



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

ENERGY INSTITUTE

**TEPELNÉ ZTRÁTY RODINNÉHO DOMU A NÁVRHY  
OPATŘENÍ NA JEJICH ELIMINACE**

HEAT LOSS OF BUILDINGS AND PROPOSALS FOR MEASURES TO ELIMINATE THEM

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Hoang Nguyen Khac**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.**

**BRNO 2018**



## Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: Hoang Nguyen Khac  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojíního inženýrství  
Vedoucí práce: doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.  
Akademický rok: 2017/18

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:

### **Tepelné ztráty rodinného domu a návrhy opatření na jejich eliminace**

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

Náklady na elektrickou energii a vytápění jsou základními výdaji každé domácnosti, proto se vyplatí hledat možné úspory, které by se pozitivně projevíly při ekonomické bilanci. Ne všechna opatření ale jsou z dlouhodobého hlediska výhodné, jak se na první pohled zdá.

V rámci realizace bakalářské práce budou provedeny návrhy pasivních i aktivních opatření konkrétního rodinného domu, které povedou ke snížení energie potřebné pro jeho vytápění.

#### **Cíle bakalářské práce:**

- tvorba přehledu možných opatření vedoucích ke snížení energetické náročnosti
- výpočet tepelných ztrát vzorového domu
- návrhy opatření pro vzorový dům
- ekonomické posouzení návrhů

#### **Seznam doporučené literatury:**

HUMM, Othmar. Nízkoenergetické domy. Praha: Grada, 1999. Stavitel. ISBN 80-716-9657-9.

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

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

Termín odevzdání diplomové 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**

Bakalárska práca sa zaoberá výpočtom tepelných strát budov a návrhom opatrení. Práca je rozdelená na 5 častí. V prvej sa nachádzajú dôvody, prečo zatepliť budovy, postup pri výbere materiálov a ďalej sú popísané jednotlivé materiály používané na izoláciu. V druhej je popísaný modelový dom, na ktorom sa vykonáva rozbor práce. V tretej časti je postup výpočtu. Vo štvrtej sa vykonáva návrh rekonštrukcie a v poslednej piatej sa rekonštrukcia hodnotí z finančného hľadiska.

### **Kľúčové slová**

Tepelné straty, izolácia, rekonštrukcia, úspora

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with calculations of heat loss in buildings and proposals of measurements. Thesis is divided into 5 chapters. In the first one there are reasons to insulate buildings, the process of material selection and furthermore there are descriptions of each materials used as insulation materials. In the second chapter there is the description of the model house, which is analysed in the thesis. The third one is about the calculation procedure. In the fourth chapter there is the proposal of reconstruction and in the last, fifth chapter there is an evaluation of reconstruction from financial standpoint.

### **Key words**

Heat loss, insulation, reconstruction, savings

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA**

NGUYEN KHAC, H. *Tepelné straty rodinného domu a návrhy opatrenia na ich elimináciu*. Brno: Vysoké učení technické v Brne, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 48 s. Vedúci bakalárskej práce doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.

## **PREHLÁSENIE**

Prehlasujem, že som diplomovú prácu na tému Tepelné straty rodinného domu a návrhy opatrenia na ich elimináciu vypracoval(a) samostatne s použitím odbornej literatúry a prameňov, uvedených v zozname, ktoré tvoria prílohu tejto práce.

.....  
Dátum

.....  
Meno a priezvisko

## **POĎAKOVANIE**

Ďakujem týmto doc. Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za cenné pripomienky a rady, ktoré mi poskytol(a) pri vypracovaní záverečnej práce.

-----  
podpis



## Obsah

ÚVOD.....	11
1 TEPELNÁ IZOLÁCIA .....	12
1.1 IZOLAČNÉ MATERIÁLY .....	13
1.1.1 Penové materiály .....	13
1.1.2 Minerálne izolačné materiály .....	16
1.1.3 Prírodné izolačné materiály.....	17
1.1.4 Alternatívne izolačné materiály .....	20
2 SÚČASNÝ STAV DOMU .....	22
3 Výpočet tepelných strát .....	23
3.1 Klimatické údaje .....	23
3.2 Určenie každého priestoru budovy .....	24
3.3 Stavebné údaje .....	26
3.4 Tepelné straty prestupom .....	29
3.4.1 Súčiniteľ tepelnej straty priamo do vonkajšieho prostredia .....	30
3.4.2 Súčiniteľ tepelnej straty nevykurovaným priestorom .....	30
3.4.3 Súčiniteľ tepelnej straty do priľahlej zeminy .....	30
3.4.4 Súčiniteľ tepelnej straty do alebo z vykurovaných priestorov pri rôznych teplotách	31
3.5 Tepelné straty vetraním .....	32
3.5.1 Hygienické množstvo vzduchu .....	33
3.5.2 Infiltrácia obvodovým plášťom budovy.....	33
3.6 Tepelný zátopový výkon.....	34
3.7 Návrhový tepelný výkon.....	34
3.8 Ročná spotreba energie na vykurovanie .....	35
4 NÁVRH ZATEPLENIA .....	37
5 EKONOMICKÉ POSÚDENIE NÁVRHU .....	40
ZÁVĚR.....	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	42
ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A ZNAČIEK.....	44
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	46
SEZNAM TABULEK.....	47
SEZNAM PŘÍLOH .....	48



## **ÚVOD**

V dnešnej dobe je dôležité, aby sa človek v svojej domácnosti cítil príjemne. Preto je dôležité, aby sa v interiéri udržiavali ideálne teploty na tepelnú pohodu človeka. A to hlavne na Strednej Európy a teda Českej republiky, kde rozdiely medzi teplotami v zime a v lete môžu dosiahnuť až 50 °C. Novodobé konštrukcie sa týmito problémami už zaoberajú a preto sú čoraz častejšie pasívne a nízkoenergetické domy a značné množstvo materiálov použitých na výstavbu je ekologického charakteru.

Staré stavby trpiace vysokou energetickou stratou, sa tým pádom rekonštruujú. Česká republika a taktiež Európska únia majú záujem o výmenu neekologických zdrojov tepla za ekologické z dôvodu zníženia emisií a dosiahnuť tým úľavu na životné prostredie. A v mnohých prípadoch ponúkajú dotačné programy, aby ľudia čím ďalej viac zvažovali rekonštrukciu svojich obydľí.

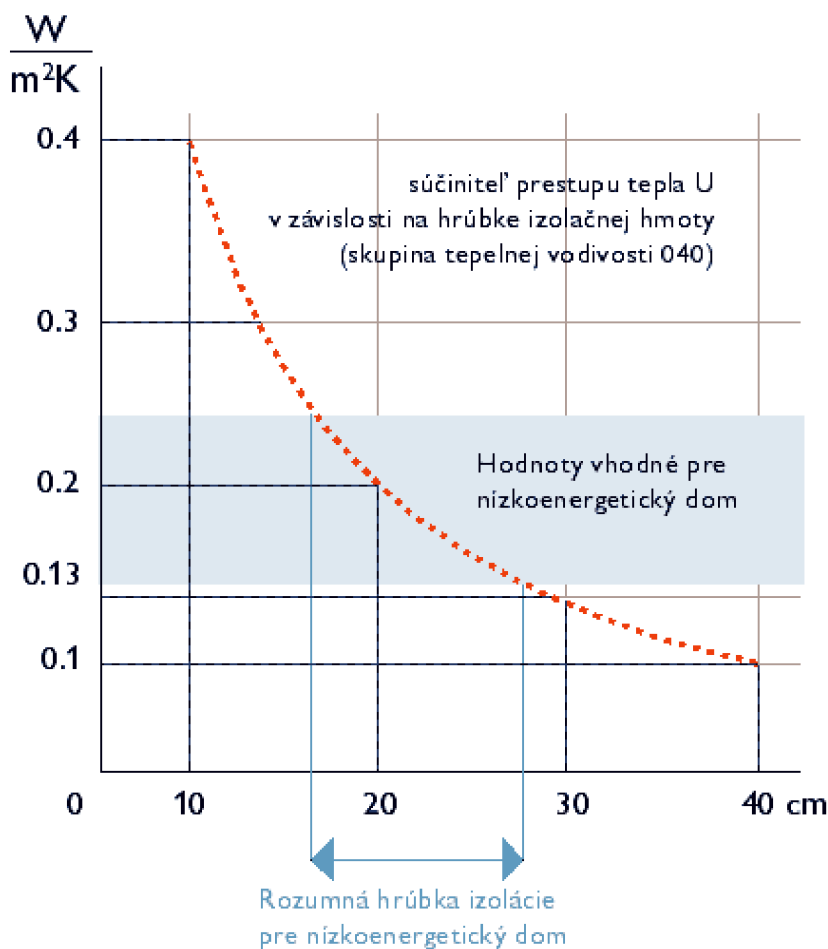
Cieľom práce je ukázať postup výberu izolačných materiálov a spraviť rešerš dostupných materiálov na dnešnom trhu. Ďalej je nutné zhodnotiť terajší stav modelového domu z hľadiska energetických strát. Vybrať možné opatrenie k rekonštrukcii a posúdiť finančnú návratnosť daného riešenia.

## 1 TEPELNÁ IZOLÁCIA

V dnešnej dobe sa odborníci nevedia dohodnúť ako by mala vyzerat' optimálna koncepcia ideálneho nízkoenergetického domu. Avšak na jednej veci sa mnohí zhodli. Najdôležitejším prvkom a taktiež aj najdôležitejším opatrením s najväčším potenciálom úspor je znižovanie strát prestupom tepla. Dobre izolovaný obvodový plášť je neoddeliteľnou súčasťou nízkoenergetického domu a nemôže byť kompenzovaný iným opatrením. [1]

Dom musí byť dobre izolovaný bez ohľadu na lokalitu. Rozdiely medzi južnou a severnou, alpskou a nížinnou oblasťou sú prekvapivo veľmi malé. Je dôležité, aby sme nezanedbali stropy nad suterénom a pod pôdnym priestorom, vnútorné steny a na výplň stavebných otvorov. Rozdiely strát tepelným prestupom na severnej a južnej fasáde nie je až tak veľký ako sa často predpokladá. V závislosti na klimatických podmienkach sa rozdiely pohybujú medzi 10-20 %. Ďalším dôležitým prvkom je akumulčná schopnosť budovy. Tá môže pozitívne ovplyvniť energetickú bilanciu stavby a to hlavne pri pasívnom využívaní slnečnej energie. [1]

Súčiniteľ prestupu tepla  $k$  nám udáva, aké množstvo tepla prestupuje  $1 \text{ m}^2$  plochy pri teplotnom spáde  $1 \text{ K}$ . Čím silnejšia je tepelno-izolačná vrstva, tým nižšia je hodnota súčiniteľa prestupu tepla a tým klesá aj tepelná strata budovy. [1]



Obr. 1.1 Súčiniteľ prestupu tepla v závislosti na hrúbke izolačnej vrstvy [1]

## 1.1 IZOLAČNÉ MATERIÁLY

V súčasnosti sa na trhu vyskytuje široká škála izolačných materiálov, ktoré disponujú rôznymi vlastnosťami. Izolačné materiály by mali spĺňať určité podmienky. Na základe týchto podmienok sa určuje vhodnosť ich použitia v konkrétnych stavebných konštrukciách. Avšak, častokrát zostáva na investorovi, pre aký výrobok sa sám rozhodne. [2]

Tepelnoizolačné vlastnosti sú najdôležitejšou vlastnosťou izolačných materiálov. Táto schopnosť sa dá číselne vyjadriť hodnotou tepelného odporu. Tepelný odpor pre danú vrstvu sa udáva podľa jej hrúbky a koeficientu tepelnej vodivosti  $\lambda$ . [2]

Ďalšou dôležitou vlastnosťou, ktorú musíme zohľadniť pri výbere izolačných materiálov je požiarna odolnosť. Pri vhodnom výbere tepelnoizolačných materiálov môžeme prispieť k zvýšeniu pasívnej požiarnej bezpečnosti stavieb. Rozumnou kombináciou materiálov možno navýšiť požiaru odolnosť stavebných konštrukcií aj o niekoľko desiatok minút. [2]

Nemenej závažným faktorom je schopnosť prepúšťať vodné pary. Cieľom je dosiahnutie optimálnej a prirodzenej klímy v stavebnej konštrukcii a to pomocou samovoľnej difúzie. Izolačný materiál s vysokou difúziou zabezpečí dokonalé odvetranie vlhkosti z interiéru. Je podstatné, aby sme udržiavali optimálnu úroveň vlhkosti v obytných priestoroch, čo znamená, že relatívna vlhkosť nesmie byť príliš vysoká, to by zapríčinilo tvorbu plesní a šírenie baktérií. A taktiež je nežiadúce, aby bola príliš nízka, dôvodom je suchý vzduch a rôzne ochorenia dýchacích ciest. Veličinou definujúcou schopnosť materiálu prepúšťať vodnú paru mechanizmom difúzie je faktor difúzneho odporu  $\mu$ . Udáva, koľkokrát viacej vodnej pary prejde za jednotku času vrstvou daného materiálu v porovnaní s rovnako hrubou vrstvou vzduchu za rovnakých podmienok. Najmenší difúzny faktor má vzduch s hodnotou 1. [2], [11]

Izolácia podlahových konštrukcií a plochých striech musí byť dostatočne pevná v tlaku a dynamicky tuhá. Pri konštrukciách šikmých striech musí byť izolačný materiál poddajný, dobre vyplňať izolovaný priestor a udržiavať tvarovú stálosť. Výrobok je nutný si zachovať svoje rozmery a konzistenciu v takej forme, v akej bol zabudovaný. Izolačný materiál nesmie meniť svoje charakteristiky ani pri pôsobení klimatických vplyvov a svoje rozmery si zachovať aj pri teplotných zmenách. [2]

Materiálovo je možné tepelné izolácie rozdeliť na penové materiály, minerálne vláknité materiály a prírodné izolačné materiály.

### 1.1.1 Penové materiály

**Expandovaný polystyrén (EPS)** je jedným z najbežnejších penových materiálov používaných v stavebníctve ako izolačný materiál. Ide o produkt polymerizácie styrénu, ktorý je následne speňovaný a narezaný do blokov. Je potrebné zaistiť samozhášavosť materiálu pridaním retardérov proti horeniu. Objemová hmotnosť bežne užívaného EPS je  $15 - 40 \text{ kg/m}^3$  a súčiniteľ tepelnej vodivosti je  $0,035 - 0,040 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . [3]

Zatiaľ najlepším typom EPS je **šedý polystyrén Neopor**. Ide o novšiu generáciu EPS, ktorá sa od bežného expandovaného polystyrénu líši nielen vzhľadom, ale predovšetkým tepelno-izolačnými vlastnosťami. Objemová hmotnosť šedého polystyrénu je okolo  $10 - 40 \text{ kg/m}^3$  a súčiniteľ tepelnej vodivosti je približne o 15 % lepší ako u bieleho  $0,030 - 0,033 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Je nutné ho inštalovať v tieni, pretože hrozí riziko popraskania fasády pod vplyvom tepelnej rozťažnosti. [4], [6]

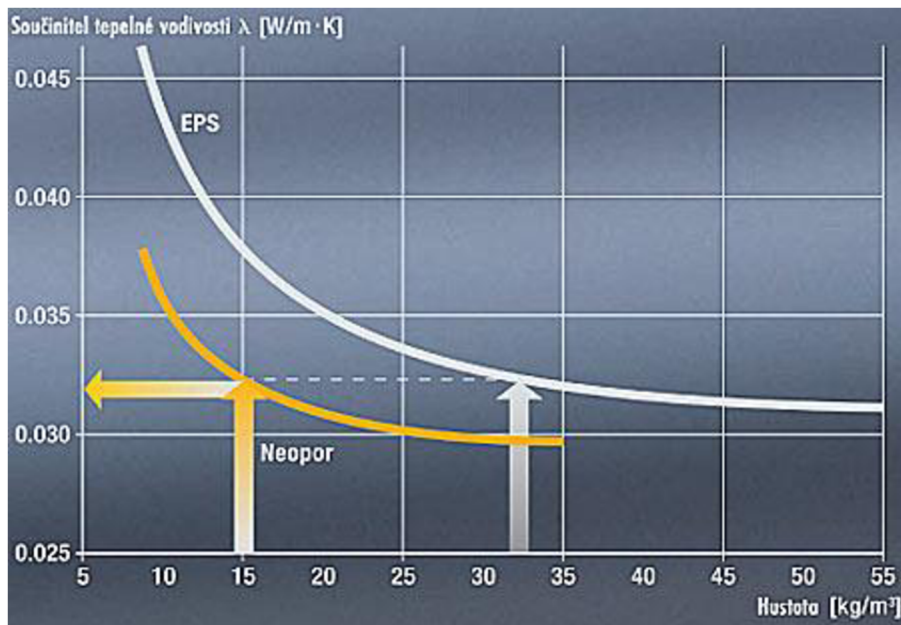


Obr. 1.2 Expandovaný polystyrén [6]



Obr. 1.3 EPS – Šedý polystyrén Neopor [13]

Výhodou expandovaného polystyrénu je relatívne nízka cena a nízka objemová hmotnosť. Na druhú stranu veľkou nevýhodou sú veľké objemové zmeny, ktoré sú zapríčinené únikom zvyškov napeňovadla. Tento jav je ešte viac zjavný vplyvom vysokých či nízkych teplôt. Vysoký difúzny odpor spôsobuje, že z konštrukcie neuniká vlhkosť z interiéru. [3]



Obr. 1.4 Porovnanie súčiniteľov tepelnej vodivosti pre EPS a Neopor [4]

Tab. 1.1 Porovnanie cien EPS a Neoporu [5]

	$\lambda$	Hrúbka	Cena za m <sup>2</sup>
<b>Isover EPS 100S</b>	0,036 W · m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	100 mm	162,00 Kč
<b>Styrotrade EPS 100F</b>	0,037 W · m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	100 mm	165,90 Kč
<b>Isover EPS Greywall</b>	0,032 W · m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	100 mm	195,84 Kč
<b>Styrotherm Plus 100</b>	0,032 W · m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	100 mm	208,00 Kč

**Extrudovaný polystyrén (XPS)** je dodávaný najčastejšie vo forme dosiek. Prvotnou surovinou pre výrobu XPS je ropa, ďalej polystyrénový granulát, ktorý sa extruduje rozpínavými

plynmi. Súčiniteľ tepelnej vodivosti pre extrudovaný polystyrén je  $0,030 - 0,038 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$  a objemová hmotnosť  $30 - 150 \text{ kg/m}^3$ . [6]

Najväčšou prednosťou extrudovaného polystyrénu je uzavretá štruktúra pórov, čo zaručuje nulovú nasiakavosť a je možné ho využiť vo vlhkom prostredí. XPS sa vyznačuje aj vysokou pevnosťou v tlaku. Najčastejšie sa teda používa v sokloch budov, v skladbách striech s obráteným poradím vrstiev, pod plošné základy. Tak ako expandovaný polystyrén je potrebné pridať retardéry horenia. Cenovo sa však výrazne líši od EPS, kvôli vyššej náročnosti vo výrobe. [3]



Obr. 1.5 Extrudovaný polystyrén – XPS [6]

**Penový polyuretán (PUR)** je ďalší z rady izolačných materiálov, ktorý sa vyrába z ropy. Jeho tepelnoizolačné vlastnosti sú veľmi priaznivé, súčiniteľ tepelnej vodivosti sa pohybuje v oblasti  $0,022 - 0,032 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Vyrába sa vo forme tuhých dosiek alebo polyuretánovej peny. Polyuretánová pena sa využíva pri dodatočnom izolovaní otvorových konštrukcií, kde sa do vzniknutého montážneho otvoru vstrekuje nenapenená látka, ktorá zreaguje s okolitým vzduchom a vyplní otvor. Penový polyuretán je náchylný na zvýšenú vlhkosť, ktorá spôsobuje dodatočné vypenenie a následnú degradáciu izolačného materiálu. V tuhom stave je izolant nenasiakavý. [2]

**Materiál PIR** je tvorený kombináciou uretánových a isokyanurátových väzieb, zatiaľ čo PUR obsahuje predovšetkým uretánové väzby. Izolácie vyrobené z tvrdej polyuretánovej peny, dnes vyrábané pod označením PIR izolácie, sú izolácie s najvyšším tepelným odporom pri minimálnej hrúbke. Tieto izolácie nahradili izoláciu PUR, ktoré obsahovali freóny. Kompozity z PUR a PIR peny sa používajú na izoláciu striech, podláh a stien. [7]

Výhodou použitia izolácie PIR sú napríklad vysoká pevnosť v tlaku, odolnosť voči ohňu, odolnosť voči nízkym i vysokým teplotám. Na druhú stranu je materiál nerecyklovateľný a je náchylný na UV žiarenie. [7]

**Penové sklo** je jedným z novších rád izolačných materiálov. Známy ako **Foamglas**. Vyrába sa vo forme štrku alebo dosiek z mletého, často recyklovaného skla, ktoré sa pomocou oxidu uhličitého napeňuje. Súčiniteľ tepelnej vodivosti je  $\lambda = 0,04 - 0,048 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Foamglas sa využíva predovšetkým v energeticky úsporných či pasívnych domoch k izolácii

spodnej stavby. Ďalšie aplikácie sú izolácie podláh alebo pojazdných a pochôdzich striech s veľmi vysokým tlakovým namáhaním. [3]

K výhodám použitia penového skla patrí parotesnosť, nenasiakavosť, nehorľavosť a veľká tlaková únosnosť. Ďalším plusom je ekologický pôvod a dlhá životnosť. Za zmienku stojí aj odolnosť voči organickým rozpúšťadlám. Širokému použitiu bráni vysoká cena. [8]

### 1.1.2 Minerálne izolačné materiály

Izolácia zo **sklenej vlny** je vyrobená z kombinácie piesku a až 80% recyklovaného skla. Výsledný tvar sklenej vlny je koberec, ktorý sa potom reže na pásy alebo dosky. Súčiniteľ tepelnej vodivosti  $0,032 - 0,05 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Je vhodná na izoláciu fasád, okien, striech, podkrovia a je odporúčanou izoláciou k zatepleniu drevodomov. [9]

Výhodou sklenej vlny je nízky difúzny odpor, čo znamená, že izolácia je vysoko paropriepustná. Je nehorľavá a má všestranné použitie. Výrazne prispieva k zníženiu vplyvu odpadového skla na životné prostredie. Odolná voči plesniam a hnilobám. Je potrebné dávať pozor na nasiakavosť, pretože tepelnoizolačné vlastnosti klesajú už pri 2% vlhkosti. Pri manipulácii so sklenenou vlnou je potrebné mať ochranný odev a pomôcky. Sklená vlna je obzvlášť nebezpečná pre oči a dýchacie cesty, kde môže zarastať v tkanive pľúc a potom je prakticky nevylúčiteľný. [8]

**Kamenná vlna** sa vyrába tavením čadiča pri vyšších teplotách ako je sklená vlna. Proces výroby je veľmi podobný. Proces zvlákňovania sa realizuje pomocou súboru rýchlo točiacich sa valcov. Vyrába sa najmä vo forme dosiek. Má vyšší bod tavenia ako sklená vlna a preto je predurčená do konštrukcií so zvýšenou požiarou odolnosťou. Súčiniteľ tepelnej vodivosti je zhruba  $0,035 - 0,042 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . [10]

Kamenná vlna sa vyznačuje relatívne vysokou pevnosťou v tlaku a pri doskách s kolmým vláknom aj v ťahu. Kamenná vlákno je kratšie a hrubšie ako sklené. Vďaka priaznivým mechanickým vlastnostiam nachádza využitie k izolácii plochých striech, fasád, podláh, vnútorných priečok alebo všade tam, kde je potrebný nehorľavý materiál. Ďalšou pozitívnou vlastnosťou je malá tepelná rozťažnosť, vďaka ktorej nehrozí ani pri vyšších teplotných zmenách popraskanie fasády. [10]



Obr. 1.6 Sklená vlna – koberec [9]



Obr. 1.7 Kamenná vlna – dosky [11]



### 1.1.3 Prírodné izolačné materiály

**Drevovláknitá izolácia** sa vyrába z krátkych jemných vlákien mäkkého dreva pri súčasnom pôsobení pary a vysokej teploty. Ďalšími surovinami pri výrobe sú spojivá na báze prírodných živíc a vodoodpudivé látky z organických produktov, ktoré zabezpečujú hydrofobizáciu dosák v hmote. Pri výrobe sa kladie veľký dôraz na ekologickosť materiálu. [12]

Príslušnými technologickými postupmi sa zhotovujú dosky rôznych hrúbok zvyčajne 6 – 100 mm, ktorých okraj môže byť rovný alebo profilovaný. Objemová hmotnosť sa pohybuje v rozmedzí 120 – 260 kg/m<sup>3</sup>. Súčiniteľ tepelnej vodivosti drevovláknitých dosák je 0,04 – 0,05 W · m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>. [12]



Obr. 1.8 Drevovláknitá izolácia [3]

V prípade tradičných stavieb sú drevovláknité dosky vhodným materiálom na konštrukciu zateplenia podkrovia a obvodových plášťov. Tradičnou a najstaršou aplikáciou dosák je ich použitie v podlahách. V súčasnosti našli dosky uplatnenie aj v interiéroch stavieb. Využívajú sa na oplášťovanie priečok a na tvorbu podhládov. Vzhľadom na menšiu náchylnosť na praskanie často nahrádzajú obklady sadrokartónovými doskami. [12]

Výhodou drevovláknitej izolácie je ekologický pôvod, vysoká tepelná kapacita, ktorá zaručí tepelnú stabilitu interiéru bez ohľadu na dynamiku vonkajších teplotných zmien. Paropriepustná a nehorľavá. Na druhú stranu obsahuje veľa prachových častí a spotrebuje veľa energie na výrobu. [8]

**Ovčia vlna** je čisto ekologická a zdravotne nezávadná tepelná a akustická izolácia. Vyrába sa vo forme mäkkých izolačných dosiek alebo izolačných rohoží. Súčiniteľ tepelnej vodivosti je zhruba 0,040 W · m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>. Izoláciou z ovčej vlny môžeme izolovať fasády, strechy, podlahy a stropy. [14]

Vlákno ovčej vlny je trvanlivé a je vhodná do rôzne tvarovaných miest a priestorov, ktorým sa vďaka pružnosti dokáže vlna prispôbiť. Izolácia z ovčej vlny dokáže priaznivo ovplyvniť optimálnu úroveň vlhkosti v interiéri. Pri nedostatku vlhkosti v interiéri ju potom dokáže opäť uvoľniť. Ovčia vlna sa dá označiť aj ako priestorový filter alebo čistička vzduchu, pretože dokáže pohlcovať a efektívne odbúravať škodliviny z interiéru. Izolácia z ovčej vlny

musí byť ošetrená látkami, ktoré zaisťujú odolnosť voči hmyzu a plesniam. Nekvalitne spracovaná ovčia vlna má nepríjemný zápach. [14]



Obr. 1.9 Izolácia z ovčej vlny [14]

Ďalšou prírodnou izoláciou je **technická konope**. Rastie oveľa rýchlejšie ako drevo a na rast nevyžaduje starostlivosť ani ošetrovanie chemickými látkami. Z vlákien sú vyrábané izolačné materiály vo forme dosiek či rúna. Pre izoláciu ťažko prístupných alebo nepravidelných miest je používaná konopná fúkaná sypká izolácia. Súčiniteľ tepelnej vodivosti je  $0,035 - 0,050 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}$ . [3]



Obr. 1.10 Konopná tepelná izolácia [15]

Konopné tepelné izolácie možno použiť vo všetkých stavbách ako ekvivalent minerálnej tepelnej izolácie. Ideálne použitie je v drevostavbách a v krovoch bežných stavieb. Vďaka húževnatosti konopného vlákna sú dostatočne pružné, po krátkodobom stlačení sa vrátia do pôvodného tvaru. Zároveň si dlhodobo udržiava svoj tvar a nedochádza k sadaniu a nevznikajú nežiadúce dutiny v miestach, kde má byť izolácia. Ďalšou skvelou vlastnosťou je schopnosť

absorbovať a následne uvoľňovať vlhkosť, čím napomáha k zdravej mikroklimu v interiéri. Na rozdiel od minerálnej izolácie nie je potrebné používať ochranné oblečenie a jej schopnosť tepelnej akumulácie je dvojnásobná. Kombinujú sa s retardéromi horenia. [15]

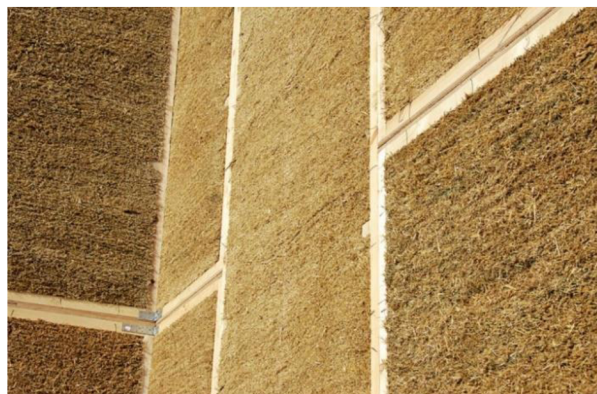
**Celulózoová tepelná izolácia** sa vyrába z čistého, triedeného novinového papiera. Základným materiálom je teda drevo. Triedený novinový papier sa natrhá na veľké kusy, zmieša sa s minerálnymi soľami a zomelie v mlyne. Minerálne soli chránia celulózu pred zamorením hmyzom, plesňami, hnilobou či ohňom. [16]

Súčiniteľ tepelnej vodivosti má hodnotu  $0,039 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Aplikuje sa fúkaním a vyplňuje aj najužšie škáry a trhliny. Chráni životné prostredie už od prvého vzniku. Pri porovnaní s inými izolačnými materiálmi je spotreba primárnej energie oveľa nižšia. V porovnaní so sklenou vatou je to o tretinu a v porovnaní s polystyrénom je to až o šestinú. Je schopná prijať a zároveň rovnomerne uvoľniť vlhkosť. [16]



Obr. 1.11 Aplikácia celulózovej izolácie [17]

Tepelnoizolačné vlastnosti preverené storočiami má ďalší materiál z rady prírodných izolácií. **Slama** má súčiniteľ tepelnej vodivosti  $0,052 - 0,080 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ , pričom závisí od uloženia vlákien, tie môžu byť uložené pozdĺžne alebo kolmo. Okrem toho je súčiniteľ ovplyvnený prúdením vzduchu vo vnútri balíku. To sa dá zamedziť pridaním pruhov papiera. Slama sa ako izolácia sa vkladá do drevenej rámovej konštrukcie alebo sa prikladá k vonkajším stenám murovaných stavieb. Najčastejšie sa používa ako izolácia stien, v niektorých prípadoch dokonca ako samostatná konštrukcia. [8]



Obr. 1.12 Slamené baly [2]

Výhodou slamenej izolácie je dostupnosť a nízka cena materiálu. Je ekologická a recyklovateľná. Existuje možnosť svojpomocnej výroby. Nevýhodou je vysoký obsah prachu pri manipulácii a vyššia prácnosť. Je náchylná na vlhkosť a musí sa zabezpečiť omietkou. [8]

**Korok** sa získava olúpaním kôry z korkového duba, ktorý má schopnosť kôru regenerovať a umožňuje jej lúpanie bez poškodenia samotného stromu. Korková izolácia sa vyrába vo forme expandovanej drviny alebo dosiek. Korkové dosky sa zhotovujú bez použitia spojív. Pri zvýšenej teplote a tlaku sa z korkových granulátov vytláča živica, čím dochádza k stlačeniu granulátov do doskovej formy. Súčiniteľ tepelnej vodivosti je  $0,035 - 0,040 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . [18]

Korkovou izoláciou môžeme zaizolovať exteriérové kontaktné a odvetrávané fasády budov, šikmé a ploché strechy vrátane pochôdných a vegetačných striech, základy stavieb a takisto aj interiér, podlahy, priečky, steny a stropy. Používa sa v ekologických nízkoenergetických stavbách, kde je potrebné vytvoriť zdravé prostredie s vlastnosťami nemenlivými pre viacero generácií. [18]



Obr. 1.13 Korková izolácia  
[18]

Medzi výhody korkovej izolácie patrí rozmerová stálosť, odolnosť voči extrémnym poveternostným podmienkam, bakteriálnym a chemickým vplyvom. Má nízky difúzny odpor, tvorí zároveň tepelnú aj akustickú izoláciu. Má širokú škálu využitia. Je ekologická a plne recyklovateľná, taktiež má dlhú životnosť. Nevýhodou je premenlivá dostupnosť. Vysokú kvalitu dosahuje z duba, ktorý sa nachádza v oblasti Pyrenejského polostrova a s tým je úzko spätá jej vysoká cena. [8]

#### 1.1.4 Alternatívne izolačné materiály

**Vákuová izolácia** sa predáva vo forme vákuovo izolačných panelov. Vnútornú štruktúru panelov tvoria častice oxidu kremičitého, zvonku je materiál uzavretý vo vzduchotesnej fólii. Fólia je mechanicky tuhá a umožňuje nám manipulovať s panelmi, avšak nemôže byť narušená, inak materiál stratí svoje izolačné schopnosti. Súčiniteľ tepelnej vodivosti je veľmi nízky oproti konvenčným materiálom a to  $0,006 - 0,008 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . [8]

Vákuové izolačné panely nachádzajú uplatnenie na plochých strechách, ale aj na terasách. Panely sa ukladajú na očistený podklad tak, aby sa vytvorila jedna rovina. To sa dá dosiahnuť napríklad ukladaním panelov v dvoch vrstvách. Na pripravenú izolačnú vrstvu sa kladú asfaltové pásy, ktorými sa vytvorí vrchná izolačná vrstva. [19]



Obr. 1.14 Vákuové izolačné panely [20]

Medzi výhody sa určite zaradzuje extrémne nízka tepelná vodivosť. Vysoká tuhosť materiálu. Tepelný odpor nezávislý od hrúbky. Na druhú stranu je vákuová izolácia pomerne drahá, je časovo náročná a nákladná na výrobu. Citlivá na mechanické porušenie a ako izoláciu vonkajšej steny ju aplikujeme výhradne z vnútra. [19]

**Expandovaný perlit** je produktom kremičitanu hlinitého, má pórovitú štruktúru a je relatívne ľahká. Jeho súčiniteľ tepelnej vodivosti sa pohybuje od  $0,040 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Ako izolant sa používa pre izoláciu podláh alebo k výrobe tepelnoizolačnej malty a omietky. [8]

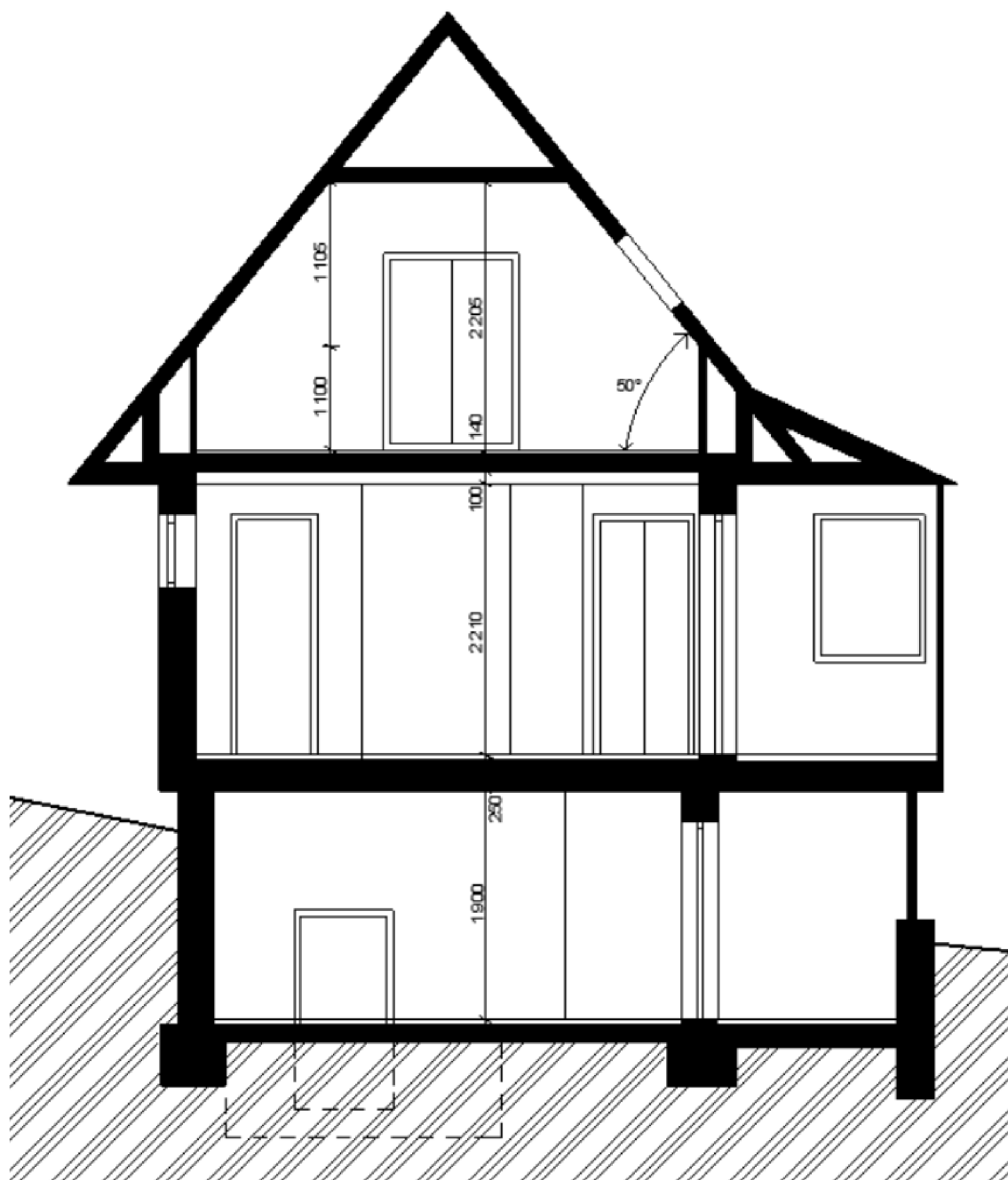


Obr. 1.15 Expandovaný perlit [2]

Perlit sa vyznačuje nehorľavosťou, odolnosťou voči vlhkosti, plesniam a mikroorganizmom, vysokou tepelnou stálosťou. Taktiež je odolný voči starnutiu. Je potrebné si dať pozor na vysokú nasiakavosť perlitu. [8]

## 2 SÚČASNÝ STAV DOMU

Jedná sa o osamelo stojaci dvojpodlažný rodinný dom s podpivničeným priestorom. Nachádza sa v mestskej časti Brno-Ivanovice v nadmorskej výške 230 m. Obvodové steny sú z porobetonu 300mm a sú zateplené penovým polystyrénom o hrúbke 50 mm. Strecha je zaizolovaná minerálnou vlnou, ktorej hrúbka je 100 mm. Druhé podlažie je ešte obalené na fasáde 15 mm vrstvou dreva. Okná sú zo smrekového dvojskla. Na prvom podlaží sa nachádza drevená veranda. Steny verandy sú z 50 mm dreva a okná sú plastové. Objekt je vykurovaný tepelným čerpadlom.



Obr. 2.1 Rez modelového domu

### 3 Výpočet tepelných strát

Pred samotným návrhom zmien pre dodatočné zateplenie je nutné spočítať tepelné straty pre daný dom. Tým sa rozumie teplo unikajúce cez obvodové steny, stropy, podlahy, okná, dvere aj priamo do vonkajšieho prostredia, prípadne do susedných miestností s rozdielnymi teplotami. K tepelným únikom dochádza prestupom a vetraním. Táto strata sa určí pre najnižšiu teplotu v zimnom období pre danú lokalitu. Z toho vyplýva, že tepelná strata sa rovná tepelnému výkonu, ktorý je treba dodať do danej miestnosti, aby bola dosiahnutá požadovaná teplota a tým aj tepelná pohoda.

Pre výpočet tepelného výkonu bola použitá metóda uvedená v norme ČSN EN 12831-1 *Energetická náročnosť budov – Výpočet tepelného výkonu – Časť 1: Tepelný výkon pre vykurovaný priestor*. Postup výpočtu je normou daný nasledujúcimi krokmi [21]:

- a) Stanovenie hodnoty výpočtovej vonkajšej teploty a priemernej ročnej vonkajšej teploty.
- b) Stanovenie stavu každého priestoru (vykurovaný alebo nevykurovaný) a hodnôt pre výpočtovú vnútornú teplotu každého vykurovaného priestoru.
- c) Stanovenie rozmerových a tepelných vlastností pre všetky stavebné časti a pre každý vykurovaný a nevykurovaný priestor
- d) Výpočet súčiniteľa návrhových tepelných strát prestupom a násobenie návrhovým rozdielom teplôt pre získanie tepelných strát prestupom vykurovaného priestoru.
- e) Výpočet súčiniteľa návrhových tepelných strát vetraním a násobenie návrhovým rozdielom teplôt pre získanie tepelných strát vetraním vykurovaného priestoru.
- f) Stanovenie celkovej navrhovanej tepelnej straty vykurovaného priestoru súčtom návrhových tepelných strát prestupom a návrhových tepelných strát vetraním.
- g) Výpočet zátopového výkonu vykurovaného priestoru, napríklad dodatočný výkon potrebný pre vyrovnanie účinkov prerušovaného kúrenia.
- h) Stanovenie návrhového celkového tepelného výkonu súčtom celkových návrhových tepelných strát a zátopového výkonu.

#### 3.1 Klimatické údaje

Pod klimatickými údajmi sa rozumie, výpočtová vonkajšia teplota a priemerná ročná vonkajšia teplota vzduchu. Vonkajšiu výpočtovú teplotu volím z obr. 3.1 a priemerná ročná vonkajšia teplota vzduchu je braná pre Brno (stanovená z ČSN EN 12831-1 – Tabuľka NA.1).



Obr. 3.1 Teplotná mapa oblasti ČR [22]

Popis obr. 3.1:

- Oranžová - teplá klimatická oblasť (-12°C),
- Žltá – stredná klimatická oblasť (-15°C),
- Modrá – studená klimatická oblasť (-18°C).

Tab. 3.1 Určené teploty

Klimatické údaje	Označenie	Jednotka	Hodnota
Návrhová výpočtová vonkajšia teplota	$\theta_e$	°C	-12
Priemerná vonkajšia teplota počas vykurovacieho obdobia	$\theta_{m,e}$	°C	5

### 3.2 Určenie každého priestoru budovy

Norma rozdeľuje priestory budovy na vykurované a nevykurované. Pre vykurované priestory sa určuje vnútorná výpočtová teplota a pre nevykurované miestnosti sa určuje navyše teplotný redukčný koeficient  $b_u$ . Vnútorné výpočtové teploty vykurovaných priestorov boli určené pomocou tabuľky NA.2 normy ČSN EN 12831-1. Vnútorné výpočtové teploty nevykurovaných priestorov boli určené pomocou Tab. 3.4 Teplota v susedných nevykurovaných miestnostiach [23]. Teplotný redukčný súčiniteľ  $b_u$  je bezrozmerná veličina, opisujúca teplotný rozdiel medzi vykurovanou a nevykurovanou miestnosťou. Je možné ho určiť jedným z troch nasledujúcich postupov [21]:

- a) Ak je teplota nevykurovaného priestoru  $\theta_u$  stanovená alebo navrhnutá podľa návrhových podmienok, je  $b_u$ :

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (3.1)$$



b) Ak je  $\theta_u$  neznámou, tak  $b_u$ :

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}, \quad (3.2)$$

kde:

$H_{iu}$  je súčiniteľ tepelnej straty medzi vykurovaným priestorom (i) a nevykurovaným priestorom (u), pričom sa zohľadňuje :

- Tepelné straty prestupom (z vykurovaného priestoru do nevykurovaného priestoru).
- Tepelné straty vetraním (výmena vzduchu medzi vykurovaným a nevykurovaným priestorom).

$H_{ue}$  je súčiniteľ tepelnej straty z nevykurovaného priestoru (u) do vonkajšieho prostredia (e), pričom sa zohľadňuje:

- Tepelné straty prestupom (do vonkajšieho prostredia a do priľahlej zeminy).
  - Tepelné straty vetraním (medzi nevykurovaným a vonkajším prostredím).
- c) Redukčný činiteľ  $b_u$  sa pre každý prípad stanoví v národnej prílohe k danej norme, odčítané z tabuľky D. 4 normy ČSN EN 12831-1 [21].

Pre ďalší postup bol braný teplotný redukčný činiteľ podľa bodu c). Jednotlivé výpočtové vnútorné teploty a redukčné činitele sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tab. 3.2 Určenie teplôt jednotlivých izieb

Údaje o vykurovaných miestnostiach		
Označenie miestností	Výpočtová vnútorná teplota	-
	$\theta_{int,i}$	-
	°C	-
101 - Schodisko	22	-
102 – Kuchyňa	22	-
103 – Kúpeľňa	24	-
104 - Chodba	20	-
201 – Malá izba	22	-
202 – Veľká Izba	22	-
203 – WC	22	-
204 - chodba	22	-
Údaje o nevykurovaných miestnostiach		
Označení miestností	Teplota	b-hodnota
	$\theta_u$	$b_u$
	°C	na jednotku
S1 – Kotelňa	12	0,4
S2 – Sklad	12	0,4
105 – Špajza	15	0,5
106 – Veranda	??	0,8
301 – Pôda	-6	0,9

### 3.3 Stavebné údaje

Ďalej je potrebné určiť súčinitele prestupu tepla pre jednotlivé steny. K ich určeniu je nutné poznať ďalšiu dôležitú veličinu, tepelnú vodivosť. A to pre jednotlivé vrstvy konštrukcie.

Tepelnú vodivosť charakterizuje súčiniteľ tepelnej vodivosti – merná tepelná vodivosť. Je definovaná ako množstvo tepla, ktoré musí za jednotku času prejsť telesom, aby na dĺžku 1 m bol teplotný spád 1 K. Pritom sa predpokladá, že sa teplo šíri len v jednom smere. Je to fyzikálna vlastnosť materiálu, jeho schopnosť viesť teplo. Čím väčšiu vodivosť teleso má, tým menší odpor kladie proti prenosu tepla z jednej strany na druhú. [24]

Súčiniteľ tepelnej vodivosti je daný vzťahom:

$$\lambda = \frac{\vec{q}}{-\text{grad } T}, \quad (3.3)$$

kde:  $q$  je vektor hustoty ustáleného tepelného toku zdieľaného vedením, prúdiaceho rovnomerným izotropným materiálom

$\text{grad } T$  je gradient teploty. [24]

Hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti pre jednotlivé materiály použité pri stavbe domu boli určené pomocou tabuliek dostupných na internete.

Tab. 3.3 Hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti stavebných materiálov

Kód stavebného materiálu	Popis	$\lambda \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$
1	Polystyrén	0,051
1/a	EPS 100S	0,036
2	Pórobetón	0,087
3	Tvrde smrekové drevo	0,150
4	Mäkké smrekové drevo	0,410
5	Omietka	0,880
6	Fasáda	1,160
7	Podkladový betón	1,300
8	Žula	3,700
9	Minerálna Vlna	0,042
10	Podlahová Izolácia	0,036
11	Keramická dlažba	0,150
12	Laminát	0,110
13	Strešná krytina	0,025
14	Cementový poter	1,400

Vďaka znalosti súčiniteľov tepelnej vodivosti je možné určiť tepelný odpor daného materiálu. Udáva mieru odporu materiálu proti prenikaniu tepla. Čím vyšší tepelný odpor, tým sú lepšie izolačné vlastnosti materiálu.

Pre rovinnú stenu sa tepelný odpor vedením vypočíta zo vzťahu:

$$R_i = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i}, \quad (3.4)$$

a tepelný odpor prúdením zo vzťahu:

$$R = \frac{1}{\alpha}, \quad (3.5)$$

kde:  $d_i$  je hrúbka danej vrstvy materiálu,  
 $\lambda_i$  je súčiniteľ tepelnej vodivosti,  
 $\alpha$  je súčiniteľ prestupu tepla.

Súčiniteľ prestupu tepla vyjadruje, množstvo tepla, ktoré unikne konštrukciou o ploche 1 m<sup>2</sup>, ak rozdiel teplôt je 1 K. Jedná sa o prevrátenú hodnotu súčtov jednotlivých tepelných odporov kondukcie a konvekcie. Pre prípad rovinatej steny je daný vzťahom [32]:

$$U_k = \frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se}}, \quad (3.6)$$

kde:  $R_c$  je celkový odpor konštrukcie pri prestupe tepla,  
 $R_{si}$  je odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie, vzatý z ČSN 73 0540-3, tabuľka J.1 [26],  
 $R_{se}$  je odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie, vzatý z ČSN 73 0540-3, tabuľka J.1 [26].

Konkrétne hodnoty odporov pri prestupe tepla na vnútornej/vonkajšej strane konštrukcie sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tab. 3.4 Odpor pri prestupe tepla

Kód stavebného materiálu	Popis	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ $R_{si}, R_{se}$ [—]
21	Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane (vodorovný tepelný tok)	0,13
22	Odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane (vodorovný tepelný tok)	0,04
23	Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane (tepelný tok smerom hore)	0,10
24	Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane (tepelný tok smerom dole)	0,17

Súčinitele prestupu tepla jednotlivými časťami konštrukcie boli vypočítané pomocou programu Microsoft Excel a sú uvedené v prílohe B. V nasledujúcej tabuľke je uvedený príklad výpočtu súčiniteľa prestupu tepla pre vonkajšiu obvodovú stenu.

Tab. 3.5 Výsledky výpočtu súčiniteľa prestupu tepla vonkajšej obvodovej steny

Označenie		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavebná časť	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Označenie stavebnej časti						
kód stavebnej časti	kód	Názov vnútornej laminárnej vrstvy			$R_{si}$	
	kód	Názov materiálu	$d_1$	$\lambda_1$	$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}$	
	...	...				
	kód	Názov materiálu	$d_n$	$\lambda_n$	$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n}$	
	kód	Názov vonkajšej laminárnej vrstvy			$R_{se}$	
	Celková hrúbka a $U_k$		$\sum d_i$		$\sum R_i$	
Vonkajšia obvodá stena - 1.NP						
2.a	13	Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane			0,130	
	1	Polystyrén	0,050	0,051	0,980	
	2	Porobetón	0,300	0,087	3,448	
	5	Omietka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	6	Fasáda	0,015	1,160	0,013	
	14	Odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane			0,040	
	Celková hrúbka a $U_k$		0,380		4,629	

### 3.4 Tepelné straty prestupom

Ďalšia kapitola sa zameriava výpočtom jednotlivých tepelných strát. Tieto tepelné straty boli vypočítané bez tepelných mostov, keďže by tieto výpočty boli náročné a nad rámec bakalárskej práce.

Návrhová tepelná strata prestupom tepla  $\Phi_{T,i}$  sa pre vykurovaný priestor (i) vypočíta z rovnice [21]:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (3.7)$$

- kde:
- $H_{T,ie}$  je súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru (i) do vonkajšieho prostredia (e) plášťom budovy,
  - $H_{T,iue}$  je súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru (i) do vonkajšieho prostredia (e) nevykurovaným priestorom (u),
  - $H_{T,ig}$  je súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného (i) do zemin (g),
  - $H_{T,ij}$  je súčiniteľ tepelnej straty z vykurovaného priestoru (i) do susedného priestoru (j) vykurovaného na výrazne inú teplotu.

**3.4.1 Súčiniteľ tepelnej straty priamo do vonkajšieho prostredia**

Súčiniteľ tepelnej straty z vykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredia  $H_{T,ie}$  zahrňuje všetky stavebné časti, ktoré oddeľujú vykurovaný priestor od vonkajšieho prostredia, ako sú steny, podlaha, strop, dvere, okná. Vypočíta sa z rovnice:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k, \quad (3.8)$$

kde:  $A_k$  je plocha stavebnej časti,  
 $U_k$  je súčiniteľ prestupu tepla stavebnej časti,  
 $e_k$ , je korekčný činiteľ vystavenia poveternostným vplyvom pri uvažovaní klimatických vplyvov, bola použitá základná hodnota  $e_k = 1$  uvedená v prílohe D.4.1 normy ČSN EN 12831 -1 [21].

**3.4.2 Súčiniteľ tepelnej straty nevykurovaným priestorom**

Ak je medzi vykurovaným priestorom a vonkajším prostredím nevykurovaný priestor, návrhový súčiniteľ tepelnej straty prestupom tepla  $H_{T,iue}$  z vykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredia sa vypočíta ako:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u, \quad (3.9)$$

kde:  $b_u$  je teplotný redukčný činiteľ zahrňujúci teplotný rozdiel medzi vykurovaným priestorom a vonkajším prostredím. Jeho hodnoty sú uvedené v Tabuľke 3.2.

**3.4.3 Súčiniteľ tepelnej straty do priľahlej zeminy**

Tepelné straty podlahami, základovými stenami a priamym alebo nepriamym stykom s priľahlou zemínou závisí na viacerých činiteľoch. Zahrňujú plochu a obvod podlahovej dosky, hĺbku podzemného podlažia pod úrovňou zeminou a tepelnej vlastnosti zeminou.

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w, \quad (3.10)$$

kde:  $f_{g1}$  je korekčný činiteľ zohľadňujúci vplyv ročných zmien teploty. Bola použitá základná hodnota uvedená v prílohe D.4.3 normy ČSN EN 12831-1 [21], kde  $f_{g1} = 1,45$ ,  
 $f_{g2}$  je teplotný redukčný činiteľ zohľadňujúci rozdiel medzi ročnou priemernou vonkajšou teplotou a výpočtovou vonkajšou teplotou. Stanoví sa:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad (3.11)$$

$G_w$  je korekčný činiteľ zohľadňujúci vplyv spodnej vody. Tento vplyv sa musí uvažovať, ak vzdialenosť medzi predpokladanou vodnou hladinou spodnej vody a úrovňou podlahy podzemného podlažia menšia než 1 m. Inak sa volí  $G_w = 1$ .  
 $U_{equiv,k}$  je ekvivalentný súčiniteľ prestupu tepla stavebnej časti, stanovený podľa typológie podlahy. Tento súčiniteľ bol určený z tabuliek 4 až 7 normy ČSN EN 12831-1 [21]. K jeho určeniu potrebujeme zistiť charakteristický parameter  $B'$ .

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P'}, \quad (3.12)$$

$A_g$  je plocha uvažovanej podlahovej konštrukcie,

$P$  je obvod uvažovanej podlahovej konštrukcie.

Problémom tejto normy je aplikovateľnosť výpočtovej metódy len na jednoduchom príklade podláh na zemine. Ďalším problémom je určenie  $U_{equiv,k}$  pre steny a podlahy pri rôznych hĺbkach pod úrovňou terénu, napríklad pri čiastočnom podpivničení. [34] Preto boli pri výpočte zavedené určité predpoklady a zjednodušenia.

#### 3.4.4 Súčiniteľ tepelnej straty do alebo z vykurovaných priestorov pri rôznych teplotách

Tento súčiniteľ vyjadruje tok tepla prestupom z vykurovaného priestoru do susedného vykurovaného priestoru na výrazne odlišnú teplotu. Platí:

$$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \quad (3.13)$$

kde:  $f_{ij}$  je redukčný teplotný činiteľ. Činiteľ koriguje teplotný rozdiel medzi teplotou susedného priestoru a vonkajšou výpočtovou teplotou. Platí rovnica:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vykurovaného\ susedného\ priestoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e}. \quad (3.14)$$

Tab. 3.6 Výpočet tepelných strát prestupom pre schodisko

101 - Schodisko						
Tepelné straty priamo do vonkajšieho prostredia						
Kód	Stavebná časť	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [ $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ ]	$e_k$ [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2.a	Vonkajšia obvodová stena 1.NP	29,51	0,216	1	6,374	
31	3x Okno - smrekové dvojsklo	0,840	1,300	1	1,092	
4.a	Podlaha	3,070	0,791	1	2,428	
5.a	Strecha	3,070	0,315	1	0,967	
$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k [\frac{W}{K}]$						10,862
Tepelné straty cez nevykurované priestory						
Kód	Stavebná časť	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [ $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ ]	$b_u$ [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u [\frac{W}{K}]$						0,000
$H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue}) [\frac{W}{K}]$						10,862
Teplotné údaje						
Vonkajšia výpočtová teplota $\theta_e$						-12
Vnútorá výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						22
Rozdiel teplôt ( $\theta_{int,i} - \theta_e$ )						34
Návrhová tepelná strata prestupom: $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						369,294

### 3.5 Tepelné straty vetraním

Návrhová tepelná strata vetraním  $\Phi_{V,i}$ , pre vykurovaný priestor (i) sa vypočíta podľa nasledujúcej rovnice:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (3.15)$$

kde:  $H_{V,i}$  je súčiniteľ návrhovej tepelnej straty vetraním, ktorý sa určí pri uvažovaní konštantnej hustoty a mernej tepelnej kapacity za konštantného tlaku nasledujúcim vzťahom:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad (3.16)$$

kde:  $\dot{V}_i$  je výmena vzduchu.



Výpočtový postup pre stanovenie výmeny vzduchu  $\dot{V}_i$  závisí na spôsobe vetrania, či sa jedná o prirodzené vetranie alebo je v uvažovanom dome nainštalovaná vetracia sústava.

Pre zadaný dom predpokladáme vetranie prirodzené, čo znamená, že privádzaný vzduch má rovnaké tepelné vlastnosti ako vzduch vonkajší. Tepelná strata je úmerná rozdielu teplôt vnútornej výpočtovej teploty a vonkajšej teploty. Hodnota výmeny vzduchu je maximum výmeny vzduchu infiltráciou škárami a stykom obvodového plášťa budovy a minimálna výmena vzduchu požadovaná z hygienických dôvodov. Výpočtový vzťah:

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}), \quad (3.17)$$

kde:  $\dot{V}_{inf,i}$  je výmena vzduchu infiltráciou škárami a stykom obvodového plášťa budovy,  
 $\dot{V}_{min,i}$  je hygienické množstvo vzduchu.

### 3.5.1 Hygienické množstvo vzduchu

Z hygienických dôvodov sa vyžaduje minimálna výmena vzduchu, ktorá sa stanoví z:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i, \quad (3.18)$$

kde:  $n_{min}$  je minimálna intenzita výmeny vonkajšieho vzduchu, odčítaná z tabuľky D.6 normy ČSN EN 12831-1 [21],  
 $V_i$  je objem vykurovanej miestnosti (i) vypočítaný z vnútorných rozmerov.

### 3.5.2 Infiltrácia obvodovým plášťom budovy

Množstvo vzduchu infiltráciou vykurovaného priestoru spôsobeného vetrom a účinkom vztlaku na plášť budovy sa vypočíta ako:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i, \quad (3.19)$$

kde:  $n_{50}$  je intenzita výmeny vzduchu za hodinu pri rozdiely tlakov 50 Pa medzi vnútrajškom a vonkajškom budovy a zahrňujúci účinky prívodu vzduchu, odčítané z tabuľky D.7 normy ČSN EN 12831-1 [21],  
 $e_i$  je tieniaci činiteľ, odčítané z tabuľky D.8 normy ČSN EN 12831-1 [21],  
 $\varepsilon_i$  je výškový korekčný činiteľ, ktorý zohľadňuje zvýšenie rýchlosti prúdenia vzduchu s výškou priestoru nad povrchom zeme, odčítané z tabuľky D.9 normy ČSN EN 12831-1 [21].

Tab. 3.7 Tepelné straty vetraním

Označenie miestnosti	Objem miestnosti $V_i$	Výpočtová vonkajšia teplota $\theta_e$	Výpočtová vnútorná teplota $\theta_{int,i}$	Najmenšie hygienické požiadavky		Množstvo vzduchu infiltráciou					Výpočet tepelnej straty vetraním			
				Najmenšia hygienická intenzita výmeny vzduchu $n_{min,i}$	Najmenšie hygienické množstvo vzduchu $V_{min,i} = n_{min,i} \cdot V_i$	Nechránené otvory	Intenzita výmeny vzduchu pri 50 Pa $n_{50}$	Koefficient zatečenia $e$	Výškový koeficient $\varepsilon$	Množstvo vzduchu infiltráciou $V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon$	Zvolená výpočtová hodnota $V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i})$	Návrhový súčiniteľ tepelnej straty $H_{r,i} = 0,34 \cdot V_i$	Teplotný rozdiel $\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná strata vetraním $\Phi_{v,i} = H_{r,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$
101 - Schodisko	14,552	-12	22	0,5	7,276	2,00	6,00	0,03	1,00	5,239	7,276	2,474	34	84,109

Celá tabuľka sa nachádza v prílohe E.

### 3.6 Tepelný zátopový výkon

Pri určitých predpokladoch sa pre obytné budovy môže použiť zjednodušená výpočtová metóda. Medzi tieto predpoklady patrí:

- Nejedná sa o ľahkú stavebnú konštrukciu (napr. drevená trámová konštrukcia).
- Doba útlmu je maximálne 8 hodín (v prípade nočného útlmu).

Potom sa zátopový tepelný výkon požadovaný pre nahradenie účinkov prerušovaného vykurovania vo vykurovanom priestore vypočíta podľa:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}, \quad (3.20)$$

kde:  $A_i$  je podlahová plocha vykurovaného priestoru,  
 $f_{RH}$  je korekčný činiteľ závislý na dobe zátopu a predpokladanom poklese vnútornej teploty v útlmovej dobe, odčítané z tabuľky D.10b normy ČSN EN 12831-1 [21].

Tab. 3.8 Výpočet tepelného zátopového výkonu

Označenie miestností	Zátopový súčiniteľ	Podlahová plocha	Zátopový výkon
	$f_{RH} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$	$A_i [m^2]$	$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} [W]$
101 - Schodisko	9,00	3,070	27,630
102 - Kuchyňa		22,320	200,880
103 - Kúpeľňa		4,400	39,600
104 - Chodba		1,800	16,200
201 - Veľká izba		12,136	109,224
202 - Malá izba		11,463	103,167
203 - WC		1,337	12,033
204 - Chodba II		2,960	26,640
Celkový zátopový výkon [W]			535,374

### 3.7 Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon sa stanoví súčtom tepelných strát prestupom, vetraním, tepelného zátopového výkonu.

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad (3.21)$$

Tab. 3.9 Celkový tepelný výkon

Označenie miestností	Tepelný výkon pre tepelné straty prestupom	Tepelný výkon pre straty vetraním	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{T,i} [W]$	$\Phi_{V,i} [W]$	$\Phi_{RH,i} [W]$	$\Phi_{HL,i} [W]$
101 - Schodisko	369,294	84,109	27,630	481,033
102 - Kuchyňa	659,677	870,815	200,880	1731,372
103 - Kúpeľňa	217,619	181,764	39,600	438,983
104 - Chodba	149,994	22,032	16,200	188,226
201 - Veľká izba	366,550	137,183	109,224	612,957
202 - Malá izba	325,849	130,420	103,167	559,436
203 - WC	32,840	67,557	12,033	112,430
204 - Chodba II	35,910	28,796	26,640	91,346
Celkom	2157,733	1522,676	535,374	4215,783

### 3.8 Ročná spotreba energie na vykurovanie

Pomocou výpočtu ročnej spotreby energie na vykurovanie sa určia náklady na vykurovanie. Ročná spotreba bola vypočítaná zo vzorca [28]:

$$Q_{VYK,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot \Phi_{HL,i} \cdot D}{\theta_{m,int} - \theta_e} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (3.22)$$

kde:  $\varepsilon$  je opravný súčiniteľ. Pre stavby stredné s krátkymi vykurovacími prestávkami (nočný útlm) alebo pre stavby ťažké bez vykurovacích prestávok sa volí hodnota  $\varepsilon = 0,75$ ,  
 $\eta_o$  je účinnosť obsluhy, resp. možnosti regulácie sústavy. Volí sa v rozmedzí 0,9 pre kotolňu na pevné palivo bez rozdelenia kotolne na sekcie až po 1,0 pre plynovú kotolňu s vykurovacou sústavou rozdelenou do sekcií, pre náš prípad bol zvolená  $\eta_o = 0,95$ ,  
 $\eta_r$  je účinnosť rozvodu vykurovania. Volí sa v rozmedzí 0,95 až 0,98 podľa prevedenia. Pre náš prípad  $\eta_r = 0,96$ ,

$D$  sú vykurovacie dennostupne, vypočítane zo vzťahu:

$$D = d \cdot (\theta_{m,int} - \theta_{m,e}), \quad (3.23)$$

kde:  $d$  je dĺžka vykurovacieho obdobia,  $d=222$  dní

$\theta_{m,int}$  je priemerná vnútorná teplota, pre obytné budovy uvažujeme 18,2 až 19,1 °C. Zvolím  $\theta_{m,int} = 19$  °C.

Po dosadení hodnôt do vzorca 3.22 bola vyčíslená hodnota ročnej spotreby energie na vykurovanie  $Q_{VYK,r} = 30$  GJ/rok, táto hodnota bola prepočítaná na 8,3 MWh/rok.

<b>Lokalita (Tabulka)</b> <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ }^{\circ}\text{C} ???$			
Město	Brno	Délka topného období	$d = 222$ [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e$	$-12\text{ }^{\circ}\text{C}$	Prům. teplota během otopného období	$t_{es} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b>		<input type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b>	
Teplná ztráta objektu	$Q_C = 4,215\text{ kW}$	$t_1 = -\text{ }^{\circ}\text{C} ???$	$\rho = -\text{ kg/m}^3 ???$
Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is}$	$19\text{ }^{\circ}\text{C} ???$	$t_2 = -\text{ }^{\circ}\text{C} ???$	$c = -\text{ J/kgK} ???$
Vytápěcí denostupně	$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3108\text{ K.dny}$	$V_{2p} = -\text{ m}^3/\text{den} ???$	Koeficient energetických ztrát systému $z = -\text{ } ???$
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
$e_i = 0.85 ???$	$\eta_o = 0.95 ???$	$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7\text{ kWh}$	
$e_t = 0.90 ???$	$\eta_r = 0.96 ???$	Teplota studené vody v létě	$t_{svl} = -\text{ }^{\circ}\text{C}$
$e_d = 1.00 ???$		Teplota studené vody v zimě	$t_{svz} = -\text{ }^{\circ}\text{C}$
Opravný součinitel $\varepsilon ???$		Počet pracovních dní soustavy v roce	$N = -\text{ [dny]}$
<input type="radio"/> $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$	
<input checked="" type="radio"/> $\varepsilon = 0.75$		$Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 0\text{ GJ/rok} \\ 0\text{ MWh/rok} \end{array} \right)$	
$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$			
$Q_{VYT,r} = \left( \begin{array}{l} 30\text{ GJ/rok} \\ 8.3\text{ MWh/rok} \end{array} \right)$			
<b>Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody</b>			
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 30\text{ GJ/rok} \\ 8.3\text{ MWh/rok} \end{array} \right)$			

Obr. 3.2 Nastavenie webového kalkulátoru pre výpočet spotreby tepelnej energie [28]

Pred výpočtom ročnej spotreby je nutné určiť priemernú sezónnu účinnosť tepelného čerpadla. Tá sa vyhodnotila z [31]. Ďalej sa tepelná energia prepočítala pre danú účinnosť.

$$\frac{8300}{0,88} = 9431,82\text{ kWh/rok.}$$

Pri uvažovaní priemernej ceny elektriny za predošlé vykurovacie obdobie 3,6 Kč za 1 kWh (uvedená cena je s 21 % DPH).

$$9431,82 \cdot 3,6 = 33955\text{ Kč/rok.}$$

#### 4 NÁVRH ZATEPLENIA

Navrhované zateplenie činí pridanie 100 mm vrstvy polystyrénu. Plocha zateplenia je  $94,85 \text{ m}^2$ . Na [29] sa zvolila izolácia od Isoveru, EPS 100S a vápenno-cementová fasáda od Baumitu, MPA 35. Celková cena materiálov vrátane DPH je 16270 Kč. K tomu bola vyčíslená cena práce podľa cenníka na [30], ktorá vyšla na 26125 Kč. Z toho celková cena na rekonštrukciu vychádza na **42395Kč**.

Tab. 4.1 Súčiniteľ prestupu tepla pre obvodovú stenu pred a po rekonštrukcii

2.a	Vonkajšia obvodá stena - 1.NP					
	13	Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	1	Polystyrén	0,050	0,051	0,980	
	2	Porobetón	0,300	0,087	3,448	
	5	Omietka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	6	Fasáda	0,015	1,160	0,013	
	14	Odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková hrúbka a $U_k$		0,380		4,629	0,216	
2.a	Vonkajšia obvodá stena - 1.NP					
	13	Odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	1	Polystyrén	0,050	0,051	0,980	
	1/a	Nová vrstva EPS 100	0,100	0,036	2,778	
	2	Porobetón	0,300	0,087	3,448	
	5	Omietka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	6	Fasáda	0,015	0,500	0,030	
	14	Odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková hrúbka a $U_k$		0,480		7,423	0,135	

V prílohe F sa nachádza tabuľka so všetkými porovnaniami

Riešenie zahŕňa len rekonštrukciu vonkajších obvodových stien na vykurovaných poschodiach. Pridala sa vrstva polystyrénu medzi obvodovú stenu a stenou verandy, ktorá je nevykurovaná, čím sa znížili straty a je to ekonomickejšie riešenie ako zaizolovať celú verandu. Porovnanie teplotných strát pre jednotlivé miestnosti a celkový tepelný výkon sa nachádzajú v Tab. 4.2 a 4.3.

Tab. 4.2 Porovnanie teplotných strát prestupom pred a po zateplení

Označenie miestnosti	Tepelný výkon pre tepelné straty prestupom pred rekonštrukciou	Tepelný výkon pre tepelné straty prestupom po rekonštrukcii
	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{T,i}$ [W]
101 - Schodisko	369,294	288,023
102 - Kuchyňa	659,677	598,384
103 - Kúpeľňa	217,619	185,569
104 - Chodba	149,994	144,495
201 - Veľká izba	366,550	343,786
202 - Malá izba	325,849	303,085
203 - WC	32,840	32,840
204 - Chodba II	35,910	35,910
Celkom	2157,733	1932,092

Tepelné straty prestupom sa znížili o 10,46 %. Keďže tepelné straty vetraním a zátopový výkon zostali nezmenené celkové hodnoty tepelného výkonu sa znížili o 5,4 %. Hodnoty sa nachádzajú v tabuľke 4.3

Tab. 4.3 Porovnanie tepelných výkonov pred a po zateplení

Označenie miestnosti	Tepelný výkon pre tepelné straty prestupom	Tepelný výkon pre straty vetraním	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
Celkom pred zateplením	2157,733	1522,676	535,374	4215,783
Celkom po zateplení	1932,092	1522,676	535,374	3990,142

Pre tieto hodnoty sa stanovil nový webový kalkulačtor z [28] a vypočítali sa príslušné ročné hodnoty spotreby.

<b>Lokalita</b> (Tabulka)		<input checked="" type="radio"/> tem = 12 °C <input type="radio"/> tem = 13 °C <input type="radio"/> tem = 15 °C ???	
Město	Brno	Délka topného období	d = 222 [dny]
Venkovní výpočtová teplota te	= -12 °C	Prům. teplota během otopného období	tes = 5 °C
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b>		<input type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b>	
Tepelná ztráta objektu	Qc = 3,990 kW	t1 = - °C	ρ = - kg/m <sup>3</sup> ???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota tis	= 19 °C ???	t2 = - °C	c = - J/kgK ???
Vytápěcí denostupně	D = d · (tis - tes) = 3108 K.dny	V2p = - m <sup>3</sup> /den	???
Opravné součinitele a účinnosti systému		Koeficient energetických ztrát systému z = - ???	
ei = 0.85 ???	ηo = 0.95 ???	Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
et = 0.90 ???	ηr = 0.96 ???	$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7 \text{ kWh}$	
ed = 1.00 ???		Teplota studené vody v létě	tsvl = - °C
Opravný součinitel ε ???		Teplota studené vody v zimě	tsvz = - °C
<input type="radio"/> ε = ei · et · ed = 0.765		Počet pracovních dní soustavy v roce	N = - [dny]
<input checked="" type="radio"/> ε = 0.75		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$	
$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$		$Q_{TUV,r} = \begin{pmatrix} 0 \text{ GJ/rok} \\ 0 \text{ MWh/rok} \end{pmatrix}$	
$Q_{VYT,r} = \begin{pmatrix} 28.4 \text{ GJ/rok} \\ 7.9 \text{ MWh/rok} \end{pmatrix}$			
<b>Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody</b>			
<b>28.4 GJ/rok</b> $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \begin{pmatrix} 28.4 \text{ GJ/rok} \\ 7.9 \text{ MWh/rok} \end{pmatrix}$			

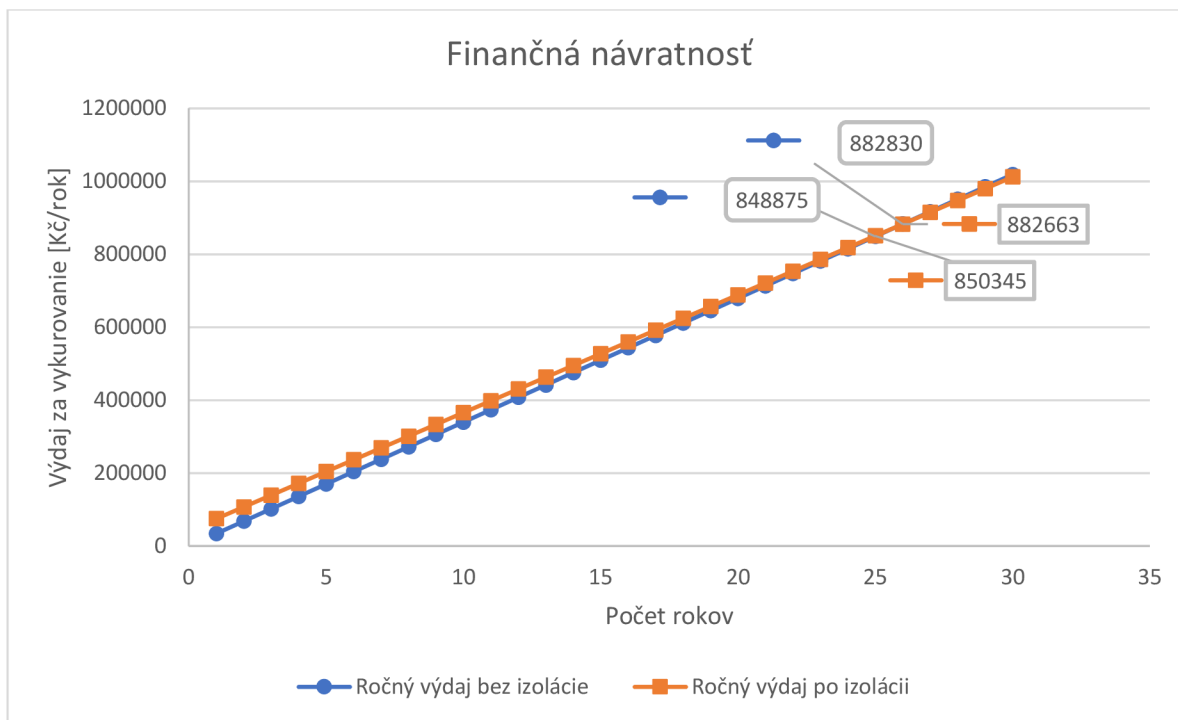
Obr. 4.1 Nastavenie webového kalkulátoru pre výpočet novej spotreby tepelnej energie [28]

Tepelná energia sa prepočíta pre danú účinnosť.

$$\frac{7900}{0,88} = 8977,27 \text{ kWh/rok.}$$

## 5 EKONOMICKÉ POSÚDENIE NÁVRHU

Pre zjednodušenie sa predpokladá, že cena energie zostáva rovnaká počas celej doby výpočtu. Kalkulácia sa realizovala tak, že sa vzala spotreba v kWh pred rekonštrukciou, prepočítala sa na účinnosť tepelného čerpadla a násobila sa cenou za elektrickú energiu. To isté sa spravilo pre výdaje po rekonštrukcii len sa k prvej hodnote pričítala hodnota za cenu práce a za materiál.



Obr. 5.1 Graf finančnej návratnosti pre

Tab. 5.1 Finančná návratnosť – hodnoty pre graf

Počet rokov	Výdaje bez izolácie	Výdaje s izoláciou	Rozdiel
21	713055	721073	-8018
22	747010	753391	-6381
23	780965	785709	-4744
24	814920	818027	-3107
25	848875	850345	-1470
26	882830	882663	167
27	916785	914981	1804

Pri predošlom predpoklade sa teda návratnosť završí 26 rokom. Táto hodnota je vysoko teoretická a vôbec neodpovedá realite, pretože nie je zahrnutá kolísavosť cien elektrickej energie. Tá sa podľa [32] zmenila za posledných 10 rokov z hodnoty 2,67 – 4,20 Kč, taktiež nie je zahrnutá inflácia a mnohé ďalšie faktory ovplyvňujúce predpoklad návratnosti.



## ZÁVĚR

Cieľom práce bolo navrhnutie možných opatrení k zníženiu tepelných strát modelového domu. Predtým sa však spravil prehľad jednotlivých materiálov a výpočet samotných tepelných strát.

Prvá kapitola sa zaoberá dôležitosťou tepelnej izolácie v budovách. A taktiež poukazuje na to, že pri výbere izolácie je nutné myslieť aj na iné vlastnosti daného materiálu napríklad na jeho schopnosť prepúšťať vodné pary, kde hrozia vážne zdravotné ochorenia. Prehľad opisuje ich výrobu a dopad na životné prostredie a taktiež ich použitie, či už na obvodové steny alebo do soklov či striech.

Druhá kapitola zahrňuje a bližšie určuje modelový dom na ktorom boli spravené výpočty. Čiže lokalita, rozmery potrebné k výpočtom a fotky.

Tretia kapitola sa zaoberá výpočtami. Teda samotný postup k realizácii výpočtu. Postup sa vypracoval podľa normy ČSN EN 12831-1. Najprv sa pripravila tabuľka použitých materiálov na výstavbu a ďalej spracovala tabuľka teplotných súčiniteľov jednotlivých konštrukcií. Nasledoval výpočet tepelných strát. Tie zahrňujú tepelné straty prestupom, ktoré vyšli 2,16 kW. Ďalej boli spočítané tepelné straty vetraním, 1,52 kW, a tepelné straty zátopovým výkonom, 0,54 kW. Celková strata teda činí 4,22 kW. Tá sa prepočítala na ročnú spotrebu energie a pomocou normy EN 14825 sa určila sezónna účinnosť tepelného čerpadla. Po vykonaní výpočtov sa ročná spotreba rovná 9,43 MWh/rok.

Vo štvrtej kapitole sa realizoval návrh rekonštrukcie. Ten zahrňa izoláciu obvodových stien vykurovaných miestností pridaním 100 mm vrstvy polystyrénu a novej fasády. Taktiež sa pridala vrstva polystyrénu a spravila sa fasáda medzi nevykurovanou verandou a vonkajšími stenami kúpeľne a chodby. Znížila sa hodnota tepelnej straty prestupom a to na hodnotu 1,93 kW. A celková strata vychádza na 3,99 kW. Po izolácii vychádza ročná spotreba energie prepočítaná aj na sezónnu účinnosť tepelného čerpadla na 8,98 MWh/rok.

V piatej kapitole sa vyhodnotilo riešenie z ekonomického hľadiska. Vypočítala sa návratnosť za predpokladu, že sa ceny energie nezmenia a za referenčnú hodnotu sa vzala cena energií za tento rok. Porovnaním cenového priebehu sa vypočítala návratnosť. Tá vyšla, že od 26. toho roku sa nám investícia vráti, ale to len za teoretického predpokladu, že sa cena energií nezvýši počas celého obdobia. Je to veľmi nepravdepodobné, ak by sa ceny energie zvýšili návratnosť sa síce zníži, ale na úkor celkovej zaplatenej čiastky, ktorá by sa zvýšila. Pokiaľ vezmeme ceny za posledné 4 roky, tie sa pomaly, ale isto zvyšujú a z tohto dôvodu odporúčam realizáciu návrhu rekonštrukcie.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1 HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. Praha: Grada Publishing, 1999. ISBN 80-7169-657-9.
- 2 Postup výberu izolácie. *Asb* [online]. Bratislava: JAGA group [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/stavebne-materialy/tepelne-izolacie/izolacne-materialy>
- 3 Prehľad materiálov. *Istavebnictvo* [online]. Hradec Králové: VEGA [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.istavebnictvo.sk/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>
- 4 Neopor. *Stavebnictvi3000* [online]. Hradec Králové: VEGA [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/neopor-nova-generace-tepelne-izolace/>
- 5 Ceny materiálov. *stavbaonline* [online]. Brno: Prodávame online [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.stavbaonline.cz>
- 6 Polystyrénová izolácia. *Tzbinfo* [online]. Praha6: Topinfo [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/297-polystyrenove-izolace>
- 7 Polyuretánová pena. *Isover* [online]. Bratislava: Saint-Gobain [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.isover.sk/pir-polyuretanova-pena>
- 8 Prehľad materiálov. *Asb* [online]. Bratislava: JAGA group [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/stavebne-materialy/tepelne-izolacie/prehled-tepelnych-izolacii>
- 9 Skelná vlna. *Isover* [online]. Bratislava: Saint-Gobain [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://www.isover.sk/sklena-vlna>
- 10 Kamenná vlna: *Knaufinsulation* [online]. Nová Baňa: Knauf Insulation [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.sk/sklena-alebo-kamenna-vlna>
- 11 Skelná vlna. *Isover* [online]. Bratislava: Saint-Gobain [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: [https://www.isover.sk/sites/isover.sk/files/styles/isvr\\_default/public/assets/images/isover\\_nf\\_333.jpg](https://www.isover.sk/sites/isover.sk/files/styles/isvr_default/public/assets/images/isover_nf_333.jpg)
- 12 Drevovláknité dosky. *Asb* [online]. Bratislava: JAGA group [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/drevostavby/drevovlaknite-dosky>
- 13 Šedý polystyrén. *Onlinestavba* [online]. Dunajská Streda: Online Stavba [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: [http://www.onlinestavba.sk/userfiles/products/grafitovy\\_eps70.png](http://www.onlinestavba.sk/userfiles/products/grafitovy_eps70.png)
- 14 Ovčia vlna. *Naturwool* [online]. Praha 1: Naturwool [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.naturwool.sk/izolacia-z-ovcej-vlny/>
- 15 Technická konope. *Asb* [online]. Bratislava: JAGA Group [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/stavebne-materialy/tepelne-izolacie/tepelna-izolacia-z-technickeho-konope>
- 16 Celulózoová izolácia. *Isocell* [online]. Neumarkt am Wallersee: Isocell [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <http://www.isocell.com/sk/celulozova-izolacia/>
- 17 Aplikácia celulózovej izolácie. *Asb* [online]. Bratislava: JAGA group [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/stavebne-materialy/tepelne-izolacie/vyuzitie-fukanej-celulozovej-tepelnej-izolacie>
- 18 Korková izolácia. *Asb* [online]. Bratislava: JAGA group [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/stavebne-materialy/korkova-tepelna-a-zvukova-izolacia>
- 19 Vákuová izolácia. *Asb* [online]. Bratislava: JAGA group [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/stavebne-materialy/tepelne-izolacie/vakuove-izolacne-panely-na-ploche-strechy-a-terasy>
- 20 Vákuová izolácia. *vakuumisolutions* [online]. Šanghaj [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <http://sk.vakuumisolutions.com/uploads/201712721/p201705101005514622208.jpg>

- 21 ČSN EN 12831-1. *Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápěný prostor*,. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- 22 Klimatická mapa. *Tzbinfo* [online]. Praha 6: Topinfo [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: [https://vytapani.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000138\\_mapa.html#](https://vytapani.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000138_mapa.html#)
- 23 BROŽ, Karel. *Vytápění*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02536-5.
- 24 PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4300-6.
- 25 Súčiniteľ prestupu tepla. *Tzbinfo* [online]. Praha 6: Topinfo [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- 26 ČSN 73 0540-3: *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- 27 Prestup tepla zeminou. *Tzbinfo* [online]. Praha 6: Topinfo [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/7964-problemy-pri-stanoveni-prostupu-tepla-zeminou>
- 28 Kalkulátor spotřeby energie. *Tzbinfo* [online]. Praha 6: Topinfo [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- 29 Ceny materiálů k rekonstrukci. *Stawebniny* [online]. Maleč: Virtual Building [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.stawebniny.com/>
- 30 Cena práce. *Murarske prace* [online]. Bratislava [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.murarskeprace.net/cennik-zateplovacich-prac/>
- 31 EN 14825. *Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru - Zkoušení a hodnocení při podmínkách s částečným zatížením a výpočet sezonní výkonnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2016.
- 32 Ceny elektrické energie. Eurostat [online]. Luxemburg [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/main-tables>

## ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A ZNAČIEK

Symbol	Veličina	Jednotka
$k$	Súčiniteľ prestupu tepla	$W \cdot m^{-2} K^{-1}$
$\lambda$	Koeficient tepelnej vodivosti	$W \cdot m^{-1} K^{-1}$
$T$	Termodynamická teplota	$K$
$t$	Čas	$s$
$\rho$	Hustota	$kg \cdot m^{-3}$
$\mu$	Faktor difúzneho odporu	—
$c$	Tepelná kapacita	$J \cdot K^{-1} mol^{-1}$
$\theta_e$	Návrhová výpočtová vonkajšia teplota	$^{\circ}C$
$\theta_{m,e}$	Priemerná vonkajšia teplota počas vykurovacieho obdobia	$^{\circ}C$
$\theta_u$	Teplota nevykurovaného priestoru	$^{\circ}C$
$b_u$	Teplotný redukčný súčiniteľ	—
$H_{iu}$	Súčiniteľ tepelnej straty medzi vykurovaným a nevykurovaným priestorom	$W \cdot K^{-1}$
$H_{ue}$	Súčiniteľ tepelnej straty z nevykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredia	$W \cdot K^{-1}$
$q$	Vektor hustoty ustáleného tepelného toku zdieľaného vedením, prúdiaceho rovnorodým izotropným materiálom	—
$grad T$	Gradient teploty	—
$R$	Tepelný odpor	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
$d$	Hrúbka	$m$
$\alpha$	Súčiniteľ prestupu tepla	$W \cdot m^{-2} K^{-1}$
$U_k$	Súčiniteľ prestupu tepla stavebnou konštrukciou	$W \cdot m^{-2} K^{-1}$
$R_c$	Celkový tepelný odpor	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
$R_{si}$	Tepelný odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
$R_{se}$	Tepelný odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
$\Phi_{T,i}$	Tepelné straty prestupom	$W$
$H_{T,ie}$	Súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredia plášťom budovy	$W \cdot K^{-1}$
$H_{T,iue}$	Súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru do vonkajšieho prostredia nevykurovaným priestorom	$W \cdot K^{-1}$
$H_{T,ig}$	Súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru do zeminy	$W \cdot K^{-1}$
$H_{T,ij}$	Súčiniteľ tepelnej straty z vykurovaného priestoru do susedného priestoru vykurovaného na výrazne inú teplotu	$W \cdot K^{-1}$
$A_k$	Plocha stavebnej časti	$m^2$
$e_k$	Korekčný súčiniteľ vystavenia poveternostným vplyvom	—
$f_{g1}$	Korekčný súčiniteľ zohľadňujúci vplyv ročných zmien vonkajšej teploty	—
$f_{g2}$	Teplotný redukčný súčiniteľ zohľadňujúci rozdiel medzi ročnou priemernou vonkajšou teplotou a výpočtovou vonkajšou teplotou	—

$U_{equiv,k}$	Ekvivalentný súčiniteľ prestupu tepla stavebnou časťou	$W \cdot m^{-2}K^{-1}$
$G_w$	Korekčný činiteľ zohľadňujúci vplyv spodnej vody	—
$B'$	Charakteristický parameter	$m$
$A_g$	Plocha uvažovanej podlahovej konštrukcie	$m^2$
$P$	Obvod uvažovanej podlahovej konštrukcie	$m$
$f_{ij}$	Redukčný teplotný súčiniteľ	—
$\Phi_{V,i}$	Tepelné straty vetraním	$W$
$e_i$	Tieniacy činiteľ	—
$H_{V,i}$	Súčiniteľ návrhovej tepelnej straty vetraním	$W \cdot m^{-2}K^{-1}$
$\dot{V}_i$	Výmena vzduchu	$m^3 \cdot hod^{-1}$
$\dot{V}_{min,i}$	Hygienická výmena vzduchu	$m^3 \cdot hod^{-1}$
$\dot{V}_{inf,i}$	Výmena vzduchu infiltráciou škárami a stykmi obvodového plášťa budovy	$m^3 \cdot hod^{-1}$
$n_{min}$	Minimálna intenzita výmeny vonkajšieho vzduchu	$hod^{-1}$
$n_{50}$	Intenzita výmeny vzduchu za hodinu pri rozdiely tlakov Pa	50 $hod^{-1}$
$\varepsilon_i$	Výškový korekčný činiteľ	—
$\Phi_{RH,i}$	Zátopový tepelný výkon	$W$
$A_i$	Podlahová plocha	$m^2$
$f_{RH}$	Korekčný súčiniteľ závislý na dobe zátopy a predpokladanom poklese vnútornej útlmovej dobe	$W \cdot m^{-2}$
$\Phi_{HL,i}$	Celkový tepelný výkon	$W$
$Q_{VYK,r}$	Ročná spotreba	$MWh \cdot rok^{-1}$
$\varepsilon$	Opravný súčiniteľ	—
$\eta_o$	Účinnosť obsluhy	—
$\eta_r$	Účinnosť rozvodu vykurovania	—
$D$	Vykurovacie dennostupne	$deň \cdot K$
$d$	Dĺžka vykurovacieho obdobia	$deň$
$\theta_{m,int}$	Priemerná vnútorná teplota	$^{\circ}C$

## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obr. 1.1 Súčiniteľ prestupu tepla v závislosti na hrúbke izolačnej vrstvy
- Obr. 1.2 Expandovaný polystyrén
- Obr. 1.3 Šedý polystyrén – Neopor
- Obr. 1.4 Porovnanie súčiniteľov tepelnej vodivosti
- Obr. 1.5 Extrudovaný polystyrén – XPS
- Obr. 1.6 Sklená vlna – koberec
- Obr. 1.7 Kamenná vlna – dosky
- Obr. 1.8 Drevovláknitá izolácia
- Obr. 1.9 Izolácia z ovčej vlny
- Obr. 1.10 Konopná tepelná izolácia
- Obr. 1.11 Aplikácia celulózovej izolácie
- Obr. 1.12 Slamené baly
- Obr. 1.13 Korková izolácia
- Obr. 1.14 Vákuové izolačné panely
- Obr. 1.15 Expandovaný perlit
- Obr. 2.1 Rez modelového domu
- Obr. 3.1 Teplotná mapa oblasti ČR
- Obr. 3.2 Nastavenie webového kalkulátoru pre výpočet spotreby tepelnej energie
- Obr. 4.1 Nastavenie webového kalkulátoru pre výpočet novej spotreby tepelnej energie
- Obr. 5.1 Graf finančnej návratnosti

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 1.1	Porovnanie cien EPS a Neoporu
Tab. 3.1	Určené teploty
Tab. 3.2	Určenie teplôt jednotlivých izieb
Tab. 3.3	Hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti
Tab. 3.4	Odpory pri prestupe tepla
Tab. 3.5	Výsledky výpočtu súčiniteľa prestupu tepla vonkajšej obvodovej steny
Tab. 3.6	Výpočet tepelných strát prestupom pre schodisko
Tab. 3.7	Tepelné straty vetraním
Tab. 3.8	Výpočet tepelného zátopového výkonu
Tab. 3.9	Celkový tepelný výkon
Tab. 4.1	Súčiniteľ prestupu tepla pre obvodovú stenu pred a po rekonštrukcii
Tab. 4.2	Porovnanie teplotných strát prestupom pred a po zateplení
Tab. 4.3	Porovnanie tepelných výkonov pred a po zateplení
Tab. 5.1	Finančná návratnosť – hodnoty pre graf

## **SEZNAM PŘÍLOH**

PRÍLOHA A – PÔDORYS MODELOVÉHO DOMU

PRÍLOHA B – ZOZNAM OKIEN

PRÍLOHA C – VÝPOČET SÚČiniteľov PRESTUPU TEPLA

PRÍLOHA D – VÝPOČET TEPELNÝCH STRÁT PRESTUPOM

PRÍLOHA E – VÝPOČET TEPELNÝCH STRÁT VETRANÍM

PRÍLOHA F – POROVNANIE SÚČiniteľov PRESTUPU TEPLA PO REKONŠTRUKCII