

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická



Optimální rekonstrukce rodinného domu do pasivního (nízkoenergetického)
standardu

Optimal reconstruction of family house to passive energy (low-energy)
standard

Šimon Brychta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA
Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Studijní obor: Elektrotechnika a management
Rok: 2024



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Brychta** Jméno: **Šimon** Osobní číslo: **495567**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Optimální rekonstrukce rodinného domu do pasivního (nízkoenergetického) standardu

Název bakalářské práce anglicky:

Optimal reconstruction of family house to passive energy (low-energy) standard

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza stávajícího stavu a požadavků na rekonstrukci (technická specifika rekonstrukcí, legislativa a normy, programy podpor v ČR)
2. Návrh opatření pro snížení energetické spotřeby a jejich diskuse.
3. Sestavení funkčních variant řešení.
4. Vyhodnocení variant, shrnutí, diskuse a formulace závěrů.

Seznam doporučené literatury:

1. Beranovský, J., Pokorný, J. (2014) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavít úsporný dům? [online] Praha, ? EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie. ISBN: 978-80-87333-10-5. Dostupné z <http://www.ekowatt.cz/cz/datum-publikace>.
2. Beranovský, J., Jindrák, M., Bejvlová, V. (2017) Efektivní vytápění energeticky úsporných domů. [online] EkoWATT z. s., Praha. ISBN: ISBN 978-80-87333-14-3. Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie na období 2017-2021 - Program EFEKT 2 pro rok 2017. Dostupné z <http://ekowatt.cz/cz/publikace/>.
3. Srdečný, K. (2006) Katalog energeticky soběstačných řešení nejen pro nízkoenergetické domy. Praha: EkoWATT o. s.
4. Srdečný, K., Purkert, M., Klínerová, J. (2011) Porovnání kvality realizovaných pasivních domů v ČR z environmentálních hledisek. Odborná studie. [online] Praha: EkoWATT o. s. , elektronická publikace. Dostupné z <http://www.ekowatt.cz/cz/datum-publikace>.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **03.02.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **09.01.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2024**

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Praha 2.1. 2024

Šimon Brychta

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem mým nejbližším, kteří mě podporovali při vytvoření této práce. Chtěl bych poděkovat majitelům rodinného domu, za cenné rady a za poskytnuté informace. Též bych chtěl poděkovat Ing. Jiřímu Beranovskému, Ph.D., MBA za odborné vedení této práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá analýzou možných variant pro optimální rekonstrukci rodinného domu z hlediska energetické náročnosti. Předmětem zkoumání v této bakalářské práci byl rodinný dům ve městě Pyšely. V práci je zhodnocen současný stav budovy, na základě kterého byly následně navrženy jednotlivé varianty pro zlepšení energetické náročnosti zkoumaného objektu. Navrženo bylo celkem 6 variant – varianta_2 změna kamen za kamna s výměníkem; varianta_3 výměna oken; varianta_4 tepelné čerpadlo; varianta_5 tepelné čerpadlo s podlahovým topením; varianta_6 tepelné čerpadlo + výměna oken; varianta_7 tepelné čerpadlo + výměna oken + podlahové topení. Z těchto variant byla varianta_7 vyhodnocena jako nejvýhodnější pro případnou realizaci u zkoumaného objektu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Optimalizace, rekonstrukce, rodinný dům, zdroje vytápění, energetická náročnost.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the analysis of possible options for the optimal reconstruction of a family house in terms of energy consumption. The subject of the research in this bachelor thesis was a family house in the town of Pyšely. The current condition of the building is evaluated in the thesis, on the basis of which individual options for improving the energy performance of the examined building were subsequently proposed. A total of 6 variants were proposed – variant_2 change of stove for stove with heat exchanger; variant_3 replacement of windows; variant_4 heat pump; variant_5 heat pump with underfloor heating; variant_6 heat pump + replacement of windows; variant_7 heat pump + replacement of windows + underfloor heating. Of these options, option_7 was evaluated as the most advantageous for possible implementation in the object under study.

KEYWORDS

Optimization, reconstruction, family house, heating sources, energy performance.

Obsah

SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM ROVNIC	9
SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM GRAFŮ.....	10
ÚVOD	11
1 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU	12
1.1 POPIS ZKOUMANÉHO OBJEKTU	12
1.2 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU	12
1.3 UKAZATELE PRO VYHODNOCENÍ STAVU.....	15
1.3.1 <i>Tepelné ztráty</i>	15
1.3.2 <i>Součinitel prostupu tepla</i>	15
1.3.3 <i>Tepelný odpor</i>	16
1.3.4 <i>Norma ČSN 38 3350</i>	16
1.4 STAVEBNÍ KONSTRUKCE.....	17
1.4.1 <i>Zateplení budovy</i>	17
1.4.2 <i>Izolace obvodových stěn</i>	17
1.4.3 <i>Zateplení podlahy, podhledu v suterénu</i>	17
1.4.4 <i>Zateplení střechy</i>	17
1.4.5 <i>Okna a vchodové dveře</i>	18
1.5 VYHODNOCENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ	19
1.6 SYSTÉM VYTÁPĚNÍ.....	20
1.7 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	20
1.8 ELEKTRICKÉ SPOTŘEBIČE	20
1.9 FAKTURY ZA ELEKTRINU	22
2 PŘÍLEŽITOSTI KE SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI.....	28
2.1 ZMĚNA ZDROJE VYTÁPĚNÍ.....	28
2.1.1 <i>Tepelné čerpadlo</i>	28
2.1.2 <i>Kotle na tuhá paliva</i>	29
2.1.3 <i>Kotel na plyn</i>	29
2.1.4 <i>Připojení k teplotní soustavě</i>	29

2.1.5	Výměna kamna za kamna s výměníkem	29
2.2	VÝMĚNA OKEN A VCHODOVÝCH DVEŘÍ	30
2.3	REKUPERACE VZDUCHU	30
3	PODPORA V ČR A CHARAKTERISTIKA NÍZKOENERGETICKÉHO A PASIVNÍHO DOMU	31
3.1	NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM	31
3.2	NÍZKOENERGETICKÝ A PASIVNÍ STANDARD	32
4	ZPŮSOB SESTAVENÍ MOŽNÝCH VARIANT	33
4.1	VARIANTA_1 REFERENČNÍ VARIANTA	33
4.2	VARIANTA_2 ZMĚNA KAMEN ZA KAMNA S VÝMĚNÍKEM	34
4.3	VARIANTA_3 VÝMĚNA OKEN	35
4.4	VARIANTA_4 TEPELNÉ ČERPADLO	36
4.5	VARIANTA_5 TEPELNÉ ČERPADLO S PODLAHOVÝM TOPENÍM	37
4.6	VARIANTA_6 TEPELNÉ ČERPADLO + VÝMĚNA OKEN	38
4.7	VARIANTA_7 TEPELNÉ ČERPADLO + VÝMĚNA OKEN + PODLAHOVÉ TOPENÍ	39
5	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	40
5.1	UKAZATEL ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY (NPV)	40
5.2	DOBA NÁVRATNOSTI	40
5.3	POMĚR NÁVRATNOSTI INVESTICE (ROI)	41
5.4	INFLACE	42
5.5	DISKONT	43
5.6	VÝVOJ CENY ENERGIE	44
6	VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT	45
6.1	VYHODNOCENÍ ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY	45
6.2	ČITLIVOSTNÍ ANALÝZA	46
7	CELKOVÉ ZHODNOCENÍ	48
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	51

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Současný stav porovnaný s normou ČSN 73 0540-2	19
Tabulka 2 - Stávající stav objektu	19
Tabulka 3 - Roční provozní náklady spotřebičů v objektu.....	21
Tabulka 4 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2018.....	23
Tabulka 5 - Distribuční sazba za rok 2018	23
Tabulka 6 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2019	24
Tabulka 7 - Distribuční sazba za rok 2019	24
Tabulka 8 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2020	25
Tabulka 9 - Distribuční sazba za rok 2020	25
Tabulka 10 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2021	26
Tabulka 11 - Distribuční sazba za rok 2021	26
Tabulka 12 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2022	27
Tabulka 13 - Distribuční sazba za rok 2022	27
Tabulka 14 - Varianta_1	33
Tabulka 15 - Varianta_2	34
Tabulka 16 - Varianta_3	35
Tabulka 17 - Varianta_4	36
Tabulka 18 - Varianta_5	37
Tabulka 19 - Varianta_6	38
Tabulka 20 - Varianta_7	39
Tabulka 21 - NPV jednotlivých variant.....	45
Tabulka 22 - Souhrn jednotlivých výsledků variant.....	48
Tabulka 23 - Vypočítaná roční potřeba energie na vytápění [3]	50

Seznam rovnic

Rovnice 1 - Součinitel prostupu tepla.....	15
Rovnice 2 - Tepelný odpor	16
Rovnice 3 - Čistá současná hodnota	40
Rovnice 4 - Prostá doba návratnosti	41

Rovnice 5 - Reálná doba návratnosti	41
Rovnice 6 - Poměr návratnosti investice (ROI).....	41

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Půdorys prvního podlaží	13
Obrázek 2 - Půdorys druhého podlaží	13
Obrázek 3 - Půdorys suterénu.....	14
Obrázek 4 - Princip tepelného čerpadla [30]	28
Obrázek 5 - Srovnání roční potřeby energie na vytápění u jednotlivých domů [1] st.11	32
Obrázek 6 - Vývoj ceny elektřiny [22].....	44

Seznam grafů

Graf 1- Spotřeba elektrické energie.....	22
Graf 2 - Měsíční vývoj meziročního indexu spotřebitelských cen [18]	42
Graf 3 - Čistá současná hodnota jednotlivých variant.....	45
Graf 4 - Citlivostní analýza NPV v závislosti na diskontu.....	46
Graf 5 - Citlivostní analýza variant na ceně elektřiny	47

Úvod

Nízkoenergetické náročnosti budov je v posledních letech věnováno čím dál více pozornosti. Jedním z faktorů může být zvýšená pozornost vůči klimatickým změnám a s nimi spojeným ekologickým výzvám. Z tohoto pohledu je klíčové, aby budovy spotřebovávaly co nejméně energie, což přispívá k šetrnosti k životnímu prostředí. Dnes je tedy prioritou, aby nové stavby splňovaly kritéria pro nízkou energetickou náročnost. S tím souvisí podpora formou dotací pro tyto projekty či případné rekonstrukce existujících budov.

Cílem bakalářské práce je vypracování návrhu na snížení energetické náročnosti rodinného domu, který se nachází v dojezdové vzdálenosti od Prahy ve městě Pyšely. Tento návrh zahrnuje analýzu současného stavu, identifikaci možností pro snížení energetické náročnosti budovy (například prostřednictvím izolace nebo výměny oken) a vyhodnocení možnosti realizace či přizpůsobení zkoumaného objektu pro dosažení nízkoenergetického (pasivního) standardu.

Rovněž jsou navrženy potenciální úpravy v systému vytápění. Využití těchto změn může optimalizovat energetickou efektivitu budovy a snížit náklady na roční provoz objektu. Z různých uvedených možností jsou v práci vybrány a uplatněny pouze ty prvky, které mají potenciál být realizovatelné pro konkrétní zkoumaný objekt.

Následně jsou sestaveny případné optimalizační či rekonstrukční varianty pro vylepšení energetické náročnosti zkoumaného objektu. Poté je v práci zanalyzováno a popsáno jejich ekonomické zhodnocení.

Závěrem práce poté bude kompletní vyhodnocení jednotlivých variant z hlediska ekonomických kritérií. Z této skupiny variant bude vybrána ta, která se z analýzy jeví jako nejvhodnější. Tato preferovaná varianta bude prezentována a doporučena majiteli objektu.

1 Analýza stávajícího stavu

1.1 Popis zkoumaného objektu

Předmětem zkoumání této bakalářské práce je rodinný dům ve městě Pyšely. Jedná se o jednogenerační dům, který je celoročně využíván k bydlení. Hlavním důvodem zkoumání je optimalizace energetické náročnosti budovy, protože dochází k čím dál většímu nárůstu ceny energií. Bakalářská práce se zabývá ekonomickou efektivností jednotlivých optimalizačních variant. Majitel objektu si nepřeje zásadní úpravy objektu ani jeho okolí.

Město Pyšely se nachází ve Středočeském kraji v okrese Benešov. Část Pyšel, kde se nachází zkoumaný objekt, původně sloužila jako chatová oblast. S nárůstem obyvatel, kteří hledají bydlení poblíž Prahy, se Pyšely rozrostly a přerostly do podoby města. Dochází zde nejen k nové výstavbě rodinných domů, ale také k přeměně chat na trvale obyvatelné domy, přizpůsobené pro užívání po celý rok.

1.2 Popis stávajícího stavu

Jak již bylo zmíněno, rodinný dům, který je předmětem zkoumání této bakalářské práce, prošel několika rekonstrukcemi a úpravami. Objekt byl přestavěn do svého současného stavu v roce 2000, kdy původní dům prošel rekonstrukcí a byla přistavěna další část objektu. Dům má dvě patra a suterén. Základní rozměry prvního i druhého patra činí 7x12 metrů, přičemž u vchodu je vyjmutý prostor o rozměrech 8 metrů čtverečných. Pro lepší orientaci byly vytvořeny půdorysy jednotlivých podlaží, které jsou uvedeny níže. Na objektu je nainstalována sedlová střecha o rozměrech 7x12 metrů.

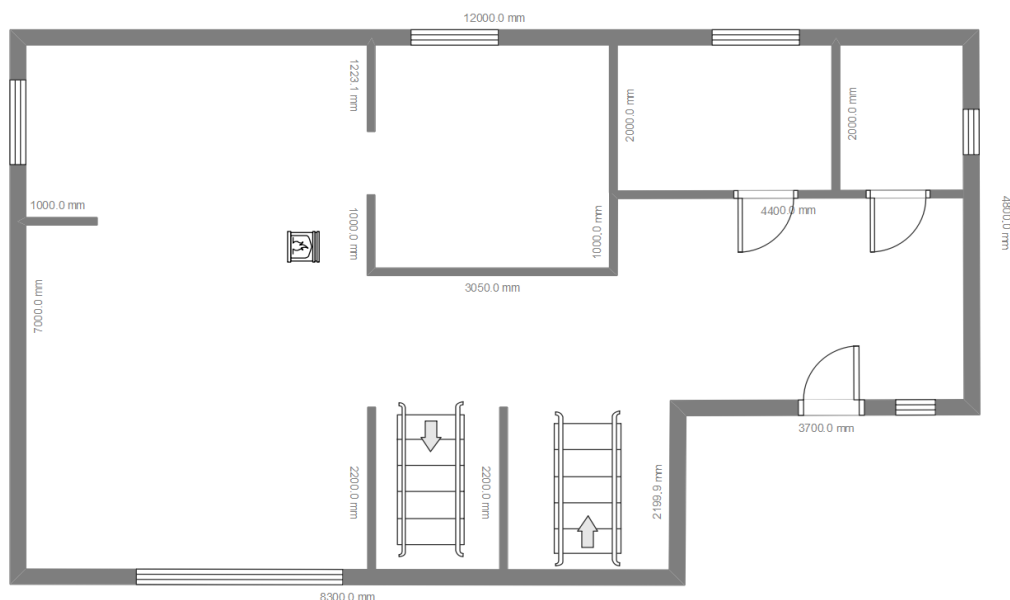
Vchod do budovy se nachází v prvním patře, kde se zároveň nachází obývací pokoj s jídelnou a kuchyní. Dále se v prvním patře nachází koupelna a samostatná toaleta. Z prvního patra je možné jít po schodech do suterénu nebo do druhého patra.

V suterénu se nachází dvě ložnice, spižárna a kotelna. Suterén je zapuštěný v zemi a jednou stranou, dvěma ložnicemi, mírně vyčnívá do zahrady. Strop vyčnívající části je používán jako terasa, na kterou je přístup jak z obývacího pokoje, tak i ze zahrady.

Ve druhém patře se nachází chodba, ze které je možné jít do tří pokojů. Konkrétně se jedná o pracovnu, ložnici a dětský pokoj. Z ložnice je možnost dostat se do podkroví, které se kvůli své velikosti využívá pouze na uskladnění věcí. Z chodby je dále možnost jít na samostatnou toaletu.

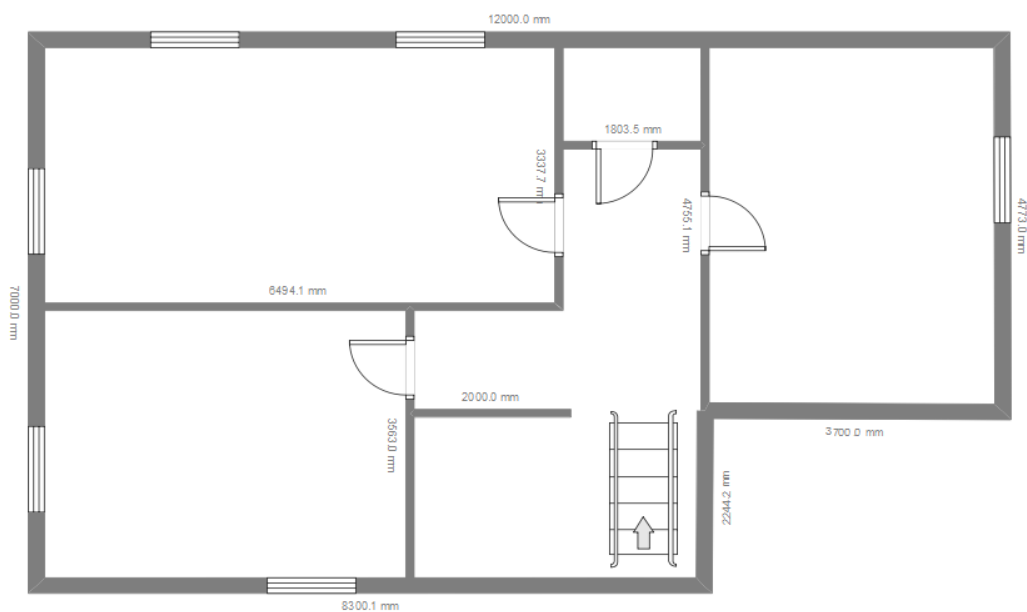
V roce 2020 proběhla rekonstrukce krytiny na celé střeše. Během této akce došlo k vylepšení existujícího stavu, což zahrnovalo výměnu a přidání skelné vaty za účelem zlepšení tepelných vlastností domu.

První patro



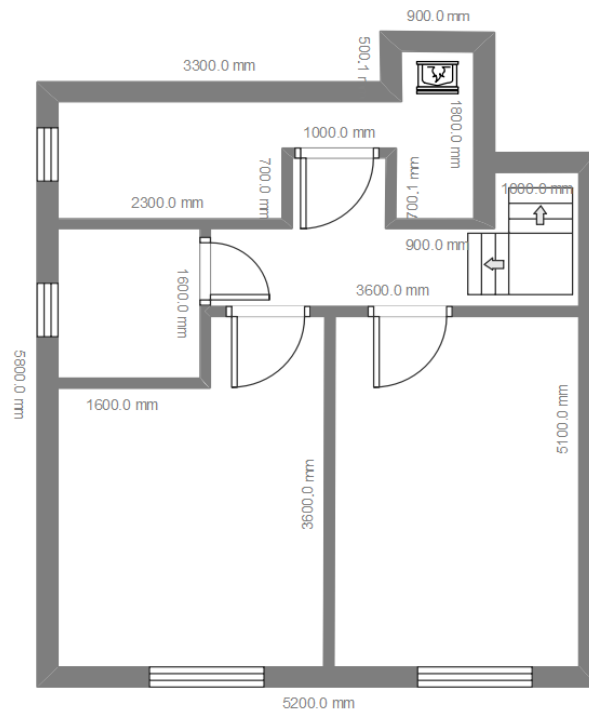
Obrázek 1 - Půdorys prvního podlaží

Druhé patro



Obrázek 2 - Půdorys druhého podlaží

Suterén



Obrázek 3 - Půdorys suterénu

1.3 Ukazatele pro vyhodnocení stavu

1.3.1 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty domu se vztahují k procesu úniku tepla zvnějšku budovy nebo z jednotlivých prostorů do okolního prostředí. Tento únik může být důsledkem různých faktorů, jako je nedostatečná izolace, špatné utěsnění, zastaralá okna nebo neefektivní větrání a topení. Celkově lze tepelné ztráty domu chápat jako nežádoucí jevy, které vedou k nechtěnému úniku tepla a zvýšení nákladů na vytápění nebo chlazení.

Tyto ztráty jsou ovlivněny různými faktory, jako je uspořádání budovy, kvalita izolace, způsob větrání a geografická poloha. Starší budovy obvykle vykazují vyšší tepelné ztráty, což často souvisí s nedostatečnou nebo zcela chybějící izolací.

1.3.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla je ukazatelem kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m² při rozdílu teplot jejích povrchů. Hodnoty U (označované jako součinitelé prostupu tepla) se používají k měření toho, jak účinně izolují prvky konstrukce budovy proti tepelným ztrátám (nebo tepelným ziskům). Čím nižší je hodnota U prvku stavební konstrukce, tím pomaleji jím prochází teplo, a tím lépe izoluje. Velmi obecně lze říci, že čím lepší (tj. nižší) je hodnota U konstrukce budovy, tím méně energie je zapotřebí k udržení příjemných podmínek uvnitř budovy.

$$U = \frac{1}{R_t}$$

Rovnice 1 - Součinitel prostupu tepla

Kde:

R_t – Tepelný odpor (odpor konstrukce při prostupu tepla) [m²·K/W]

1.3.3 Tepelný odpor

Tepelný odpor (značený jako R) je fyzikální veličina, která popisuje schopnost materiálu nebo struktury bránit toku tepla. V podstatě měří, jak efektivně materiál nebo konstrukce izoluje proti přenosu tepla. Vyšší hodnota tepelného odporu znamená, že materiál nebo struktura jsou lepší izolanty a méně tepla prochází skrz ně. Když má materiál vyšší tepelný odpor, znamená to, že teplo se obtížněji šíří skrz něj, což je výhodné pro izolační účely, jako například při návrhu izolace pro budovy, kde je cílem minimalizovat tepelné ztráty nebo zisky.

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Rovnice 2 - Tepelný odpor

Kde:

d – Tloušťka vrstvy; tloušťka vrstvy v konstrukci [m]

λ – Součinitel tepelné vodivosti [W/(m·K)]

1.3.4 Norma ČSN 38 3350

Norma 38 3350 má za účel definovat směrnice pro plánování a návrh systémů zásobování teplem v městských oblastech, sídlištích a průmyslových závodech. Zahrnuje obecné principy týkající se způsobu zacházení s teplem [11]. Jedním z aspektů normy je stanovení způsobu výpočtu venkovní denní teploty, která určuje začátek a konec topné sezóny na základě plošné hmotnosti obvodových konstrukcí. V tomto případě byla přijata mezní teplota +13 °C, jak je uvedeno ve vyhlášce 194/2007 Sb., která definuje období, kdy je třeba vytápět. Tedy topná sezóna začíná tehdy, kdy průměrná denní teplota venkovního vzduchu v daném místě nebo lokalitě klesne pod +13 °C po dobu dvou po sobě následujících dnů a nelze očekávat zvýšení této teploty nad +13 °C v následujícím dni na základě meteorologických prognóz [31]. Pro konkrétní objekt v okrese Benešov bylo určeno, že otopné období trvá 234 dní [10].

1.4 Stavební konstrukce

1.4.1 Zateplení budovy

Zateplení budovy je proces, při kterém se zlepšuje tepelná izolace stavebního objektu, aby se snížil únik tepla a energetická náročnost budovy. To může mít několik výhod, včetně snížení nákladů na vytápění, zvýšení komfortu v interiéru a snížení negativního dopadu na životní prostředí. Existuje několik úrovní kvality, jak provést zateplení budovy. A to sice, izolace obvodových stěn, zateplení podlahy, střechy a výměna oken.

1.4.2 Izolace obvodových stěn

Prvním prvkem snížení energetické náročnosti objektu je izolace obvodových stěn. V současném stavu jsou venkovní stěny tvořeny cihlami Porotherm o tloušťce 30 centimetrů, které jsou kombinovány s 10 centimetry polyuretanu. Toto spojení vytváří součinitel prostupu tepla pro venkovní stěny, který činí $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Součinitel prostupu tepla byl stanoven pomocí online výpočtu vícevrstvé konstrukce [8]. Samotný polyuretan o tloušťce 10 cm má součinitel prostupu tepla $0,226 \text{ W/m}^2\text{K}$ [7].

1.4.3 Zateplení podlahy, podhledu v suterénu

Další částí, kterou je vhodné tepelně izolovat je podlaha a podhledy v suterénu. V současném stavu je podlaha tvořena z hlavní části z podlahových prken z masivního dřeva doplněná dlažbou, která je v předsíni, koupelně a kuchyni. Ve stávajícím stavu se už nachází podlažní tepelná izolace, která je tvořena EPS (epoxidovaný polystyrén) o tloušťce 15 centimetrů, který má součinitel prostupu tepla $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ [8].

Podhled v suterénu nebo také podlaha terasy je 20 cm betonová deska, která je z podhledové části izolována 10 centimetry polyuretanem a doplněna 5 centimetry izolační vaty, proto izolace podlahy a pohledu je stanovená na $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ [8].

1.4.4 Zateplení střechy

Zateplení střechy je dalším prvkem, kvůli kterému můžeme eliminovat ztrátu tepla, protože teplý vzduch stoupá vzhůru a díky správné a dobré izolaci tak můžeme udržet teplo v objektu. Po proběhlé rekonstrukci střechy v roce 2020 se stávající stav vylepšil. Stávající stav využívá jednu ze standartních zateplovacích metod, a to sice zateplení mezi krovem. Dalšími

možnostmi je nadkrovní či podkrovní zateplení nebo jejich kombinace. Ke stávajícímu stavu by se mohla přidat kombinace podkrovního zateplení, abychom zlepšili hodnoty součinitele prostupnosti tepla. To by nám však ubralo skladovací prostor na půdě. Ve stávajícím stavu se nachází mezikrovní izolace z polyuretanu o tloušťce 10 cm doplněna izolační vatou. Tato kombinace dosahuje izolační vlastnosti střechy $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

1.4.5 Okna a vchodové dveře

Posledním prvkem, který bych zařadil do zateplení budovy je výměna oken a dveří. Okna a dveře ve zkoumaném objektu jsou vyrobená truhlářem před více než 20 lety. Podle online výpočetního programu potřeby tepla na vytápění a tepelných ztrát obálkou budovy mohou okna a dveře až za 38 % tepelných ztrát objektu [3]. Součinitel prostupu tepla se rozlišuje pro sklo na U_g a pro profil na U_f . Na základně těchto hodnot se počítá součinitel prostupu tepla celého okna U_w . Podle zjednodušeného online výpočtu součinitel prostupu tepla u oken $U_w = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ [27]. Vchodové dveře ve stávajícím stavu jsou plné, tedy bez skla a jejich součinitel prostupu tepla je stanoven na 3,7 [27].

1.5 Vyhodnocení stavebních konstrukcí

Jednotlivé hodnoty součinitele prostupu tepla jsou zaznamenány v tabulce a porovnány s požadovanými a doporučenými hodnotami stanovenými dle normy ČSN 73 0540-2 [2]. Tabulku (1) jsem sestavil s využitím internetového zjednodušeného výpočtu součinitele prostupu tepla vícevrstvé konstrukce [8].

Cílem tabulky je znázornit rozdíl mezi hodnotami současného stavu a hodnotami doporučenými nebo požadovanými normou ČSN 73 0540-2 [2]. Z tabulky je patrné, že jednotlivé části stavebních konstrukcí objektu se nacházejí na pomezí mezi platnou normou a požadovanými hodnotami. Vzhledem k doporučeným hodnotám dané normou ČSN 73 0540-2 v této práci nebude dále uvažováno o možnosti optimalizace prostřednictvím výměny izolace obvodových stěn, zateplení podlahy a střechy. Problémové prvky stavební konstrukce jsou zejména ty, u nichž se hodnoty výrazně liší od požadovaných nebo doporučených, což je zvláště patrné u vstupních dveří a oken.

Konstrukce	Současný stav		Požadovaný	Doporučený	Doporučené pro PD*
	U [W/m ² K]	Plocha [m ²]	U [W/m ² K]	U [W/m ² K]	U [W/m ² K]
Stěna	0,30	280	0,3	0,2	0,18 – 0,12
Podlaha na terénu	0,43	82	0,45	0,3	0,22 – 0,15
Střecha	0,23	82	0,24	0,16	0,15 – 0,10
Vstupní dveře	3,7	2,8	1,7	1,1	0,9
Okna	2,5	20	1,5	1,2	0,75

Tabulka 1 – Současný stav porovnaný s normou ČSN 73 0540-2

PD* - pasivní dům

Tabulku (2) jsem sestavil s využitím internetového zjednodušeného výpočtu potřeby energie na vytápění a tepelných ztrát obálkou budovy [3]. Cíl bakalářské práce pak pomocí normy ČSN 73 0540-2 [2].

	Roční potřeba energie na vytápění [kWh/m ²]	Roční množství energie potřebné pro vytápění [MWh]
Stávající stav	71,8	14,5
Cíl bakalářské práce	<50	<10

Tabulka 2 - Stávající stav objektu

1.6 Systém vytápění

Objekt je vybaven třemi způsoby zdrojů tepla. Nejčastěji používaným z nich je elektrický kotel, který distribuuje teplou vodu do otopných těles po celém domě. Elektrický kotel má instalovaný výkon 12 kW.

Druhým zdrojem tepla je kotel na dřevo s instalovaným výkonem 22 kW, který je schopen podobně jako elektrický kotel rozvádět vodu do otopných těles po celém domě. Kotel na dřevo se nachází v suterénu objektu, avšak kvůli omezenému úložnému prostoru pro dřevo není často využíván.

Posledním způsobem vytápění jsou kamna, která se nacházejí v obývacím pokoji a mají instalovaný výkon 6,5 kW, který závisí na způsobu topení. Kamna nejsou připojena k otopnému systému a slouží pouze k vytápění obývacího pokoje nebo prvního patra.

Otopná tělesa jsou v každé místnosti ve formě panelových radiátorů, které umožňují uvolňovat teplo do vzduchu v místnosti, což zvyšuje teplotu vzduchu.

Během posledního topného období se využívání elektrického kotle jako primárního zdroje tepla v objektu snížilo, především kvůli rostoucím cenám elektřiny. Z tohoto důvodu bylo preferováno topení kamny na dřevo v obývacím pokoji.

1.7 Příprava teplé vody

K ohřevu užitkové vody se v objektu využívá elektrický bojler, který rozvádí pomocí jednotrubkového rozvodu teplé vody s cirkulací teplou užitkovou vodu do celého objektu. Objem bojleru je 200 litrů, což dle normy ČNS EN 12831-3 kde je potřeba pro jednoho člena domácností 25-60 litrů denně je dostačující variantou. Dalším faktorem je, že bojler, který je v objektu instalován je z roku 2020, takže s jeho výměnou v současné době nebude dále pracováno.

1.8 Elektrické spotřebiče

Pro analýzu faktur za elektřinu byla vytvořena tabulka s elektrickými spotřebiči a jejich elektrickou náročností. V tabulce jsou uvedeny údaje o spotřebě domácích spotřebičů za rok. Tyto hodnoty byly vypočteny na základě přibližného odhadu ročního používání spotřebičů a jejich příkonu. Následně byla cena elektřiny spočítána na základě stanovené zastropované ceny a celkové spotřeby za rok.

	Spotřebiče	Celková doba využívání za rok [hod]	Příkon [kW]	Spotřeba za rok [kWh]	Tarif	Cena za rok bez daně [Kč]
1.	televizor	912,5	0,478	436,2	20h NT, 4h VT	2 983
2.	počítač	730	0,38	277,4	20h NT, 4h VT	1 897
3.	monitor	730	0,05	36,5	20h NT, 4h VT	250
4.	notebook	730	0,06	43,8	20h NT, 4h VT	300
5.	pračka	200 cyklů	-	440	20h NT, 4h VT	3 009
6.	elektrické kamna	73	2	146	20h NT, 4h VT	998
7.	fén	36,5	2,2	80,3	20h NT, 4h VT	549
8.	vysavač	109,5	2	219	20h NT, 4h VT	1 498
9.	myčka	150 cyklů	-	127,5	20h NT, 4h VT	872
10.	žehlička	109,5	3	328,5	20h NT, 4h VT	2 246
11.	varná konvice	54,75	2,2	120,5	20h NT, 4h VT	824
12.	mikrovlnná trouba	36,5	1	36,5	20h NT, 4h VT	250
13.	trouba	91,25	3,3	301,1	20h NT, 4h VT	2 059
14.	lednice kombinovaná 1.	8760	0,029	254	20h NT, 4h VT	1 737
15.	lednice kombinovaná 2.	8760	0,034	297,8	20h NT, 4h VT	2 037
16.	router	8760	0,007	61,3	20h NT, 4h VT	419
17.	bojler 200l	-	2,2	3300	20h NT, 4h VT	22 567
18.	čistička bazénů	474,5	0,45	213,5	20h NT, 4h VT	1 460
19.	televizní reproduktor	912,5	0,04	36,5	20h NT, 4h VT	250
20.	osvětlení	2000	0,05	300	20h NT, 4h VT	2 052
Celkem				7 056,48		48 256

Tabulka 3 - Roční provozní náklady spotřebičů v objektu

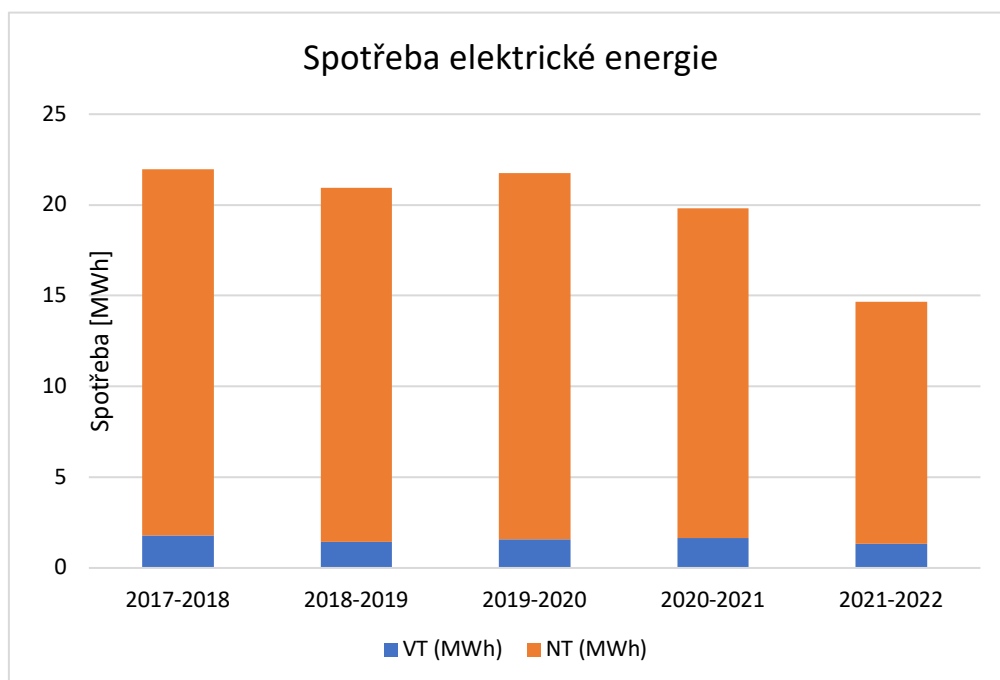
K výpočtu celkové spotřeby je následně nutné přičíst spotřebu elektrického kotle, který je stanoven na 9 MWh. Osvětlení v domácnosti bylo z důvodu velkého množství a různorodosti žárovek stanoveno na 0,3 MWh ročně. Cena je vypočtena ze zastropovaných cen, které jsou detailně rozepsány v příloze práce¹.

¹ Záložka „Spotřebiče“

1.9 Faktury za elektřinu

Faktury za elektřinu, se kterými je pracováno v této práci jsou za období od 9.6. 2017 do 7.6. 2022. Elektřina je dodávána distribuční skupinou ČEZ. Z tabulek je patrné, že průměr roční spotřeby je okolo 65 000 Kč. Spotřebu v jednotlivých letech ovlivňuje hned několik faktorů. Jedním z faktorů je změna počtu obyvatel ve zkoumaném objektu. V letech 2017-2019 obývali objekt tři dospělí lidé, ale naopak během let 2019-2020, kdy byla nejrozšířenější pandemie Covidu-19 v domě bylo pět dospělých lidí. V této době byli zároveň kvůli pandemii všichni obyvatelé nepřetržitě doma. To tedy mělo za následek zvýšení spotřeby.

Dále je z grafu patrné, že po pandemii Covidu-19 rapidně klesla spotřeba elektřiny, což je dáno tím, že obyvatelé domácnosti začali nakládat s elektřinou úsporněji (z důvodu zvyšování cen elektřiny). V posledním roce sice dochází ke 30 % navýšení cen elektřiny, ale zároveň z důvodu zmiňované úspory domácnosti nedochází k navýšení celkové ceny za dodanou elektřinu.



Graf 1- Spotřeba elektrické energie

2018

09.06.2017 08.06.2018

Faktura Silová elektřina		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2017 - 31. 12. 2017	Pevná cena	-	6,73	60	403,98
	VT	0,980	-	1 448	1 418,46
	NT	9,693	-	1 261	12 222,24
1. 1. 2018 - 31. 5. 2018	Pevná cena	-	5,00	60	300,00
	VT	0,761	-	1 448	1 102,04
	NT	9,953	-	1 261	12 550,96
1. 6. 2018 - 8. 6. 2018	Pevná cena		0,27	69	18,42
	VT	0,040	-	1 495	60,28
	NT	0,527	-	1 390	727,70
					28 804

Tabulka 4 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2018

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2017- 31. 12. 2017	platba za jistič	-	6,73	397	2 673,00
	distribuce VT	0,980	-	254,84	249,64
	distribuce NT	9,693	-	64,01	620,42
	systémové služby	10,672	-	93,94	1 002,54
	platba POZE	10,672	-	495	5 282,69
	činnost OTE	-	6,73	4,9	32,99
1. 1. 2018 - 8. 6. 2018	platba za jistič	-	5,27	420	2 212,14
	distribuce VT	0,801	-	269,66	216,11
	distribuce NT	10,481	-	71,69	751,35
	systémové služby	11,282	-	93,63	1 056,32
	platba POZE	11,282	-	495	5 584,54
	činnost OTE	-	5,27	5,4	28,44
Celková daň		621,3 Kč			19 710

Tabulka 5 - Distribuční sazba za rok 2018

2019

09.06.2018

06.06.2019

Faktura Silová elektřina		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2018 - 31. 12. 2018	Pevná cena	-	6,73	69	464,58
	VT	0,797	-	1 495	1 191,52
	NT	9,448	-	1 380	13 038,78
1. 1. 2019 - 28. 2. 2019	Pevná cena	-	2,00	69	138,00
	VT	0,242	-	1 495	362,37
	NT	3,781	-	1 380	5 217,42
1. 3. 2019 - 6. 6. 2019	Pevná cena	-	3,20	74	236,70
	VT	0,403	-	1 641	660,48
	NT	6,280	-	1 639	10 291,76
					31 602

Tabulka 6 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2019

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2018 - 31. 12. 2018	platba za jistič	-	6,73	420	2 827,86
	distribuce VT	0,797	-	269,66	214,92
	distribuce NT	9,448	-	71,69	677,36
	systémové služby	10,245	-	93,63	959,28
	platba POZE	10,245	-	495	5 071,47
	činnost OTE	-	6,73	5,4	36,36
1. 1. 2019 - 6. 6. 2019	platba za jistič	-	5,20	446	2 319,20
	distribuce VT	0,645	-	286,41	184,73
	distribuce NT	10,061	-	98,22	988,15
	systémové služby	10,706	-	76,19	815,66
	platba POZE	10,706	-	495	5 299,27
	činnost OTE	-	5,20	6,93	36,04
Celková daň		592,91 Kč			19 430

Tabulka 7 - Distribuční sazba za rok 2019

2020

07.06.2019 04.06.2020

Faktura Silová elektřina		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
7. 6. 2019 - 31. 10. 2019	Pevná cena	-	4,80	74	355,06
	VT	0,589	-	1 641	966,62
	NT	5,198	-	1 639	8 519,18
1. 11. 2019- 31. 12. 2019	Pevná cena	-	2,00	79	158,00
	VT	0,299	-	1 829	547,02
	NT	4,835	-	1 829	8 843,64
1. 1. 2020 - 29. 2. 2020	Pevná cena	-	2,00	79	158,00
	VT	0,298	-	1 829	545,22
	NT	5,259	-	1 829	9 618,75
1. 3. 2020 - 4. 6. 2020	Pevná cena	-	3,13	79	247,51
	VT	0,409	-	1 829	747,33
	NT	4,881	-	1 829	8 928,23
					39 635

Tabulka 8 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2020

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH
7. 6. 2019 - 31. 12. 2020	platba za jistič	-	6,80	446	3 032,80
	distribuce VT	0,8883	-	286,41	254,42
	distribuce NT	10,0335	-	98,22	985,49
	systémové služby	10,9218	-	76,19	832,13
	platba POZE	10,9218	-	495	5 406,29
	činnost OTE	-	6,80	6,93	47,12
1. 1. 2020 - 4. 6. 2020	platba za jistič	-	5,13	452	2 320,12
	distribuce VT	0,7067	-	289,94	204,90
	distribuce NT	10,1405	-	134,56	1 364,51
	systémové služby	10,8472	-	77,12	836,54
	platba POZE	10,8472	-	495	5 369,36
	činnost OTE	-	5,13	5,08	26,08
Celková daň		616,07 Kč			20 680

Tabulka 9 - Distribuční sazba za rok 2020

2021

05.06.2020 08.06.2021

Faktura Silová elektřina		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (kč)
5. 6. 2020 - 30. 9. 2020	Pevná cena	-	6,87	79	542,49
	VT	0,471	-	1 829	860,69
	NT	3,261	-	1 829	5 964,68
1. 10. 2020- 31. 12. 2020	Pevná cena	-	6,87	79	542,49
	VT	0,446	-	1 639	730,70
	NT	5,754	-	1 639	9 430,20
1. 1. 2021 - 8. 6. 2021	Pevná cena	-	5,27	79	416,09
	VT	0,734	-	1 639	1 202,37
	NT	9,152	-	1 639	15 000,46
					34 690

Tabulka 10 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2021

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
5. 6. 2020 - 31. 12. 2020	platba za jistič	-	6,87	452	3 103,88
	distribuce VT	0,9164	-	289,94	265,70
	distribuce NT	9,0148	-	134,56	1 213,03
	systémové služby	9,9312	-	77,12	765,89
	platba POZE	9,9312	-	495	4 915,94
	činnost OTE	-	6,87	5,08	34,88
1. 1. 2019 - 8. 6. 2021	platba za jistič	-	5,27	432	2 275,34
	distribuce VT	0,7336	-	252,07	184,92
	distribuce NT	9,1522	-	135,91	1 243,88
	systémové služby	9,8858	-	93,3	922,35
	platba POZE	9,8858	-	495	4 893,47
	činnost OTE	-	5,27	3,91	20,59
Celková daň		560,82 Kč			19 840

Tabulka 11 - Distribuční sazba za rok 2021

2022

09.06.2021 07.06.2022

Faktura Silová elektřina		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2021 - 30. 12. 2021	Pevná cena	-	6,70	79	529,38
	VT	0,736	-	1 639	1 205,50
	NT	6,515	-	1 639	10 677,99
31. 12. 2021 - 31. 12. 2021	Pevná cena	-	0,03	79	2,85
	VT	0,004	-	2 954	12,67
	NT	0,057	-	2 954	167,67
1. 1. 2022 - 7. 6. 2022	Pevná cena	-	5,23	89	465,74
	VT	0,599	-	2 954	1 770,04
	NT	6,759	-	2 954	19 966,97
					35 213

Tabulka 12 - Spotřeba silové elektřiny za rok 2022

Distribuční sazba D45D		Množství (MWh)	Množství (měs.)	Jednotková cena (kč)	Celkem bez DPH (Kč)
9. 6. 2021 - 31. 12. 2021	platba za jistič	-	6,73	432	2 908,66
	distribuce VT	0,7398	-	252,07	186,48
	distribuce NT	6,5717	-	135,911	893,16
	systémové služby	7,3115	-	93,3	682,16
	platba POZE	7,3115	-	495	3 619,19
	činnost OTE	-	6,73	3,91	26,33
1. 1. 2019 - 7. 6. 2022	platba za jistič	-	5,23	435	2 276,36
	distribuce VT	0,5992	-	249,72	149,63
	distribuce NT	6,7593	-	173,98	1 175,98
	systémové služby	7,3585	-	113,53	835,41
	platba POZE	7,3585	-	495	3 642,46
	činnost OTE	-	5,23	4,201	21,98
Celková daň		415,17 Kč			16 418

Tabulka 13 - Distribuční sazba za rok 2022

2 Příležitosti ke snížení energetické náročnosti

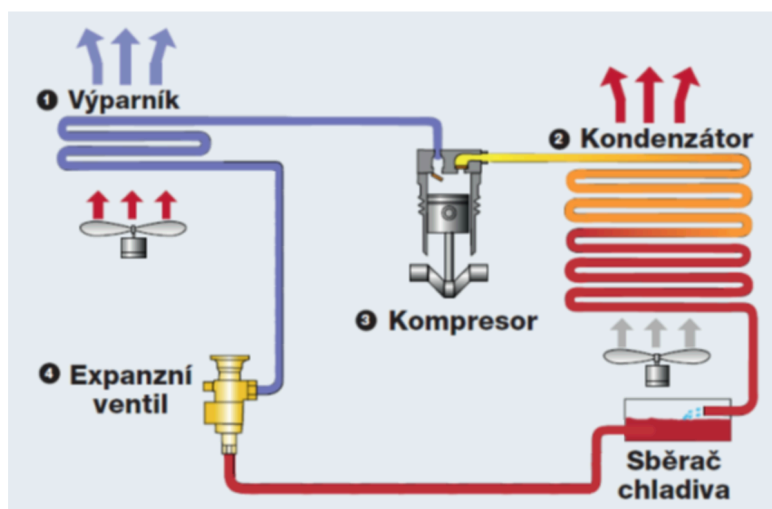
V této kapitole se zabývám příležitostmi ke snížení energetické náročnosti při provozu objektu. Jednotlivé možné prvky optimalizace jsou následně posuzovány, zda jsou akceptovatelné pro daného investora v tomto případě i majitele. Dále také nesmíme přehlédnout, zda jsou jednotlivé varianty kompatibilní se skutečným stavem objektu. Pro optimalizaci byly vybrány prvky, které jsou obvykle používány a které jsou u daného objektu potenciálně realizovatelné.

2.1 Změna zdroje vytápění

2.1.1 Tepelné čerpadlo

„Tepelná čerpadla jsou zařízení, která na své primární straně odnímají teplo z jedné teplotonosné látky (vody, vzduchu nebo země) s nižší teplotou a převádějí ho na své sekundární straně do jiné teplotonosné látky (vzduch, voda) s vyšší teplotou. K tomu, aby došlo k transportu tepelné energie z prostředí o nižší teplotě do prostředí s teplotou vyšší, tedy opačně, než tento proces probíhá samovolně v přírodě, musíme dodat energii. Buď na pohon kompresoru nebo na procesy probíhající v sorpčním materiálu.“ [30].

Tepelná čerpadla pracují tak, že na své primární straně ochlazují prostředí a na sekundární straně ho zase oteplují. Pokud jsou využívána k vytápění, dodávají k získané tepelné energii na primární straně. Tímto způsobem mohou výrazně snižovat spotřebu zakoupené energie, obvykle elektřiny nebo zemního plynu, a tím i náklady na vytápění [29].



Obrázek 4 - Princip tepelného čerpadla [30]

Důležitým kritériem u každého tepelného čerpadla je topný faktor. Tento faktor udává poměr mezi vyprodukovaným teplem a dodanou energií. Tedy čím je topný faktor větší, tím tepelné čerpadlo na výrobu tepla spotřebuje méně energie, a tím pádem je tepelné čerpadlo úspornější. Nicméně topný faktor je úzce spjatý s teplotou okolí, proto topný faktor nezůstává konstantní po celý rok. Pro zjednodušení výpočtu v této práci je využita hodnota průměrného topného faktoru (SCOP), který udává průměrnou hodnotu za celou topnou sezónu [9].

2.1.2 Kotle na tuhá paliva

Další možností zdroje tepla je kotel na tuhá paliva. Těch existuje celá řada, přičemž je lze rozdělit podle typu paliv. Ve zkoumaném objektu je instalován kotel na dřevo, avšak moc se nevyužívá, kvůli jeho nešikovnému umístění a nevybudování prostoru, kde by se dalo případně uskladnit dřevo na topení. Nicméně soustava pro kotle je vybudována. Velkou nevýhodou kotlů je potřeba jejich neustálé obsluhy, která může být do určité míry časově náročná. Z takového důvodu se může jednat o méně komfortní variantu. Tento problém by šel však snadno vyřešit a to tím, že v dnešní době už existují kotle s vestavěným zásobníkem, kdy si kotel sám přikládá.

Dalším typem by mohl být kotel na pelety, který je v dnešní době velmi oblíbený, kvůli svým ekologickým vlastnostem. I přesto ani jedna z uvedených variant není ve zkoumaném objektu snadno realizovatelná, protože jak už bylo zmíněno, v kotelně není dostatek místa.

2.1.3 Kotel na plyn

Varianta připojení domu k plynárenské soustavě a následné využití plynu v kotli u zkoumaného objektu není možná, protože tato možnost ve městě Pyšely není.

2.1.4 Připojení k teplotárenské soustavě

Varianta připojení domu k teplotárenské soustavě u zkoumaného objektu také není možná, protože tato možnost ve městě Pyšely není.

2.1.5 Výměna kamna za kamna s výměníkem

Kamna s výměníkem jsou v dnešní době velmi oblíbenou záležitostí, protože hezky spojují dekorativní doplněk interiéru s ohřevem jak dané místnosti, tak pomocí výměníku vody

i ústřední vodu v radiátorech. Teplovodní výměník předává do vody až 70 % tepla. Jelikož se v obývacím pokoji už kamna bez výměníku nachází, výměna kamen za jiný typ by tedy nebyla tak náročnou variantou optimalizace.

2.2 Výměna oken a vchodových dveří

Dalším krokem ke snížení energetické náročnosti budovy je výměna oken a vchodových dveří. Jak lze vidět z kapitoly 1.5 " Vyhodnocení stavebních konstrukcí", okna a dveře mají výrazně nižší tepelnou izolaci než ostatní části konstrukce. Normou ČSN 73 0540-2 jsou stanoveny doporučené požadavky na součinitele prostupu tepla (U-hodnoty) pro okna na úroveň 1,2 W/m²K a pro vchodové dveře na úroveň 1,1 W/m²K. Tyto hodnoty považují za minimální požadavky při výměně těchto konstrukcí.

2.3 Rekuperace vzduchu

Větrání neboli výměnu vzduchu můžeme chápat jako odvádění znehodnoceného vzduchu, místo kterého je do objektu přiváděn čerstvý vzduch z venkovního prostředí. Tento proces se nejčastěji provádí otevřením okna, při kterém se v místnosti nebo v celém objektu vyvětrá vzduch. Při tomto běžném stylu větrání se však ochladí celý objekt a musíme následně vynaložit další energii k jeho ohřevu. Rekuperace vzduchu je proces, při kterém získáváme teplo ze znehodnoceného vzduchu a ohříváme jím čistý vzduch přiváděný do objektu. Nicméně nesmíme zapomenout na spotřebu elektrické energie při provozu ventilátoru, ta je však řádově nižší než spotřeba energie, kterou potřebujeme k dříve zmiňovanému ohřevu vzduchu [12].

„Bez využití rekuperace tepla rodinný dům nemůže v energeticky pasivním ani v nízkoenergetickém standardu v podstatě vyjít. Rekuperační jednotky se v současné době vyrábějí již s regulací otáček ventilátorů a dovedou přizpůsobit příkon motorů okamžité potřebě. Oproti neregulovaným variantám mají až poloviční spotřebu elektrické energie. Bydlení v pasivním standardu s rekuperační jednotkou je uživatelsky velmi přátelské, protože místo větrání okny za obyvatele větrají čidla.“ [1]. Čidla se obvykle přizpůsobují prostředí, ve kterém se vyskytují. Čidel je celá řada, ale například čidla na detekci vlhkosti jsou vhodná do koupelen a čidla na detekci CO₂ jsou spíše vhodná do obývacích pokojů nebo ložnic [1]. Tento prvek ale nebude z důvodu nenalezení vhodného způsobu instalace rekuperační jednotky aplikován.

3 Podpora v ČR a charakteristika nízkoenergetického a pasivního domu

3.1 Nová zelená úsporám

Nová zelená úsporám je dotační program pro byty a rodinné domy v České republice. Tento dotační program, který je jeden z nejznámějších, pomáhá snižovat energetickou náročnost objektu, podporuje šetrné způsoby vytápění a obnovitelné zdroje energie. Cílem dotace je snížit produkci emisí a skleníkových plynů, které vznikají při vytápění objektů a tím tak zlepšit stav životního prostředí. Dotace byla za léta 2014–2021 financována z emisních povolenek. Od roku 2021 je dotační program financován z Nástroje pro oživení a odolnost, který spravuje Národní plán obnovy, později také Modernizační fond. Ke konci roku 2022 byl vyhlášen další program Nová zelená úsporám Light. Tento program je určen pro seniory a domácnosti s nižšími příjmy [4]. Konkrétně tento program podporuje například akumulární nádrže na zachytávání dešťové vody; využívání odpadní vody; solární termické a fotovoltaické systémy; pořízení a instalaci dobíjecích stanic pro osobní vozidla; výměny neekologických zdrojů tepla za tepelná čerpadla či lokální zdroje na biomasu [5]. V této bakalářské práci je pracováno s dotačním programem Nová zelená úsporám, na které by majitelé objektu měli mít nárok.

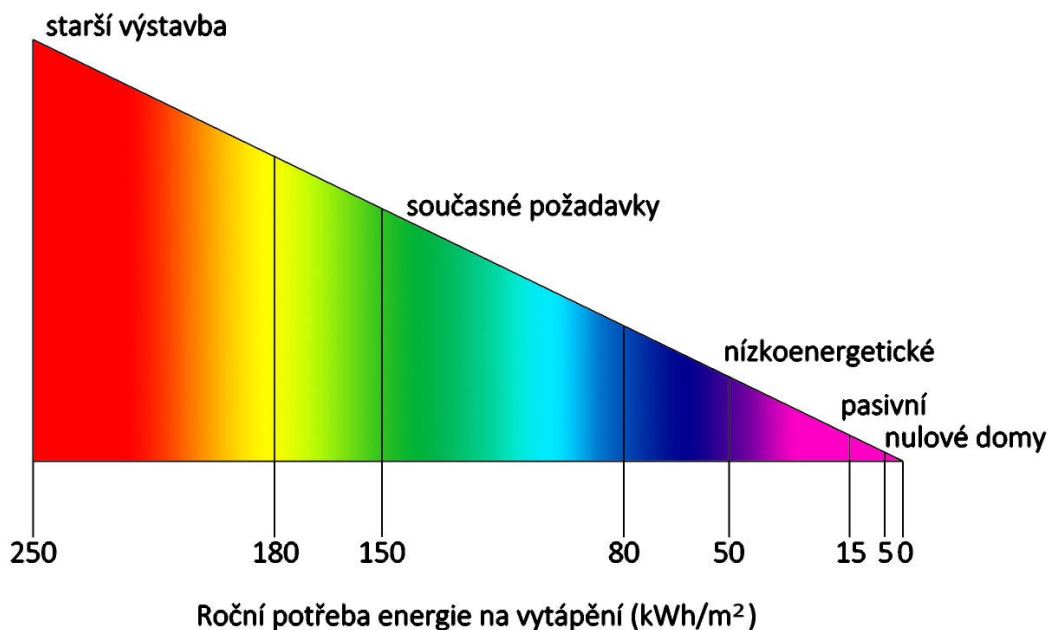
Dotace, které je možné využít pro rodinné domy jsou například tyto:

- Fotovoltaický systém se standardním měničem a základní instalací o výkonu 2kWp lze získat až 40 000 Kč.
- Následně za každý další instalovaný 1kWp výkonu lze získat až 10 000 Kč.
- Tepelné čerpadlo s teplovodním systémem vytápění a přípravu teplé vody lze získat až 100 000 Kč.
- Tepelné čerpadlo s teplovodním systémem vytápění bez přípravy teplé vody lze získat až 80 000 Kč.
- Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění s přípravou teplé vody připojené k fotovoltaickému systému lze získat až 140 000 Kč.
- Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch lze získat až 60 000 Kč.
- Při zateplení nebo výměně oken lze čerpat až 650 000 Kč, ale podmínkou je, že nejvyšší částka, kterou lze získat odpovídá 50 % celkových výdajů [6].

3.2 Nízkoenergetický a pasivní standard

Nízkoenergetický dům je typem domu, který vyžaduje pouze nízké množství energie na svůj provoz. Roční potřeba energie na vytápění nízkoenergetického domu musí být nižší než 50 kWh/m². Dalšími charakteristickými znaky nízkoenergetického domu jsou nižší vytápěcí výkon, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce a řízené větrání [1].

Nízkoenergetický standard je nezbytným vývojovým stupněm pasivního standardu. Pasivní dům je dům s velmi nízkou energetickou náročností. Pro pasivní domy se uvádí, že jejich roční potřeba tepla musí být méně než 15 kWh/m². Dalšími charakteristickými znaky pasivního domu mohou být například: řízené větrání s rekuperací tepla; vynikající parametry tepelné izolace či velmi těsné konstrukce [1]. Pasivní domy nejčastěji využívají zdroje tepla s nízkým výkonem. Těmi obvykle bývají tepelná čerpadla v kombinaci se solárními systémy a fotovoltaikou. Pasivní standard představuje významný krok směrem k maximální energetické efektivitě a udržitelnosti budov.



Obrázek 5 - Srovnání roční potřeby energie na vytápění u jednotlivých domů [1] st.11

4 Způsob sestavení možných variant

V této kapitole jsou popsány jednotlivé varianty a také jejich možná kombinace. Varianty jsou porovnány s výchozí variantou, tedy se stávajícím stavem zkoumaného objektu. Ve všech variantách zůstanou v obývacím pokoji kamna, kvůli jejich dekorativnímu přínosu, a bude se v nich i nadále topit. Dále všechny varianty jsou vypočítány pomocí zastropovaných cen, které jsou detailně rozepsány v příloze práce. U variant, ve kterých je počítáno s tepelným čerpadlem je zároveň počítáno s reinvesticí po 15 letech a s pravidelným každoročním servisem [28].

Stávající stav disponuje tepelnými ztrátami 7,9 kW. Pro vytápění stávající stav potřebuje ročně 14,5 MWh energie. S těmito hodnotami je dále počítáno ve variantách, kde nedochází k výměně oken.

4.1 Varianta_1 referenční varianta

Základní variantou je stávající stav, který je důležitý pro porovnání s jednotlivými variantami. Zároveň by z tohoto porovnání mělo vyplynout, zda se některá z jednotlivých variant ukáže jako efektivnější než stávající stav objektu. Pro sestavení první varianty jsem použil průměrnou spotřebu elektřiny v domácnosti.

Varianta_1 Referenční varianta	
Tepelné ztráty	7,9 kW
Množství energie potřebné pro vytápění	14,5 MWh
Životnost	30 let
Celkem	0

Tabulka 14 - Varianta_1

4.2 Varianta_2 změna kamen za kamna s výměníkem

První možností zlepšení stávajícího stavu je investice do koupě nových kamen do obývacího pokoje. V této možnosti by se jednalo pouze o výměnu již nainstalovaných kamen za kamna od stejné značky, ale navíc s výměníkem vody. Kamna, která jsou nainstalována v objektu jsou od značky Hass + Sohn, ale tento typ už se nevyrábí. Na porovnání jsem našel velmi podobná kamna, která se jmenují HERBORN II [23]. S těmito kamny je tedy pracováno při porovnávání s novými kamny od značky Hass + Sohn, akorát s výměníkem. V této variantě se uvažuje o instalaci kamen s názvem MANTOVA AL II s výměníkem [24]. Kamna s výměníkem mají instalovaný výkon 10 kW a samotný výměník má instalovaný výkon 7,4 kW.

V této variantě předpokládám, že při topení v objektu ve stávajících kamnech se vytápí pouze obývací pokoj a mnohdy nastává stav, že obývací pokoj je přetopený a zbývající místnosti v daném objektu jsou nevytopené. Tento problém by mohly vyřešit kamna s výměníkem vody, které by přebytečné teplo v podobě ohřáté vody rozváděly do ostatních místností.

Varianta_2 Výměna kamen za kamna s výměníkem	
Tepelné ztráty	7,9 kW
Množství energie potřebné pro vytápění	14,5 MWh
Životnost	30 let
Cena opatření	
Pořizovací cena	42 990 Kč
Instalace výměníku vody	15 000 Kč
Celkem	57 990 Kč

Tabulka 15 - Varianta_2

4.3 Varianta_3 výměna oken

V této variantě vycházím ze stávajícího stavu, co se týká zdroje vytápění. Varianta by spočívala pouze ve zlepšení energetické náročnosti objektu, a to sice prostřednictvím výměny oken. Na přání majitele, který si plastová okna nepřeje, nebude u zkoumaného objektu s variantou výměny dřevěných oken za plastová dále pracováno. Pro získání informací o dřevěných oknech s touto velikostí rámu jsem oslovil firmu Oknostyl, která mi vytvořila nabídku na různé typy dřevěných oken. Nejvhodnějším nabízeným typem, co se týká potřebných vlastností pro splnění normy ČSN 73 0540-2 bylo eurookno, které má prostupnost tepla $U = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ [25]. K samotné ceně okna musíme ještě přičíst náklady spojené se samotnou instalací.

Díky výměně oken dojde ke snížení tepelných ztrát na 5,7 kW. Spotřeba tepla se s výměnou oken také sníží, a to na 9,8 MWh [3]. Tyto hodnoty jsou dále použity u variant, kde se počítá s výměnou oken. Ve variantě je dále počítáno s reinvesticí, v tomto případě s nátěrem po 15 letech ve výši 20 000 Kč.

Varianta_3 Výměna oken	
Tepelné ztráty	5,7 kW
Množství energie potřebné pro vytápění	9,8 MWh
Životnost	30 let
Cena opatření	
Pořizovací cena oken a dveří	310 000 Kč
Cena instalace	50 000 Kč
Dotace NZÚ	132 000 Kč
Celkem	228 000 Kč

Tabulka 16 - Varianta_3

4.4 Varianta_4 tepelné čerpadlo

Další možností, která byla zařazena do práce, je změna zdroje. V této variantě je počítáno s instalací tepelného čerpadla jako zdrojem tepla. Tepelné čerpadlo by se v našem případě napojilo na otopnou soustavu, která se již vyskytuje v současném stavu. Otopná soustava v současném stavu je vysokoteplotní, proto je varianta s tepelným čerpadlem rozdělena do více variant. První z variant je, že teplotní systém zůstane neměnný, ale s tím se sníží efektivita tepelného čerpadla. Druhá varianta je kombinace tepelného čerpadla s výměnou otopného systému ve zkoumaném objektu na nízkoteplotní, tedy na podlahové topení. Tepelné čerpadlo, které by bylo umístěno do objektu se nachází v kategorii vzduch – voda a je od společnosti Mitsubishi. Konkrétně by se jednalo o Mitsubishi Zubadan PUD-SHWM100YAA, které disponuje topným výkonem 10kW a topným faktorem, který jsem stanovil podle datasheetu od výrobce na 2 z důvodu radiátorů nacházejících se v současném stavu. Topný faktor by se mohl více lišit s ohledem na teplotu vracející se vody. U variant s tepelným čerpadlem je počítáno s 60 % reinvesticí po 15 letech.

Varianta_4 Tepelné čerpadlo	
Tepelné ztráty	7,9 kW
Množství energie potřebné pro vytápění	14,5 MWh
Životnost	30 let
Cena opatření	
Tepelné čerpadlo 10kW	227 000 Kč
Rozvody + instalace Tč	40 000 Kč
SCOP	2
Dotace NZÚ	80 000 Kč
Celkem	187 000 Kč

Tabulka 17 - Varianta_4

4.5 Varianta_5 tepelné čerpadlo s podlahovým topením

V této variantě je počítáno se stejným tepelným čerpadlem jako v předchozí variantě, ale k investici jsou připočítány rozvody podlahového topení. Tepelné čerpadlo, které by bylo instalováno do objektu je Mitsubishi Zubadan PUD-SHWM100YAA, které disponuje topným výkonem 10kW s topným faktorem 3,45.

Varianta_5 Tepelné čerpadlo + podlahové topení	
Tepelné ztráty	7,9 kW
Množství energie potřebné pro vytápění	14,5 MWh
Životnost	30 let
Cena opatření	
Tepelné čerpadlo 10kW	227 000 Kč
Podlahové topení	100 000 Kč
Rozvody + instalace Tč	40 000 Kč
SCOP	3,45
Dotace NZÚ	80 000 Kč
Celkem	287 000 Kč

Tabulka 18 - Varianta_5

4.6 Varianta_6 tepelné čerpadlo + výměna oken

Další varianta je kombinace předchozích variant, tedy změna zdroje na tepelné čerpadlo podpořená výměnou oken v celém objektu. Výměna oken by proběhla stejně, jako v kapitole 4.3, tedy kompletní výměna oken za eurookna se součinitelem prostupnosti tepla $U = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Změna zdroje by představovala konkrétně instalaci tepelného čerpadla od firmy Mitsubishi Zubadan PUD-SHWM80YAA s výkonem 8kW a teplotním faktorem stanoveným výrobcem na 3,75. Rozdíl oproti předchozí variantě_4, co se týče potřeby výkonu tepelného čerpadla je v tom, že tepelné ztráty objektu se díky výměně oken snížily na 5,7 kW, tedy není potřeba tak výkonné tepelné čerpadlo.

Varianta_6 Tepelné čerpadlo + výměna oken	
Tepelné ztráty	5,7 kW
Množství energie potřebné pro vytápění	9,8 MWh
Životnost	30 let
Cena opatření	
Tepelné čerpadlo 8kW	203 000 Kč
Výměna oken	360 000 Kč
Rozvody + instalace TČ	40 000 Kč
SCOP	1,85
Dotace NZÚ	242 000 Kč
Celkem	361 000 Kč

Tabulka 19 - Varianta_6

4.7 Varianta_7 tepelné čerpadlo + výměna oken + podlahové topení

Poslední variantou je kombinace všech uvedených možností. Tedy využití stejného tepelného čerpadla jako v předchozí variantě, a to sice od firmy Mitsubishi Zubadan PUD-SHWM80YAA s výkonem 8 kW a teplotním faktorem 3,75. Dále je ve variantě počítáno s výměnou oken na nová eurookna a instalace podlahového topení k tepelnému čerpadlu pro lepší rozvod tepla v nízkoteplotním systému.

Varianta_7 Tepelné čerpadlo + výměna oken + podlahové topení	
Tepelné ztráty	5,7 kW
Množství energie potřebné pro vytápění	9,8 MWh
Životnost	30 let
Cena opatření	
Tepelné čerpadlo 8kW	203 000 Kč
Výměna oken	360 000 Kč
Podlahové topení + instalace	100 000 Kč
Rozvody + instalace Tč	40 000 Kč
SCOP	3,75
Dotace NZÚ	242 000 Kč
Celkem	461 000 Kč

Tabulka 20 - Varianta_7

5 Ekonomické zhodnocení

5.1 Ukazatel čisté současné hodnoty (NPV)

Čistá současná hodnota se řadí k nejvíce používaným metodám k vyhodnocení investic. V práci je využita při porovnávání mezi jednotlivými variantami. Jako ukazatele nejvýhodnější z variant budu vybírat tu s nejvyšší čistou současnou hodnotou. Metoda zohledňuje dobu životnosti projektu a prostřednictvím diskontu je schopna zohlednit také časovou hodnotu peněz.

Lze dojít ke třem základním výsledkům:

- $NPV > 0$ projekt lze doporučit k realizaci, výnos z projektu je vyšší než je cena kapitálu do něj vložena
- $NPV = 0$ projekt je na hranici rentability
- $NPV < 0$ projekt není vhodné realizovat [14]

Kritérium čisté současné hodnoty vypočtu podle vzorce [13].

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Rovnice 3 - Čistá současná hodnota

Kde:

T – Doba životnosti projektu

CF_t – Peněžní tok jednotlivých let projektu

r – Diskontovaná úroková míra

t – Daný tok hodnocení investic

5.2 Doba návratnosti

Prostá doba návratnosti je metoda, pomocí které bychom měli zjistit, za jak dlouho se investice vrátí. Prostá metoda porovnává investiční náklady s cashflow (tedy peněžním tokem), ta ale nezohledňuje časovou hodnotu peněz. Reálná metoda určení doby návratnosti respektuje diskont.

Kritérium prosté doby návratnosti vypočtu podle vzorce [15].

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

Rovnice 4 - Prostá doba návratnosti

Kde:

IN – Velikost investice

CF – Roční úspora nákladů v důsledku investice

Kritérium reálné doby návratnosti vypočtu podle vzorce [14].

$$\sum_{t=1}^{T_{re}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0$$

Rovnice 5 - Reálná doba návratnosti

Kde:

IN – Velikost investice

T_{re} – Reálná doba návratnosti

CF – Roční úspora nákladů v důsledku investice

r – Diskontní míra

5.3 Poměr návratnosti investice (ROI)

Poměr návratnosti investice je metoda, která porovnává poměr mezi ziskem nebo úsporou a investovanými prostředky. Jeho výpočet se odvíjí od podílu mezi celkovými zisky nebo úsporami a původní investicí. Čím vyšší je výsledná hodnota poměru, tím lepší návratnost investice.

$$ROI = \frac{CF}{IN} \cdot 100\%$$

Rovnice 6 - Poměr návratnosti investice (ROI)

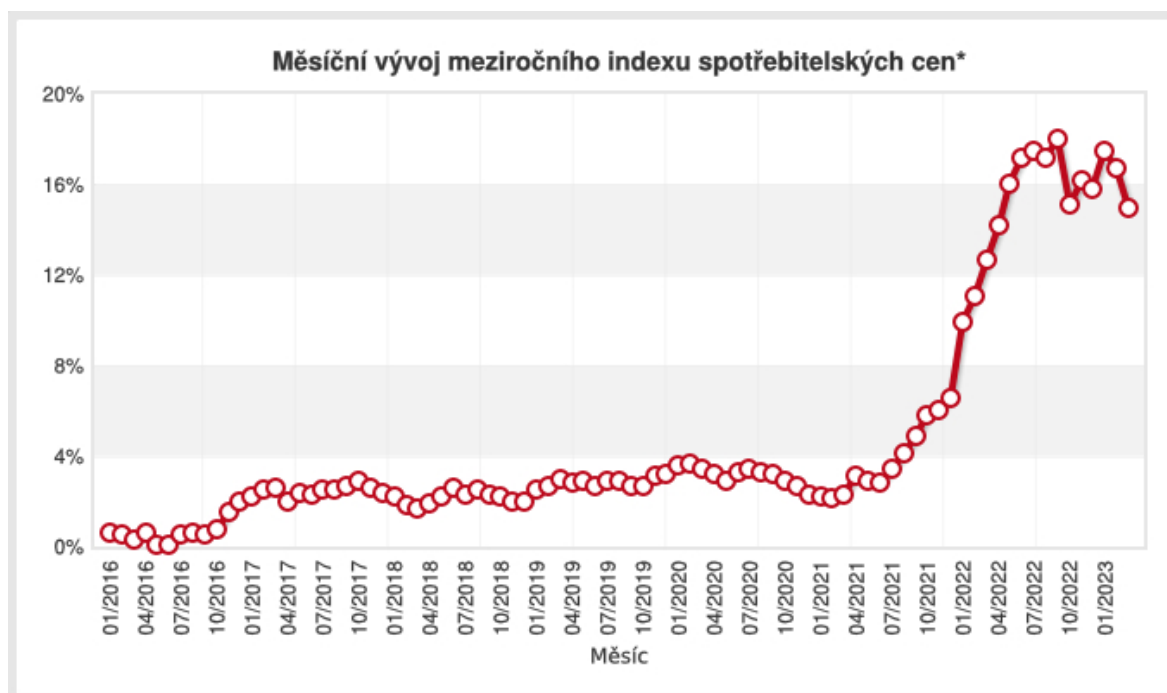
Kde:

IN – Velikost investice

CF – Roční úspora nákladů v důsledku investice

5.4 Inflace

„Inflace je obvykle chápána jako opakovaný růst většiny cen v dané ekonomice. Jde o oslabení reálné hodnoty (tj. kupní síly) dané měny vůči zboží a službám, které spotřebitel kupuje – je-li v ekonomice přítomna inflace spotřebitelských cen, pak na nákup téhož koše zboží a služeb spotřebitel potřebuje čím dál více jednotek měny dané země.“ [16]. Pokles inflace je označován jako deflace. Z přiloženého grafu, na kterém je měsíční vývoj meziročního indexu za posledních 7 let je patrné, že inflace začíná mít mírně klesající tendenci. Na začátku roku 2023 byl ale ještě prudký nárůst. Nejhuře na tom inflace byla na podzim roku 2022, kdy meziročně dosahovala až 18 % [viz graf 2]. Dlouhodobý cíl ČNB je udržet inflaci na 2 % meziročně [17]. Kvůli nemožnému přesnému odhadu vývoje inflace, nebude zahrnuta v této práci do výpočtu.



Graf 2 - Měsíční vývoj meziročního indexu spotřebitelských cen [18]

„*Míra inflace vyjádřená přírůstkem indexu spotřebitelských cen ke stejnému měsíci předchozího roku vyjadřuje procentní změnu cenové hladiny ve vykazovaném měsíci daného roku proti stejnému měsíci předchozího roku.“ [18].

5.5 Diskont

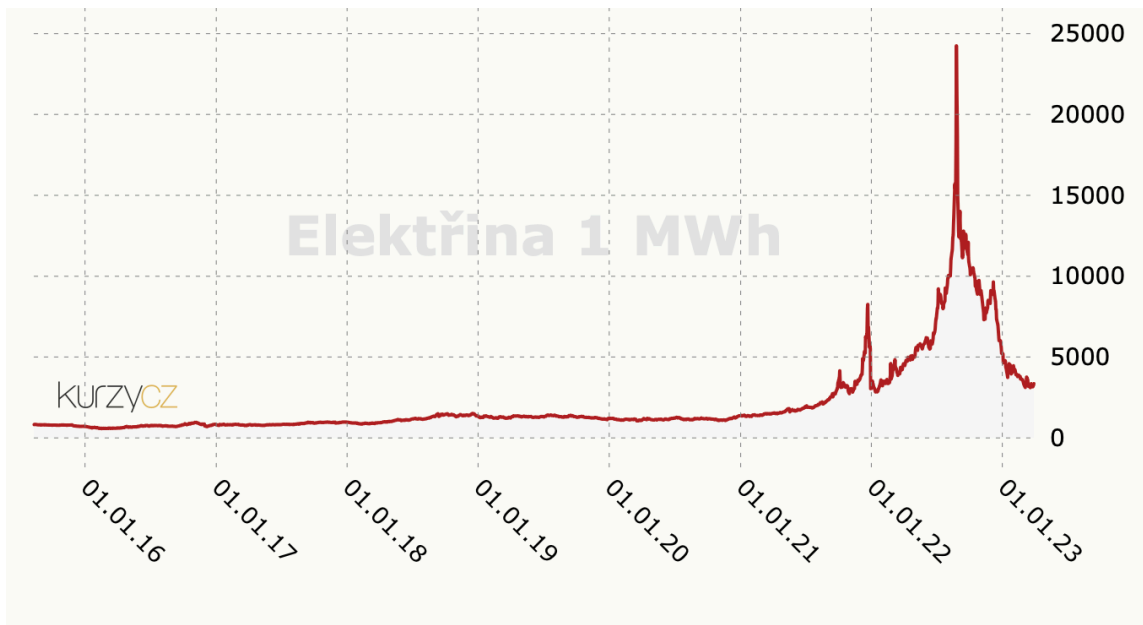
„Diskontováním se rozumí proces úpravy budoucích hodnot příjmů nebo výdajů projektu na současné hodnoty pomocí diskontní sazby, tj. vynásobením budoucí hodnoty koeficientem, který s časem klesá.“ [19].

Diskont vyjadřuje, jakou cenu pro nás mají naše peníze. Diskont dále znázorňuje, o co bychom mohli přijít tím, že vložíme peníze do právě zvolené investice, a ne do jiné či v případě, že necháme peníze na účtu. Volba diskontu je důležitá hlavně při výpočtu NPV [26],[20].

Z rovnice (3) pro výpočet čisté současné hodnoty je patrné, že čím větší hodnotu diskontu zvolíme, tím dostaneme menší hodnotu NPV. Zvolená hodnota by měla co nejvíce odpovídat reálnému předpokladu investora. Zvolený diskont pro výpočet u zkoumaného objektu, s ohledem na alternativní možnosti investování, je stanoven ve výši 3 %.

5.6 Vývoj ceny energie

Vývoj ceny energie je v dnešní době velmi obtížné určit. Z obrázku (6) - vývoj ceny elektřiny je patrné, že cena elektřiny byla do roku 2021 stabilní. Začátkem roku 2021 je však vidět již mírný nárůst, který vyvrcholil v půlce roku 2022, kdy cena elektřiny dosahovala přes 24 000 Kč za 1 MWh. Na základě vývoje za poslední dva roky je tedy velmi obtížné určit další vývoj ceny elektřiny. Z tohoto důvodu v mé bakalářské práci budu počítat se současným ceníkem elektřiny pro domácnosti, který byl vypsán pro rok 2023 [21].

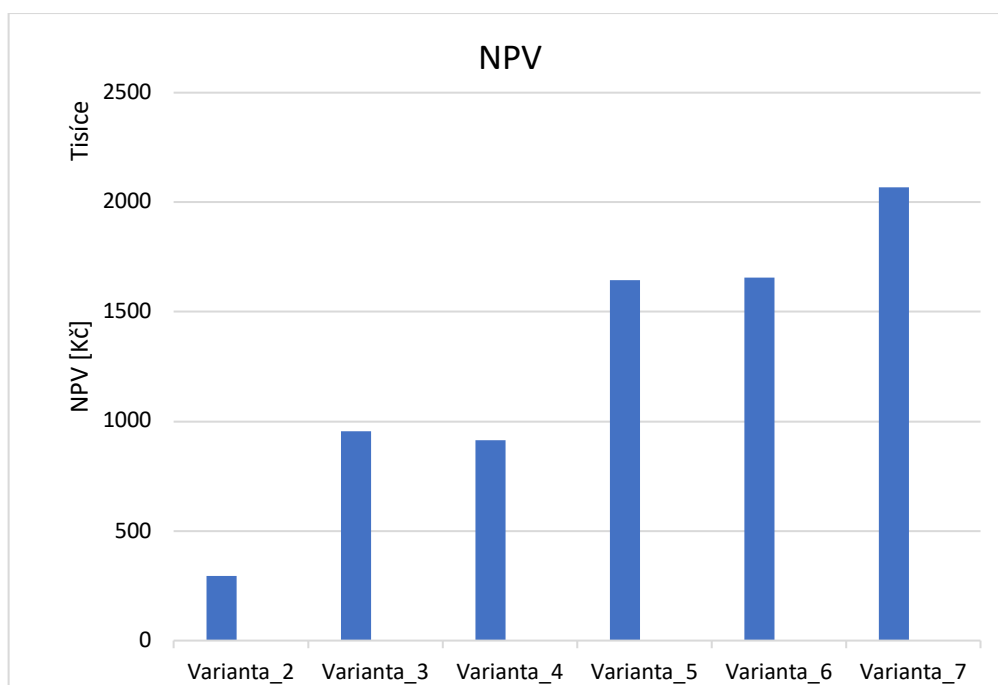


Obrázek 6 - Vývoj ceny elektřiny [22]

6 Vyhodnocení jednotlivých variant

6.1 Vyhodnocení čisté současné hodnoty

V této kapitole jsou vyhodnoceny jednotlivé varianty pomocí dříve zmíněného ekonomického kritéria. Graf je sestaven z jednotlivých variant čisté současné hodnoty (NPV). Hodnoty NPV jsou sestaveny s počáteční investicí jednotlivých variant a každoročních úspor na jejich provoz k referenční variantě (tedy varianta_1). Z grafu je patrné, že nejlépe dopadla varianta_7. Varianta_7 je kombinace variant a jedná se tedy o změnu zdroje na tepelné čerpadlo, výměnu oken a instalaci podlahového topení.



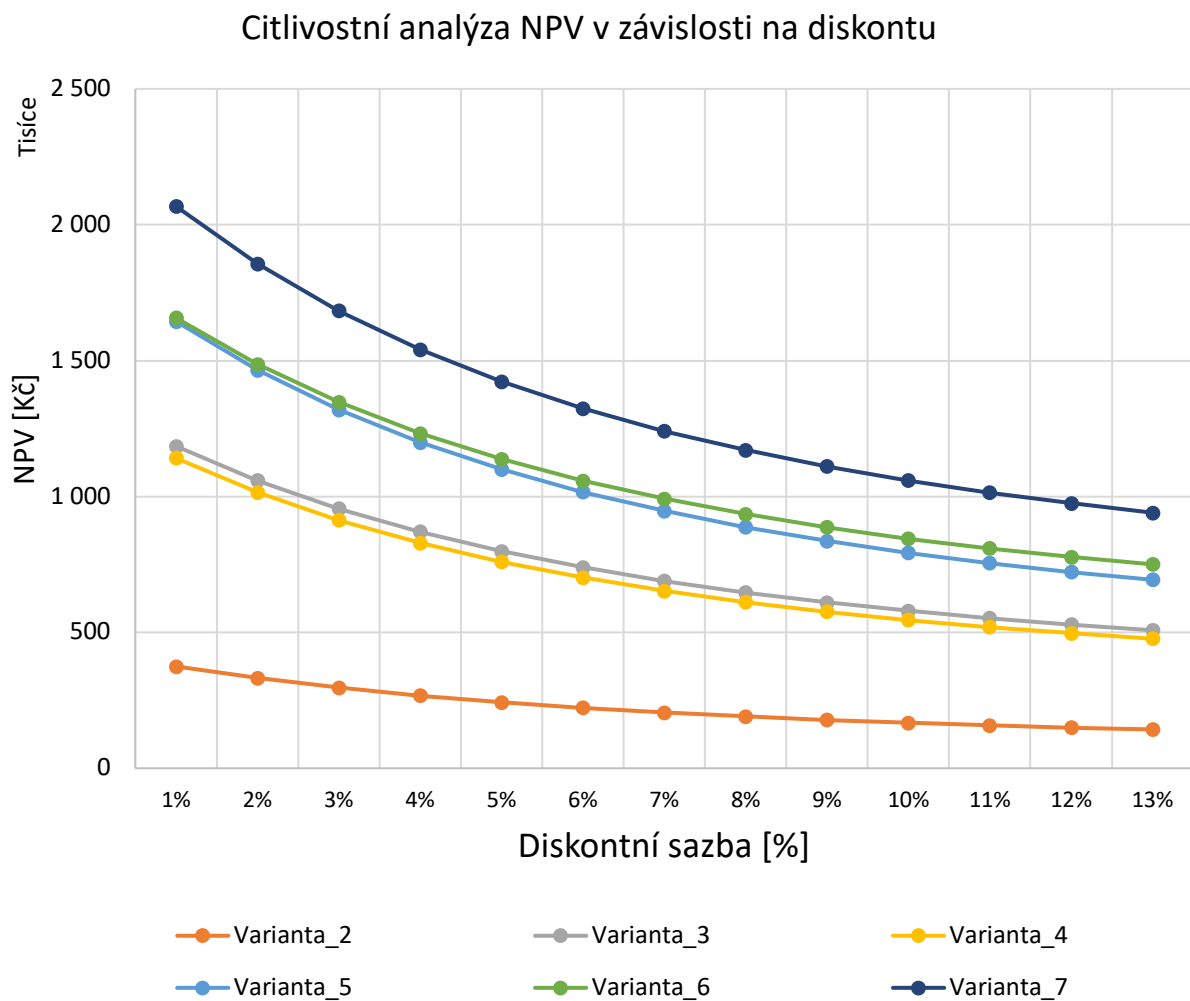
Graf 3 - Čistá současná hodnota jednotlivých variant

Varianty	NPV [Kč]
Var.2_Kamna s výměníkem	296 207
Var.3_Výměna oken	955 273
Var.4_Tepelné čerpadlo	913 339
Var.5_Tč + Podlahové topení	1 644 518
Var.6_Tč + Výměna oken	1 657 017
Var.7_Tč + Podlahové topení+ Výměna oken	2 067 624

Tabulka 21 - NPV jednotlivých variant

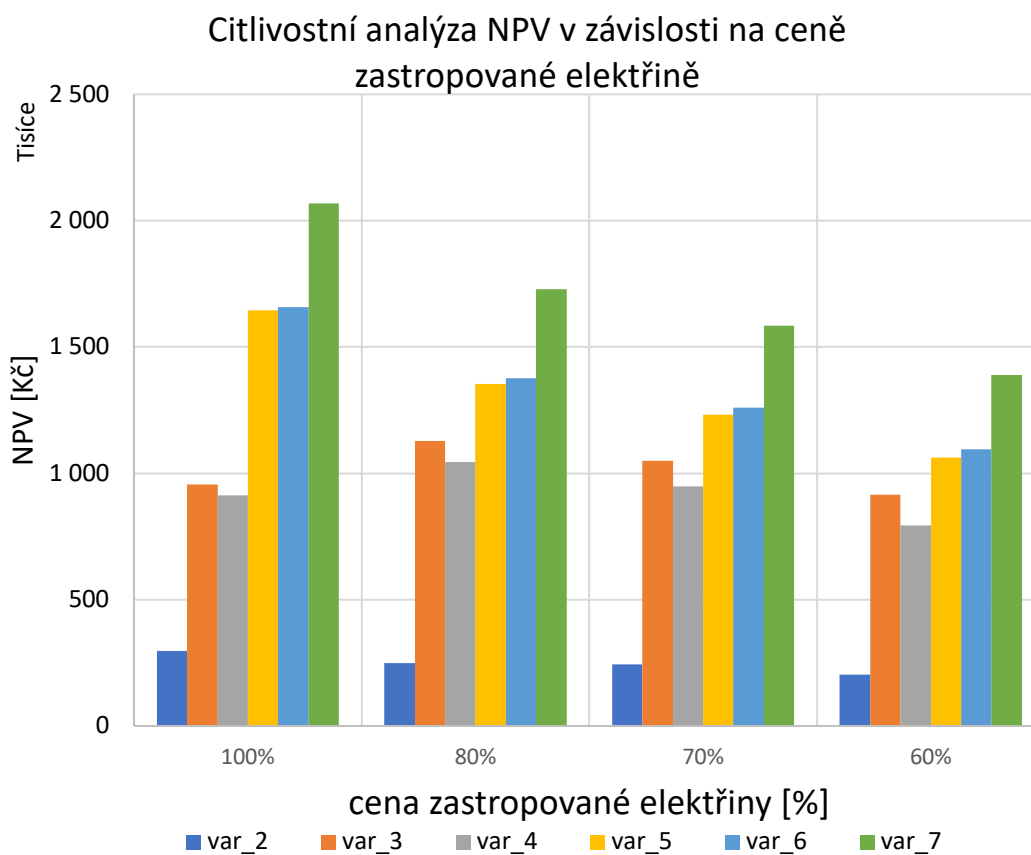
6.2 Citlivostní analýza

Citlivostní analýza nám v našem konkrétním případě ukazuje závislost čisté současné hodnoty na změně diskontu. Ze vzorce pro NPV (rovnice 3) je patrné, že při zvolení vyššího diskontu dostaneme nižší hodnoty NPV. Tento předpoklad se potvrdil na grafu. Zároveň citlivostní analýza čisté současné hodnoty na diskontu nám ukazuje, že diskontní sazba a výsledky pořadí jednotlivých variant se nezměnily až do 13 %.



Graf 4 - Citlivostní analýza NPV v závislosti na diskontu

Další citlivostní analýza nám ukazuje, jak se mění čistá současná hodnota jednotlivých variant na změně vstupní hodnoty ceny elektřiny. V poslední 60 % verzi zastropované ceny, se cena elektřiny pohybuje okolo 3,6 Kč za jednotku MWh. Vzhledem k vývoji ceny elektřiny z kapitoly 5.6 „Vývoj ceny energie“ jde o konečnou hodnotu grafu. Z grafu je patrné, že i přes vývoj ceny elektřiny zůstává nejvýhodnější varianta_7 tedy tepelné čerpadlo s podlahovým topením a výměna oken.



Graf 5 - Citlivostní analýza variant na ceně elektřiny

7 Celkové zhodnocení

Při celkovém zhodnocení se zaměřuji na vyhodnocení dosažených výsledků, přičemž poskytuji tabulku obsahující čistou současnou hodnotu, investiční náklady, roční provozní náklady, dobu návratnosti a poměr návratnosti investice (ROI). Čistá současná hodnota byla vypočítána na základě ročních úspor ve srovnání s referenční variantou, tedy variantou_1.

	NPV	Velikost investice [Kč]	Úspory k referenční variantě [Kč]	Náklady na roční provoz [Kč]	Doba návratnosti [roky]	Diskontovaná doba návratnosti [roky]	ROI [%]
Var_1	-	-	-	140 108	-	-	-
Var_2	296 207	47 990	12 664	127 445	4	5	26
Var_3	955 273	228 000	37 760	102 349	6	8	17
Var_4	913 339	187 000	41 517	98 591	5	6	22
Var_5	1 644 518	287 000	57 147	82 961	5	7	20
Var_6	1 657 017	361 000	54 951	85 158	7	9	15
Var_7	2 067 624	461 000	66 986	73 122	7	9	15

Tabulka 22 - Souhrn jednotlivých výsledků variant

Optimální varianta z hlediska NPV (čistá současná hodnota) je ta, která vykazuje nejvyšší hodnotu NPV. Z tabulky vyplývá, že nejvyšší NPV dosahuje varianta Var_7, dosahující hodnoty 2 067 624 Kč.

Naopak, z hlediska doby návratnosti a ROI (Return on Investment), optimální varianta je ta, která dosahuje rychlejšího návratu investice nebo vyššího poměru úspor k nákladům na investici. V tomto kontextu je nejlepší varianta Var_2, která má nejkratší dobu návratnosti (4 roky) a nejvyšší ROI (26 %).

Rozdílné výsledky vycházející z různých metrik mohou být důsledkem odlišných ohledů na investici a její návratnost. Zatímco NPV bere v úvahu časovou hodnotu peněz a zahrnuje všechny peněžní toky, doba návratnosti a ROI se zaměřují na rychlost návratu investice a efektivitu úspor ve srovnání s náklady. Každá z těchto metrik poskytuje odlišný úhel

pohledu na výkonnost investice, a proto je důležité zohlednit více faktorů při volbě optimální varianty.

Celkové zhodnocení ukazuje výrazné rozdíly v účinnosti optimalizace mezi jednotlivými variantami. Například varianta_2, zaměřená na výměnu kamen, se jeví jako nejméně efektivní kvůli nízké čisté současné hodnotě a minimálním úsporám v ročním provozu. Ve variantách_3, 6 a 7 dochází ke snížení ztrát z 7,9 kW na 5,7 kW díky výměně všech oken a vstupních dveří. V případě variant_6 a 7 navíc dochází k výměně zdroje tepla za tepelné čerpadlo, přičemž ve variantě_7 je tepelné čerpadlo podpořeno podlahovým topením. Varianta_7 dokonce snížila roční provozní náklady na polovinu ve srovnání s referenční variantou. Varianty_4 a 5 se zabývají výhradně výměnou zdroje tepla za tepelné čerpadlo, kde varianta_5 doplňuje tepelné čerpadlo podlahovým topením.

Hodnoty doby návratnosti byly vypočteny jako roční úspora mezi jednotlivými variantami a referenční variantou_1. Zde stojí za povšimnutí, že napříč variantami nedochází k výrazné odlišnosti mezi dobou návratnosti.

Závěr

Cílem práce bylo identifikovat a určit nejvhodnější možnost optimalizace rodinného domu. Vzhledem k výpočtům se zdá, že varianta_7 je nejvhodnější z hlediska čisté současné hodnoty a nižších ročních provozních nákladů. Avšak je důležité provést detailní konzultaci s majitelem objektu, abychom ověřili, zda je tato varianta proveditelná.

V rámci této varianty došlo ke snížení tepelných ztrát z 7,9 kW na 5,7 kW a poklesu potřeby energie pro vytápění z 71,8 kWh/m² na 48,5 kWh/m², což je ilustrováno v tabulce (23). Nicméně, před rozhodnutím o realizaci je nutné vzít v úvahu další aspekty. Je důležité zhodnotit celkovou finanční náročnost, možná rizika a dlouhodobé efekty této změny. Také by měly být zohledněny případné další úpravy a potenciální obtíže při realizaci dané varianty. Důraz na dlouhodobou udržitelnost a vliv na životní prostředí by měl být také součástí rozhodovacího procesu.

Celkové množství energie potřebné pro vytápění objektu následně činí 9,8 MWh, což představuje významné snížení ve spotřebě energie. To je důležité hledisko při posuzování varianty_7 jako potenciálně vhodné možnosti pro optimalizaci domu.

Roční potřeba energie na vytápění		
Stav objektu	Měrná potřeba energie [kW/m ²]	Celková potřebná energie [MWh]
před úpravami	71,8	14,5
Po úpravách	48,5	9,79

Tabulka 23 - Vypočítaná roční potřeba energie na vytápění [3]

Tato varianta, s ohledem na získané parametry a provedené výpočty, směřuje k charakteru nízkoenergetického domu. Avšak tato interpretace by vyžadovala podrobnější zkoumání izolačních materiálů v aktuálním stavu a detailnější analýzu výpočetním softwarem pro roční energetickou potřebu vytápění. Zároveň je důležité zmínit, že existuje mnoho technologií pro možnou optimalizaci, a že všechny tyto varianty je třeba konkrétně posoudit v kontextu zkoumaného objektu.

Seznam použitých informačních zdrojů

- [1] Beranovský Jiří, Pokorný Jan (WWW.EKOWATT.CZ) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům? [online] Dostupné na: https://old.ekowatt.cz/cz/publikace/Je_úsporný_dům_opravdu_úsporný
- [2] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.TZB-INFO.CZ) Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky [online] Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.TZB-INFO.CZ) On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám [online] Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [4] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.SFZP.CZ) Nová zelená úsporám [online] Dostupné na: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-usporam/>
- [5] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.TZB-INFO.CZ) Nová zelená úsporám [online] Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info>
- [6] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.NOVAZELENASUPORAM.CZ) Dotace pro rodinné domy [online] Dostupné na: <https://novazelenausporam.cz/rodinne-domy/>
- [7] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.TZB-INFO.CZ) Izolace PUR, PIR a fenolická pěna [online] Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/299-izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>
- [8] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.TZB-INFO.CZ) Výpočet prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí a průběhu teplot v konstrukci [online] Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-vypocet-prostupu-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubehu-teplot-v-konstrukci?fbclid=IwAR0XnbwHIXJNlbpY-r4K7iYh9kAlkW9u2gdu6HUu8xKWAohB8smzjcx2To4>
- [9] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.VIESSMAN.CZ) Tepelné čerpadlo země/voda [online] Dostupné na: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-zemevoda.html>
- [10] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.TZB-INFO.CZ) Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [online] Dostupné na: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>

- [11] ČSN 38 3350. Zásobování teplem, všeobecné zásady. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, červen 1989.
- [12] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.TZB-INFO.CZ) Větrání s rekuperací [online] Dostupné na: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci>
- [13] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.ALGORITMY.NET) Ukazatelé ekonomické efektivity [online] Dostupné na: <https://www.algoritmy.net/article/149/Ekonomicka-efektivnost>
- [14] Knápek Jaroslav, Starý Oldřich, Vašíček Jiří Zásady hodnocení ekonomické efektivity energetických projektů [online] Dostupné na: <https://adoc.pub/zasady-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-energetickyh-proje.html>
- [15] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.PROJEKTY-INKAPO.CZ) Hodnocení přínosů zateplení 2: doba návratnosti [online] Dostupné na: <https://www.projekty-inkapo.cz/doba-navratnosti/>
- [16] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.CNB.CZ) Co to je inflace? [online] Dostupné na: <https://www.cnb.cz/cs/casto-kladene-dotazy/Co-to-je-inflace/>
- [17] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.ECB.EUROPA.EU) Co to je inflace? [online] Dostupné na: https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/what_is_inflation.cs.html
- [18] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.ECB.EUROPA.EU) Inflace, spotřebitelské ceny [online] Dostupné na: https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny
- [19] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.DOTACEEU.CZ) Diskontování [online] Dostupné na: <https://www.dotaceeu.cz/cs/ostatni/dulezite/slovník-pojmu/d/diskontovani>
- [20] Novotný Radovan Základy investování: úrok, úročení a diskontování [online] Dostupné na: <https://www.investujeme.cz/clanky/zaklady-investovani-urok-uroceni-a-diskontovani/>
- [21] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.CEZ.CZ) Ceník elektřiny pro domácnosti [online] Dostupné na: https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2022/moo/moo_ee_bez_zavazku_egd_10_2022.pdf
- [22] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.KURZY.CZ) Elektřina – ceny a grafy elektřiny, vývoj ceny elektřiny 1 MWh – od 13.08.2015 do 30.03.2023 - měna CZK [online] Dostupné na: [Citace:30.3.2023]https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/1MWh-czk-30-let?dat_field=13.08.2015&dat_field2=30.03.2023

- [23] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.HASSOHN-RUKOV.CZ) Krbová kamna HERBORN II [online] Dostupné na: <https://www.haassohn-rukov.cz/produkty/krbova-kamna/04295-01-krbova-kamna-herborn-ii?familiesFilter%5Bpower%5D=8>
- [24] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.HASSOHN-RUKOV.CZ) Krbová kamna MANTOVA AL II s výměníkem [online] Dostupné na: <https://www.haassohn-rukov.cz/produkty/krbova-kamna-s-vymenikem/0431915-krbova-kamna-mantova-al-ii-s-vymenikem?familiesFilter%5Bpower%5D=8>
- [25] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.OKNOSTYL.CZ) Oknostyl [online] Dostupné na: <https://www.oknostyl.cz/eshop/>
- [26] Beranovský Jiří, Jindrák Martin, Bejvlová Veronika (WWW.EKOWATT.CZ) Efektivní vytápění úsporných domů [online] Dostupné na: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/e-book-efektivni-vytapeni-uspornych-domu.pdf>
- [27] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.OKNAPLASTOVA.CZ) Součinitel prostupu tepla okna U_w [online] Dostupné na: https://www.oknaplastovaokna.cz/soucinitel-prostupu-tepla.html?fbclid=IwAR39dhmTXtVJ5PUnV_gVhWfn4dw7KmpgZSRdfyr5VUn1pvKIzYgY78f9wZQ
- [28] KOLEKTIV AUTORŮ (WWW.ABECEDA-CERPADEL.CZ) Maximální úspora a životnost tepelného čerpadla [online] Dostupné na: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/maximalni-uspora-zivotnost>
- [29] Karlík Robert (WWW.ABECEDA-CERPADEL.CZ) Princip tepelného čerpadla [online] Dostupné na: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/princip-tepelneho-cerpadla>
- [30] Hodbodř Josef (WWW.TZB-INFO.CZ) Tepelná čerpadla – základní informace [online] Dostupné na: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/23093-tepelna-cerpadla-zakladni-informace>
- [31] (WWW.SAGIT.CZ) Vyhláška č. 194/2007 Sb., 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 a registrujícími dodávku tepelné energie [online] Dostupné na : <https://www.sagit.cz/info/uz.asp?cd=5&typ=r&det=&levelid=743028>