



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

ENERGY INSTITUTE

**NÁVRATNOST INVESTIC DO SNÍŽENÍ TEPELNÝCH  
ZTRÁT RODINNÉHO DOMU**

RETURNS ON INVESTMENT IN REDUCING HEAT LOSS OF THE HOUSE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Tomáš Žák

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2017



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Tomáš Žák**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Marek Baláš, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

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:

## **Návratnost investic do snížení tepelných ztrát rodinného domu**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Náklady na vytápění jsou základní výdaje každé domácnosti. Ne všechna opatření vedoucí k zamezení tepelným ztrátám jsou z dlouhodobého hlediska výhodné, jak se na první pohled zdá. V rámci realizace bakalářské práce budou provedeny návrhy pasivních opatření, která povedou ke snížení energie potřebné pro vytápění rodinných domů. Bude proveden výpočet tepelných ztrát vzorového domu a ekonomické posouzení navržených opatření.

### **Cíle bakalářské práce:**

Přehled možností snížení tepelných ztrát samostatně stojícího rodinného domu  
Výpočet tepelných ztrát vzorového domu  
Zpracování variant návrhů opatření pro konkrétní dům  
Ekonomické posouzení návrhů

### **Seznam doporučené literatury:**

ČSN EN 73 0540 – 3. Tepelná ochrana budov. 1. Praha: Český normalizační úřad.

ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu. 1. Praha: Český normalizační institut.

PAVELEK, Milan. Termomechanika. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-8-214-4300-6.

BROŽ, Karel. Vytápění. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006, ISBN 80-01-02536-5

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

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 zabývá možnostmi snížení tepelných ztrát zvoleného rodinného domu. Součástí práce je výpočet tepelné ztráty před realizací rekonstrukce podle ČSN EN 12381. Hlavní částí této práce je zhodnocení navržených tepelně-izolačních opatření na základě návratnosti investic.

## **Klíčová slova**

Tepelná ztráta, návratnost investic, rodinný dům, izolace.

## **Abstract**

Bachelor thesis is engaged with possibilities of heat loss reduction in the selected family house. Part of this thesis is calculation of heat losses before reconstruction according to ČSN EN 12381. The main part of this work is the evaluation of proposed heat insulation measures based on the returns of investments.

## **Keywords**

Heat loss, returns of investments, family house, insulation.

## **Bibliografická citace**

ŽÁK, T. *Návratnost investic do snížení tepelných ztrát rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 52 s, 2 přílohy. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D..

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Návratnost investic do snížení tepelných ztrát rodinného domu* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 15. 5. 2017

.....  
Tomáš Žák

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu Ing. Marku Balášovi, PhD. za vedení, připomínky a rady, které jsem využil při tvorbě bakalářské práce.



## Obsah

1	Úvod .....	11
2	Představení domu .....	12
3	Možnosti snížení tepelných ztrát .....	14
3.1	Okna.....	14
3.1.1	Druhy oken .....	14
3.1.2	Tepelná ztráta okny .....	15
3.1.3	Opatření pro snížení tepelné ztráty okny.....	16
3.2	Druhy izolačních materiálů.....	17
3.3	Tepelná izolace zdí .....	20
3.3.1	Vnější izolace .....	20
3.3.2	Vnější provětrávaná fasáda.....	21
3.3.3	Vnitřní izolace .....	22
3.4	Snížení tepelné ztráty střechou .....	22
4	Výpočet tepelných ztrát před rekonstrukcí.....	24
4.1	Základní údaje potřebné pro výpočet.....	24
4.1.1	Klimatické podmínky .....	24
4.1.2	Údaje o místnostech .....	25
4.1.3	Materiálové vlastnosti .....	26
4.2	Celková tepelná ztráta.....	27
4.2.1	Návrh tepelné ztráty prostupem tepla.....	28
4.2.2	Tepelná ztráta větráním .....	30
4.3	Tepelný zátopový výkon.....	32
4.4	Návrhový tepelný výkon.....	33
4.5	Roční potřeba tepla na vytápění.....	34
4.6	Výpočet nákladů na vytápění pro kotel na zemní plyn.....	35
5	Návrh opatření .....	36
5.1	I. Varianta zateplení .....	36
5.2	II. Varianta zateplení.....	38
5.3	III. Varianta zateplení .....	38
5.4	Vyhodnocení jednotlivých opatření.....	39
6	Další možná opatření .....	41
6.1	Trombeho stěna.....	41
6.2	Zimní zahrada .....	42
6.3	Instalace venkovních rolet .....	43
7	Závěr.....	44
	Seznam použitých zdrojů.....	45

Seznam obrázků .....	49
Seznam použitých veličin .....	50
Seznam příloh .....	52

## 1 Úvod

Obecně platí, že přibližně 40 % energie spotřebované v České republice je spotřebováno domácnostmi. Na vytápění se přitom spotřebuje v závislosti na typu objektu a jeho tepelně izolačních vlastnostech průměrně 70 % z celkové energie spotřebované domácnostmi. Náklady na vytápění jsou tedy podstatnou položkou v rodinném rozpočtu. Při zvyšujících se cenách energií je tedy snížení tepelné ztráty objektu jednou z hlavních příležitostí kde ušetřit.

Možností, jak docílit snížení tepelné ztráty je mnoho. Lze například využít zateplení obvodových stěn, výměny oken za okna s menší prostupem tepla nebo izolaci střechy. Při výběru jednotlivých opatření je důležité vybrat takové, aby byla zaručena rentabilita investic.

Tato bakalářská práce tedy pojednává o možných opatřeních, která se využívají ke snížení tepelných ztrát. Cílem této práce je zjistit tepelnou ztrátu modelového domu před úpravami, navrhnout možná opatření a následně posoudit vhodnost na základě návratnosti investice. Popřípadě zvážit, zda je nutné modelový dům upravovat.

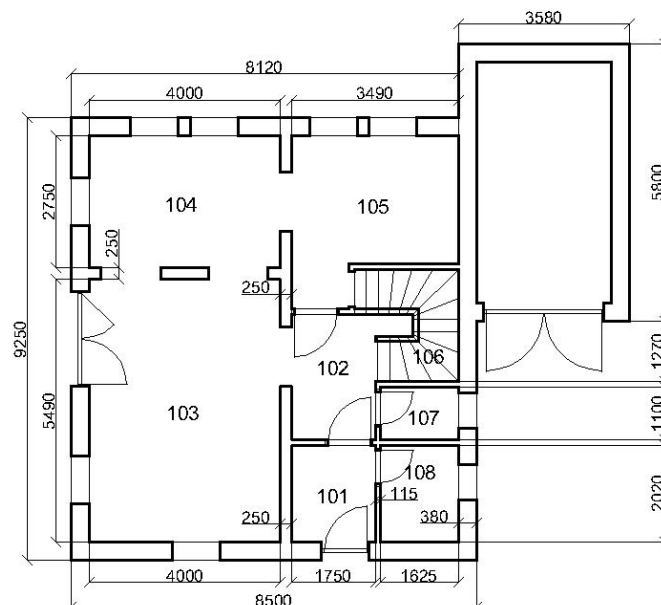
## 2 Představení domu



Obrázek 1: Modelový dům

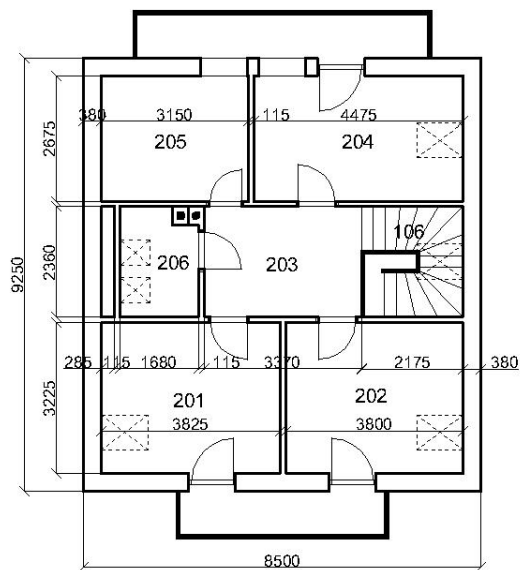
Dům se nachází ve zhruba 12 let staré zástavbě v obci Štoky okres Havlíčkův Brod. Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům. Součástí domu je i nezateplená, nevytápěná garáž bez průchodu z domu. Obvodové zdi jsou postaveny z dutých cihel, Keratherm o tloušťce 380 mm. V domě je zabudován plynový kotel Junkers využívaný převážně na ohřev vody a vytápění pouze v nepřítomnosti osob v domě. Hlavním zdrojem tepla je krbová vložka s výměníkem. Dřevo na provoz krbu je zajištěno domácí produkcí.

Půdorys přízemí



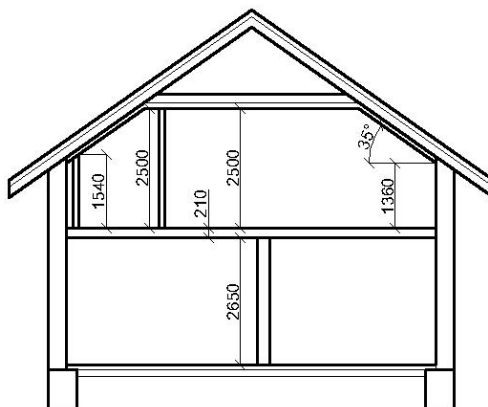
Obrázek 2: Přízemí

## Půdorys podkroví



Obrázek 3: Podkroví

## Řez domem



Obrázek 4: Řez

### 3 Možnosti snížení tepelných ztrát

Množství tepla, které daný objekt spotřebuje, je tvořeno především tepelnou ztrátou objektu. Pokud máme představu, jaká je tepelná ztráta domu, můžeme z možných technologických opatření vybrat ty, které nejvíce vyhovují danému objektu, tak abychom co nejvíce snížili spotřebu energie. Únik tepla z objektu probíhá dvěma způsoby. První způsob je prostupem tepla pláštěm, tj. stěnami, okny, stropem a střechou. Dále může unikat teplo i se vzduchem, který odchází z budovy při větrání, nebo netěsností pláště budovy.

Nejčastějšími způsoby, jak těmto jevům zamezit je izolací stěn, výměnou oken a instalací rekuperačního větrání. Za zmínku stojí že snaha snížit množství spotřebované energie nemusí být jednou motivací pro instalaci zmíněných opatření. Mezi možné důvody, proč zateplovat je vznik plísní v místech tepelných mostů, poddimenzované ústřední topení, vyšší bezpečnost při výpadech energií (elektřina, plyn) nebo pouhé zvýšení tepelného komfortu.

#### 3.1 Okna

Po oknech jsou většinou požadovány vlastnosti, které si navzájem odporují. Musí být těsná ale zároveň mít možnost otevření. Měla by propouštět teplo dovnitř ale také zamezit jeho úniku ven. Ve snaze o snížení tepelných ztrát se dost často volí možnost výměny stávajících oken za nová. Tato možnost může vést i k problémům novým. Jedním takovým problémem může být špatné usazení oken ve zdivu, kvůli kterému dojde ke zkřížení rámu okna a vzniku netěsností. Proto je dobré zvážit, zda je vhodnější výměna oken, jejich renovace nebo jiné možnosti snížení prostupu tepla okny.

##### 3.1.1 Druhy oken

Okna můžeme rozdělit podle více kritérií, a to podle druhu materiálu ze kterého je vyroben rám a křídlo, podle druhu materiálu zasklení, podle počtu skel a jejich výplně. Při volbě těchto parametrů je potřeba zvážit kde budou daná okna umístěna a jednotlivé výhody a nevýhody.



Obrázek 5: Druhy oken

##### Okna plastová

Výhodou plastových oken je snadná údržba (nemusejí se natírat), nízká cena ale i to že u plastových oken nedochází ke změně tvaru vlivem vlhkosti jako u dřeva ale pouze vlivem teplotního nebo mechanického namáhání. Mezi výhody patří i velký výběr barevných provedení, kde například interiér oken může mít jinou barvu než exteriér.

Nevýhoda plastových profilů je v nedostatečné pevnosti a tuhosti profilu, které se musejí zpevnit různými výztuhami. Ty bývají obvykle ocelové pozinkované profily nebo slitinové. Výsledná izolační vlastnost okna je tedy většinou z důvodu použití ocelové výztuhy snížena. Izolační vlastnosti se zvyšují zvýšením počtu komor.

### Okna dřevěná

Dřevo jako takové je vnímáno jako klasický materiál, který se na okna ale i dveře používá od počátku výroby. Je to přírodní materiál, což hodně lidí považuje za záruku přirozené kvality a tím je dána i jeho obliba.

Nevýhodou dřeva je nutnost jeho povrch pravidelně ošetřovat a udržovat jinak dochází ke snížení trvanlivosti. Údržba se vykonává pravidelnými nátěry povrchu. Potřebu údržby lze omezit obložením dřevěného rámu hliníkovým profilem. Nalepením tepelně izolační hmoty do dřevěného profilu je možné zvýšit tepelný odpor.

### Okna kovová

V dnešní době se nejčastěji používají slitiny hliníku, které se využívají především v administrativních a reprezentativních budovách. Dříve se nejčastěji používala jako okna bez nároku na vzhled ve skladech kvůli vysokému součiniteli tepelné vodivosti a špatným tepelným vlastnostem. Dnes je rám hliníkových oken složen ze dvou hliníkových částí profilu a můstku z měkčeného PVC nebo polyamidu, který má za účel přerušení tepelného můstku.

V porovnání se dřevem a plastem mají hliníková okna bezkonkurenční únosnost a statickou odolnost. Díky tomu se okna dají zhotovit v rozměrech, které nejsou při použití plastu a dřeva možné. Při použití hliníku nedochází díky nízké hmotnosti k zatížení stavební konstrukce jako u dřeva a plastu. Nevýhodou je vysoká cena oken a také to, že kromě těch nejdokonalejších, ale i nejdražších profilů, nedosahují stavebně fyzikálních vlastností oken ze dřeva nebo plastu.

## **3.1.2 Tepelná ztráta okny**

K tepelným ztrátám dochází těmito způsoby:

### Infiltrace

Průnik vzduchu netěsnostmi mezi křídlem a rámem okna. Lidově se říká že oknem „táhne“. Infiltrace může být jedním z největších důvodů tepelných ztrát, ale jistá míra infiltrace je žádoucí z důvodu nutné výměny vzduchu v objektu a zabraňování hromadění vlhkosti. Některá okna jsou přizpůsobená k tomu, aby v jedné poleze kliky umožňovali jistou míru infiltrace.

### Konvekce

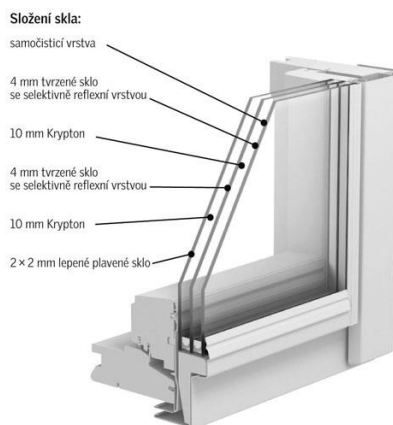
Proudění neboli konvekce je zapříčiněna pohybem vzduchu okolo skel. Tepelně izolující nepohyblivý vzduch v blízkosti skel se vlivem rozdílu teplot začne pohybovat. Nejvíce se projevuje mezi skly, a to tam kde jsou dále od sebe. Udávaná vhodná vzdálenost skel je 16 mm pro vzduch. Pokud se pro plnění prostoru mezi skly použije argon nebo krypton, potom je ideální vzdálenost nižší.

### Vedení

Plyn a vzduch jsou na rozdíl od pevných látek špatné vodiče tepla. Pro srovnání lze napsat, že tepelná vodivost vzduchu je  $0,026 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})$  při  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku 1 bar a vodivost pěnového polystyrenu je  $0,035 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})$ . Vedení se projevuje tam kde jsou okna příliš blízko

sebe. Při použití vícenásobného zasklení (trojskla, čtyřskla), je vhodné použít plnicí plyn jiný než vzduch, aby se mohla snížit celková tloušťka zasklení.

Nevýhodou je vysoká cena používaných plynů. Nejlepší volbou je xenon, jeho cena je ovšem poměrně vysoká. Nejčastěji využívaný je argon ale nejlepší poměr ceny a užité hodnoty má krypton.



Obrázek 6: Řez oknem

### Radiace

Zahřátá tělesa vyzařují teplo ve formě infračerveného záření. Podíl radiace na tepelných ztrátách roste s teplotou, ale závisí i na emisivitě povrchu. Emisivita je bezrozměrná veličina, která vyjadřuje schopnost pohlcovat nebo vyzařovat teplo. Okenní skla mají emisivitu 0,92-0,94 oproti tomu lesklý hliník jen 0,04.

### Tepelné mosty

Jsou to místa konstrukce kudy uniká zvýšené množství tepla do okolního prostředí. Vlivem tepelných mostů dochází k tepelným ztrátám a často také ke snížení teploty pod rosný bod, v důsledku čehož dochází ke kondenzaci vodních par a vzniku plísní.

### **3.1.3 Opatření pro snížení tepelné ztráty okny**

U starších oken můžeme zabránit infiltraci pomocí přidavných těsnění která se umísťují na vnitřní část okenních křídel. Těsnění mohou být nalepovací nebo se umísťují do předem vyfrézovaných drážek. Po instalaci těsnění je důležité, aby okna šla bez problémů zavírat, jinak může naopak dojít ke zvýšení tepelných ztrát. Zvýšením počtu skel lze také snížit prostup tepla ale zároveň se sníží množství tepla které prochází do místnosti (sklo část světla pohltí a část odrazí).

Instalací venkovních žaluzií, rolet nebo okenic můžeme prostup tepla během noci také snížit, a navíc tyto opatření zvyšují i bezpečnost domu, kdy se vniknutí do domu přes okna normální nebo francouzská stává těžší nebo minimálně hlučnější.

Nanesením nízkoemisní vrstvy na povrch skla lze významně snížit přenos tepla radiací. Dnes je touto vrstvou opatřena většina nových oken. U oken opatřených touto vrstvou se sleduje součinitel prostupu tepla  $U$  a hodnota propustnosti slunečního záření  $g$ . V oknech směřujících na jih se upřednostňují levnější dvojskla oproti lépe izolovaným trojsklům.

Pro dosažení co možná nejlepších tepelných vlastností skel je lepší nekupovat okna rozdělená na rámečky. Pokud chceme okno členěné je lepší použít falešných příček na povrchu skel nebo příček umístěných mezi skly.



## 3.2 Druhy izolačních materiálů

### Pěnový polystyren EPS

„Jde o produkt polymerace styrenu, který je následně zpěňován a nařezán do bloků, nezbytné je přidání retardérů hoření pro zajištění samozhášivosti materiálu“ [7]. Pro typ izolace EPS 100 se součinitel  $\lambda$  pohybuje okolo hodnoty  $0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Číslo v označení EPS 100 označuje pevnost v tlaku v kPa. Výhodou pěnového polystyrenu je nízká cena.



Obrázek 7: EPS polystyren

Další forma EPS je šedý polystyren s přidavkem uhlíkových nanočástic, které se do polystyrenu přidávají před vypěněním a způsobují šedé zbarvení. Přídavek uhlíkových částic omezuje sálání tepla a tím zlepšuje hodnotu součinitele vodivosti, ta se u šedého polystyrenu pohybuje kolem hodnoty  $0,032 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Izolační účinek je tedy lepší o 15-20 %, než u bílého EPS. Nevýhodou je vyšší cena oproti bílému EPS nutnost instalace ve stínu, kvůli jeho vyšší citlivosti na světlo.



Obrázek 8: šedý XPS polystyren

### Extrudovaný polystyren XPS

Má zcela uzavřené póry, díky tomu je nenasákavý. Tj, lze jej použít ve vlhkém prostředí kde působí i jako součást hydroizolace. Ve srovnání s EPS je dražší, ale má velmi dlouhou životnost a dobré mechanické vlastnosti. Hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  je  $0,035 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ .



Obrázek 9: XPS polystyren

### Pěnový polyuretan PUR a polyizokyanurát PIR

Jedná se o vysoce účinnou tepelnou izolaci s velmi nízkým součinitelem tepelné vodivosti, který dosahuje hodnoty až  $\lambda = 0,022 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Pěnový polyuretan má podobnou strukturu jako pěnový polystyren, oproti němu má však lepší tepelně izolační vlastnosti a teplotní odolnost. Pěnový polyuretan není odolný proti UV záření a musí se proti němu chránit. Bývá tedy opatřen hliníkovou fólií nebo nátěrem.

Nevýhodou při použití tohoto materiálu je jeho vysoká cena oproti EPS. PIR má podobné vlastnosti jako PUR, ale je odolnější vůči tlaku a součinitel tepelné vodivosti se pohybuje v rozmezí  $0,021 - 0,023 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Oba materiály se používají ve formě desek nebo pěny, která se aplikuje nástřikem nejčastěji při izolaci střeš, či jiných konstrukcí.



Obrázek 10: PUR desky

### Pěnové sklo

Jedná se o materiál vyráběný zahříváním mletého skla smíchaného s uhlíkovým práškem, která dosahuje hodnoty  $0,04 - 0,06 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  součinitele tepelné vodivosti. Během zahřívání dochází k natavení a vzniku oxidu uhličitého oxidací, který napění sklo a následně materiál zvětší svůj objem. Bubliny, které vznikají během tohoto procesu jsou uzavřené. Pěnové sklo se vyznačuje dobrou pevností v tlaku, parotěsností, a chemickou odolností. Pěnové sklo je nehořlavé, odolné proti vodě i organickým rozpouštědlům.

Jeho hlavní nevýhodou je vysoká cena. Z toho důvodu se aplikuje většinou tam kde by ostatní materiály neobstáli. Prodává se ve formě desek nebo šterku, který se může použít například pro izolaci základů.



Obrázek 11: Pěnové sklo

### Vakuová izolace

Většina objemu tepelných izolací je tvořena vzduchem. Výsledná hodnota tepelné vodivosti se tedy blíží hodnotě vzduchu. U vakuových izolací je z izolačního materiálu odčerpán vzduch, tím se potlačí jeho dominantní vliv a vstup tepla řízen sálavým mechanismem. Hodnota tepelného odporu tedy téměř nezávisí na tloušťce materiálu, výsledkem čehož dosahuje při síle 2 cm izolace součinitele tepelné vodivosti až  $0,004 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Vakuový panel se skládá z pevného pláště, pokoveného vrstvou hliníku, a vnitřku, který je vyplněn částicemi oxidu křemičitého o rozměrech v nanometrech. Mezi nevýhody patří, nutnost vyrábění panelů na míru, protože není možná jejich úprava jako běžné izolace. Další nevýhodou je vysoká cena.



Obrázek 12: Vakuová izolace

### Minerální vlna

Podle toho, zda se vlna vyrábí tavením čediče nebo křemene, rozlišujeme vlnu kamennou nebo skelnou. Vstříkáním pojiva, hydrofobizačního oleje a protiplísňových přísad do jemných vláken vzniká kamenná vlna. Kamenná vlna má vysoký bod tání a odolává ohni, ale neměla by být dlouhodobě vystavována vlhku. Předností vlny je i nízký difuzní odpor a díky tomu i vysoká paropropustnost. U domu to znamená, že případná zkondenzovaná vlhkost obvodových zdí se může odpařovat. Domu je tedy jednoduše řečeno dovoleno dýchat. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje od  $0,035$  do  $0,06 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Z nevýhod lze zmínit vyšší cena, náročnost na kvalitu provedení a nutnost použití ochranných pomůcek při instalaci. Prodává se ve formě tvrdých desek, které se využívají na zateplení obvodových zdí jako vnější izolace, nebo v měkké formě zabalených do rolí, či bloků. V měkké formě se potom využívají například při zateplování střech ať už nadkrokevní nebo podkrokevní.



Obrázek 13: Minerální vata

### 3.3 Tepelná izolace zdí

Zdi mají z celého obvodového pláště domu největší plochu. Jsou denně vystaveny mrazu, dešti, horku, vlhkosti, větru a změnám počasí, což zvyšuje tepelnou ztrátu objektu. Velikost tepelné ztráty je především ovlivněna stavebním materiálem obvodového zdiva.

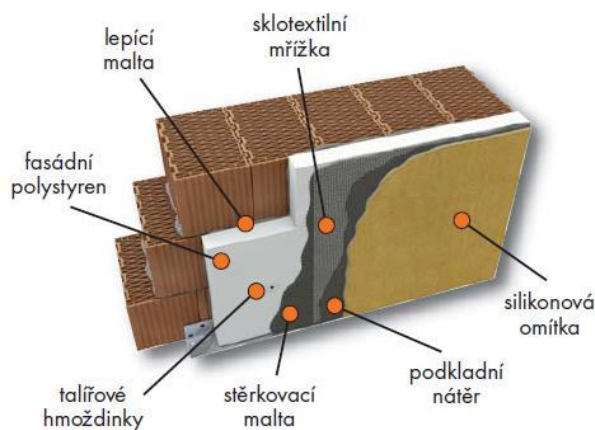
Materiál, který je z hlediska tepelné izolace nejhorší, je kámen nebo plná cihla. Dnes prodávané duté cihly a pórobetonové tvárnice jsou z hlediska tepelné izolace na tom o poznání lépe. Prostup tepla materiálem definujeme hodnotou „U“, která uvádí tepelný výkon procházející jedním metrem čtverečním, jestliže je rozdíl teplot mezi oběma stěnami 1 Kelvin. Stěna s nižším koeficientem U je pro nás výhodnější, protože propouští méně tepla.

Tento koeficient můžeme vylepšit přidáním izolační vrstvy na zdivo. Tuto izolační vrstvu můžeme přidat na vnitřní nebo vnější stranu stěny, různými způsoby za použití různých izolačních materiálů.

#### 3.3.1 Vnější izolace

Tento druh izolace bývá označován jako ETICS (external thermal insulation composite systems). Patrně nejvhodnější způsob zateplení, během kterého se na vnější stěny domu nalepí izolace, která se zajistí hmoždinkami do stávající fasády. Takto zajištěná izolace se poté opatří vrstvou stěrkové hmoty s výstužnou sítovinou a poté se natáhne tenkovrstvou omítkou. Na masivních zdích dojde ke snížení rizika kondenzace vlhkosti. Pokud by došlo k vypnutí topení, vydrží teplo v objektu déle díky sníženému prostupu tepla obvodovou zdí ale i díky tomu, že zdi začnou fungovat jako tepelný akumulátor. V letních měsících izolace naopak brání zbytečnému přehřívání objektu. Velikost izolační vrstvy může být limitována přesahem střechy nebo tím že by izolace ubírala příliš šířky chodníku.

Výhodou této izolace je i to že během instalace nebráníme obyvatelům v užívání objektu a současně se vyřeší i renovace fasády.



Obrázek 14: Technologie vnějšího zateplení

### 3.3.2 Vnější provětrávaná fasáda

„Jako provětrávané nebo zavěšené fasády se ve stavebnictví označuje vícevrstvá vnější stavební konstrukce, jejíž vnější (pohledová) vrstva funguje jako ochrana před srážkami a povětrnostními vlivy a je od ostatních vrstev oddělena vzduchovou mezerou.“ [52]. Ve vzduchové mezeře se uplatňuje tzv. komínový efekt, při kterém dochází k proudění vzduchu, které má pozitivní vliv na odvod vlhkosti jak z izolace, tak z opláštění a zabraňuje přehřívání fasády.

Nevýhodou provětrávané fasády je že při rekonstrukci se změní vzhled domu a výsledná tloušťka konstrukce je větší a dražší než u kontaktního zateplovacího systému. Díky svému pozitivnímu vlivu na vlhkost se tedy uplatňuje tam kde je zapotřebí zateplit vlhkou stěnu. Po zateplení se zvedne teplota stěny a díky prodyšnosti pro vodní páru se tedy stěna i vysouší. Při zateplení je ovšem lepší, pokud možno odstranit nebo omezit příčinu vlhkosti.



- 1 - obvodová stěna
- 2 - dřevěná konstrukce vyplněná tepelnou izolací Naturboard
- 3 - difúzně otevřená větotěsná fólie Homeseal LDS 0,04
- 4 - větraná vzduchová mezera
- 5 - pohledová fasáda z dřevěného obkladu

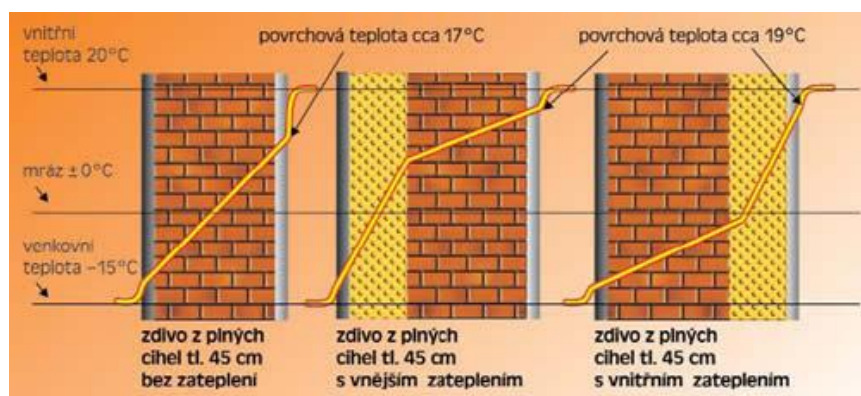
Obrázek 15: Vnější provětrávaná fasáda

### 3.3.3 Vnitřní izolace

V ČR je to méně používaná varianta zateplení. Nedosahuje takových úspor tepla jako vnější zateplení, ale je to možnost, jak zateplit dům, když instalaci vnější izolace něco brání. To může být například hodnotná omítka (např. u památkově chráněných objektů), dům je postaven na hranici pozemku nebo potřebujeme zateplit stěnu sdílenou se sousedním domem.

U tohoto způsobu zateplení je potřeba dávat pozor na hromadění vlhkosti a tím i vzniku plísní pod tepelnou izolací stěn, v rozích a u oken. Zvýšené je i riziko uhnívání stropních trámů. Ke snížení vlhkosti v rizikových místnostech se využívá rekuperace. Zřejmou nevýhodou je to že se zmenšuje velikost obytného prostoru v závislosti na velikosti místnosti a šířce zvolené izolace.

Tento typ izolace se používá hodně ve skandinávských a západních zemích. Výhodou tohoto zateplení je že objekt se vytopí rychleji, a to díky tomu že nemusíme vytápět i obvodové zdivo, další výhodou je vyšší povrchová teplota stěn.



Obrázek 16: Prostup tepla zdi

## 3.4 Snížení tepelné ztráty střechou

Při stavbě nového domu nebo při rekonstrukci máme dvě možnosti zateplení střechy, a to buď nadkroevní izolace nebo kombinace mezikroevní a podkroevní. V modelovém domě je již instalována vrstva mezikroevní a podkroevní izolace. Pokud bychom chtěli tuto vrstvu zvětšit a tím dosáhnout menšího prostupu tepla znamenalo by to velký zásah do obytného prostoru a nutnost vybudování nového sádkartonového systému, který překrývá vrstvu izolace.

Druhou možností je přidání izolace nadkroevní, to sebou nese také nevýhody jako nutnost sundání střešní krytiny a její opětovné nasazení, změnu vzhledu a samozřejmě vysoké náklady na práci. Výhodou nadkroevních systémů je, že nezmenšuje obytný prostor. V konstrukci nedochází ke vzniku tepelných mostů způsobených krokviemi, instalacemi, anténou atd.

Na trhu je široký výběr z různých systémů nadkroevních izolací, které nabízejí velký výběr možných řešení, včetně různých použitých materiálů. Nadkroevní systémy lze rozdělit na dva základní druhy:

Latě a kontralatě jsou provedeny na sekundárním nosném systému

Příkladem může být systém Rockwool-TOPROCK [45]. Na krokve s bedněním se aplikuje parozábrana z asfaltového pásu, poté následuje montáž kovových držáků. Na držáky se namontují pomocné krokve, mezi které se vkládá izolace z měkkých kamenně - vlných desek.



Obrázek 17: TOPROCK

Latě a kontralatě uložené na tepelné izolaci

Jako příklad je uveden systém TOPDEK [46]. Na bednění je umístěna parozábrana, na kterou se položí vrstva tepelné izolace TOPDEK 022 PIR, která se překryje vrstvou doplňkové hydroizolace. Latě a kontralatě jsou následně poleženy na povrch a ukotveny vruty přes tepelnou izolaci do krokví.



Obrázek 18: TOPDEK

## 4 Výpočet tepelných ztrát před rekonstrukcí

Pro smysluplné navržení úprav, je nutné nejdříve zjistit tepelné ztráty pro modelový dům před úpravami. Tepelnými ztrátami se rozumí tepelné toky obvodovým zdívem, okny, dveřmi nebo stropem z teplejších místností od chladnějších nebo do venkovního prostředí. Tato tepelná ztráta se určí pro nejnižší teploty v zimním období pro danou lokalitu. Tepelná ztráta se tedy rovná tepelnému výkonu, který musíme dodat do daného domu, pro dosažení požadované teploty.

Pro výpočet tepelného výkonu v kapitolách 4.1 až 4.4 byla použita norma ČSN EN 12831 *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu* [3]. Výpočet byl tedy proveden pro jednotlivé pokoje, se zanedbáním tepelných mostů, které nemají na výslednou hodnotu podstatný vliv. Tepelné ztráty jednotlivých pokojů byly sečteny, čímž bylo dosaženo výsledku pro tepelnou ztrátu prostupem. Celková tepelná ztráta domu byla vypočítána součtem tepelné ztráty prostupem a větráním.

Postup výpočtu se řídí normou a rozdělen do jednotlivých kroků:

- Stanovení hodnoty výpočtové venkovní teploty a průměrné roční venkovní teploty.
- Stanovení stavu každého prostoru (vytápěného nebo nevytápěného) a hodnot pro výpočtovou vnitřní teplotu každého vytápěného prostoru.
- Stanovení rozměrových a tepelných vlastností všech stavebních částí a pro každý vytápěný a nevytápěný prostor.
- Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát prostupem a násobení návrhovým jeho rozdílem teplot pro zjištění tepelných ztrát prostupem vytápěného prostoru.
- Výpočet návrhových tepelných ztrát větráním a násobení návrhovým rozdílem teplot pro zjištění tepelných ztrát větráním vytápěného prostoru.
- Výpočet celkové tepelné ztráty sečtením návrhových tepelných ztrát prostupem a návrhových tepelných ztrát větráním.
- Výpočet zátopového výkonu vytápěného prostoru (dodatečného výkonu potřebného pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění).
- Výpočet návrhového celkového tepelného výkonu sečtením celkových návrhových tepelných ztrát a zátopového výkonu.

### 4.1 Základní údaje potřebné pro výpočet

V této kapitole jsou uvedeny potřebné údaje pro výpočet tepelné ztráty domu.

#### 4.1.1 Klimatické podmínky

Klimatické údaje jsou výpočtová venkovní teplota a průměrná roční teplota vzduchu. Hodnoty jsou uvedeny v příloze normy ČSN EN 12831 [3]. Modelový dům se nachází v obci Štoky okres Havlíčkův Brod. Pro klimatické údaje tedy byli použity hodnoty pro Havlíčkův Brod.

Tabulka 1: Klimatické údaje

Klimatické údaje	Označení	Jednotka	Hodnota
Výpočtová venkovní teplota	$\theta_e$	°C	-15
Průměrná venkovní teplota	$\theta_{es}$	°C	3,3



#### 4.1.2 Údaje o místnostech

Dalšími údaji potřebnými pro výpočet tepelné ztráty jsou výpočtová vnitřní teplota, která se určuje podle normy, plocha a objem jednotlivých pokojů. Výpočet návrhového celkového tepelného výkonu se provede sečtením celkových návrhových tepelných ztrát a zátapového výkonu.

Tabulka 2: Rozměrové údaje

Místnost	označení	Výpočtová teplota $\theta_{int}[^{\circ}\text{C}]$	Plocha $A_i[m^2]$	Vnitřní objem vzduchu $V_i[m^3]$
<b>První patro</b>				
Vstupní místnost	101	15	3,52	9,328
Chodba	102	15	4,87	12,9055
Obývací pokoj	103	20	22,83	60,4995
Jídelna	104	20	11,31	29,9715
Kuchyň	105	20	10,74	28,461
Schodiště	106	15	5,13	18,22
WC	107	24	1,76	4,664
Prádelna	108	20	3,27	8,6655
<b>Druhé patro</b>				
Pokoj	201	20	12,34	21,9562
Pokoj	202	20	12,26	21,8217
Chodba	203	15	7,64	19,1
Pokoj	204	20	12,31	22,1341
Koupelna	205	24	6,77	13,2999
WC	206	24	3,96	7,9481
<b>Součet</b>			<b>118,71</b>	<b>284,1356</b>

Pokud se v domě nacházejí nevytápěné místnosti, tak se určuje teplotní redukční činitel  $b_u$ , který zahrnuje teplotní rozdíl mezi vytápěným a nevytápěným prostorem.

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (1)$$

$\theta_{int,i}$  ... výpočtová teplota vytápěné místnosti [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_e$  ... výpočtová venkovní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_u$  ... teplota nevytápěné místnosti [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Tabulka 3: Nevytápěné místnosti

<b>Údaje o nevytápěných místnostech</b>		
místnost	Teplota	b-hodnota
	$\theta_u$ $^{\circ}\text{C}$	$b_u$ -
Garáž	5	0,43
Půda	-6	0,74

### 4.1.3 Materiálové vlastnosti

Pro výpočet tepelných ztrát jsou potřebné součinitele prostupu tepla pro jednotlivé stavební konstrukce. Součinitele udávají schopnost materiálu vést teplo, při dané teplotě. Pro jejich určení je potřeba znát skladbu jednotlivých stavebních konstrukcí a jejich vlastnosti.

#### Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/m·K]

Je definován jako výkon (tzn. teplo za jednotku času), který projde každým metrem čtverečným desky o tloušťce jeden metr, kde jedna strana má teplotu o jeden kelvin vyšší než druhá.

Hodnoty byly odečteny z normy ČSN 73-0540-3- *Tepelná ochrana budov* [4].

Tabulka 4: Materiály

Číslo stavebního materiálu	Materiál	$\lambda$ [W/m.K]
1	Beton+ kari síť	1,5
2	Zdivo Keratherm 380mm	0,13
3	Vápenná omítka	0,88
4	Zdivo nosné 250 mm	0,3
5	Vápenocementová omítka	0,99
6	Asfaltová izolace	0,2
7	Keramická dlažba	1,01
8	Dřevo	0,22
9	Polystyren EPS70	0,039
10	Mínérální vata	0,038
11	Sádrokartonová deska	0,22
12	Cementové lepidlo	1,16
13	Stěrka + Sklovl. tkanina	0,8
14	Cementová malta	1,16
15	Izolace EPS 150S	0,035
16	Zdivo příčkové 115 mm	0,34

#### Tepelný odpor $R$ [m<sup>2</sup>·K/W]

Tepelný odpor je tepelně izolační vlastnost stavebního materiálu, dané tloušťky, která udává míru odporu proti pronikání tepla.

$$R = \sum_{1}^{n} \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (2)$$

$d_i$  ... tloušťka [m]

$\lambda_i$  ... součinitel tepelné vodivosti [W/m·K]

Tabulka 5: Tepelný tok

Odpor [m <sup>2</sup> .K/W]	Směr tepelného toku		
	Nahoru	Vodorovně	Dolů
$R_{si}$	0,1	0,13	0,17
$R_{se}$	0,1	0,04	0,17

Součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí  $U_k$  [W/m<sup>2</sup>·K]

Udává množství tepla, které projde jedním m<sup>2</sup> konstrukce za jednotku času při rozdílu teplot na povrchu o velikosti 1 K. Čím nižší je hodnota  $U$ , tím má konstrukce lepší tepelně izolační vlastnosti.

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n R_n + R_{se}} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \cdot K \right] \quad (3)$$

$R_i$  ... tepelný odpor [m<sup>2</sup>·K/W]

$R_{si}$  ... odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [m<sup>2</sup>·K/W]

$R_{se}$  ... odpor při přestupu tepla na vnější straně [m<sup>2</sup>·K/W]

Příklad výpočtu je uveden níže, zbylé výpočty s výsledky jsou uvedeny v příloze.

Tabulka 6: Příklad výpočtu  $U$

Výpočet hodnot $U$ pro stavební části						
Kódy		Popis	$d_i$	$\lambda$	$R$	$U_k$
Stavení část	Materiál		[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]	[W/m <sup>2</sup> ·K]
Kód stavebních částí	Označení stavební části					
	Kód	Název vnitřní laminární části			$R_{si}$	
	Kód	Název materiálů	$d_1$	$\lambda_1$	$R_1 = d_1 / \lambda_1$	
	...	...		...	...	...
	Kód	Název materiálu	$d_n$	$\lambda_n$	$R_n = d_n / \lambda_n$	
	Kód	Název vnější lamelární vrstvy			$R_{se}$	
<b>Celková tloušťka a <math>U_k</math></b>			<b><math>\Sigma d_i</math></b>		<b><math>\Sigma R_i</math></b>	<b><math>1 / \Sigma R_i</math></b>

Tabulka 7: Výpočet  $U$

Obvodová stěna						
	Materiál	Popis	$d_i$	$\lambda$	$R$	$U_k$
1.	12	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,13	
	3	Vápenná omítka	0,005	0,88		
	4	Vápenocementová omítka	0,015	0,99		
	2	Zdivo Keratherm	0,38	0,13		
	14	Lepící cementová malta	0,003	1,16		
	13	Stěrka + Sklovl. tkanina	0,005	0,08		
	9	Polystyren EPS70	0,05	0,039		
	13	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,04	
	<b>Celková tloušťka a <math>U_k</math></b>			<b>0,045</b>		<b>3,242</b>

## 4.2 Celková tepelná ztráta

Množství tepla, které uniká konstrukcemi se po určení součinitelů prostupu tepla vypočítá podle vzorce:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [W] \quad (4)$$

$\Phi_{T,i}$  ... návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

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

Pro výpočet je tedy nutné určit návrhové tepelné ztráty prostupem a větráním.

#### 4.2.1 Návrh tepelné ztráty prostupem tepla

Pro výpočet tepelné ztráty prostupem se využívá rovnice:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (5)$$

$H_{T,i}$  ... součinitel tepelné ztráty vytápěného prostoru [W/K]

Kde součinitel tepelné ztráty  $H_{T,i}$  se vypočte jako součet jednotlivých součinitelů:

$$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} \quad [W/K] \quad (6)$$

$H_{T,ie}$  ... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm [W/K]

$H_{T,iue}$  ... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem [W/K]

$H_{T,ig}$  ... součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru [W/K]

$H_{T,ij}$  ... součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do přilehlého prostoru vytápěného na výrazně odlišnou teplotu [W/K]

##### Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie}$

Tento součinitel zahrnuje všechny stavební části, které oddělují vytápěný prostor od venkovního prostředí. To jsou např. stěny, podlaha, stropy, dveře, ....

Norma ČSN umožňuje dva postupy při výpočtu součinitele. První postup zahrnuje vliv tepelných mostů, který je ale příliš rozsáhlý. Druhý zjednodušený postup používá korigovaný součinitel prostupu tepla stavebních částí, ve kterém jsou tepelné mosty zahrnuty.

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \quad [W/K] \quad (7)$$

##### Součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem $H_{T,iue}$

Tento součinitel se využívá, pokud se mezi vytápěným a venkovním prostředím nachází nevytápěný prostor. Vypočte se pomocí vztahu:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \quad [W/K] \quad (8)$$

##### Součinitel tepelné ztráty do zeminy $H_{T,ig}$

Tepelné ztráty do zeminy vyjadřují tepelné ztráty podlahami nebo stěnami, které se přímo nebo nepřímo stýkají se zemí. Výpočet tohoto součinitele zjednodušenou formou je popsán normou ČSN EN 12831 [3].

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left( \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad [W/K] \quad (9)$$

$f_{g1}$  ... korekční činitel zohledňující vliv ročních změn [-]

$f_{g2}$  ... korekční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou teplotou a výpočtovou venkovní teplotou [-]

$A_k$  ... plocha místnosti [ $m^2$ ]

$U_{equiv,k}$  ... ekvivalentní součinitel prostupu tepla, který se určuje podle vypočteného charakteristického parametru  $B'$  [ $[W/m^2 \cdot K]$ ]

$G_w$  ... korekční činitel zohledňující vliv spodní vody [-]

Korekční součinitelé vlivu ročních změn  $f_{g1}$  a vlivu spodních vod  $G_w$  jsou převzaty z normy. Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou teplotou  $f_{g2}$  se spočítá podle vztahu:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (10)$$

$\theta_{m,e}$  ... průměrná roční teplota [ $^{\circ}C$ ]

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla  $U_{equiv,k}$  se stanoví podle typologie podlahy. Na určení součinitele je potřebný parametr  $B'$ , který je určen vztahem:

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \quad [m] \quad (11)$$

$A_g$  ... plocha uvažované podlahové konstrukce [ $m^2$ ]

$P$  ... obvod uvažované podlahové konstrukce [ $m$ ]

#### Součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostor při různých teplotách $H_{T,ij}$

Tento součinitel vyjadřuje tepelný tok prostupem tepla z vytápěného prostoru do prostoru vytápěného na výraznou odlišnou teplotu. Výpočet součinitele se provádí podle vztahu:

$$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij} \quad [W/K] \quad (12)$$

Redukční teplotní součinitel  $f_{ij}$  koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty.

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ souseďního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (13)$$

Tabulka 8: Tepelná ztráta vytápěného prostoru

103 – Obývací pokoj					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$	$U_k$	$e_k$	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		$m^2$	$W/m^2 \cdot K$	na jednotku	$W/K$
1	Obvodová stěna	18,046	0,22416	1	4,0452
30	Okna	7,1025	1,3	1	9,2333
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>		$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$			<b>13,2785</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
<b>Součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>					0
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet $B'$		$A_g$	$P$	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		$m^2$	$m$	$m$	
		22,83	9,49	4,8114	
Kód	Stavební část	$U_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	$m^2$	$W/K$
3	Podlaha	0,86	0,88	22,83	20,0904
Korekční činitelé		$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jednotku	na jednotku	na jednotku	na jednotku
		1,45	0,47714	1	0,69186
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = \left( \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>13,8997</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$	$A_k$	$U_k$	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jednotku	$m^2$	$W/m^2 \cdot K$	$W/K$
5	Příčková stěna	0,14286	12,7485	0,9569	1,7427
	Interiérové dveře	0,14286	1,8	3	0,7714
<b>Součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>		$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$			<b>2,5141</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>		$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$			<b>29,6928</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-15
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]$			<b>1039,2332</b>

Tepelná ztráta prostupem byla určena pro každou místnost stejným způsobem, jako v této tabulce.

#### 4.2.2 Tepelná ztráta větráním

V modelovém domě se jako v každém jiném musí větrat, čímž dochází k tepelné ztrátě. Tato tepelná ztráta se určí pomocí rovnice:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (14)$$

Součinitel tepelné ztráty větráním  $H_{V,i}$ 

Za předpokladu konstantní hustoty vzduchu a konstantní měrné tepelné kapacity se počítá podle vztahu:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad [W/K] \quad (15)$$

Kde  $\dot{V}_i$  je hodnota průtoku vzduchu z vytápěného prostoru a je definována jako maximum z výměny vzduchu infiltrací  $\dot{V}_{inf,i}$  a minimální výměny vzduchu  $\dot{V}_{min,i}$ , která je požadována z hygienických důvodů.

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [m^3/h] \quad (16)$$

Hygienické množství vzduchu  $\dot{V}_{min,i}$ 

Přirozená výměna vzduchu je vyžadována z hygienických důvodů a určuje se z národních údajů nebo, výpočtem pro jednotlivé vytápěné místnosti.

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [m^3/h] \quad (17)$$

Kde  $n_{min}$  je minimální intenzita výměny venkovního vzduchu stanovená z přílohy normy ČSN EN 12381 [3].

Tabulka 9: Intenzita výměny vzduchu

Minimální intenzita výměny vzduchu $n_{min}$	
Druh místnosti	$n_{min}$
	$h^{-1}$
Obytná místnost	0,5
Kuchyň nebo koupelna s oknem	1,5
Kancelář	1
Zasedací místnost, učebna	2

Infiltrace obvodovým pláštěm  $\dot{V}_{inf,i}$ 

K výpočtu se používá vztah:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [m^3/h] \quad (18)$$

$n_{50}$  ... intenzita výměny vzduchu pro celou budovu [ $h^{-1}$ ]

$e_i$  ... stínící činitel vytápěné místnosti [-]

$\varepsilon_i$  ... výškový korekční činitel [-]

Kde  $n_{50}$  je intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnějším a vnitřním prostředím a zahrnuje také účinky přívodu vzduchu. Zvolená hodnota  $n_{50} = 5$  byla určena z přílohy normy ČSN EN 12381 [4].

Tabulka 10: Tepelná ztráta místnosti 103 větráním

Místnost			103
Objem	$V_i$	$m^3$	60,5
Výpočtová venkovní teplota	$\theta_e$	$^{\circ}C$	
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{int,i}$	$^{\circ}C$	20
Intenzita výměny vzduchu	$n_{min,i}$	$h^{-1}$	0,5
Hygienické množství vzduchu	$\dot{V}_{min,i}$	$m^3/h$	30,25
Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	$n_{50}$	$h^{-1}$	5
Činitel zaclonění	$e_i$	-	0,03
Výškový činitel	$\varepsilon_i$	-	1
Množství vzduchu infiltrací	$\dot{V}_{inf,i}$	$m^3/h$	18,15
Průtok vzduchu	$\dot{V}_i$	$m^3/h$	30,25
Součinitel tepelné ztráty	$H_{V,i}$	$W/K$	10,29
<b>Tepelná ztráta větráním</b>	$\Phi_{V,i}$	<b>W</b>	<b>360</b>

Zbylé místnosti byly vypočteny stejným způsobem a jsou obsaženy v příloze.

### 4.3 Tepelný zátopový výkon

Při přerušovaném způsobu vytápění je nutné počítat s tepelným zátopovým výkonem. Pro výpočet je možné použít zjednodušenou formu výpočtu, v případě že doba přerušování vytápění není delší než 8 hodin. To je v tomto případě splněno a při výpočtu bude tedy použita zjednodušená forma výpočtu. Doba, za kterou se dům ohřeje je dvě hodiny a pokles vnitřní teploty při teplotním útlumu je 2 K. Z těchto hodnot potom z tabulky určíme zátopový součinitel  $f_{RH}$ , pomocí kterého se vypočte zátopový výkon pro jednotlivé místnosti.

Tabulka 11: Součinitel  $f_{RH}$ 

Zátopový součinitel $f_{RH}$			
Doba zátopu	Předpokládaný pokles vnitřní teploty během teplotního útlumu		
	1 K	2 K	3 K
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

Po zvolení zátopového součinitele se tedy zátopový výkon určí pomocí vzorce:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [W] \quad (19)$$



Tabulka 12: Tepelný výkon

Výpočet tepelného výkonu					
Místnost	Označení	Podlahová plocha	Zátopový součinitel	Zátopový výkon	
		$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$f_{RH}$ [-]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	
Vstupní místnost	101	3,52	11	38,72	
Chodba	102	4,87		53,57	
Obývací pokoj	103	22,83		251,1	
Jídelna	104	11,31		124,4	
Kuchyň	105	10,74		118,1	
Schodiště	106	5,133		56,46	
WC	107	1,76		19,36	
Prádelna	108	3,27		35,97	
Pokoj	201	12,34		135,7	
Pokoj	202	12,26		134,9	
Chodba	203	7,64		84,04	
Pokoj	204	12,31		135,4	
Koupelna	205	6,77		74,47	
WC	206	3,96		43,56	
Součet	-	-		-	<b>1306</b>

#### 4.4 Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon se vypočte jako součet tepelné ztráty prostupem, větráním a zátopového výkonu pro celou budovu.

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH} \quad [W] \quad (20)$$

Tabulka 13: Tepelný výkon

Výpočet celkového tepelného výkonu				
Tepelný výkon pro tepelné ztráty prostupem	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
$\Phi_T$	$\Phi_V$	$\Phi_{RH}$	$\Phi_{HL}$	$\Phi_{HL}$
W	W	W	W	kW
3876	2271	1306	7456,64	<b>7,46</b>

Celkový tepelný výkon vypočtený v horní tabulce, je tepelný výkon potřebný pro pokrytí tepelných ztrát domu.

## 4.5 Roční potřeba tepla na vytápění

Tato hodnota je pro potřeby této práce podstatnější než tepelná ztráta, po jejím určení totiž vypočteme celkové náklady na vytápění. Výpočet byl převzat z webu TBZ-info [54] a provádí se podle vztahu:

$$Q_{V,r} = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_r} * \frac{24 \cdot \Phi_{HL,i} \cdot D}{\theta_{m,int} - \theta_{m,e}} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ [GJ/rok]} \quad (21)$$

$e_i$  ... nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem. Zvolena hodnota 0,85.

$e_t$  ... snížení teploty v místnosti během dne, respektive noci. Zvolena hodnota 0,9.

$e_d$  ... zkrácení doby vytápění objektu s přestávkami v provozu. Zvolena hodnota 1.

$\eta_o$  ... účinnost obsluhy, respektive možnosti regulace soustavy. Zvolena hodnota 0,95.

$\eta_r$  ... účinnost rozvodu vytápění. Zvolena hodnota 0,95.

$\Phi_{HL}$  ... tepelná ztráta objektu

$D$  ... vytápěcí denostupně

$$D = d \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad (22)$$

$d$  ... počet dnů, během kterých je dům vytápěn. Určuje se na základě lokality.

$\theta_{m,int}$  ... průměrná vnitřní výpočtová teplota [°C]

$\theta_{m,e}$  ... střední denní venkovní teplota pro začátek a konec topného období [°C]

Tabulka 14: Denostupně

Výpočet vytápěcí denostupně			
<b>d</b>	<b><math>\theta_{m,int}</math></b>	<b><math>\theta_{m,e}</math></b>	<b>D</b>
dny	°C	°C	K·dny
			$d \cdot (\theta_{m,int} - \theta_{m,e})$
253	19	3,3	3972

Tabulka 15: Roční spotřeba tepla

Výpočet roční potřeby tepla na vytápění $Q_{V,r}$								
<b><math>\theta_{m,int}</math></b>	<b><math>\theta_e</math></b>	<b><math>e_i</math></b>	<b><math>e_t</math></b>	<b><math>e_d</math></b>	<b><math>\Phi_{HL}</math></b>	<b><math>\eta_o</math></b>	<b><math>\eta_r</math></b>	<b>D</b>
°C	°C	-	-	-	kW	-	-	K·dny
19	-15	0,85	0,9	1	7,964	0,95	0,95	3972
<b><math>Q_{V,r}</math></b>						<b><math>Q_{V,r}</math></b>		
GJ/rok						MWh/rok		
$Q_{V,r} = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot \Phi_{HL,i} \cdot D}{\theta_{m,int} \cdot \theta_{m,e}} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ [GJ/rok]}$								
<b>63,852</b>						<b>17,737</b>		

#### 4.6 Výpočet nákladů na vytápění pro kotel na zemní plyn

V modelovém domě je instalován kondenzační kotel Junkers Cerapur s účinností 105 %. Kotel spaluje zemní plyn, jehož výhřevnost je  $37,82 \text{ MJ/m}^3$ . Náklady na vytápění se spočítají pomocí vztahu [55]:

$$M = \frac{Q_{v,r}}{Q_v} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{63850}{37,82} \cdot \frac{1}{1,05} = 1608 \text{ [m}^3/\text{rok]} \quad (23)$$

$Q_v$  ... výhřevnost zemního plynu [ $\text{MJ/m}^3$ ]

$\eta$  ... účinnost kotle [%]

$M$  ... množství spotřebovaného plynu [ $\text{m}^3$ ]

Dodavatel plynu účtuje za odebrané kWh a používá přepočít:  $1 \text{ m}^3 = 10,6859 \text{ kWh}$ . Při vypočtené spotřebě na rok v  $\text{m}^3$ , převedené zpět na kWh pomocí přepočtu. Dostaneme spotřebu plynu vyúčtovanou dodavatelem, která se pro učení nákladů vynásobí momentální cenou plynu.

$$M_p = M \cdot 10,6859 = 1608 \cdot 10,6859 = 17182 \text{ [kWh/rok]}$$

Pro určení nákladů na vytápění je důležitá cena plynu. Ta je závislá na odebíraném objemu. V domě se plyn využívá jak k vaření, topení, tak i k ohřevu vody. Výsledná cena byla za poslední vyúčtovaný rok  $P_G=1,13 \text{ Kč/kWh}$ .

Náklady za vytápění na jeden rok jsou tedy  $N=M_p \cdot P_G= 17182 \cdot 1,13= 19\,415,7 \text{ Kč bez DPH}$

Celkové náklady tedy mají výši  $N_r= 20\,708,73 \cdot 1,21=23\,493 \text{ Kč vč. DPH}$

Náklady na vytápění modelového domu mají výši  $23\,493 \text{ Kč/rok}$ . V tomto výpočtu byly použity ceny za minulé vyúčtování. Stojí za zmínku, že cena je ovlivněna tarifem, který se určuje podle spotřeby. Používá-li se v domě plyn i na ohřev vody či vaření, tak jako v modelovém domě, je tedy celková spotřeba navýšena a výsledná cena zemního plynu nižší.

V tomto výpočtu není vzhledem k tomu, že plyn není využíván pouze na vytápění, zahrnuta částka, kterou si dodavatel účtuje za přípojku. Ta byla v minulém účtovacím období  $3212 \text{ Kč}$ .

## 5 Návrh opatření

V této kapitole budou vyhodnoceny jednotlivé varianty zateplení, na základě návratnosti investice. Pro to, aby byla varianta vyhodnocena jako „smysluplná“ musí doba návratnosti být maximálně 20 let. Tato hranice byla určena na základě životnosti použitých materiálů a požadavků majitelů nemovitosti, kde při jejich věku (50 let) by případná vyšší doba návratnosti investice znamenala, že daná varianta již nemá potřebné opodstatnění pro realizaci. Ve výpočtech se pracovalo s náklady na vytápění pro případ topení plynem. Pro majitele by totiž v případě, že by některé z opatření bylo výhodné při vytápění plynem, i přes velice nízké náklady při topení dřevem, stálo za uvážení kvůli případům, které nelze ovlivnit. Pokud by například došlo k úrazu a majitel již nebyl schopen topit dřevem, nebo příprava dřeva by stala bolestivou či nepříjemnou záležitostí. V tom případě je vhodné mít záložní řešení vytápění, které není ekonomicky nevýhodné.

Pro výpočet doby návratnosti je nejprve nutné vypočítat výslednou tepelnou ztrátu objektu, po realizaci tepelně-izolačních opatření, a následně celkové náklady na vytápění během jednoho roku. Tyto výpočty byly provedeny stejným způsobem jako je to popsáno v kapitole 4. Pro další vyhodnocení je potřeba spočítat úsporu na vytápění po realizaci opatření pomocí daného vztahu.

$$X_i = N_r - N_{v,i} \quad [\text{Kč/rok}] \quad (24)$$

$X_i$  ... úspora na vytápění po realizaci tepelně-izolačních opatření za jeden rok [Kč/rok]

$N_r$  ... náklady na vytápění objektu před realizací tepelně-izolačních opatření [Kč/rok]

$N_{v,i}$  ... náklady na vytápění objektu po realizaci tepelně-izolačních opatření [Kč/rok]

Po vypočtení úspory je nutné zjistit celkovou cenu investice. Tu vypočteme sečtením ceny materiálů a práce. Hledaná doba návratnosti se spočítá pomocí vztahu:

$$Y_i = \frac{P_i}{X_i} \quad [\text{rok}] \quad (25)$$

$Y_i$  ... doba návratnosti dané investice [rok]

$P_i$  ... investice do tepelně-izolačních opatření [Kč]

### 5.1 I. Varianta zateplení

V této variantě byla na obvodové zdi přidána izolace EPS 70F od výrobce DEK [56] v tloušťce 120mm a vyměněna balkonová dveře ve druhém poschodí a francouzské dveře v přízemí. Okna zvolená pro tento výpočet byla dřevěná eurookna IV 78 s izolačním trojsklem dosahující hodnoty  $U_w=0,93$  pro součinitel prostupu celým oknem.

Aby bylo možné určit potřebné množství izolačního materiálu je nutné spočítat plochu, která se bude zateplovat. Ta se spočte jako rozdíl plochy celých stěn a ploch oken a dveří. Pro zaručení toho, aby zakoupeno dostatečné množství materiálu, je vhodné koupit o 10 % více materiálu. Je to z důvodu prořezu materiálu, zejména kolem oken a dveří.

Další důležitou položkou je cena práce na zateplení, ta se většinou pohybuje v rozmezí 200-300 Kč za  $m^2$  z celkové plochy stěny, tedy plocha oken a dveří se do této plochy započítává.

Pro potřeby této práce byla zvolena střední hodnota 250 Kč za m<sup>2</sup> a pro určení přibližné ceny dveří, použito ceníku společnosti DARE [22].

Tabulka 16: I. varianta

<b>I. Varianta</b>						
Zateplení EPS 70F 120mm						
materiál	výrobce	vydatnost	obsah balení	množství	cena za balení	cena
				[balení]	[Kč]	[Kč]
Perlinka	Vertex	bal/50m <sup>2</sup>	50m <sup>2</sup>	3	1094	3282
Lepidlo	Cemix	7kg/m <sup>2</sup>	25kg	40	141	5623,93
Hmoždinky	Bravoll	6 ks/m <sup>2</sup>	1ks	855	6,7	5726,49
Zátky		6ks/m <sup>2</sup>	100ks	9	236	2017,09
EPS 70F	DEK		2m <sup>2</sup>	73	333,5	24345,5
Práce						39000
Nová eurookna IV 78						
	Výrobce	Rozměr	Odhadovaná cena	množství	cena	
		[m]	[Kč]	[ks]	[Kč]	
Okna	DARE	2,1x1	10381,8	3	31145,4	
		2,35x1,8	25000	1	25000	
<b>Celková cena</b>						<b>136140</b>

Po instalaci těchto opatření by se tepelná ztráta objektu snížila o 0,46 kW na 7 kW a celkové náklady na vytápění snížily na 22 036 Kč/rok.

$$X_I = N_r - N_{v,1} = 23493 - 22036 = 1457 \text{ [Kč/rok]}$$

$$Y_I = P_I/X_I = 136140/1457 = 93,44 \text{ [let]}$$

Úspora a návratnost investice budou v dalších kapitolách vypočítány stejným způsobem.

Roční úspora na vytápění by tedy činila 1457 Kč/rok. Investice na tato opatření by se zaplatila za více jak 93 let. Návratnost investice je tedy příliš vysoká a tato varianta pozbývá významu. V dalším výpočtu byla zjištěna návratnost, pokud by se realizovalo pouze zateplení obvodového pláště nebo výměna dveří.

Tabulka 17: Varianta I-2

<b>Zateplení EPS 70F 120mm</b>						
materiál	výrobce	vydatnost	obsah balení	množství	cena za balení	cena
				[balení]	[Kč]	[Kč]
Perlinka	Vertex	bal/50m <sup>2</sup>	50m <sup>2</sup>	3	1094	3282
Lepidlo	Cemix	7kg/m <sup>2</sup>	25kg	40	141	5623,93
Hmoždinky	Bravoll	6 ks/m <sup>2</sup>	1ks	855	6,7	5726,49
Zátky		6ks/m <sup>2</sup>	100ks	9	236	2017,09
EPS 70F	DEK		2m <sup>2</sup>	73	333,5	24345,5
Práce						39000
<b>Celková cena</b>						<b>79995</b>

Pokud by se realizovalo pouze zateplení obvodového pláště, výše investice by se dostala na hodnotu skoro 80 000 Kč, při snížení tepelné ztráty o 0,324 kW a výsledné úspory 1029 Kč za rok. Návratnost investice se snížila oproti předchozí variantě na 78 let.

Tabulka 18: Varianta I-3

Nová eurookna IV 78					
	Výrobce	Rozměr	Odhadovaná cena	množství	cena
		[m]	[Kč]	[ks]	[Kč]
Okna	DARE	2,1x1	10381,8	3	31145,4
		2,35x1,8	25000	1	25000
Celková cena					<b>56145,4</b>

V této části bylo cílem zjistit jaký má dané opatření vliv na tepelnou ztrátu a náklady na vytápění. Odhadovaná cena výměny oken byla 56 145 Kč, za snížení tepelné ztráty o 0,095 kW. Toto opatření by snížilo náklady na vytápění o 300 Kč. Návratnost investice na výměnu oken je 187 let.

## 5.2 II. Varianta zateplení

V této variantě zateplení byl použit polystyren EPS 70F o tloušťce 100mm [57] pouze na severní stěnu a na stěnu sdílenou domem a garáží.

Tabulka 19:II. varianta

II. Varianta						
Zateplení severní strany						
materiál	výrobce	vydatnost	obsah balení	množství	cena za balení	cena
				[balení]	[Kč]	[Kč]
Perlinka	Vertex	bal/50m <sup>2</sup>	50m <sup>2</sup>	3	1094	3282
Lepidlo	Cemix	7kg/m <sup>2</sup>	25kg	0	141	0
Hmoždinky	Bravoll	6 ks/m <sup>2</sup>	1ks	141	6,7	0
Zátky		6ks/m <sup>2</sup>	100ks	2	236	472
EPS 70F	DEK		2m <sup>2</sup>	22	277,92	6114,24
Práce						10750
Celková cena						<b>20618,2</b>

Tato opatření by snížila celkovou tepelnou ztrátu o 0,073 kW. Náklady na vytápění by se snížily o 239 Kč ročně a výsledná návratnost investice je 86 let.

## 5.3 III. Varianta zateplení

Za účelem snížení tepelných ztrát střechou bylo zvoleno přidání nadkroevní izolace na již existující mezikroevní a podkroevní izolaci. Možnost pouze zvýšit vrstvu podkroevní izolace, byla z důvodu nutnosti vytvoření nového sádkartonového systému a tím omezení obyvatelnosti objektu a zároveň vysokých nákladů, zamítnuta.

Pro výpočet byl zvolen materiál TOPDEK PIR 022 o síle 80 mm [21]. Vzhledem k vysoké ceně materiálu a poměrně jednotné ploše byl pro nákup zvolen pouze 5% přírůstek materiálu. Výsledná plocha s přírůstkem tedy byla 97 m<sup>2</sup>.

Tabulka 20: III. varianta

III. Varianta						
Nadkroevní izolace TOPDEK PIR 022 80mm						
materiál	Výrobce	vydatnost	obsah balení	množství	cena za balení	cena
TOPDEK	DEK		11.52m <sup>2</sup>	9	5151,93	46367,4
hydroizolace	JUTA	bal/50m <sup>2</sup>	50m <sup>2</sup>	2	3021	6042
Práce					Kč/m <sup>2</sup>	cena
Demontáž střešních tašek					28	2576
Demontáž střešních latí a kontralatí					10	920
Montáž nadkroevní izolace					135	12420
Montáž podkladní lepenky pod nadkroevní izolaci					45	4140
Montáž střešního latování					38	3496
Pokládka střešních tašek					110	10120
Celková cena						<b>86081,4</b>

Pro výpočet prací na nadkroevní izolaci byl použit ceník na webových stránkách firmy Střechy siding Štancl [53]. Celková cena by oproti výpočtu byla pravděpodobně navýšena o tašky, které by se během manipulace rozbily. To sebou nese další nevýhodu, kromě vysoké ceny prací, a to že nové střešní tašky se mohou lišit svým odstínem od tašek již instalovaných na střeše.

Při celkové investici 86 081 Kč bylo dosaženo snížení nákladů o pouze 368 Kč ročně. Výsledná návratnost investice tedy vychází 234 let. Tepelná ztráta byla snížena o 0,113 kW.

## 5.4 Vyhodnocení jednotlivých opatření

V předchozích kapitolách se autor dopracoval k hodnotám potřebným k ekonomickému vyhodnocení. Zjištěné údaje jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 21: Zhodnocení tepelně-izolačních opatření

Zhodnocení jednotlivých opatření					
Opatření	Tepelná úspora		Snížení nákladů	Investice	Návratnost
	[kW]	[%]	[Kč/rok]	[Kč]	[Roky]
I. Varianta	0,46	6,17	1457	136140	93
Zateplení EPS	0,324	4,34	1029	79995	78
Výměna oken	0,095	1,27	300	56145	187
II. Varianta	0,073	0,98	239	20618	86
III. Varianta	0,113	1,51	368	86081	234

V této bakalářské práci byla učena minimální doba návratnosti 20 let. Jak je z grafu viditelné, nejnižší návratnosti bylo dosaženo při použití fasádního polystyrenu a to 78 let. Výsledná návratnost je tedy skoro čtyřikrát větší jak požadovaná. Tato návratnost je tak vysoká,

že i pokud by se počítalo s tím, že dané opatření bude realizováno svépomocí, čímž by došlo ke snížení výše investice o náklady na práci, nebude tato varianta dosahovat požadované hodnoty. V České Republice je k dispozici dotační program Zelená Úsporám. Tento program ovšem poskytuje dotace při snížení energetické náročnosti o minimálně 40 % [23]. Této hodnoty ovšem nebylo ani v jedné z variant dosaženo a tím pádem možnost snížení nákladů pomocí dotace odpadá.

Z výsledků je tedy patrné, že všechna námi zvolená opatření mají dobu návratnosti příliš vysokou na to, aby byla opodstatněna jejich realizace.



## 6 Další možná opatření

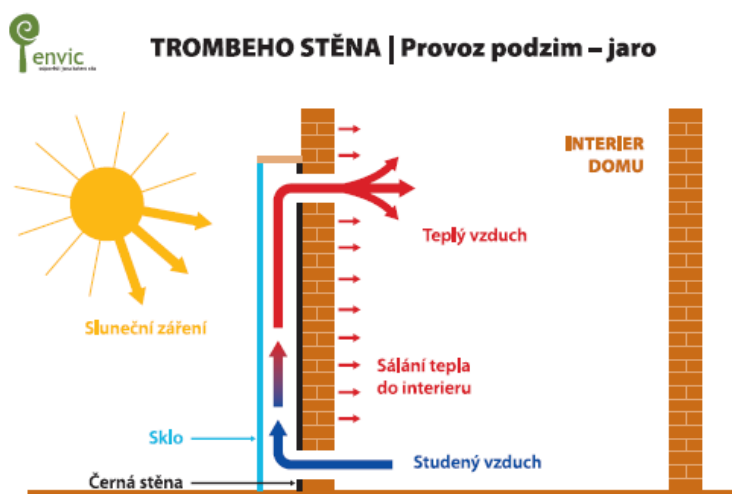
Vzhledem k výsledkům, klasických tepelně-izolačních opatření, stojí za zmínku, nad rámec této bakalářské práce, jaké jsou další možná opatření, která by snížila tepelnou náročnost budovy.

V dnešní době se často využívají solární kolektory či fotovoltaické panely, ty ale nejsou jedinou možností, jak využít solární energie. Zvýšením pasivních solárních zisků budovy, lze dosáhnout poměrně značného snížení nákladů na vytápění.

### 6.1 Trombeho stěna

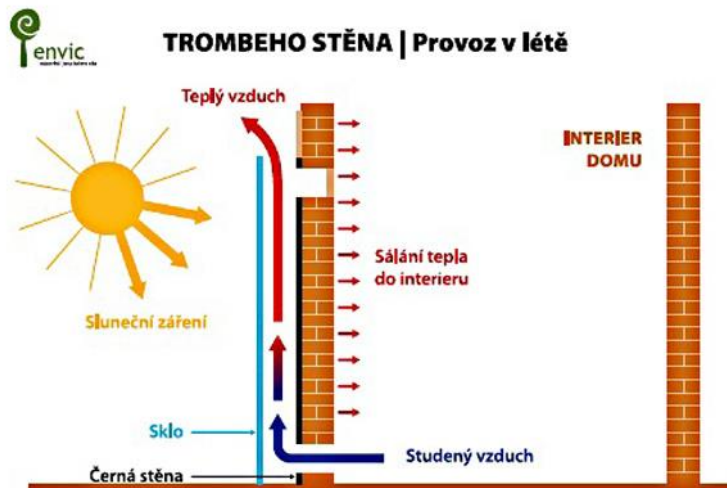
Trombeho stěna je poměrně jednoduchý a účinný systém pasivního využití solární energie. Základem systému je jižně orientovaná stěna s černým nátěrem, který zlepšuje absorpci sluneční energie. Před zdí je umístěna skleněná bariéra, která uzavírá vzduchovou mezeru o tloušťce přibližně 10 cm. Pro stavbu Trombeho stěny se nejvíce hodí materiály s velkou schopností akumulace tepla, tedy zdi z plných cihel, betonu a kamene. Trombeho stěna je vybavena nejméně dvěma otvory, jedním v horní části a druhým ve spodní.

V mezeře mezi zdí s černým nátěrem a sklem je sluncem ohříván vzduch. V zimním období po otevření obou klapek proudí teplý vzduch do interiéru a ohřívá jej.



Obrázek 19: Trombeho stěna

V letním období naopak dochází k přehřívání interiéru. Po uzavření horní klapky, otevření horního krytu a současně otevření větracího otvoru na severní straně domu, dojde k vytvoření podtlaku, vlivem proudění vzduchu ve vzduchové mezeře, a do interiéru proudí chladnější vzduch ze severní strany.



Obrázek 20: Trombeho stěna – léto

## 6.2 Zimní zahrada

V případě že je zimní zahrada postavená před obytným prostorem a zároveň se nepoužívá jako obytný prostor, působí jako energetický nárazník nebo kolektor teplého vzduchu, díky tomu lze dosáhnout zajímavé úspory energie. K dosažení co největších tepelných zisků, musí zahrada dodržovat určité zásady:

- Orientace zahrady na jih až jihozápad
- Výška zahrady by měla být přes dvě podlaží
- Strmé zasklené plochy
- Cílené proudění vzduchu
- Zahrada by měla být spíše hluboká a široká na úkor hloubky

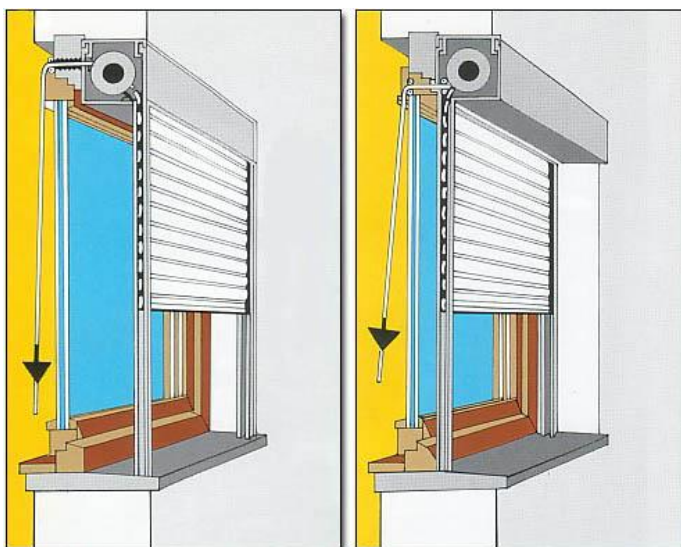


Obrázek 21: Zimní zahrada

### 6.3 Instalace venkovních rolet

Rolety jako takové nepomáhají zvýšit solární zisky, ale mají jiné užitečné vlastnosti. Těmi jsou zvuková izolace, stínění, ochrana proti hmyzu, zvýšení soukromí a také tepelná izolace. Jak bylo v jedné z předchozích kapitol zmíněno plní i funkci bezpečnostní.

Venkovní rolety jsou tvořeny profilovanými lamelami, které se pohybují ve vodících lištách a nahoře se rolují do schránky. Schránky mohou být viditelné (přiznané) nebo podomítkové. V létě lze během dne částečným zatažením rolet zabránit přehřívání interiéru naopak v noci po úplném zatažení snižují tepelnou ztrátu okny. Ta může být podle výrobců až 25 % v závislosti na typu použitých lamel [58].



Obrázek 22:Rolety

## 7 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zjistit návratnost investic do zateplení rodinného domu a posoudit vhodnost jednotlivých variant nebo zjistit, zdali jsou investice do zateplení opodstatněné. Při výběru zateplení byly brány v potaz již existující tepelně-izolační opatření.

V první části této práce byl představen modelový dům a podle lokality ve které je postaven byly zjištěny klimatické údaje potřebné pro výpočet. Na základě stavební konstrukce domu byly z normy ČSN EN 73 0540 odečteny – 3 hodnoty součinitele tepelné vodivosti pro jednotlivé stavební materiály a následně vypočteny součinitele prostupu tepla pro stavební konstrukce.

Ve druhé části byla provedena rešeršní část s přehledem možností snížení tepelných ztrát domu. Byl vypracován přehled vlastností, druhů a materiálů používaných pro okna. Pro získání přehledu byly popsány jednotlivé druhy zateplení obvodových zdí a materiálů, kterých se pro izolaci obvodového zdiva využívá. Vzhledem k tomu, že na modelovém domě již existuje vrstva podkroevní a mezikroevní izolace, byl vypracován přehled systémů, které se využívají pro nadkroevní izolace.

V další části byl podle normy ČSN EN 12831 vypočítán návrhový tepelný výkon 7,46 kW. Ten byl vypočten součtem tepelných ztrát prostupem, větráním a zátopového tepelného výkonu. Z něj byly následně určeny náklady na vytápění plynem 23 493 Kč na rok. Nebyl proveden výpočet nákladů na vytápění dřevem v krbové vložce, protože pro majitele byla určujícím faktorem návratnost při topení plynem.

Byly navrženy tři varianty tepelně-izolačních opatření a ty byly následně porovnány podle návratnosti. Výsledky byli shrnuty v tabulce 21: Zhodnocení tepelně izolačních opatření. Pro tuto práci byla pro opodstatnění investic zvolena minimální doba návratnosti 20 let.

V první variantě bylo navrženo zateplení obvodového pláště polystyrenem o síle 120 mm a výměna oken větších rozměrů. Cena této investice by byla 136 140 Kč s tepelnou úsporou 0,46 kW a návratností 93 let. Pokud by se realizovalo pouze zateplení polystyrenem, tak by se tepelná ztráta snížila o 0,324 kW a investice ve výši 79 995 Kč by se vrátila za 78 let. Výměnou oken by se dosáhlo tepelné úspory 0,095 kW se zaplacením investice 56 145 Kč za 187 let. Druhá varianta počítala se zateplením severní strany fasádním polystyrenem tloušťky 100 mm. Zateplení by se promítlo snížením tepelné ztráty o 0,073 kW. Návratnost počáteční investice 20 618 Kč byla 86 let. Poslední variantou byla instalace nadkroevní izolace TOPDEK PIR o síle 80 mm. Cena této úpravy by byla 86 081 Kč a dosáhla by úspory 0,113 kW s návratností 234 let.

Jako nejvýhodnější tedy vyšla varianta se zateplením obvodového pláště fasádním polystyrenem, avšak doba návratnosti tohoto opatření byla 78 let. Pro získání státní dotace je podmínkou snížení tepelné ztráty o alespoň 40 %. To v této variantě a ani v jedné z ostatních nebylo dosaženo. Výsledná návratnost by se tedy mohla snížit pouze pokud by bylo zateplení instalováno svépomocí. Návratnost by se tím snížila na polovinu, tedy 39 let, což je ovšem více než předpokládaná životnost zateplení. Podle výsledků je tedy možné říci, že investice do zateplení na modelovém domě jsou zbytečné.

V poslední části byly popsány další možná opatření, která by mohla snížit tepelnou náročnost objektu.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4559-6.
- [2] STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014. ISBN 978-80-247-4808.
- [3] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN EN 73 0540 – 3. *Tepelná ochrana budov*. Praha: Český normalizační úřad, 2005.
- [5] MURTINGER, Karel. Tepelné izolace: Polystyren, minerální vata a další. In: *Na zeleno* [online]. Praha: NetBrokers Holding, 2010 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace-2/tepelne-izolace-polystyren-mineralni-vata-a-dalsi.aspx>
- [6] *Venkovský dům: Typy oken* [online]. <http://www.venkovskydum.cz/>, 2011 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.venkovskydum.cz/typy-oken>
- [7] DAŇKOVÁ, Ing. Dana Dalmatika a RNDr. Jiří HEJHÁLEK. Tepelné izolace-přehled, materiály, druhy, způsoby použití. In: *Stavebnictví 3000* [online]. Praha: Vega s.r.o, 2011 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>
- [8] ŠUBRT, Ing. Roman a Ing. Zdeněk PETRTYL. Otvorové výplně ze dřeva. In: *TBZ-info* [online]. Praha: TBZ-info, 2015 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/259-otvorove-vyplne-ze-dreva>
- [9] ADAM, Jakub. *Posouzení investic do vytápění rodinného domu*. Brno, 2016. Bakalářská práce. VUT v Brně. Vedoucí práce Ing. Marek Baláš.
- [10] ZDRAŽIL, Pavel. *Posouzení investic do vytápění rodinného domu*. Brno, 2014. Bakalářská práce. VUT v Brně. Vedoucí práce Ing. Marek Baláš.
- [11] Redakce iStavitel.cz. Tepelné izolace. In: *IStavitel.cz* [online]. Praha: iStavitel, 2009 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: [http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zakladni-prehled-tepelne-izolacnich-materialu\\_80](http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zakladni-prehled-tepelne-izolacnich-materialu_80)
- [12] Tepelné izolační vlastnosti izolačních materiálů a jejich porovnání. In: *Izolant.cz* [online]. Praha: izolant.cz, 2015 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.izolant.cz/tepelneizolacni-vlastnosti-izolacnich-materialu-a-jejich-porovnaní/>
- [13] PERLÍK, Martin. Vnitřní zateplení obvodových stěn. In: *Perlík projekce* [online]. Praha: Perlík projekce, 2014 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.perlikprojekce.cz/2014/12/vnitri-zatepleni-obvodovych-sten/>
- [14] Jaký je opravdový rozdíl mezi vnitřní a vnější tepelnou izolací domu. In: *Arfo* [online]. Praha: Arfo.cz, 2014 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.arfo.cz/cs/jaky-je-opravdovy-rozdil-mezi-vnitri-a-vnejsi-tepelnou-izolaci-domu-/>
- [15] MURTINGER, Karel. Tepelná izolace – mýty a pověry aneb polystyrén způsobuje plísně. In: *Nazeleno* [online]. Praha: NetBrokers Holding, 2009 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace-2/tepelna-izolace-myty-a-povery-aneb-polystyren-zpusobuje-plisne.aspx>
- [16] Pod povrch kontaktních a provětrávaných fasád. In: *TBZ-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o, 2015 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/13451-pod-povrch-kontaktnich-a-provetravanych-fasad>
- [17] Součinitel tepelné vodivosti. In: *TBZ-info* [online]. Praha: Topinfo s.r.o, 2006 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti>
- [18] *Zdíci materiály KERATHERM*. Praha, 2012. Dostupné také z: [http://media.tondach.cz/userfiles/file/pdf/ke-stazeni/tondach-zdici-materialy-04\\_12.pdf](http://media.tondach.cz/userfiles/file/pdf/ke-stazeni/tondach-zdici-materialy-04_12.pdf)

- [19] Tepelný odpor R. *TBZ-info* [online]. Praha: Topinfo, 2006 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [20] Součinitel prostupu tepla. *TBZ-info* [online]. Praha: Topinfo, 2006 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [21] *DEK stavebniny* [online]. Praha: DEK, 2017 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/pobočka-jihlava/produkty/detail/1421010360-topdek-022-pir-p-d-tag-80mm-11-52m2-bal-1200x2400?sort=cena>
- [22] *DARE eurookna*. Rajhrad u Brna, 2016. Dostupné také z: <http://www.dare.cz/drevena-eurookna-cenik.html>
- [23] *Jak na zelenou* [online]. Praha: NetBrokers Holding, 2017 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.jaknazelenou.cz/>
- [24] *Hydroizolační fólie JUTADACH 135*. Třebíč, 2017. Dostupné také z: <http://www.i-strechy.eu/hydroizolacni-folie-jutadach-135-1>
- [25] MURTINGER, Karel. Tepelné izolace: Polystyren, minerální vata a další. In: *Na zeleno* [online]. Praha: NetBrokers Holding, 2010 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace-2/tepelne-izolace-polystyren-mineralni-vata-a-dalsi.aspx>
- [26] Fasáda domu jako zdroj energie. *Můj dům* [online]. Praha: Business Media CZ, 2014 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: [https://mujdum.dumabyt.cz/rubriky/stavba/fasada-domu-jako-zdroj-energie\\_2290.html?showTab=nejnavstevovanejsi](https://mujdum.dumabyt.cz/rubriky/stavba/fasada-domu-jako-zdroj-energie_2290.html?showTab=nejnavstevovanejsi)
- [27] Lepící a stěrková hmota *WEBER*. Praha, 2016. Dostupné také z: [https://www.dek.cz/get\\_dokument.php?id=1299191145](https://www.dek.cz/get_dokument.php?id=1299191145)
- [28] Hmoždinka s plastovým trnem. Praha, 2017. Dostupné také z: <https://www.dek.cz/pobočka-jihlava/produkty/detail/1710817450-hmozdinka-plastovy-trn-pth-x-60-8-215?lm=2465>
- [29] Isover EPS 70f. In: *Isover E-shop* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.isover-eshop.cz/isover-eps-70f/iso-ver>
- [30] EPS GrayWall. In: *Isover* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/produkty/isover-eps-greywall>
- [31] XPS polystyren. In: *OBI* [online]. Praha: OBI Česká republika, 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.obic.cz/penove-izolace/isover-extrudovany-polystyren-xps-synthos-prime-25l-3-cm-polodrazka/p/4540084>
- [32] Minerální vata. In: *Stavebniny okolo* [online]. Brno: Stavebninyokolo.cz, 2016 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.stavebninyokolo.cz/produkt/fasadni-mineralni-vata-nf-333-v-16-13399/>
- [33] Provětrávaná fasáda. In: *TBZ-info* [online]. Praha: KNAUF INSULATION, spol. s r.o., 2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0134/013451o9.jpg>
- [34] VEKRA. Základní materiály pro výrobu oken. In: *Novinky.cz* [online]. Praha: Novinky.cz, 2011 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://media.novinky.cz/473/274733-original1-s3pe2.jpg>
- [35] VELUX. Řez oknem. In: *Na zeleno* [online]. Praha: NetBrokers Holding, 2010 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/Files/FckGallery/rez-oknem.jpg>
- [36] Vnitřní povrchová teplota při různých zateplení. In: *EkoWATT*; [online]. Praha: EkoWATT, 2008 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [http://ekowatt.cz/obrazky/infostranky/uspory-rd\\_01.jpg](http://ekowatt.cz/obrazky/infostranky/uspory-rd_01.jpg)
- [37] Skladba vnějšího zateplení. In: *Sylmar okno* [online]. Ostrava: SylmarOkno, 2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [http://www.sylmarokno.cz/image/zatepleni\\_skladba.jpg](http://www.sylmarokno.cz/image/zatepleni_skladba.jpg)
- [38] *TOPROCK*. *Bydlení.cz* [online]. Copyright © 1999 [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: <https://www.bydleni.cz/clanek/TOPROCK-umozni-vychutnat-si-krasu-krovu>

- [39] Izolace nad krokve TOPDEK 022 PIR. In: *DEK stavebniny* [online]. Praha: DEK, 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/obrazky/-1979182662.jpg>
- [40] Desky a štěrk z pěnového skla REFAGLASS. In: *Stavebnictví 3000* [online]. Příbram: RECIFA, 2011 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/penove-sklo-tepelna-izolace-pro-jednodussi-a-levnejsi-stavebni-reseni/>
- [41] VŠB. Vakuová izolace. In: *Izolace-info* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská, 2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/aktuality/?nid=20479-stavebni-tepelne-izolace-cast-iii-aerogel-a-vakuova-izolace.html>
- [42] SDRUŽENÍ, ENVIC. Trombeho stěna. In: *Na zeleno* [online]. Praha: NetBrokers Holding, 2010 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/trombeho-stena-a-dalsi-chytre-napady-na-uspory-ve-vytapeni.aspx>
- [43] SDRUŽENÍ, ENVIC. Trombeho stěna-léto. In: *Na zeleno* [online]. Praha: NetBrokers Holding, 2010 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/trombeho-stena-a-dalsi-chytre-napady-na-uspory-ve-vytapeni.aspx>
- [44] Zimní zahrada. In: *Pěkné bydlení* [online]. Praha: Časopisy pro volný čas, 2016 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.peknebydleni.cz/pro-pohodu-za-kazdeho-pocasi/>
- [45] TOPROCK. *Rockwool* [online]. Bohumín: ROCKWOOL, 2016 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.rockwool.cz/technicka-podpora/zatepleni/zatepleni-sikme-strechy-nad-krokvemi-system-toprock>
- [46] TOPDEK. TOPDEK [online]. Praha: DEK, 2017 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <https://topdek.cz/>
- [47] Nadkroevní systém TOPDEK | Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům. Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům [online]. Copyright © 2017 DEK a.s. [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/pobocka-jihlava/technicka-podpora/nadkroevni-system-topdek>
- [48] Zahrada nejen zimní. *Bydlení – novinky, tipy a triky, články a diskuze, fotogalerie a poradny* [online]. Copyright © 2000 [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: <http://www.bydlet.cz/154569-zahrada-nejen-zimni/>
- [49] Venkovní rolety sníží náklady na vytápění o 25 až 30 % | ekoblog.cz. ekoblog.cz | technologie a životní prostředí [online]. Copyright © Copyright [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: <http://www.ekoblog.cz/?q=node/714>
- [50] LUBINOVÁ, Štěpánka. *Stínění oken: žaluzie, rolety, markýzy a slunolamy*. Praha: Graga Publishing, 2013. ISBN 978–80–247–4579–4.
- [51] VENKOVNÍ ROLETY :: Krprofi. KR PROFI/okna dveře [online]. Copyright © 2014 Všechna práva vyhrazena. [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: <http://www.krprofi.cz/stinici-technika/venkovni-rolety/>
- [52] STEMPEL, Ulrich E. Zateplení a rekonstrukce rodinného domu. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014, s. 60. ISBN 978-80-247-4808.
- [53] Střechy siding Štancl [online]. Ústí nad Orlicí: Střechy siding Štancl, 2013 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.strechy-siding-stancl.cz/strechy-siding-cenik/>
- [54] Topinfo s.r.o.. Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. tzbinfo. [online]. 2001-2016 [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-teplapro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody>
- [55] Topinfo s.r.o.. Porovnání nákladů na vytápění. tzbinfo. [online]. 2001-2016 [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapeni-tzb-info>
- [56] Fasádní polystyren DEK EPS 70F 120 mm (1000x500 mm) | Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům. *Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům* [online]. Copyright © 2017 DEK a.s. [cit. 16.05.2017]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/pobocka-jihlava/produkty/detail/1460403180-polystyren-70f-120mm-500x1000-dek-2m2-bal>
- [57] Fasádní polystyren DEK EPS 70F 100 mm (1000x500 mm) | Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům. *Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům* [online]. Copyright © 2017 DEK a.s. [cit.

16.05.2017]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/pobocka-jihlava/produkty/detail/1460403140-polystyren-70f-100mm-500x1000-dek-2-5m2-bal?lm=151>

[58] Venkovní rolety. *Rolety a vše okolo rolet, jedině od českého výrobce: Proalu* [online]. Copyright © Proalu, s.r.o. 2013 [cit. 16.05.2017]. Dostupné z: <http://www.proalu.cz/produkty/rolety>



## Seznam obrázků

Obrázek 1: Modelový dům .....	12
Obrázek 2: Přízemí .....	12
Obrázek 3: Podkroví .....	13
Obrázek 4: Řez .....	13
Obrázek 5: Druhy oken [34] .....	14
Obrázek 6: Řez oknem [35] .....	16
Obrázek 7: EPS polystyren [29] .....	17
Obrázek 8: šedý XPS polystyren [30] .....	17
Obrázek 9: XPS polystyren [31] .....	18
Obrázek 10: PUR desky [39] .....	18
Obrázek 11: Pěnové sklo [40] .....	19
Obrázek 12: Vakuová izolace [41] .....	19
Obrázek 13: Minerální vata [32] .....	20
Obrázek 14: Technologie vnějšího zateplení [37] .....	21
Obrázek 15: Vnější provětrávaná fasáda [33] .....	21
Obrázek 16: Prostup tepla zdí [36] .....	22
Obrázek 17: TOPROCK [38] .....	23
Obrázek 18: TOPDEK [47] .....	23
Obrázek 19: Tombeho stěna [42] .....	41
Obrázek 20: Trombeho stěna – léto [43] .....	42
Obrázek 21: Zimní zahrada [44] .....	42
Obrázek 22: Rolety [51] .....	43

## Seznam použitých veličin

Značka	Jednotka	Význam
$A_i$	$[m^2]$	Podlahová plocha
$A_k$	$[m^2]$	Plocha místnosti
$A_g$	$[m^2]$	Plocha podlahové konstrukce
$B'$	$[m]$	Charakteristický parametr
$b_u$	$[-]$	Teplotní redukční součinitel
$d$	$[dny]$	Počet dnů, během kterých je dům vytápěn
$d_i$	$[m]$	Tloušťka materiálu
$D$	$[K \cdot dny]$	Vytápěcí denostupně
$e_i$	$[-]$	Korekční činitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem.
$e_k$	$[-]$	Korekční činitel povětrnostních vlivů
$e_t$	$[-]$	Korekční činitel snížení teploty v místnosti během dne, respektive noci
$e_d$	$[-]$	Korekční činitel zkrácení doby vytápění objektu s přestávkami v provozu
$f_{g1}$	$[-]$	Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn
$f_{g2}$	$[-]$	Korekční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou teplotou a výpočtovou venkovní teplotou
$f_{ij}$	$[-]$	Redukční teplotní součinitel korigující teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty
$f_{RH}$	$[-]$	Zátopový součinitel
$f_{RH}$	$[-]$	Zátopový součinitel
$G_w$	$[-]$	Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
$H_{T,ie}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí
$H_{T,ig}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty do zeminy
$H_{T,ij}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostor při různých teplotách
$H_{T,iue}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem
$H_{V,i}$	$[W/K]$	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním
$M$	$[m^3]$	Množství spotřebovaného plynu
$M_p$	$[kWh/rok]$	Spotřeba plynu vyúčtovaná dodavatelem
$N_r$	$[Kč/rok]$	Náklady na vytápění objektu před realizací tepelně-izolačních opatření
$N_{v,i}$	$[Kč/rok]$	Náklady na vytápění objektu po realizaci tepelně-izolačních opatření
$n_{50}$	$[h^{-1}]$	Součinitel intenzity výměny vzduchu pro celou budovu
$n_{min}$	$[h^{-1}]$	Součinitel intenzity minimální výměny vzduchu
$P$	$[m]$	Obvod uvažované podlahové konstrukce
$P_i$	$[Kč]$	Celková cena investice
$P_G$	$[Kč/kWh]$	Cena plynu
$R$	$[m^2 \cdot K/W]$	Tepelný odpor
$R_{se}$	$[m^2 \cdot K/W]$	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně
$R_{si}$	$[m^2 \cdot K/W]$	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně
$Q_v$	$[MJ/m^3]$	Výhřevnost zemního plynu

$Q_{V,r}$	[MJ/m <sup>3</sup> ]	Roční spotřeba tepla na vytápění
$U_{equiv,k}$	[W/m <sup>2</sup> ·K]	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla
$U_k$	[W/m <sup>2</sup> ·K]	Součinitel prostupu tepla
$V_i$	[m <sup>3</sup> ]	Objem místnosti
$\dot{V}_i$	[m <sup>3</sup> /h]	Průtok vzduchu z vytápěného prostoru
$V_{inf,i}$	[m <sup>3</sup> /h]	Množství vzduchu infiltrací vytápěného prostoru
$V_{min,i}$	[m <sup>3</sup> /h]	Minimální výměna vzduchu požadovaná z hygienických důvodů
$X_i$	[Kč/rok]	Úspora na vytápění po realizaci tepelně-izolačních opatření za jeden rok
$Y_i$	[roky]	Doba návratnosti dané investice
$\varepsilon_i$	[-]	Výškový korekční čísel
$\eta$	[%]	Účinnost kotle
$\eta_o$	[%]	Účinnost obsluhy, možnost regulace soustavy
$\eta_r$	[%]	Účinnost rozvodu vytápění
$\theta_e$	[°C]	Výpočtová venkovní teplota
$\theta_{es}$	[°C]	Průměrná venkovní teplota
$\theta_{int,i}$	[°C]	Výpočtová teplota vytápěné místnosti
$\theta_{m,e}$	[°C]	Průměrná roční teplota v dané oblasti
$\theta_{m,int}$	[°C]	Průměrná vnitřní výpočtová teplota
$\theta_u$	[°C]	Teplota nevytápěné místnosti
$\lambda$	[W/m·K]	Součinitel tepelné vodivosti
$\Phi_{HL,i}$	[W]	Celkový návrhový tepelný výkon
$\Phi_{RH,i}$	[W]	Návrhový tepelný zátopový výkon
$\Phi_{T,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta prostupem
$\Phi_{V,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta větráním

## Seznam příloh

Příloha A	Výpočet součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce
Příloha B	Výpočet tepelné ztráty

## Příloha A

Obvodová stěna							
	Materiál	Popis	$d_i$	$\lambda$	R	$U_k$	
1.		Odpor při přestupu tepla na vnitřní			0,13		
	3	Vápenná omítka	0,005	0,88	0,00568182		
	5	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,01515152		
	2	Zdivo Keratherm	0,38	0,13	2,92307692		
	14	Lepící cementová malta	0,003	1,16	0,00258621		
	9	Polystyren EPS70	0,05	0,039	1,28205128		
	13	Stěrka + Sklovl. tkanina	0,005	0,08	0,0625		
		Odpor při přestupu tepla na vnější			0,04		
		Celková tloušťka		<b>0,458</b>		<b>4,46104775</b>	<b>0,2241626</b>

Střecha							
	Materiál	Popis	$d_i$	$\lambda$	R	$U_k$	
2.		Odpor při přestupu tepla na vnitřní			0,1		
	8	Podbití – prkna	0,02	0,22	0,09090909		
	10	Minerální vata	0,18	0,038	4,73684211		
		Parozábrana					
	11	Sádrokartonová deska	0,012	0,22	0,05454545		
		Odpor při přestupu tepla na vnější			0,1		
		Celková tloušťka		<b>0,212</b>		<b>5,08229665</b>	<b>0,1967614</b>

Podlaha na zemině					
Materiál	Popis	$d_i$	$\lambda$	R	$U_k$
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní			0,17	
7	Keramická dlažba	0,009	1,01	0,00891089	
12	Cementové lepidlo	0,005	1,16	0,00431034	
	Separační PE folie				
15	Izolace EPS 150S	0,03	0,035	0,85714286	
6	Asfaltová hydroizolace	0,004	0,2	0,02	
1	Beton C20/25 + kari síť	0,15	1,5	0,1	
5	Štěrka	0,15	0,65	0,23076923	
	Odpor při přestupu tepla na vnější			0	
Celková tloušťka		<b>0,198</b>		<b>1,39113332</b>	<b>0,7188384</b>

Obvodová stěna sdílená s garáží					
Materiál	Popis	$d_i$	$\lambda$	R	$U_k$
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní			0,13	
3	Vápená omítka	0,005	0,88	0,00568182	
5	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,01515152	
2	Zdivo Keratherm	0,38	0,13	2,92307692	
5	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,01515152	
3	Vápená omítka	0,005	0,88	0,00568182	
	Odpor při přestupu tepla na vnější			0,04	
Celková tloušťka		<b>0,42</b>		<b>3,13474359</b>	<b>0,3190054</b>

Příčková stěna					
Materiál	Popis	$d_i$	$\lambda$	R	$U_k$
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní			0,13	
3	Vápená omítka	0,005	0,88	0,00568182	
5	Vápenocementová omítka	0,01	0,99	0,01010101	
4	Příčkové zdivo	0,115	0,34	0,33823529	
5	Vápenocementová omítka	0,01	0,99	0,01010101	
3	Vápená omítka	0,005	0,88	0,00568182	
	Odpor při přestupu tepla na vnější			0,04	
Celková tloušťka		<b>0,145</b>		<b>0,53980095</b>	<b>1,8525347</b>

Nosná stěna 250mm					
Materiál	Popis	$d_i$	$\lambda$	R	$U_k$
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní			0,13	
4	Lino	0,003	0,15	0,02	
1	Beton C20/25 + kari síť	0,06	1,5	0,04	
4	Vložka MIAKO 150mm	0,15	0,35	0,42857143	
5	Vápenocementová omítka	0,015	0,99	0,01515152	
3	Vápenná omítka	0,005	0,88	0,00568182	
	Odpor při přestupu tepla na vnější			0,04	
Celková tloušťka		<b>0,233</b>		<b>0,67940476</b>	<b>1,4718766</b>

Vypočtené hodnoty $U_k$ pro jednotlivé obálky		
Obálka	číslo	$U_k$
Obvodová stěna	1	0,22416559
Střecha	2	0,1695777
Podlaha	3	0,86929
Stěna sdílená s garáží	4	0,31901
Příčková stěna	5	1,85253
Nosná stěna	6	0,95694
Okna plastová	7	1,3
Okna střešní	8	1,4

## Příloha B

Součinitele tepelné ztráty do prostoru vytápěného na nižší teplotu $H_{T,ij}$						
Místnost	$A_k$		$U_k$		$f_{i,j}$	$H_{T,ij}$
	[m <sup>2</sup> ]		[W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Stěna	Dveře	Stěna	Dveře	-	$A_k \cdot U_k \cdot f_{i,j}$
První patro						
101-Vstupní místnost	5,353		0,9569		-0,23077	-3,485843
	3,953	1,4	1,85253	1,9	-0,14286	
102-Chodba	4,56	1,8	0,9569	1,9	-0,14286	-2,486753
	1,78	1,4	1,85253	1,9	-0,23077	
103-Obývací pokoj	12,7485	1,8	0,9569	1,9	0,142857	2,2312914
104-Jídelna					0	0
105-Kuchyn	7,4485	1,8	1,85253	1,9	0,142857	2,4597957
106-Schodiště	6,095		1,85253		-0,14286	-3,453973
	4,30625		1,85253		-0,23077	
107-WC	1,515	1,4	1,85253	1,9	0,230769	1,2615191
108-Prádelna	3,953	1,4	1,85253	1,9	0,142857	1,4261502
Druhé patro						
201-Pokoj	2,475	1,6	1,85253	1,9	0,142857	1,0892874
202-Pokoj	6,8885	1,6	1,85253	1,9	0,142857	2,2573076
203-Chodba	9,375	4,8	1,85253	1,9	-0,14286	-7,361935
	5,0875	3,2	1,85253	1,9	-0,23077	
204-Pokoj	8,576	1,6	1,85253	1,9	0,142857	2,7038996
205-Koupelna	0,7875	1,6	1,85253	1,9	0,230769	1,0382002
206-WC	4,3	1,6	1,85253	1,9	0,230769	2,5398182



**Součinitel tepelné ztráty do venkovního prostředí  $H_{t,ie}$  pro jednorlivé pokoje**

Místnost	$A_k$				$U_k$				$e_k$	$H_{T,ie}$
	[m <sup>2</sup> ]				[W/(m <sup>2</sup> K)]					
	Obvodová	Střeš. okno	Plast. Okno	Střecha	Obvodová	Střeš. okno	Plast. Okno	Střecha	-	[W/K]
První patro										
101-Vstupní místnost	2,1875		2,45		0,224166		1,3		1	3,67536
103-Obývací pokoj	18,046		7,1025		0,224166		1,3		1	13,2785
104-Jídelna	13,6125		4,275		0,224166		1,3		1	8,60895
105-Kuchyn	6,4935		2,755		0,224166		1,3		1	5,03712
106-Schodiště	5,3594	0,8625		4,035963	0,224166	1,4		0,16958	1	3,0933
107-WC	2,425		0,49		0,224166		1,3		1	1,1806
108-Prádelna	9,2355		0,49		0,224166		1,3		1	2,70728
Druhé patro										
201-Pokoj	10,72575	0,8625	2,05	5,82615	0,224166	1,4	1,3	0,16958	1	7,26483
202-Pokoj	10,66325	0,8625	2,05	5,82615	0,224166	1,4	1,3	0,16958	1	7,25082
204-Pokoj	6,876	0,8625	3,3	4,68545	0,224166	1,4	1,3	0,16958	1	7,83341
205-Koupelna	9,11775		1,25	5,54795	0,224166		1,3	0,16958	1	4,60969
206-WC	3,6344	0,825		3,94828	0,224166	1,4		0,16958	1	2,63925

Součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné místnosti pro jednotlivé místnosti $H_{T,iue}$							
Místnost	$A_k$		$U_k$		$b_u$		$H_{T,iue}$
	[m <sup>2</sup> ]		[W/(m <sup>2</sup> ·K)]		-		[W/K]
	Stěna sdíl. s garáží	Stropem	Stěna sdíl.	Stropem	Garáž	Půda	
První patro							
105-Kuchyn	7,2875		0,31901		0,43		0,99966
106-Schodiště	4,3466	1,121	0,31901	0,1695777	0,43	0,74	0,73691
Druhé patro							
201-Pokoj		6,853125		0,1695777		0,74	0,85998
202-Pokoj		6,7725		0,1695777		0,74	0,84986
203-Chodba		7,9532		0,1695777		0,74	0,99803
204-Pokoj	3,50425	7,423125	0,31901	0,1695777	0,43	0,74	1,4122
205-Koupelna		3,87875		0,1695777		0,74	0,48673
206-WC		0,72924		0,1695777		0,74	0,09151

Součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ig}$								
Místnost	$A_g$	$P$	$B'$	$U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$H_{T,ig}$
	[m <sup>2</sup> ]	m	m	[W/m <sup>2</sup> ·K]	-	-	-	[W/K]
101-Vstupní místnost	3,52	1,75	4,0228571	0,88	1,45	0,39	1	1,75169
102-Chodba	118,71	30,56	7,7689791	0,55	1,45	0,39	1	1,51469
103-Obývací pokoj	22,83	9,49	4,8113804	0,88	1,45	0,4771429	1	13,8997
104-Jídelna	11,31	6,75	3,3511111	0,88	1,45	0,4771429	1	6,88592
105-Kuchyn	10,74	3,49	6,1547278	0,68	1,45	0,4771429	1	5,05277
106-Schodiště	5,13	2,36	4,3474576	0,88	1,45	0,39	1	2,55289
107-WC	1,76	1,1	3,2	0,88	1,45	0,5307692	1	1,19198

Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$			
Místnost	$H_{T,i}$	$\theta_{int,i}-\theta_e$	$\Phi_{T,i}$
	[W/K]	°C	[W]
	$H_{T,ie}+H_{T,iue}+H_{T,ig}+H_{T,ij}$		$H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_e)$
První patro			
101-Vstupní místnost	1,941211562	30	58,23634687
102-Chodba	-0,972061019	30	-29,16183057
103-Obývací pokoj	29,40952036	35	1029,333213
104-Jídelna	15,49486987	35	542,3204453
105-Kuchyn	13,54934373	35	474,2270305
106-Schodiště	2,929136259	30	87,87408776
107-WC	3,634101006	39	141,7299392
108-Prádelna	6,124319576	35	214,3511852
Druhé patro			
201-Pokoj	9,214098096	35	322,4934334
202-Pokoj	10,35799048	35	362,5296669
203-Chodba	-6,36390797	30	-190,9172391
204-Pokoj	11,94951247	35	418,2329363
205-Koupelna	6,134629205	39	239,250539
206-WC	5,270576395	39	205,5524794
Výsledná tepelná ztráta prostupem pro MD $\Sigma\Phi_{T,i}$			<b>3876,052233</b>

Množství vzduchu při infiltraci obvodovým pláštěm $V_{inf,i}$					
Místnost	$V_i$	$n_{50}$	$e_i$	$\epsilon_i$	$V_{inf,i}$
	[m <sup>3</sup> ]	h <sup>-1</sup>	-	-	[m <sup>3</sup> /h]
	$2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i$				
První patro					
101-Vstupní místnost	9,328	5	0,02	1	1,8656
102-Chodba	12,9055	5	0	1	0
103-Obývací pokoj	60,4995	5	0,03	1	18,14985
104-Jídelna	29,9715	5	0,03	1	8,99145
105-Kuchyn	28,461	5	0,03	1	8,5383
106-Schodiště+chodba	23,38082	5	0,02	1	4,676163
107-WC	4,664	5	0,02	1	0,9328
108-Prádelna	8,6655	5	0,02	1	1,7331
Druhé patro					
201-Pokoj	21,95624	5	0,03	1	6,58687125
202-Pokoj	21,82169	5	0,03	1	6,54650625
203-Chodba	19,1	5	0	1	0
204-Pokoj	22,13411	5	0,03	1	6,64023375
205-Koupelna	13,29996	5	0,02	1	2,6599925
206-WC	7,948109	5	0,03	1	2,38443264

Hygienické množství vzduchu $V_{\min,i}$			
Místnost	$V_i$	$n_{\min}$	$V_{\min,i}$
	$[m^3]$	$h^{-1}$	$[m^3/h]$
	$n_{\min} \cdot V_{\min}$		
První patro			
101-Vstupní místnost	9,328	0,5	4,664
102-Chodba	12,9055	0,5	6,45275
103-Obývací pokoj	60,4995	0,5	30,24975
104-Jídelna	29,9715	0,5	14,98575
105-Kuchyn	28,461	1,5	42,6915
106-Schodiště	23,38082	0,5	11,690408
107-WC	4,664	0,5	2,332
108-Prádelna	8,6655	1,5	12,99825
Druhý patro			
201-Pokoj	21,95624	0,5	10,978119
202-Pokoj	21,82169	0,5	10,910844
203-Chodba	19,1	0,5	9,55
204-Pokoj	22,13411	0,5	11,067056
205-Koupelna	13,29996	1,5	19,949944
206-WC	7,948109	0,5	3,9740544

Součinitel tepelné ztráty větráním $H_{v,i}$		
Místnost	$\dot{V}_i$	$H_{v,i}$
	$[m^3/h]$	$[W/K]$
	$\max(V_{\inf,i}; V_{\min,i})$	$0,34 \cdot \dot{V}_i$
První patro		
101-Vstupní místnost	4,664	1,58576
102-Chodba	6,45275	2,193935
103-Obývací pokoj	30,24975	10,284915
104-Jídelna	14,98575	5,095155
105-Kuchyn	42,6915	14,51511
106-Schodiště	11,6904075	3,9747386
107-WC	2,332	0,79288
108-Prádelna	12,99825	4,419405
Druhé patro		
201-Pokoj	10,97811875	3,7325604
202-Pokoj	10,91084375	3,7096869
203-Chodba	9,55	3,247
204-Pokoj	11,06705625	3,7627991
205-Koupelna	19,94994375	6,7829809
206-WC	3,9740544	1,3511785

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$			
Místnost	$\theta_{int,i}-\theta_e$	$H_{v,i}$	$\Phi_{v,i}$
	°C	[W/K]	[W]
			$H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_e)$
První patro			
101-Vstupní místnost	30	1,58576	47,5728
102-Chodba	30	2,193935	65,81805
103-Obývací pokoj	35	10,284915	359,972025
104-Jídelna	35	5,095155	178,330425
105-Kuchyn	35	14,51511	508,02885
106-Schodiště	30	3,9747386	119,2421565
107-WC	39	0,79288	30,92232
108-Prádelna	35	4,419405	154,679175
Druhé patro			
201-Pokoj	35	3,7325604	130,6396131
202-Pokoj	35	3,7096869	129,8390406
203-Chodba	30	3,247	97,41
204-Pokoj	35	3,7627991	131,6979694
205-Koupelna	39	6,7829809	264,5362541
206-WC	39	1,3511785	52,69596134
Výsledná tepelná ztráta větráním pro MD $\Sigma\Phi_{v,i}$			<b>2271,38464</b>

Zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$			
Místnost	$A_i$	$f_{RH}$	$\Phi_{RH,i}$
	[m <sup>2</sup> ]	-	[W]
			$A_i \cdot f_{RH}$
První patro			
101-Vstupní místnost	4,87	11	38,72
102-Chodba	22,83	11	53,57
103-Obývací pokoj	11,31	11	251,13
104-Jídelna	10,74	11	124,41
105-Kuchyn	5,133	11	118,14
106-Schodiště+chodba	1,76	11	56,463
107-WC	3,27	11	19,36
108-Prádelna	12,34	11	35,97
Druhé patro			
201-Pokoj	12,26	11	135,74
202-Pokoj	7,64	11	134,86
203-Chodba	12,31	11	84,04
204-Pokoj	6,77	11	135,41
205-Koupelna	3,96	11	74,47
206-WC	118,713	11	43,56
Celkový zátopový tepelný výkon MD $\Sigma\Phi_{RH,i}$			<b>1305,843</b>

Výpočet celkového tepelného výkonu				
$\Sigma\Phi_{T,i}$	$\Sigma\Phi_{V,i}$	$\Sigma\Phi_{RH,i}$	$\Phi_{HL}$	$\Phi_{HL}$
W	W	W	W	kW
			$\Sigma\Phi_{T,i}+\Sigma\Phi_{V,i}+\Sigma\Phi_{RH,i}$	
3876,052	2271,3846	1305,843	7453,279873	<b>7,463</b>