VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ RODINNÉHO DOMU NA VÝDAJE SPOJENÉ S JEHO PROVOZEM

THE IMPACT OF EXECUTING NEW THERMAL INSULATION ON A SINGLE-FAMILY HOUSE ON THE EXPENSES ASSOCIATED WITH ITS OPERATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Ing. Martin Labounek
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. Josef Čech, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2016

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav soudního inženýrství
Student:	**Ing. Martin Labounek**
Studijní program:	Soudní inženýrství
Studijní obor:	Realitní inženýrství
Vedoucí práce:	**Ing. Josef Čech, Ph.D.**
Akademický rok:	2015/16

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 diplomové práce:

Vliv provedení zateplení rodinného domu na výdaje spojené s jeho provozem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce bude provést návrh na zateplení rodinného domu v Kostelci na Hané v několika variantách. Na základě jednotlivých návrhů pak budou vyhodnoceny rozdíly nákladů na provozování rodinného domu před a po provedení zateplení. V práci bude zhodnocena také ekonomická návratnot provedených investic.

Cíle diplomové práce:

Cílem bude zhodnocení ekonomické návrtatnosti jednotlivých navržených variant zateplení rodinného domu v Kostelci na Hané.

Seznam literatury:

BRADÁČ, Albert. Teorie oceňování nemovitostí. 8., přeprac. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 753 s. ISBN 978-80-7204-630-0.

DAHLSVEEN, Trond, Dušan PETRÁŠ a Jiří HIRŠ. Energetický audit budov. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 295 s. ISBN 80-88905-86-9.

TICHÁ, Alena. Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě. Vyd. 2., V Akademickém nakl. CERM 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008, 5 sv. ISBN 978-80-7204-587-7.

ČSN 730540-2. Tepelná ochrana budov: část 2 požadavky. Praha: ÚNMZ, 2011, 53 s.

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií + prováděcí vyhlášky.

Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

.....

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vlivem zateplení rodinného domu na náklady spojené s vytápěním. Nejprve je věnována část vývoji výstavby, současným trendům ve výstavbě rodinných domu, cenám energií a možnostem vytápění. Dále je rozebrán zateplovací systém ETICS, způsob jeho provádění a tepelné posouzení rodinného domu se základními pojmy. Zateplení je navrženo v šesti variantách. Práce obsahuje tepelné posouzení původního stavu rodinného domu a následně tepelné posouzení po provedení zateplení a jeho ekonomickou návratnost. V závěru práce je zhodnocena doba návratnosti jednotlivých variant zateplení.

Abstract

This diploma thesis deals with insulation of the house and it's costs. First part relates to the developement of the construction, the current trends in the construction of houses, prices of energy and heating options. Next part relates with insulation system ETICS, the way of it's implementation and thermal assessment with basic names. Thermal insulation is designed in six variants. The work includes thermal assessment in original condition and the assessment of new condition modified by adding thermal insulation with it's economic return. In conclusion, the diploma thesis evaluates the payback period of insulation.

Klíčová slova

rodinný dům, úspora energie, zateplení, zateplovací systém, návratnost investice, energetická náročnost, součinitel prostupu tepla, PENB, EŠOB

Keywords

detached house, energy saving, insulation, thermal insulation system, return on investment, energy consuption, the heat transfer coefficient, PENB, EŠOB

Bibliografická citace

LABOUNEK, M. *Vliv provedení zateplení rodinného domu na výdaje spojené s jeho provozem.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2016. 385 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Čech, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Prostějově dne 26. 5. 2016

.....

Ing. Martin Labounek

Poděkování

Nejprve bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Josefovi Čechovi, Ph.D. za jeho vedení, čas a cenné rady, které pro mne byly nepostradatelnou pomocí při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat majiteli objektu Bc. Martinovi Nadymáčkovi za veškeré poskytnuté údaje o stavu objektu, cenách prací a energií, ale především za jeho čas. Děkuji také svým rodičům a celé rodině za to, že mi umožnili pokračovat ve studium na vysoké škole a tím i rozvoj mých znalostí a dovedností. V neposlední řadě děkuji přítelkyni Kateřině za obrovskou podporu a trpělivost.

Obsah

1 ÚVOD 11

2 CÍL PRÁCE 12

3 NÍZKOENERGETICKÁ VÝSTAVBA 13

3.1 Historie výstavby rodinných domů 13
3.2 Vývojové trendy výstavby 13
3.3 Energeticky úsporné domy 14
3.3.1 Nízkoenergetické budovy 14
3.3.2 Pasivní budovy 15
3.3.3 Energeticky nulové budovy 16
3.4 Legislativa 16
3.4.1 Zákony, vyhlášky, normy 16
3.4.2 Požadavky norem 17
3.5 Energetická náročnost budov 20
3.5.1 Tepelné ztráty 21
3.5.2 Tepelné mosty 22
3.6 Energetický štítek obálky budovy (EŠOB) 22
3.7 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) 24
3.8 Energetický audit (EA) 27
3.9 Nová zelená úsporám 28
3.10 Energie a její spotřeba 28
3.10.1 Historie energie 28
3.10.2 Spotřeba primární energie v České republice 29

4 TEORIE ZATEPLOVÁNÍ 30

4.1 Druhy tepelných izolací 30
4.2 Způsoby zateplení 37
4.2.1 Vnější zateplení 37
4.2.2 Kontaktní zateplení 37
4.2.3 Podlahy půd 37
4.2.4 Výplně otvorů 38
4.3 Důvody k zateplení RD 38
4.3.1 Tepelná úspora 39
4.3.2 Ochrana nosných konstrukcí 39
4.3.3 Estetika 39
4.3.4 Hygiena 39
4.3.5 Bezpečná investice 39

5 PRAKTICKÁ ČÁST 40

5.1 Popis stávajícího stavu rodinného domu 40
5.1.1 Poloha a dispozice rodinného domu 40

5.1.2 Základní technický popis stavby *43*
5.1.3 Stavající stav *44*
5.1.4 Definice základních pojmů *46*
5.2 Nově navržená opatření 46
5.2.1 Vliv tloušťky tepelné izolace *46*
5.2.2 Návrhová opatření *48*
5.2.3 Metoda řešení *49*
5.3 Výpočet energetické náročnosti budovy 54
5.4 Porovnání nákladů a výše úspory energie za rok 55
5.5 Stanovení výše poskytnuté dotace 55
5.6 Ekonomické vyhodnocení 57

6 ZÁVĚR A VYHODNOCENÍ 63

7 PŘÍLOHY 64

Příloha A – Počet dokončených bytových budov a bytů v nich podle energetické třídy náročnosti v letech 2010 až 2013 v České Republice 64
Příloha B – Zateplovací kontaktní systémy Isover 77
Příloha C – Dimenzování tepelných izolací isover proETICS 83
Příloha D – Údaje o objektu 89
Příloha E – Stávající stav 95
Příloha F – Varianta I 123
Příloha G – Varianta II 151
Příloha H – Varianta III 187
Příloha I – Varianta IV 223
Příloha J – Varianta V 259
Příloha K – Realizovaný nový stav 295
Příloha L – Ekonomické vyhodnocení 331
Příloha M – Realizace zateplení 11/2015 351
Příloha N – Výkresová dokumentace, fotodokumentace objektu 373

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 382

8.1 Použitá literatura 382
8.2 Právní předpisy 382
8.3 Elektronické zdroje 383

9 SEZNAMY 385

9.1 SEZNAM OBRÁZKŮ 385
9.2 SEZNAM GRAFŮ 385
9.3 SEZNAM TABULEK 385

1 ÚVOD

Jeden z hlavních problémů dnešního globálního světa je snižování energetické náročnosti jako příspěvku k ovlivnění procesu globálního oteplování. Organizace spojených národů a státy světa se touto problematikou zabývají dlouhodobě. Poslední závěry byly učiněny v loňském roce na klimatické konferenci v Paříži. Jedna z významných oblastí, která přispívá k naplnění cílů v závěru konference je i oblast snižování energetické náročnosti, zejména budov. Orgány Evropské unie vypracovaly řadu opatření ve formě směrnic, které ukládají členským státům Evropské unie přijetí legislativních opatření k realizaci konkrétních opatření. Ve stavebnictví je značný potenciál ve snižování energetické náročnosti v oblasti výstavby nových budov a zejména při rekonstrukci stávajícího fondu budov.

V dnešní době se asi každý majitel nemovitosti setkal s myšlenkou, jak snížit výdaje spojené s provozem své nemovitosti. Vzhledem k neustálým nárůstům cen energií se dá předpokládat, že ceny nebudou v budoucnu klesat, ale i nadále porostou. Proto je jeden ze způsobů, jak snížit energetickou spotřebu domu, snížit jeho tepelný odpor, který brání prostupu tepla. Snížení tepelného odporu se dá nejlépe docílit zateplením nemovitosti.

Nejčastější způsoby zateplování jsou zateplení obvodových stěn, stropů, střech, podlah a výměny výplní otvorů. Ne vždy je ale zateplení vhodným řešením. Vzhledem k nemalým nákladům na zateplení nemusí vždy vybraný druh zateplení přinést úsporu, ale naopak může být ztrátový. Proto je nutné klást důraz na vhodně zvolený návrh zateplení, který nám přinese vyšší úsporu, než je náklad na realizaci úsporného opatření.

Je tedy velice důležité nalézt vhodný druh zateplení, ve kterém bude zohledněna cena energií, cena investice a stávající stav objektu.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je popis stávající energetické situace a spotřeby primárních energií rodinného domu v Kostelci na Hané s následným vypracováním vhodný návrhů zateplení. Na základě těchto návrhů vyhodnotit rozdíly nákladů na provozování před provedením a po provedení zateplení a stanovit zhodnocení ekonomických návratností provedených zateplení.

3 NÍZKOENERGETICKÁ VÝSTAVBA

3.1 HISTORIE VÝSTAVBY RODINNÝCH DOMŮ

Lidská obydlí jako sídla pro bydlení prošly dlouhým vývojem. Mezi první obydlí můžeme zařadit různé skalní obydlí, zemní jámy vyhloubené v rovinatém terénu, chýše s posazenou střechou přímo na zemi, chatrče ze dřeva a kůží, hliněné a kamenné stavby až po současné cihlové nebo pórobetonové stavby až po stavby z masivních dřevěných panelů.[1]

Vývoj rodinných domu závisel především na rozvoji stavebních technologií, dostupných stavebních materiálech a vyvíjejících se řemeslech. Výstavba lidských obydlí vždy vycházela z nároků lidí téže doby. Na území českých zemí můžeme vystopovat snahy o energeticky úsporné bydlení už od středověku, kdy docházelo u kamenných hradů k dřevěným vestavbám do obytných místností tepelně izolovaných kožešinami a koberci s cílem odizolovat chladné kamenné zdivo od vnitřního prostředí. Výstavbu rodinných domů můžeme rozdělit podle toho, kde se nacházely, zda se jednalo o města nebo venkovy. Ve městech se budovaly převážně domy, které byly často spojovány s provozem dílny nebo obchodu, tzv. měšťanské domy. Proti tomu venkovská sídla byla přizpůsobována pro chovy domácích zvířat a hospodářským pracím. V minulosti se stavěly domy, které splňovaly pouze základní požadavky na bydlení a teprve postupem času se nároky lidí a vyvíjející se společnosti na bydlení zvyšovaly. V dnešní době by byly tehdejší rodinné domy zcela nevyhovující a nesplňovali by řadu podmínek pro bydlení. V dnešní době jsou na novostavby kladeny nároky z hlediska ekonomiky na úsporu energií a výdaje spojené s provozem. [2]

Účelem stavby je zajištění ochrany člověka před vnějšími klimatickými vlivy a vytvoření optimálního vnitřního prostředí pro pobyt a práci jejího uživatele. Vlastní stavba domu a doba jeho užívání a provozu jsou spojeny s potřebou energií. Snaha o minimalizaci energetické potřeby jde ruku v ruce se samotným stavěním.[3]

3.2 VÝVOJOVÉ TRENDY VÝSTAVBY

Současné rodinné domy lze rozdělit do dvou skupin a to na městské a předměstské. Předměstské domy v současné době díky rozšiřování měst a urbanistických řešení na zábor ploch pronikají do venkovského osídlení. Vytvářejí se ucelené skupiny rodinných domů, satelitní městečka, které slouží pouze pro bydlení a odkud jejich majitelé dojíždějí do měst za prací. Díky rozvoji informačních a komunikačních sítí, rozvojem individuální a hromadné dopravy se prakticky ztrácí rozdíl mezi bydlením na vesnici a bydlením ve městě. Měnící se způsob života a potřeby lidí, který se odráží na požadavcích na funkci a kvalitu bydlení. V moderních rodinných domech ustupují funkce hospodářsko-výrobní a do popředí se dostávají funkce relaxační, rekreační a regenerační.[4]

Základními požadavky na výstavbu rodinných domů jsou především orientace a dispoziční řešení prostoru domu pro individuální potřebu jejich členů. Do popředí se dostává požadavek na docílení

[1)] HÁJEK, Petr. *Pozemní stavitelství pro 1. ročník SPŠ stavebních*. Vyd. 6., přeprac. Praha: Sobotáles, 2005, 166 s.: il., plány. ISBN 80-86817-12-1.

[2)] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada Publishing, 2011, 352 s.: il. ISBN 978-80-247-2995-4.

[3)] POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. *Úsporný dům*. Brno: CPress, 2012, viii, 184 s.: il., plány;. ISBN 978-80-264-0014-1.

[4)] PREGIZER, Dieter. *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Praha: Grada, 2009, 126 s.: il. (převážně barev.), plány; 25 cm. ISBN 978-80-247-2431-7.

optimální tepelné pohody v domě, oslunění vnitřních prostor, snižování nákladů na provoz domu, snadná údržba, technické a technologické vybavení domu. K dalším požadavkům patří zdravotní nezávadnost bydlení, odráží se zde také požadavek na antialergenní prostředí, používání atestovaných stavebních materiálů, ochrana proti vlhkosti a opatření proti radonu.

Vývojové trendy výstavby rodinných domů bude do budoucna poměrně složité odhadnout. V první řadě půjde o snižování energetických náročností těchto domů. V tomto případě půjde o výstavbu nízkoenergetických domů, které mají kolem 50% spotřeby energie oproti klasickým rodinným domům a také o výstavbu pasivních domů, které si vystačí se svou vlastní vyrobenou energií.

Podstatný vliv bude mít také vývoj techniky, elektroniky, informačních technologií a s tím související vybavenost domácností a chytrých domácností řízených samostatně nebo na dálku.[5]

3.3 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY

Stavební zákon definuje rodinný dům jako stavbu, která svým stavebně technickým uspořádáním odpovídá požadavkům na rodinné bydlení a v níž je více než polovina podlahové plochy místností určena k bydlení, má maximálně tři samostatné byty a má nejvýše dvě nadzemní podlaží jedno podzemní podlaží a podkroví.[6]

„Energeticky úsporné domy jsou navrženy a postaveny tak, že náklady na zajištění jejich provozu jsou nižší, než stanoví aktuálně platné normy a předpisy. Pro výpočet nákladů na provoz jsou důležité zejména náklady na vytápění a chlazení domu, větrání, ohřev teplé užitkové vody, spotřebu elektrické energie a vody. Do těchto nákladů se nezapočítává spotřeba energie nutné k realizaci stavby, tedy zejména energie potřebná k výrobě a dopravě stavebních materiálů.“[7]

„Stavební materiály použité pro tyto stavby mají vždy lepší parametry, než pro danou stavbu požaduje ČSN a další předpisy související s výstavbou. Hlavním parametrem, podle kterého je použitá konstrukce posuzována z hlediska tepelně-izolačních vlastností, je tzv. součinitel prostupu tepla, který udává tepelnou ztrátu konstrukce o ploše 1 m^2 prostupem při rozdílu teplot 1 Kelvin. Výsledná hodnota tepelného prostupu je potom udávána ve wattech. Z toho vyplývá, že čím menší hodnotu má výsledek, tím je tepelná ztráta dané konstrukce nižší.“ [7]

„Pro posouzení celé stavby z hlediska energetické náročnosti se využívá tzv. měrná potřeba tepla na vytápění, která udává spotřebu tepla v kWh na vytápění 1 m^2 stavby budovy za 1 rok. Zatímco běžné novostavby většinou dosahují hodnot 80 – 150 kWh/m^2 za rok, u energeticky úsporných domů je tato hodnota podstatně nižší a výrazně tak snižuje náklady na vytápění.“[7]

3.3.1 Nízkoenergetické budovy

Budovy s nízkou energetickou náročností mají měrnou spotřebu tepla na vytápění výrazně nižší, než je odpovídající závazný požadavek aktuálních stavebně-energetických předpisů. Touto spotřebou je myšleno množství tepla stanoveného výpočtem na 1 m^2 vytápěné části budovy.

---

[5] PREGIZER, Dieter. *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Praha: Grada, 2009, 126 s.: il. (převážně barev.), plány; 25 cm. ISBN 978-80-247-2431-7.

[6] Zákon č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využití území, ve znění pozdějších předpisů č. 431/2012 Sb.

[7] *www.postavme-dum.cz* [online], 2016 [cit. 2016-05-26].
Dostupné z: <http://www.postavmedum.cz/energeticky-usporne-domy>.

Za nízkoenergetické domy považujeme dle ČSN 73 0540-2:2011[8] budovy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 50 kWh/(m^2.rok).

Této hodnoty docílíme pomocí optimalizace stavebního řešení obálky budovy. Za nízkoenergetickou budovu se považuje budova, která má průměrný součinitel prostupu tepla nejvýše Uem ≤ 0,5 W/(m^2.K) a současně nepřekračuje měrná potřeba tepla na vytápění již zmiňovaných ≤ 50 kWh/(m^2.rok). Pro budovy s návrhovou teplotou mimo interval 18 ˚C až 22 ˚C se hodnocení neprovádí. Nízkoenergetický rodinný dům si tedy vystačí s kvalitními okny, zateplenými obvodovými stěnami a střechou. Nesmí se také zapomenout na orientaci domu vůči světovým stranám, kdy nejvíce oken směřujeme na jih. [9]

3.3.2 Pasivní budovy

Vývoj pasivních domů zaznamenal v posledních letech bouřlivý vzestup. Zvláště se stoupajícími cenami za energie v posledních letech je koncepce pasivního domu čím dál více ekonomicky zajímavá. Pasivní dům je budova, která se vytápí převážně sama pomocí slunečního záření a zpětných získáváním vnitřního tepla, které podle definice uvedené v ČSN 73 0540-2 [10] nesmí překročit 15 kWh/(m^2.rok). V pasivním domě se můžeme úplně vzdát konvenční topné soustavy, musíme ovšem navrhnout přitápění, které pokryje nezbytnou minimální potřebu tepla.[11]

Aby pasivní dům[12] nepřekročil potřebu zbytkového tepla ve výši 15 kWh/(m^2.rok), musí být dodrženy následující zásady:

- Orientace budovy, kdy budova musí být natočena tak, aby hlavní fasáda byla orientována k jihu, a tím bylo umožněno co nejlepší pasivní získávání energie ze slunečního záření.
- Vynikající tepelná izolace všech částí stavební konstrukce k dosažení co nejnižších tepelných ztrát. Tepelná izolace musí obepínat celé stavební těleso. Cílem je minimalizovat tepelné ztráty tak, aby k vytápění budovy stačila energie získaná ze slunečního záření a z vnitřního tepla, tak aby budova si vystačila s minimální zbytkovou potřebou tepla na vytápění.
- Budova musí být tak vzduchotěsná, aby netěsnostmi v obvodovém plášti neunikalo žádné teplo.
- Mechanické větrací zařízení s vysoce účinným zpětným získáváním tepla (tzv. rekuperací). K nezbytnému větrání obytných místností musí mít pasivní domy mechanické větrací zařízení s vysoce účinným zařízením na zpětné získávání tepla. V topné sezóně tak mohou být okna stále zavřená a přívod čerstvého vzduchu do budovy zajišťuje větrací zařízení.
- U pasivních domů musí mít všechny okna vynikající tepelně izolační vlastnosti rámu a trojité tepelně izolační zasklení s plynovou výplní mezi skly. [13]

[8)] ČSN 73 0540-2:2011 *tepelná ochrana budov – část 2: požadavky*

[9)] STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014, 157 s.: barev. il., plány; 24 cm. ISBN 978-80-247-4808-5.

[10)] ČSN 73 0540-2:2011 *tepelná ochrana budov – část 2: požadavky*

[11)] PREGIZER, Dieter. *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Praha: Grada, 2009, 126 s.: il. (převážně barev.), plány; 25 cm. ISBN 978-80-247-2431-7.

[12)] *Pasivní domy: principy, projekty, realizace, mýty*. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ, 2010, 170 s.: il. ISBN 978-80-254-8508-8.

[13)] OBORNÁ, Halina a Jan BÁRTA. *Pasivní domy 2010*. Brno: Centrum pasivního domu, 2010, 388 s.: il. ISBN 978-80-904739-0-4.

Všeobecně musí pasivní rodinný dům mít co nejjednodušší kompaktní tvar a co nejvíce prosklených ploch orientovaných na jih. Stěny musí být rovnoměrné a všechny jejich spáry utěsněné. Teplo a výměnu vzduchu zajišťuje rekuperační jednotka. Na stěny, které jsou nejméně osluňovány, se dávají pouze malá nebo žádná okna. Snažíme se minimalizovat klasické větrání okny. Také musí být minimalizovány prostupy střešním pláštěm, a proto se zpravidla vyžaduje 40 – 60 cm vrstva tepelné izolace. K jihu orientujeme obytné místnosti. Obvodové zdivo by mělo mít tloušťku tepelné izolace 25 – 40 cm. Podlahy by měly být zatepleny tepelnou izolací tloušťky alespoň 30 cm. Na rozdíl od běžných staveb se u pasivních domů zateplují i základy. [14]

3.3.3 Energeticky nulové budovy

Pojem nulový dům je zavedena evropskou legislativou a u nás novelizovaným zákonem č. 406/2000 Sb., *o hospodaření energií.*. V souvislosti s implementací požadavků směrnice 2010/31/EU je nutné, aby k datu 2020 splňovaly nové budovy požadavek na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Hodnocená budova musí mít minimální parametry jako pasivní dům, kdy potřeba tepla na vytápění je menší než 5 kWh/(m^2·rok).[15]

3.4 LEGISLATIVA

3.4.1 Zákony, vyhlášky, normy

Hlavním zákonem zabývajícím se energetickou náročností budov je zákon č.406/2000 Sb. *o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů*. Na tento zákon také navazují další doplňující předpisy. První takový předpis je vyhláška č.480/2012 Sb., *o energetickém auditu a energetickém posudku*. Dalším doplňujícím předpisem je vyhláška č.148/2007 Sb., *o energetické náročnosti budov*. Obsah této vyhlášky se zabývá průkazem energetické náročnosti s veškerými náležitostmi, požadavky na energetickou náročnost a metodou výpočtu stanovení energetické náročnosti budov. Tato vyhláška byla také novelizována a nahrazuje ji vyhláška č.78/2013 Sb., *o energetické náročnosti budov*, která vešla v platnost od 1. 4. 2013 a následně byla upravena vyhláškou č. 230/2015 Sb., kde § 8 ods.1 doplňuje do průkazů energetické náročnosti budov doporučená opatření.[16]

Požadavky na tepelné izolace jsou uvedeny v technické normě ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – požadavky, v aktuálním znění*. V normě jsou stanoveny požadavky na tepelné izolace.[17]

Výčet aktuálně platných a novelizovaných legislativních podkladů:

- Vyhláška č. 480/2012 Sb., *o energetickém auditu a energetickém posudku,* kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického posudku.
- Zákon č. 406/2000 Sb., *zákon o hospodaření energií*.

[14)] SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům - realita či fikce?*. 2., aktualiz. vyd. [Praha] : Brno: EkoWATT ; ERA, 2007, viii, 92 s.: il. (některé barev.); 21 cm. ISBN 978-80-7366-103-8.
[15)] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012, 195 s.: il., plány;. ISBN 978-80-247-3832-1.
[16)] Vyhláška č. 230/2015 Sb., o energetické náročnosti budov.
[17)] ŠÁLA, Jiří. *Tepelná ochrana budov: komentář k ČSN 73 0540*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008, 290 s. 25 cm. ISBN 978-80-87093-30-6.

- Vyhláška č. 78/2013 Sb. *o energetické náročnosti budov*, novelizována vyhláškou č. 230/2015 Sb., *o energetické náročnosti budov.*
- Vyhláška č. 193/2007 Sb., *stanovení účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie*, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.
- Vyhláška č. 194/2007 Sb., *pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody,* kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům.
- ČSN EN 15 665 – změna Z1 – *požadavky na větrání budov*, kterou se stanoví výkonová kritéria pro větrací systémy obytných budov.
- ČSN 73 0540-1 (73 0540) *Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie*
- ČSN 73 0540-2 (73 0540) *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
- ČSN 73 0540-3 (73 0540) *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*
- ČSN 73 0540-4 (73 0540) *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*
- ČSN EN ISO 13789 (73 0565) *Tepelné chování budov – Měrná ztráta prostupem tepla – Výpočtová metoda*
- ČSN EN ISO 6946 (73 0558) *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*
- ČSN EN ISO 13370 (73 0559) *Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody*
- ČSN EN ISO 13790 *Energetická náročnost budov*
- Směrnice MŽP č. 2/2015, *o poskytování finančních prostředků z programu Nová zelená úsporám včetně příloh v aktuálním znění*
- TNI 73 0331 *Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet*

3.4.2 Požadavky norem

Nejnižší vnitřní povrchová teplota θsi,min

„Prokazuje se nejnižším teplotním faktorem vnitřního povrchu fRsi,min.“

„Hodnotí riziko vzniku plísní, popř. kondenzace vodních par, na vnitřním povrchu konstrukcí a jejich návazností, u dřevostaveb s maximální opatrností a bezpečností, zohledňující možné změny režimů vytápění v průběhu životnosti budovy.“[18]

Součinitel prostupu tepla U

Tepelně technickým parametrem konstrukce je jeho součinitel prostupu tepla U [W/(m^2.K)]. Jedná se o množství tepla, které projde konstrukcí jednotkové plochy s teplotním rozdílem vnější a vnitřní strany 1 Kelvin. Opět čím nižší je hodnota součinitele prostupu tepla, tím konstrukce lépe zabraňuje úniku tepla.

„Hodnotí tepelný tok prostupem tepla jednotlivými konstrukcemi na nastavené úrovni (požadované, doporučené a pasivní) – klesají vůči sobě na 2/3předchozí úrovně.“[18]

[18)] ŠÁLA, Jiří. *Tepelná ochrana budov: komentář k ČSN 73 0540*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008, 290 s.; 25 cm. ISBN 978-80-87093-30-6.

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla podle technické normy ČSN 73 0540-2 jsou uvedeny v následující tabulce.[19]

Součinitel prostupu tepla (*U*) sestává **ze 7** dílčích **znaků** a vypočte se podle vzorce:

$$U = \frac{1}{Rsi + \sum \frac{d}{\lambda} + Rse}$$

kde

U ... součinitel prostupu tepla	[W/(m^2.K)]
R_{si} ... tepelný odpor při přestupu na vnitřní straně konstrukce	[W/(m^2.K)],
R_{se} ... tepelný odpor při přestupu na vnější straně konstrukce	[W/(m^2.K)],
$\Sigma(d/\lambda) = R_i$ ... je tepelný odpor vrstvy	[(m^2.K)/W],
D ... tloušťka jednotlivých vrstev stěny	[m],
λ ... měrná tepelná vodivost materiálů jednotlivých vrstev	[W/(m.K)].

Tab. č. 1- Normové hodnoty [20] součinitele prostupu tepla U

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m^2.K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,301	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18-0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18-0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15-0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15-0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlé k zemině	0,45	0,30	0,22-0,15
Výplně otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,52	1,2	0,8-0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9

[19] ČSN 73 0540-2:2011 *tepelná ochrana budov – část 2: požadavky*
[20] ČSN 73 0540-2:2011 *tepelná ochrana budov – část 2: požadavky*

Lineární a bodový činitel prostupu tepla ψ_k a χ_j

„Hodnotí navýšení tepelného toku ve spojích konstrukcí nad úroveň samostatného působení konstrukcí na nastavené úrovni (požadované, doporučené, pasivní – klesají vůči sobě na 2/3 předchozí úrovně.“ [21]

Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$

„Hodnotí vhodnost konstrukce pro přímý kontakt s osobou.“ [21]

Kondenzace vodní páry v konstrukci

„Prokazuje se buď vyloučením kondenzace nebo souběžným splněním podmínek pro omezení ročního zkondenzovaného množství Mc a roční bilance kondenzace a vypařování vlhkosti.

Hodnotí riziko vzniku kondenzace vodních par uvnitř konstrukce, popř. její omezení na přípustnou míru danou jednak neohrožením funkce konstrukce (např. nesníží se životnost, únosnost…), jednak zkondenzovaným množstvím (omezení ročního zkondenzovaného množství, jak v absolutním, tak v relativním vyjádření; přitom při uplatnění dřeva nebo materiálu na bázi dřeva jsou podmínky přísnější) a také příznivou roční bilancí zkondenzované a vypařitelné vlhkosti.“ [21]

Průvzdušnost obálky budovy

„Prokazuje se celkovou intenzitou výměny vzduchu n50 při tlakovém rozdílu 50 Pa a utěsnění funkčních spár výplní otvorů.

Hodnotí se měřením na provedené budově s utěsněnými funkčními spárami při záměrně zajištěném rozdílu tlaků vzduchu na 50 Pa mezi vnějším a vnitřním prostředím. Obvykle při kolaudaci budovy (hodnotí se tím i vyloučení šíření vlhkosti prouděním vzduchu napříč konstrukcemi, které může být významnějším zdrojem vnitřní vlhkosti v konstrukcích, než zkondenzovaná vlhkost).“[21]

Prostup tepla obálkou budovy

„Prokazuje se průměrným součinitelem prostupu tepla Uem. “

„Hodnotí stavební část budovy (bez technických soustav) z hlediska tepelných toků obálkou budovy, prostupem na nastavené úrovni (požadované, doporučené, pasivní – klesají vůči sobě cca na ¾ předchozí úrovně).“[21]

Výměna vzduchu v místnostech

„Prokazuje se intenzitou výměny vzduchu n.

Hodnotí se výměna vzduchu v místnostech nebo vnitřních prostorách podle jejich účelu (za tlakových podmínek odpovídajících běžnému provozu a při provozní těsnosti funkčních spár).“[21]

---

[21] ŠÁLA, Jiří. *Tepelná ochrana budov: komentář k ČSN 73 0540*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008, 290 s.; 25 cm. ISBN 978-80-87093-30-6.

Tepelná stabilita místnosti v zimním období

„Prokazuje se poklesem výsledné teploty v místnosti v zimním období Δθv(t). “

„Hodnotí chování kritické místnosti (vnitřního prostoru) při chladnutí poklesem výsledné teploty na konci topné přestávky (v čase t).“ [21]

Tepelná stabilita místnosti v letním období

„Prokazuje se nejvyšší denní teplotou vzduchu v místnosti v letním období θai,max,, popřípadě nejvyšším denním vzestupem teploty vzduchu v místnosti v letním období Δθai,max.“ [21]

3.5 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

Pojem energetická náročnost budov je přesně definován v zákoně č. 406/2000 Sb. *o hospodaření energií*.[22]

„*Energetickou náročností budovy vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení.“*[23]

Česká republika zapracovává směrnice Evropského parlamentu a Rady EU do vnitrostátních právních norem postupně a to formou zákonů a prováděcích vyhlášek. Tímto legislativním procesem současně naplňuje závazky vyplývající z mezinárodních konferencí, které se vážou ke změnám klimatu. Diplomová práce je zaměřena jen na oblasti vztahující se k energetické náročnosti budov.

Původní směrnice EP a Rady 2002/91 ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov stanovila hodnocení budovy z hlediska jejich tepelných vlastností, zařízení pro vytápění, klimatizační větrání a chlazení, umělé osvětlení a provoz spotřebičů.

Tato původní směrnice byla z důvodů přehlednosti a zapracování nových změn přepracována směrnicí EP a Rady 2010/31/EU z 19. května 2010. Hlavním důvodem k revizi bylo zapracování záměru dosáhnout v roce 2020 snížení spotřeby energie o 20 %, snížení emise skleníkových plynů o 20 % a také zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20 % celkové výroby energie v Evropě v porovnání s rokem 1990. Konkrétní změny se týkaly např. zohlednění tepelných mostů, přirozené a nucené větrání, tepelné kapacity, místní podmínky slunečního svitu. [24]

Začlenění popisovaných norem evropského práva bylo v rámci České republiky realizováno zákonem č. 406/2000 Sb., *o hospodaření energií* v platném znění.

Zákon upravuje základní oblasti: Energetická koncepce, Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie, některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie. Poslední jmenovaná oblast konkretizuje mimo jiné snižování energetické náročnosti budov, popisuje průkaz energetické náročnosti budov, energetických štítků, energetických auditů a posudků. [11]

K předmětu diplomové práce, rekonstrukce dokončené stavby, zákon ukládá stavebníkovi v § 7 odst. 2) povinnost plnit požadavky na energetickou náročnost budovy dle prováděcí vyhlášky, tedy

---

[22)] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií.

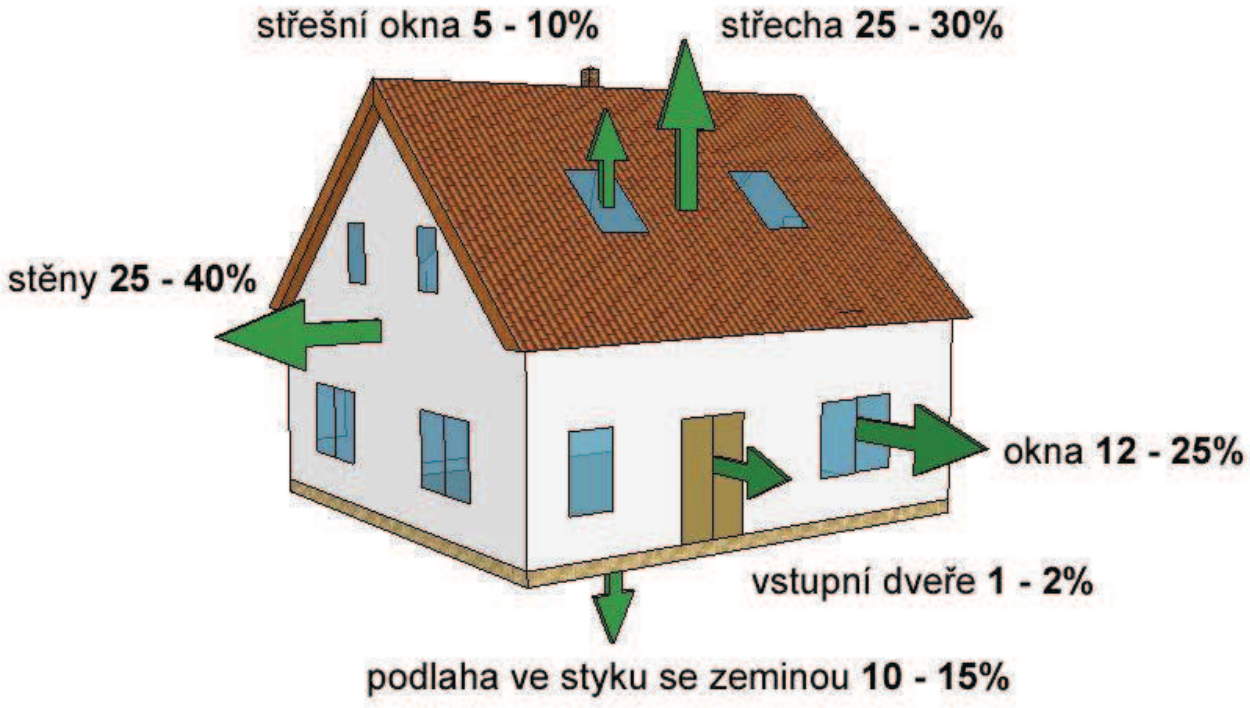
[23)] § 2 odst. 1 písm. f) zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií.

[24)] Revize evropské směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov.

vyhláška č. 78/2013 Sb., *o energetické náročnosti budov*.[25] V praktické části diplomové práce byly dodrženy povinnosti, které tato vyhláška ukládá stavebníkovi.

3.5.1 Tepelné ztráty

Tepelná ztráta je okamžitá hodnota tepelné energie, která z domu uniká prostupem tepla a větráním. Tato hodnota musí být vypočtena na extrémní venkovní podmínky podle polohy objektu, které jsou v České republice -12˚C, -15˚C a -18˚C. Tyto teploty jsou určeny na základě dlouhodobých meteorologických měření. Pokud venkovní teplota klesne pod tyto návrhové hodnoty, jsou akumulační schopnosti domu a jeho vybavení tyto extrémní výchylky přenést. Na tepelné ztráty se musí navrhnout zdroj tepla pro vytápění a také nadimenzovat otopná soustava. Pro potřebný výkon zdroje tepla můžeme vypočítat tepelnou ztrátu celého objektu. Pro stanovení jednotlivých výkonů otopných těles musíme vypočítat tepelnou ztrátu jednotlivých místností. Správný návrh výkonu zdroje tepla nám může ušetřit jak investiční, tak i provozní náklady. Tepelné ztráty vznikají prostupem střechou, stropem, obvodovými stěnami, výplněmi otvorů, podlahou, nevytápěnými prostorami a větráním. Podíl tepelných ztrát je závislý na tepelně technických vlastnostech ochlazovaných konstrukcí a kvalitě otvorových výplní. Procentuální podíl úniku tepla jednotlivými konstrukcemi je patrný z obrázku uvedeného níže. [26]



Obr. č. 1 – Procentuální podíl tepelné ztráty obálkou budovy [27]

[25] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.
[26] ŠUBRT, Roman. *Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy*. Praha: Grada, 2011, 222 s.: il. (některé barev.), portréty; 25 cm. ISBN 978-80-247-4059-1.
[27] Arnika. [online], 2014 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://arnika.org/uspory-energie-a-alternativy-k-beznym-palivum>.

3.5.2 Tepelné mosty

Tepelný most je místo, kde je izolační schopnost konstrukce oslabena. Vzhledem k mimořádným izolačním schopnostem použitých konstrukcí mají na spotřebu tepla relativně velký vliv tepelné vazby (místa, kde se stýkají dvě konstrukce a tvoří kout) a tepelné mosty (místa, kde je konstrukce či izolace zeslabena). Tepelná ztráta těmito místy může dosahovat i několik desítek procent celkové ztráty prostupem tepla. [28]

Proto je třeba věnovat velkou pozornost konstrukčnímu řešení detailů a zejména dbát na dodržování technologických postupů při stavbě. Důležité je například správné napojení tepelné izolace a okenních rámů, izolace pásu zdi nad terénem, napojení izolace svislých stěn a střechy, izolace krokví atd.

Je třeba dbát i na nutnou hygienickou výměnu vzduchu infiltraci.[29] Nedostatečná výměna vzduchu může mít za následek stejný vznik vodní páry jako u tepelných mostů. Tento fakt se ale v praxi z velké části podceňuje.[30]

3.6 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY (EŠOB)

Energetický štítek obálky budovy a protokol k tomuto štítku jsou dokumenty, kterými je možno doložit splnění požadavku na energetickou náročnost budovy dle ČSN 73 0540 – 2:2011 [31], *tepelná ochrana budov – část 2: požadavky*. Energetická náročnost je vyjadřovaná pomocí průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy U_{em}. Protokol k energetickému štítku dokladuje vliv jednotlivých obalových konstrukcí na energetickou náročnost budovy a lze z něho zjistit i možnosti zlepšení energetické bilance budovy. Energetický štítek obálky budovy neudává komplexní údaje o energetické náročnosti budovy, ale pouze o vlastnostech obálky, tedy souhrnu všech stavebních konstrukcí, které oddělují budovu od venkovního prostředí.[32]

Uvedená ČSN stanovuje požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Součinitel prostupu tepla je veličina, která se může skládat z více materiálů o různých vlastnostech a funkcích. Čím menší je hodnota součinitele prostupu tepla, tím lepší jsou izolační vlastnosti konstrukce. Dle ČSN 73 0540 – 2:2011 [33], *tepelná ochrana budov – část 2: požadavky* se zařazení do klasifikačních tříd provádí porovnáním vypočítaného průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} s normou požadovanou hodnotou průměrného součinitele tepla U_{em}. Hranici mezi jednotlivými klasifikačními třídami určuje hodnota klasifikačního ukazatele CI. Ke splnění požadavku ČSN musí být klasifikační ukazatel CI < 1. Musí tedy spadat do klasifikační třídy A – C. Klasifikační třída A odpovídá tzv. pasívním domům a třída B náleží nízkoenergetickým domům. Klasifikační třída C je dále rozdělena na třídu C1, kdy budova pak vyhovuje doporučené úrovni součinitele prostupu tepla

---

[28] *Energetická náročnost budov* [online]. EkoWATT. Praha, 2009, s. 9 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: < http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-nizkoenergetickych-domu>

[29] Infiltrací rozumíme průnik studeného vzduchu zvenku do budovy netěsnostmi oken a dveří (mezi křídly oken a dveří a rámem, netěsnostmi mezi rámem a stěnou).

[30] ŠUBRT, Roman. *Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy*. Praha: Grada, 2011, 222 s.: il. (některé barev.), portréty; 25 cm. ISBN 978-80-247-4059-1.

[31] ČSN 73 0540-2:2011 *tepelná ochrana budov – část 2: požadavky*

[32] Energetický štítek obálky budovy. *Dashofer* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.dashofer.cz/download/pdf/npd/npd_4_2_2.pdf>

[33] ČSN 73 0540-2:2011 *tepelná ochrana budov – část 2: požadavky*

a třída C2, která vyhovuje požadované úrovni součinitele prostupu tepla. Třídy D až E odpovídají průměrnému stavu stavebního fondu České republiky do roku 2006.

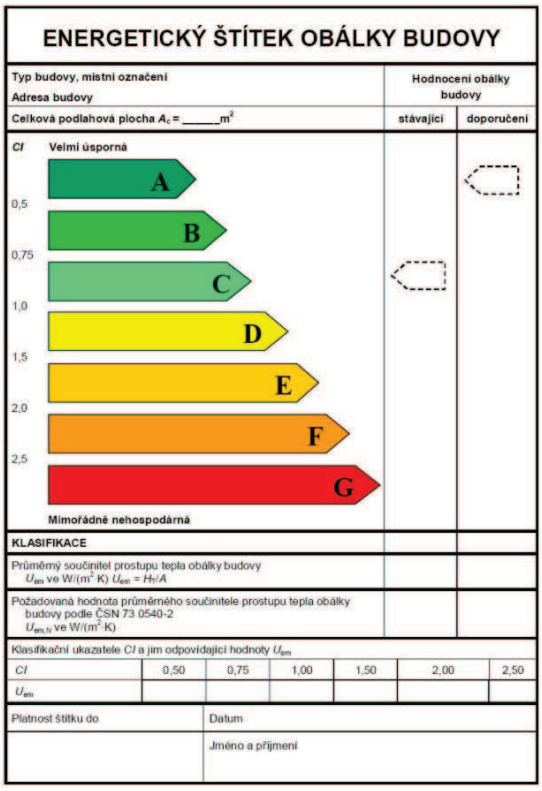
Energetický štítek obálky budovy se skládá z protokolu k energetickému štítku obálky budovy a grafickému vyjádření EŠOB. Protokol obsahuje identifikační údaje, charakteristiku budovy, charakteristiku konstrukcí, stanovení prostupu tepla, klasifikační třídy a stanovení úrovně. Grafická podoba energetického štítku budovy obsahuje o posuzované budově, které klasifikační třídy budova dosáhla, průměrný součinitel prostupu tepla, objemový faktor tvaru a hodnoty hranic klasifikačních tříd, dobu platnosti průkazu a kdo průkaz zpracoval.

Uvedená ČSN platí pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončovaných budov, nevztahuje se např. na budovy velkoplošně otevřené, nafukovací haly a dále na budovy památkově chráněné.

Technická norma ani žádné další předpisy neupravují, kdo může EŠOB vypracovat. Zhotovit jej tedy může kdokoliv, kdo zvládne metodiku výpočtu. [34]

Způsob vyhodnocení

EŠOB je vyhotoven ze dvou částí, kterými jsou grafická část a protokol k energetickému štítku obálky budovy. Obsah je detailně popsán v příloze normy ČSN 73 0540-2.[35]



Obr. č. 2 - Energetický štítek obálky budovy [36]

[34] HUDCOVÁ A KOL., Lenka. *Energetická náročnost budov* [online]. Praha: EkoWATT, 2009, s. 9 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/publikace/Energeticka-narocnost-budov>

[35] ČSN 73 0540-2:2011 *tepelná ochrana budov – část 2: požadavky*

[36] Energetický štítek obálky budovy. *Stavebni-fyzika* [online]. Dekpartner [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <https://stavebni-fyzika.cz>

3.7 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY (PENB)

Průkaz energetické náročnosti budov nám stanovuje vyhláška č. 78/2013 Sb., *o energetické náročnosti budov.*[37] Jedná se o prováděcí vyhlášku k zákonu č. 318/2012 Sb.[38], kterou se mění původní zákon č. 406/2000 Sb.[39] Vyhláškou č. 78/2013 Sb. došlo k nové metodice vypracování energetických průkazů a také k novému grafickému znázornění. Průkaz energetické náročnosti byl doplněn v roce 2015 o doporučená opatření, které zavádí vyhláška č. 230/2015 Sb.[40]

Další velkou změnou je nárůst případů, kdy vzniká povinnost mít průkaz energetické náročnosti budovy zpracován. Jedná se o tyto případy:

- Novostavby objektů, ve kterých se předpokládá trvalý pobyt osob.
- Rekonstrukce objektů s podlahovou plochou převyšující 50 m^2.
- Prodej nemovitostí, kdy kupujícímu musí být poskytnuta informace o třídě energetické náročnosti. Tyto informace musí být uvedeny také v inzerci a nabídce realitních kanceláří.
- Pronájem nemovitosti jako celku.
- Prodej bytové jednotky nebo jiné ucelené části budovy. V takových případech stačí mít vypracovaný průkaz pro celý objekt.
- V případě pronájmu bytové jednotky nebo částí budovy, bude povinnost mít vypracovaný průkaz až k 1. 1. 2016
- Pro program Nová zelená úsporám je také povinnost mít vypracovaný tento průkaz.

Průkaz energetické náročnosti se nemusí vypracovávat v těchto případech:

- Stavba, která má podlahovou plochu do 50 m^2..
- Výrobní budovy v průmyslových areálech, provozovny a neobytné zemědělské budovy.
- Budovy pro rekreaci.
- Budovy pro náboženské účely.

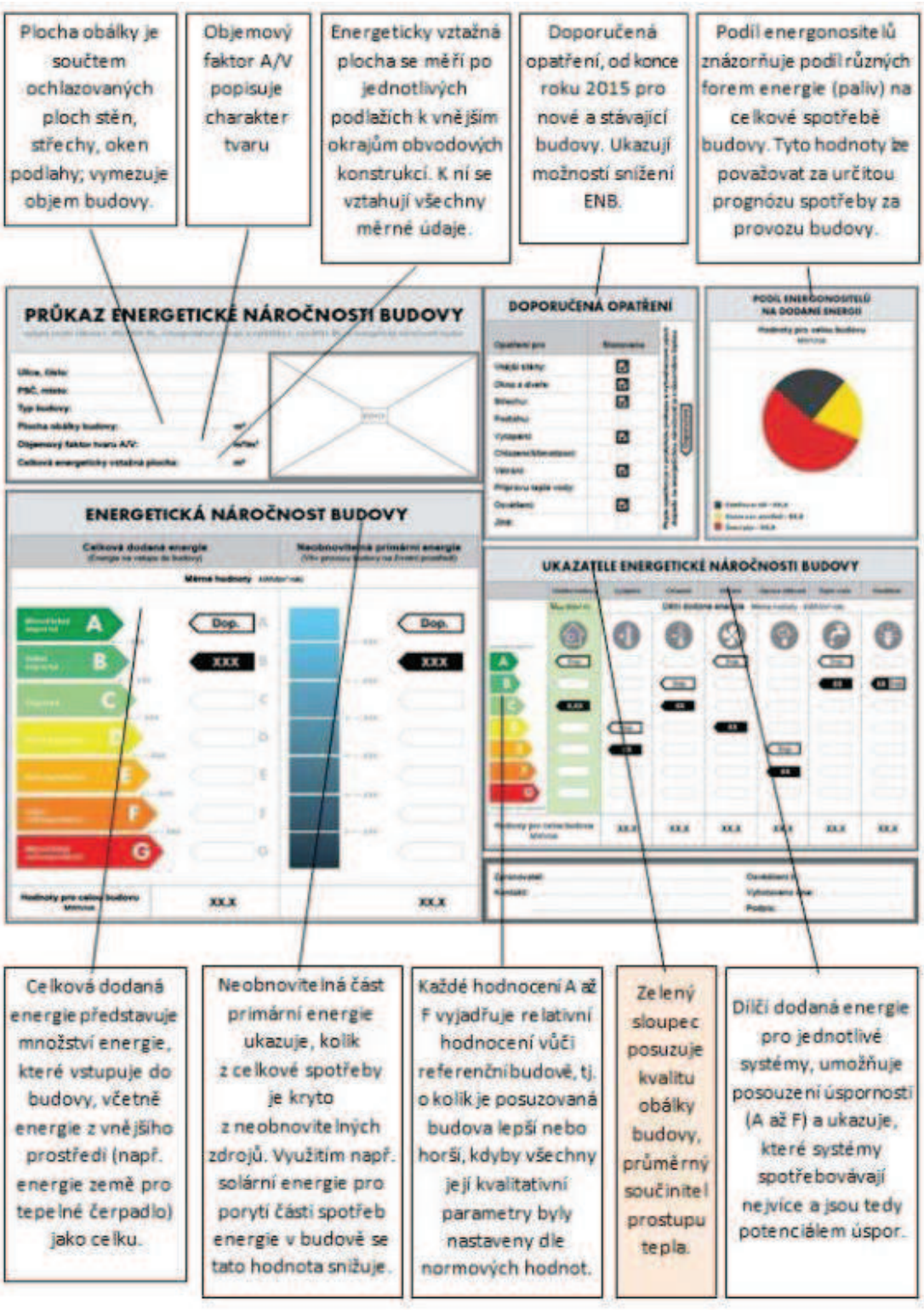
PENB má dvě strany a je z něj možné vyčíst více údajů, než bylo podle předchozí vyhlášky. V grafickém zpracování je část podílu energonositelů na dodanou energii. Podle tohoto ukazatele je možné stanovit výši výdajů na provoz dané nemovitosti.

Vyhláška č.78/2013 Sb. konkrétně stanovuje:

- Optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie.
- Metodu výpočtu energetické náročnosti budovy.
- Posouzení alternativních systémů dodávky energie.
- Stanovuje posouzení doporučených opatření, které vedou ke snížení energetické náročnosti budovy.
- Vzor a obsah průkazu a způsob vypracování.

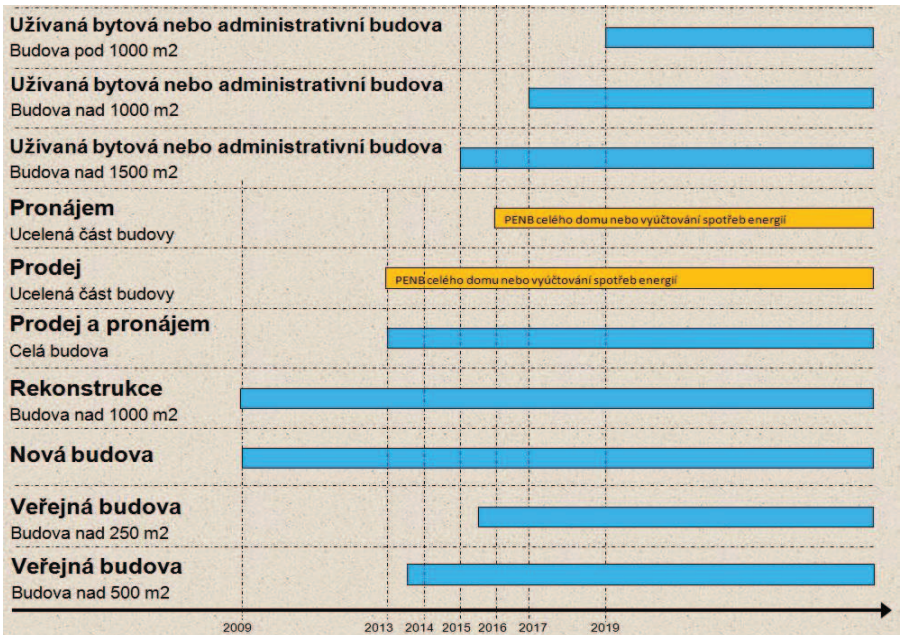
[37)] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.
[38)] Zákon č. 318/2012 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.
[39)] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií.
[40)] Vyhláška č. 230/2015 Sb., o energetické náročnosti budov.

- Umístění průkazu v budově.



Obr. č. 3 - Grafické vyjádření průkazu energetické náročnosti budovy[41]

[41] RUBINOVÁ, PH.D, Ing. Olga. *Energetické hodnocení budov* [online]. mpo, 2014 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <www.mpo-efekt.cz/upload/../4582_sfvut_brno_energeticke-hodnoceni-budov.pdf>



Obr. č. 4 - Povinnost zpracování průkazu energetické náročnosti budovy[42]

Referenční budova

Referenční budova představuje výpočtově definovanou budovu téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným užíváním s klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, konstrukcí a technickými systémy.[43]

Hodnocení energetické náročnosti závisí na splnění některých ukazatelů energetické náročnosti, kdy nové budovy musí splnit současně tři ukazatele energetické náročnosti, a to neobnovitelné primární energie za rok, průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a celkové dodané energie za rok.

Podle vyhlášky 78/2013 Sb.[44] jsou ukazatele energetické náročnosti budovy:

- Celková primární energie za rok.
- Neobnovitelná primární energie za rok.
- Celková dodaná energie za rok.
- Dílčí dodané energie pro systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok.
- Průměrný součinitel prostupu tepla.
- Součinitele prostupu tepla konstrukcí na systémové hranici.
- Účinnost technických systémů.

[42)] https://stavebni-fyzika.cz/technicke-forum/technicka-knihovna#story-24
[43)] STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014, 157 s.: barev. il., plány; 24 cm. ISBN 978-80-247-4808-5.
[44)] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Všeobecně tedy můžeme průkaz energetické náročnosti budovy charakterizovat jako průkaz hodnotící budovu z hlediska spotřeby všech energií. Slouží k porovnání jednotlivých budov jak z hlediska spotřeby energie, tak i jako informace pro kupující o budoucí spotřebě energií a tedy i nákladech na provoz. Výsledkem průkazu je jednoduché grafické znázornění celkové dodané energie do budovy a jejich procentuální zastoupení. Součástí průkazu zpravidla bývá i návrh doporučených opatření, který povede ke snížení spotřeby energie v budově, tedy k úsporám. Platnost průkazu je 10 let a musí být vypracovaný energetickým expertem, který je zapsán v seznamu vydaném Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR. [45]

3.8 ENERGETICKÝ AUDIT (EA)

Energetický audit je dokument zpracovaný dle zák. č. 406/2000 Sb. a vyhláška č. 480/2012 Sb. *o energetickém auditu a energetickém posudku*. Jedná se o soubor energetických stavebně technických informací o energetickém hospodářství, které vyhodnocují momentální energetickou náročnost budovy a náklady na provoz. Také se využívají pro návrh dalších variant řešení, které přinesou úspory v provozních energiích a zároveň nezvýší ekologickou zátěž. Dále se zde zohledňuje ekonomická návratnost plánovaných investic spolu s účetní a faktickou návratností.

Energetický audit je nejčastěji vyžadován jako podklad pro získání informací ke snížení nákladů na provoz objektu. Důvody jsou uvedeny v zák. č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a rozsah energetického auditu ve vyhlášce č. 480/2012 Sb., *o energetickém auditu a energetickém posudku* takto:

- Fyzickým a právnickým osobám vzniká povinnost, pokud hodnota celkové spotřeby energie jejich budovy nebo energetického hospodářství dosáhne výše 35 000 GJ, jako součet za všechny budovy a týká se pouze objektů, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok.
- Organizačním složkám státu, organizačním složkám obcí a krajů vzniká povinnost, pokud hodnota celkové spotřeby energie jejich budov nebo energetického hospodářství dosáhne výše 1500 GJ za rok a to jako součet za všechny budovy a týká se pouze objektů, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok.[46]

Energetický audit je rovněž vyžadován jako součást žádosti o dotace z Evropských dotačních fondů. Vypracování energetického auditu vyžaduje skloubení znalosti stavebně technické se znalostmi tepelných prostupů konstrukcemi, solární příjmy v rámci slunečního svitu, energetické náklady v různých kategoriích energií použitých nejen pro provoz, ale i pro vytápění, chlazení a ohřev teplé vody. Pracuje se i s technologiemi z obnovitelných zdrojů, kogeneračními jednotkami a jednotkami pro zpětné využití odpadního tepla. Vzhledem k vysokým nárokům kladených na zpracovatele energetického auditu je zjevné, že se musí jednat o odborně způsobilou osobu, a to energetického specialistu s autorizací MPO ČR. (§ 10 odst. 1 pism. a) zák. č. 406/2000 Sb.)[47]

---

45) Bydlení.cz: Prukaz-energeticke-narocnosti-budov-5-dil. [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: http://www.bydleni.cz/clanek/Prukaz-energeticke-narocnosti-budov-5-dil

46) § 2 vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.

47) Energetický audit. *Audit-nemovitosti* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.audit-nemovitosti.cz/energeticky-audit.aspx

3.9 NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM

Od roku 2009 do současnosti probíhá již třetí etapa dotačních programů *„Zelená úsporám“* a *„Nová zelená úsporám“*. Současný program Ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí České republiky pod názvem Nová zelená úsporám je zaměřený na úspory energie a obnovitelné zdroje energie v rodinných domech a bytových domech.

Dotační program zaměřený na rodinné domy zahrnuje tři základní oblasti:

- **A.** Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů: dotace na zateplení obálky budovy – výměnu oken a dveří, zateplení obvodových stěn, střechy, stropu, podlahy. Podporována jsou dílčí i komplexní opatření
- **B.** Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností: dotace na výstavbu nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností
- **C.** Efektivní využití zdrojů energie: dotace na výměnu neekologického zdroje tepla (spalující uhlí, koks, uhelné brikety) za efektivní ekologicky šetrné zdroje (např. kotel na biomasu, tepelné čerpadlo, plynový kondenzační kotel) nebo napojení na soustavu zásobování teplem s vyšším než 50 % podílem obnovitelných zdrojů energie, na výměnu elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem, na instalaci solárních technických a fotovoltaických systémů, na instalaci systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu

V praktické části diplomové práce byla využita kombinace oblasti podpory A..

3.10 ENERGIE A JEJÍ SPOTŘEBA

3.10.1 Historie energie

V dnešní době je stále více skloňovaným pojmem energie, která je tak životně důležitá. Z fyzikálního hlediska je energii nutno chápat jako schopnost hmoty konat určitou práci. Energie je hnacím motorem života a rozvoje civilizace. Převážná část energie je organismy přijímána ve formě slunečního záření.

S využitím energie člověk započal před cca před 120 tisíci lety př. n. l., kdy se naučil využívat oheň pro denní potřebu. Se zvyšujícími se nároky na životní potřeby člověka vzrůstala i spotřeba energie. Od konce 19. století, v době průmyslové revoluce, došlo k prudkému nárůstu spotřeby energie, s čímž souvisela řada negativních jevů, jako je prudký nárůst emise skleníkových plynů. V porovnání s érou předprůmyslovou je dnes v atmosféře o 40 % oxidu uhličitého více.[48] Tento nárůst zapříčinila zejména těžba uhlí, ropy, plynu, výstavba tepelných elektráren, dopravní prostředky atd. Většina energie byla čerpána z neobnovitelných zdrojů. Spalováním fosilních paliv např. hnědého a černého uhlí dochází k výrazné emisi oxidu uhličitého, což má negativní dopad na tvorbu tzv. skleníkového efektu. Řešení negativních dopadů emise skleníkových plynů má přímou souvislost s naplňováním cíle dosažení trvale udržitelného rozvoje společnosti.

Trvale udržitelný rozvoj společnosti je celosvětovou prioritou. Tento pojem je definován v zákoně o životním prostředí č. 17/1992 Sb. v § 6.[49] „*Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový*

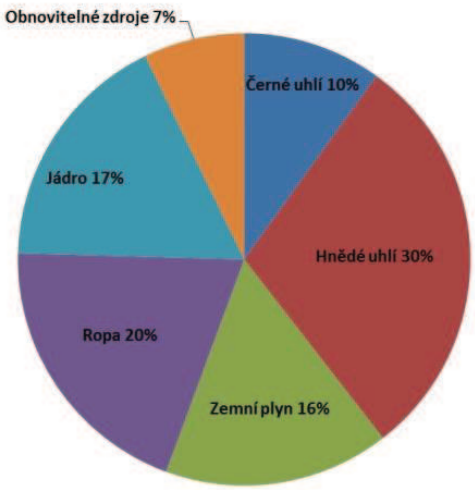
[48)] Globální oteplování v jediném grafu: opravdu za to mohou lidé. *Technet.idnes* [online]. 2015 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://technet.idnes.cz/globalni-oteplovani-grafy-dc2-/veda.aspx?c=A150703_165530_veda_pka>

[49)] § 6 odst.1, zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí.

rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“ Dosažení trvale udržitelného rozvoje společnosti je možno dosáhnout za předpokladu snižování spotřeby energie a zvyšování využitelnosti obnovitelných zdrojů. V současnosti jsou energetické úspory a zvyšování účinnosti využívání energie našim největším a nejlevnějším zdrojem energie. Velké množství energie spotřebováváme značně neefektivně. Energetickou náročnost našich každodenních činností by bylo možno pokrýt podstatně menšími nároky na energii. Velký potenciál je ve snižování spotřeby na vytápění a přípravu teplé vody u stávajících budov.[50]

3.10.2 Spotřeba primární energie v České republice

Primární energetické zdroje jsou v České republice pokryty téměř z 50 % domácími zdroji. Česká republika je tedy z 50 % soběstačná, což ji řadí mezi nejvíce soběstačné státy Evropské unie. Průměr se pohybuje kolem 60 %. Hlavní odvětví soběstačnosti České republiky je výroba tepla a elektrické energie. Česká republika ročně spotřebuje cca 1800 primárních energetických jednotek.[51]



Graf č. 1 - Spotřeba primární energie dle zdrojů v ČR c letech 2010-2013

Struktura primárních zdrojů užitých k výrobě elektřiny a dodávce tepla je dlouhodobě stabilní. K výrobě elektřiny a tepla je z větší části využito hnědé uhlí, jádro, černé uhlí. Výroba energie z obnovitelných zdrojů i přes značné dotace v minulých letech plně nenahradila spotřebu fosilních paliv.

[50)] MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada, 2013, 112 s. : il. (některé barev.) ; 21 cm. ISBN 978-80-247-4559-6.

[51)] Aktualizace státní energetické koncepce České republiky [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.strukturalni-fondy.cz/getmedia/85476420-5469-46ab-a19f-51a0c97eae8d/AKTUALIZACE-STATNI-ENERGETICKE-KONCEPCE-CR.pdf?ext=.pdf>

4 TEORIE ZATEPLOVÁNÍ

4.1 DRUHY TEPELNÝCH IZOLACÍ

„Izolace jsou jednou ze základních součástí stavby, neobejdeme se bez nich. Jejich vhodným výběrem i aplikací významným způsobem ovlivníme úroveň kvality celého objektu. Ovšem od doby, kdy byla k dispozici skelná vata na jedné a IPA na druhé straně, uplynulo mnoho vody. Dnes pro každý účel existuje mnoho variant, z nichž si musíme umět vybrat.“[52]

Pokud se začneme zabývat tepelnými izolacemi od počátku, zcela jistě se bude jednat o přírodní druhy tepelných izolací, jako jsou například seno nebo sláma. V 60. letech se začaly objevovat plasty, které se ve velké míře začaly uplatňovat u spodní části budov. Dnes jednoznačně patří i mezi nejpoužívanější tepelné izolace. Podle materiálu můžeme tepelné izolace dělit na pěnové materiály, minerální vláknité materiály a rostlinné materiály.[53]

Extrudovaný polystyren (XPS)

„Tento typ polystyrenu je dražší než pěnový polystyren. Má lepší mechanické vlastnosti, zejména má uzavřenou buněčnou strukturu. Proto je nenasákavý. Od pěnového polystyrenu se pozná tak, že se při rozlomení nedrolí na jednotlivé kuličky, ale má stejnorodou strukturu vzduchových bublinek (obdobně jako pěnový polyuretan, tedy např. molitan.“ [53]

Obr. č. 5 - Extrudovaný polystyren (XPS)

Pěnový polystyren (EPS)

„Je u nás vedle minerálních vln nejrozšířenějším tepelně izolačním materiálem, který vyhrává především cenou. Vyrábí se dvěma způsoby. První z nich je vypěňování do forem. Tento materiál má většinou uzavřenou buněčnou strukturu, a proto je velmi málo nasákavý. Obvykle bývá pevnější než pěnový polystyren řezaný z bloků a také dražší. Od pěnového polystyrenu řezaného z bloků se obvykle pozná tak, že má na povrchu plastický název výrobku firmy, která jej vyrobila nebo alespoň znatelný výstupek vzniklý nedokonalým spojením jednotlivých dílů formy.“ [53]

[52)] Stavebnictvi3000.cz: tepelné izolace – přehled, materiály, druhy, způsoby použití. DALMATIKA DAŇKOVÁ, Dana a HEJDÁLEK, Jiří. [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/

[53)] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. 1.vyd. Praha:BEN, 2005, 143 s.ISBN 80-730-0159-4

„Druhým typem pěnového polystyrenu je nejznámější výrobek tohoto druhu, a sice pěnový polystyren řezaný z vypěněných kvádrů. Tento materiál má několik nepříznivých vlastností, pro něž se o něm traduje, že se časem ztrácí. To jsou však pouze laická vyjádření důsledků těchto vlastností. První z nich je smršťování do původního nenapěněného stavu. Tato tvarová změna je závislá na teplotě a na čase, která uplynula od výroby.“ [53]

„Při běžných teplotách (výrobce uvádí 85˚C, já bych byl opatrnější a raději je zatěžoval maximální teplotou 70˚C) se tento proces zastaví po několika týdnech. Objemově stabilizovaný pěnový polystyren je tedy ten, který po vypěnění ležel určitou dobu ve skladu a teprve potom byl rozřezán na desky. Jeho druhou nepříznivou vlastností je, že snáší pouze omezenou teplotu. Výrobce uvádí 85˚C. Poslední nepříznivou vlastností je, že je rozpustný organickými rozpouštědly. Kde tyto vlivy nejsou, není třeba se obávat, že by se v průběhu doby tento materiál „ztratil“. Nedoporučuji jej používat pro zateplování velmi tmavých fasád orientovaných ke slunečnímu záření a dále například na tepelnou izolaci atiky a parapetů.“ [53]

Obr. č. 6 - Isover EPS 70F

Obr. č. 7 - Grafitový polystyrén Isover EPS Grey Wall

Minerální vlna

„Jedná se u nás vedle pěnového polystyrenu o nejrozšířenější tepelně izolační materiál. Vyrábí se z různých hornin tavením na velmi slabá vlákna a dalším lisováním do příslušných výrobků. Jako prvotní surovina se obvykle používá čedič (kamenná vlna), či křemen a další sklotvorné příměsi (skelná vlna). Předností těchto materiálů je nízký difuzní odpor, dále lehká tvarovatelnost a odolnost proti vysokým teplotám. Existuje široký sortiment výrobků z těchto materiálů a každý má specifické vlastnosti podle určení, kam se výrobek používá. Je proto nutné přesně vědět, jaké obchodní označení má který výrobek a na co je vhodný. Záměna materiálu může vést ke ztrátě jeho vlastností.“[54]

Obr. č. 8 - Isover TF Profi

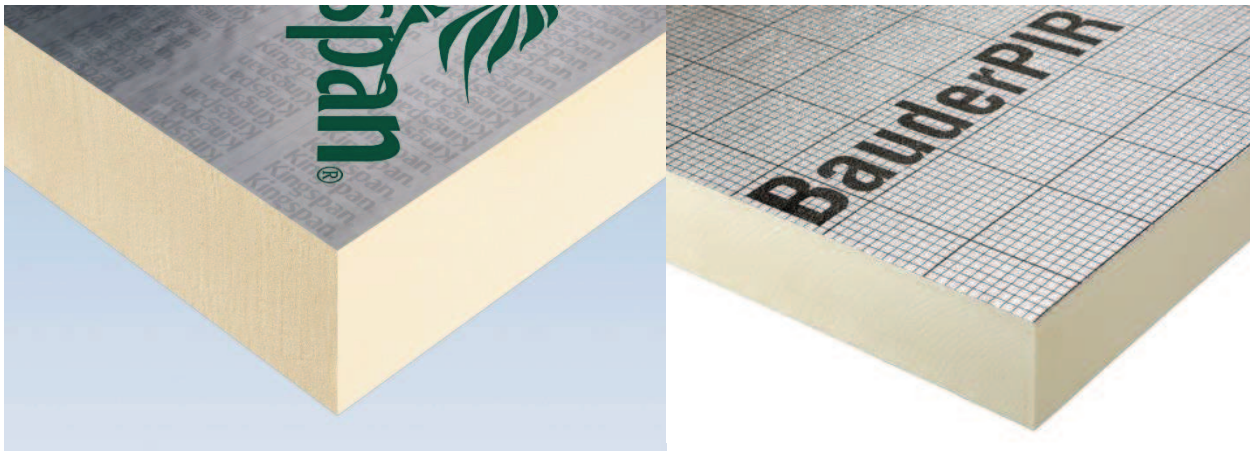
Obr. č. 9 - Isover NF 333

[54] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. 1.vyd. Praha:BEN, 2005, 143 s.ISBN 80-730-0159-4

Polyuretan (PUR, PIR)

„Je to velmi účinná tepelná izolace. Může být použit ve formě měkké polyuretanové pěny (molitanu) nebo tvrdé polyuretanové pěny. Ve stavebnictví se používá téměř výhradně tvrdá polyuretanová pěna (PUR). Používá se buď v deskách či různých tvarovkách, nebo je možné ji koupit jako jednosložkovou či dvousložkovou hmotu pro aplikaci na místě. Objemová hmotnost je obvykle od 35 do 120 kg/m3. Běžně snáší teploty od -50˚C do +130˚C. Materiál je odolný většině rozpouštědlům, kyselinám, louhům. Nesnáší UV záření a je nutné jej před tímto zářením chránit.“[54]

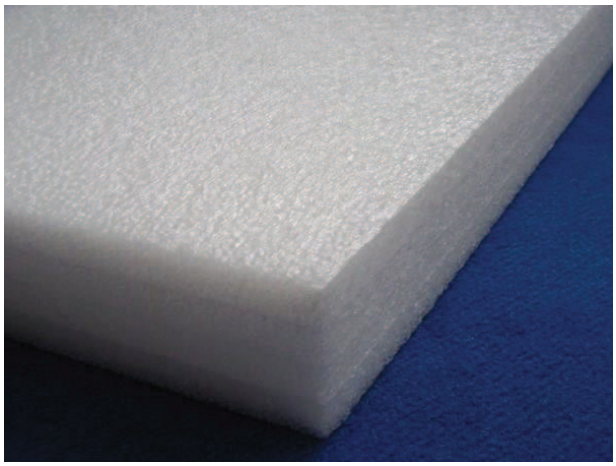
Obr. č. 10 - Polyuretanová pěna (molitan)



Obr. č. 11 - Polyuretanová pěna Kingspan (PUR), (PIR)

Pěnový polyetylén

„Tento materiál je poměrně drahý. Jeho hlavní výhodou oproti ostatním materiálům je to, že je ohebný. Je také nenasákavý. Používá se proto hlavně jako tepelná izolace potrubí nebo v slabých tloušťkách (2 mm) jako pružná podložka pod plovoucí podlahy. Použitelný je od -40˚C do +80˚C.“[54]



Obr. č. 12 - Pěnový polyetylén

Celulóza

„Tato tepelná izolace se vyrábí ze starého papíru. Při její výrobě je důležitý takový postup, který co nejméně porušuje buničitá vlákna, jinak má hmota větší objemovou hmotnost a tím i nižší tepelně izolační účinek. U nás je známá pod názvem Climatizér plus, neboť pod tímto názvem se u nás začala vyrábět. Výrobek je impregnovaný boraxem a kyselinou boritou proti hoření a proti biologickému napadení. Použitelnost této izolace je v rozmezí -50˚C až +105˚C.“ [54]

„Výhodou tohoto materiálu je jeho nízká cena, zpracování foukáním na místě a často i jeho vysoká nasákavost, i když se u tepelných izolací obvykle snažíme o to, aby se jednalo o suché nenasákavé materiály.“ [54]

Obr. č. 13 - Celulóza

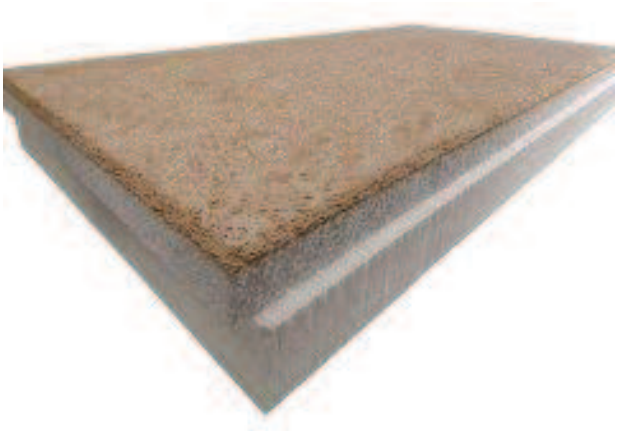
Perlit

„Vyrábí se z perlitů, což jsou horniny expandované zahřátím na vysokou teplotu. Tím dojde k uvolnění vázané vody, která způsobuje její napěnění. Jde tedy o čistě přírodní materiál, jenž snáší vysokou teplotu. Je vodou nasákavý. Proto může být použit pouze tam, kde se žádná voda, ani kondenzovaná, nevyskytuje. Objemová hmotnost se pohybuje od 100 do 250 kg/m3. Je možné z něj vyrábět beton nebo maltu pro zdění i omítání. Jejich fyzikální hodnoty pak závisí na složení použité směsi.“ [55]

Obr. č. 14 - Perlit

Desky z dřěvité vlny a cementu

„Tyto desky jsou u nás známé pod názvy Heraklit a Lignát. K tomuto materiálu mají dobrou přilnavost klasická stavební pojiva, tedy malta a beton. Desky jsou poměrně tuhé a pro tuto vlastnost se kombinují s jinými méně pevnými tepelnými izolacemi – pěnovým polystyrenem a deskami z minerální vlny.“ [55]



Obr. č. 15 - Desky z dřěvité vlny a cementu

[55] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. 1.vyd. Praha:BEN, 2005, 143 s.ISBN 80-730-0159-4

Keramzit

„Keramzit je obdobně jako perlit vyráběný expandací z přírodních surovin – jílů. Snáší velmi vysoké teploty až 1050˚C, má velkou pevnost v tlaku. Používá se i jako lehčivo do betonů. Může se s jeho pomocí vyrobit i předpjatý lehčený beton, což je český světový unikát.“ [55]

Obr. č. 16 - Keramzit

Foukaná izolace

Výrobek na bázi skleněného vlákna sloužící jako tepelná izolace instalovaná technologií foukáním do dutin či volného prostoru.

Obr. č. 17 - Foukaná izolace Rotaflex Super

4.2 ZPŮSOBY ZATEPLENÍ

4.2.1 Vnější zateplení

Většinu budov je vhodné zateplovat z venku. Hlavním důvodem je prodloužení životnosti konstrukce. Zateplení chrání nosnou konstrukci v zimě před promrzáním a v létě před slunečním žárem, tudíž klesne namáhání dilatací. Dobrým vnějším zateplením se také vyřeší tepelné mosty ve spárách, rozích, věncích a také u výplní otvorů. [56]

Výhody:

- Zdivo je v teple a není tolik namáháno na výkyvy teplot.
- Zlepší se akumulační schopnost domu.
- Eliminace tepelných mostů.
- Zamezení kondenzace vodní páry v konstrukci.
- Při provádění není příliš rušen pobyt osob v domě.

Nevýhody:

- Potřeba lešení.
- Izolace se musí provádět najednou v celé ploše stěny.
- Zvětší se půdorys domu.
- Vysoké náklady.

4.2.2 Kontaktní zateplení

Jedná se o nejvíce rozšířený a dnes již dobře odzkoušený způsob zateplení, kdy se izolant přilepí k podkladu a ukotví se hmoždinkami, aby se ani při větru neodtrhl. Na izolaci se poté nanese stěrková omítka se ztužující síťkou. Jako izolant se nejběžněji používá polystyren nebo také minerální vata. U rodinných domů si vystačíme pouze s obyčejným fasádním polystyrenem. Pokud se ale jedná například o panelové domy, musíme dle požární bezpečnosti používat i minerální vatu tam, kde se dělí požární úseky nebo nad 22,5 m výšky, kvůli zásahu požárních jednotek. Výhodou tohoto zateplení je zabránění tepelných mostů.

Naopak nevýhodou je, že objekt vyžaduje únosný pevný podklad. Nelze je tedy použít na starou odpadající omítku. Kontaktní zateplení se dále nesmí použít ani tam, kde máme problém s vlhkým zdivem. Určité technologické postupy lze provádět pouze za příznivého počasí. [56]

4.2.3 Podlahy půd

Podlahy půd se rozhodneme zateplovat ve chvíli, aby teplo neunikalo z vytápěných prostor pod nimi. Zde se jedná o téměř stejné provedení jako při zateplení střechy. Zde ovšem odpadá problém s hydroizolací.

V historii se provádělo především na vesnicích zateplení těchto prostor pomocí sena či slámy. Při použití dostatečné vrstvy tohoto materiálu jde o velmi kvalitní tepelnou izolaci. Tepelněizolační vlastnosti těchto materiálů jsou velice podobné jako u ostatních běžných tepelných izolací, jako minerální vlna či pěnový polystyren.

[56)] STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014, 157 s. : barev. il., plány ; 24 cm. ISBN 978-80-247-4808-5.

Pro volbu zateplení je rozhodující stavební provedení stropní konstrukce a budoucí využití půdních prostor. Pokud budou tyto prostory využívány, je potřeba provést zateplení umožňující pohyb po půdě. Zateplení těchto prostor si majitelé rodinných domů často provádějí svépomocí se snahou ušetřit náklady. Často dochází k pokládce vrstvy starých koberců, rozložení novin, či starých matrací z postele. Dalším poměrně levným zateplením je u dřevěného trámového stropu nafoukat buničinu mezi trámy. Při nafoukání této izolace do dutin mezi trámy sice není záruka rovnoměrného rozmístění tepelné izolace, ale dá se předpokládat po téměř celé ploše. Pokud musí podlaha splňovat podmínku pochůznosti, je možné položit tepelnou izolaci z minerální vlny či pěnového polystyrenu přímo na podlahu a na izolaci nabetonovat roznášecí vrstvu, která bude sloužit jako podlaha. Další varianta je na položenou tepelnou izolaci nalepení roznášecích desek (CETRIS nebo OSB) a na tuto roznášecí vrstvu položení druhé vrstvy těchto desek a jejich vzájemné sešroubování. Dále je možnost na stávající podlahu položení dřevěných trámečků. Prostor mezi podlahou a trámky pak slouží k uložení tepelné izolace. Na dřevěné trámky se položí podlaha z OSB desek nebo prken. Pokud není potřeba mít půdu pochůznou, můžeme použít jakoukoli tepelnou izolaci. [57]

4.2.4 Výplně otvorů

Výměna výplní otvorů je u starých domů velmi důležitá. Každý jistě zná, jak je to se starými okny. I když zrovna nevětrá, přes okno táhne, jako by bylo pootevřené. Těmito starými okny pak odchází velké množství tepla, které za nemalé peníze do objektu dodáváme. Při správné výměně starých oken a dveří za nové, moderní okna s izolačním dvojsklem nebo trojsklem, můžeme na vytápění ušetřit několik tisíc korun ročně. [58]

„Výměna výplní otvorů se projeví i citelným zvýšením zvukové izolace oken, úsporou času při údržbě. Různými bezpečnostními prvky je možné zmírnit riziko úrazu při rozbití okna nebo zamezit vloupání. Při výměně mohou ale nastat různé problémy, které se většinou objeví až po uplynutí záruční doby. Většinou se jedná o výrobní chyby nebo o chyby při nedodržení technologického postupu montáže. Při výměně by se nemělo zapomínat ani na nutnost zateplení ostění a parapetu okna z exteriéru. Pokud proběhne pouze výměna výplní bez zateplení domu, musí se dát pozor na místa, kde se může srážet vodní pára. Kondenzace hrozí u domů s dřevěnými trámy, kde může klidně špatná výměna oken vést po 10 až 15 letech k propadnutí stropu. Kondenzace dále hrozí na stěnách, v rozích místností nebo za nábytkem, kde se po výměně mohou začít objevovat plísně.“ [59]

4.3 DŮVODY K ZATEPLENÍ RD

Je mnoho důvodů, proč se v dnešní době stále více zateplují staré i nové domy, ať už z hlediska zpřísňování požadavků na jednotlivé konstrukce, nárůst cen energií, nebo prodlužování životností staveb. Nejčastějšími důvody zateplení jsou:

- tepelná úspora,

[57] STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014, 157 s. : barev. il., plány ; 24 cm. ISBN 978-80-247-4808-5.
[58] GRYGERA, Filip a Alice KUPČEKOVÁ. *Bydlete úsporně: jak investovat do energetických úspor a získat dotaci v programu Zelená úsporám*. Brno: Computer Press, 2010, 152 s.: barev.il mapy; 21 cm. ISBN 978-80-251-2857-2.
[59] POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. *Úsporný dům*. Brno: CPress, 2012, viii, 184 s.: il., plány ;. ISBN 978-80-264-0014-1

- bezpečná investice,
- ochrana nosných konstrukcí,
- hygiena,
- estetika,
- zkrácená topná sezóna.

4.3.1 Tepelná úspora

Základním důvodem pro zateplování budov je zvýšení odporu obvodových stěn vůči pronikání tepla resp. chladu skrz tyto stěny. Zateplením obvodových stěn lze dosáhnou výrazné úspory nákladů na vytápění, kdy u menších objektů s větším počtem ochlazovaných stěn lze dosáhnout až 50 % úspory na vytápění oproti předchozí topné sezóně. Zateplení však pouze neomezuje proudění tepla z interiéru do exteriéru, ale omezuje i proudění tepla z vnějšího prostředí do vnitřního v parných létech, čímž opět přispívá k zlepšení vnitřních podmínek.[60]

4.3.2 Ochrana nosných konstrukcí

Zateplíme-li rodinný dům kontaktním zateplovacím systémem, posuneme tím nulový bod do izolantu, čímž se značně omezí vliv teplotních změn, které na konstrukci domu působí. Dochází tak k ochraně obvodové konstrukce před kondenzací vodních par, nepříznivým střídáním teplot a promrzání zdiva a tím se prodlouží životnost domu. [58]

4.3.3 Estetika

Změna vnějšího vzhledu probarvenými omítkami je u starých domů znatelným krokem ke změně a vymanění se ze šedivé typizované výstavby 70. až 90. let minulého století. [58]

4.3.4 Hygiena

Správným provedením zateplení a tím i zajištění výměny vzduchu v interiéru dojde k výraznému zvýšení vnitřní teploty a tím i pohody bydlení, kterou tvoří kombinace teploty a prodění vzduchu, vlhkosti a eliminací výskytu plísní, mechů řas a mikroorganismů. [58]

4.3.5 Bezpečná investice

Jedná se o jednorázovou investici, kterou zaplatíme při realizaci zateplení, ale na druhou stranu se nám trvale sníží spotřeba energie na vytápění. Je ale nutné spočítat, aby vynaložená investice nebyla vyšší než úspora energie za dobu životnosti zateplení.[61]

[60)] REBU-STAV: Důvody pro zateplení domu. HEJHÁLEK. [online]. [cit. 2016-03-14]. Dostupné z www. <http://www.rebustav.cz/duvody-pro-zatepleni-domu.htm>

[61)] Zatepleni-fasad.eu: 10 důvodů proč zateplit dům. [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z www. <http://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/10-duvodu-proc-zateplit-dum/>

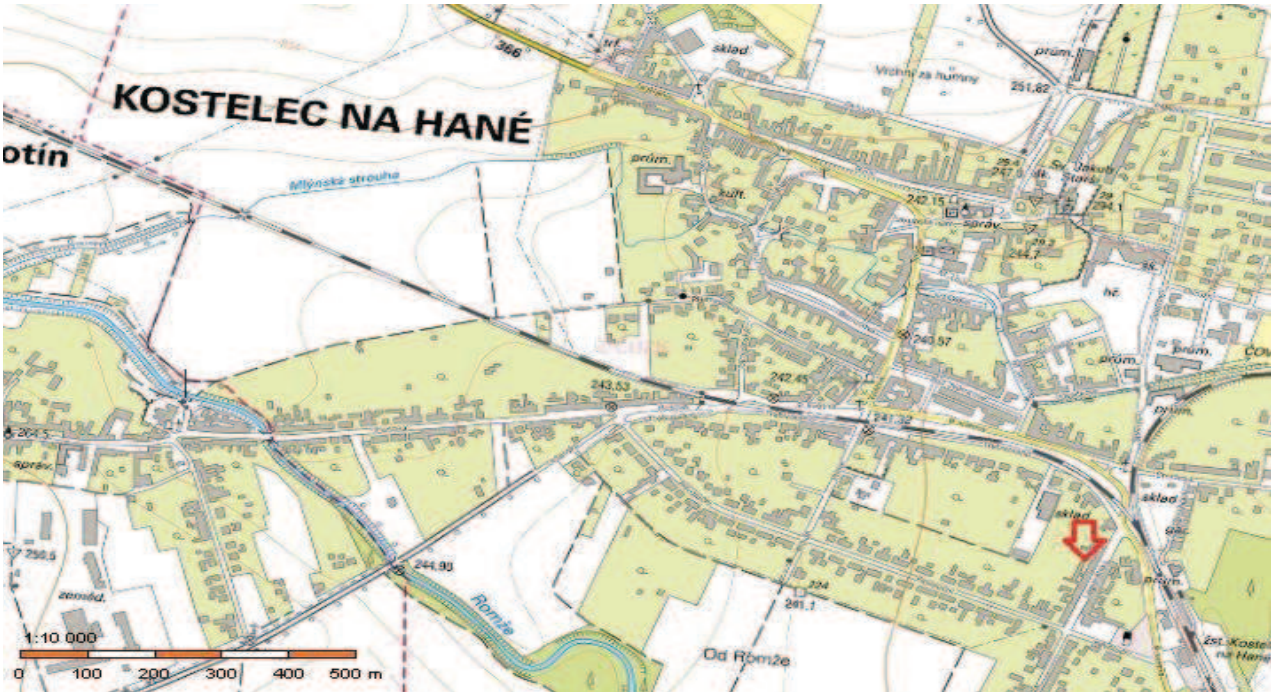
5 PRAKTICKÁ ČÁST

Jako podklad pro analýzu vlivu zateplení použijeme projektovou dokumentaci pro provedení nástavby tohoto rodinného domu, zpracovanou Ing. Hynkovou v roce 1998, kterou nám poskytl majitel nemovitosti. Dokumentace obsahuje výkresy jednotlivých podlaží, řez a pohledy na průčelí objektu. Dále byla provedena osobní prohlídka této stavby, kde došlo k vizuální kontrole objektu a následnému doměření stavebních konstrukcí, otvorů a ploch. Majitelem byly poskytnuty informace a údaje o zdrojích vytápění, ohřevu teplé vody, inženýrských sítích, provedených úpravách výměny oken a dveří v celém objektu včetně cen a výpisů jednotlivých prvků pro podrobné vypracování analýzy vlivu zateplení. Pro zpracování této diplomové práce byly použity dostupné zdroje literatury uvedené v seznamu použitých zdrojů.

5.1 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU RODINNÉHO DOMU

5.1.1 Poloha a dispozice rodinného domu

Posuzovaný objekt rodinného domu je situován v Olomouckém kraji v malém městě Kostelec na Hané, ležící i říčky Romže asi 5km severozápadně od města Prostějov. Pozemek, na kterém je umístěna stavba s p. č. 488, se nachází v jižní části obce v rovinatém terénu na par. č. 430 v k. ú. Kostelec na Hané. Jedná se o objekt v řadové zástavbě z roku 1969, který procházel od roku 2003 rekonstrukcí a nadstavbou, a následně byl využíván pro bydlení v září roku 2013. Na pozemek jsou vyvedeny veškeré sítě technické infrastruktury. V okolí pozemku převažuje zástavba rodinných domů. Občanská vybavenost obce je zcela nezávislá na nedalekém městě Prostějov. Najdeme zde městský úřad, poštu, vlakové nádraží, autobusové zastávky hromadné dopravy, prodejny potravin, mateřskou a základní školu a několik stravovacích zařízení. V lokalitě nepůsobí žádné nepříznivé vlivy, které by negativně ovlivňovali objekt rodinného domu. (např. záplavové území)



Obr. č. 18 - Poloha posuzovaného objektu v Kostelci na Hané dle KN

Obr. č. 19 - Výřez z katastrální mapy – situování rodinného domu

Abychom byli schopni správně zadat, a následně vyhodnotit Průkaz energetické náročnosti budovy je nutné, abychom měli co nejpřesnější informace o poloze objektu, tvaru a rozměrech objektu a vyskytujících se skladeb jednotlivých konstrukcí, typ využití objektu a s tím související zdroje energie. Pro stanovení průkazu energetické náročnosti budovy (PENB) je toto důležité z hlediska zařazení objektu do správné oblasti s danou venkovní návrhovou teplotou v zimním období, které je značeno Θe. Pokud bychom zařazení neprovedli správně, dostali bychom odlišnou návrhovou teplotu a tím by byl výpočet značně zkreslen. Pro Českou Republiku je dána teplotní klimatická mapa teplotních oblastí[62], podle které se teplota v příslušné oblasti stanoví.

Posuzovaný objekt je součástí olomouckého kraje, okres Prostějov, orientovaný vstupním průčelím budovy na jihovýchodní stranu, na který se vztahují tyto okrajové podmínky.

Tab. č. 2 - Okrajové podmínky v Kostelci na Hané

Okrajové podmínky:			
Návrhová vnitřní teplota	θ_i	20,0	°C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu:	θ_{ai}	20,6	°C
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu:	φ_i	50	%
Bezpečnostní vlhkostní přirážka:	$\Delta\varphi_i$	5	%
Návrhová teplota venkovního vzduchu:	θ_e	-15,0	°C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:	φ_e	84	%
Nadmořská výška budovy (terénu):	h	241	m.n.m.

Orientace vůči světovým stranám je důležitá, protože stavební konstrukce natočené na severní stranu jsou více ochlazovány než konstrukce natočené na jižní, východní nebo západní stranu. Je to

[62] dle ČSN 730540-3, příloha H1 http://www.tzb-info.cz/4318-vypocetni-nastroj-pro-stanoveni-energeticke-narocnosti-budov-podle-vyhlasky-148-2007-sb-ii

způsobeno především větší absencí slunečního záření. Z tohoto důvodu mohou být kladeny na tyto konstrukce vyšší požadavky (např. je zde nutná větší tloušťka tepelné izolace). Naopak místnosti natočené na jižní stranu mohou mít díky proskleným plochám vyšší tepelné zisky od slunečního záření, což snižuje spotřebu tepla na vytápění nebo energii pro osvětlení.

Objekt rodinného domu má dvě obytná nadzemní podlaží, 1. nadzemního podlaží (1NP), o podlahové ploše 106,61 m^2, 2. nadzemního podlaží (2NP), o podlahové ploše 105,53 m^2 a neobytnou půdu a je využíván 4 osobami.

Tab. č 3 - Místnosti 1. nadzemní podlaží (1NP)

Ozn.	**Účel místnosti**	**Plocha (m^2)**
1.01	Zádveří	23,93
1.02	Předsíň	1,23
1.03	Pokoj	19,68
1.04	Ložnice	14,45
1.05	Koupelna	3,38
1.06	Schodiště	5,60
1.07	WC	1,10
1.08	Spíž	2,32
1.09	Předsíň	1,52
1.10	Kuchyň s jídelním koutem	16,63
1.11	Obývací pokoj	19,80

Tab. č. 4 - Místnosti 2. nadzemního podlaží (2NP)

Ozn.	**Účel místnosti**	**Plocha (m^2)**
2.01	Chodba	18,20
2.02	Ložnice	13,44
2.03	Schodiště	6,72
2.04	Koupelna	8,30
2.05	WC	1,75
2.06	Kuchyň s jídelním koutem	12,96
2.07	Obývací pokoj	19,68
2.08	Pokoj	11,52
2.09	Pokoj	12,96

Výkresy jednotlivých podlaží s fotodokumentací objektu jsou přiloženy v Příloze N. Nutno upozornit, že při výstavbě rodinného domu byly provedeny některé stavební úpravy v dispozicích jednotlivých podlaží a konstrukcích, které nebyly dále zakresleny do projektové dokumentace. Průkazy energetické náročnosti budovy byly provedeny dle skutečného stavu objektu.

Bližší specifikace a vybavení objektu, systémy technického vybavení budovy, plochy a objemy místností a konstrukcí, jejich orientace a součinitele prostupu tepla stavebních otvorů, dle doložených faktur, smluv o dílo a výpisů majitelem, jsou součástí Přílohy D.

5.1.2 Základní technický popis stavby

Objekt pro bydlení – Kostelec na Hané, jedná se o objekt k bydlení. Objekt je veden pod parcelním č. 430, Legionářská č. p. 448, Kostelec na Hané v k. ú. Kostelec na Hané. Objekt je v majetku Bc. Martin Nadymáčka, Legionářská 448, Kostelec na Hané.

Stavební a konstrukční řešení

Jedná se o dvoupodlažní řadový objekt obdélníkového půdorysného tvaru o maximálních rozměrech 11,78 m x 10,48 m a o výšce cca 9,250 m se sedlovou střechou, která přiléhá severním a jižním štítem k vedlejším objektům, sloužícího jako objekt pro bydlení. Objekt byl postaven v roce 1969, rok byl doložen původní dokumentací téhož roku a dobovými fotagrafiemi. Objekt je využíván k bydlení, kdy v 1.NP se nachází provozní i bytová část využití a 2.NP slouží jako bytová část. Půda je bez dalšího využití. Střecha je sedlová.

Objekt se nachází na rovinatém terénu. Nosná obvodová konstrukce stávajícího zdiva o tl. 470 mm je vyzděna z cihel plných palených. Základy předpokládáme z prostého betonu. Objekt je napojen na NN, kanalizaci (obecní splašková kanalizace), a vodovodní rozvod – studna. Dešťové vody jsou likvidovány na pozemku majitele a dešťovou obecní kanalizací.

V rámci konstrukčního řešení stavby se jedná pouze o předpoklady, vycházíme pouze z viditelných prvků a materiálů, nebyly provedeny žádné sondy do konstrukcí. V případě stavebních úprav je nutno tento předpoklad ověřit, jelikož nebyly provedeny sondy do konstrukcí a původní projektová dokumentace neobsahovala tyto informace.

Zhodnocení stávajícího stavebně technického stavu

Za přítomnosti majitele objektu byla provedena prohlídka stavby. Na místě byla provedena fotodokumentace, prohlídka objektu a zběžné doměření stávajícího stavu viditelných prvků.

- Základy
  základy objektu jsou provedeny pravděpodobně z kamene a prostého betonu,
- svislé nosné konstrukce
  nosné obvodové konstrukce stávajícího zdiva o tl. 470 mm vč. povrchových úprav jsou vyzděny z cihel plných pálených, taktéž vnitřní nosné zdivo a příčky jsou vytvořeny tradičně z CPP,
- konstrukce a krytina střechy
  střecha je sedlová, tvořená dřevěnými sbíjenými příhradovými vazníky se styčníkovými deskami a pálenou dvoudrážkovou krytinou,
- stropní konstrukce
  stropní konstrukce nad 1NP je z Hurdiskových vložek, uložených do válcovaných profilů a zabetonovány prostým betonem s kari sítí, strop nad 2NP je tvořen sádrokartonovým podhledem ze sádrovláknitých desek Rigidur s roštem a nevětranou vzduchovou vrstvou o tl. 50 mm s parozábranou a tepelnou izolací Isover Domo o tl. 60 mm,
- podlahy
  podlahy jsou tvořeny převážně linoleem, keramickou dlažbou a koberci,
- výplně otvorů
  výplně otvorů oken a dveří jsou provedeny dle doložených faktur v roce 2013 z plastových profilů opatřeny dvojskly.

5.1.3 *Stavající stav*

Rodinný dům již v minulosti prošel nadstavbou a rekonstrukcí v podobě výměny starých dřevěných oken a vstupních dveří. Konkrétně se jedná o výplně s izolačním dvojsklem. Ostatní stavební konstrukce zůstaly zachovány. Obvodové zdivo nevykazuje známky vlhkosti ani výskyt plísní. Stávající stav objektu včetně jednotlivých skladeb konstrukcí jsou kompletně zpracovány z hlediska energetiky v Příloze E a následně vyhodnocen Přílohou L.

Tab. č. 5 - Posouzení součinitele prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi

Souhrnná tabulka - součinitel prostupu tepla
Stávající stav

Konstrukce		Součinitel prostupu tepla					
		-					
Ozn.	Název	U_N	U_{rec}	$0{,}90 \cdot U_{rec}$	$U_{pas,20}$	U	Hod.
[-]	[-]	[W/(m² K)]	[W/(m² K)]	[W/(m² K)]	[W/(m² K)]	[W/(m² K)]	[-]
VYP-1	Okna V	1,50	1,20	1,08	0,85	1,346	+
VYP-2	Okna Z	1,50	1,20	1,08	0,85	1,355	+
VYP-3	Dveře V	1,70	1,20	1,08	0,95	1,310	+
VYP-4	Dveře Z	1,70	1,20	1,08	0,95	1,332	+
STN-5	Obvodová stěna 1	0,30	0,25	0,23	0,18	1,404	!
STN-6	Obvodová stěna 2	2,00	1,35	1,22	0,38	1,412	+
PDL(z)-7	Podlaha na zemině	0,45	0,30	0,27	0,22	0,394	+
STR-8	Strop pod nevytápěným prostorem	0,30	0,20	0,18	0,15	0,298	+

Legenda:
! ... nevyhovuje požadované hodnotě součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2
+ ... vyhovuje požadované hodnotě součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2
x ... vyhovuje doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2
A.0 ... vyhovuje požadavku NZÚ pro oblast podpory A.0
A.0 + B ... vyhovuje požadavku NZÚ pro oblast podpory A.0 a B
B ... vyhovuje požadavku NZÚ pro oblast podpory B
U ... vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla
U_N ... požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2
U_{rec} ... doporučená hodnota součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2
$U_{pas,20}$ ... limitní požadavek pro pasivní domy dle metodického pokynu SFŽP pro NZÚ
U ... vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla
Konstrukce, na které je kladen požadavek NZÚ, jsou zvýrazněny šedým pozadím.

Z výše uvedených výsledků je zřejmé, že stávající konstrukce podlahy na zemině, strop pod nevytápěným prostorem a výplně otvorů vyhovují požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla U_N dle ČSN 73 0540-2 *Požadavky*. Obvodová konstrukce je z tepelně technického hlediska nevyhovující. Jedná se o obvodové stěny tloušťky 470mm včetně povrchových úprav z cihel plných pálených o tl. 450mm mezi vytápěným vnitřním interiérovým prostorem a vnějším prostorem, kdy konstrukce nemá ve své skladbě navrženou žádnou tepelnou izolaci. Na hranici vyhovění požadované hodnoty prostupu tepla se pohybuje i strop pod nevytápěným prostorem nad 2NP

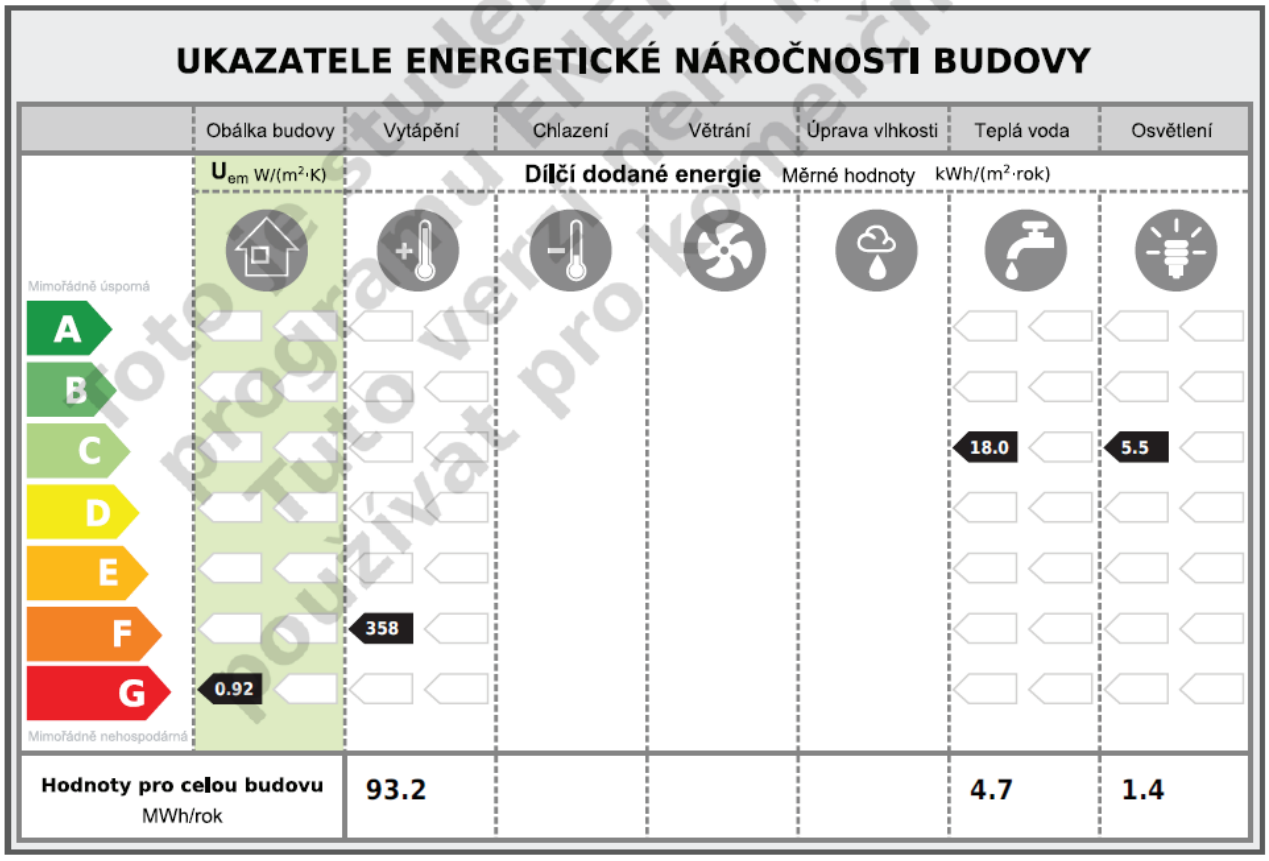
s tepelnou izolací o tl. 60mm. Tyto výsledky se promítnou do celkové tepelné ztráty domu a s tím spojenými náklady na vytápění.

Tab. č. 6 - Výpočet tepelných ztrát objektu dle ČSN EN 12 831

Orientační tepelná ztráta objektu			
Měrná tepelná ztráta objektu prostupem	H_T	529,40	W/K
Měrná tepelná ztráta objektu větráním	H_v	58,76	W/K
Vnější zimní extrémní návrhová teplota dle ČSN 73 0540-3	θ_e	-15	°C
Orientační tepelná ztráta budovy	$\Phi_{HL,ind}$	20,59	kW

Při výpočtu celkové tepelné ztráty budovy byla uvažována střední paušální přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}=0,05 [W/(m^{2}K)].

Tab. č. 7 - Ukazatelé energetické náročnosti budovy - Stávající stav



Z pohledu obálky budovy a požadavků na průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} spadá posuzovaný rodinný dům do kategorie G – Mimořádně nehospodárný. Z pohledu celkové energetické náročnosti budovy spadá objekt do kategorie F – Velmi nehospodárný, kdy dílčí dodané energie na vytápění dosahují hodnoty 93,2 MWh/rok, na teplou vodu 4,7 MWh/rok a osvětlení 1,4 MWh/rok. Z pohledu energonositelů je kusové a štěpkové dřevo zastoupeno hodnotou 69,9 MWh/rok, zemní plyn 27,8 MWh/rok a elektrická energie 1,6 MWh/rok, kdy při přibližném výpočtu ceny nákladů na energie dosahují celkové částky 88 515 Kč/rok.

5.1.4 Definice základních pojmů

Definice pojmů k 5. kapitole dle normy ČSN 73 4301 [63] – *Obytné budovy,* vymezuje mimo jiné tyto pojmy:

- obytná budova
  stavba určená pro trvalé bydlení, ve které alespoň dvě třetiny podlahové plochy připadají na byty, včetně plochy domovního vybavení určeného pro obyvatele jednotlivých bytů (nezapočítávají se plochy společného domovního vybavení a domovních komunikací). Člení se na bytové nebo rodinné domy,
- rodinný dům
  stavba pro bydlení, která svým stavebním uspořádáním odpovídá požadavkům na rodinné bydlení a v niž je více než polovina podlahové plochy místnosti a prostorů určena k bydlení; rodinný dům může mít nejvýše tři samostatné byty, dvě nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží a podkroví,
- obytná místnost
  část bytu (zejména obývací pokoj, ložnice, jídelna), která splňuje požadavky zvláštního předpisu3), je určena k trvalému bydlení a má nejmenší podlahovou plochu 8 m^2; pokud tvoří byt jediná obytná místnost, musí mít podlahovou plochu nejméně 16 m^2,
- příslušenství bytu
  prostory, které doplňují obytné místnosti a jsou určeny pro zajištění bytové komunikace, osobní hygieny, vaření a dalších funkcí, nutných pro trvalé užívání bytu,
- půda
  přístupný vnitřní prostor vymezený střešní konstrukcí a dalšími stavebními konstrukcemi, bez účelového využití,
- podlaží
  část stavby vymezená dvěma nad sebou následujícími vrchními líci nosné konstrukce stropu; rozlišují se podlaží nadzemní a podzemní,
- nadzemní podlaží
  každé podlaží, které má úroveň podlahy nebo její převažující části výše nebo rovno 800 mm pod nejvyšší úrovní přilehlého terénu v pásmu širokém 5,0 m po obvodu domu; nadzemní podlaží se stručně nazývá také: 1. podlaží, 2. podlaží atd., včetně podlaží ustupujícího.

5.2 NOVĚ NAVRŽENÁ OPATŘENÍ

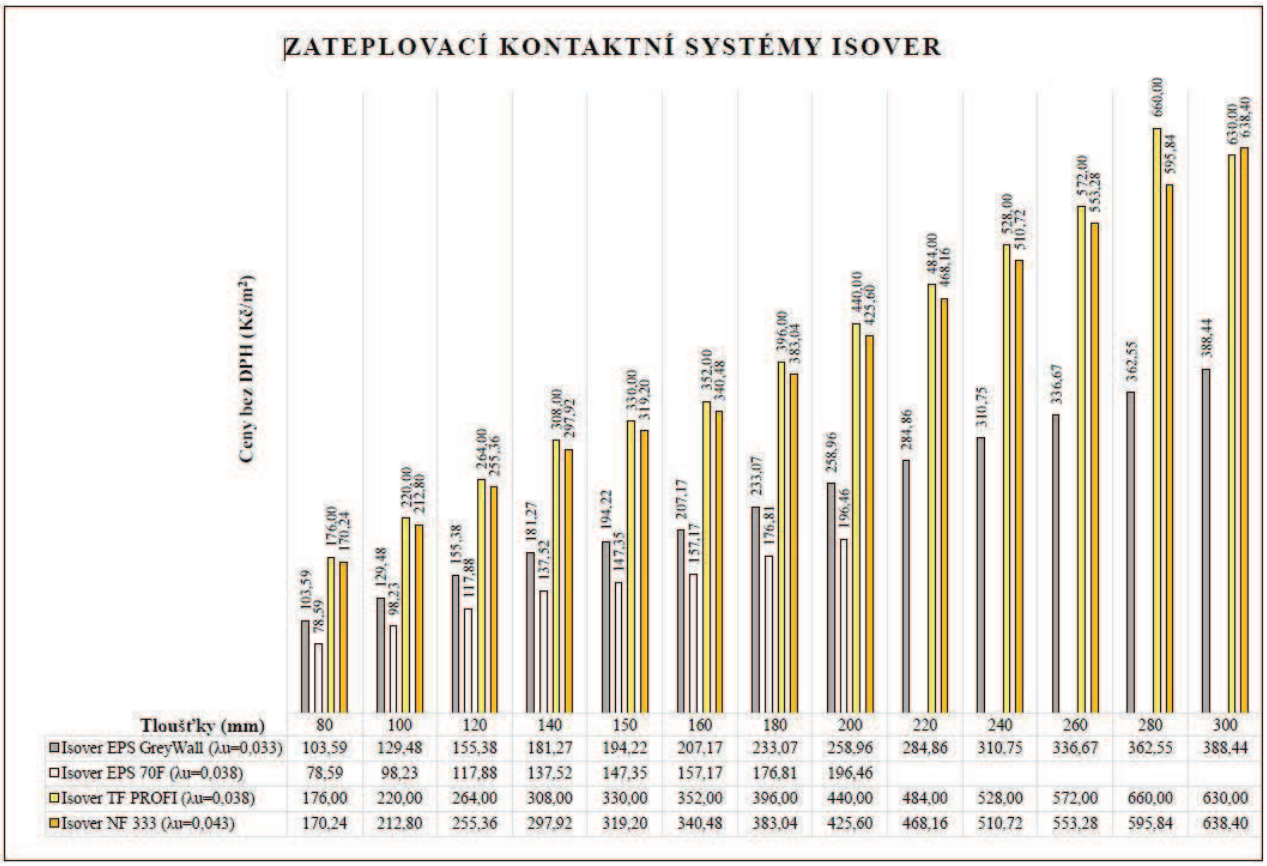
5.2.1 Vliv tloušťky tepelné izolace

V kapitole 3.4.1 jsme si uvedli výpočetní vztah pro stanovení součinitele prostupu tepla konstrukcí. Pro prvotní představu a následné jednoduché navržení dimenze tepelné izolace je provedeno zmapování trhu s kontaktními izolačními materiály, které je součásti Přílohy B. Zaměřili jsme se na kontaktní zateplovací výrobky společnosti Isover, na základě dlouholeté zkušenosti s těmito materiály. V našem případě se jedná o minerální vaty Isover TF Profi 100 a Isover NF 333 a polystyrény Isover EPS GreyWall a Isover EPS 70F.

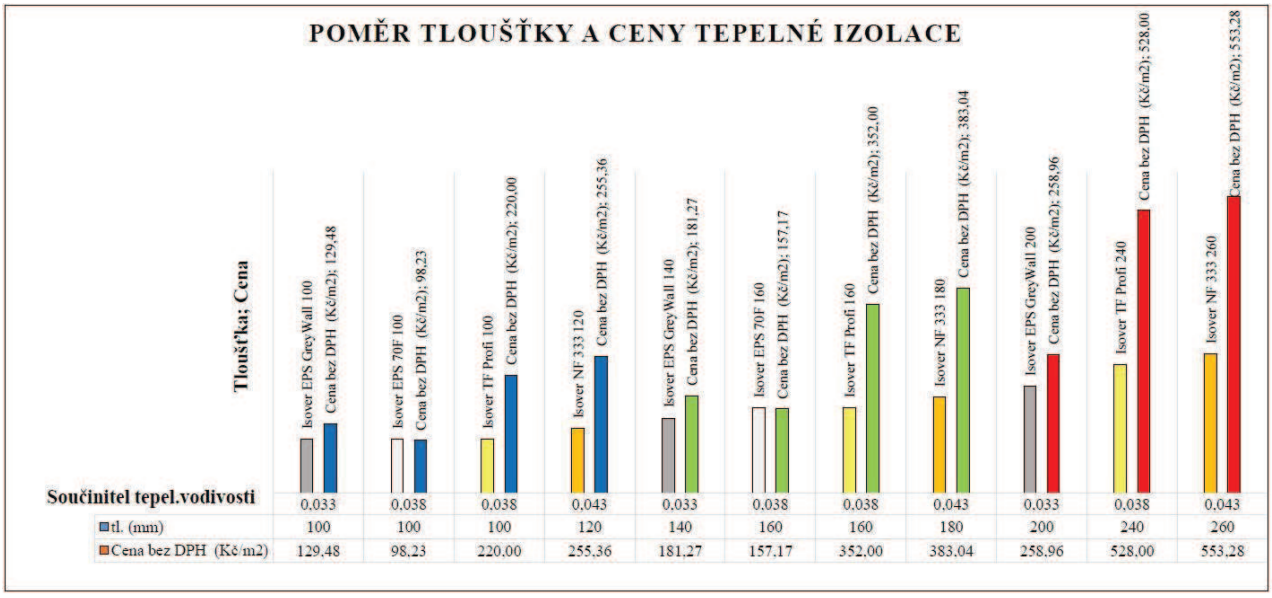
[63] ČSN 73 4301 Obytné budovy, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.

Následně byla provedena dimenze těchto tepelných izolací Isover pro ETICS vnější stěny, podle návrhových úrovní prostupu tepla s ohledem na součinitel prostupu tepla pro hodnoty požadované, doporučené a doporučené pro pasivní budovy. Toto vyhodnocení je součástí Přílohy C.

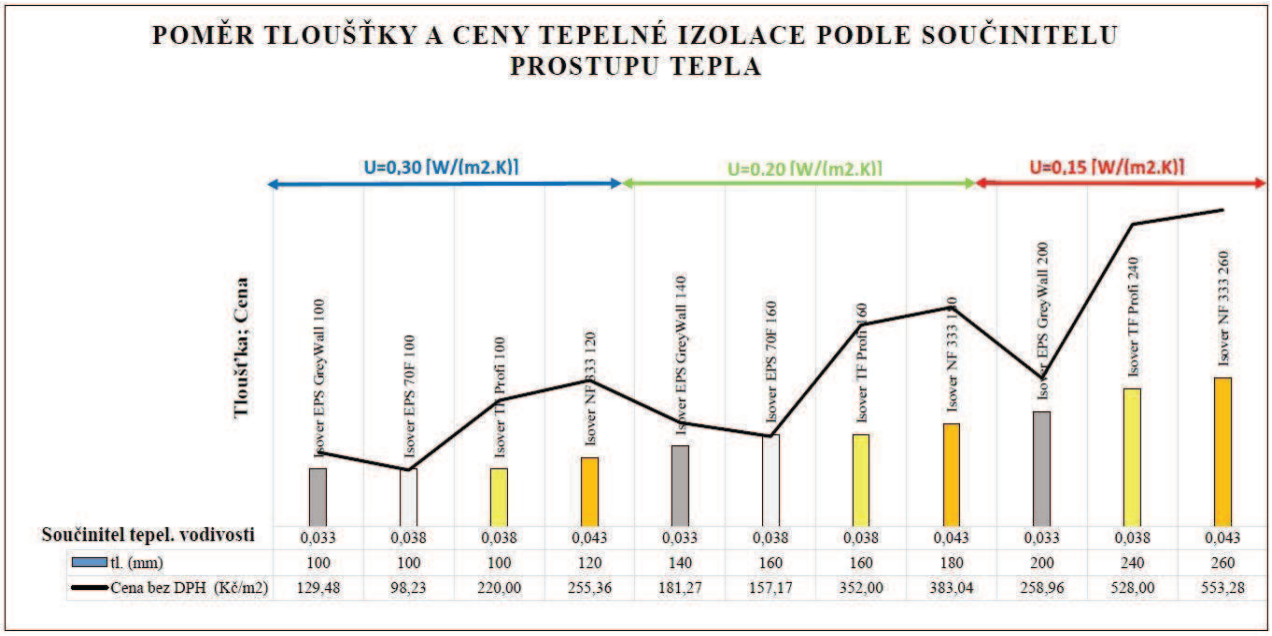
Graf č. 2 - Zateplovací kontaktní systémy Isover z hlediska tloušťky a ceny materiálu



Graf č. 3 - Dimenze tepelných kontaktních izolací Isover pro ETICS vnější stěny v poměru tloušťky a ceny



Graf č. 4 - Dimenze kontaktních izolací Isover pro ETICS vnější stěny v poměru tloušťky, ceny, součinitele prostupu tepla



5.2.2 Návrhová opatření

Všechna návrhová opatření vycházejí z povinností pro provozovatele kotlů na tuhá paliva, které stanovuje zák. č. 201/2012 Sb. *o ochraně ovzduší a související předpisy*, § 41, odst. 16. Zde je stanoveno, že od 1. 1. 2022 budou muset všechny kotle na tuhá paliva o tepelném příkonu 10 – 300 kW splňovat parametry třetí a vyšší emisní třídy. Z tohoto důvodu byla provedena kontrola zdroje vytápění na tuhá paliva ve stávajícím stavu rodinného domu, kdy tento zdroj Atmos DC30RS s akumulací s maximálním tepelným výkonem 32kW vyhověl na návrhové opatření k datu 1. 1. 2022 a také splnil současně požadavek, který stanovuje vyhláška č. 78/2013 Sb., *o energetické náročnosti budov*, § 6, odst. 2, písm. c)., a tím i účinnost výroby tepelné energie zdrojem o sezonní účinnosti 76%. Z tohoto důvodu nebylo třeba u návrhových variant řešit změnu zdroje vytápění.

Varianta I

V této variantě uvažujeme zateplení stropu pod nevytápěným prostorem, kdy z původní skladby stropu odstraníme nedostatečnou a zdegradovanou tepelnou izolaci Isever Domo o tloušťce 60mm a nahradíme ji foukanou izolací Rotaflex Super λ=0,038 W/(m.K), o tloušťce 290mm.

Varianta II

K Variantě I přibude zateplení obvodového pláště kontaktním zateplovacím systémem z *„šedého grafitového„* polystyrénu Isover EPS GreyWall λ=0,033 W/(m.K), o tloušťce 140mm.

Varianta III

U návrhového opatření Varianty III bude oproti Variantě II změně materiál na *„bílý“* polystyrén EPS70F λ=0,038 W/(m.K), o tloušťce 160mm.

Varianta IV

K Variantě I přibude zateplení obvodového pláště kontaktním zateplovacím systémem z minerální vaty označenou obchodním názvem TF PROFI λ=0,038 W/(m.K), o tloušťce 160mm.

Varianta V

U návrhového opatření Varianty V bude oproti Variantě IV změně materiál na minerální vatu s označením NF 333 λ=0,043 W/(m.K), o tloušťce 180mm.

Varianta Realizovaný nový stav

Varianta s názvem Realizovaný nový stav je opatřením realizovaným majitelem objektu v listopadu 2015 firmou Zatomi s.r.o., za technického dozoru Ing. Martina Labounka, kdy byl investorem zvolen nejoptimálnějším materiálem *„šedý“* grafitový polystyrén firmy Isover s obchodním označením EPS GreyWall λ=0,033 W/(m.K), o tloušťce 160mm s finálním povrchovou silikonovou úpravou Weber Standart se zrnem 1,5mm.

5.2.3 Metoda řešení

K výpočtu energetické náročnosti budovy pro jednotlivé varianty byl použit software Deksoft od firmy Dektrade a.s., (Tepelná technika 1D, Energetika – výpočetní modely NZÚ). Při sestavování výpočetního modelu byla budova zařazena do návrhové zóny s ohledem na metodické pokyny Nová zelená úsporám (NZÚ). První zóna představuje vytápěnou část domu. Zde byl zvolen požadavek na teplotu pro režim vytápění v provozní době 20 °C pro obytné části. Pro každou návrhovou variantu opatření byla stanovena celková energetická náročnost budovy, neboli energie na vstupu do budovy, a její procentuální zastoupení dle dílčích dodaných energií. Následně bylo provedeno odečtení celkové dodané energie stávajícího stavu budovy od postupně celkových dodaných energií jednotlivých variant návrhových opatření. Tímto způsobem byla získána roční úspora energie, tato úspora byla vynásobena příslušnou sazbou za energii, dle zvoleného druhu paliva (energonositele). Výsledek představuje roční úsporu v Kč/rok.

Následně pro Varianty II až V včetně Varianty Realizovaný nový stav byl vytvořen položkový rozpočet stavby v rozpočtovém programu RTS BUILDpower S.

Nakonec byla stanovena výše investic pro jednotlivé varianty, společně se stanovením prosté doby návratnosti a podrobné ekonomické výhodnosti vložené investice s kumulovaným Cash Flow pro případy s dotací a bez dotace, s půjčkou a bez půjčky. Půjčka byla zvolena z obvyklých dosažitelných úvěrů na českém trhu. Pro případové zpracování jsme vybrali Expres půjčku[64] společnosti GE Money Bank a.s. s úrokem od 5,9% p.a. a s pojištěním typu B zahrnující pojištění proti dlouhodobé nemoci, plné invaliditě, úmrtí a ztrátě zaměstnání. Na pobočce nám bylo sděleno, že u půjčky je jednorázová záruční splátka ve výši 0,3% z 80% výše půjčky při založení. Pro zjednodušení celého procesu výpočtu jsme uvažovali půjčku ve výši 100% celkových investovaných prostředků.

[64)] GE Money Bank [online], [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <https://www.gemoney.cz/lide/pujcky/expres-pujcka>

Kalkulace jednotkové ceny

Kalkulace jednotkových cen provádí zpravidla zhotovitel. Vychází z vlastních údajů nebo průměrných hodnot. Kalkulace na průměrných hodnotách provádí odborné organizace a ceny publikují v cenových databázích nebo v cenových katalozích.

Jednotková cena je stanovena na měrnou jednotku (*m.j.*) položky. Pro kalkulaci se sestaví kalkulační vzorec, který je složen z přímých nákladů, nepřímých nákladů a zisku.

Tab. č. 8 - Struktura jednotkové ceny

<table>
<tr><td colspan="7">Jednotková cena (JC)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Přímé náklady (PN)</td><td colspan="3">Nepřímé náklady (NN)</td></tr>
<tr><td>Hmoty (H)</td><td>Mzdy (M)</td><td>Stroje (S)</td><td>Ostatní (O)</td><td>Režie výrobní (RV)</td><td>Režie správní (RS)</td><td>Zisk (Z)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">náklady na přímý materiál</td><td>náklady na přímé mzdy</td><td>náklady na provoz stavebních strojů a zařízení</td><td>ostatní přímé náklady</td><td>náklady spojené s výrobou rozpočítané procentní sazbou do každé položky</td><td>náklady režijní spojené se správou firmy rozpočítané procentní přirážkou do každé položky</td><td rowspan="2">zisk</td></tr>
<tr><td colspan="5">Zpracovací náklady</td></tr>
<tr><td colspan="3">Přímé zpracovací náklady</td><td colspan="3">Hrubé rozpětí</td></tr>
</table>

Výklad pojmů:

- náklady na pořízení *(PN)* materiálu zahrnují: náklady na dopravu, náklady na obaly, materiálovou (zásobovací) režii,
- přímý materiál *(H)* zahrnuje náklady na materiál, jehož množství lze vykalkulovat přímo na kalkulační jednici a zůstává součástí hotového stavebního díla. Materiál se oceňuje cenou prodejní a cenou pořizovací se započtením DPH,
- přímé mzdy *(M)* jsou mzdy pracovníků, kteří se přímo podílejí na výrobě, a jejich výkony lze určit na kalkulační jednici. Výši nákladů stanovíme pomocí výkonových norem. Cena práce je určena podle mzdových tarifů,

- přímé náklady na stroje a mechanismy *(S)* jsou náklady na jejich pořízení, montáž, provoz a demontáž. Jedná se o zařízení, která se podílejí přímo na výrobě,
- ostatní přímé náklady *(OPN)* jsou všechny druhy nákladů, které lze zakalkulovat, a nejsou zahrnuty v předcházejících položkách. Jedná se o Náklady na sociální a zdravotní pojištění *(SZP),*
- ostatní *(O)* náklady na dopravu vlastními dopravními prostředky, náklady na nakoupenou dopravu a odpisy,
- režie *(R)* jsou náklady, které nelze stanovit na kalkulační jednici. U stavebních prací kalkulujeme režie: Výrobní (provozní) *(RV)*, které zahrnuje všechny druhy nákladů vznikající při realizaci výroby, ale které nelze stanovit na kalkulační jednici, např. Mzdy vedoucích pracovníků stavby,
- správní *(RS)* jsou náklady spojené se správou a řízením podniku. Zahrnuje mzdové náklady a jiné náklady správních pracovníků,
- zisk *(Z)* se stanoví z celkového objemu požadovaného zisku a na jednotlivé kalkulační jednice se rozdělí pomocí přirážek nebo v absolutní hodnotě.

Prostá návratnost investice

Prostá návratnost investice je základní parametr, který slouží k rychlému rozhodnutí, zda se úsporným opatřením má smysl dále podrobněji zabývat. Doba návratnosti musí být menší než životnost objektu.

$$prostá\ návratnost = \frac{náklady}{úspora\ energie \times cena\ energie} = \frac{náklady}{uspořené\ peníze}$$

Podrobné vyhodnocení investice

Nejdůležitějším výsledkem ekonomického hodnocení je tok hotovosti (kumulované Cash Flow). Říká nám, kolik peněz budeme v každém roce získávat díky úsporným opatřením a jsme-li schopni z energetických úspor splácet úvěr.

Pro přesnější výpočet doby návratnosti zde zohledníme také vliv inflace, změny cen energií a úroků v případě půjčky na danou investici.

5.2.3.1.1 Způsob financování investice

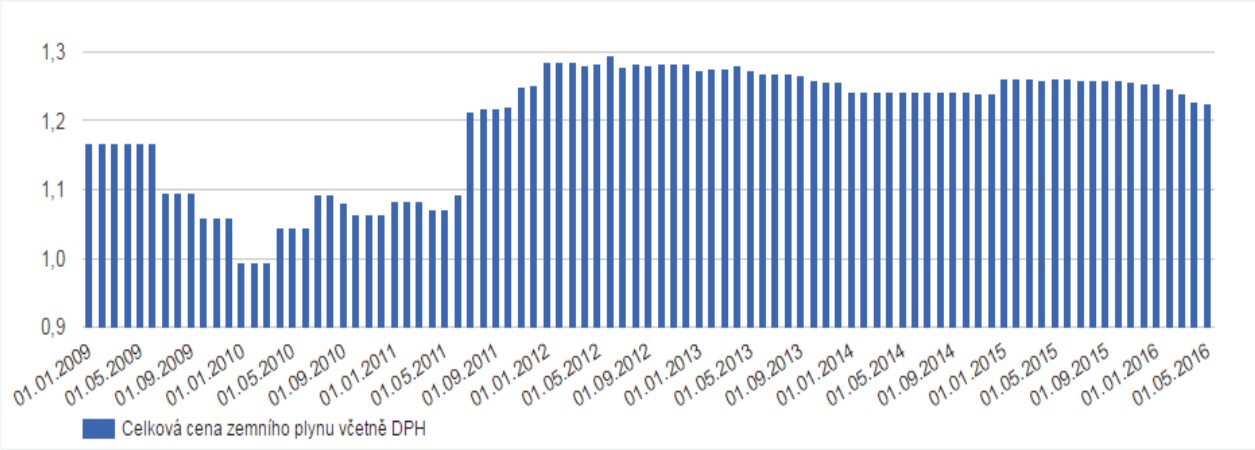
Pokud si peníze na investici půjčíme, budeme muset splácet úroky i vlastní úvěr. Může se stát, že úspory (výnos investice) nebude stačit na pokrytí splátek, takže půjčku budeme muset splácet z jiných zdrojů, nebo se do investování vůbec nepustíme.

V našem případě pro výpočet podrobného ekonomické vyhodnocení jsme zvolili Expres půjčku společnosti GE Money Bank a.s. s úrokem od 5,9% p.a. a s pojištěním typu B zahrnující pojištění proti dlouhodobé nemoci, plné invaliditě, úmrtí a ztrátě zaměstnání. Na pobočce nám bylo sděleno, že u půjčky je jednorázová záruční splátka ve výši 0,3% z 80% výše půjčky při založení. Pro zjednodušení celého procesu výpočtu jsme uvažovali půjčku ve výši 100% celkových investovaných prostředků. V případě Varianty I byla půjčka stanovena na dobu 6 let s částkou od 50 000 Kč, kdy

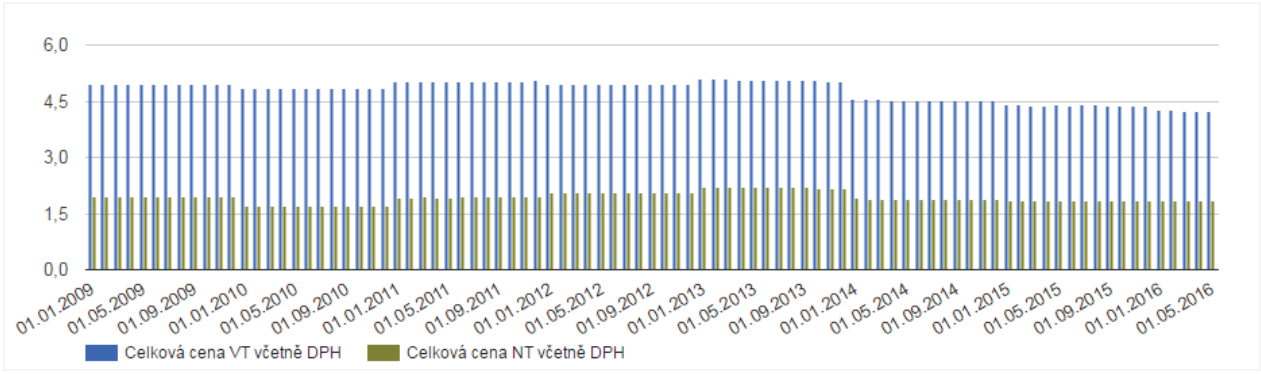
úrok dosahuje sazby 8,4 % p.a., a u dalších variant byla uvažována částka od 500 000 Kč s úrokovou sazbou 5,9 % p.a. na dobu 10 let.

Změny cen energií

V současné době cena plynu[65] a elektřiny[66] klesá, kdy odhad budoucího vývoje ceny zemního plynu je těžké stanovit. Aktuální pokles cen je pouze dočasný a krátkodobý. V podrobném ekonomickém vyhodnocení jsme uvažovali změnu cen energií s ročním nárůstem cen o 2,3%.



Graf č. 5 - Vývoj celkových cen zemního plynu při odběru 20-25 MWh/rok v České republice



Graf č. 6 - Vývoj celkových cen elektřiny v dvoutarifové sazbě D25d v České republice

Ceny energií pro rodinný dům v Kostelci na Hane

Rodinný dům v Kostelci na Hané podle poskytnutých údajů majitelem objektu je odběratelem elektřiny a zemního plynu od společnosti E.ON, kde dle platného ceníku[67] dodávky zemního plynu spadá do kategorie produktu Standart se spotřebou 15-25MWh/rok, kdy v celkové ceně 1 198,44 Kč/MWh je zahrnuta dodávka plynu a související služby v plynárenství.

[65] TZB info [online], [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-zemniho-plynu?op=15-20>
[66] TZB info [online], [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-elektriny?sazba=D25d>
[67] E.ON [online], [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.eon.cz/domacnosti/elektrina-a-plyn/ceniky>

Elektřina je také odebírána od společnosti E.ON, kdy spadá do produktové řady Elektřina s tarifní třídou Aku se sazbou distribuce D 25d, kde celková jednotková cena elektřiny v kategorii vysokého tarifu je 3262,09 Kč/MWh včetně distribuce a souvisejících služeb v elektroenergetice.

Anuitní splátka úvěru

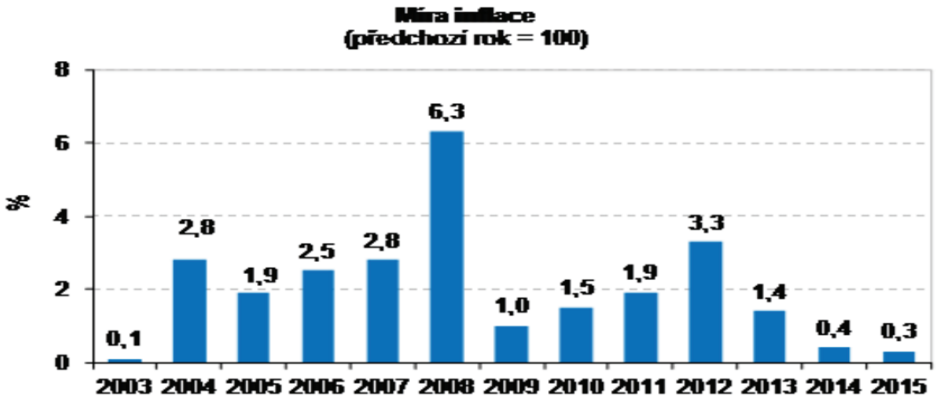
Anuita je splátka úvěru, jejíž výše se v průběhu času nemění. Anuita se skládá ze dvou částí - splátky jistiny a úroků. Poměr mezi úroky a jistinou je nejvyšší na počátku splácení a postupně se snižuje. Anuitní splátka úvěru se vypočítá podle vzorce:

$$S = U \times \frac{q^n \times (q-1)}{q^n - 1}$$

kde S je anuitní splátka, U je půjčená částka, q je úroková míra za časovou jednotku, n je počet období.

Inflace

Obecně inflace znamená všeobecný růst cenové hladiny v čase. Statistické vyjadřování inflace vychází z měření čistých cenových změn pomocí indexů spotřebitelských cen. Budoucí vývoj inflace je těžké stanovit, ale z níže uvedeného grafu je patrné, že v roce 2012 byla míra inflace kolem 3,3% a s hlediskem k roku 2015 výrazně klesá.[68]



Graf č. 7 - Míra inflace od roku 2003 do 2015

Kumulovaný Cash Flow

Je součet toků kladných (úspor) a záporných (nákladů) hotovosti v jednotlivých letech. Mezi klasné úspory zde řadíme úspory energií za rok a do záporných hotovostí řadíme úrok, úmor dluhu, jednorázovou zálohu ve výši 0,3% z 80% výše úvěru, ale také v případě variant s dotací, tak poplatek za projektovou dokumentaci a vyřízení ve výši 25 000Kč.

[68] Parlamentní listy [online], [cit. 2016-05-26]. <http://www.parlamentnilisty.cz/zpravy/tiskovezpravy/CSU-Prumerna-mira-inflace-v-roce-2015-byla-0-3-procenta-416799>

5.3 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

V níže uvedené tabulce, která je součástí Přílohy L., je porovnání všech variant z hlediska celkové energetické náročnosti budovy se zatříděním do tříd PENB. Dále nám tabulka poskytuje údaje o ukazatelích celkových energetických náročností budovy, její obálky v jednotlivých variantách.

Původní rodinný dům, stávající stav, měl včetně zateplených podlah 1NP a vyměněných výplní stavebních otvorů velmi velké tepelné ztráty. To bylo zapříčiněno obálkovou konstrukcí, obvodovými stěnami a stropem, které z hlediska dnešní doby nevyhovují tepelně-technickým hlediskům. Obvodové stěny z CPP o tloušťce 470mm bez vložené izolace a sádrokartonový strop s vloženou izolací o tloušťce 60mm dnes již neodpovídají, proto stávající stav byl zařazen s celkovou energetickou náročností budovy do PENB třída F – Velmi nehospodárný. Tomu i nasvědčuje průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,}$ který spadá do kategorie G – Mimořádně nehospodárný.

Našim cílem bylo nalézt optimální způsob úspory provozních nákladů a snížit energetickou náročnost budovy s reálnou dobou návratnosti investice. U návrhové Varianty I, zateplení stropu nad 2NP pod nevytápěným prostorem nám vyšlo celkové zatřídění energetické náročnosti budovy do PENB třída F – Velmi nehospodárný s obálkou budovy ve třídě G – Mimořádně nehospodárný. Zateplení stropu mělo na stávající stav vliv viditelný na dílčí hodnotě energie vytápění snížený o 0,3% za rok, což je z původních 93,2 MWh/rok na 89,2 MWh/rok. Tato varianta je nehospodárná.

Znatelný rozdíl byl znát až po zateplení obvodových konstrukcí stěn ve Variantách II až V včetně Varianty Realizace nový stav, kdy došlo ke snížení ukazatele celkové energetické náročnosti budovy z původních 99,3 MWh/rok na 53,1 MWh/rok v poslední variantě.

Tab. č. 9 - Porovnání roční spotřeby a dodané energie u všech variant

Varianty posuzovaného stavu rodinného domu	Celková energetická náročnost budovy (Energie na vstup do budovy)	Třída PENB	Ukazatel celkové energetické náročnosti budovy	Dílčí dodané energie - Měrné hodnoty [kWh/m2.rok]								Obálka budovy	
				Vytápění		Mechanické větrání		Teplá voda		Osvětlení		Uem	Třída EŠOB
	[kWh/(m^2.rok)]	[-]	[MWh/rok]	%	[MWh/rok]	%	[MWh/rok]	%	[MWh/rok]	%	[MWh/rok]	[W/(m^2.K)]	[-]
Stávající stav, vč. zateplených podlah 1NP + výměněné výplně otvorů (dvojskla)	382	F	99,3	93,9%	93,2	0,0%	0,0	4,7%	4,7	1,4%	1,4	0,92	G
Návrhový nový stav - varianta I: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem	366	F	95,3	93,6%	89,2	0,0%	0,0	4,9%	4,7	1,5%	1,4	0,88	G
Návrhový nový stav - varianta II: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS GreyWall (0,033) tl. 140mm	196	D	53,1	88,5%	47,0	0,0%	0,0	8,9%	4,7	2,6%	1,4	0,45	D
Návrhový nový stav - varianta III: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS 70F (0,038) tl. 160mm	195	D	53,1	88,5%	47,0	0,0%	0,0	8,9%	4,7	2,6%	1,4	0,45	D
Návrhový nový stav - varianta IV: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover TF PROFI 160 (0,038) tl. 160mm	195	D	53,1	88,5%	47,0	0,0%	0,0	8,9%	4,7	2,6%	1,4	0,45	D
Návrhový nový stav - varianta V: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover NF 333 (0,043) tl. 180mm	194	D	53,2	88,5%	47,1	0,0%	0,0	8,8%	4,7	2,6%	1,4	0,45	D
Realizovaný nový stav 11/2015: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS GreyWall tl. 160mm	192	D	52,3	88,3%	46,2	0,0%	0,0	9,0%	4,7	2,7%	1,4	0,44	D

5.4 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ A VÝŠE ÚSPORY ENERGIE ZA ROK

V níže uvedené tabulce, která je součástí Přílohy L.2, je porovnání všech variant z hlediska nákladů na energie a jejich výše roční úspory.

Stávající stav je z hlediska nákladů velmi náročnou záležitostí, kdy náklady na energie dosahují částky 83 971 Kč, proto se majitel rozhodl, že tuto skutečnost chce změnit. Od roku 2013, kdy byl rokem nastěhování do 1NP, které je využíváno pro bydlení a 2NP zůstává využíváno částečně, bylo podmětem k zateplení a tím snížení nákladů na energie. Jak je patrno z níže uvedené tabulky, po zateplení stropu foukanou izolací došlo pouze k roční úspoře v řádech tisíců korun, přesně se jedná o částku 3 148 Kč, což je stále nepřijatelné a proto bylo potřeba se zaměřit na zateplení obvodových konstrukcí, kde roční úspora je mnohem znatelná. U těchto kontaktních zateplení dojde k roční úspoře v rozmezí 36 967 Kč až na 36 272 Kč.

Tab. č. 10 - Porovnání nákladů a výše úspory energie za rok

Varianty posuzovaného stavu rodinného domu	Celková energetická náročnost budovy	Dílčí dodané energie - Měrné hodnoty [kWh/m^2.rok]				Kusové a štěpkové dřevo			Zemní plyn			Elektrické energie			Celkem Kč/rok	Úspora Kč/rok
		Vytápění	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení											
	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[Kč/MWh]	Celkem Kč/rok	[MWh/rok]	[Kč/MWh]	Celkem Kč/rok	[MWh/rok]	[Kč/MWh]	Celkem Kč/rok		
Stávající stav	99,3	93,2	0,0	4,7	1,4	69,9	650,0	45 435,0	27,8	1 198,44	33 317	1,6	3 262,09	5 219	83 971	
Návrhový nový stav - varianta I	95,3	89,2	0,0	4,7	1,4	66,9	650,0	43 485,0	26,8	1 198,44	32 118	1,6	3 262,09	5 219	80 823	3 148
Návrhový nový stav - varianta II	53,1	47,0	0,0	4,7	1,4	35,2	650,0	22 880,0	16,3	1 198,44	19 535	1,6	3 262,09	5 219	47 634	36 337
Návrhový nový stav - varianta III	53,1	47,0	0,0	4,7	1,4	35,2	650,0	22 880,0	16,3	1 198,44	19 535	1,6	3 262,09	5 219	47 634	36 337
Návrhový nový stav - varianta IV	53,1	47,0	0,0	4,7	1,4	35,2	650,0	22 880,0	16,3	1 198,44	19 535	1,6	3 262,09	5 219	47 634	36 337
Návrhový nový stav - varianta V	53,2	47,1	0,0	4,7	1,4	35,3	650,0	22 945,0	16,3	1 198,44	19 535	1,6	3 262,09	5 219	47 699	36 272
Realizovaný nový stav - 11/2015	52,3	46,2	0,0	4,7	1,4	34,6	650,0	22 490,0	16,1	1 198,44	19 295	1,6	3 262,09	5 219	47 004	36 967

5.5 STANOVENÍ VÝŠE POSKYTNUTÉ DOTACE

V níže uvedené tabulce, která je součástí Přílohy L.3, je porovnání všech variant z hlediska snížení nákladů potřeby energie na vytápění oproti stávajícímu stavu a jejich možnost na dosažení dotace NZÚ dle posouzení v protokolu Tepelné techniky 1D s názvem *„Souhrnná tabulka“* v přílohách u jednotlivých variant.

U Varianty I, oproti stávajícímu stavu, došlo ke snížení potřeby energie na vytápění o 4,03%, a tato varianta má nárok na NZÚ z oblasti A.0 pro stávající objekty na dotaci pro stropy a ostatní konstrukce 330 Kč/m^2, což při ploše stropní konstrukce 133,01 m^2 činí 43 893 Kč, ale dosažitelná výše dotace v tomto případě je 50% v maximální uznané výši z nákladů na zateplení stropu.

U Varianty II až po Variantu Realizovaný nový stav došlo ke snížení potřeby energie na vytápění oproti stávajícímu stavu o 46,53%, s nárokem na dotace z oblasti A.0 na stropní konstrukce 330 Kč/m^2 a obvodové stěny 500 Kč/m^2, kdy maximální uznaná výše může být 148 863 Kč.

Součástí Přílohy L.3 je výčet dotací pro stavební konstrukce dle podoblastí podpory s požadavky na sledované parametry pro dosažení Nová zelená úsporám – Dotace pro rodinné domy – 3.výzva.

V níže uvedené tabulce jsou jednotlivé typy konstrukcí dle podoblastí podpory A.0 až A.3 s maximální výši dotace.

Tab. č. 11- Stanovení výše poskytnuté dotace

Varianty posuzovaného stavu rodinného domu	Celková energetická náročnost budovy [MWh/rok]	Snížení potřeby energie na vytápění oproti stávajícímu stavu	Splnění podmínky pro dotaci dle NZÚ	Nárok na poskytnutí dotace dle NZÚ	Výšše dotace dle NZÚ
Stávající stav, vč. zateplených podlah 1NP + výměněné výplně otvorů (dvojskla)	99,3	100,00%			
Návrhový nový stav - varianta I: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem	95,3	4,03%	ano	A.0	43 893
Návrhový nový stav - varianta II: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS GreyWall (0,033) tl. 140mm	53,1	46,53%	ano	A.0	148 863
Návrhový nový stav - varianta III: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS 70F (0,038) tl. 160mm	53,1	46,53%	ano	A.0	148 863
Návrhový nový stav - varianta IV: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover TF PROFI 160 (0,038) tl. 160mm	53,1	46,53%	ano	A.0	148 863
Návrhový nový stav - varianta V: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover NF 333 (0,043) tl. 180mm	53,2	46,42%	ano	A.0	148 863
Realizovaný nový stav 11/2015: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS GreyWall tl. 160mm	52,3	47,33%	ano	A.0	148 863

Tab. č. 12 - Maximální výše podpory na jednotlivé typy konstrukcí dle podoblastí podpory

Maximální výše podpory na jednotlivé typy konstukcí dle podoblasti podpory:				
Typy konstrukce	A.0	A.1	A.2	A.3
	[Kč/m^2]	[Kč/m^2]	[Kč/m^2]	[Kč/m^2]
Obvodové stěny a podlahy nad exteriérem	500	500	600	800
Střechy	500	500	600	800
Výplně otvorů	2 100	2 100	2 750	3 800
Podlahy na terénu	700	700	900	1 200
Stropy a ostatní konstrukce	330	330	400	550

5.6 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Rodinný dům byl dostavěn a zrekonstruován v roce 2009 a užíván od roku 2013. Předpokládána životnost hlavních konstrukčních částí je odhadována na nejméně 100 let. Životnost nových konstrukcí, jako jsou výplně otvorů 50 let, technické zařízení budovy 40 let a úpravy vnějších povrchů 30 let, jsou stanoveny oceňovací vyhláškou.

Prostá návratnost je tedy příznivá u všech variant. Prosté doby návratností jsou menší než předpokládaná životnost konstrukcí. V prosté době návratnosti nejsou zahrnuty náklady na zpracování PENB a výkresové dokumentace s následným vyřízením, kdy tato kompletní služba se při tomto typu rodinného domu pohybuje v částce 25 000 Kč.

Pro porovnání prostých návratností u jednotlivých variant bylo také provedeno podrobné ekonomické vyhodnocení s kumulovaným Cash Flow, ve čtyřech možných případových studiích a to s úvěrem na stavební úpravy s možností využití dotace NZÚ, včetně vyřízení dotace, a také bez dotace. Obdobně bylo provedeno také vyhodnocení pro možnosti bez úvěru s možností využití dotace NZÚ a bez dotace.

Prosté vyhodnocení návratnosti investice je součástí Přílohy L.4, a podrobné ekonomické vyhodnocení včetně grafů s kumulovaným Cash Flow je součástí Příloh L.5 až L.10 pro Variantu I až po Variantu Realizovaný nový stav.

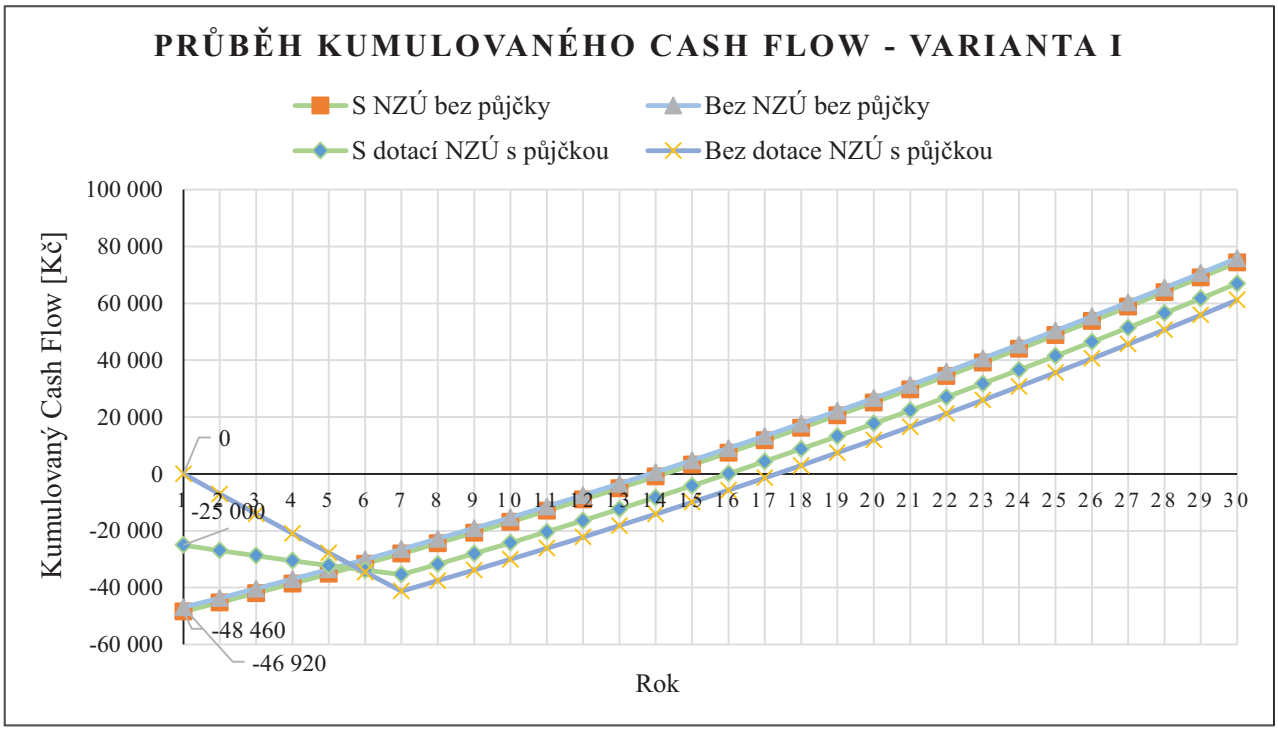
Tab. č. 13 - Určení prosté návratnosti investice s porovnáním podrobného ekonomického vyhodnocení

Varianty posuzovaného stavu rodinného domu	Náklady na stavební úpravy (bez dotace)	Náklady na stavební úpravy (s dotací)	Roční úspora energie	Prostá doba návratnosti (bez dotace)	Prostá doba návratnosti (s dotací)	Životnost zateplení	Celková úspora za vytápění po 30 letech	Rozdíl nákladů zateplení vs. úspora za vytápění po 30 letech (bez dotace)	Rozdíl nákladů zateplení vs. úspora za vytápění po 30 letech (s dotací)	Podrobná ekonomická doba návratnosti s půjčkou (bez dotace)	Podrobná ekonomická doba návratnosti s půjčkou (s dotací)	Podrobná ekonomická doba návratnosti bez půjčky (bez dotace)	Podrobná ekonomická doba návratnosti bez půjčky (s dotací)
	[Kč]	[Kč]	[Kč/rok]	[roky]	[roky]	[roky]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[roky]	[roky]	[roky]	[roky]
Návrhový nový stav - varianta I: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem	46 920	23 460	3 148	14,9	7,5	30	94 453	47 533	70 993	16,3	15,0	12,9	13,2
Návrhový nový stav - varianta II: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS GreyWall (0.033) tl. 140mm	467 588	318 725	36 337	12,9	8,8	30	1 090 112	622 524	771 387	14,8	11,0	11,3	8,5
Návrhový nový stav - varianta III: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS 70F (0.038) tl. 160mm	466 446	317 583	36 337	12,8	8,7	30	1 090 112	623 666	772 529	14,7	11,0	11,2	8,5
Návrhový nový stav - varianta IV: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover TF PROFI 160 (0.038) tl. 160mm	505 378	356 515	36 337	13,9	9,8	30	1 090 112	584 734	733 597	15,8	12,1	12,1	9,4
Návrhový nový stav - varianta V: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover NF 333 (0.043) tl. 180mm	511 168	362 305	36 272	14,1	10,0	30	1 088 162	576 994	725 857	16,0	12,3	12,2	9,5
Realizovaný nový stav 11/2015: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS GreyWall tl. 160mm	475 644	326 781	36 987	12,9	8,8	30	1 109 002	633 358	782 222	14,8	11,1	11,3	8,6

U Varianty I, zateplení stropu nad 2NP pod nevytápěným prostorem, vychází prostá doba návratnosti bez dotace je 14,9 let, kde není uvažován nárok na dotaci a s dotací je doba návratnosti 7,5 let. Náklady na stavební úpravy dle doložené faktury realizace majitelem objektu, kterou provedla firma foukaneizolace.cz s využitím tepelného izolantu Rotaflex Super v podobě granulátu, činí 46 920 Kč. Po započítání plné výše dotace jsou pořizovací náklady na zateplení 23 460 Kč. Při životnosti vnějších povrchů do 30 let je celková úspora za vytápění po 30 letech 94 453 Kč.

Rozdíl nákladů na zateplení a úsporu za vytápění po 30 letech je bez dotace 47 533 Kč a s dotací 70 993 Kč.

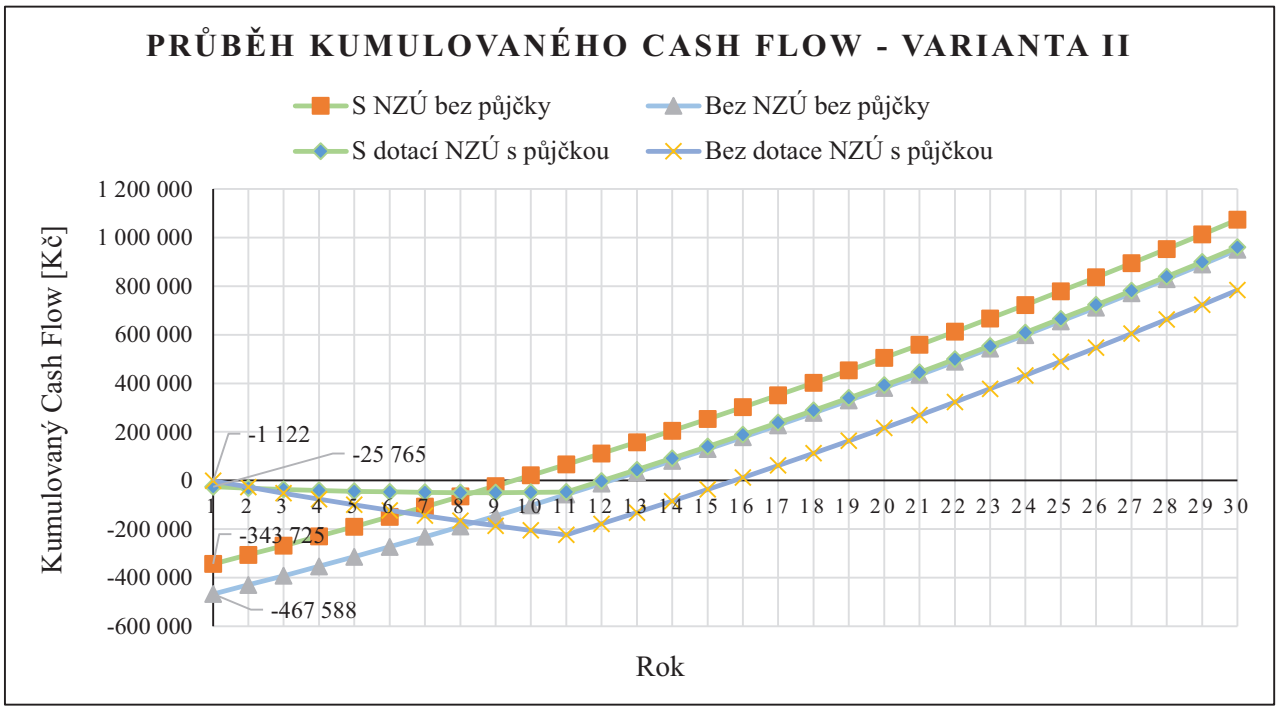
Podle podrobného ekonomického vyhodnocení je doba návratnosti s půjčkou bez dotace 16,3 let a s dotací 15 let včetně vyřízení dotace NZÚ. Obdobné výsledky dostaneme i v případě podrobného ekonomického vyhodnocení této varianty bez možnosti půjčky a dotace, kdy doba návratnosti je 12,9 let a s dotací včetně vyřízení NZÚ je 13,2 let. Po uplynutí této doby bychom měli díky provedenému zateplení stropu rodinného domu snižovat provozní náklady na energie, které nám ušetří peníze.



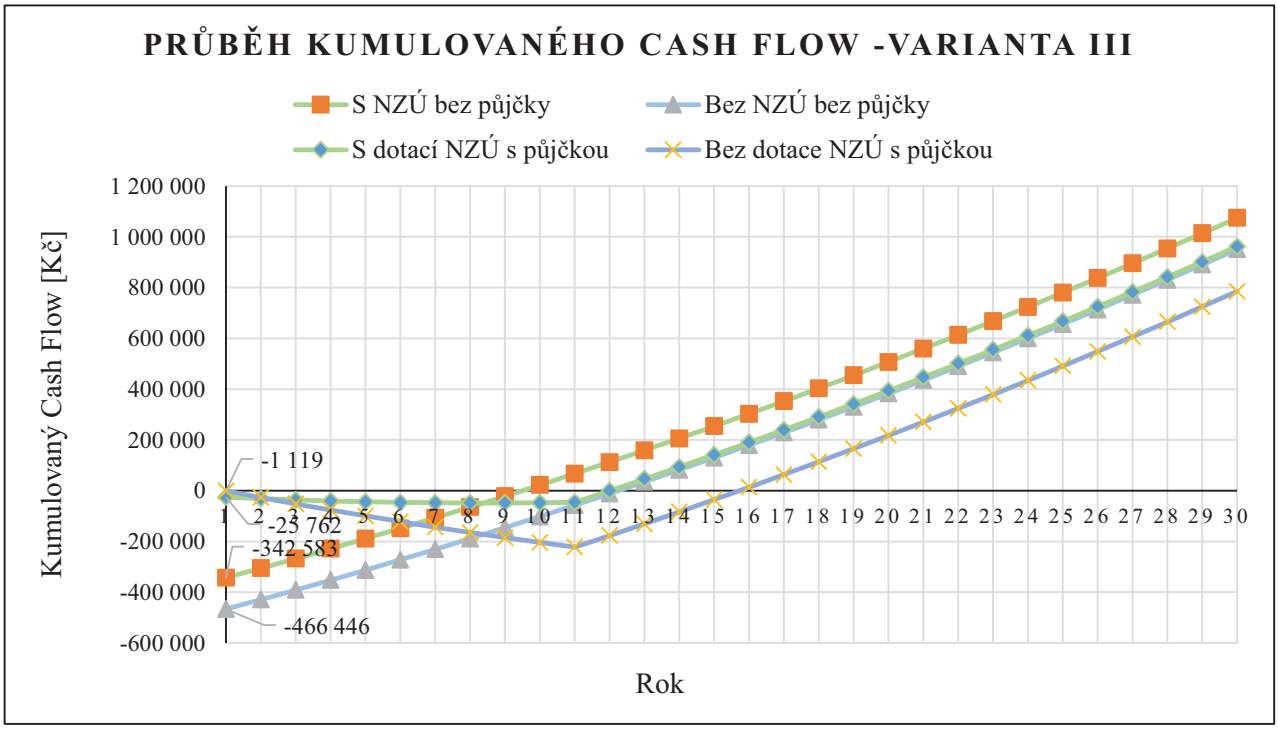
Graf č. 8 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta I

U Varianty II, zateplení stropu nad 2NP pod nevytápěným prostorem a obvodových stěn polystyrénem Isover EPS GreyWall o tloušťce 140 mm, vychází prostá doba návratnosti bez dotace na 12,9 let, kde není uvažován nárok na dotaci a s dotací je doba návratnosti 8,8 let. Náklady na stavební úpravy činí 467 588 Kč, ale po započítání plné výše dotace jsou pořizovací náklady na zateplení 318 725 Kč. Při životnosti vnějších povrchů do 30 let je celková úspora za vytápění po 30 letech 1 090 112 Kč. Rozdíl nákladů na zateplení a úsporu za vytápění po 30 letech je bez dotace 622 524 Kč a s dotací 771 387 Kč.

Podle podrobného ekonomického vyhodnocení je doba návratnosti u Varianty II s půjčkou bez dotace 14,8 let a s dotací 11 let včetně vyřízení dotace NZÚ. Obdobné výsledky dostaneme i v případě podrobného ekonomického vyhodnocení této varianty bez možnosti půjčky a dotace, kdy doba návratnosti je 11,3 let a s dotací včetně vyřízení NZÚ je 8,5 let. Po uplynutí této doby bychom měli díky provedenému zateplení stropu a obvodových stěn rodinného domu snižovat provozní náklady na energie, které nám ušetří peníze.



Graf č. 9 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta II



Graf č. 10 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta III

U Varianty III, zateplení stropu nad 2NP pod nevytápěným prostorem a obvodových stěn polystyrénem Isover EPS 70F o tloušťce 160 mm, vychází prostá doba návratnosti bez dotace na 12,8 let, kde není uvažován nárok na dotaci a s dotací je doba návratnosti 8,7 let. Náklady na stavební úpravy činí 466 446 Kč, ale po započítání plné výše dotace jsou pořizovací náklady na zateplení 317 583 Kč. Při životnosti vnějších povrchů do 30let je celková úspora za vytápění po 30 letech 1 090 112 Kč. Rozdíl nákladů na zateplení a úsporu za vytápění po 30 letech je bez dotace 623 666 Kč a s dotací 772 529 Kč.

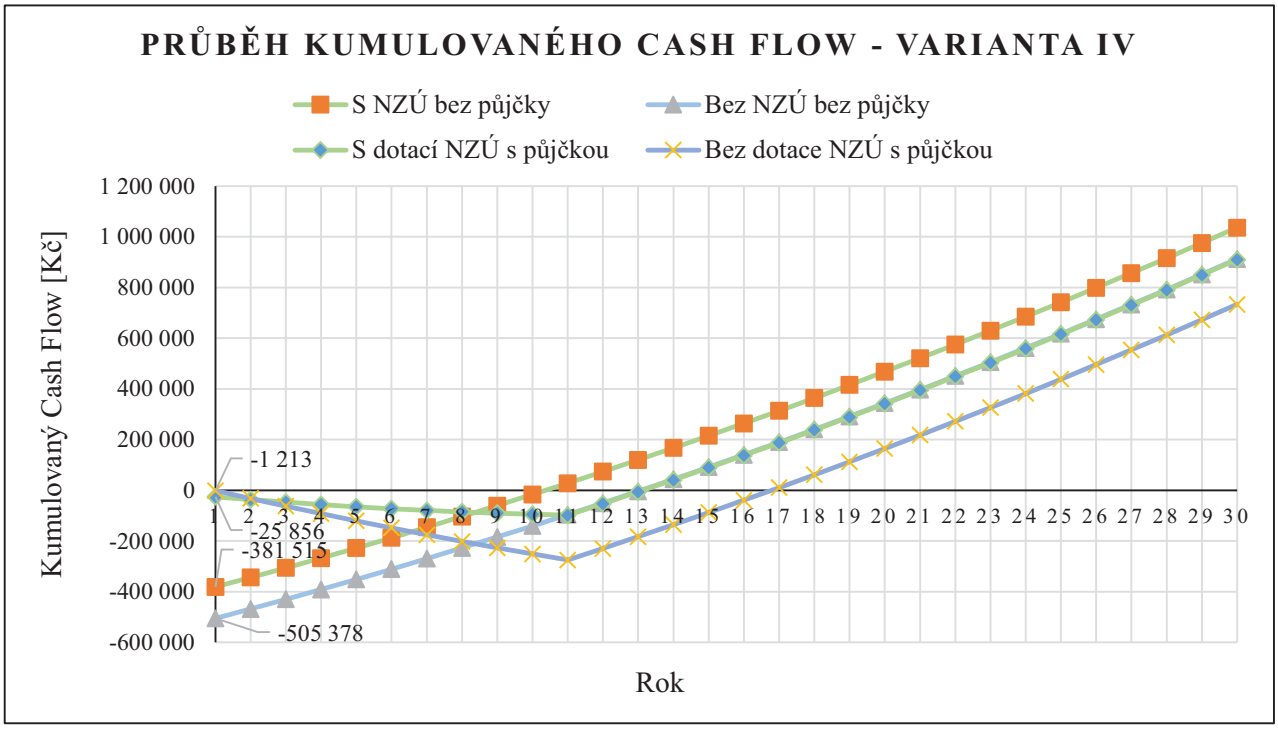
Podle podrobného ekonomického vyhodnocení je doba návratnosti u Varianty III s půjčkou bez dotace 14,7 let a s dotací 11 let včetně vyřízení dotace NZÚ. Obdobné výsledky dostaneme i v případě podrobného ekonomického vyhodnocení této varianty bez možnosti půjčky a dotace, kdy doba návratnosti je 11,2 let a s dotací včetně vyřízení NZÚ je 8,5 let. Po uplynutí této doby bychom měli díky provedenému zateplení stropu a obvodových stěn rodinného domu snižovat provozní náklady na energie, které nám ušetří peníze.

U Varianty IV, zateplení stropu nad 2NP pod nevytápěným prostorem a obvodových stěn minerální vatou Isover TF Profi o tloušťce 160 mm, vychází prostá doba návratnosti bez dotace na 13,9 let, kde není uvažován nárok na dotaci a s dotací je doba návratnosti 9,8 let. Náklady na stavební úpravy činí 505 378 Kč, ale po započítání plné výše dotace jsou pořizovací náklady na zateplení 356 515 Kč. Při životnosti vnějších povrchů do 30let je celková úspora za vytápění po 30 letech 1 090 112 Kč. Rozdíl nákladů na zateplení a úsporu za vytápění po 30 letech je bez dotace 584 734 Kč a s dotací 733 597 Kč.

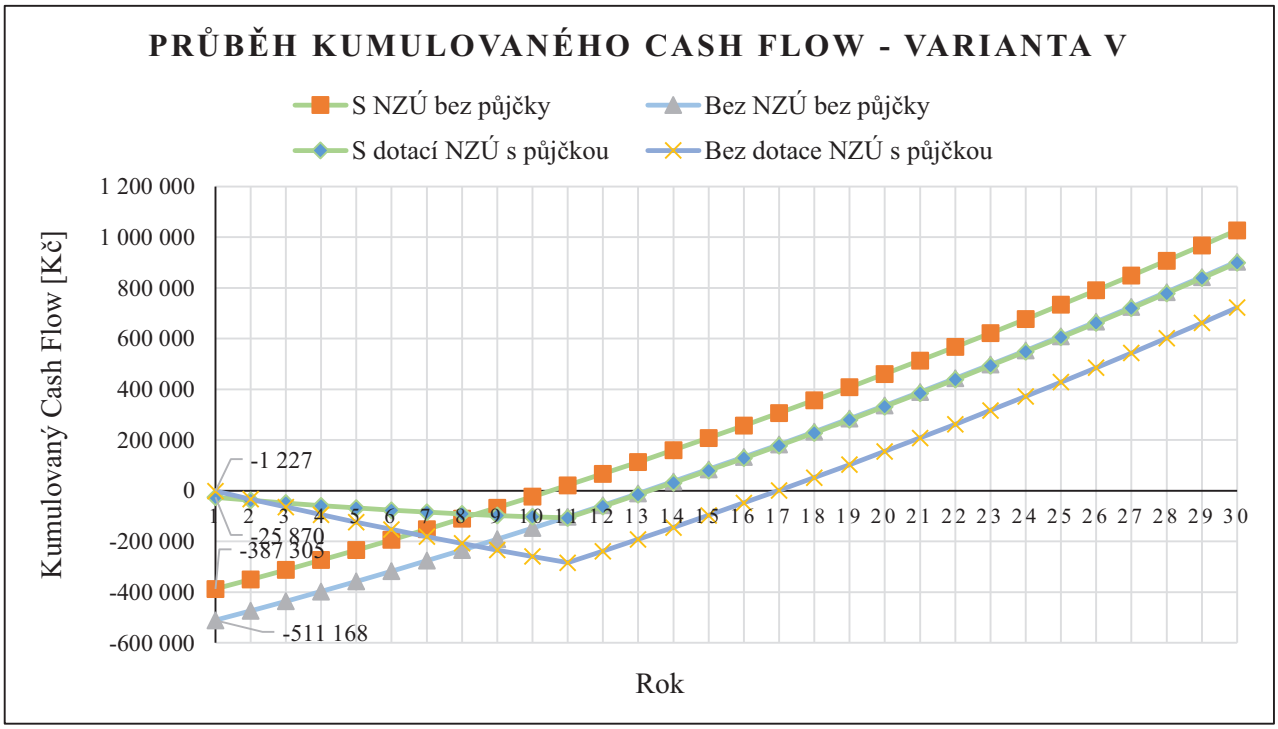
Podle podrobného ekonomického vyhodnocení je doba návratnosti u Varianty IV s půjčkou bez dotace 15,8 let a s dotací 12,1 let včetně vyřízení dotace NZÚ. Obdobné výsledky dostaneme i v případě podrobného ekonomického vyhodnocení této varianty bez možnosti půjčky a dotace, kdy doba návratnosti je 12,1 let a s dotací včetně vyřízení NZÚ je 9,4 let. Po uplynutí této doby bychom měli díky provedenému zateplení stropu a obvodových stěn rodinného domu snižovat provozní náklady na energie, které nám ušetří peníze.

U Varianty V, zateplení stropu nad 2NP pod nevytápěným prostorem a obvodových stěn minerální vatou Isover NF 333 o tloušťce 180 mm, vychází prostá doba návratnosti bez dotace na 14,1 let, kde není uvažován nárok na dotaci a s dotací je doba návratnosti 10 let. Náklady na stavební úpravy činí 511 168 Kč, ale po započítání plné výše dotace jsou pořizovací náklady na zateplení 362 305 Kč. Při životnosti vnějších povrchů do 30let je celková úspora za vytápění po 30 letech 1 088 162 Kč. Rozdíl nákladů na zateplení a úsporu za vytápění po 30 letech je bez dotace 576 994 Kč a s dotací 725 857 Kč.

Podle podrobného ekonomického vyhodnocení je doba návratnosti u Varianty V s půjčkou bez dotace 16 let a s dotací 12,3 let včetně vyřízení dotace NZÚ. Obdobné výsledky dostaneme i v případě podrobného ekonomického vyhodnocení této varianty bez možnosti úvěru a dotace, kdy doba návratnosti je 12,2 let a s dotací včetně vyřízení NZÚ je 9,5 let. Po uplynutí této doby bychom měli díky provedenému zateplení stropu a obvodových stěn rodinného domu snižovat provozní náklady na energie, které nám ušetří peníze.



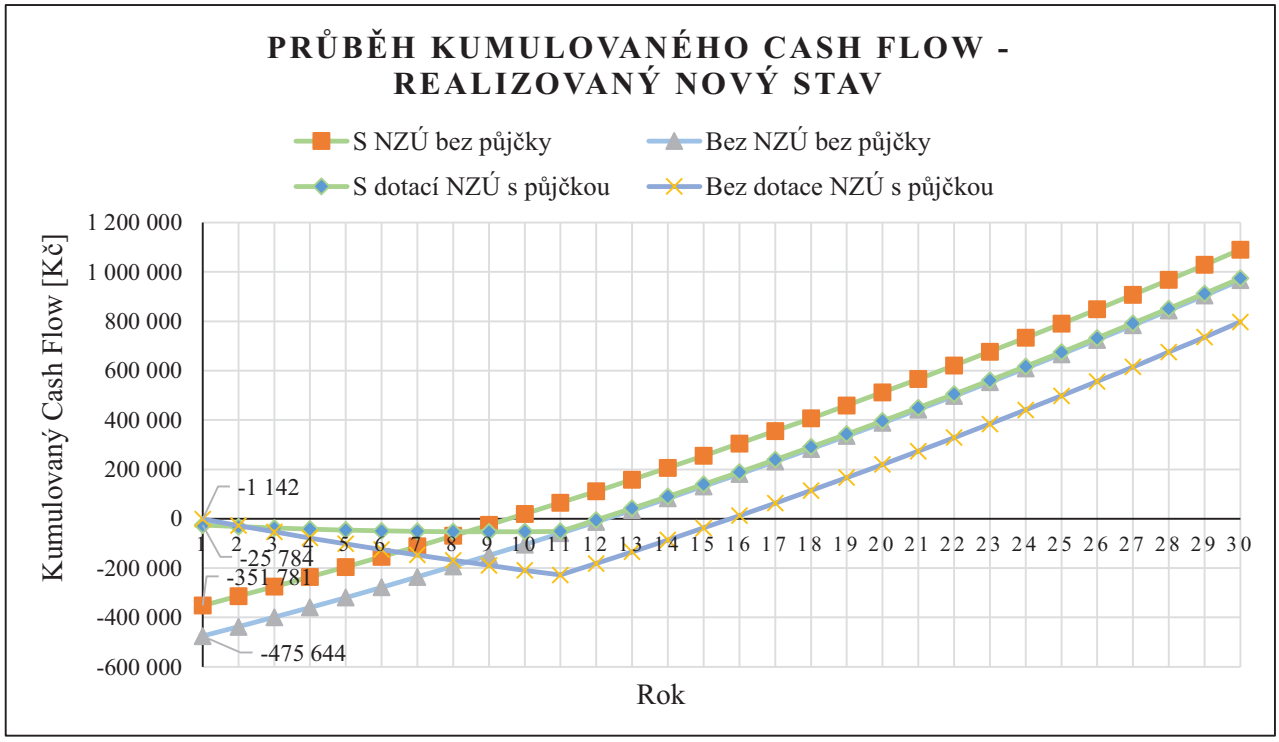
Graf č. 11 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta IV



Graf č. 12 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta V

Varianta Realizovaný nový stav listopad 2015 byla majitelem objektu vybrána jako nejoptimálnější a jednalo se o zateplení stropu nad 2NP pod nevytápěným prostorem a obvodových stěn polystyrénem Isover EPS GreyWall o tloušťce 160 mm, kdy prostá doba návratnosti bez dotace vychází na 12,9 let, kde není uvažován nárok na dotaci a s dotací je doba návratnosti 8,8 let. Náklady na stavební úpravy stanovené pomocí rozpočtového programu RTS BuildPower S vyšly na 475 644 Kč, ale v případě využití dotací by pořizovací náklady na zateplení klesly na 326 781 Kč. Při životnosti vnějších povrchů do 30let je celková úspora za vytápění po 30 letech 1 109 002 Kč. Rozdíl nákladů na zateplení a úsporu za vytápění po 30 letech je bez dotace 633 358 Kč a s využitím dotací 782 222 Kč.

Podle podrobného ekonomického vyhodnocení je doba návratnosti u Varianty Realizovaný nový stav v případě půjčky na 10 let bez dotace 14,8 let a s dotací 11,1 let včetně vyřízení dotace NZÚ. Obdobné výsledky dostaneme i v případě podrobného ekonomického vyhodnocení této varianty bez možnosti půjčky a dotace, kdy doba návratnosti je 11,3 let a s dotací včetně vyřízení NZÚ je 8,6 let. Po uplynutí této doby bychom měli díky provedenému zateplení stropu a obvodových stěn rodinného domu snižovat provozní náklady na energie, které nám ušetří peníze.



Graf č. 13 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Realizovaný nový stav

6 ZÁVĚR A VYHODNOCENÍ

Cílem diplomové práce bylo vypracovat vhodné návrhy na zateplení rodinného domu v Kostelci na Hané. Na základě těchto návrhů poté vyhodnotit rozdíly nákladů na provozování objektu před provedením a po provedení zateplení a zhodnotit ekonomickou návratnost provedených zateplení.

První část diplomové práce se zabývá teorií nízkoenergetické výstavby. Blíže specifikuje filozofii energeticky úsporných domů, obecné vyjádřuje energetickou náročnost budov. Byla zde také popsána výstavba rodinných domů od historie až po současné požadavky na nové budovy a dále legislativa související se zateplováním budov. Rozebrána byla také energetická náročnost budov, vývoj cen energií, druhy tepelných izolací a způsobu zateplení rodinných domů.

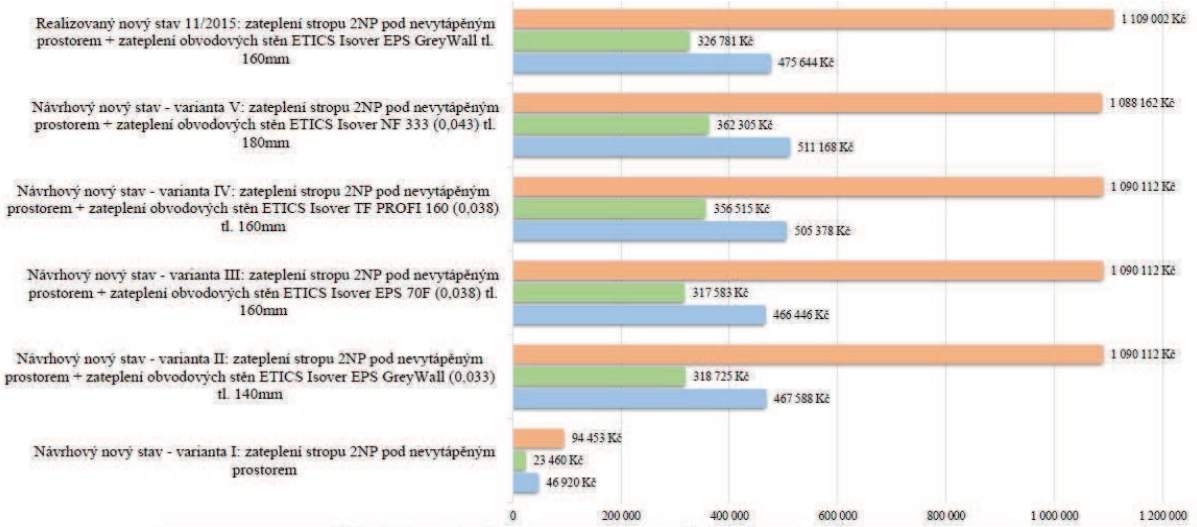
Druha část je zaměřená na praktické využití, kde na zvolený rodinný dům byly aplikovány jednotlivé postupy pro zjištění prosté doby návratnosti investice s následným podrobným ekonomickým vyhodnocením jednotlivých navržených variant.

První varianta řeší zateplení stropu nad 2. nadzemním podlažím pod nevytápěným prostorem, kde bylo navrženo řešení pomocí foukané izolace.

Varianty II až V následně řeší aplikaci zateplovacího kontaktního systému na obvodové stěny v různých tloušťkách s různými vlastnostmi tepelných izolantů. Následně je proveden výpočet celkové energetické náročnosti budovy, stanovení ukazatelů a dílčích dodávaných energií.

V níže uvedeném grafu jsou jednotlivé typy navržených variant s výsledky prosté doby návratnosti investice, kdy modrý sloupec jsou náklady na stavební úpravy bez možnosti využití dotace a naopak v zelený sloupec jsou náklady na stavební úpravy s využitím dotací Nová Zelaná úsporám. V posledním oranžovém sloupci jsou následně zobrazeny celkové úspory za vytápění po 30 letech.

Vlivem růstu cen energií a nejistoty dalších státních dotací bych doporučoval investici do zateplení neodkládat, využít dotace a realizovat zateplení rodinného domu.



	Návrhový nový stav - varianta I: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem	Návrhový nový stav - varianta II: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS GreyWall (0,033) tl. 140mm	Návrhový nový stav - varianta III: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS 70F (0,038) tl. 160mm	Návrhový nový stav - varianta IV: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover TF PROFI 160 (0,038) tl. 160mm	Návrhový nový stav - varianta V: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover NF 333 (0,043) tl. 180mm	Realizovaný nový stav 11/2015: zateplení stropu 2NP pod nevytápěným prostorem + zateplení obvodových stěn ETICS Isover EPS GreyWall tl. 160mm
Celková úspora za vytápění po 30 letech [Kč]	94 453	1 090 112	1 090 112	1 090 112	1 088 162	1 109 002
Náklady na stavební úpravy (s dotací) [Kč]	23 460	318 725	317 583	356 515	362 305	326 781
Náklady na stavební úpravy (bez dotace) [Kč]	46 920	467 588	466 446	505 378	511 168	475 644

7 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A – POČET DOKONČENÝCH BYTOVÝCH BUDOV A BYTŮ V NICH PODLE ENERGETICKÉ TŘÍDY NÁROČNOSTI V LETECH 2010 AŽ 2013 V ČESKÉ REPUBLICE

PŘÍLOHA B – ZATEPLOVACÍ KONTAKTNÍ SYSTÉMY ISOVER

PŘÍLOHA C – DIMENZOVÁNÍ TEPELNÝCH IZOLACÍ ISOVER PROETICS

PŘÍLOHA D – ÚDAJE O OBJEKTU

PŘÍLOHA E – STÁVAJÍCÍ STAV

PŘÍLOHA F – VARIANTA I

PŘÍLOHA G – VARIANTA II

PŘÍLOHA H – VARIANTA III

PŘÍLOHA I – VARIANTA IV

PŘÍLOHA J – VARIANTA V

PŘÍLOHA K – REALIZOVANÝ NOVÝ STAV

PŘÍLOHA L – EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

PŘÍLOHA M – REALIZACE ZATEPLENÍ 11/2015

PŘÍLOHA N – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE, FOTODOKUMENTACE OBJEKTU

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

8.1 POUŽITÁ LITERATURA

[1] GRYGERA, Filip a Alice KUPČEKOVÁ. *Bydlete úsporně: jak investovat do energetických úspor a získat dotaci v programu Zelená úsporám*. Brno: Computer Press, 2010, 152 s.: barev. il., mapy; 21 cm. ISBN 978-80-251-2857-2.

[2] HÁJEK, Petr. *Pozemní stavitelství pro 1. ročník SPŠ stavebních*. Vyd. 6., přeprac. Praha: Sobotáles, 2005, 166 s.: il., plány. ISBN 80-86817-12-1.

[3] MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada, 2013, 112 s. : il. (některé barev.) 21 cm. ISBN 978-80-247-4559-6.

[4] OBORNÁ, Halina a Jan BÁRTA. *Pasivní domy 2010*. Brno: Centrum pasivního domu, 2010, 388 s.: il. ISBN 978-80-904739-0-4.

[5] *Pasivní domy: principy, projekty, realizace, mýty*. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ, 2010, 170 s.: il. ISBN 978-80-254-8508-8.

[6] POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ a Olga RUBINOVÁ. *Úsporný dům*. Brno: CPress, 2012, viii, 184 s.: il., plány;. ISBN 978-80-264-0014-1.

[7] PREGIZER, Dieter. *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Praha: Grada, 2009, 126 s.: il. (převážně barev.), plány; 25 cm. ISBN 978-80-247-2431-7.

[8] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada Publishing, 2011, 352 s.: il. ISBN 978-80-247-2995-4.

[9] SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům - realita či fikce?*. 2., aktualiz. vyd. [Praha] Brno: EkoWATT ; ERA, 2007, viii, 92 s.: il. (některé barev.); 21 cm. ISBN 978-80-7366-103-8.

[10] STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014, 157 s.: barev. il., plány; 24 cm. ISBN 978-80-247-4808-5.

[11] ŠÁLA, Jiří. *Tepelná ochrana budov: komentář k ČSN 73 0540*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008, 290 s. 25 cm. ISBN 978-80-87093-30-6.

[12] ŠUBRT, Roman. *Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy*. Praha: Grada, 2011, 222 s.: il. (některé barev.), portréty; 25 cm. ISBN 978-80-247-4059-1.

[13] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012, 195 s.: il., plány;. ISBN 978-80-247-3832-1.

8.2 PRÁVNÍ PŘEDPISY

[14] ČSN 73 0540-1 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie

[15] ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – část 2: požadavky

[16] ČSN 73 0540-3 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin

[17] ČSN 73 4301 Obytné budovy, Praha: Úřad pro technickou normalizaci 2004.

[18] ČSN EN 15 665 – změna Z1 – požadavky na větrání budov

[19] ČSN EN ISO 13370 (73 0559) Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou

[20] ČSN EN ISO 13789 (73 0565) Tepelné chování budov – Měrná ztráta prostupem tepla

[21] ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov

[22] ČSN EN ISO 6946 (73 0558) Stavební prvky a stavební konstrukce - Výpočtová metoda

[23] Revize evropské směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov.

[24] Směrnice MŽP č. 2/2015, o poskytování finančních prostředků z programu NZÚ
[25] TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
[26] Vyhláška č. 193/2007 Sb., stanovení účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie
[27] Vyhláška č. 194/2007 Sb., pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody
[28] Vyhláška č. 230/2015 Sb., o energetické náročnosti budov.
[29] Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov
[30] Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí
[31] Zákon č. 318/2012 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.
[32] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií.
[33] Zákon č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využití území, ve znění pozdějších předpisů č. 431/2012Sb.

8.3 ELEKTRONICKÉ ZDROJE

[34] Aktualizace státní energetické koncepce České republiky [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.strukturalni-fondy.cz/getmedia/85476420-5469-46ab-a19f-51a0c97eae8d/AKTUALIZACE-STATNI-ENERGETICKE-KONCEPCE-CR.pdf?ext=.pdf>
[35] Arnika. [online], 2014 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://arnika.org/uspory-energie-a-alternativy-k-beznym-palivum>.
[36] Bydlení.cz: Prukaz-energeticke-narocnosti-budov-5-dil. [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: http://www.bydleni.cz/clanek/Prukaz-energeticke-narocnosti-budov-5-dil
[37] ČSN 730540-3, příloha H1 http://www.tzb-info.cz/4318-vypocetni-nastroj-pro-stanoveni-energeticke-narocnosti-budov-podle-vyhlasky-148-2007-sb-ii E.ON [online], [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.eon.cz/domacnosti/elektrina-a-plyn/ceniky>
[38] Energetická náročnost budov [online]. EkoWATT. Praha, 2009, s. 9 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: < http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-nizkoenergetickych-domu>
[39] Energetický audit. Audit-nemovitosti [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.audit-nemovitosti.cz/energeticky-audit.aspx
[40] Energetický štítek obálky budovy. Dashofer [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.dashofer.cz/download/pdf/npd/npd_4_2_2.pdf>
[41] Energetický štítek obálky budovy. Stavebni-fyzika [online]. Dekpartner [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <https://stavebni-fyzika.cz>
[44] GE Money Bank [online], [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <https://www.gemoney.cz/lide/pujcky/expres-pujcka>
[45] Globální oteplování v jediném grafu: opravdu za to mohou lidé. Technet.idnes [online]. 2015 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://technet.idnes.cz/globalni-oteplovani-grafy-dc2-/veda.aspx?c=A150703_165530_veda_pka>
[46] https://stavebni-fyzika.cz/technicke-forum/technicka-knihovna#story-24
[47] HUDCOVÁ A KOL., Lenka. Energetická náročnost budov [online]. Praha: EkoWATT, 2009, s. 9 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/publikace/Energeticka-narocnost-budov>

[48] Parlamentní listy [online], [cit. 2016-05-26]. <http://www.parlamentnilisty.cz/zpravy/tiskovezpravy/CSU-Prumerna-mira-inflace-v-roce-2015-byla-0-3-procenta-416799>
[49] REBU-STAV: Důvody pro zateplení domu. HEJHÁLEK. [online]. [cit. 2016-03-14]. Dostupné z www. <http://www.rebustav.cz/duvody-pro-zatepleni-domu.htm>
[50] RUBINOVÁ, PH.D, Ing. Olga. Energetické hodnocení budov [online]. mpo, 2014 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <www.mpo-efekt.cz/upload/../4582_sfvut_brno_energeticke-hodnoceni-budov.pdf>
[51] Stavebnictvi3000.cz: tepelné izolace – přehled, materiály, druhy, způsoby použití. DALMATIKA DAŇKOVÁ, Dana a HEJDÁLEK, Jiří. [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/
[52] TZB info [online], [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-zemniho-plynu?op=15-20>
[53] TZB info [online], [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-celkovych-cen-elektriny?sazba=D25d>
[54] www.postavme-dum.cz [online], 2016 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.postavmedum.cz/energeticky-usporne-domy>.
[55] Zatepleni-fasad.eu: 10 důvodů proč zateplit dům. [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z <http://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/10-duvodu-proc-zateplit-dum/>

9 SEZNAMY

9.1 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 – Procentuální podíl tepelné ztráty obálkou budovy 21
Obr. č. 2 - Energetický štítek obálky budovy 23
Obr. č. 3 - Grafické vyjádření průkazu energetické náročnosti budovy 25
Obr. č. 4 - Povinnost zpracování průkazu energetické náročnosti budovy 26
Obr. č. 5 - Extrudovaný polystyren (XPS) 30
Obr. č. 6 - Isover EPS 70F 31
Obr. č. 7 - Grafitový polystyrén Isover EPS Grey Wall 31
Obr. č. 8 - Isover TF Profi 32
Obr. č. 9 - Isover NF 333 32
Obr. č. 10 - Polyuretanová pěna (molitan) 33
Obr. č. 11 - Polyuretanová pěna Kingspan (PUR), (PIR) 33
Obr. č. 12 - Pěnový polyetylén 34
Obr. č. 13 - Celulóza 34
Obr. č. 14 - Perlit 35
Obr. č. 15 - Desky z dřevité vlny a cementu 35
Obr. č. 16 - Keramzit 36
Obr. č. 17 - Foukaná izolace Rotaflex Super 36
Obr. č. 18 - Poloha posuzovaného objektu v Kostelci na Hané dle KN 40
Obr. č. 19 - Výřez z katastrální mapy – situování rodinného domu 41

9.2 SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 - Spotřeba primární energie dle zdrojů v ČR c letech 2010-2013 29
Graf č. 2 - Zateplovací kontaktní systémy Isover z hlediska tloušťky a ceny materiálu 47
Graf č. 3 - Dimenze tepelných kontaktních izolací Isover pro ETICS 47
Graf č. 4 - Dimenze kontaktních izolací Isover pro ETICS vnější stěny v poměru tloušťky 48
Graf č. 5 - Vývoj celkových cen zemního plynu při odběru 20-25 MWh/rok v České repub. 52
Graf č. 6 - Vývoj celkových cen elektřiny v dvoutarifové sazbě D25d v České republice 52
Graf č. 7 - Míra inflace od roku 2003 do 2015 53
Graf č. 8 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta I 58
Graf č. 9 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta II 59
Graf č. 10 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta III 59
Graf č. 11 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta IV 61
Graf č. 12 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Varianta V 61
Graf č. 13 - Průběh kumulovaného Cash Flow - Realizovaný nový stav 62

9.3 SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1- Normové hodnoty součinitele prostupu tepla U 18
Tab. č. 2 - Okrajové podmínky v Kostelci na Hané 41
Tab. č 3 - Místnosti 1. nadzemní podlaží (1NP) 42
Tab. č. 4 - Místnosti 2. nadzemního podlaží (2NP) 42

Tab. č. 5 - Posouzení součinitele prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi 44
Tab. č. 6 - Výpočet tepelných ztrát objektu dle ČSN EN 12 831 45
Tab. č. 7 - Ukazatelé energetické náročnosti budovy - Stávající stav 45
Tab. č. 8 - Struktura jednotkové ceny 50
Tab. č. 9 - Porovnání roční spotřeby a dodané energie u všech variant 54
Tab. č. 10 - Porovnání nákladů a výše úspory energie za rok 55
Tab. č. 11- Stanovení výše poskytnuté dotace 56
Tab. č. 12 - Maximální výše podpory na jednotlivé typy konstrukcí dle podoblastí podpory 56
Tab. č. 13 - Určení prosté návratnosti investice s porovnáním podrobného ekonomického vyhodnocení 57