



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURE ECONOMY AND MANAGEMENT

MOŽNOSTI SNIŽOVÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI RODINNÉHO DOMU V RÁMCI PROGRAMU NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM

POSSIBILITIES OF REDUCING THE ENERGY DEMAND OF A FAMILY HOUSE WITHIN THE
NZÚ PROGRAM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kateřina Milionová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav stavební ekonomiky a řízení
Studentka:	Kateřina Milionová
Vedoucí práce:	Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor:	Management stavebnictví

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Možnosti snižování energetické náročnosti rodinného domu v rámci programu Nová zelená úsporám

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Předpokládaná osnova bakalářské práce:

1. charakteristika a popis stavby
2. sestavení provozních nákladů
3. analýza provozních nákladů v čase
4. analýza možností snižování provozních nákladů (nákladů na energie)
5. celkové vyhodnocení

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem práce je analyzovat provozní náklady rodinných domů a predikovat jejich možný vývoj v návaznosti na využití dotačních titulů. Předpokládaným výstupem bakalářské práce bude analýza provozních nákladů rodinných domů z hlediska možností snižování energetické náročnosti rodinných domů v rámci programu NZÚ (Nová zelená úsporám).

Seznam doporučené literatury a podklady:

Souček, E., Statistika pro ekonomy. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2006. 267 s. Edice učebních textů. Kvantitativní metody. ISBN 80-86730-06-9.

Pejchal, J., Když chci stavět dům, Computer PRESS 2007, ISBN 978-90-251-1482-7.

Marková, L. a kol.: Náklady životního cyklu stavby, Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o. Brno 2011, 125 s. ISBN 978-80-7204-762-8.

Příslušné legislativní a technické požadavky na výstavbu domů pro individuální bydlení (Stavební zákon, Obecné

požadavky na výstavbu, příslušné ČSN).

Cenové podklady a statistiky vývoje cen ve stavebnictví vydávané tvůrci cenových soustav.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 29. 9. 2022

L. S.

prof. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Miloslav Výskala, Ph.D. vedoucí
práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c. děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na úspory energie a finančních prostředků, které jsou stěžejními zájmy dnešní společnosti a jsou úzce spojeny s opatřeními, jež jsou v této práci popsány. V teoretické části práce jsou podrobně vysvětleny klíčové pojmy, následně je pozornost věnována zlepšování tepelně technických vlastností domu a identifikování technologických postupů pro snižování energetické náročnosti budov. Důležitou součástí teoretické části je také popis dotačního programu Nová zelená úsporám (NZÚ).

V praktické části práce jsou vyčísleny provozní náklady rodinného domu a náklady na provedení opatření tří možných izolantů pro obvodové zdivo a výplně otvorů s cílem zlepšit tepelně technické vlastnosti objektu. Pro současný stav předmětného domu i navrhovaný stav jedné z variant jsou zpracovány průkazy energetické náročnosti budovy (PENB). Práce dále obsahuje vyčíslení dotací, které lze získat po realizaci opatření a následnou analýzu, která by mohla vést ke zvýšení částek dotací. Závěrem je vypočtena doba návratnosti všech provedených investic.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nová zelená úsporám, zateplení obvodového zdiva, výplně otvorů, úspora energie, náklady na vytápění, prostá doba návratnosti, ekonomická efektivnost, investice

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the energy and financial savings, which are key interests of today's society and closely linked to the measures described in this thesis. The theoretical part provides detailed explanations of the key concepts related to the topic. Subsequently, attention is given to improving the thermal-technical properties of houses and identifying technological procedures for reducing the energy demands of buildings. An important part of the theoretical part is also a description of the subsidy programme called „New Green Savings“.

In the practical part of the thesis, the operating costs of the house and the costs of implementing three possible insulation measures for the envelope masonry and the window and door filling in order to improve the thermal technical properties of the building are quantified. Energy performance certificates (PENB) are prepared for both the current state of the house and one of the proposed variant. The work also includes a quantification of the subsidies that can be obtained after the implementation of the measures and a subsequent analysis that could lead to an increase in the subsidy amounts. Finally, the payback period of all investments made is calculated.

KEY WORDS

New Green Savings, thermal insulation of external masonry, window and door fillings, energy saving, heating costs, simple payback period, economic efficiency, investment

BIBLIOGRAFICKÉ CITACE

MILIONOVÁ, Kateřina. Možnosti snižování energetické náročnosti rodinného domu v rámci programu Nová zelená úsporám [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/148483>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Možnosti snižování energetické náročnosti rodinného domu v rámci programu NZÚ* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne

Kateřina Millionová

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Možnosti snižování energetické náročnosti rodinného domu v rámci programu NZÚ* zpracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

Kateřina Millionová

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala Ing. Miloslavu Výskalovi, Ph.D. za jeho ochotu, cenné rady a věnovaný čas během vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za nepřetržitou psychickou podporu po celou dobu mého bakalářského studia.

OBSAH

1. Úvod	10
2. Energetická náročnost budovy	11
2.1. Energetický štítek obálky budovy	11
2.2. Průkaz energetické náročnosti budovy.....	12
2.3. Energetický audit	12
3. Členění budov podle potřeby tepla na vytápění.....	13
3.1. Nízkoenergetické domy	13
3.2 Pasivní domy.....	13
3.3. Nulové domy	13
4. Provozní náklady domu	14
5. Ukazatelé ekonomické efektivity	14
5.1. Prostá doba návratnosti	14
5.2. Diskontovaná doba návratnosti.....	15
5.3. Nevýhody ukazatele doby návratnosti	15
5.4. Čistá současná hodnota	15
5.5. Vnitřní výnosové procento	16
6. Zlepšování tepelně technických vlastností domu	17
6.1. Základní pojmy.....	18
6.2. Součinitel tepelné vodivosti λ	18
6.3. Tepelný odpor R	18
6.4. Součinitel prostupu tepla konstrukcí U.....	19
6.5. Technologické postupy při snižování energetické náročnosti domu.....	20
6.5.1. Výměna výplní otvorů.....	20
6.5.2. Zateplení obvodových stěn domu	21
6.5.3. Zateplení střechy domu	23
6.5.4. Zateplení podlahy	24
7. Dotační program Nová zelená úsporám	25
7.1. Oprávnění žadatelé a příjemci podpory	25
7.2. Podporované typy staveb	26
7.3. Obecné podmínky pro stanovení podpory	26

7.3.1. Uznatelné náklady projektu.....	26
7.4. Oblasti podpory	27
7.4.1. Oblast A – Zateplení.....	27
7.4.2. Oblast B – Novostavba.....	28
7.4.3. Oblast C - Zdroje energie	30
7.4.4. Oblast D - Adaptační a mitigační opatření	33
7.4.5. Oblast E – Projektová podpora	35
8. Popis hodnoceného domu.....	35
8.1. Popis stavebních konstrukcí domu	35
8.2. Dispozice domu	36
8.3. Technické zařízení domu	36
9. Stávající stav rodinného domu	37
10. Zlepšování tepelně-technických vlastností hodnocené budovy	39
10.1. Zateplení obvodového zdiva.....	40
10.2. Náklady na vytápění rodinného domu po zateplení a výměně výplní otvorů.....	40
10.3. Náklady na zateplení rodinného domu.....	42
10.4. Náklady na výměnu okenních a dveřních výplní.....	42
11. Celkové náklady na snížení energetické náročnosti rodinného domu	43
11.4. Ekonomická výhodnost.....	43
12. Program NZÚ a předmětný rodinný dům	44
12.1. Dosažení na dotaci „Základ“	46
13. Ekonomické vyhodnocení předmětného domu	47
13.1. Prostá doba návratnosti	47
13.2. Vyhodnocení praktické části.....	49
14. Závěr.....	50
15. Použitá literatura	52
16. Seznam obrázků.....	53
17. Seznam tabulek	54
18. Seznam použitých zkratk a symbolů	55
19. Seznam příloh	55

1. Úvod

Kvůli situaci ve světě energií se část populace v České republice potýká s problémy financování své domácnosti. Současná doba si žádá energeticky úsporné stavby, ale oproti ostatním zemím Evropy, kde se tento způsob výstavby stává již běžným standardem, Česká republika výrazně zaostává.

Při rozhodnutí v budoucnu stavět, či renovovat, by měl být kladen důraz na skutečnost na rostoucích cen energií. Výstavba či renovace bez přemýšlení nad energetickou náročností objektu se může stát důvodem pozdějších finančních problémů.

Jednoduché zasklení okenních výplní, nezateplené obvodové zdivo, střecha bez tepelné izolace, či absence izolantu v podlaze může za obrovské tepelné ztráty v domech. Zmiňované oblasti úniku energií přitom není tak těžké odstranit, či eliminovat. Tato bakalářská práce jednotlivé oblasti úniku zhodnotí a navrhne možné řešení pro konstrukce, z nichž se skládá obálka budovy.

V úvodní teoretické části je popsána odborná terminologie, jenž je potřebná k pochopení problematiky tématu. Praktická část se zabývá obvodovým zdívem a výplněmi otvorů předmětného rodinného domu. Budou vyčísleny náklady na vytápění pro stávající (nezateplený) stav a následně pro navrhovaný stav. V programu KROS budou dále vypočteny náklady na zateplení jednotlivými variantami izolantů a na výměnu okenních a dveřních výplní. V neposlední řadě se práce zabývá programem Nová zelená úsporám a dotacemi, na které by bylo teoreticky možné po realizaci opatření dosáhnout.

2. Energetická náročnost budovy

Nejprve budou vymezeny pojmy, které jsou klíčové pro pochopení problematiky této bakalářské práce.

Energetická náročnost budovy zahrnuje veškeré energie spotřebované při normálním provozu budovu, jedná se tak o energie na přípravu TUV (teplé užitkové vody), energie na chlazení, na osvětlení, na úpravu vzduchu (rekuperaci), nebo energii na osvětlení.

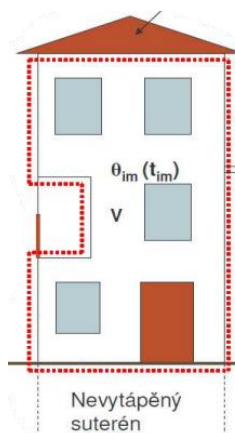
Pro výpočet energetické náročnosti budovy je nutno jak posuzovanou, tak referenční budovu „zatížit“ stejnými vnitřními a vnějšími okrajovými podmínkami. I když vliv těchto podmínek na hodnocení budovy z hlediska energetické náročnosti je malý, pro stanovení absolutní hodnoty energetické náročnosti je jejich vliv významný. Vnější okrajové podmínky popisují klimatické údaje ve struktuře potřebné pro zpracování výpočtu energetické náročnosti budovy, vnitřní okrajové podmínky jsou dané parametry vnitřního prostředí při typickém užívání dané zóny. [8]

Zóna – celá budova nebo její ucelená část s podobnými vlastnostmi vnitřního prostředí, režimem užívání a skladbou technických systémů. [8]

2.1. Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy nevykazuje nic o celkové energetické náročnosti budovy, ale pouze o vlastnostech obálky domu. Nicméně v kontextu celé zprávy o energetickém auditu nebo celého protokolu PENB lze spolehlivě vyčíst, jak velký potenciál možných energetických úspor lze očekávat například od investice do zateplení budovy, nebo výměny výplní otvorů. [1]

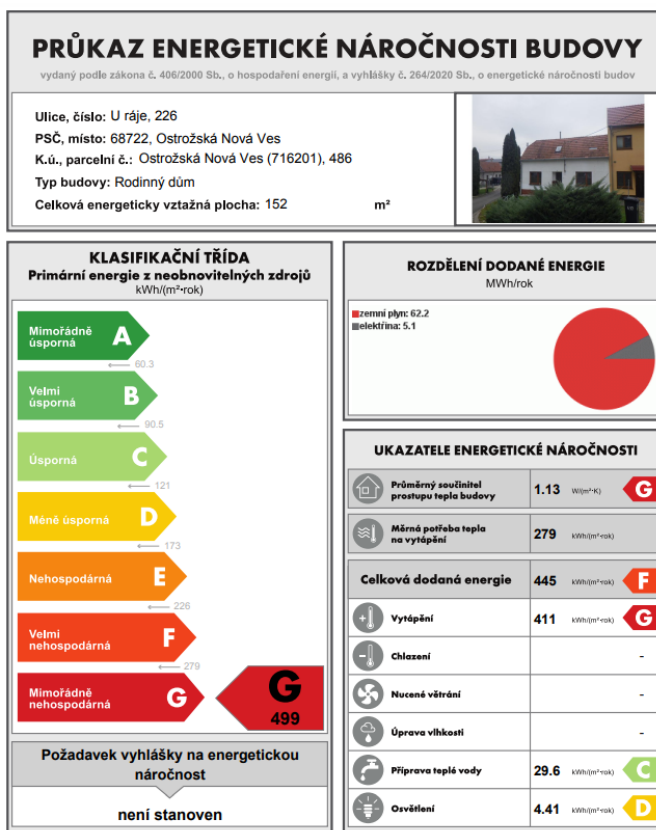
Obálka budovy – tento pojem zahrnuje všechny konstrukce, které oddělují budovu od exteriéru (venkovního prostředí). Jedná se tedy o podlahu na terénu, podlahu nad exteriérem, podlahu suterénu, strop pod nevytápěnou půdou, obvodových stěn budovy, výplní otvorů, či střechy.



Obrázek 1: Obálka budovy [1]

2.2. Průkaz energetické náročnosti budovy

Průkaz energetické náročnosti budovy, neboli PENB, slouží k vyhodnocení energetické náročnosti budovy - zohledňuje veškeré energie spotřebované při normálním provozu hodnocené budovy a (podobně jako energetický štítek spotřebiče) zařazuje budovu do příslušné třídy A - G. PENB hodnotí veškerou energii potřebnou pro provoz budovy, tedy energii na vytápění, přípravu TUV, chlazení, úpravu vzduchu větráním, klimatizací a energii na osvětlení. [2]



Obrázek 2: Průkaz energetické náročnosti rodinného domu [vlastní zpracování]

2.3. Energetický audit

Energetický audit je písemná zpráva, která zaznamenává informace o stávající, či navrhované úrovni využívání energie v objektu, v energetickém hospodářství a v průmyslovém postupu. Dále stanovuje ekologické, ekonomické a technicky efektivní návrhy na zvýšení úspor energie, nebo na zvýšení energetické účinnosti, včetně následné doporučení k realizaci od technického odborníka. [3]

Ekologické hodnocení se provádí na základě posouzení výše emisí CO₂ stávajícího a referenčního stavu a následně po realizaci možných opatření. Výše CO₂ uvádějí množství oxidu uhličitého připadajícího na jednotku energie ve spalovaném palivu.

Ekonomické hodnocení se provádí na základě hlavního rozhodovacího kritéria – NPV (čistá současná hodnota), doplňujícími kritérii je IRR (vnitřní výnosové procento) a DN (doba návratnosti).

Energetický audit musí obsahovat [14]:

- titulní list
- identifikační údaje o stavbě
- popis stávajícího stavu objektu a jeho vyhodnocení
- návrhy a různé varianty vedoucí ke zvýšení účinnosti využití energií
- následný výběr optimální varianty
- doporučení energetického specialisty

3. Členění budov podle potřeby tepla na vytápění

Podle základního rozdělení domů podle potřeby tepla na vytápění lze rozdělit objekty na starší budovy, obvyklé novostavby, nízkoenergetické domy, pasivní domy a nulové domy.

3.1. Nízkoenergetické domy

Nízkoenergetické domy jsou budovy, pro které je charakteristická nízká potřeba tepla na vytápění, které je dosaženo optimálním stavebním řešením obálky budovy. Roční spotřeba tepla na vytápění u těchto objektů je do 50 kWh/m². U domů postavených ve druhé polovině minulého století je tato hodnota nad 200 kWh/m², což je oproti hodnotě nízkoenergetického domu výrazně vyšší. [4]

3.2 Pasivní domy

Tyto objekty jsou podobné jako domy nízkoenergetické, podléhají však přísnějším normám. U pasivního domu nepřesahuje roční spotřeba tepla 15 kWh/m² a významnou roli zde již hraje samotný koncept pasivních domů, jako například usazení stavby na pozemku, samotný tvar domu, jeho půdorysná dispozice, orientace prosklených ploch vůči slunci, či volba materiálů. Tyto domy jsou lépe zabezpečeny proti tepelným ztrátám potřebným množstvím izolace obálky budovy, či kvalitními okny. Klíčovým prvkem pasivního domu je nucené větrání s rekuperací (zpětný zisk tepla), které zajistí neustálý přísun čerstvého vzduchu bez ztráty tepla. [4]

V pasivních domech je žádoucí používat pouze vysoce úsporné elektrospotřebiče, tím lze snížit spotřebu elektrické energie až o 50%. To znamená spotřebiče označené na energetickém štítku písmenem „A“. [21]

3.3. Nulové domy

Nulové domy jsou objekty, které energii nejenom spotřebovávají, ale i vyrábí, a to z obnovitelných zdrojů, jako slunce, vítr a země. Používáním technologií moderní doby

jako tepelná čerpadla, solární panely, či FVE (fotovoltaické panely) může být docíleno toho, že objekt vyprodukuje dostatek energie na pokrytí svých nákladů.

Nulový dům má roční spotřebu tepla pro vytápění menší než 5 kWh/m² a stejně jako u pasivních domů, i zde značnou roli hraje samotný koncept - usazení domu na pozemku, tvar domu, dispozice, orientace vzhledem ke slunci a volba materiálů. I nulový dům je důkladně zabezpečen proti tepelným ztrátám a využívá nucené větrání s rekuperací. [4]

4. Provozní náklady domu

Nejprve musí být vysvětlen pojem „provozní náklady“, kterým se nyní tato část bakalářské práce bude zabývat. Tyto náklady jsou kalkulovány na základě výsledné energetické náročnosti objektu a momentálních cen energií, které se budou za dobu životnosti objektu diferencovat.

Na území státu České republiky tvoří většinou největší objem provozních nákladů náklad na vytápění objektu, a to kvůli poloze a klimatickým podmínkám, v nichž se ČR nachází. Z pohledu investora je tedy nejlogičtější náklady na vytápění co nejvíce snížit, či naprosto eliminovat.

Je však velmi důležité brát v potaz vysokou pořizovací cenu moderních technologií, které by energetickou náročnost měly snižovat. Zde je důležitý fakt, že životnost dané technologie nemusí být natolik dlouhá, aby se investičně pro objekt vyplatila z hlediska finanční návratnosti. Avšak z dlouhodobého hlediska je pro investora daleko výhodnější mít vysoké počáteční náklady, jestliže bude dosaženo nižších nákladů na vytápění v průběhu životnosti objektu. Při optimálním návrhu objektu, který není energeticky náročný, je doporučeno postupovat tak, aby se dosáhlo co nejlepšího poměru nízkých provozních nákladů k nákladům na pořízení budovy. [5]

Provozní náklady představují tyto položky: náklady na vytápění, ohřev TUV, spotřeba elektrické energie, vodné, stočné a případně náklady na fond oprav.

5. Ukazatelé ekonomické efektivity

5.1. Prostá doba návratnosti

Doba návratnosti (DN) je v podstatě počet let, ve kterých daný projekt vynáší výnosy R ve výši investovaných nákladů projektu. Pokud jsou výnosy R v jednotlivých letech konstantní (roční NCF), lze poté dobu návratnosti (DN) stanovit jako podíl investičních nákladů (IC) a ročního NCF.

$$DN = \frac{IC}{NCF} \text{ (v letech)} \quad (5.1)$$

Za běžného provozu se ale neseťkáváme s případy, kdy NCF by mělo být konstantní v jednotlivých letech provozu období, jež sledujeme. Právě proto dobu návratnosti (DN) stanovujeme pomocí kumulativního načítání ročních NCF provozních fází, až do výše investičních nákladů (IC). [6]

$$\sum_{i=k}^n = \frac{NCF_i - IC_i}{(1+r)^i} \quad (5.2)$$

kde k. . . počet let investiční fáze projektu

5.2. Diskontovaná doba návratnosti

Výpočet je totožný jako u prosté dobou návratnosti (DN). Jde opět o kumulaci, tentokrát ale diskontovaných toků, a to až do okamžiku, ve kterém se budou rovnat investičním nákladům. Jednotlivé peněžní toky musí být z hlediska časové hodnoty peněz diskontovány a porovnány s počátečními investičními náklady. Čím je doba návratnosti kratší, tím je investice hodnocena příznivěji. [6]

5.3. Nevýhody ukazatele doby návratnosti

Je klíčové si uvědomit, že metoda doby návratnosti (jak už prostá, tak diskontovaná), je používána pro zhodnocení investičního záměru pouze jako doplňkový ukazatel. Ukazatel DN nebere totiž v potaz nijak peněžní toky, které vznikají po době návratnosti, je tedy možné, že by vybraná investice byla sice více likvidní, ale ve výsledku méně efektivní. Je totiž známo, že příjmy z investic často koncentrují do posledních let, jež je životnost projektu předpokládána. [6]

5.4. Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota (NPV) představuje nárůst finančních zdrojů podniku, který je vyvolaný investováním, a to za předpokladu, že výnos R z investice je vyšší, či roven počátečním investičním nákladům (IC).

Čistá současná hodnota (NPV) zhodnocuje efektivnost projektu z hlediska ekonomického v delším časovém období. Jelikož hodnota finančních prostředků v čase fluktuuje, je nemožné toky finančních toků (NCF) v jednotlivých letech přesně sčítat. Je tedy nutné stanovit hodnotu, jež dokáže stanovit předpokládané budoucí výnosy na jejich současnou hodnotu, a to za pomoci diskontování, neboli odúročení. Diskontované budoucí NCF provozní fáze v ekonomických propočtech nazýváme současnou hodnotu (PV), která se počítá pomocí následujícího vzorce.

$$PV = \sum_{i=1}^n = \frac{NCF_i}{(1+r)^i} \quad (5.3)$$

kde PV. . . současná hodnota v Kč

NCF. . . čisté CF v jednotlivých letech provozní fáze projektu v Kč

i . . . počet let od 1 do n
r . . . diskontní sazba (časová hodnota peněz) v %/100
 $\frac{1}{(1+r)^i}$. . . diskontní faktor

Hodnotu NPV poté zjistíme, pokud od současné hodnoty (PV) odečteme prvotní investiční náklady.

$$NPV = PV - IC \quad (5.4)$$

kde NPV . . . čistá současná hodnota v Kč
IC . . . investiční náklad v Kč

Pokud však investiční fáze (výstavba) probíhá ve více letech, je nutné NPV počítat tímto způsobem.

$$\sum_{i=0}^n = \frac{NCF_i}{(1+r)^i} = \frac{NCF_1}{(1+r)^1} = \frac{NCF_2}{(1+r)^2} = \frac{NCF_n}{(1+r)^n} \quad (5.5)$$

Je důležité si uvědomit, že je zapotřebí akceptovat pouze ty investice, jenž mají kladnou, nebo nulovou čistou současnou hodnotu (NPV) a vytvářejí tedy výnos vyšší, či shodný náklady, které jsou do ní vložené a odmítáme ty, jejichž současná hodnota je záporná. [6]

5.5. Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento (IRR) lze definovat jako výnos, při kterém peněžní toky projektu vytvoří nulovou NPV (čistou současnou hodnotu). Jedná se tedy o procentuální vyjádření výnosnosti projektu za celé hodnocené období. Následující vzorec zobrazuje vztah pro výpočet IRR. [6]

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} = 0 \quad (5.6)$$

kde NPV . . . čistá současná hodnota peněz v Kč
R_i . . . výnosy v jednotlivých letech v Kč
i . . . počet let
r . . . diskontní sazba (časová hodnota peněz) v % / 100

Algebraický výpočet metodou lineární interpolace bude probíhat v následujících krocích [6]:

- Odhad hodnoty vnitřního výnosového procenta (IRR) projektu
- Výpočet čisté současné hodnoty NPV pro toto odhadované IRR
- Porovnání s rozhodovacími kritérii
 - NPV = 0 . . . odhad správný
 - NPV > 0 . . . odhad nízký (r_1)
 - NPV < 0 . . . odhad vysoký (r_2)
- Postup bude opakován, dokud nebude dosaženo kladné NPV a záporné NPV
- Dosazení do interpolačního vzorce stanoví skutečnou hodnotu IRR [6]

$$IRR = r_1 \times \frac{NPV^+}{|NPV^-| + |NPV^+|} \times (r_2 - r_1) \quad (5.7)$$

kde r_1 . . . odhadované IRR pro kladnou NPV^+ v % / 100

r_2 . . . odhadované IRR pro zápornou NPV^- v % / 100

6. Zlepšování tepelně technických vlastností domu

Jelikož je ochrana životního prostředí závažným tématem této doby, spotřebě energií v domácnostech je věnována velká pozornost. Kotle na tuhá paliva (především uhlí) byly nahrazeny plynovými, které produkují nižší množství škodlivin a mají také vyšší výhřevnost. V poslední době roste také oblíbenost kotlů na biomasu, jelikož z hlediska ekonomického je to momentálně nejvýhodnější, dále neustále vzrůstá obliba tepelných čerpadel.

Největší objem nákladů představuje pro domácnosti elektřina potřebná na vytápění a ohřev TUV. Domácnosti s elektrickým bojlerem, elektrickým vytápěním a elektrickým sporákem mají spotřebu elektřiny ročně okolo 3 MWh, pokud je však elektřina využívána pouze pro svícení a napájení domácích spotřebičů, spotřeba se bude pohybovat kolem 2 MWh za rok. [7]

Snížit energetickou náročnost budov lze však už jen pomocí těchto relativně jednoduchých opatření. Tato bakalářská práce se zabývá pouze stavebními opatřeními a nebude řešit technické systémy budovy, jako např. tepelné zdroje, rekuperaci, či úspornější tepelné zdroje.

- Zateplení obvodových stěn domu
- Doplnění izolace do střechy domu
- Výměna výplní otvorů (oken, dveří)
- Zateplení podlahy

6.1. Základní pojmy

Tepelně technické vlastnosti stavebních materiálů závisí na spoustě parametrech. Jejich hodnoty se získávají vyhodnocováním z naměřených hodnot nebo výpočtem tak, aby zohledňovaly způsob zabudování materiálu ve stavební konstrukci. Pro výpočet tepelně-technických vlastností, ale i pro návrh konstrukcí a nových objektů, je nutná znalost nejdůležitějších fyzikálních pojmů a veličin.

6.2. Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]

Součinitel tepelné vodivosti je nejdůležitější veličina z hlediska šíření tepla. Tepelná vodivost vyjadřuje schopnost homogenního izotropního materiálu vést teplo. [10]

Určujícími vlastnostmi součinitele tepelné vodivosti je vlhkost, objemová hmotnost odpovídající míře stlačení / zatížení, střední teplota, stáří u materiálu u výrobků měnící jejich vlastnosti po dobu předpokládaného užití, tloušťka výrobků, u kterých dochází k intenzivnímu přenosu tepla sáláním (zejména tepelně izolační výrobky z pěnových plastů) nebo prouděním (zejména vláknité tepelně izolační výrobky). [9]

- Čím větší má materiál objemovou hmotnost, tím větší je součinitel tepelné vodivosti
- Čím menší je pórovitost, tím větší je součinitel tepelné vodivosti
- Se stoupajícím obsahem vlhkosti roste i součinitel tepelné vodivosti

6.3. Tepelný odpor R [$\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$]

Tepelný odpor je veličina, která udává míru odporu pronikání tepla konstrukce. Čím vyšší je tepelný odpor materiálu či konstrukce, tím pomaleji teplo prochází, a proto je cílem, aby byl tepelný odpor obálky budovy co nejvyšší.

Tepelný odpor označujeme písmenem „R“ a výpočet se provádí pomocí tloušťky jednotlivých materiálů a jejich součinitelů tepelné vodivosti.

- Čím větší tepelný odpor, tím větší je tepelně izolační vlastnost
- Čím větší tepelný odpor, tím menší je objemová hmotnost daného materiálu
- Čím menší tepelný odpor, tím větší je vlhkost daného materiálu
- Čím větší tepelný odpor, tím větší je pórovitost daného materiálu

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (6.1)$$

kde R . . . tepelný odpor konstrukce [$\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$]

d . . . tloušťka materiálu v konstrukci v mm

λ . . . součinitel tepelné vodivosti materiálu [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]

Tepelný odpor konstrukce je roven součtu tepelných odporů jednotlivých vrstev, ze kterých je konstrukce složena:

$$R = \sum R_i \quad (6.2)$$

kde R_i . . . tepelný odpor i -té vrstvy konstrukce [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

Odpor konstrukce při prostupu tepla R_T - Úhrnný tepelný odpor bránící výměně tepla mezi prostředím oddělenými od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, je definován vztahem:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (6.3) \quad [12]$$

kde R . . . tepelný odpor [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

R_{si} . . . odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

R_{se} . . . odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

6.4. Součinitel prostupu tepla konstrukcí U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

Součinitel prostupu tepla je, ve zjednodušené formě, převrácená hodnota tepelného odporu. Je to celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředím vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami. Zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce. Součinitel prostupu tepla U a tepelný odpor konstrukce R se stanoví pro podmínky ustáleného šíření tepla při zimních návrhových okrajových podmínkách. [13]

Vzájemný vztah součinitele prostupu tepla U a tepelného odporu konstrukce R , popř. odporu při prostupu tepla R_T , je dán vztahy [13]:

$$U = \frac{1}{R + R_{si} + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \quad (6.4)$$

kde R . . . tepelný odpor [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

R_{si} . . . odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

R_{se} . . . odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

R_T . . . odpor konstrukce při prostupu tepla z prostředí do prostředí [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

Celkový součinitel prostupu tepla U_c [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] zpřesňuje součinitel prostupu tepla U zahrnutím vlivů např. způsobu kotvení tepelné izolace k obvodovému zdivu. Korekce přímého působení nepříznivých vlivů na tepelněizolační vlastnost, se stanoví ze vztahu [13]:

$$U_c = U + \Delta U \quad (6.5)$$

6.5. Technologické postupy při snižování energetické náročnosti domu

6.5.1. Výměna výplní otvorů

Okna, vchodové dveře a vrata oddělují chráněné vnitřní prostředí od exteriéru. Působí na ně vlhkost, teplotní rozdíly, sluneční záření a vítr. Z hlediska tepelných úspor je výměna výplní jistě jedním z nejlepších variant opatření. Okna jsou nabízená s různými typy dvojskel či trojskel.

Pokud jsou stávající okna v dobrém stavu, je možné uvažovat i o jejich repasi, u těchto varianty však převládají spíše nevýhody. Jako například skutečnost, že by se jednalo o velmi časově náročný proces, dále fakt, že nikdy nebude možné dosáhnout vlastností jako u úplně nových oken, či že cena repasování okna je více jak z poloviny tak vysoká jako nové okno. [15] Součinitel prostupu tepla okny se stanoví dle vztahu:

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \psi_g \cdot l_g}{A_f + A_g} \quad (6.6)$$

kde U_f . . součinitel prostupu tepla rámem okna ve $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$,

A_f . . . plocha rámu v $[m^2]$,

U_g . . součinitel prostupu tepla zasklením ve $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$,

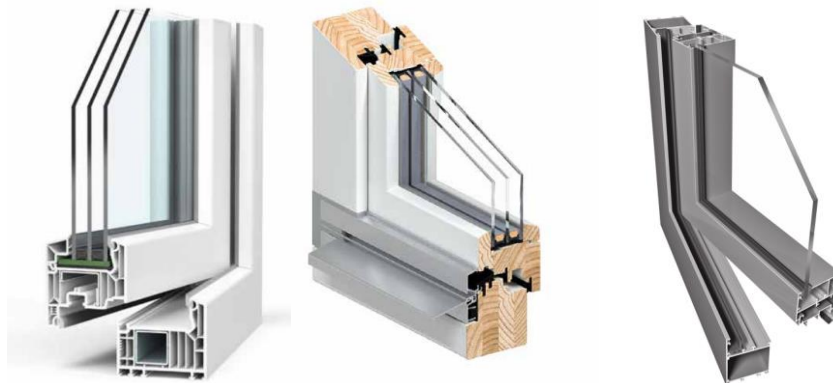
A_g . . . plocha zasklení v $[m^2]$,

ψ_g . . lineární činitel prostupu tepla zasklení ve $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$,

l_g . . celkový viditelný odvod zasklení okna v $[m]$.

Součinitelé prostupu tepla okny jsou již u každého typu oken při pořizování dány a není je třeba počítat. Na trhu můžeme najít momentálně především tyto materiálové typy oken:

- Plastová okna
- Dřevěná okna
- Hliníková okna
- Kombinace těchto materiálů



Obrázek 3: Plastové okno, dřevěné okno, hliníkové okno [15]

6.5.2. Zateplení obvodových stěn domu

Ke snížení tepelných ztrát, tedy úspory energie a peněz je rozumné uvažovat o zateplení stávajících konstrukcí. Ke snížení spotřeby energie na vytápění a zároveň zajištění hygienické nezávadnosti, je třeba provést stavební úpravy, které zvýší tepelněizolační vlastnosti stavební konstrukce. Zateplení obvodových stěn objektů se může provádět několika způsoby [10]:

- Kontaktní zateplovací systém
- Tepelněizolační omítka
- Bezkontaktní zateplovací systém
- Sendvičové izolační systémy

6.5.2.1 Kontaktní zateplovací systém

Kontaktní zateplovací systém se většinou aplikuje na vnější část obvodových stěn objektu. Tento způsob zateplení je nejběžnějším způsobem a jako izolant využívá polystyren, nebo minerální vatu. Ochrana před přehříváním konstrukce v létě i před promrzáním v zimních měsících přispívá jak ke zvýšení stability domu, tak k celkové vyšší tepelné pohodě pro jeho obyvatele. [16]

Minerální vata patří k tradičním a nejrozšířenějším tepelným izolantům na trhu. Vstupními surovinami je diabas, čedič, brikety z recyklované kamenné vlny a ze strusky z vysokých pecí. Maximální tloušťka desek je 330 mm. Tato izolace nesmí být zabudována pod úroveň terénu, jedná se totiž o velmi nasákový materiál (za 24 h přijme až 1 kg vody/m²). Na druhou stranu je to difuzně otevřený materiál a je vhodný například do moderních dřevostaveb, dále je také prakticky nehořlavá. [21]

Nejvíce používané izolanty jsou pěnové (expandované) polystyrény, značeny jako EPS a extrudované (vytlačované) polystyrény XPS. Oba jmenované se vyrábí ze stejné vstupní suroviny – z granulátu polystyrénu, liší se pouze doplňkovými surovinami a odlišnou technologií výroby. XPS je oproti EPS minimálně nasákový a má také vyšší pevnost v tlaku a vyšší hranovou pevnost. Extrudovaný polystyren je vhodný pro izolace nechráněné

spodní stavby pod úroveň terénu, naopak EPS by měl být od vlhkého a nasákavého prostředí vzdálen minimálně 300 mm. [21]

Pro XPS je charakteristické zbarvení do odstínů modré, šedé, zelené, fialové, růžové či žluté barvy a tím se právě odlišuje od bíle zbarveného EPS.



Obrázek 4: Kontaktní zateplovací systém obvodových stěn [19]

6.5.2.2. Tepelněizolační omítka

Tyto omítky byly vyvinuty z tradičních minerálních omítek právě pro zlepšení jejich tepelněizolačních vlastností. Jsou vylehčeny speciálními plnivy, jako je polystyren, či perlit, a právě kvůli tomuto faktu lze dosáhnout lepšího součinitele tepelné vodivosti. Tyto tepelněizolační omítky jsou vhodné pro ty, kteří nechtějí zateplovat klasickými systémy, ale přitom vylepšit tepelné vlastnosti obvodové konstrukce. Omítky bez potíží kopírují jakýkoliv tvar i rovinnost, lze je zpracovávat ručně i strojově. Užití tepelněizolačních omítek je přínosné i v kombinaci s ostatními zmíněnými zateplovacími systémy, jejich účinek totiž posiluje a přispívá k celkovému zvýšení tepelného odporu. [17]



Obrázek 5: Aplikace tepelněizolační omítky [19]

6.5.2.3. Bezkontaktní zateplovací systém

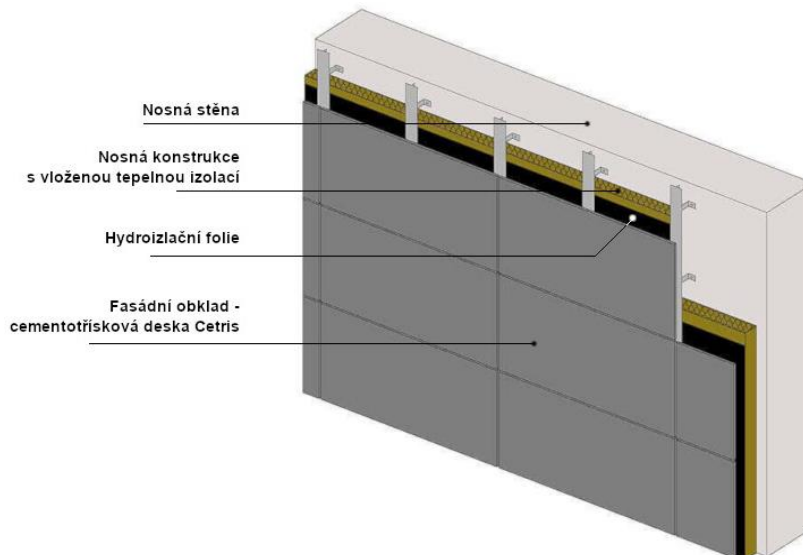
Materiálem pro tento zateplovací systém je nejčastěji minerální desky s hydrofobizační a vodoodpudivou úpravou, které se vkládají do držáků, či profilů ukotvených ve stěně. Tímto se vytvoří větraná vzduchová vrstva. Systém odvětrávané fasády je univerzální a dá se využít u jakýchkoliv budov.

Jelikož je izolace vložena do roštu, desky z minerální vlny v konstrukci provětrávané fasády mohou být poměrně měkké a vysoce prodyšné. Odchod vodní páry není nijak omezen, jelikož mezi vatou a krycími deskami je tato odvětraná mezera, právě proto se tento systém hodí zejména pro dodatečné izolování starších staveb, jejichž zdivo bylo sanováno proti vlhkosti a nestačilo ještě zcela vyschnout. [16]

Fasádní desky, které se pro tento systém využívají mohou být [19]:

- cementovláknité nebo cementotřískové desky
- keramické nebo kamenné pásky
- fasádní dřevěné profily nebo velkoplošné dřevěné panely
- porcelánové, kovové, skleněné obklady
- zelená fasáda – zavěšené panely osázené rostlinami.

Výhodou odvětrávané fasády je, že snižuje tepelnou zátěž domů v letních měsících, dále umožňuje suchou montáž, tedy tento systém není tolik závislý na počasí a ročním období. [16]



Obrázek 6: Odvětrávaná fasáda [19]

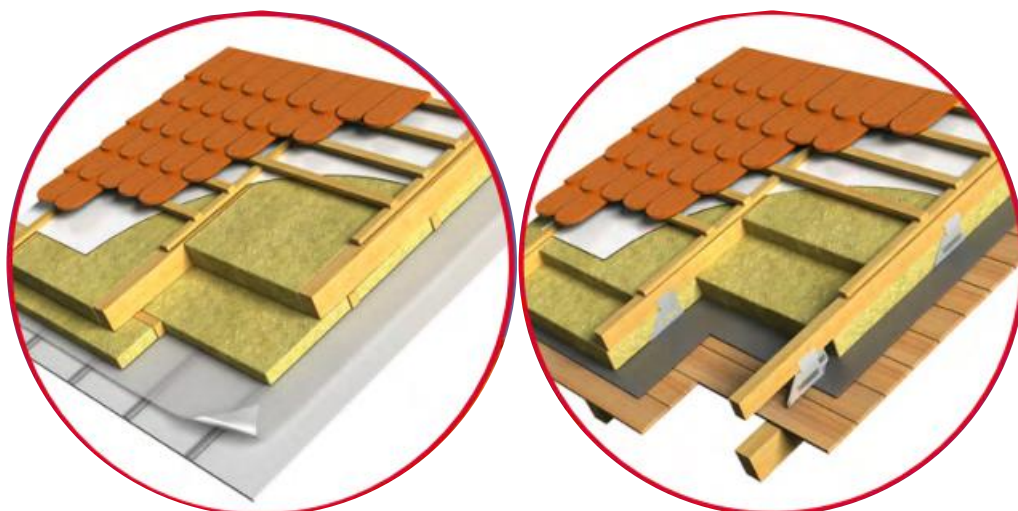
6.5.3. Zateplení střechy domu

Zateplení šikmé střechy je jedním z řešení, jak můžeme zabránit úniku tepla, přehřívání interiéru domu, či využití podkroví k bydlení.

Pro zajištění dlouhé životnosti šikmé střechy je nutné vybrat vhodnou skladbu střešního pláště, dodržet všechny zásady provedení střechy, použít kvalitní materiály a dodržet technologické postupy při realizaci zateplení. Důležitý je i dostatečný sklon střechy pro

zajištění plynulého odtoku srážkové vody, případně tajícího sněhu nebo ledu.

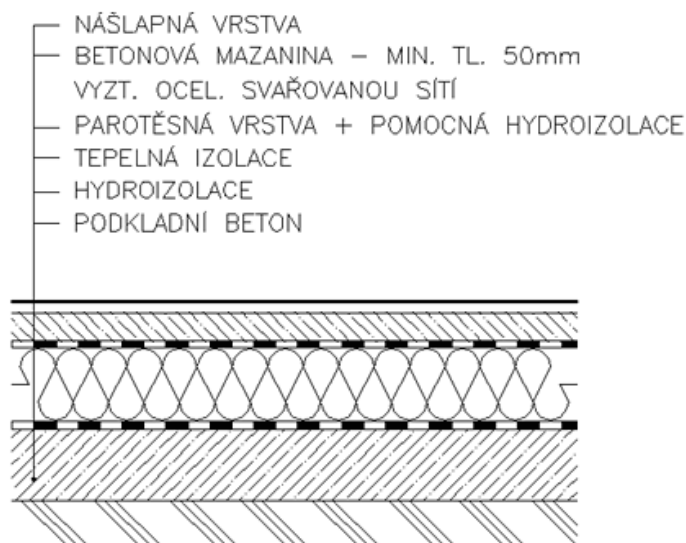
Existuje mnoho způsobů, jak střešní konstrukci zateplit, můžeme využít například vkládání izolace mezi a pod krokve, dále také vkládání izolace nad krokve, díky čemuž maximálně využijeme podkrovní prostor k bydlení a necháme vyniknout dřevěný krov (z hlediska tepelněizolačních i akustických vlastností je tento způsob zateplení nejvýhodnější variantou). Konstrukcí lze rovněž zateplit provedením foukané izolace z granulované nehořlavé kamenné vlny, tento způsob zateplení se často využívá pro izolaci špatně přístupných míst. [18]



Obrázek 7: Zateplení střechy mezi a pod krokvemi, zateplení střechy nad krokvemi [18]

6.5.4. Zateplení podlahy

Izolace podlahy byla dříve zanedbávána, přesto by měla tvořit nedílnou součást každé stavby. U podlahy je každá stavba limitována její hladinou a navazujícími dveřmi, a proto je důležité provést izolaci podlahy a stropu hned, pozdější doplňování by mohlo být komplikací. Izolace musí unést veškeré zatížení, tj. zatížení od dalších vrstev konstrukce nad izolací a užité zatížení v místnosti. Musí být dostatečně tuhá, aby nedošlo ke stlačení, které by způsobilo snížení účinnosti tepelné ochrany i porušení horních vrstev podlahové konstrukce. Cementový potěr nad izolací může zatéct do pórů izolace nebo do stykových spár mezi díly izolace a může způsobit vznik tepelných mostů. Tyto problémy se eliminují vložením fólie mezi cementový potěr a tepelný izolant nebo se použije tepelný izolant nenasákavý, poskládaný ve více vrstvách s vystřídáním stykových spár izolace nad sebou. [10]



Obrázek 8: Podlaha na terénu doplněná o tepelnou izolaci [20]

7. Dotační program Nová zelená úsporám

Nová zelená úsporám je dotační program vytvořený Ministerstvem životního prostředí, administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR. Tento program je zaměřený na úspory energií v rodinných i bytových domech a podporuje nejenom rekonstrukce v podobě dodatečného zateplení, výměny oken a dveří, výměny zdroje vytápění nebo zdroje energie na vytápění, ale i výstavbu nového objektu s nízkou energetickou náročností za použití obnovitelných zdrojů energie a další.

7.1. Oprávnění žadatelé a příjemci podpory

Osobou žádající o dotace smí být vlastník stávajícího rodinného domu (dále RD), stavebník RD, nabyvatel (v postavení žadatele může být také zájemce o koupi nového RD, který tento zájem prokáže písemnou dohodou uzavřenou se stavebníkem nebo prvním vlastníkem tohoto domu) nového RD a také osoba, které svědčí právo stavby. V případech územního samosprávného celku, který splňuje podmínky být oprávněným žadatelem, může, po předchozím písemném souhlasu zřizovatele, podat žádost a přijmout podporu i příspěvková organizace zřízená v souladu se zákonem č. 250/2000 Sb., o rozpočtových pravidlech územních rozpočtů.

Neoprávněným žadatelem jsou fondy a obchodní společnosti, pokud jejich majitelé (koneční příjemci) nejsou uvedeni v evidenci skutečných majitelů dle zákona č. 37/2021 Sb., o evidenci skutečných majitelů, v platném znění. [15]

7.2. Podporované typy staveb

Podpora je poskytována pro účely realizování opatření na rodinných domech na území ČR. V případě, kdy budova ve stávajícím stavu neplní definici RD, je možné poskytnout podporu pouze v případě, že před započítáním realizace opatření budova plnila účel vyžadující vytápění během celého topného období v její převážné části a celková energeticky vztažná plocha budovy v navrhovaném stavu nepřekročila 350 m². [15]

Rodinný dům je stavba pro bydlení (dle § 2 vyhlášky č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů), kde více než polovina podlahové plochy odpovídá požadavkům na trvalé rodinné bydlení a je k tomuto účelu určena a užívána, dále jsou v ní nejvýše tři samostatné byty a má nejvýše dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkroví, a je jako rodinný dům zapsána v katastru nemovitostí. [15]

7.3. Obecné podmínky pro stanovení podpory

V programu Nová zelená úsporám (dále NZÚ) jsou podporována opatření realizována a uhrazena po 1. lednu 2021. Celková výše podpory na jednu žádost je omezena na maximálně 50 % celkových přímých realizačních výdajů (uznatelných nákladů). Výše podpory pro jednotlivá podporovaná opatření nesmí přesáhnout doložené přímé realizační výdaje pro danou podoblast podpory. Je vyloučeno souběžné financování podporovaných opatření z dalších veřejných zdrojů (fondů EU, státního rozpočtu apod.) s výjimkou takového typu podpory, u níž je vícezdrojové financování povoleno. V takovém případě musí žadatel při doložení realizace předložit přehled výdajů na opatření s uvedením zdrojů využitých pro financování jednotlivých položek. [15]

Pro pozdější dokazování nákladů je žadatelům doporučeno platit veškeré výdaje z jednoho bankovního účtu, který náleží majiteli objektu. Dále je důležité, aby všechny faktury byly prokazatelné a vydané na majitele objektu a bankovního účtu. Nedodržení těchto podmínek nevede k zamítnutí dotace, je to však problém, který by mohl vést k oddálení poskytnutí dotace.

7.3.1. Uznatelné náklady projektu

Položky uznatelných nákladů jsou odlišné svým charakterem opatření a náklady, které se u podporovaných projektů mohou objevit. Náklady při realizaci projektu lze rozdělit na náklady investiční, které představují náklady na pořízení dlouhodobého hmotného majetku a nehmotného majetku, a neinvestiční, které úzce souvisejí s provozem.

Investiční náklady jsou zejména náklady na projektovou dokumentaci, na pozemky, stavbu, zřizovací výdaje, nehmotné výsledky výzkumu, software, patenty atd. Neinvestiční náklady jsou např. materiál a energie, služby, odpisy, finanční transakce, daně a poplatky, cestovné atd. [23]

7.4. Oblasti podpory

7.4.1. Oblast A – Zateplení

Maximální částka podpory v oblasti A na jeden RD je omezena na 650 000,- Kč a stanoví se, jako součet částek podpory na jednotlivé konstrukce, kde je prováděno opatření. Výši podpory na konstrukce jsou stanoveny v tabulce 1. [15]

Tabulka 1: Výše podpory v oblasti A – zateplení [15]

Typ konstrukce	Podporovaná opatření			
	Dílčí [Kč/m ²]	Základ [Kč/m ²]	Komplex [Kč/m ²]	Památky [Kč/m ²]
Stěny vnější, střechy, podlahy nad venkovním prostorem, lehké obvodové pláště, konstrukce k nevytápěným prostorům a k sousední budově	600	800	1000	800
Výplně otvorů ³	2 200	3 000	3 800	3 800
Konstrukce k zemině	800	1 050	1 300	1 050

V tabulce 2 jsou uvedeny parametry pro jednotlivé konstrukce, jež je třeba splnit, aby bylo možno žádat o dotace. [15]

Tabulka 2: Požadované parametry v oblasti A – zateplení [15]

Sledovaný parametr	Podporovaná opatření			
	Památky	Dílčí	Základ	Komplex
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	bez požadavku		$\leq 0,84 U_{em,R}$	$\leq 0,70 U_{em,R}$
Součinitel prostupu tepla konstrukce na obálce budovy, na které je prováděno opatření	Splnění požadavků zák. č. 406/2000Sb. a ČSN 73 0540-2	$\leq 0,7 U_{N,20}$	Splnění požadavků vyhl. č. 264/2020 Sb. a ČSN 73 0540-2	
Součinitel prostupu tepla měněných výplní otvorů svislých konstrukcí na obálce budovy ⁴		$\leq 0,6 U_{N,20}$		
Procentní snížení průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy oproti stavu před realizací opatření	$\geq 10 \%$		$\geq 20 \%$	
Snížení výpočtové hodnoty celkové primární energie z neobnovitelných zdrojů dodané do budovy v MWh/rok	$\geq 10 \%$		$\geq 30 \%$	
Snížení výpočtové hodnoty celkové dodané energie do budovy v MWh/rok	$\geq 10 \%$			
<p>$U_{em,R}$ - průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy, stanovený v souladu s vyhl. č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, ve znění pozdějších předpisů ($f_r=1,0$).</p> <p>$U_{N,20}$ - požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro daný typ konstrukce a návrhovou teplotu v posuzované zóně budovy dle ČSN 730540-2 ve znění platném k datu podání žádosti.</p>				

7.4.2. Oblast B – Novostavba

Tato oblast je zaměřená na podporu výstavby, či koupi nového RD s nízkou energetickou náročností objektu. Podpora v oblasti B není poskytována na stavby určené pro rodinnou rekreaci, a to ani v případech, kdy budou využívány pro trvalé rodinné bydlení a mají přiděleno číslo popisné nebo evidenční. Dle dosažených energetických parametrů budovy se oblast podpory B dělí na tři podoblasti podpory, které jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Výše podpory v oblasti B [15]

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření	Výše podpory [Kč/dům]
Základ	Dům s nízkou energetickou náročností	200 000
Pasiv	Dům s velmi nízkou energetickou náročností	350 000
Pasiv+	Dům s velmi nízkou energetickou náročností s důrazem na použití obnovitelných zdrojů energie	500 000

Na RD, který bude podpořen v rámci této oblasti nelze žádat o podpory z jiných oblastí, pokud podmínky pro příslušnou podoblast podpory nestanoví jinak. Podmínky dané pro oblast B musí být splněny právě v okamžiku, kdy je RD zapsán do katastru nemovitostí. RD, jenž je předmětem podpory, musí splnit požadavky vyhlášky č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, ve znění pozdějších předpisů, na budovu s téměř nulovou spotřebou energie platné po 1. 1. 2022. Současně musí být dosaženo minimálně o 20 % nižší hodnoty primární energie z neobnovitelných zdrojů, než je požadavek výše uvedené vyhlášky. Maximální energeticky vztažná plocha novostavby RD, pro kterou lze čerpat podporu je omezena 350 m². [15]

Tabulka 4: Požadované parametry v oblasti B [15]

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	Podporovaná opatření		
		Základ	Pasiv	Pasiv+
Měrná roční potřeba tepla na vytápění	E_A [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	bez požadavku	≤ 20	≤ 15
Primární energie z neobnovitelných zdrojů	$E_{pN,A}$ [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	≤ 0,8 E_R (klas. třída A) ⁵	≤ 0,8 E_R (klas. třída A) ⁵	≤ 0,6 E_R
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na obálce budovy ⁶	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ 0,6 $U_{N,20}$		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	Klasifikační třída ⁵	B	A	A
Průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby	n_{50} [1.h ⁻¹]	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,6
Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období ⁷	$\theta_{ai,max}$ [°C]	≤ 27 °C		
Povinná instalace systému řízeného větrání se zpětným získáváním tepla ⁸	[-]	Ano		

E_R – ukazatel energetické náročnosti pro referenční podmínky uvedené pro budovu s téměř nulovou spotřebou energie od 1. ledna 2022, Klasifikační třída energetické náročnosti budovy dle vyhl. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov.

7.4.3. Oblast C - Zdroje energie

V této oblasti jsou podporována opatření, která jsou realizována pouze ve stávajících dokončených rodinných domech a v budovách, které jsou definovány v kap. 7.2. V této oblasti jsou podporovány různé varianty zdrojů energie, jedná se o oblasti:

- Podoblast C1 – Výměna zdrojů tepla
 - V této oblasti podpory jsou poskytovány dotace na pořízení a instalaci nového hlavního zdroje tepla pro vytápění v rodinném domě, či bytové jednotce v rodinném domě s případnou přípravou TUV, včetně příslušenství a zapojení do otopné soustavy výměnou stávajícího zdroj vytápění za:
 - kotel na pevná paliva nižší než 3. třídy dle ČSN EN 303-5 za některý ze zdrojů z tab. 5
 - kotle na topné oleje za některý ze zdrojů dle tab. 5
 - lokálních topidla na pevná paliva, sloužících společně jako hlavní zdroj tepla pro vytápění, za některý ze zdrojů dle tab. 5
 - elektrického vytápění za systém s tepelným čerpadlem [15]

Tabulka 5: Výše podpory v oblasti C1 [15]

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření – typy zdrojů	Jednotková výše podpory [Kč]
Kotel-bio	Kotel na biomasu vč. akumulační nádrže nebo kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	80 000
Kotel-bio+	Kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva a celosezónním zásobníkem pelet	100 000
Kamna-bio	Lokální zdroj na biomasu se samočinnou dodávkou paliva. Předání tepla sáláním popř. teplovzdušné	30 000
Kamna-bio+	Lokální zdroj na biomasu se samočinnou dodávkou paliva a teplovodním výměníkem	45 000
TČ-vytápění	Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění	80 000
TČ-vytápění+	Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění s přípravou teplé vody	100 000
TČ+FV	Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění s přípravou teplé vody připojené k FV systému	140 000
TČ-vzduch	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch	60 000
CZT	Napojení na soustavu zásobování teplem	40 000

- Podoblast C2 - Příprava teplé vody

- V rámci této podpory je dotováno pořízení a instalace nového systému ohřevu vody včetně příslušenství a zapojení. Následující systémy jsou podporovány:
 - solární ohřev vody
 - samostatné tepelné čerpadlo s elektrickým pohonem pro ohřev vody [15]

Tabulka 6: Výše podpory v oblasti C2 [15]

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření	Výše podpory [Kč]
SOL	Solární termický ohřev vody	45 000
SOL+	Solární termický ohřev vody s přitápěním	60 000
FV	Solární fotovoltaický ohřev vody	45 000
TČ-V	Tepelné čerpadlo pro ohřev vody	45 000

- Podoblast C3 – Fotovoltaické systémy (FVE)
 - Tato podpora poskytuje finanční podporu pro pořízení a instalaci nového FVE systému, jenž je uvažován jako propojený s vnitřními rozvody elektrické energie a distribuční soustavou určeného pro výrobu elektrické energie s přednostním využitím vyrobené energie v obytných částech budovy, do něhož je tato budova zapojena. Podpora systému bez propojení s distribuční soustavou lze pouze v případě, kdy by rodinný dům nebyl připojen k distribuční soustavě, popř. pokud by provozovatel distribuční soustavy připojení FVE nepovolil.

Tabulka 7: Výše podpory v oblasti C3 [15]

Instalované části systému FVE	Výše podpory [Kč]
Minimální instalace o výkonu 2 kWp	40 000
Minimální instalace o výkonu 2 kWp s hybridním měničem <i>(dle definice v kap. 12)</i>	60 000
Minimální instalace o výkonu 2 kWp s efektivním využitím tepelného čerpadla	100 000
Za 1 kWp instalovaného výkonu nad 2 kWp	10 000
Za 1 kWh el. akumulčního systému s akumulátory na bázi lithia	10 000

- Podoblast C4 – Větrání
 - Tato podpora je poskytnuta na pořízení a instalaci nového systému řízeného větrání se zpětným získáváním tepla včetně jejich příslušenství a zapojení. Podporovány jsou následující systémy:
 - centrální systémy řízeného větrání se zpětným získáváním tepla
 - decentrální systémy řízeného větrání se zpětným získáváním tepla [15]

Tabulka 8: Výše podpory v oblasti C4 [15]

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření	Výše podpory [Kč/dům]
VZT-C	Centrální systém řízeného větrání se zpětným získáváním tepla	100 000
VZT-D	Decentrální systém řízeného větrání se zpětným získáváním tepla	75 000

- Podoblast C5 – Využití tepla z odpadní vody
 - V rámci této oblasti je podpořeno využití tepla z odpadních vod včetně příslušenství a zapojení. V této oblasti jsou podporovány následující oblasti:
 - centrální systémy pro využití tepla z odpadní vody
 - decentrální systémy pro využití tepla z odpadní vody [15]

Tabulka 9: Výše podpory v oblasti C5 [15]

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření	Výše podpory [Kč]
Předehřev-C	Centrální systém pro využití tepla z odpadní vody	50 000
Předehřev-D	Decentrální systém pro využití tepla z odpadní vody	5 000 Kč / odběrné místo (max. 15 000 Kč)

7.4.4. Oblast D - Adaptační a mitigační opatření

Tato oblast podporuje opatření, která nepomáhají ke snížení dopadů změny klimatu.

- Podoblast D1 – Instalace stínící techniky

Tato podpora je poskytována pro pořízení a instalaci venkovní stínící techniky, jenž slouží ke snížení tepelné zátěže místností uvnitř obálky budovy. [15]

Tabulka 10: Výše podpory v oblasti D1 [15]

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření	Výše podpory [Kč/m ²]
Manuál	Systém stínící techniky s ručním ovládáním z interiéru stavby	1 000
IQ	Systém stínící techniky s inteligentním motorickým řízením dle definice uvedené v kapitole 12.	1 500

- Podoblast D2 – Zelená střecha

Podpora v oblasti D2 je poskytována pro realizaci nových zelených střech na objektech rodinných domů a na dalších nadzemních stavbách, které plní doplňkovou funkci ke stavbě rodinného domu a jsou ve vlastnictví žadatele. [15]

Tabulka 11: Výše podpory v oblasti D2 [15]

Typ zelené střechy	Plochá střecha [Kč/m ²]	Šikmá střecha se sklonem nad 12° [Kč/m ²]
Extenzivní	700	800
Intenzivní a polointenzivní	900	1000

- Podoblast D3 – Dešťovka

Oblast D3 je zaměřena na opatření snižující odebrané množství pitné vody z povrchových a podzemních zdrojů. Podporovány jsou systémy hospodaření s dešťovou vodou a systémy využití vyčištěné a dočištěné odpadní vody s možným využitím pro zálivku zahrady, či jako užitkové vody. Podporu v této podoblasti podpory lze poskytnout na stejný rodinný dům pouze jednou za dobu trvání programu. [15]

Tabulka 12: Výše podpory v oblasti D3 [15]

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření	Výše podpory [Kč]
Zálivka	Systém pro využití akumulované dešťové vody pro zálivku zahrady.	20 000 + 3 500 * x Maximální výše dotace na jednu žádost je omezena na 55 000 Kč.
Zálivka + WC	Systém pro využití akumulované dešťové vody jako vody užitkové a případně také pro zálivku.	30 000 + 3 500 * x Maximální výše dotace na jednu žádost je omezena na 65 000 Kč.
Šedá voda	Systém pro využití vyčištěné odpadní vody jako vody užitkové, případně také pro zálivku zahrady.	60 000
Šedá voda+	Systém se dvěma akumulacími nádržemi pro využití vyčištěné a dočištěné odpadní vody a pro dešťové vody jako vody užitkové a případně pro zálivku.	70 000 + 3 500 * x Maximální výše dotace na jednu žádost je omezena na 105 000 Kč.
<i>x = objem nádrže v m³ na dešťovou nebo vyčištěnou odpadní vodu, případně součet těchto objemů.</i>		

- Podoblast D4 - Ekomobilita

Podpora se poskytuje na pořízení a instalaci dobíjecích stanic pro elektromobily a případných dalších zařízení nezbytných pro její provoz. [15]

Tabulka 13: Výše podpory v oblasti D4 [15]

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření	Jednotková výše podpory [Kč/dobíjecí bod]
Ekomobilita	Instalace dobíjecích stanic	30 000

7.4.5. Oblast E – Projektová podpora

Podpora v rámci oblasti E je poskytnuta pro zpracování posudku pro podání žádosti, na zajištění odborného technického dozoru a provedení měření průvzdušnosti obálky budovy. O podporu v této podoblasti lze žádat pouze současně s podáním žádosti z oblasti podpory A, B a pro vybraná opatření z oblasti podpory C a D. [15]

Tabulka 14: Výše podpory v oblasti E [15]

Podporovaná opatření	Výše podpory
A – Zateplení	25 000 Kč
B – Novostavba	35 000 Kč
C – Zdroje energie – podoblasti C.2, C.3 a C.4	5 000 Kč
D – Dešťovka – pouze pro opatření Šedá voda a Šedá voda+	5 000 Kč

8. Popis hodnoceného domu

Předmětný rodinný dům byl postaven ve 2. polovině 20. století a nepodstoupil doposud žádnou rekonstrukci. Jedná se o jednopodlažní dům jednoduchého obdélníkového půdorysu o ploše 177,4 m², disponuje sedlovou střechou s neobytným nevytápěným podstřeším.

- obestavěný objem vytápěných prostorů z vnějších rozměrů je 567,67 m³
- plocha výplní otvorů je 18,9 m²
- plocha fasády je 120,47 m²

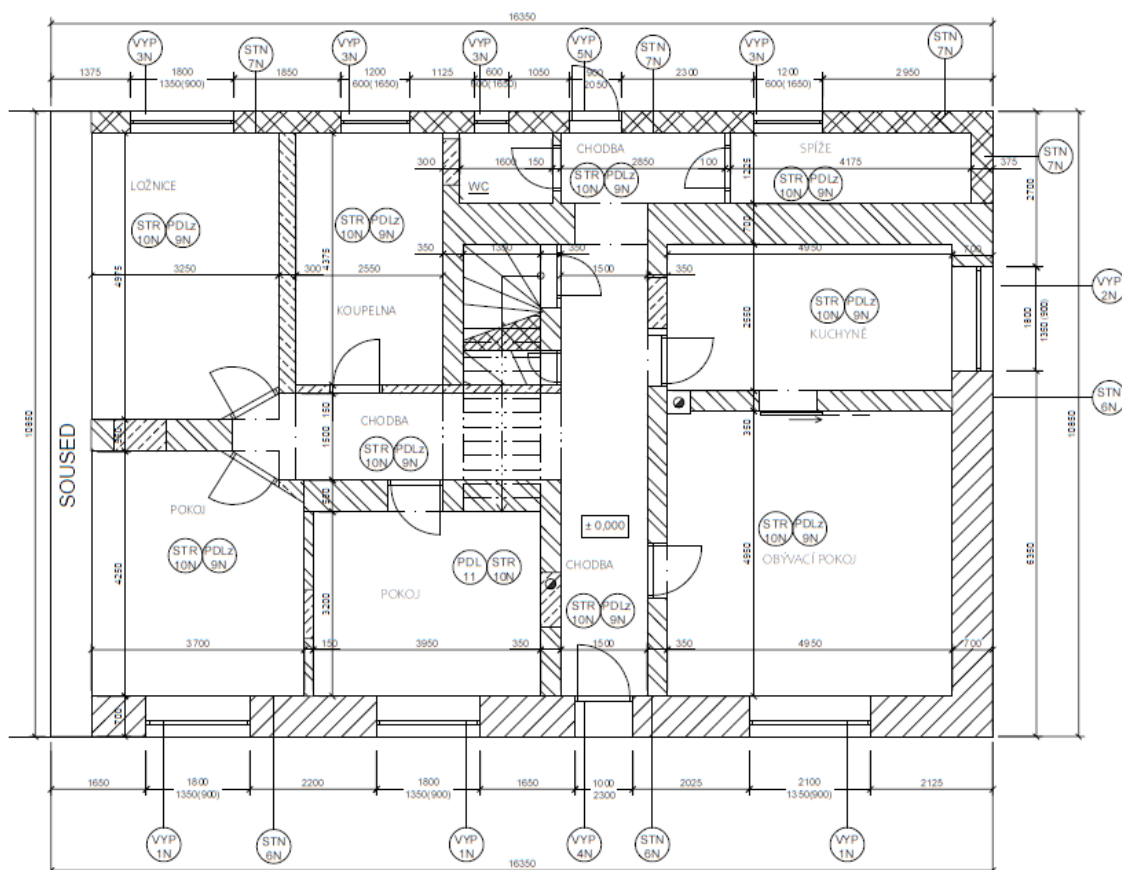
8.1. Popis stavebních konstrukcí domu

Obvodové stěny objektu tvoří smíšené zdivo tloušťce 700 mm a dále zdivo z keramických bloků o tloušťce 375 mm a není nijak zatepleno. Strop objektu nad vytápěným 1.NP je dřevěný, trémový se záklopem, aby tak tvořil pochozí půdu v podstřeší. Střechu objektu tvoří sedlová střecha, jenž není opatřena o tepelnou izolaci. Okna i dveře objektu

ve stávajícím stavu jsou uvažovány dřevěné, původní. Hodnoty „U“ byly použity doporučené z programu DEKSOFT.

8.2. Dispozice domu

Předmětný rodinný dům disponuje obývacím pokojem, kuchyní, 2x dětských pokojem, ložnicí, koupelnou, samostatným WC a spíží. Celá plocha 1.NP je brána jako vytápěná oblast a ve výpočtu jako jedna zóna, nevytápěná oblast podstřeší je ve výpočtech uvažována jako druhá zóna.



Obrázek 22: 1.NP předmětného rodinného domu [vlastní zpracování]

8.3. Technické zařízení domu

Vytápění objektu je zajištěno plynovým kondenzačním kotlem Protherm Gepard Condens 18/25 o výkonu 25,2 kW a účinností 108,5 %. Ohřev TUV je zajištěn externím zásobníkem napojeným přímo na kotel o objemu 120 l. Osvětlení domu je v souladu s hygienickými požadavky, není nám znám přesný výkon osvětlovací soustavy.

V rámci zjednodušení praktické části je uvažováno, že tento kotel a ohřev vody byl již ve stávajícím stavu rodinného domu a nebude se v navrhovaném stavu nijak měnit.

9. Stávající stav rodinného domu

Pro praktickou část budou výstupy zpracovány v programu DEKSOFT, v příloze je možné nalézt PENB pro stávající stav i jednu navrhovanou variantu objektu (příloha č. 1, 2). Na základě údajů z tabulky 15 byl proveden výpočet EN budovy v programu DEKSOFT. Dům podle tabulky 16., která byla rovněž vygenerována z programu DEKSOFT, spadá do klasifikační třídy G identifikována jako „mimořádně nevhodná“ s měrnou roční dodanou energií pro objekt 217,8 kWh/m². Celkové tepelné ztráty budovy jsou tvořeny prostupem tepla přes konstrukce obálky budovy, cíleným větráním a neřízeným větráním netěsnostmi - infiltrací. Tepelné ztráty jsou z části pokryty využitelnými solárními a vnitřními zisky. Výsledná bilance představuje potřebu energie na vytápění budovy, kterou je nutné dodat soustavou vytápění.

Tabulka 15: Hodnoty součinitele prostupu tepla pro stávající stav [vlastní zpracování]

Konstrukce	Hodnoty součinitele prostupu tepla [W/m ² K]		
	"U" pro stávající stav	"U" požadované v normě	"U" doporučené v normě
Obvodové zdivo tl. 700 mm	1,281	0,3	0,25
Obvodové zdivo tl. 375 mm	1,309	0,3	0,25
Okna	2,35	1,5	1,2
Dveře	2,6	1,7	1,2
Strop	0,892	0,3	0,2
Podlaha 1.NP	3,87	0,45	0,3

Zóna / budova	U _{em,Z,R}	U _{em,Z}	Poměr U _{em} /U _{em,R}
	W/(m ² .K)	W/(m ² .K)	
Z1 - Z1 - Vytápěná část	0,332	0,890	267,80 %
budova celkem	0,332	0,890	267,80 %
budova splňuje požadavek U_{em,R} vybrané referenční budovy:			NE

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	U _{em,R,class}	U _{em}	Klasifikační třída
	W/(m ² K)	W/(m ² K)	
Budova celkem	0,244	0,890	G

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
A	$U_{em} \leq 0,70 * U_{em,R,class}$	mimořádně úsporná
B	$0,70 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 0,90 * U_{em,R,class}$	velmi úsporná
C	$0,90 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 1,20 * U_{em,R,class}$	úsporná
D	$1,20 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 1,70 * U_{em,R,class}$	méně úsporná
E	$1,70 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 2,30 * U_{em,R,class}$	nehospodárná
F	$2,30 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 2,90 * U_{em,R,class}$	velmi nevhodná
G	$U_{em} > 2,90 * U_{em,R,class}$	mimořádně nevhodná

Tabulka 16: Zatížení hodnoceného domu [25]

9.1. Náklady na vytápění před zateplením

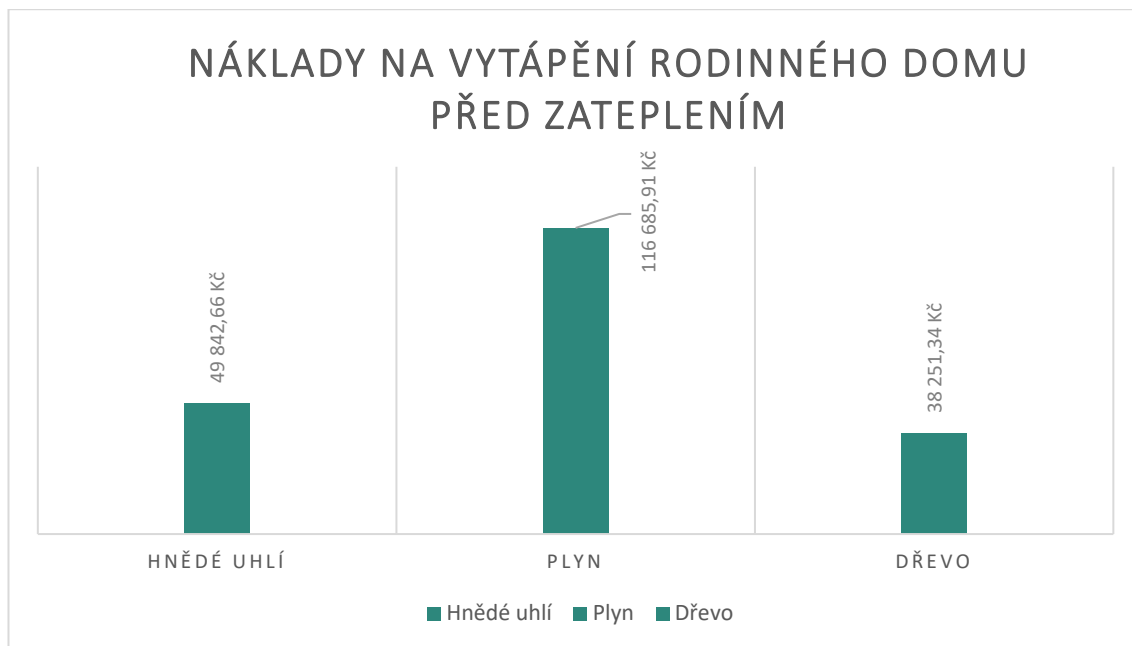
Jako vstupní data pro hodnocení nákladů na vytápění byly použity hodnoty z PENB, který byl vypracován v programu DEKSOFT. Celková dodaná energie na vytápění je 38 638 kWh/rok, dům je vytápěn zemním plynem. Z následujícího grafu (obr. 9) je patrné, kolik by stálo topit plynem, dřevem, či hnědým uhlím.

Kdyby chtěl investor ušetřit finančních prostředků na vytápění, mohl by uvažovat i o výměně tepelného zdroje, jelikož z hodnot je patrné, že při vytápění dřevem by bylo možné dosáhnout úspory až 78 000,- Kč/rok, to však není předmětem zkoumání praktické části této bakalářské práce.

Tabulka 17: Náklady na vytápění dle druhů paliva pro stávající stav RD [vlastní zpracování]

Druh paliva	[Kč/kWh]	Spotřeba [kWh/rok]	Náklady na vytápění [Kč]
Hnědé uhlí	1,29	38 638	49 842,66 Kč
Plyn	3,02	38 638	116 685,91 Kč
Dřevo	0,99	38 638	38 251,34 Kč

Pro výpočet nákladů na vytápění byly uvažovány platné ceny pro hnědé uhlí, dřevo a plyn v Kč/kWh z 15.04.2023. [22]



Obrázek 9: Náklady na vytápění stávajícího stavu rodinného domu [vlastní zpracování]

10. Zlepšování tepelně-technických vlastností hodnocené budovy

V navrhovaném stavu předmětného rodinného domu je uvažováno, pro usnadnění výpočtů, pouze se zateplením obvodového zdiva a výměnou výplní otvorů. Byly vybrány 3 nejčastěji používané typy izolačních materiálů pro obvodové zdivo:

- **Varianta 1** uvažuje se zateplením 160 mm šedým expandovaným polystyrenem ISOVER GreyWall PLUS s $\lambda = 0,031 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- **Varianta 2** uvažuje se zateplením 180 mm pěnovým polystyrenem ISOVER EPS 70 F s $\lambda = 0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- **Varianta 3** uvažuje se zateplením 180 mm z minerálních vláken FKD N Thermal s $\lambda = 0,034 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Jako výplně otvorů byly vybrány nová plastová okna s trojsklem VEKA® SOFTLINE 82 AD s $U_w = 0,79 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ a nové dveře s trojsklem VEKA® SOFTLINE 82 AD s $U_D = 0,85 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Tabulka 18: Uvažované varianty izolačních materiálů [vlastní zpracování]

VARIANTA	NÁZEV	TLOUŠŤKA [mm]	λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
1	ISOVER GreyWall PLUS	160	0,031
2	ISOVER EPS 70 F	180	0,039
3	FKD N Thermal	180	0,034

Aby bylo možné dosáhnout na dotace v rámci programu NZÚ, je třeba dodržet podmínky kategorií, či jednotlivých konstrukcí. Jestliže je uvažováno s dosažením minimální kategorie „Dílčí“ (z kapitoly 7.4.1. Oblast A – Zateplení), je třeba dodržet požadavků:

- $U \leq 0,7 * U_{N, 20}$ pro Součinitel prostupu tepla konstrukce na obálce budovy, na které je prováděno opatření (mimo výplní)
- $U \leq 0,6 * U_{N, 20}$ pro Součinitel prostupu tepla měněných výplní otvorů svislých konstrukcí na obálce budovy
- Minimálně 10% Snížení průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy oproti stavu před realizací opatření
- Minimálně 10% Snížení výpočtové hodnoty celkové primární energie z neobnovitelných zdrojů dodané do budovy
- Minimálně 10% Snížení výpočtové hodnoty celkové dodané energie do budovy

$U_{N,20}$ - požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro daný typ konstrukce a návrhovou teplotu v posuzované zóně budovy dle ČSN 730540-2 ve znění platném k datu podání žádosti. [15]

Jestliže tedy uvažujeme izolační materiál s lepší hodnotou součinitele tepelné vodivosti (v případě VARIANTY 1 s $\lambda = 0,031 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), bude možné použít místo uvažovaných 180 mm

například 160 mm tak, aby stále bylo dosaženo požadavků NZÚ pro součinitel prostupu tepla konstrukce na obálce budovy. Tato skutečnost byla ověřena v programu DEKSOFT.

10.1. Zateplení obvodového zdiva

Pro zateplení obvodového zdiva jsme použili 3 varianty izolantů. Rozdíl je možný vidět v hodnotách součinitele prostupu tepla $[W/m^2K]$, který bude mít za následek snížení energetické náročnosti budovy. Pro detailnější informace je přiložen PENB pro Variantu č. 3 (příloha č. 2).

Tabulka 19: Hodnota součinitele prostupu tepla $[W/m^2K]$ pro VAR. 1 – 160 mm ISOVER GreyWall [vlastní zpracování]

Konstrukce zateplení fasády	Tloušťka zateplení [mm]	Hodnoty součinitele prostupu tepla $[W/m^2K]$ VARIANTA 1		
		Po zateplení	U požadované v normě	U doporučené v normě
Obvodové zdivo tl. 700 mm + 160 mm ISOVER GreyWall	160	0,197	0,3	0,25
Obvodové zdivo tl. 375 mm + 160 mm ISOVER GreyWall	160	0,198	0,3	0,25

Tabulka 20: Hodnota součinitele prostupu tepla $[W/m^2K]$ pro VAR. 2 - 180 mm ISOVER EPS 70 F [vlastní zpracování]

Konstrukce zateplení fasády	Tloušťka zateplení [mm]	Hodnoty součinitele prostupu tepla $[W/m^2K]$ VARIANTA 2		
		Po zateplení	U požadované v normě	U doporučené v normě
Obvodové zdivo tl. 700 mm +180 mm Isover EPS 70 F	180	0,209	0,3	0,25
Obvodové zdivo tl. 375 mm +180 mm Isover EPS 70 F	180	0,21	0,3	0,25

Tabulka 21: Hodnota součinitele prostupu tepla $[W/m^2K]$ pro VAR. 3 - 180 mm FKD N Thermal [vlastní zpracování]

Konstrukce zateplení fasády	Tloušťka zateplení [mm]	Hodnoty součinitele prostupu tepla $[W/m^2K]$ VARIANTA 3		
		Po zateplení	U požadované v normě	U doporučené v normě
Obvodové zdivo tl. 700 mm + 180 mm FKD N Thermal	180	0,197	0,3	0,25
Obvodové zdivo tl. 375 mm + 180 mm FKD N Thermal	180	0,197	0,3	0,25

Aby splňoval předmětný objekt požadavky kategorie „Dílčí“, potřebují jednotlivé konstrukce splňovat hodnotu $- U \leq 0,7 * U_{N,20}$ pro Součinitel prostupu tepla konstrukce na obálce budovy, na které je prováděno opatření (mimo výplně), max. tedy $0,7 * 0,3 = 0,21 W/m^2K$.

10.2. Náklady na vytápění rodinného domu po zateplení a výměně výplní otvorů
Vstupní data pro hodnocení nákladů na vytápění byly použity hodnoty z PENB. Celková dodaná energie na vytápění je:

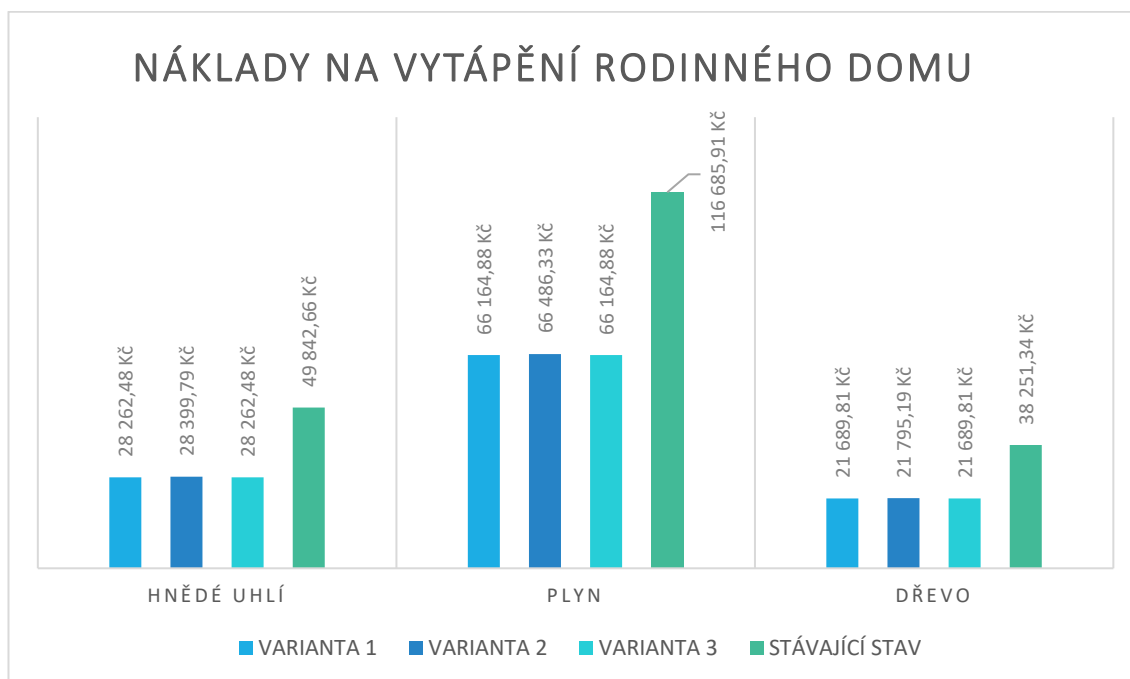
- Pro VARIANTU 1: 21 909 kWh/rok
- Pro VARIANTU 2: 22 015 kWh/rok
- Pro VARIANTU 3: 21 909 kWh/rok

Následná tabulka 22 zobrazuje data roční potřeby tepla pro vytápění stávajícího stavu i navrhovaných variant. Dále je naznačena procentuální úspora kWh na vytápění oproti stávajícímu stavu tří zkoumaných variant. Roční potřeba v kWh za rok je poté násobena cenou plynu (zdroj vytápění ve stávajícím stavu) v Kč/kWh a znovu je naznačena roční úspora v Kč, pokud jsou uvažovány varianty 1 - 3.

Tabulka 22: Celkové ušetřené náklady na vytápění [vlastní zpracování]

Konstrukce	U_{em}	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWhm ⁻²]	Roční potřeba tepla na vytápění [kWh za rok]	Úspora %	Náklady na vytápění za rok [Kč]	Úspora [Kč]
STÁVAJÍCÍ STAV tl. 700 mm	1,281	217,80	38637,72	-	116 685,91 Kč	-
STÁVAJÍCÍ STAV t. 375 mm	1,309					
VARIANTA 1 tl. 700 mm	0,197	123,50	21908,90	43,30%	66 164,88 Kč	50 521,04 Kč
VARIANTA 1 tl. 375 mm	0,197					
VARIANTA 2 tl. 700 mm	0,209	124,10	22015,34	43,02%	66 486,33 Kč	50 199,59 Kč
VARIANTA 2 tl. 375 mm	0,210					
VARIANTA 3 tl. 700 mm	0,197	123,50	21908,90	43,30%	66 164,88 Kč	50 521,04 Kč
VARIANTA 3 tl. 375 mm	0,197					

Pro zajímavost byl vytvořen graf (obr. 10), který zobrazuje ceny pro jednotlivé zdroje vytápění každé z uvažovaných variant, včetně stávajícího stavu. Pro výpočet nákladů na vytápění byly uvažovány platné ceny pro hnědé uhlí, dřevo a plyn v Kč/kWh z 15.04.2023. [22]



Obrázek 10: Srovnání nákladů pro vytápění u jednotlivých variant [vlastní zpracování]

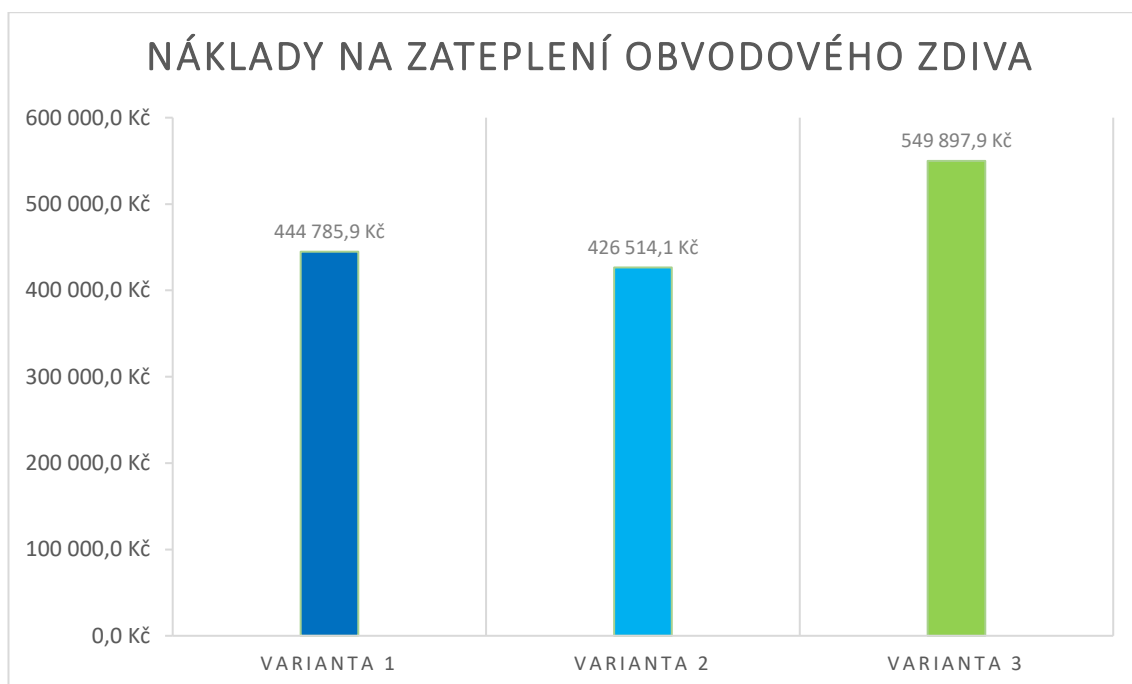
V následné tabulce 23 jsou, pro větší přehlednost, zaznamenána data z grafu výše. Pro výpočet nákladů na vytápění byly uvažovány platné ceny pro hnědé uhlí, dřevo a plyn v Kč/kWh z 15.04.2023. [22]

Tabulka 23: Možné ušetřené finanční prostředky při topení jiným zdrojem [vlastní zpracování]

Konstrukce	Hnědé uhlí	Plyn	Dřevo
STÁVAJÍCÍ STAV	49 842,66 Kč	116 685,91 Kč	38 251,34 Kč
VARIANTA 1	28 262,48 Kč	66 164,88 Kč	21 689,81 Kč
VARIANTA 2	28 399,79 Kč	66 486,33 Kč	21 795,19 Kč
VARIANTA 3	28 262,48 Kč	66 164,88 Kč	21 689,81 Kč

10.3. Náklady na zateplení rodinného domu

Náklady na zlepšení tepelně-technických vlastností obvodového zdiva pro různé varianty byly vypočteny pomocí rozpočtářského programu KROS. Položkové rozpočty vybraných variant zateplení zahrnují materiál, stavební práce spojené s realizací, pomocné prvky dále také náklady na zařízení staveniště a projektovou dokumentaci. Ceny jsou uvedeny s DPH. V příloze je možné nalézt jednotlivé rozpočty a krycí listy pro každou z uvažovaných variant (příloha č. 3.1., 3.1.1., 3.2., 3.2.1., 3.3., 3.3.1.).



Obrázek 31: Náklady na zateplení obvodového zdiva rodinného domu [vlastní zpracování]

10.4. Náklady na výměnu okenních a dveřních výplní

Další z možností, jak snížit náklady na vytápění rodinného domu, je výměna okenních a dveřních výplní za nové, splňující normové požadavky. Výplně otvorů pro navrhovaný stav jsou uvažována nová plastová okna s trojsklem VEKA® SOFTLINE 82 AD s $U_w = 0,79$ W/m²K a nové dveře s trojsklem VEKA® SOFTLINE 82 AD s $U_D = 0,85$ W/m²K. I v tomto případě byly náklady na výměnu výplní otvorů vytvořeny pomocí položkového rozpočtu v programu KROS. Náklady na výměnu výplní tedy činí 158 146,92,- Kč, ceny jsou s DPH. V příloze je k nahlédnutí rozpočet a krycí list pro realizaci výměny výplní otvorů (příloha č. 3.4., 3.4.1.).

11. Celkové náklady na snížení energetické náročnosti rodinného domu

Celkové náklady na snížení EN jsou shrnuty v následující tabulce 23. Po přičtení nákladů za výměnu výplní otvorů a odečtení hodnoty pro projektovou podporu v rámci programu NZÚ 25 000,- Kč, tvoří celkové náklady sumu cca 578 000,- v případě zateplování 160 mm polystyrenem ISOVER GreyWall. V případě zateplování 180 mm polystyrenem ISOVER EPS 70 F činí částka 560 000,- a pokud je uvažována minerální vata FKD N Thermal, celkové náklady činí 683 000,- (ceny jsou uvažovány s DPH).

Tabulka 23: Celkové náklady na snížení energetické náročnosti předmětného rodinného domu [vlastní zpracování]

Konstrukce	Tloušťka zateplení [mm]	Náklady na zateplení [Kč]	Projektová podpora [Kč]	Náklady na výměnu výplní otvorů [Kč]	Náklady celkem [Kč]
VARIANTA 1	160	444 785,9 Kč	25 000,0 Kč	158 146,9 Kč	577 932,8 Kč
VARIANTA 2	180	426 514,1 Kč			559 661,0 Kč
VARIANTA 3	180	549 897,9 Kč			683 044,8 Kč

11.4. Ekonomická výhodnost

Pro určení neekonomičtější varianty byla stanovena pravidla a kritéria hodnocení vybraných variant (nabídek). Ekonomická výhodnost byla hodnocena na základě:

- nejnižších nákladů na realizaci zateplení a výměny výplní otvorů
- nejnižších nákladů na vytápění za rok

Postup výpočtu při hodnocení variant:

- Vypočtené bodové ohodnocení nákladového kritéria „náklady na realizaci“ hodnocené nabídky (počet bodů) = 100 (bodů) x nejnižší náklady na realizaci (Kč) / hodnocená nabídková cena (Kč).

Varianta 1 – 577 932,8,- Kč

$$100 \times 559\,661,0 / 577\,932,8 = 96,84 \text{ b.}$$

Varianta 2 – 559 661,0,- Kč

$$100 \times 559\,661,0 / 559\,661,0 = 100,00 \text{ b.}$$

Varianta 3 – 683 044,8,- Kč

$$100 \times 559\,661,0 / 683\,044,8 = 81,94 \text{ b.}$$

- Vypočtené bodové ohodnocení nákladového kritéria „náklady na vytápění za rok“ hodnocené nabídky (počet bodů) = 100 (bodů) x nejnižší náklady na vytápění (Kč) / hodnocená nabídková cena (Kč). [24]

Varianta 1 – 66 164,88,- Kč

$100 \times 66\,164,88 / 66\,164,88 = 100$ b.

Varianta 2 – 66 486,33,- Kč

$100 \times 66\,164,88 / 66\,486,33 = 99,52$ b.

Varianta 3 – 66 164,88,- Kč

$100 \times 66\,164,88 / 66\,164,88 = 100$ b.

Vážená hodnota každého jednotlivého dílčího kritéria byla stanovena 40 % pro nejnižší náklady na realizaci zateplení a výměny výplní otvorů a 60 % pro nejnižší náklady na vytápění za rok.

Varianta 1

$96,84 * 0,4 + 100 * 0,6 = 98,74$ b.

Varianta 2

$100 * 0,4 + 99,52 * 0,6 = 99,712$ b.

Varianta 3

$81,94 * 0,4 + 100 * 0,6 = 92,78$ b.

Nabídkou, jež je z pohledu ekonomického nejefektivnější, se stává Varianta 2, která uvažuje s izolantem ISOVER EPS 70 F a pro další výpočty budeme uvažovat právě s touto variantou.

12. Program NZÚ a předmětný rodinný dům

Jelikož v rámci navrhovaného stavu bylo na předmětném rodinném domě uvažováno „pouze“ zateplování obvodového zdiva a výměna okenních a dveřních výplní otvorů, bylo dosaženo nejnižší kategorie „Dílčí“. Výsledná částka dotace je jednoduše vypočitatelná z tabulky č. 1 z kapitoly 7.4.1. Oblast A – Zateplení.

Výstup z programu DEKSOFT pro NZÚ bude součástí přílohy (příloha č. 4) a je z ní patrné, že pro předmětný dům bude připsána dotace 113 862,-. Pro částku je rozhodující výměra m², na nichž je realizováno opatření. Jelikož pro tuto bakalářskou práci byl vybrán malý přízemní RD, částka vypočítána jako dotace není vysoká.

Dále je z tabulky 24 patrné, že kdyby bylo dosaženo v rámci našich navrhovaných opatření oblasti „Základ“, bylo by možné dosáhnout na částku o 40 000,- Kč více. Jelikož ale v rámci

praktické části je uvažováno „pouze“ zateplování obvodového zdiva, výměna výplní otvorů, a není tedy zateplena celá obálka budovy, nebude v tomto případě možno dosáhnout na jinou kategorii a tedy vyšších částek.

Tabulka 24: Výše dotace pro zateplení a výplně otvorů v oblasti "Dílčí" [25]

rodinný dům			Oblast podpory A - zateplení stávajících budov			
výše podpory dle typu konstrukce	počet	A (m ²)	podpora "dílčí" (Kč)	podpora "základ" (Kč)	podpora "komplex" (Kč)	podpora "památky" (Kč)
vnější stěny	4	120,47	72 282	96 376	120 470	96 376
střechy	0	0,00	0	0	0	0
podlahy nad exteriérem	0	0,00	0	0	0	0
LOP	0	0,00	0	0	0	0
konstrukce k nevytápěným prostorům	0	0,00	0	0	0	0
konstrukce k sousední budově	0	0,00	0	0	0	0
výplně otvorů	5	18,90	41 580	56 700	71 820	71 820
konstrukce k zemině	0	0,00	0	0	0	0
celkem ¹⁾	9	139,37	113 862	153 076	192 290	168 196

A právě tato situace bude nastíněna v další kapitole. Budou vyčísleny částky pro dosažení kategorie „Základ“ (zateplení stropu a podlahy) a následně z programu DEKSOFT budou vyčísleny částky dotací, jenž by byly dosaženy po splnění této kategorie.

V rámci snahy o dosažení kategorie „Základ“ je uvažováno zateplování stropu pod nevytápěnou půdou a podlahy přilehlé k zemině. Kdyby byl objekt podsklepen, bylo by jednodušší zateplit podlahu 1.NP „zespodu“ jako strop 1.PP. V tomto případě však, byť je to z technologického hlediska za normálních okolností nereálné z důvodu vzniku skoku u dveří a otvorů, uvažujeme se zateplováním podlahy pokládáním izolace na stávající ŽB desku. V rámci tohoto uvažování je třeba mít na paměti, že jde pouze o teoretickou představu pro nastínění situace k dosažení vyšší kategorie a následných dotací.

12.1. Dosažení na dotaci „Základ“

Dále byla, pro zajímavost, zkoumána varianta opatření, která zahrnuje i zateplení stropu a podlahy, aby bylo dosaženo kategorie „Základ“. Podmínky pro dosažení kategorie „Základ“ (z kapitoly 7.4.1. Oblast A – Zateplení) jsou následující:

- $U \leq 0,84 * U_{em,R}$ pro Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy
- Splnění požadavků vyhláška č. 264/2020 Sb. a ČSN 73 0540-2 pro Součinitel prostupu tepla konstrukce na obálce budovy, na které je prováděno opatření (mimo výplní)
- $U \leq 0,6 * U_{N, 20}$ pro Součinitel prostupu tepla měněných výplní otvorů svislých konstrukcí na obálce budovy
- Minimálně 20% Snížení průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy oproti stavu před realizací opatření
- Minimálně 30% Snížení výpočtové hodnoty celkové primární energie z neobnovitelných zdrojů dodané do budovy
- Minimálně 10% Snížení výpočtové hodnoty celkové dodané energie do budovy

$U_{em,R}$ - průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy, stanovený v souladu s vyhláškou č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, ve znění pozdějších předpisů. [15]

V tabulce 25 jsou zeleně naznačeny materiály, které byly pro opatření vybrány. Byly vybrány materiály, které jsou ekonomicky nejvýhodnější. Programem DEKSOFT bylo ověřeno, že použitím právě těchto materiálů je možné dosáhnout kategorie „Základ“. Zjednodušeným způsobem byly vyčísleny náklady na realizaci tohoto opatření.

Pro strop pod nevytápěnou půdou byly vybrány dvě varianty minerální izolace DEKWOOL G039 i a DEKWOOL G039 r s $\lambda = 0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, které jsou uvažovány mezi dřevěné trámy (200 mm, nebo 2x 100 mm), dále je uvažováno položení 40 mm ISOVER ORSIK. Tato dodatečná izolace je zamýšlena z důvodu zlepšení „U“ stropní konstrukce a dosažení tak vyšší kategorie. Pro konstrukci podlahy je uvažováno 60 mm KINGSPAN Kooltherm K3 s $\lambda = 0,021 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Tabulka 25: Náklady vyčíslené na zateplení podlahy a stropu [vlastní zpracování]

	NÁZEV MATERIÁLU	TLOUŠŤKA [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	CENA [Kč]	CENA CELKEM [Kč]
STROP	DEKWOOL G039 i	200	0,039	24 091,8 Kč	186 505,0 Kč
	DEKWOOL G039 i	100	0,039	24 293,7 Kč	
	DEKWOOL G039 r	200	0,039	24 279,4 Kč	
	DEKWOOL G039 r	100	0,039	24 800,3 Kč	
	ISOVER ORSIK	40	0,037	12 166,0 Kč	
PODLAHA	NÁZEV MATERIÁLU	TLOUŠŤKA [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	CENA CELKEM [Kč]	
	KINGSPAN Kooltherm K3	60	0,021	150 247,3 Kč	

Uložení izolace ze strany vytápěné místnosti znamená mnohdy nutnost snížit světlou výšku místnosti při využití odpovídající tloušťky tepelné izolace. Zvýšení podlahy také

vyvolá nutnost dalších úprav, jako například úprava prahů dveří. Jestliže však uvažujeme s ultratenkou izolací na bázi fenolické pěny (Kooltherm K3) o tloušťce 60 mm, nemusíme nijak tyto úpravy řešit. Tuto desku uvažujeme s položením na a pod hydroizolační fólii.

Z tabulky 26 je patrné, že v rámci kategorie „Základ“ by bylo možné dosáhnout na dotace 481 266,- Kč. Částky pro jednotlivé konstrukce jsou vyčísleny podle m², na kterých je realizováno opatření. V příloze je k nahlédnutí PENB pro variantu se zateplením stropu a podlahy společně s výstupem z NZÚ s nastíněním výsledné částky (příloha č. 5, 6.).

Tabulka 26: Vyčíslení dotací po zateplení stropu a podlahy pro oblast „Základ“ [25]

rodinný dům			Oblast podpory A - zateplení stávajících budov			
výše podpory dle typu konstrukce	počet	A (m ²)	podpora "díleč" (Kč)	podpora "základ" (Kč)	podpora "komplex" (Kč)	podpora "památky" (Kč)
vnější stěny	4	120,47	72 282	96 376	120 470	96 376
střechy	0	0,00	0	0	0	0
podlahy nad exteriérem	0	0,00	0	0	0	0
LOP	0	0,00	0	0	0	0
konstrukce k nevytápěným prostorům	1	177,40	106 440	141 920	177 400	141 920
konstrukce k sousední budově	0	0,00	0	0	0	0
výplně otvorů	5	18,90	41 580	56 700	71 820	71 820
konstrukce k zemině	1	177,40	141 920	186 270	230 620	186 270
celkem ¹⁾	11	494,17	362 222	481 266	600 310	496 386

13. Ekonomické vyhodnocení předmětného domu

13.1. Prostá doba návratnosti

Pro výpočet ukazatele prosté doby návratnosti je zapotřebí znát 4 parametry.

- Náklady na úsporná opatření
- Připsané dotace
- Výše úspor energií
- Cenu energií

Výstupem těchto parametrů je prostá doba návratnosti, jejíž vzorec byl definován v kapitole 5.1. Prostá doba návratnosti. Pokud je vypočítaná doba návratnosti delší, než

je životnost opatření, vložené prostředky do tohoto úsporného opatření se nikdy nevrátí a vložená investice pak bude z ekonomického hlediska neefektivní. A naopak, pokud bude doba návratnosti kratší, než životnost opatření, investice do úsporných opatření se vyplatí.

Z následující tabulky 27 je patrné, že prostá návratnost i bez dotací je příznivá pro všechny uvažované varianty. Investice do tohoto opatření je tedy efektivní. Pokud uvažujeme do výpočtu i dotace, na které by bylo možné dosáhnout v kategorii „Dílčí“, prostá doba návratnosti se sníží o 2 roky (tabulka č. 28).

Tabulka 27: Prostá doba návratnosti bez dotací [vlastní zpracování]

Konstrukce	Tloušťka zateplení [mm]	Náklady na stavební úpravy [Kč]	Roční úspora energie [Kč]	Prostá doba návratnosti v letech
VARIANTA 1	160	577 932,8 Kč	50 521,0 Kč	11,4
VARIANTA 2	180	559 661,0 Kč	50 199,6 Kč	11,1
VARIANTA 3	180	683 044,8 Kč	50 521,0 Kč	13,5

V následující tabulce jsou ve sloupci „Náklady na stavení úpravy“ zohledněny i dotace připsané v rámci kategorie „Dílčí“.

Tabulka 28: Prostá doba návratnosti s dotacemi [vlastní zpracování]

Konstrukce	Tloušťka zateplení [mm]	Dotace v kategorii "Dílčí"	Náklady na stavební úpravy [Kč]	Roční úspora energie [Kč]	Prostá doba návratnosti v letech
VARIANTA 1	160	113 862,00 Kč	464 070,8 Kč	50 521,0 Kč	9,2
VARIANTA 2	180		445 799,0 Kč	50 199,6 Kč	8,9
VARIANTA 3	180		569 182,8 Kč	50 521,0 Kč	11,3

V tabulce 29 je zkoumána varianta, kdy je uvažováno zateplení stropu a podlahy tak, aby bylo možné dosáhnout na dotace v rámci kategorie „Základ“. Ve sloupci „Náklady na stavební úpravy“ jsou vyčísleny náklady na výplně otvorů a zateplení zdiva variantou 2, která byla vyhodnocena jako ekonomicky nejvýhodnější, k nim dále přičteny náklady na zateplení stropu a podlahy a odečteny připsané dotace. Je evidentní, že se doba návratnosti výrazně změnila, a to přesněji nejméně o 7 let.

Tabulka 29: Prostá doba návratnosti s dotacemi kategorie "Základ" [vlastní zpracování]

Konstrukce	Dotace v kategorii "Základ"	Náklady na stavební úpravy [Kč]	Roční úspora energie [Kč]	Prostá doba návratnosti v letech
VARIANTA "Základ"	481 266,00 Kč	151 038,0 Kč	76 076,2 Kč	2,0

13.2. Vyhodnocení praktické části

Prvotní snaha byla identifikovat energetickou náročnost stávajícího stavu rodinného domu (bez jakéhokoliv zateplení a se starými výplněmi otvorů) a vyčíslit náklady na vytápění za rok. Následně byly určeny 3 varianty izolantů pro obvodové zdivo a nové výplně otvorů a byly vykalkulovány náklady na vytápění za rok. Ty se, pochopitelně, výrazně lišily od stávajícího stavu.

Dále byly pro varianty opatření vyčísleny náklady na provedení v programu KROS a porovnány mezi sebou. Poté byla, v rámci ekonomického zhodnocení variant, identifikována varianta 2 (180 mm EPS 70 F) jako ekonomicky nejvýhodnější varianta. Pomocí těchto opatření bylo v rámci programu NZÚ dosaženo kategorie „Dílčí“ a programem DEKSOFT byly vykalkulovány následné dotace. Bylo zjištěno, že v rámci této kategorie a námi určených opatření je možno dosáhnout na dotace částky 113 862,- Kč. Tato částka se odvíjí od m², na kterých je realizováno opatření.

Pro zajímavost byla dále uskutečněna analýza, jenž měla za úkol dostat předmětný rodinný dům do kategorie „Základ“, a tedy dosáhnout na vyšší dotace. V rámci tohoto úkolu musely být provedeny další opatření, a to zateplení stropu a podlahy. Byly tedy zjednodušeně vyčísleny náklady na položení izolantů a programem DEKSOFT byly určeny dosažené dotace částky 481 266,- Kč.

V neposlední řadě byla zkoumána doba návratnosti dosažených opatření, jenž byly uvažovány. Zde byly zkoumány náklady na stavební úpravy, zohledněny dotace a roční úspory energií. Pokud by byla uvažována varianta pouze se zateplováním obvodových stěn a výměny výplní otvorů, doba návratnosti se pohybuje mezi 8,9 až 11,3 roky. Pokud však zkoumáme variantu i se zateplením stropů a podlahy, doba návratnosti byla vyčíslena jako 2 roky.

14. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo konkretizovat možnosti opatření, které by vedly při renovaci domu ke snížení energetické náročnosti a měly za následek finanční úspory.

V úvodní části této práce byly popsány pojmy úzce související s energetickou náročností budovy, dále byly charakterizovány provozní náklady domů. Následně byly popsány ukazatelé ekonomické efektivity a jejich numerická vyjádření. Dále byla pozornost věnována zlepšování tepelně-technických vlastností domu a stanoveny technologické postupy pro snižování energetické náročnosti budovy. V další části se práce věnovala dotačnímu programu Nová zelená úsporám (NZÚ) a byly popsány oblasti podpory.

V praktické části byly, pro zlepšení tepelně-technických vlastností předmětného rodinného domu, posuzovány 3 varianty izolantů obvodového zdiva a nové výplně otvorů tak, aby bylo možné splnit podmínky dotačního programu a dosáhnout tak na dotace v rámci programu Nová zelená úsporám. Byly proto navrženy takové tloušťky izolantů, aby konstrukce obvodového zdiva splňovaly podmínky kategorií. Je pochopitelné, že pro zdivo o stávající tloušťce 700 mm není vhodné zvolit izolant 180 mm. Aby však konstrukce splnila podmínku pro kategorii „Dílčí“, bylo nutné zvolit izolanty právě těchto tlouštěk. Z ekonomického hlediska vyšla nejlépe varianta 2, která uvažuje použití 180 mm izolantu EPS 70 F. Náklady na realizaci této varianty jsou o 18 000,- Kč nižší, nežli druhá nejlevnější varianta, a je možné ušetřit až 50 000,- Kč/rok na nákladech za vytápění oproti nezateplenému stavu domu.

V rámci navržených opatření bylo dosaženo kategorie „Dílčí“ a následné dotace cca 110 000,- Kč. Tato částka není příliš vysoká na to, aby investor o takové investici uvažoval a proto byla následně nastíněna situace, která uvažovala i se zateplením stropu a podlahy předmětného domu. Po dosažení kategorie „Základ“ se připisovaná dotace pohybovala kolem 480 000,- Kč. Tato částka je již příznivější a investor by měl větší motivaci pro realizaci opatření. Rovněž by investora mohl motivovat fakt, že po realizaci těchto opatření je doba návratnosti jeho investic 2 roky, oproti 9 rokům v rámci kategorie „Dílčí“.

15. Použitá literatura

- [1] Energetický štítek obálky budovy, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/110906-energeticky-stitek-obalky-budovy>
- [2] Průkaz energetické náročnosti budovy, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument119528.html>
- [3] Energetický audit, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.aea.cz/energeticky-audit>
- [4] Nízkoenergetický pasivní nulový dům, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/pasivni-domy/5057-nizkoenergeticky-pasivni-nulovy-dum-pojdme-se-zorientovat>
- [5] Optimalizace nákladů životního cyklu rodinného domu z pohledu facility managementu, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/13486-optimalizace-nakladu-zivotniho-cyklu-rodinneho-domu-z-pohledu-facility-managementu>
- [6] KORYTÁROVÁ, J. Ekonomika investic: Studijní opora [soubor PDF]. Brno, 2006, 176 s.
- [7] Průměrná spotřeba elektřiny u rodinného domu, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/clanky/jaka-je-prumerna-spotreba-elektriny-u-rodinneho-domu-157416>
- [8] TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
- [9] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- [10] VLČEK, Milan a Petr BENEŠ. Zateplování staveb. Brno: CERM, 2000. ISBN 8072041649.
- [11] Výpočet prostupu tepla, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/vypocet-prostupu-tepla/>
- [12] Tepelný odpor R, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [13] Prostup tepla stavební konstrukcí, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [14] Sbírka zákonů č.15/2022, Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 141/2021 Sb., o energetickém posudku a o údajích vedených v Systému monitoringu spotřeby energie

- [15] Pokyny pro žadatele NZU Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory programu Nová zelená úsporám v rámci Národního plánu obnovy RODINNÉ DOMY dostupné z <https://www.sfzp.cz/dokumenty/detail/?id=2532>
- [16] Tipy na vhodné způsoby zateplení domu, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: https://www.mujsdum.cz/rubriky/stavba/tipy-na-vhodne-zpusoby-zatepleni-domu_339.html
- [17] Tepelně izolační omítky, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://baumit.cz/reseni/vnejsi-omitky-a-sterky/tepelneizolacni-omitky-1>
- [18] Zateplení šikmé střechy, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.rockwool.com/cz/produkty-a-reseni/izolace-strechy/zatepleni-sikme-strechy/>
- [19] Jak větrá odvětrávaná fasáda, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/fasady/5881-jak-vetra-odvetravana-fasada>
- [20] Problematika vlhkosti u dřevěných lidových staveb, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/obvodove-plaste-drevostaveb/7838-problematika-vlhkosti-u-drevenych-lidovych-staveb>
- [21] SMOLA, Josef. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. Praha 7: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [22] Porovnání nákladů na vytápění podle druhů paliva, In: [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>
- [23] DUFEK, Zdeněk, Jana KORYTÁROVÁ, Tomáš APELTAUER, et al. Veřejné stavební investice [online]. Praha: Leges, 2018 [cit. 2023-04-22]. ISBN 978-807-5023-223.
- [24] KORYTÁROVÁ, PH. D., doc. Ing. Jana a doc. Ing. Vít HROMÁDKA, PH.D. Veřejné investice 1 [online]. 2. Brno, revize 2022 [cit. 2023-05-15].
- [25] Program DEKSOFT, In: [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://deksoft.eu/codek/?penb#>

16. Seznam obrázků

Obrázek 1: Obálka budovy

Obrázek 2: Průkaz energetické náročnosti rodinného domu

Obrázek 3: Plastové okno, dřevěné okno, hliníkové okno [15]

Obrázek 4: Kontaktní zateplovací systém obvodových stěn [19]
Obrázek 5: Aplikace tepelněizolační omítky [19]
Obrázek 6: Odvětrávaná fasáda [19]
Obrázek 7: Zateplení střechy mezi a pod krokviemi, zateplení střechy nad krokviemi [18]
Obrázek 8: Podlaha na terénu doplněná o tepelnou izolaci [20]
Obrázek 9: Náklady na vytápění stávajícího stavu rodinného domu
Obrázek 10: Srovnání nákladů pro vytápění u jednotlivých variant
Obrázek 11: Náklady na zateplení obvodového zdiva rodinného domu
Obrázek 12: 1.NP předmětného rodinného domu

17. Seznam tabulek

Tabulka 1: Výše podpory v oblasti A – zateplení [15]
Tabulka 2: Požadované parametry v oblasti A – zateplení [15]
Tabulka 3: Výše podpory v oblasti B [15]
Tabulka 4: Požadované parametry v oblasti B [15]
Tabulka 5: Výše podpory v oblasti C1 [15]
Tabulka 6: Výše podpory v oblasti C2 [15]
Tabulka 7: Výše podpory v oblasti C3 [15]
Tabulka 16: Výše podpory v oblasti C4 [15]
Tabulka 9: Výše podpory v oblasti C5 [15]
Tabulka 17: Výše podpory v oblasti D1 [15]
Tabulka 18: Výše podpory v oblasti D2 [15]
Tabulka 19: Výše podpory v oblasti D3 [15]
Tabulka 20: Výše podpory v oblasti D4 [15]
Tabulka 21: Výše podpory v oblasti E [15]
Tabulka 22: Hodnoty součinitele prostupu tepla pro stávající stav [W/m^2K]
Tabulka 16: Zatřídění hodnoceného domu
Tabulka 17: Náklady na vytápění dle druhů paliva pro stávající stav RD
Tabulka 18: Uvažované varianty izolantů
Tabulka 19: Hodnota součinitele prostupu tepla [W/m^2K] pro VAR. 1 – 160 mm ISOVER GreyWall
Tabulka 20: Hodnota součinitele prostupu tepla [W/m^2K] pro VAR. 2 - 180 mm ISOVER EPS 70 F
Tabulka 21: Hodnota součinitele prostupu tepla [W/m^2K] pro VAR. 3 - 180 mm FKD N Thermal
Tabulka 22: Celkové ušetřené náklady na vytápění
Tabulka 23: Možné ušetřené finanční prostředky při topení jiným zdrojem
Tabulka 24: Výše dotace pro zateplení a výplně otvorů v oblasti "Dílčí"
Tabulka 25: Náklady vyčíslené na zateplení podlahy a stropu
Tabulka 26: Vyčíslení dotací po zateplení stropu a podlahy pro oblast „Základ“
Tabulka 27: Prostá doba návratnosti bez dotací
Tabulka 28: Prostá doba návratnosti s dotacemi
Tabulka 29: Prostá doba návratnosti s dotacemi kategorie "Základ"

18. Seznam použitých zkratk a symbolů

TUV teplá užitková voda

U součinitel prostupu tepla

U_{em} průměrný součinitel prostupu tepla

U_{em,R} průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy

R tepelný odpor konstrukce

λ součinitel tepelné vodivosti

ENB energetická náročnost budov

PENB průkaz energetické náročnosti

TC total costs, celkové náklady

AC average costs, průměrné náklady

MC marginal costs, mezní náklady

DN doba návratnosti

IC investiční náklady

R_i výnosy

XPS extrudovaný polystyren

EPS pěnový polystyren

PUR pěnový polyuretan

PV současná hodnota peněz

NPV čistá současná hodnota peněz

IRR vnitřní výnosové procento

NZÚ Dotační program Nová zelená úsporám

19. Seznam příloh

1. PENB SS

2. PENB NS 1.opatření

3.1. Rozpočet varianty 1

3.1.1. Krycí list varianty 1

3.2. Rozpočet varianty 2

3.2.1. Krycí list varianty 2

3.3. Rozpočet varianty 3

3.3.1. Krycí list varianty 3

- 3.4. Rozpočet okna a dveře
- 3.4.1. Krycí list okna a dveře
- 4. Výčet pro administrace 1.opatření
- 5. PENB NS 2.opatření
- 6. Výčet pro administrace 2.opatření