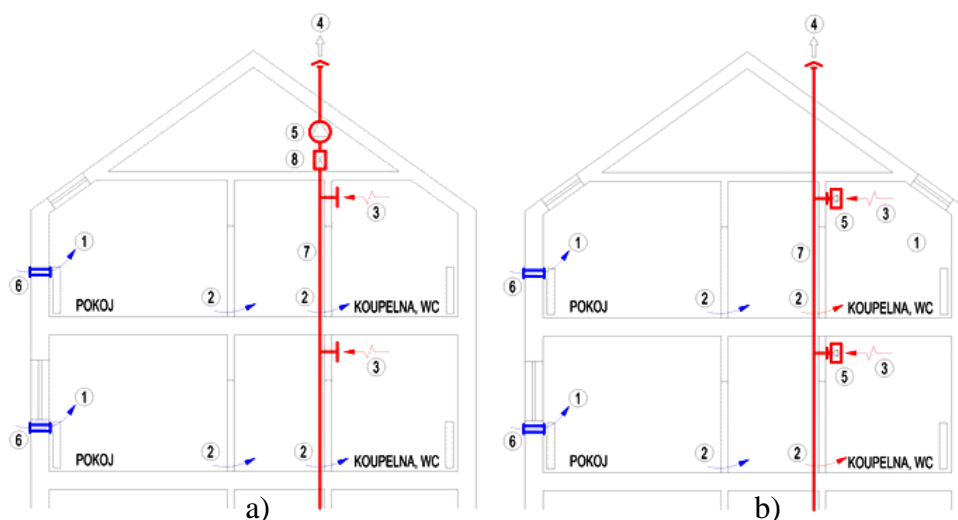
Dle umístění jednotky dělíme systémy nuceného větrání na:

- centrální/ústřední

Jednotka nuceného větrání zajišťuje přísun čerstvého vzduchu do celého rodinného domu bez možnosti regulace množství přivedeného vzduchu pro jednotlivé místnosti. Způsob ovládání přívodu vzduchu do jednotlivých místností je technologicky velmi náročný.

- decentrální/lokální

Pro každou místnost je instalována vlastní jednotka s možností různého nastavení větrání pro každou místnost.



Obr. 8: Nucené podtlakové větrání s přívodem vzduchu větracími otvory a odvodem vzduchu do společného potrubí a) centrální, b) lokální [11].

1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 odpadní vzduch, 5 odvodní ventilátor, 6 přívodní větrací otvor, 7 potrubní síť, 8 tlumič hluku

Podle způsobu větrání vlivem vytváření rozdílů v tlaku dělíme systémy nuceného větrání na:

- podtlakové

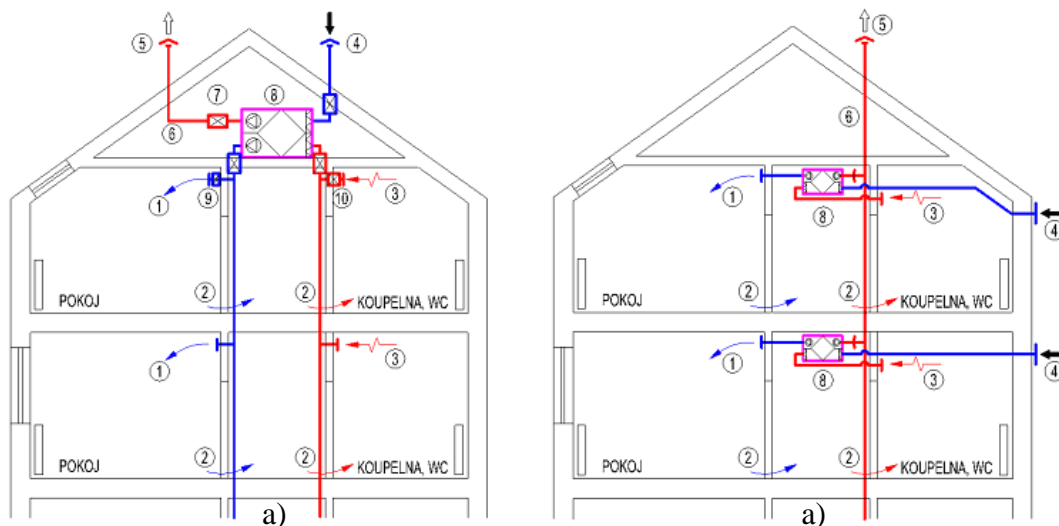
Nucené podtlakové větrání se používá v místech s vhodnou kvalitou přiváděného vzduchu, jedná se zejména o čistotu venkovního vzduchu. Pro přívod vzduchu jsou větrací otvory integrované do prosklení domu, musí být uzavíratelné a nesmí zhoršovat tepelně-izolační vlastnosti prosklení (Obr. 8). Výměna vzduchu probíhá odvodním ventilátorem, který je navrhován pro zajištění potřebného průtoku vzduchu místností. Vlivem pronikání venkovního vzduchu větracími otvory v obálce budovy dochází v zimním období k tvorbě diskomfortu u vnějších stěn, kde je vzduch studenější než ve zbylých částech místnosti.

- přetlakové

Přetlakové větrání funguje obdobně jako podtlakové. Pouze má opačný přívod a odvod vzduchu. U přetlakového větrání se dají použít filtry, které zajišťují čištění přiváděného vzduchu.

- rovnotlaké

Při rovnotlakém větrání je přívod a odvod vzduchu zajišťován mechanicky ventilátory a je dosaženo kvalitnějšího provětrání domu. Součástí rovnotlakého nuceného větrání je nejčastěji jednotka zpětného získávání tepla, u které dochází k ohřevu přiváděného vzduchu odváděným vzduchem v zimním období. Jsou tedy snižovány náklady na vytápění a je zajištěn přísun čerstvého vzduchu. Součástí větrací jednotky dále bývají filtry pro čištění vzduchu a ohřívač (Obr. 9). Ohřívač vzduchu reguluje teplotu přiváděného vzduchu, a je používán zejména u dřevostaveb a domů s teplovzdušným vytápěním.

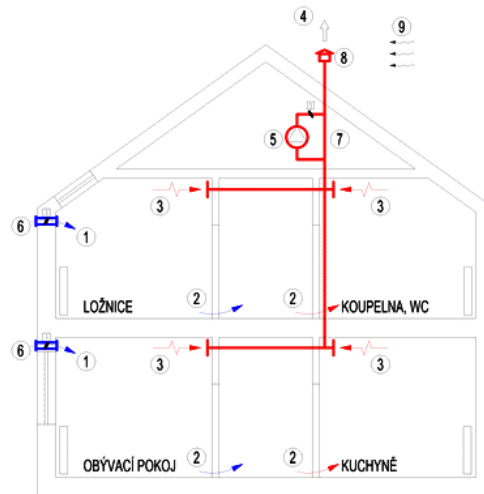


Obr. 9: Nucené rovnotlaké větrání s přívodem a odvodem vzduchu realizované větrací jednotkou se ZZT a) centrální, b) lokální [11].

1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 sání venkovního vzduchu, 5 odpadní vzduch, 6 potrubní síť, 7 tlumič hluku, 8 větrací jednotka se ZZT, 9 alternativní dohřev, 10 přeslechový tlumič

Hybridní větrání

Hybridní větrání je kombinace nuceného větrání a přirozeného větrání. Střídají se oba režimy větrání, aby bylo dosaženo co nejmenších nákladů na provoz. Pokud je rozdíl tlaků mezi interiérem a exteriérem nedostatečný, dochází k sepnutí ventilátoru a systém větrání funguje jako podtlakový (Obr. 10). Pro větrání rodinného domu je systém vhodný zejména kvůli efektivnímu provozu nočního větrání, kdy se v letním období rychleji ochladí vzduch uvnitř domu. Nevýhodou tohoto systému je zejména přívod čerstvého vzduchu do místnosti, jelikož se jedná o způsob přirozeného větrání, a není tedy zajištěna obvyklá možnost filtrace vstupního vzduchu.



Obr. 10: Hybridní větrání se samoodtahovou hlavicí [12].

1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 odpadní vzduch, 5 aktivní prvek nuceného větrání (ventilátor), 6 samoregulační vyústka se servopohonem, 7 potrubní síť, 8 samoodtahová hlavice, 9 účinek větru

1.2.2 Pasivní chlazení

Pro rodinné domy je pasivní chlazení nejméně náročný systém na investice a provozní náklady. Hlavním předpokladem pro funkční pasivní chlazení je umístění domu dle světových stran. Podle orientace se navrhuje rozměry oken a stínící prvky. Dalším aspektem je také jasné definování využívání jednotlivých místností. Stínící prvky jsou navrhovány tak, aby docházelo k minimalizování tepelných zisků solární radiací. (Obr. 11) V zimě by naopak neměly tyto stínící prvky omezovat tepelné zisky, aby mohlo docházet k ohřívání místností přirozenou cestou a ke snižování nákladů na vytápění.

Zdroje pasivního chlazení jsou rozmanitější a složitější než pasivní vytápění, které pochází z jediného předvídatelného zdroje – slunečního záření. K zajištění adekvátního chladicího komfortu ve většině klimatických zón jsou nutné různé kombinace designu obálky, pohybu vzduchu, odpařovacího chlazení, stavební konstrukce spojené se zemí, volby životního stylu a aklimatizace. V horkém vlhkém podnebí a v extrémních podmínkách může být nutné další mechanické chlazení, zejména proto, že změna klimatu vede k vyšším teplotám ve dne i v noci.



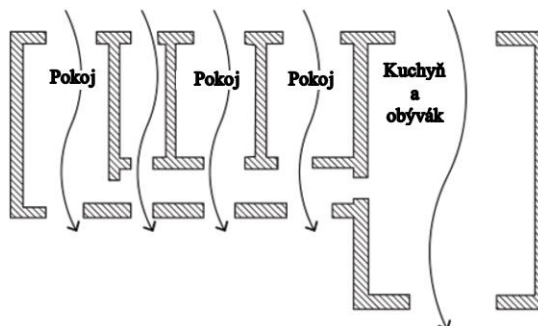
Obr. 11: Použití přírodních prvků [13].

Rozměry oken jsou limitovány mnoha aspekty. Je důležité zajistit dostatek přirozeného světla a možnost pozorovat okolí domu. Dále je důležité pronikání čerstvého vzduchu do místností a možnost těžit z tepelných zisků během zimního období. V létě je naopak důležité zajistit dostatek přirozeného osvětlení a minimalizování solárních zisků, aby se rodinný dům v létě nepřehříval. Použití látkových záclon nebo rolet může pomoci, ale použití vnějších stínících prvků je mnohem efektivnější. Stromy v okolí pomohou chránit před sluncem (Obr. 11). Bez vhodného stínění v létě může sluneční záření rychle zvýšit vnitřní teplotu. Budovy pasivních domů jsou často navrženy tak, aby využívaly úhel slunce instalací správně navržených stínících prvků, které v létě snižují sluneční zisky, ale přesto je propouštějí, když je úhel slunce v zimě nižší (Obr. 12).



Obr. 12: Stínění přesahem střechy [14].

Pro pasivní chlazení je důležitý pohyb vzduchu uvnitř domu. Prouděním vzduchu dochází k ochlazení budovy, vnitřní teplý vzduch je odváděn pryč z domu a je nahrazen chladnějším vzduchem z venku. Pro zajištění přirozené cesty výměny vzduchu je důležité navrhnout okna a dveře tak, aby docházelo k proudění vzduchu.



Obr. 13: Navrhování rodinného domu za účelem proudění vzduchu [13].

Noční větrání je spolehlivou metodou pro chlazení budovy. K tomu je nutný rozdíl denních a nočních teplot v rozmezí 6–8 °C. Stavební konstrukcí vyzařovaný teplý vzduch je nahrazen chladnějším nočním vzduchem, který je nasáván do domu za pomoci rozdílu vnitřních a vnějších teplot. Dalšího chlazení lze dosáhnout použitím ventilátorů, které způsobují proudění vzduchu místnostmi.

Chlazení odpařováním je další metoda snížení teploty v letním období. Odpařující se voda čerpá velké množství tepla z okolního vzduchu. Odpařování je tedy účinnou metodou pasivního chlazení. Funguje nejlépe, pokud je relativní vlhkost nižší, protože vzduch má větší kapacitu přijímat vodní páru. Rychlost odpařování se zvyšuje pohybem vzduchu. Bazény, rybníky a vodní prvky v blízkosti oken nebo na zahradě mohou předchládit vzduch vstupující do domu. Pečlivě umístěné vodní prvky mohou vytvářet vánek. Důležitá je také plocha vody vystavená pohybujícímu se vzduchu. Fontány, mlhové sprchy a vodopády mohou zvýšit rychlost odpařování, a tedy účinnost chlazení (Obr. 14).



Obr. 14: Předchlazení vzduchu vodou [13].

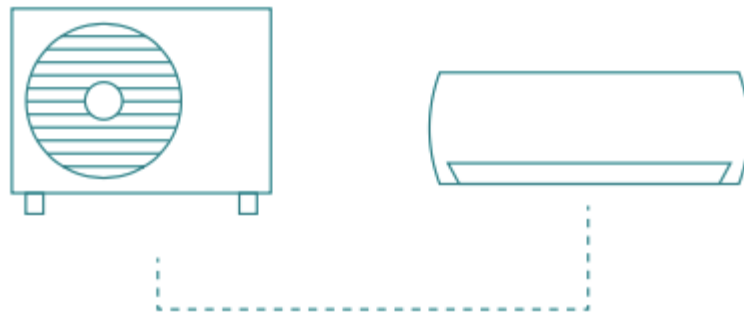
1.2.3 Chladivové systémy

Chladivové systémy zajišťují přenos chladu a tepla mezi zdrojem a jednotlivými místnostmi v rodinném domě za účelem pokrytí tepelné zátěže a tepelných ztrát. Pro chlazení jsou používána chladiva, která umožňují přenos tepla skupenskými změnami. Instalace systémů probíhá primárně za účelem chlazení s možností doplňkového vytápění. Chlazení vzduchu, případně i ohřev, je realizován v jednotlivých místnostech s vnitřní jednotkou, která zajišťuje proudění vzduchu instalovaným ventilátorem.

Použití chladivových systémů je vhodné pro rodinné domy. Tyto systémy jsou nenáročné na prostor, ale přitom komfortní pro uživatele. Systémy pracují se vzduchem v místnosti a dosahují vysokého chladicího faktoru a úspornějšího provozu. Při instalaci je možnost napojení přívodu venkovního vzduchu potrubím, kde přiváděný vzduch může být dodatečně upravován. Počet jednotek, délka jednotlivých potrubí a rozsah úpravy teploty vzduchu je uveden v Tab. 3.

Split

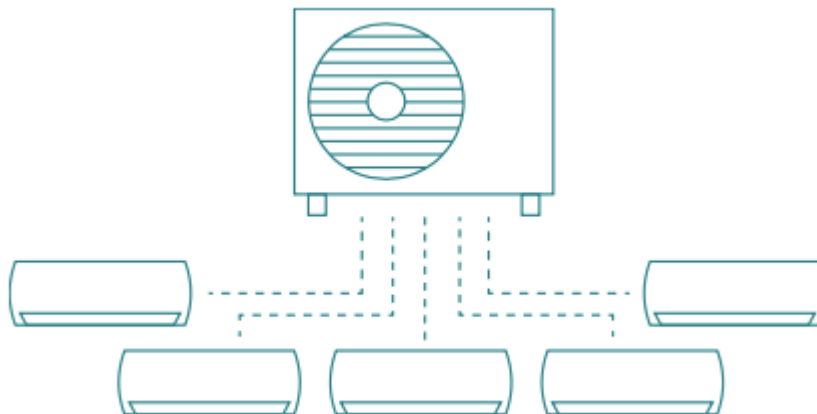
Jedná se o chladicí systém, kdy ke každé vnitřní jednotce náleží jedna vnější jednotka. Vhodné použití split jednotek je do již postavených domů, případně bytových jednotek, kdy stačí ochlazovat jednu místnost. Vnitřní jednotka upravuje teplotu vzduchu pouze v místnosti, v níž je instalována (Obr. 15). Obě jednotky (vnitřní a vnější) jsou propojeny elektrickým vodičem, kterým je zajišťováno napájení a komunikace mezi jednotkami, dále jsou propojeny hadicemi sloužícími k odtoku kondenzátu a oběhu chladicí kapaliny. Ve vnitřní jednotce je ventilátor, vzduchový filtr a výměník pro úpravu teploty vzduchu. Vnější jednotka je vybavena kondenzátorem a kompresorem.



Obr. 15: Split jednotka [15].

Multisplit

Jedná se o systém, kdy je v budově instalována jedna vnější jednotka a několik vnitřních jednotek, které zajišťují úpravu vzduchu v místnostech instalace. Multisplit systém je vícezónový a nejčastěji se vyskytuje s 1 až 5 vnitřními jednotkami (Obr. 16). Každá vnitřní jednotka umožňuje úpravu teploty dle nároků obyvatele. Množství vnitřních jednotek je voleno podle počtu obytných místností, nejčastěji se jedná se tedy o kuchyň, obývací pokoj, ložnici a další pokoje.



Obr. 16: Multisplit jednotka [15].

VRV/VRF systémy

Označení VRV (Variable Refrigerant Volume) i VRF (Variable Refrigerant Flow) je používáno pro stejný systém. První tento systém úpravy vzduchu s označením VRV použila firma Daikin [16], ostatní výrobci uvádějí název VRF.

Tyto systémy jsou efektivní, protože řízení chlazení probíhá na základě vnější i vnitřní teploty, kdy je vytvořeným algoritmem, který se nachází v řídicí jednotce, upravován výkon vnější jednotky za účelem dosažení požadované úpravy vnitřní teploty. Jednotlivé venkovní jednotky se mohou spojovat a poté fungovat jako jeden celek. Instalace je realizována hlavně do bytových domů a administrativních budov, protože tyto systémy mohou provozovat až 64 vnitřních jednotek (Tab. 3).

Tab. 3: Hlavní omezení při výběru systému [17].

System	Počet vnitřních jednotek	Délka potrubí	Výškový rozdíl	Rozsah teplot venkovního vzduchu	Rozsah teplot vnitřního vzduchu
Split	1	15~25 m 50~70 m	15 m	Vytápění: -15 (-20) °C až +15 °C Chlazení: +5 (-15) °C až 47 °C	Vytápění: +15 °C až +30 °C
Split s rozbočkou	4	~50 m	15 m		Chlazení: +16 °C až 28 °C
Multisplit	5	25 m	15 m		
Multisplit s rozbočkou	9	~50 m	25 m		
VRV (VRF)	64	750 m (40 m)	90 m (15 m)		

Pro použití v rodinném domě se nejlépe hodí systém multisplit, který umožňuje chladit nebo ohřívat více místností nezávisle na sobě. Split systém je vhodný, pokud bude požadavek na úpravu teploty pouze v jedné místnosti.

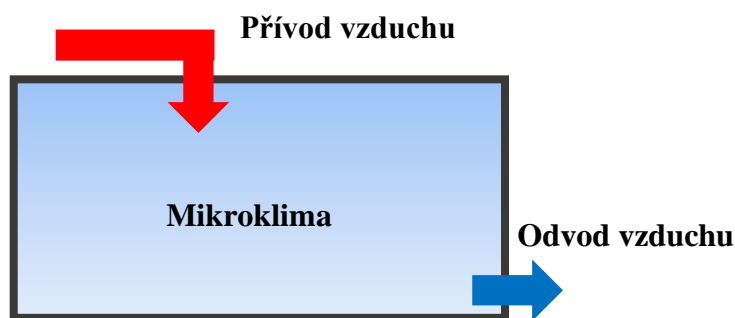
1.2.4 Vzduchové systémy

VaV (Variable Air Volume)

VaV je vzduchotechnický systém s centrální jednotkou a proměnlivým průtokem vzduchu. Systémy nacházejí uplatnění v kancelářských budovách, bytových domech, školách, hotelích a výrobních halách, zejména kvůli rozměrům jednotky. V současné době se začínají používat i v rodinných domech. Každá jednotka může mít připojeno až 63 VaV boxů. Počet boxů je určen počtem sekcí, ve kterých má docházet k úpravě vzduchu. Jednotlivé boxy jsou vybaveny klapkami pro úpravu průtoku vzduchu. Dále obsahují chladič a ohřívač, které zajišťují úpravu přiváděného vzduchu. Centrální jednotka bývá vybavena jednotkou zpětného získávání tepla a filtry vzduchu. Každá sekce má samostatné řízení instalovanými senzory teploty a koncentrace CO₂, případně i senzory vlhkosti.

Nízkotlaké

Nízkotlaký systém je systém s centrální jednotkou. Systém pracuje s konstantním průtokem vzduchu a výkon se reguluje teplotou přiváděného vzduchu. Přívod vzduchu je realizován stropem a odvod vzduchu bývá umístěn ve spodní části stěny (Obr. 17). Nízkotlaké systémy nacházejí uplatnění v budovách, kde je vyžadována větší výměna vzduchu.



Obr. 17: Úprava mikroklimatu v kanceláři.

Vysokotlaké

Vysokotlaký systém je obdobný systému nízkotlakému. Rychlost proudění vzduchu umožňuje použití menších průřezů potrubí vzduchovodu a dochází ke snížení požadavků na prostor vzduchotechniky. Jako součást vzduchovodů jsou používány nízkotlaké a vysokotlaké části a vzhledem k větší rychlosti proudění vzduchu je dosahováno větší rychlosti.

1.2.5 Vodní systémy

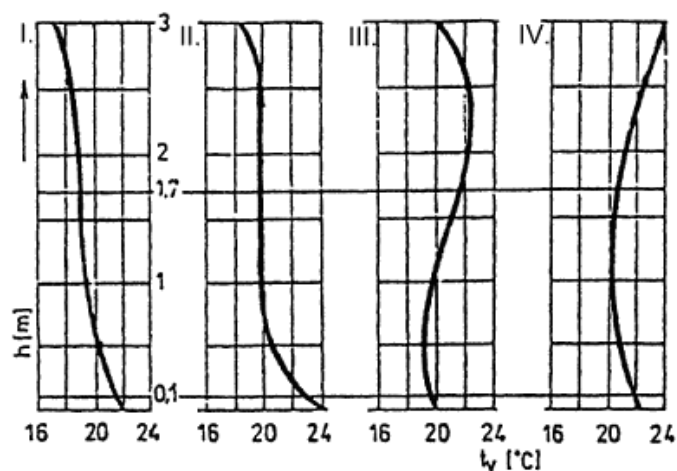
Vodní systémy využívají chladící kapalinu, kterou je nejčastěji voda. Používaná kapalina je přiváděna centrální jednotkou do výměníku tepla, kde dochází k úpravě teploty vzduchu, který je přiváděn z exteriéru.

Ventilátorový konvektor (FCU)

FCU jednotky jsou používány v administrativních budovách, případně v hotelích, kde jsou vyšší nároky na vytápění a chlazení. Pracují s nižšími teplotami oproti klasickým otopným tělesům. V moderních administrativních budovách bývají instalovány do podlahy nebo stropu u velké prosklené plochy, tím je zamezováno rosení skla a eliminace tepelných zisků a ztrát. Nasávání je následně umístěno u protilehlé stěny. Využití naleznou i v bytech a rodinných domech, kdy se dají použít v kombinaci s tepelnými čerpadly, případně kondenzačními kotli. Systém reguluje teplotu pro všechny místnosti stejně a dílčí regulace se tedy neuplatňuje.

Plošné vytápění a chlazení

Plošné vytápění a chlazení se může instalovat do podlahy, stěny a stropu. K vytápění je lepší volit podlahovou variantu. Systémy fungují na principu sálání, tím je dosahováno tepelné pohody při nižší teplotě než například v případě použití otopných těles. Dochází tedy ke snížení nákladů na vytápění. Velkou výhodou je minimální proudění vzduchu, a tedy minimální víření a cirkulace prachu. Umístění do podlahy anebo stropu zároveň neomezuje investora v maximálním využití prostoru. Omezení jsou pouze v případě podlahového systému, kde jsou nároky na vzdálenosti nábytku od podlahy. Podlahový systém vykazuje nejlepší průběh teplot v místnosti k ideálnímu vytápění (Obr. 18), kdy se teplota mění s rostoucí výškou místnosti.



Obr. 18: Vertikální průběh teploty vzduchu ve vytápěné místnosti při jejím různém způsobu vytápění [18].

I. ideálně požadovaný průběh, II. podlahové vytápění s ochlazovaným stropem, III. článkové otopné těleso, IV. stropní vytápění

Sálavé plošné chlazení je nejlepší umístit na stropní konstrukce (Obr. 19). Je méně invazivní než jiné systémy chlazení, které pracují s průtokem vzduchu. Nedochozí k vysušování, víření prachu a vytváření průvanu. Nutností pro chladicí plochu je vyhnout se dosažení teploty rosného bodu, proto je zapotřebí navrhovat chladicí strop s teplotou + 2 K od rosného bodu. Plošným chlazením je možné dosáhnout teplot v interiéru přibližně o 3 K nižší, než je teplota v exteriéru, takže nedochází k úplnému nahrazení klimatizačních systémů, ale pouze k lehké úpravě teploty vzduchu.



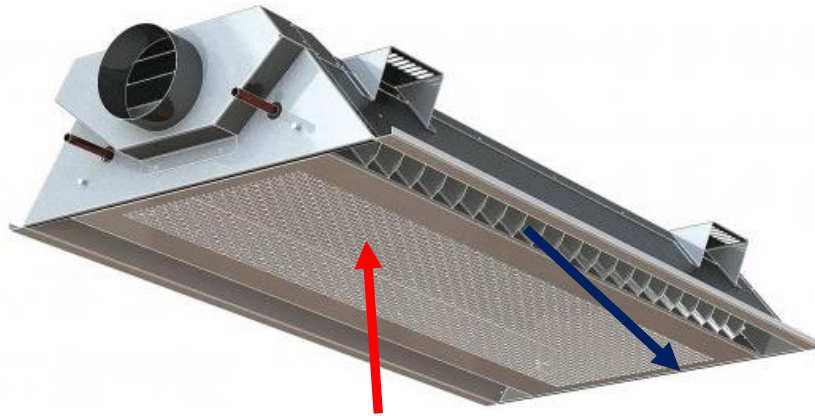
Obr. 19: Stropní vytápění a chlazení [19].

Při použití systémů plošného stropního chlazení a plošného podlahového vytápění bude dosaženo nejlepších výsledků tepelné pohody v místnosti. Realizace obou systémů zároveň bude pro investora velice nákladná a nebude dosahováno velikých teplotních rozdílů mezi exteriérem a interiérem v letním období.

1.2.6 Kombinované systémy

Indukční jednotky

V ústřední strojovně se upravuje venkovní (primární) vzduch, jehož průtok je dán hygienickými požadavky. Teplota primárního vzduchu se udržuje celoročně konstantní cca 15 °C. Klimatizační jednotka pro úpravu primárního vzduchu obsahuje filtr, vodní ohříváč vzduchu, vodní chladič vzduchu, parní zvlhčovač a ventilátor. V klimatizovaných místnostech jsou na rozvod primárního vzduchu připojeny vnitřní klimatizační jednotky (indukční jednotky IJ), ve kterých probíhá konečná úprava teploty vzduchu. Primární vzduch se vyfukuje v indukční jednotce tryskami, ejekčním účinkem se přisává z místnosti vzduch oběhový (sekundární). Sekundární vzduch prochází výměníkem (výměníky) tepla, kde se ohřívá nebo chladí a po smíšení se vzduchem primárním se vyfukuje do místnosti. Průtok sekundárního vzduchu bývá dvou až osminásobkem průtoku vzduchu primárního (indukční poměr). Odvod vzduchu se řeší obdobně jako u vodního systému s ventilátorovými konvektory, buď přímo z místností nebo přetlakem do chodeb a odsává se z hygienických zařízení. K ohřevu a chlazení v indukčních jednotkách se používá teplá a chladná voda, provedení vodních rozvodů je shodné s rozvody pro vodní systém s ventilátorovými konvektory, regulace řízením průtoku vody do IJ. Některé typy indukčních jednotek jsou konstruovány s klapkami pro řízení průtoku vzduchu výměníkem (výměníky); na vodní straně se pak regulace neprovádí. [20]



Obr. 20: Indukční stropní jednotka [21].

Využití systému je převážně pro administrativní budovy. V rodinném domě uplatnění tento systém nenajde, hlavně kvůli náročnosti systému na prostor, ale také z estetického hlediska a zvýšené hlučnosti centrální jednotky, která je v případě administrativních budov umísťována do prostor, kde nedochází k pohybu osob (suterén, střecha).

Kapitola 2 Praktická část

2.1 Rodinný dům

Součástí diplomové práce je rodinný dům (dále RD), který se nachází v Hradci Králové a žijí v něm trvale 2 lidé (muž a žena). Na tomto RD byly provedeny výpočty tepelných ztrát, tepelné zátěže, návrh nuceného větrání, návrh jednotlivých vybraných chladících systémů, návrh stínících prvků, jejich porovnání z ekonomické stránky a změna tepelné zátěže, pokud se změní prosklení.

Půdorys a řez RD je uveden v příloze A. Výpočty tepelné zátěže byly provedeny pro místnosti, které jsou uvedeny v Tab. 4, ostatní místnosti nebudou klimatizované. Pro místnosti, které mají prosklenou část obvodového pláště, byla zvolena okna od firmy PKS okna a.s. a s označením výrobní řady Swisspacer Ultimate viz. Tab. 5 (všechny parametry uvedeny v příloze B – Obr. 22).

Tab. 4: Označení obytných místností.

Místnost	Název místnosti
0.03/0.04	Kuchyň/jídelna
0.05	Obývací pokoj
0.07	Ložnice
0.08	Pokoj

Tab. 5: Vlastnosti oken [22].

Swisspacer Ultimate	
U_g [W/m ² K]	0,5
U_w [W/m ² K]	0,72
Solární faktor	0,5
Světelný činitel prostupu τ_v	0,71

Skladba konstrukcí je uvedena v příloze B, tepelný odpor je uveden v Tab. 6.

Tab. 6: Přejímový tepelný odpor [23].

	R_{si}	R_{se}
Podlaha na zemině	0,17	0,00
Podlaha nevytápěné míst.	0,17	0,17
Obvodová stěna	0,13	0,04
Strop pod půdou	0,1	0,1
Stěna vnitřní	0,13	0,13

Vypočítané hodnoty součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce jsou uvedeny v Tab. 7. Pro velikost zastoupení jednotlivých podlah byla uvažována průměrná hodnota $U = 0,188 \text{ W/m}^2\text{K}$ a hmotnost konstrukce $m = 914,75 \text{ kg/m}^2$.

Tab. 7: Součinitel prostupu tepla s hmotnost konstrukce.

	Stěna obvodová	Strop pod půdou	Podlaha vinyl	Podlaha keramika	Stěna vnitřní
$U \text{ [W/m}^2\text{K]}$	0,165	0,104	0,183	0,193	0,794
Hmotnost konstrukce $m \text{ [kg/m}^2]$	-	22,2	902,9	926,6	75

Pro další výpočty byly uvažovány plochy stěn, oken, stropu a podlahy podle Tab. 8, které byly doloženy z projektové dokumentace (Příloha A).

Tab. 8: Plochy jednotlivých místností.

Označení	Orientace/Místnost	Plocha stěny S [m ²]				Plocha stropu/podlahy [m ²]	Plocha okna S [m ²]			
		JV	JZ	SZ	SV		JV	JZ	SZ	SV
0.01	Vstup									
0.02	Chodba									
0.03/0.04	Kuchyň/Jídelna	6,76			13,70	17,30	1,60			2,80
0.05	Obývací pokoj	12,14	7,38			18,32		4,30		
0.06	Technická místnost									
0.07	Ložnice	6,50	7,85			15,03		1,60		
0.08	Pokoj		9,45	8,36		11,26		1,60		
0.09	Koupelna									
0.10	WC									
0.11/0.12	Dílna/Garáž									

2.2 Tepelná zátěž a tepelné ztráty

Tepelné ztráty byly vypočítány podle popsané skladby konstrukce a normy ČSN 06 0210 [23], která je již zrušena, ale lze ji použít pro orientační výpočty (Tab. 9). Pro navrhování klimatizačních a chladících systémů bude brán ohled na případné pokrytí této tepelné ztráty tak, aby bylo možné danými systémy vytápět v zimním období.

Tab. 9: Tepelné ztráty místností.

Místnost	Název místnosti	Tepelná ztráta [W]
0.03/0.04	Kuchyň/jídelna	748
0.05	Obývací pokoj	480
0.07	Ložnice	459
0.08	Pokoj	268
0.09	Koupelna	404
Celkem:		2 359

Výpočet tepelné zátěže byl proveden podle normy ČSN 73 0548. [1] Podle této normy byly provedeny výpočty tepelné zátěže pro zvolené měsíce (červen, červenec, srpen, září), které byly vybrány za předpokladu, že v těchto měsících bude největší tepelná zátěž. Výpočty jsou v případě produkce tepla lidmi a spotřebiči stejné pro každý měsíc. Produkce tepla svítidel nebyla započítávána, jelikož jsou tepelné zisky místností počítány přes den, kdy se neuvažuje používání umělého osvětlení. Tepelné zisky stěnami a okny se liší v závislosti na zvolených měsících.

Nejprve byla vypočítána produkce tepla od lidí $\dot{Q}_1 \doteq \underline{180\text{ W}}$. [1]

Tato produkce byla následně započítávána do každé místnosti po celý den, abychom se dostali na stranu bezpečnosti návrhu, kdy se uvažuje, že daný den mohou lidé strávit pouze v jedné místnosti. Délka pobytu v jednotlivých místnostech nelze přesně určit.

Následně byla vypočítána celková produkce tepla od spotřebičů, kdy příkon spotřebičů byl odhadnut na $P_0 = 500\text{ W}$ a jejich účinnost $c_1 = 0,7$. Produkce tepla od spotřebičů je tedy $\dot{Q}_e = \underline{350\text{ W}}$. [1]

Následně byly vypočítány tepelné zisky okny. V průběhu dne v závislosti na poloze slunce a intenzitě sluneční radiace se tepelné zisky mění. Prostup tepla konvekcí okny a snížení tepelných zisků od oslunění je uvažován pro všechny časy stejný, a proto byl počítán pouze jednou. Pro snížení tepelných zisků od oslunění byl zvolen rozdíl teplot $\Delta T = 1\text{ K}$. Výsledné hodnoty výpočtů jsou uvedeny v Tab. 10 a Tab. 11. Jako výpočtová teplota v místnostech byla použita $t_i = 26\text{ °C}$ a jako výpočtová teplota exteriéru byla použita teplota $t_e = 30\text{ °C}$.

Tab. 10: Prostup tepla konvekcí.

Místnost	Název místnosti	Zisk
0.03/0.04	Kuchyň/jídelna	12
0.05	Obývací pokoj	12
0.07	Ložnice	5
0.08	Pokoj	5
Celkem [W]		30

Tab. 11: Snížení tepelných zisků od oslunění.

		Plocha [m ²]			Hmotnost [Kg]		
		vnitřní stěny	podlaha	strop	vnitřní stěny	podlaha	strop
0.03/0.04	Kuchyň/jídelna	21	17	17	783	7 914	192
0.05	Obývací pokoj	18	18	18	684	8 378	203
0.07	Ložnice	17	15	15	631	6 875	167
0.08	Pokoj	15	11	11	578	5 149	125
Celková hmotnost [Kg]					31 680		
ΔQ [W]					1 580		

Průběh tepelných toků konstrukcí v jednotlivých časových úsecích (Tab. 12). Jedná se o stěny a strop pod nevytápěnou půdou, kdy teplota na půdě je uvažována jako ve venkovním prostředí, tedy 30 °C, jelikož se jedná o nezateplenou půdu. Tepelný tok je určen podle tloušťky zvolené konstrukce a tepelným odporem konstrukce, které mají vliv na prostup tepla konstrukcí a dochází tedy k časovému zpoždění v konstrukci, které bylo spočítáno na 13 hodin.

Tab. 12: Celkové tepelné zisky konstrukcí.

Hodina/Měsíc	Tepelný tok konstrukcí [W]			
	Červen	Červenec	Srpen	Září
6	70	70	70	40
7	80	80	80	70
8	80	80	80	70
9	70	70	70	70
10	70	70	70	70
11	40	50	60	60
12	40	40	40	40
13	40	40	40	40
14	40	40	40	40
15	40	40	30	30
16	30	30	30	30
17	30	30	30	30
18	40	40	40	40

Průběh tepelných zisků sluneční radiací (Tab. 13). Hodnoty se mění podle rostoucí hodnoty výšky slunce a dle změn slunečního azimutu, který zároveň udává osvětlenou plochu vnější konstrukce a změnu působení intenzity sluneční radiace.

Tab. 13: Celkové tepelné zisky sluneční radiací.

Hodina/Měsíc	Tepelný zisk sluneční radiací [W]			
	Červen	Červenec	Srpen	Září
6	40	0	0	0
7	90	40	470	0
8	880	810	670	320
9	830	820	730	570
10	960	960	890	720
11	820	870	960	1030
12	1090	1200	1440	1590
13	1470	1600	1880	1960
14	1620	1750	2090	2020
15	1310	1470	1760	1730
16	990	1030	1010	1000
17	920	950	50	0
18	290	220	0	0

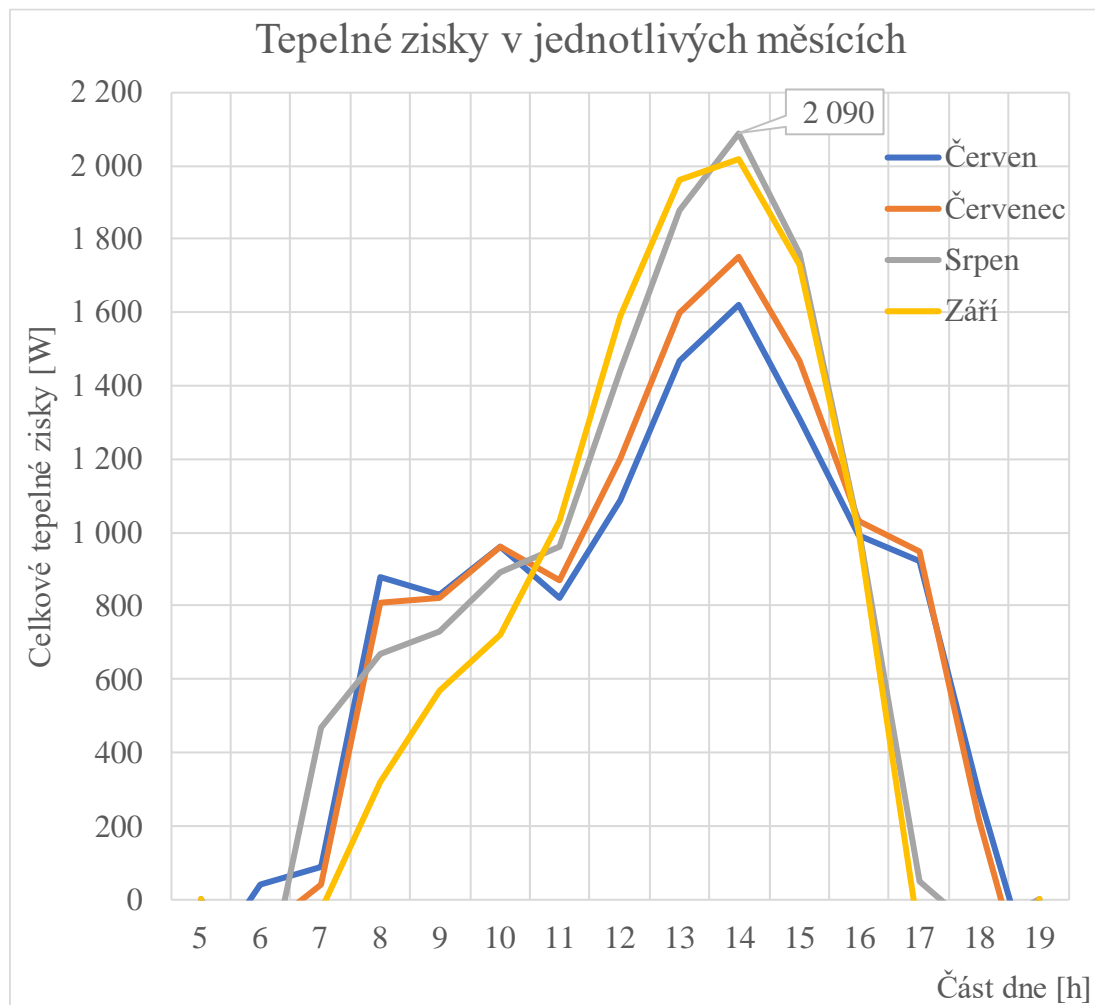
Pro výpočet snížení tepelných zisků se použila vypočítaná hodnota $\Delta Q = 1\,580\text{ W}$. Celková tepelná zátěž oslunění oken je rozdíl tepelných zisků sluneční radiací a snížení tepelných zisků od oslunění.

Další výpočty byly provedeny pro jednotlivé časové úseky (hodiny) v 21. dni měsíce, kdy se podle normy ČSN 73 0548 [1] nejprve z tabulek odečetly potřebné hodnoty a následně vypočítaly jednotlivé tepelné zisky pro dané obytné místnosti. Vyhodnocení tepelné zátěže bylo provedeno tabulkově (Tab. 14) a graficky (Graf 1).

Tab. 14: Maximální tepelné zisky v uvažovaných měsících.

Měsíc:	Červen	Červenec	Srpen	Září
Hodina [h]:	14	14	14	14
Tepelný zisk [W]:	1 620	1 750	2 090	2 020

Pro maximální tepelné zisky budou později navrhovány vnější klimatizační a chladicí jednotky, které musí tento maximální tepelný zisk pokrýt, aby byla zaručena správná funkčnost systému. Největší tepelné zisky pro celou budovu jsou v srpnu kolem 14 hodiny.



Graf 1: Průběh tepelných zisků v jednotlivých měsících.

Pro návrh vnitřních jednotek je třeba znát tepelnou zátěž pro jednotlivé místnosti (Tab. 15). Tyto hodnoty se liší podle světových stran. Největších tepelných zisků je dosahováno u každé místnosti v jinou dobu v závislosti na poloze ke světovým stranám (Příloha B: Graf 7; Graf 8; Graf 9; Graf 10). Vnitřní jednotky musí být navrženy tak, aby byly pokryty všechny tepelné zisky v každé místnosti.

Tab. 15: Maximální tepelný zisk místností.

Místnost	Název místnosti	Měsíc	Hodina	Zisk
0.03/0.04	Kuchyň/jídelna	Červen	8	750
0.05	Obývací pokoj	Září/Srpen	14	1 190
0.07	Ložnice	Srpen	14	390
0.08	Pokoj	Srpen	14	290

2.3 Stínění

Pro snížení tepelných zisků v letním období byly porovnány vnější a vnitřní stínící prvky. Pro výpočty bylo uvažováno použití těchto prvků během celého dne. Jednotlivé varianty stínění byly následně porovnány s navrhovaným provedením rodinného domu. Hodnoty stínících součinitelů \underline{g} pro jednotlivé stínící prvky byly převzaty od Sdružení výrobců stínící techniky a jejich částí. [24] Při zvolení vnějšího fasádního stínění je vhodné zvolit světlejší barvy, protože světlé barvy hůře absorbují teplo, které by tmavší stínící prvky následně vyzařovaly do prostoru. Vnější stínění snižuje prostup tepla do interiéru a má lepší odrazivost než samotné prosklení, a proto dochází k omezení přestupu tepla do interiéru.

Vnější stínící prvky mohou být opatřeny manuálním nebo automatickým ovládáním, kterým se zajišťuje jejich pohyb. Dnes již moc nepoužívané jsou rolety s „provazovým“ ovládáním, kdy je „provaz“ veden skrz stěnu do místnosti, kde dochází vlivem tažení k pohybu rolet. Při instalaci dochází k provrtání obvodové stěny poblíž oken. Ne vždy jsou otvory, kterými vede „provaz“, dostatečně zaizolované, a proto může docházet k tvorbě tepelných mostů, a tedy ke zvyšování tepelných ztrát. Elektricky ovládané vnější žaluzie nebo rolety jsou v počáteční investici nákladnější a během provozu vyžadují elektrickou energii, takže dochází

k nárůstům spotřeby elektrické energie. Součástí elektricky ovládaných stínících prvků bývají sluneční senzory, které jsou během dne schopny upravovat velikost stínění, aby nebylo nutné kontrolovat, zda je v místnosti dostatek světla a zda zároveň dochází k dostatečnému stínění. Další výraznou výhodou je ochrana soukromí a samotná bezpečnost. Stažené vnější stínící prvky neumožňují pohled dovnitř a znesnadňují vniknutí potencionálního pachatele do rodinného domu [25].

Vnitřní stínící prvky jsou nejlevnější stínící prvek a jsou k dostání v mnoha podobách. Vyžadují obsluhu obyvateli rodinných domů. U těchto prvků nedochází k úplnému snížení tepelných zisků, jelikož vzduch ohříváný vlivem dopadajících paprsků se nachází v interiéru. Jako stínící prvky jsou nejčastěji používány vnitřní žaluzie a záclony, které mohou být zatemňovací nebo pouze dekorační.

V původním návrhu bylo použito pouze prosklení se stínícím součinitelem $F_c = 0,730$. Pro porovnání s původním návrhem byly zvoleny stínící prvky ve střední barvě a s částečně otevřeným nastavením (Tab. 16) tak, aby docházelo k osvětlení prostoru místnosti a zároveň bylo dosaženo snížení tepelných zisků.

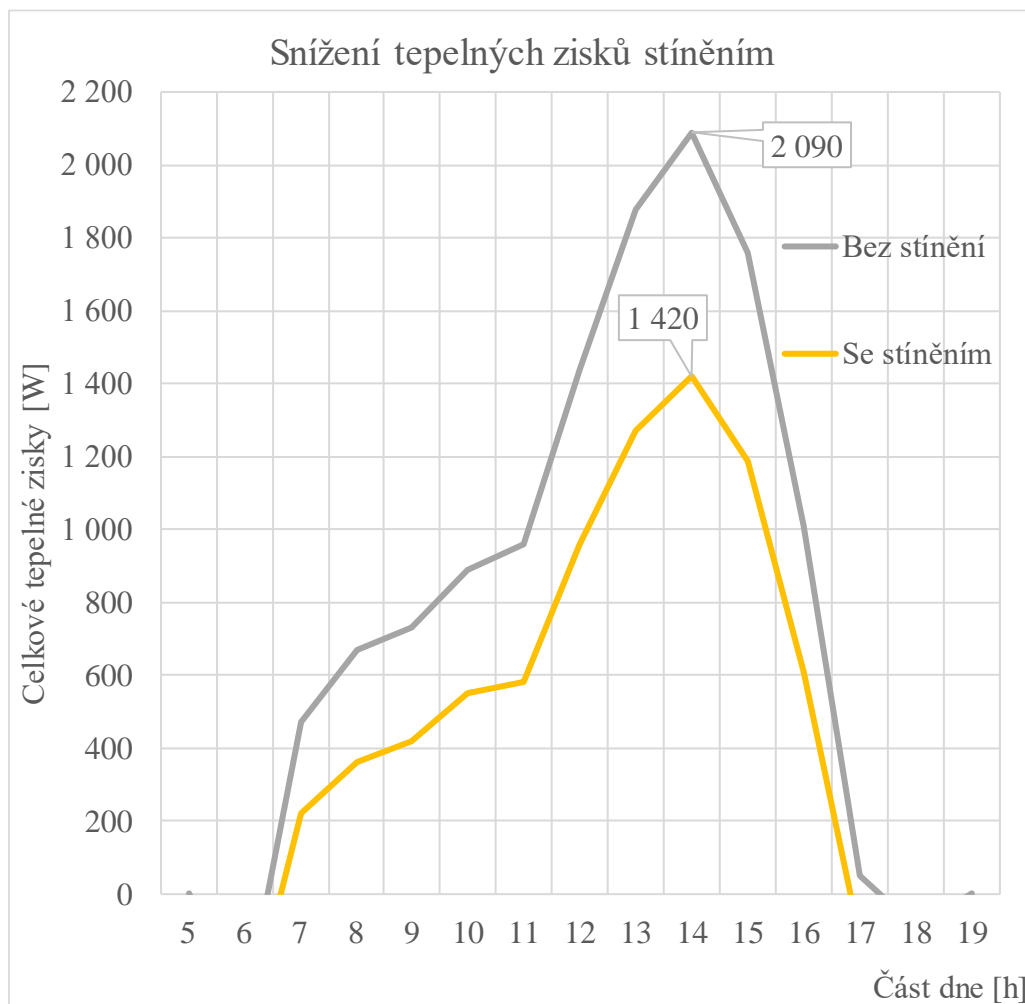
Tab. 16: Hodnoty stínícího součinitele F_c [24].

Barva střední		
Stínící prvek	F_c	F_c (výsledný)
Předokenní roleta otevřená	0,097	0,065
Venkovní žaluzie otevřená 45°	0,176	0,118
Vnitřní žaluzie zavřená	0,693	0,506

Výsledný stínící součinitel použitý pro výpočet byl získán jako součin stínícího součinitele okna a stínícího prvku. Dle již zvolených parametrů je vidět, že použití vnitřní žaluzie bude mít nejmenší dopad na snížení tepelných zisků, a současně nejlepších výsledků bude dosaženo v případě použití předokenních rolet.

Pro místnosti, ve kterých byla počítána tepelná zátěž v letním období, byly použity výše zmiňované stínící varianty v celé prosklené ploše. V případě použití vnějších stínících prvků – rolet a žaluzií, bude dosaženo zanedbatelného množství tepelných zisků v letním období. V případě použití vnitřních žaluzií pak tepelné zisky budou

pouze sníženy (Graf 2). Pro porovnání tepelných zisků rodinného domu a tepelných zisků rodinného domu s použitím vnitřních žaluzií graficky, byl zvolen měsíc srpen, ve kterém se dle výpočtů dosahuje největších tepelných zisků. Jak je na grafu vidět, dochází k výraznému snížení tepelné zátěže celého domu, konkrétně je dosaženo přibližně 33% snížení tepelné zátěže.



Graf 2: Snížení tepelných zisků při použití vnitřních žaluzií.

Pro porovnání z pohledu investičních nákladů byly poptány firmy, aby zaslaly cenovou nabídku i s montáží (Tab. 17). Stínění bylo pro okna o rozměrech: 4 ks 1000x1600 mm; 1 ks 2000x2150 mm a 1 ks 1000x1200 mm. Dalším požadavkem bylo motorické ovládání, aby bylo dosaženo komfortu, který odpovídá dnešní době. V případě vnějších žaluzií byla získána cenová nabídka na umístění v boxu a v zaomítnutém pouzdru, které je skryto pod fasádou domu. Jednotlivé ceny jsou bez použití čidel a řídicí jednotky pro chytrou domácnost, kdy dochází k navýšení ceny o částku přibližně 25 000 Kč v případě vnějších žaluzií od firmy CLIMASTYL s.r.o.

Tab. 17: Cenové nabídky stínění.

Typ stínění	Cena s DPH	Firma
Vnitřní žaluzie	3 823 Kč	KASKO-BLINDS a.s.
Vnitřní žaluzie	5 344 Kč	SVĚT OKEN s.r.o.
Vnitřní žaluzie – motorizované	64 498 Kč	CLIMASTYL s.r.o.
Vnější žaluzie	75 839 Kč	CLIMASTYL s.r.o.
Vnější žaluzie – zaomítnuté	74 205 Kč	SVĚT OKEN s.r.o.
Vnější rolety	72 535 Kč	JAMARO s.r.o.

V případě použití vnějšího stínění dochází k celkovému snížení tepelných zisků rodinného domu. Instalace dalších chladících systémů není nutná v případě, že nebude docházet k větrání během dne. Instalace venkovních stínících prvků je dražší a zvyšuje náklady na provoz, ale dokáže pracovat nezávisle na přítomnosti osob v objektu. Vnitřní zastínění je levnější varianta stínění, ovládání je „provazové“ nebo „řetízkové“, takže nedochází ke zvyšování nákladů na provoz domácnosti, ale je vyžadována přítomnost osoby, aby došlo k nastavení stínění. V případě elektrického ovládání se cena přibližuje k cenám vnějšího stínění. U vnitřních žaluzií nedochází k úplnému snížení tepelné zátěže, proto bude docházet během letních měsíců k přehřívání místností a bude nutné pořízení doplňkového zdroje chladu pro místnosti, které mají požadavek na nižší teploty.

Pro pokrytí tepelné ztráty v zimním období a zajištění ohřevu teplé vody byl navržen plynový kondenzační kotel s integrovaným zásobníkem (Tab. 18). Prvotní investice byla stanovena za pomoci ÚRS – Ústřední vytápění (800-731), vydání 2003. Jednotlivé částky byly aktualizovány. Navýšení ceny stínění bude o 260 023 Kč včetně DPH a montáže, v ceně není zahrnuta investice za spotřebiče a rozvody TV, které budou ve všech variantách stejné.

Tab. 18: Navržený plynový kondenzační kotel s DPH a montáží [26].

GEMINOX THRS 9SET115		
Výkon [kW]	Objem zásobníku TV	Celková cena s DPH [Kč]
1–9	120 l	86 201 Kč

2.4 Klimatizační a chladicí systémy

Pro zajištění kvality vzduchu v prostorách rodinného domu byla zvolena větrací jednotka se zpětným získáváním tepla, která zajišťuje přívod vzduchu do obytných místností a odvod vzduchu z kuchyně, WC a koupelny (Příloha C). Pro zjištění ceny realizace byly osloveny firmy IVAR CS spol. s.r.o. (Tab. 19) a CLIMA-STAV s.r.o. (Tab. 20) Větrací jednotky byly zvoleny podle požadavku 50 m³/h vzduchu na jednu místnost. Dle rozmístění přívodů a odvodů se z pohledu celého rodinného domu jedná o nucené větrání. Pokud se místnosti uvažují zvlášť, tak místnost s přívodem větracího vzduchu bude větrána přetlakově a místnost s odvodem vzduchu bude větrána podtlakově.

Tab. 19: Navržená větrací jednotka s DPH a montáží za pomoci firmy IVAR CS spol. s r.o. [27].

Větrací jednotka IVAR.BT 2.5 F		
Max. průtok [m ³ /h]	Rekuperace tepla	Celková cena s DPH [Kč]
250	84 %	206 300 Kč

Tab. 20: Navržená větrací jednotka s DPH a montáží za pomoci firmy CLIMA STAV s.r.o. [28].

Větrací jednotka VITOVENT 300–W, typ H32S B300		
Max. průtok [m ³ /h]	Rekuperace tepla	Celková cena s DPH [Kč]
300	až 93 %	215 276 Kč

V jednotlivých cenách jsou zahrnuty jednotky, rozvody, spojovací materiál, montážní práce a 15 % DPH. Dle cenových nabídek se částky za provedení liší vlivem parametrů větracích jednotek. Systémy nuceného větrání jsou vhodné pro znečištěné prostředí, vyšší požadavky na čistotu vzduchu a bezprašné prostředí v domácnosti. Zpětné získávání tepla umožňuje v zimním období snižovat tepelné ztráty větráním, a tedy snižovat náklady na vytápění. Pro maximální využití funkce systému je nutné, aby neprobíhalo větrání okny.

Pro snížení tepelných zisků byly navrženy dva nejčastěji používané systémy chlazení, které zároveň dokáží vytápět danou místnost nebo objekt. Jedná se o vytápění a chlazení multisplit jednotkami a tepelným čerpadlem. Jednotlivé systémy byly porovnány na základě cenových nabídek a následně schopností pokrýt tepelné ztráty rodinného domu a ohřev užitkové vody.

Prvním systémem byl zvolen systém multisplit. Vnitřní jednotky budou umístěny v místnostech 0.03/0.04, 0.05, 0.07 a 0.08 (Příloha C). Pro určení chladicího výkonu jednotky bychom měli vycházet z dimenzování systému pro letní provoz [29]. Součástí diplomové práce není potřeba přesného výpočtu výkonu jednotky, a proto uvažujeme citelný výkon jako 70 % z celkového výkonu (Tab. 21). Tento citelný výkon je hodnota rovna tepelné zátěži a je třeba navrhnout vnitřní jednotku na vypočítaný minimální výkon.

Tab. 21: Minimální potřebný výkon vnitřních jednotek.

Místnost	Citelný výkon [W]	Minimální výkon [W]
0.03/0.04	750	1 070
0.05	1 190	1 700
0.07	390	560
0.08	290	410

Pro pokrytí tepelných zisků byla zvolena vnější jednotka od firmy Mitsubishi – MXZ-4F72VF (Tab. 22). Tato jednotka disponuje možností chlazení a vytápění. Jednotka pracuje v rozsahu teplot vzduchu v rozmezí -15 °C - +46 °C. Vnitřní jednotky byly zvoleny tak, aby pokryly minimální potřebný výkon jednotlivých místností (Tab. 21). Do každé místnosti byly umístěny jednotky od výrobce již zvolené vnější klimatizační jednotky (Tab. 23). Funkcí systému je nasávání vzduchu z místnosti do vnitřní jednotky, kde je tento vzduch ochlazován nebo ohříván a následně vrácen zpět do místnosti, takže dochází k úpravě teploty pro každou místnost zvlášť. Vzduch je ochlazován a ohříván přiváděním kapaliny z vnější jednotky, kde je tato kapalina upravována na požadované teploty. Zároveň není přiváděn vzduch z vnějšího prostředí, a proto je zapotřebí přirozené nebo nucené větrání.

Tab. 22: Vybrané parametry vnější klimatizační jednotky.

Mitsubishi – MXZ-4F72VF	
Výkon chlazení [kW]	7,2
Výkon topení [kW]	8,6
Oblast použití [°C]	-15 - +46
Cena bez DPH [Kč]	61 400 Kč

Tab. 23: Parametry vnitřní jednotky pro místnosti 0.03/0.04, 0.05, 0.07 a 0.08.

Mitsubishi – MSZ-LN18VG W		
Výkon chlazení [kW]	Výkon topení [kW]	Cena bez DPH [Kč]
1,8	3,3	13 400 Kč

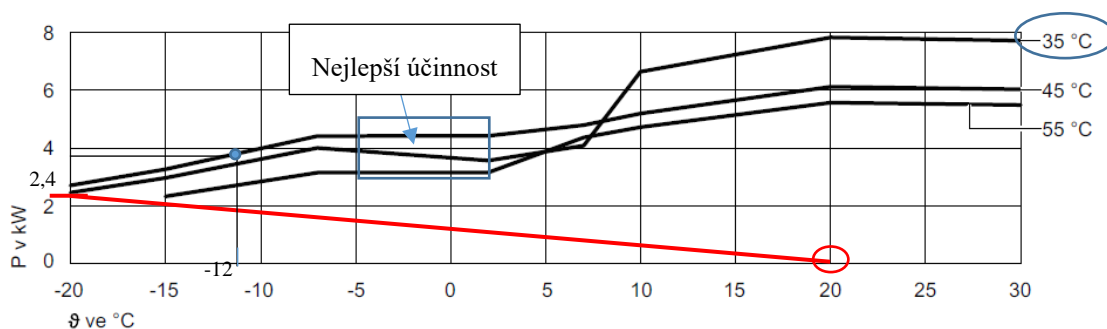
Cenová nabídka byla stanovena za pomoci firmy CLIMA-STAV s.r.o. s použitím nejběžnějších vnitřních jednotek a při vytvoření skutečné cenové nabídky se může cena lišit v závislosti na zvolené firmě, uplatněné slevě, použitém systému a designovém provedení vnitřních jednotek. Celkové pořizovací náklady realizace byly stanoveny na 183 995 Kč vč. DPH. Pro pokrytí tepelných ztrát v koupelně (místnost 0.09) bude nutné přidat elektrický přímotop o výkonu minimálně 404 W, navržen byl elektrický topný žebřík o výkonu 600 W za cenu 3 473 Kč [30]. Současně se systémem chlazení je zapotřebí zajistit přípravu teplé vody, proto byl zvolen elektrický bojler Dražice OKCE 125 [31] o objemu 122 l a příkonem otopného tělesa 2 200 W za cenu 6 799 Kč [32]. Celková cena pro zajištění provozu rodinného domu byla stanovena na 208 607 Kč s DPH, bez započítání rozvodů pro teplou vodu, které jsou uvažovány pro všechny varianty stejné.

Druhým systémem bylo zvoleno vytápění a chlazení tepelným čerpadlem vzduch-voda. Chlazení a vytápění je v tomto případě zajišťováno podlahovým nebo stropním potrubním systémem. Teplota proudící kapaliny je upravována a následně distribuována „otopnými hady“ v jednotlivých místnostech. Náklady na pořízení tohoto systému jsou větší oproti systému multisplit jednotek, ale přináší s sebou výhody. Chlazení a vytápění funguje na principu sálání, kdy dochází hlavně k ochlazení nebo ohřívání konstrukcí a nábytku v místnostech, a teprve potom se mění teplota vzduchu. V případě použití chlazení v podlaze nastává problém studené podlahy, kdy v případě chůze „naboso“ člověk může pociťovat nepříjemnou zimu. V případě vytápění je podlahový systém příjemný a zvyšuje komfort. Aby bylo dosaženo komfortu v letním i zimním období, bylo by ideální vytápění zajišťovat podlahou a chlazení stropem, i za cenu vyšších nákladů za instalaci dvou potrubních systémů. Nevýhodou systému chlazení tepelným čerpadlem je nízký rozdíl vnějších a vnitřních teplot, protože chladicí kapalinou je voda, takže nesmí docházet ke kondenzaci na stěnách trubek.

Pro porovnání bylo zvoleno tepelné čerpadlo (Tab. 24), které má dostatečný výkon na snížení tepelných zisků a pokrytí tepelných ztrát a pracovní teplotní rozsah $-20\text{ }^{\circ}\text{C} - +48\text{ }^{\circ}\text{C}$, který vyhovuje výpočtovým hodnotám na vytápění pro danou lokalitu. Na Obr. 21 je vyobrazen tepelný výkon při $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, který je dostatečný pro pokrytí vypočtených tepelných ztrát.

Tab. 24: Navržené tepelné čerpadlo s DPH a montáží za pomoci firmy CLIMA-STAV s.r.o. [33].

Tepelné čerpadlo Vitocal 111-S (B04) – AWBT-M-E-AC 111.A/B	
Jmenovitý tepelný výkon [kW]	4
Jmenovitý chladicí výkon [kW]	3,98
Teplotní rozsah	$-20\text{ }^{\circ}\text{C} - +48\text{ }^{\circ}\text{C}$
Celková cena s DPH [Kč]	359 289 Kč



Obr. 21: Tepelný výkon TČ při výstupních teplotách vody $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ [33].

kde v Vstupní teplota vzduchu
 P Tepelný výkon

Za pomoci firmy CLIMA-STAV s.r.o. byl vytvořen cenový odhad investice tohoto systému. Instalace tepelného čerpadla spolu s rozvody, prací a DPH byla odhadnuta na 359 289 Kč, tato částka se může lišit podle jednotlivých firem, dále také podle množství použitých čidel pro řízení teploty a regulačních ventilů. Součástí zvoleného tepelného čerpadla je i 220 l zásobník na užitkovou vodu, a není tedy nutné pořízení dalšího zdroje na přípravu teplé vody. Pro pokrytí tepelné ztráty v místnosti 0.09 (koupelna) je zapotřebí přidat jednoho „otopného hada“ s čidlem teploty a regulačním ventilem, cena se tedy navýší přibližně o 7 000 Kč, takže celková cena tohoto systému bude 366 289 Kč s DPH, bez započítání rozvodů pro teplou vodu, které jsou uvažovány pro všechny varianty stejné.

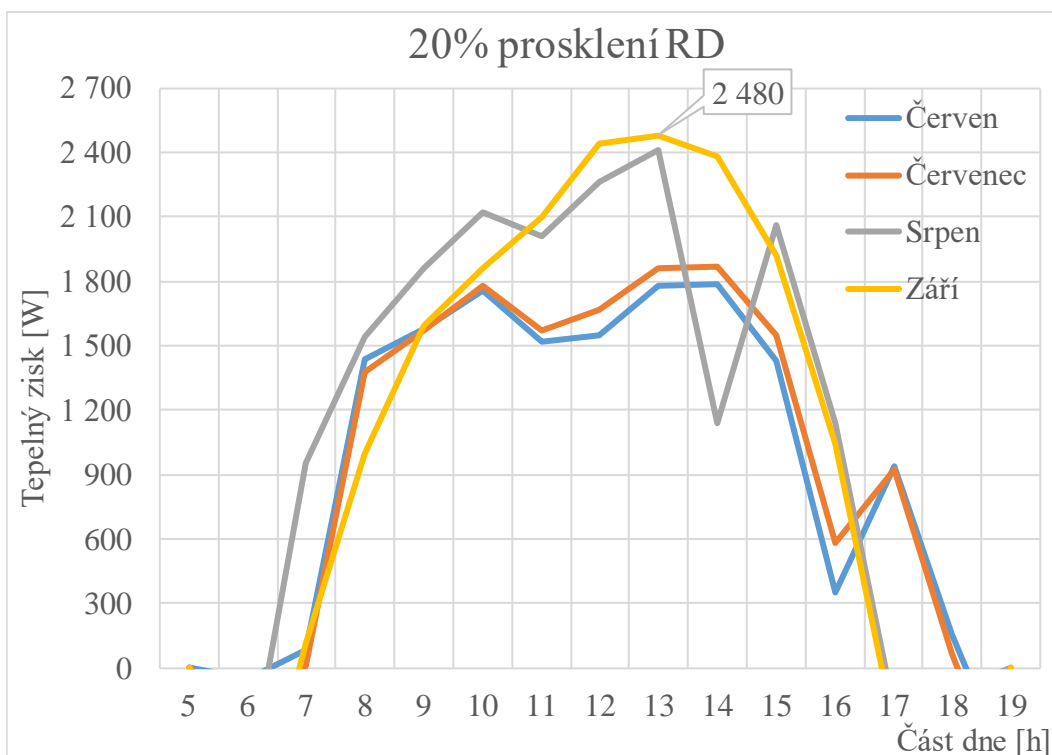
V současné době se začínají objevovat rodinné domy s FCU jednotkami. Využití těchto systému je nejčastější u administrativních budov, kde je potřeba velkého chladicího výkonu. Použití u rodinných domů se začíná uplatňovat kvůli užívání tepelných čerpadel. FCU jednotky disponují možností přivádění kapaliny o teplotách v rozmezí 4 °C–80 °C [34]. Jedná se o investičně náročnější způsob, než je vytápění a chlazení stropním nebo podlahovým systémem, protože se kvůli hluku nedá použít tepelné čerpadlo vzduch-voda, ale je vhodnější používat tepelné čerpadlo země-voda nebo tepelné čerpadlo voda-voda. Tato čerpadla disponují vyšší účinností a používají přívod chladné vody do výměníku, jejíž teplota se pohybuje kolem 10 °C po celý rok, takže v případě použití „free cooling“ se chladná voda přivádí ze zemních kolektorů nebo vrtů přímo čerpadly a dochází ke snížení nákladů na provoz při chlazení. Při použití FCU jednotek dochází k proudění vzduchu v místnosti, nevýhodou tohoto systému je tedy víření prachu a není zajištěno větrání.

Další variantou jsou rodinné domy s VAV systémy [35], tyto systémy zajišťují chlazení jednotlivých místností nebo zón budov a zároveň provádí větrání. Pro zajištění vytápění v zimním období je vyžadován další zdroj tepla. Systém je řízen čidly, která jsou umístěna v jednotlivých místnostech a regulují průtok vzduchu z hlavní větve. Regulací průtoku vzduchu dochází ke změnám proudění v místnosti a přiváděný vzduch procházející centrální jednotkou je upravován na teploty požadované uživatelem. Pro rozvod vzduchu slouží jedno centrální potrubí, které se rozvětjuje do jednotlivých místností. S použitím VAV systému lze dosáhnout nižších teplot v místnostech než třeba při chlazení tepelným čerpadlem, které má jako chladicí kapalinu vodu. V tomto případě je přiváděn upravený vzduch a nedochází tedy ke kondenzaci na přívodním potrubí.

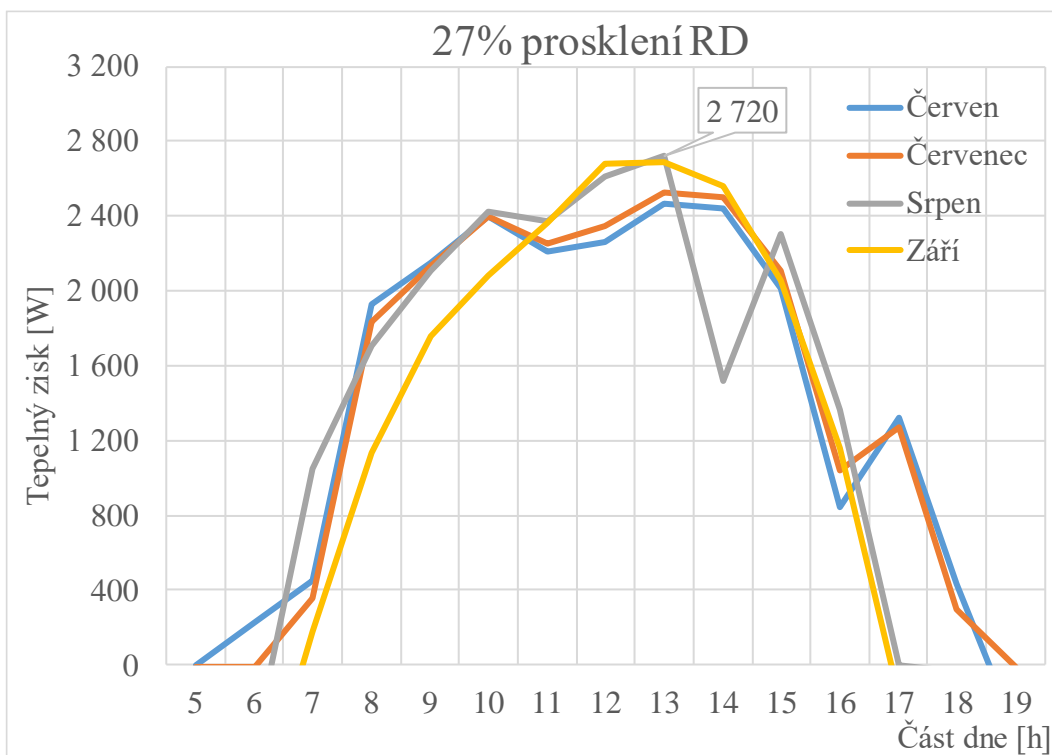
2.5 Velikost prosklení

Okna jsou důležitým aspektem pro RD. Pro obyvatele je důležité denní světlo, které navozuje pocit pohody a fungování lidského těla. V zimě je sklo nejslabším místem v obálce budovy, protože má větší součinitel prostupu tepla než stěna v případě novostavby. Okna do rodinného domu přivádějí největší tepelné zisky, které jsou přívětivé v zimě a nežádoucí v létě. Tyto tepelné zisky způsobují ohřev vnitřního vzduchu, který obyvatelé potřebují v zimním období, aby snížily náklady na vytápění, ale v letním období, pokud to je možné, chtějí tepelné zisky co nejmenší.

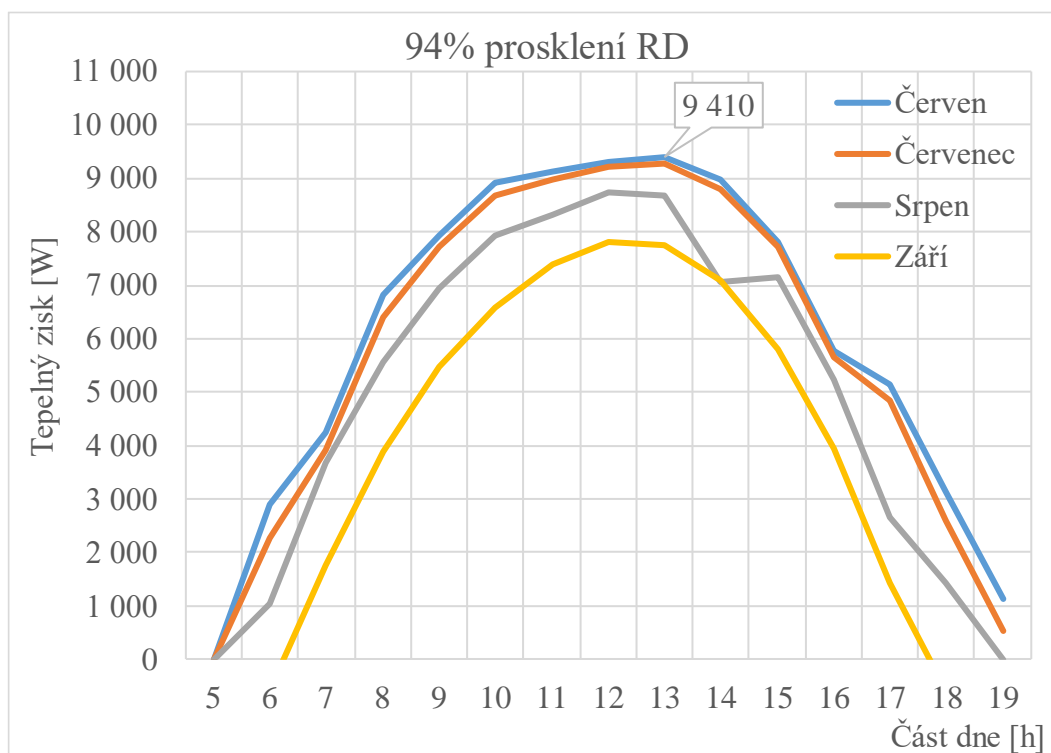
Jak se změní tepelné zisky, pokud změním velikost prosklení? Vyhodnocení bylo provedeno při porovnání původního navrhovaného stavu (Graf 1) a uvažování zvětšení plochy prosklení z 13 % na 20 %, 27 % a 94 % vnějších obvodových stěn obytných místností.



Graf 3: 20% prosklení vnějších obvodových stěn obytných místností.



Graf 4: 27% prosklení vnějších obvodových stěn obytných místností.



Graf 5: 94% prosklení vnějších obvodových stěn obytných místností.

Jednotlivé varianty v porovnání jsou pouze teoretické a jejich realizace závisí na statických vlastnostech budovy, přání investora, možnostech zvýšení investice do novostavby rodinného domu, a hlavně umístění domu podle okolní zástavby, aby nedocházelo k pocitu narušení vlastního soukromí. Výsledky jednotlivých variant byly porovnány s původním návrhem v Tab. 25. Jednotlivé výsledky jsou vztaženy pro celou obytnou část rodinného domu.

Tab. 25: Porovnání původního prosklení a jednotlivých variant budovy se zvětšeným prosklením.

Prosklení	Plocha prosklení [m ²]	Tepelný zisk budovy [W]	Nárůst zisků	Tepelná zátěž [W/m ²]
13 %	11,90	2 090	/	33,8
20 %	17,85	2 480		19 %
26 %	23,81	2 720	30 %	44,0
93 %	84,04	9 410	350 %	152,2

Čím dál častěji dochází k navyšování prosklených ploch, jelikož je vyžadováno denní světlo v místnostech a dnešní tepelně izolační vlastnosti oken toto navyšení dovolují. Snížení tepelných zisků je možné upravit změnou orientace dle světových stran, kdy dojde ke snížení požadovaného prosvětlení místnosti, ale zároveň také dojde ke snížení tepelných zisků v obytných prostorách rodinného domu. Největší nárůst tepelných zisků je zaznamenán v případě, kdy dojde k zasklení celého obvodového pláště obytných místností. Nárůst tepelných zisků je vyšší až o 350 %, tedy výkon klimatizačních systémů by musel být až 3,5x větší než v původním návrhu. Se zvětšující se prosklenou plochou dochází k nárůstu investičních nákladů do stínící techniky a chladících systémů, které potřebují dosahovat větších výkonů. V zimním období vlivem skleněné plochy, která má horší tepelný odpor (součinitel prostupu tepla), dochází k nárůstu nákladů na vytápění, které budou částečně snižovány díky větším tepelným ziskům přes den. Problémem by mohla být samotná nosnost skleněné konstrukce a cena samotného prosklení.

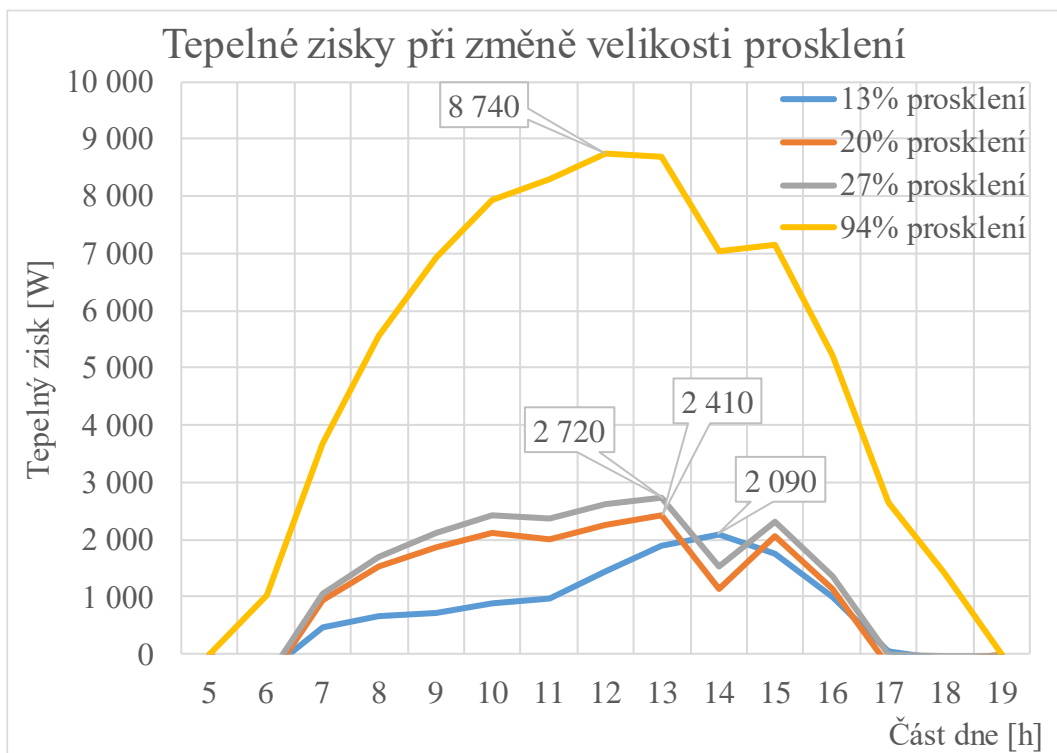
Při použití metody nočního chlazení, lze zajistit podmínky pro tepelnou pohodu, při tepelné zátěži do 20 W/m^2 vzhledem k půdorysné ploše místností. [36] Při zvětšení prosklených ploch a využití vnějšího stínění již nemusí stačit použití nočního chlazení a pro dosažení tepelné pohody bude zapotřebí instalovat doplňkový zdroj chladu, který zajistí pokrytí tepelné zátěže. S použitím vnějšího stínění na celou plochu prosklení v původním návrhu (Tab. 26) je při využívání nočního chlazení dosaženo tepelné pohody. V případě použití pouze vnitřního stínění v původním návrhu tepelná zátěž není tak vysoká, aby bylo zapotřebí navrhovat chlazení, ale může docházet k přehřívání budovy.

Se změnou velikosti prosklení bude docházet k nárůstu tepelných zisků až do té míry, že v případě 94% prosklení bude docházet k přehřívání budovy i s použitím vnějších žaluzií. Vlivem vnitřních zisků a velikosti prosklení se dostáváme na hodnoty stejné, jako při použití vnitřních žaluzií v původním návrhu.

Tab. 26: Porovnání tepelné zátěže při použití stínění a různých prosklení.

Prosklení	Stínění	Tepelný zisk budovy [W]	Tepelná zátěž [W/m ²]
13 %	Bez stínění	2 090	33,8
	Vnitřní žaluzie	1 420	22,9
	Vnější žaluzie	290	4,7
	Vnější rolety	160	2,6
20 %	Bez stínění	2 285	36,9
	Vnitřní žaluzie	1 725	27,9
	Vnější žaluzie	403	6,5
	Vnější rolety	220	3,6
26 %	Bez stínění	2 803	45,3
	Vnitřní žaluzie	2 115	34,2
	Vnější žaluzie	495	8,0
	Vnější rolety	271	4,4
93 %	Bez stínění	8 261	133,4
	Vnitřní žaluzie	6 239	100,8
	Vnější žaluzie	1 455	23,5
	Vnější rolety	801	12,9

Pro následné porovnání jednotlivých velikostí prosklení byl vybrán průběh tepelných zisků pro dny v srpnu (Graf 6). Hodnoty v dalších měsících vykazují podobné navýšení tepelných zisků jako v případě porovnání.



Graf 6: Tepelné zisky pro 21. den v srpnu, porovnání jednotlivých velikostí prosklení.

Zásadní vliv na skutečné tepelné zisky oproti ziskům výpočtovým má okolí a zvolené stínící prvky.

Závěr

Při navrhování rodinného domu je nutné zvažovat způsoby větrání, stínění, chlazení a vytápění. Vytápění musí být navrženo vždy a musí pokrývat tepelné ztráty jednotlivých místností. Tato diplomová práce porovnává jednotlivé metody snižování tepelných zisků. V rámci pořizovacích nákladů je zahrnuta cena systému zajišťujícího vytápění a ohřev teplé vody u jednotlivých variant.

Pro použití výměny vzduchu můžeme využít přirozené nebo nucené větrání. V případě použití navrženého systému nuceného větrání jsou náklady na instalaci v rozmezí 200 000 – 220 000 Kč. Výkon jednotek nenahradí plnohodnotné noční větrání, ale zajistí přísun čistého vzduchu. Zároveň se zvýší náklady na provoz, které nejsme schopni přesněji určit a nejsou součástí diplomové práce.

Tab. 27: Porovnání jednotlivých systémů pro zajištění tepelné pohody v rodinném domě.

Instalace	Tepelná pohoda – letní období	Celková cena
Vnější žaluzie	75 839 Kč	335 862 Kč
Vnější rolety	72 535 Kč	332 558 Kč
Systém multisplit	183 995 Kč	208 607 Kč
Tepelné čerpadlo	359 289 Kč	366 289 Kč

Nejjednodušším systémem pro instalaci je vnější stínění, které tepelné zisky sníží do zanedbatelného množství 2-5 W/m² za předpokladu, že přes den nebude docházet k větrání a stínění bude staženo. V kombinaci s nočním chlazením se jedná o nejméně náročný systém na provozní náklady, ale pořizovací náklady jsou přibližně 1,6x větší než v případě multisplit systému. Vnější stínící systémy dokáží s pomocí nočního větrání zajistit snížení tepelné zátěže bez navýšení provozních nákladů do 20 W/m², ale pokud se bude zvětšovat prosklení, bude docházet k růstu tepelné zátěže, se kterou

si noční větrání již neporadí. Tak tomu je při použití vnějších žaluzií u 93% prosklení místností nebo v původním návrhu při použití vnitřních žaluzií (Tab. 26). Stínění vnějšími žaluziemi s pořizovací cenou 335 862 Kč a vnějšími roletami s pořizovací cenou 332 558 Kč nemá možnost nijak ovlivňovat proměnlivé požadavky na tepelnou pohodu během dne. V případě zvětšení prosklení již nebude kombinace nočního chlazení a vnějších stínících prvků dostatečná a bude nutné instalovat další zdroj chladu.

Systém typu multisplit má funkci vytápění a chlazení, ale nezajišťuje výměnu vzduchu. Výměna vzduchu musí být zajišťována otevíratelnými okny nebo větrací jednotkou s možností zpětného získávání tepla. Dosažení tepelné pohody bude rychlejší než v případě použití tepelného čerpadla, jelikož je systém multisplit dimenzován na pokrytí tepelných ztrát v zimním období a má tedy větší chladicí a topný výkon než tepelné čerpadlo. Při zvětšení prosklení bude zajištěna tepelná pohoda v letním období, ale pro pokrytí tepelných ztrát výkon nebude v zimním období dostatečný. Výše uvedená tabulka ukazuje, že použití systému s multisplit jednotkami je podle pořizovacích nákladů ve výši 208 607 Kč nejlevnější, ale při provozu bude docházet k nárůstu provozních nákladů. multisplit systém má proti vnějšímu stínění výhodu, že je možné upravovat teplotu dle požadavků obyvatelů a není závislý na nočním větrání.

Tepelné čerpadlo s pořizovacími náklady ve výši 366 289 Kč chladí během dne a v noci lze využít nočního větrání. Podobně jako u levnějšího multisplit systému budou zvýšeny náklady na provoz. S rostoucím prosklením již nebude výkon tepelného čerpadla dostatečný pro zajištění tepelné pohody a bude zapotřebí navýšit výkon tepelného čerpadla anebo použít kombinaci tepelné čerpadlo s vnějším stíněním.

Nejllepší tepelné pohody bude dosaženo při použití multisplit systému, který umí nejlépe a nejrychleji reagovat na měnící se požadavky na tepelnou pohodu i za cenu zvýšených provozních nákladů. Při zvětšení prosklení nebude navýšení ceny tak výrazné a systém bude stále vycházet nejlevněji z hlediska pořizovacích nákladů.

Citovaná literatura a použité zdroje

1. ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1985.
2. *Vnější žaluzie a rolety [online]*. In: . [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.loxone.com/cscz/predokenni-zaluzie-nebo-rolety/>.
3. *Jaké zastínění vybrat do různých pokojů*. SVĚT OKEN [online]. 12.10.2019 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.svet-oken.cz/stinici-technika/jake-zastineni-vybrat-do-ruznych-pokoju>.
4. *Kazetová markýza*. In: *Rollo [online]*. [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.rollo.cz/markyzy/kazetove-markyzy/>.
5. *Boční zatahovací markýza [online]*. In: . [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.lcddrzaky-tvstolky.cz/Bocni-markyza-zatahovaci-bezova-180-x-350-cm-d4545.htm>.
6. *Slunolam [online]*. In: . [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.truhlarstvisuchanek.cz/pergoly-slunolamy-baldachyny?lightbox=dataItem-jghs9ayp>.
7. ZMRHAL, Vladimír. *Větrání rodinných a bytových domů*. Praha: Grada, 2014. *Profi & hobby*. ISBN 978-80-247-4573-2.
8. *Vyhláška č. 20/2012 Sb*. In: . *Ministerstvo pro místní rozvoj*, 2012.
9. *Vliv koncentrace CO₂ na zdraví člověka [online]*. 18. duben 2017 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://www.enectiva.cz/cs/blog/2017/04/co2-vnitri-prostory/>.
10. ING. IVAN CIFRINEC, PH.D., MBA. *Větrání bytových domů - Základy teorie větrání [online]*. 26. dubna 2010 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani>.
11. ING. VLADIMÍR ZMRHAL, PH.D a ING. JIŘÍ PETLACH. *Systémy větrání obytných budov [online]*. [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>.

12. BC. SOŇA KOLLÁROVÁ. *Bytové větrání. Praha, 2017. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Prof. Ing. Karel Kabele, CSc.*
13. REARDON, Chris a Dick CLARKE. *Passive cooling [online]. 2013 [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://www.yourhome.gov.au/passive-design/passive-cooling>.*
14. GROVE-SMITH, Jessica a Francis BOSENICK. *How do Passive House buildings stay comfortable in summer? [online]. 12. August 2018 [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://blog.passivehouse-international.org/summer-comfort-passive-house/>.*
15. *Klimatizace TOSHIBA. In: NODiP [online]. [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <http://www.nodip.cz/klimatizace-toshiba/>.*
16. GAUSMAN & MOORE. *What is the Difference Between VRF and VRV Air Conditioning? [online]. In: . Srpen 29, 2019 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.gausman.com/Our-Company/News/entryid/265/what-is-the-difference-between-vrf-and-vrv-air-conditioning>.*
17. ZMRHAL, Vladimír, Jiří KREPINDL a Michal DUŠKA. *Technické aspekty projektování chladivových systémů [online]. 2007 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/VVI-2008-05_s230.pdf.*
18. BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné vytápění (I): Úvod do problematiky. In: Tzb-info.cz [online]. ČVUT v Praze, 26.6.2006 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/3383-velkoplosne-vytapani-i>.*
19. *Plošné vytápění a chlazení pro moderní budovy [online]. In: . 8. srpna, 2019 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapani/plosne-vytapani-a-chlazení-pro-moderní-budovy>.*
20. KLIMATIZACE A PRŮMYSLOVÁ VZDUCHOTECHNIKA Prof. Ing. František Drkal, CSc. Ing. Miloš Lain, Ph.D. Ing. Jan Schwarzer, Ph.D. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. Praha 2009 Evropský sociální fond Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti. [Online]
21. *Indukční stropní jednotka. In: Www.stavebnictvi3000.cz [online]. [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/indukcni-jednotky-minib-ucinne-a-efektivni-chlazení-topení-a-ventilaci>.*

22. *PLASTOVÉ OKNO 88* [online]. [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://www.pksokna.cz/plastove-okno-88>.
23. *ČSN 06 0210: VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍ*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
24. Hodnoty stínicího součinitele Fc pro základní skupiny stínicích prvků [online]. SVST - Sdružení výrobců stínicí techniky a jejich částí, Květen 2015 [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: https://www.svst.cz/images/dokumenty/stz_stinici_soucinitel_finalni.pdf. [Online]
25. TECHNOROL. Teorie stínění: Pro odborníky - teorie stínění [online]. In: . [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://www.technorol.eu/teorie-stineni.html>. [Online]
26. Sestava Plynový Kondenzační Kotel GEMINOX THRS 9SET115, 1,0 - 9,0 KW, Zásobník, Bojler 120l. AAAradiatory.cz [online]. [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: <https://www.aaaradiatory.cz/sestava-plynovy-kondenzacni-kotel-geminox-thrs-9set115-1-0-9-0-kw-zasobnik-boj>. [Online]
27. *VĚTRACÍ JEDNOTKA IVAR.BT*. *W*www.ivarcs.cz [online]. [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/tepelna-technika/vetraci-jednotka-ivar-bt-p142132/>.
28. Vitovent 300-W: typ H32S B300. Viessmann, spol. s r.o. [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/domaci-vzduchotechnika/centralni-domaci-vzduchotechnika/vitovent-300w.html>. [Online]
29. ZMRHAL, Vladimír a František DRKAL. *NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ CHLADIVOVÉHO KLIMATIZAČNÍHO SYSTÉMU* [online]. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, 2007 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/CHKS_2007.pd.
30. <https://www.primotopy.eu/elektricky-topny-zebrik-rovny-ke-600x1320-600w-600-x-1320-mm-p218/>, Elektrický topný žebřík rovný KD-E 600x1320 600W 600 x 1320 mm. Primotopy.eu [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: [Online]
31. <https://www.primotopy.eu/elektricky-topny-zebrik-rovny-ke-600x1320-600w-600-x-1320-mm-p218/>, Elektrický topný žebřík rovný KD-E 600x1320 600W 600 x 1320 mm. Primotopy.eu [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: [Online]

32. <https://www.mall.cz/bojlery/drazice-okce-125-model-2016?tab=description>, Dražice OKCE 125. MALL.CZ [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: [Online]
33. Vitocal 111-S (B04) - AWBT-M-E-AC 111.A/B: Technický list | Technická data [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/tepelna-cerpadla/splitova-tepelna-cerpadla-vzduchvoda/vitocal-111s.html>. [Online]
34. NÁSTĚNNÝ FANCOIL: IVAR.SLW FILOMURO [online]. In: . 2020, s. 2 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/38001-40000/39233-file-CSNAVOD-FILOMURO-SLW-fancoil.pdf>. [Online]
35. Control of ventilation and air conditioning plants: Second updated edition. Siemens Switzerland Ltd, 2004. [Online]
36. LAIN, M. Nizkoenergetické chlazení budov [Low-energy cooling of buildings]. 2008.
37. ZMRHAL, Vladimír, František DRKAL a Václav ŠIMÁNEK. Koncept větrání [online]. ČVUT v Praze, 16.12.2016, , 42 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: https://www.ckait.cz/sites/default/files/koncept_vetrani.pdf.
38. Nicolas Dupin, Nicolas DUPIN, Bruno PEUPORTIER, Karsten DUER, Michael COHEN a Berenger FAVRE. Evaluation of ventilative cooling in a single family house - Characterization and modelling of natural ventilation. Barcelona, Španělsko, 2017, 9.
39. SØREN ØSTERGAARD, Jensen. Natural ventilation in single-family houses during the summer. Danish Technological Institute, 2015, 72. ISBN: 978-87-93250-03-1, ISSN: 1600-3780.
40. Algburi, Omar & Beyhan, Figen. (2019). Cooling Load Reduction in a Single-Family House, an Energy-Efficient Approach. Gazi University Journal of Science. 32. 385 - 400. .
41. Multisplit MITSUBISHI. www.sinop.cz [online]. [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://sinop.cz/vyrobky-a-sluzby/multisplit-inverter-mitsubishi>.
42. HIRŠ, Jiří a Günter GEBAUER. TZB - Vzduchotechnika: Klimatizace [online]. In: . [cit. 2021-02-15]. Dostupné z:

<http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BT02-TZB%20III/M08-Klimatizace.pdf>.

43. RUBINOFF, Sirena. *What is a Split Air Conditioner System?* [online]. In: . Prosinec 26, 2018 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.networx.com/article/split-air-conditioner-system>.

44. COOLAUTOMATION. *VRV OR VRF ?* [online]. In: . November 17, 2019 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://coolautomation.com/blog/vrv-or-vrf/>.

45. TROJAN, Robert a Libor KOMÁREK, LAIN, Miloš, ed. *Fan coil - jeho pád nebo renesance* [online]. 23.7.2012 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8857-fan-coil-jeho-pad-nebo-renesance>.

46. JEDNOTKY FAN COIL. *Www.blueteam.c* [online]. [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <http://www.blueteam.cz/klimatizace-a-chlazení/jednotky-fan-coil.html>.

47. *Tepelná čerpadla se systémy plošného vytápění a chlazení* [online]. In: . 27.7.2015 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13026-tepelna-cerpadla-se-systemy-plosneho-vytapani-a-chlazení>.

48. FARKA, Jan, KADLEC, Marcel, ed. *Chladicí trám nebo fan-coil?* [online]. In: . 6.6.2011 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil>.

49. ZMRHAL, Vladimír, LAIN, Miloš, ed. *Úpravy vzduchu v klimatizačních zařízeních (VI)* [online]. In: . 25.11.2013 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/10622-upravy-vzduchu-v-klimatizacnich-zarizenich-vi>.

50. *EFEKTIVNÍ A EKONOMICKÝ SYSTÉM ATREA PRO CENTRÁLNÍ VĚTRÁNÍ* [online]. [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://www.rekuperace.cz/clanky/smart-boxy-21>.

51. *CENTRÁLNÍ VĚTRACÍ SYSTÉM: S REKUPERACÍ TEPLA – pro byty, školy, kanceláře, výrobní prostory.* *Atrea.cz* [online]. [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: https://www.atrea.cz/img/jednotky/centralni_vetrani_cz/files/assets/common/downloads/files/systemy_bytoveho_vetr.

52. HIRŠ, Jiří a Günter GEBAUER. *TZB - Vzduchotechnika: Klimatizace* [online]. *Vysoké učení technické v Brně, 2005* [cit. 2021-02-21]. Dostupné z:

<http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BT02-TZB%20III/M08-Klimatizace.pdf>.

53. *Stínící technika. NÁŠ DŮM [online]. [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.nasdum.cz/novy-dum-krok-za-krokem/nas-dum-dum-bez-zavad/stinici-technika>.*

54. WINKLER, Matthias; ANTRETTNER, Florian; RADON, Jan. *Critical discussion of a shading calculation method for low energy building and passive house design. Energy Procedia, 2017, 132: 33-38.*

55. HUO, Huimin, et al. *Field comparison test study of external shading effect on thermal-optical performance of ultralow-energy buildings in cold regions of china. Building and Environment, 2020, 180: 106926.*

Seznam zkratk

U součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

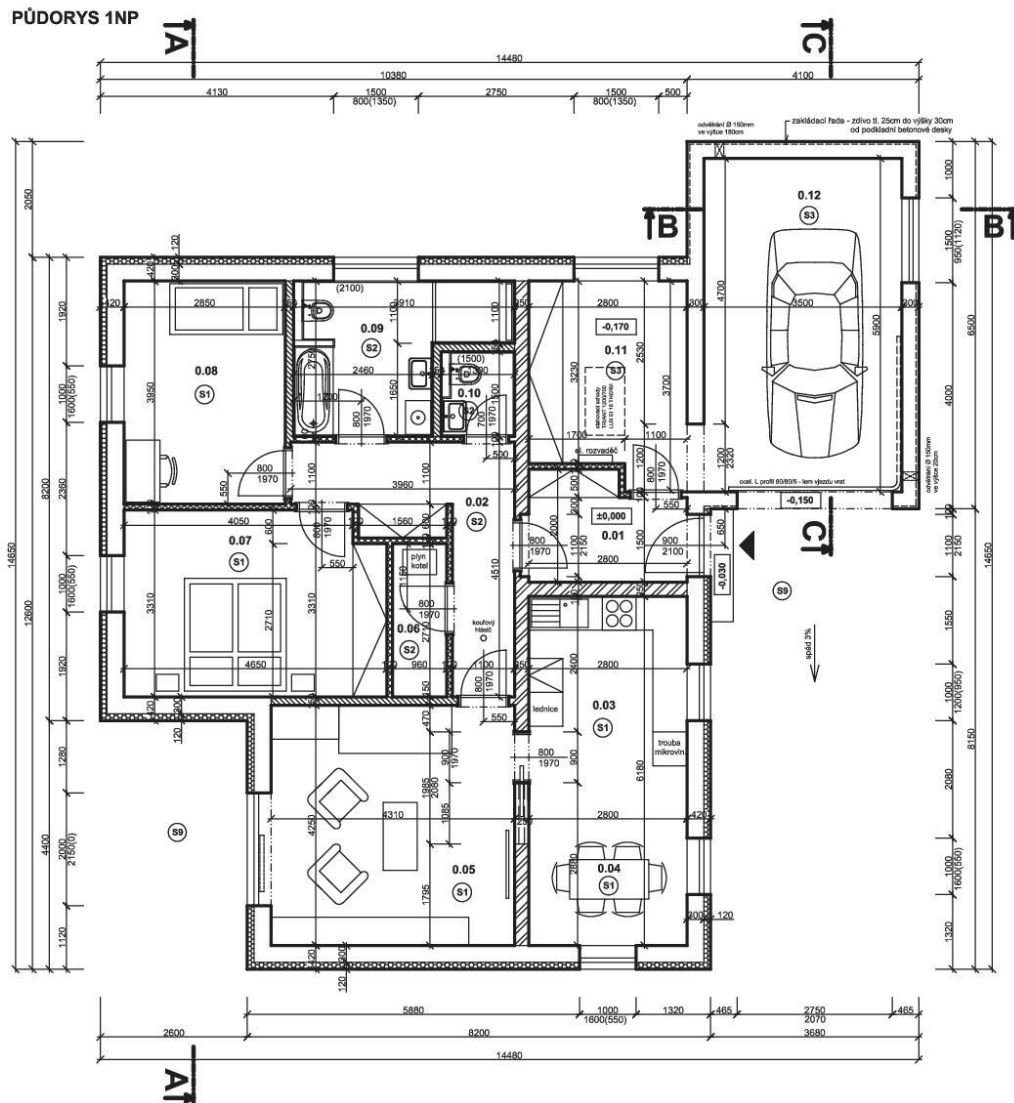
Ė příkon [W]

Ě tepelný tok [W]

PŘÍLOHY

Příloha A

Koncept rodinného domu v Hradci Králové

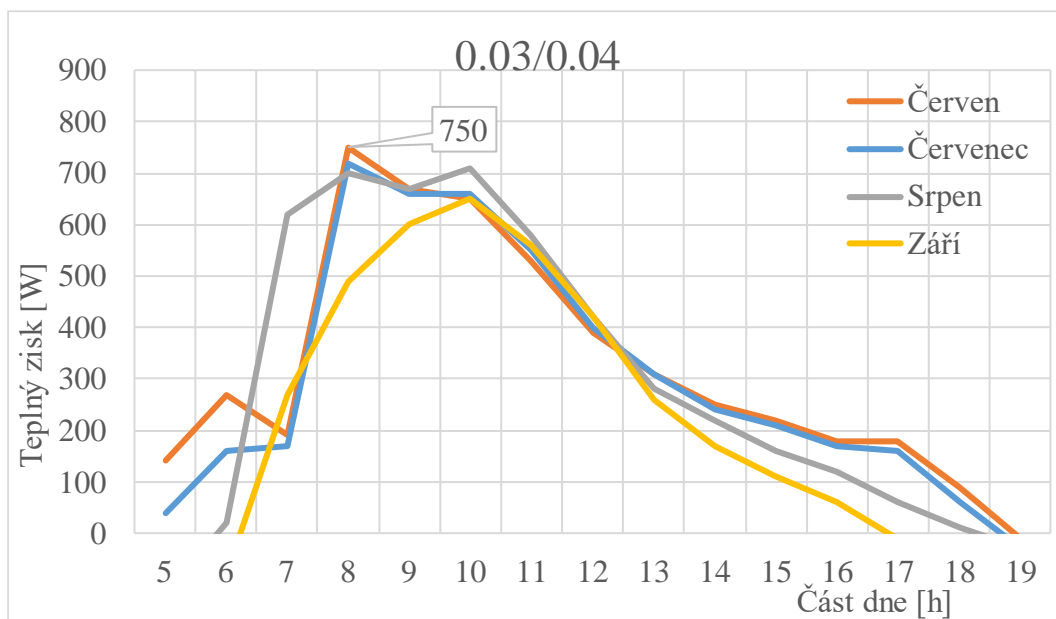


Základní charakteristiky	Vlastnost	
Odolnost proti zatížení větrem	Třída C5/B5	
Vodotěsnost – nestíněné (metoda A)	Třída 9A	
Vodotěsnost – stíněné (metoda B)	NPD	
Nebezpečné látky	neuvolňuje	
Únosnost bezpečnostních zařízení	Vyhověl - 350 N	
Akustické vlastnosti	4-16-4	35 (-2;-5) dB
	6-16-4	38 (-1;-5) dB
	4-16-4-16-4	35 (-2;-7) dB
	6-12-4-12-4	39 (-2;-5) dB
	6-12-4-12-44,1	42 (-2;-6) dB
	VSG SI 44,1 – 16 – VSG SI 44,1	45 (-2;-7) dB
Součinitel prostupu tepla – První hodnota platí při použití skla s rámečkem Swisspacer, druhá hodnota při použití skla s rámečkem Chromatech Ultra F a třetí hodnota při použití skla s rámečkem Swisspacer Ultimate a Super Spacer TriSeal T-Spacer Premium.	$U_g = 1,1$	1,2 / 1,1 / 1,1 W/(m ² .K)
	$U_g = 1,0$	1,1 / 1,1 / 1,1 W/(m ² .K)
	$U_g = 0,8$	0,96 / 0,94 / 0,92 W/(m ² .K)
	$U_g = 0,7$	0,89 / 0,87 / 0,85 W/(m ² .K)
	$U_g = 0,6$	0,83 / 0,80 / 0,79 W/(m ² .K)
	$U_g = 0,5$	0,76 / 0,74 / 0,72 W/(m ² .K)
Radiační vlastnosti – solární faktor (celkový činitel prostupu sluneční energie) g	$U_g = 1,1$	0,63
	$U_g = 1,0$	0,50
	$U_g = 0,8$	0,50
	$U_g = 0,7$	0,50
	$U_g = 0,6$	0,50
	$U_g = 0,5$	0,50
Radiační vlastnosti – světelný činitel prostupu τ_v	$U_g = 1,1$	0,80
	$U_g = 1,0$	0,71
	$U_g = 0,8$	0,71
	$U_g = 0,7$	0,71
	$U_g = 0,6$	0,71
	$U_g = 0,5$	0,71
Průvzdušnost	Třída 4	

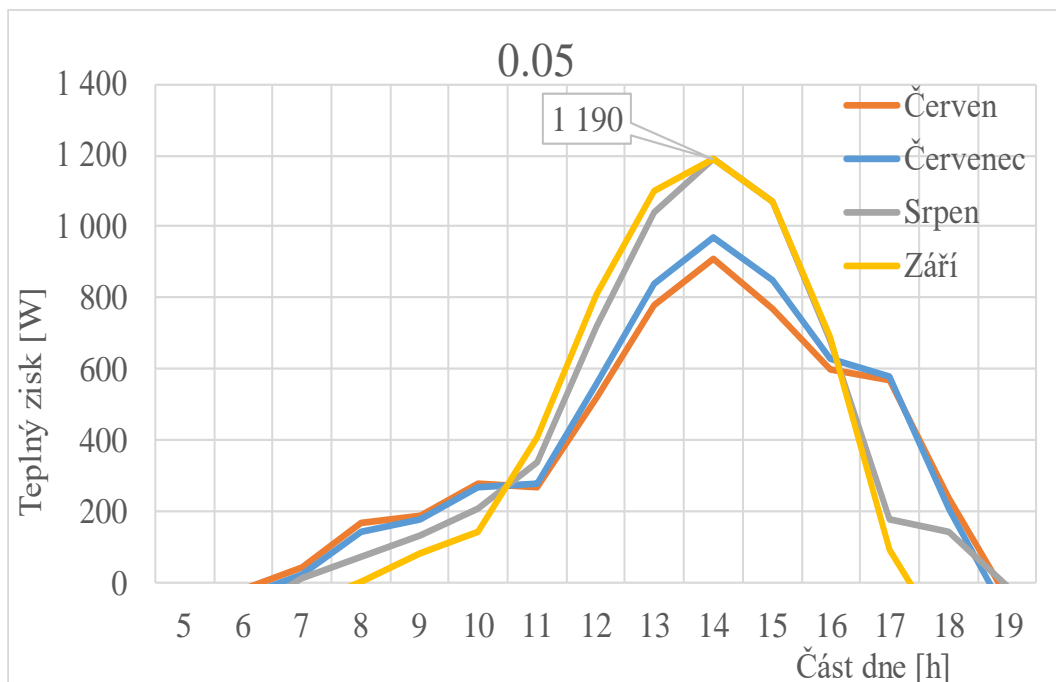
Obr. 22: Vlastnosti oken z dokumentu "Prohlášení o vlastnostech" [22].

Příloha B

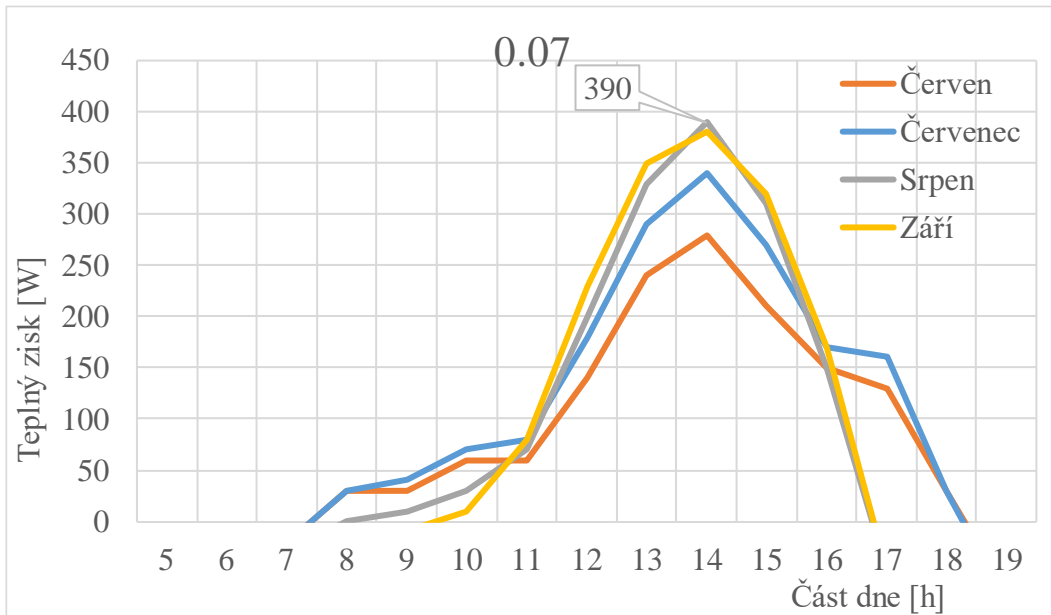
Průběh tepelné zátěže pro jednotlivé místnosti



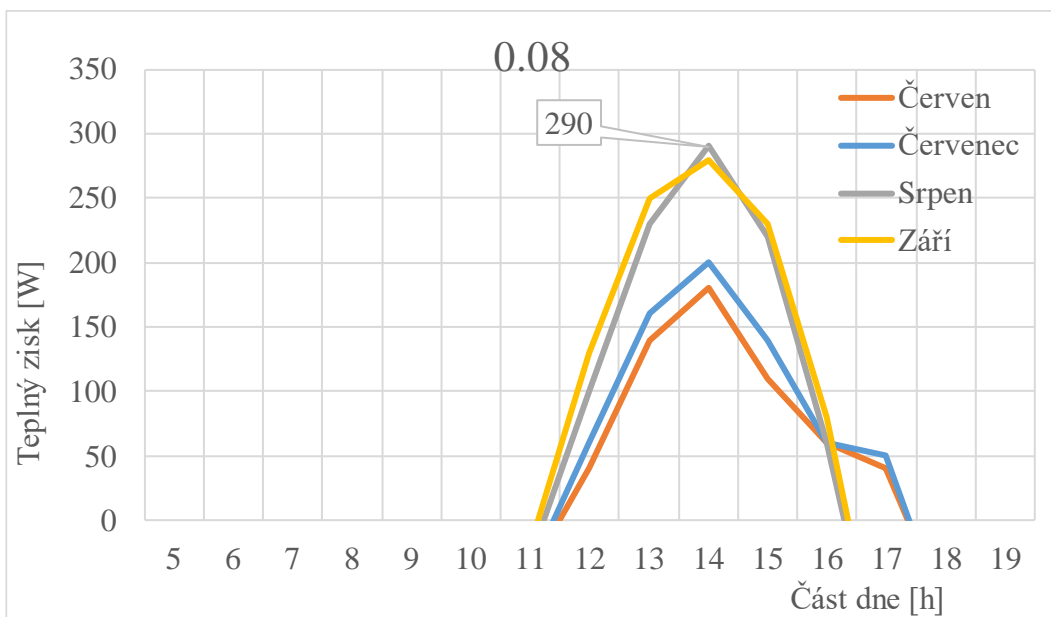
Graf 7: Průběh tepelné zátěže pro místnost 0.03/0.04.



Graf 8: Průběh tepelné zátěže pro místnost 0.05.



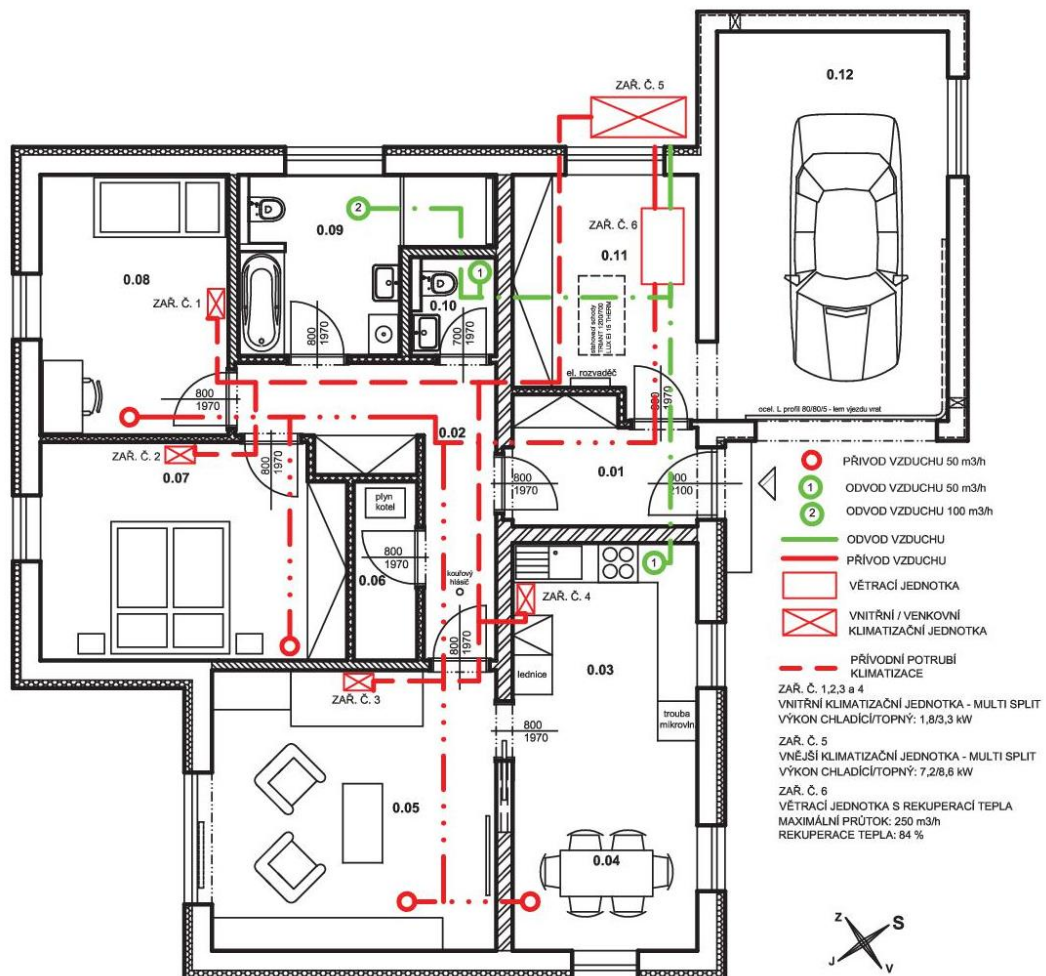
Graf 9: Průběh tepelné zátěže pro místnost 0.07.



Graf 10: Průběh tepelné zátěže pro místnost 0.08.

Příloha C

Klimatizační jednotky v půdorysu



Obr. 23: Systém nuceného větrání a klimatizační systém multisplit.