



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Zásobování rodinného domu energií

Family House Energy Supply

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jaromír Vastl CSc.

Michal Burda

Praha 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Burda** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **425060**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Zásobování rodinného domu energií

Název diplomové práce anglicky:

Family House Energy Supply

Pokyny pro vypracování:

- popis objektu a stanovení energetických potřeb pro daný objekt
- legislativa a dotační možnosti
- výčet technických řešení
- návrh řešení pro daný objekt
- výběr optimální varianty

Seznam doporučené literatury:

Kislíngrová E. a kol., Manažerské finance, Beck
Murtinger K., Úsporný rodinný dům, Grada Publishing

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Jaromír Vastl, CSc., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání diplomové práce: **08.10.2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **08.01.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2020**

doc. Ing. Jaromír Vastl, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

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

V Praze dne 7. 1. 2019

.....

Michal Burda

Poděkování

Chtěl poděkovat doc. Ing. Jaromíru Vastlovi, CSc. za veškerý čas, který mi věnoval v konzultačních hodinách i mimo ně. Jeho osobitý přístup mi velice pomohl pro dokončení této práce.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá zásobováním energií staršího rodinného domu v rekonstrukci se současnými legislativními podmínkami a dotačními možnostmi. Nejdříve jsou stanoveny energetické potřeby rodinného domu, jako tepelné ztráty, potřeba teplé vody a elektřiny. Následně jsou analyzovány legislativní podmínky a dotační možnosti pro daný RD. V druhé části jsou po přehledu různých technologických systémů navržena vhodná řešení pro daný RD a optimalizována.

Klíčová slova

tepelné ztráty, legislativa, dotace, zdroje energie, dům, optimalizace

Abstract

This diploma thesis deals with family house energy supply in old house under reconstruction in Czech Republic legislation. Energy needs are specified at first like heat loss, need of heat water, electricity needs. Legislation and subsidy in the Czech Republic are analyzed after that. In the second part, after summary of technological systems, proposed possible solutions and optimized.

Keywords

heat loss, legislation, subsidy, energy source, house, optimization

Obsah

1	Úvod.....	13
1	Zásobování RD energií.....	14
2	Popis objektu.....	17
2.1	Dimenzování otopné soustavy a roční potřeba tepla na vytápění	20
2.1.1	Tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcí budovy.....	21
2.1.2	Tepelná ztráta větráním:	26
2.1.3	Zhodnocení – tepelná ztráta prostupem a větráním se zateplením a bez zateplení	28
2.1.4	Roční potřeba energie na vytápění.....	29
2.2	Energie na ohřev TUV a dimenzování bojleru	31
2.3	Dimenzování jističe	33
	34
3	Legislativa a dotační možnosti.....	38
3.1	Legislativa	38
3.1.1	PENB	38
3.1.2	Povinnost zpracovat PENB a nákladově optimální úroveň	39
3.1.3	Zpracování PENB	40
3.2	Dotační možnosti	42
4	PŘEHLED TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ ZÁSOBOVÁNÍ RD ENERGIÍ Error! Bookmark not defined.	
4.1	Vytápění.....	47
4.1.1	Tepelné čerpadlo	47
4.1.2	Plynový kotel.....	48
4.1.3	Elektrický kotel	48
4.2	Ohřev TUV	49
4.2.1	Elektřina a plyn.....	49
4.2.2	Solární ohřev.....	49
4.3	Elektřina	50
4.3.1	Zásobování od distributora.....	50
1.1.1	FVE On Grid a Off Grid	50
5	Návrh řešení.....	51
5.1	Zdroj vytápění	52
5.2	Zateplení	53

5.2.1	Zateplení střechy.....	53
5.2.2	Zateplení obvodových stěn.....	54
5.3	Sekundární zdroj tepla z FVE.....	54
6	Odhad OPEX nákladů.....	56
6.1.1	Údržba kotle.....	56
6.1.2	Náklady na energie.....	56
7	Výběr optimální varianty.....	59
7.1	Citlivostní analýza.....	61
7.2	Energetická náročnost a zátěž pro životní prostředí.....	62
7.3	Sekundární zdroj TUV z FVE.....	64
	Závěr.....	67
	Seznam symbolů a zkratk.....	69
	Seznam tabulek.....	70
	Seznam obrázků.....	70
	Seznam příloh.....	72

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá zásobování staršího rodinného domu energií a její optimalizací v současných legislativních podmínkách, dotačních možnostech, a omezení daných lokalitou a dispozicí domu.

U starších rodinných domů se většinou zvažuje, jestli se vyplatí zateplovat anebo ne, jestli se vyplatí dávat si solární panely na střechu, jestli máme nárok na určité dotace, co obnáší žádost o dotaci, a jestli ta dotace za to vůbec stojí.

V práci se zabývám nejdříve tepelnými ztrátami, které jsou nezbytně nutné pro stanovení energetických potřeb domu a zjištění tak energetických úspor varianty se zateplením a bez zateplení. Zateplením se snižuje energetická náročnost budovy a přes program NZÚ je možnost získat dotaci. Této problematice se také věnuji a nastiňuji, jak si vypočítat orientační výši dotace a kde o ni žádat.

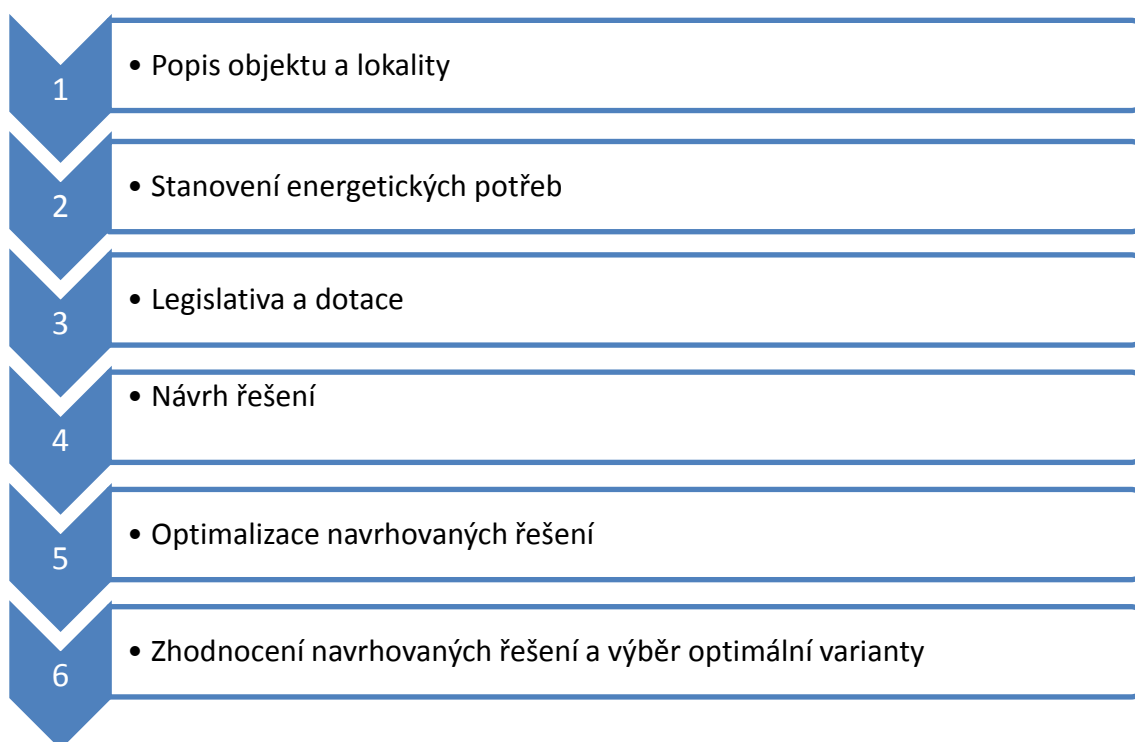
Bude provedena analýza legislativních požadavků pro stávající rodinné domy a jaké jsou na ně požadavky při rekonstrukci.

Po stanovení všech lokálních a legislativních omezení bude navrženo několik variant zásobování rodinného domu energií a následně bude po ekonomické analýze vybrána optimální varianta.

Pro optimální variantu bude navržen sekundární zdroj tepla z fotovoltaických panelů a spočítána návratnost investice s dotací a bez dotace.

1 Zásobování RD energií

V následujícím textu je popsán zvolený postup při realizaci této práce. Pokud je potřeba optimalizovat zásobování RD energií, je potřeba vycházet z konkrétního projektu, lokality a taky požadavků investora – může se stát, že má investor odpor k dané technologii (nevěří jí) anebo nemá dostatek finančních prostředků pro realizaci investičně náročných úsporných opatření. Ekonomické kritérium celého řešení hraje sice významnou, ne-li zcela zásadní roli při rozhodování investora, není to ale jediné kritérium, kvůli kterému může investor zvolit optimální řešení. Např. při realizaci vlastního zdroje elektřiny/tepla tak získává investor určitou nezávislost na dodávkách z distribuce, která se jednak projeví ekonomicky (menší rezervovaný příkon a tedy menší jistič), tak psychickou pohodou pro člověka, který chce být energeticky třeba jen z malé části soběstačný. Cílem této práce je navrhnout několik variant zásobování RD energií pro daný objekt a vyhodnotit optimální variantu. Níže je uveden zvolený postup řešení.



1. Popis objektu a lokality

Analýza daného objektu a lokality. Nalezení všech omezení, která by nám bránila v realizaci specifického řešení - např. nedostatek místa na tepelné čerpadlo, zastíněná střecha, a tedy nemožnost instalace FV nebo solárních panelů, žádná nebo nedostatečná přípojka elektřiny nebo plynu atd.

2. Stanovení energetických potřeb pro daný objekt

Tepelné ztráty objektu a potřebná energie na ohřev TUV pro určitý počet osob v dané domácnosti. El. energie potřebná pro daný objekt.

3. Analýza legislativních omezení a dotačních možností

Ze současných platných zákonů, které se vztahují na zásobování RD energií vyjdou legislativní omezení, se kterými musíme počítat jednak při návrhu varianty a pro výběr optimální varianty.

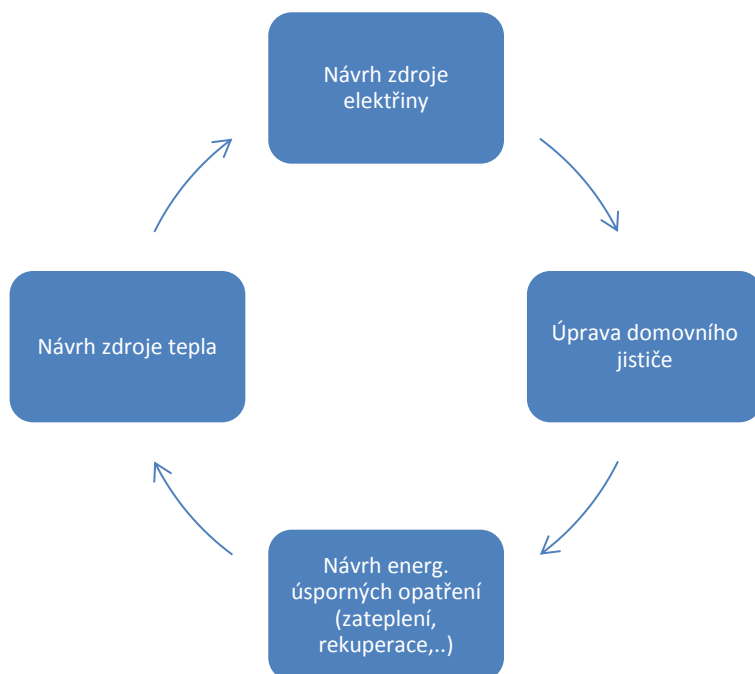
Dotační možnosti bereme jako příležitost pro určité technologie a způsob optimalizace navrhovaných variant.

4. Návrh řešení

Navrhovaná řešení by měla být v souladu s výše zmíněnými lokálním a legislativním omezením. Při návrhu by se rovněž měly zohlednit požadavky investora (resp. majitele) a stanovení technologických systémů, které jsou pro něj přijatelné a které nikoliv (pokud má široký výběr a není tlačeno legislativou určitým směrem).

5. Optimalizace navrhovaných řešení

Optimalizace probíhá na několika úrovních, které spolu ale vzájemně souvisí. Je možné optimalizovat jistič, zdroj elektřiny, zdroj tepla, zateplení. Tento cyklus jde vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 1 Optimalizace Zásobování RD (Pokud optimalizují současný stav starého RD)

Pokud změním energetické potřeby objektu zateplením anebo jinou energeticky úspornou investicí, je potřeba taky upravit anebo zkontrolovat navržený zdroj a jeho ekonomičnost. Jestli třeba není zbytečně předimenzovaný jistič anebo zdroj energie v objektu. Navržené zdroje tepla mají určitou regulační schopnost a pokud se změní tepelné

ztráty zateplením, předimenzovaný zdroj by nepracoval efektivně a rovněž by se zkracovala jeho doba životnosti.

Při optimalizaci budu používat MS Excel, kdy bude vytvořen celkový model energetických potřeb objektu.

6. Zhodnocení navrhovaných řešení a výběr optimální varianty

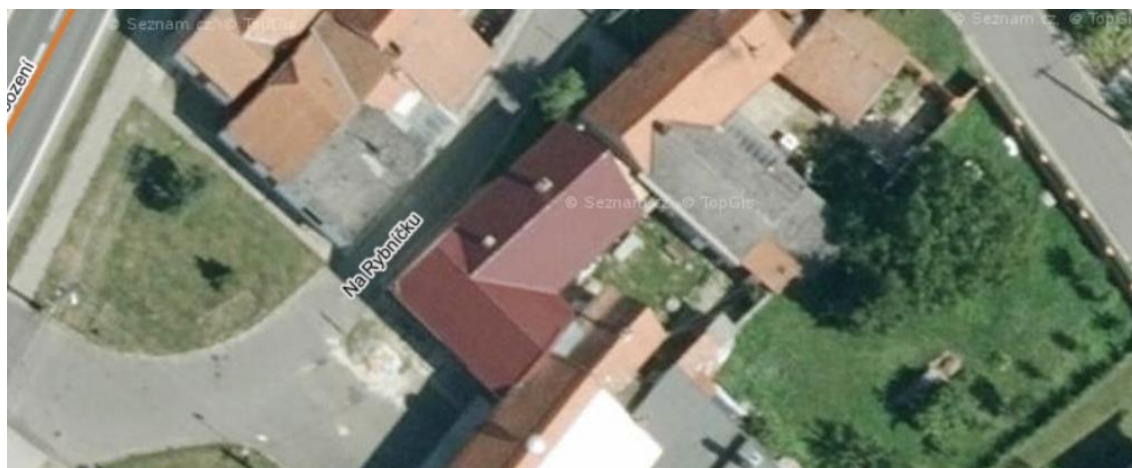
Pro zhodnocení navrhovaných variant se nejčastěji používá kritérium čisté současné hodnoty (NPV). Pokud varianta s nejlepším čistou současnou hodnotou není z investičních důvodů možná, anebo pokud ekonomicky nejvýhodnější varianta příliš zatěžuje životní prostředí (ačkoliv je to v rámci legislativních mezí pro staré RD), může se další kritérium použít ekologická náročnost dané varianty. V takových případech se potom používají metody vícekritériálního rozhodování.

2 Popis objektu

Předmětem diplomové práce je rodinný dům nacházející se nedaleko Uherského Hradiště v obci Ostrožská Nová Ves. Majitelé si původně pořídili dům v rekonstrukci a několik let daný objekt používali pouze k rekreačním účelům v letních měsících. Dům v současnosti nemá řešené vytápění, má jen starý elektrokotel pro ohřev TUV. Majitel se rozhodl do budoucna přestěhovat se do RD a potřebuje ho kompletně energeticky zabezpečit pro celoroční užívání tří až čtyř osob.



Obrázek 2 Lokalita objektu



Obrázek 3 Satelitní snímek objektu

Objekt má původní sklep z roku 1880, dům nad tím byl za první republiky zbořen a postaven z kotovice. Následně byl různě dostavován a rekonstruován z cihel a pórabetonového stavebního materiálu porfix. Jedná se tedy o mix zdiva.

Dům se nachází v centru obce a je připojen ke standardním inženýrským sítím (voda, elektřina, plyn). V současnosti je hlavní domovní jistič 3x25 A a plynovodní přípojka k domu dostatečně dimenzována (ověřeno u distributora plynu).

Z energetického a ekonomického hlediska bude nejvíce potřeba spočítat a navrhnout zdroj teplé užitkové vody (TUV) a vytápění objektu v topném období. Dále je potřeba spočítat vliv zateplení a instalaci oken na energetické ztráty budovy. Protože se jedná v podstatě o holou stavbu, naskýtá se nám spousta možností. Je taky potřeba analyzovat legislativní mantinely a dotační možnosti a zjistit, jestli se nám vyplatí žádat o dotaci.



Obrázek 4 RD pohled z ulice



Obrázek 5 Přizemí

Tabulka 1 Základní informace o RD

Základní informace o RD		
Energeticky vztahná plocha¹	295	[m ²]
Objem RD	579,8	[m ³]
Výška hřebene	5,7	[m]
Počet osob v RD	4	[os]

Tabulka 2 Velikost místností RD

Místnost	Plocha
Pokoj č.1	10,8
Chodba	24,0
Pokoj č.2	18,4
Pokoj č.3	8,4
Koupelna	8,4
Obývací p. + kuchyň	39,6
Komora	4,4
Vchod sklep	5,0
WC	2,9
Půda	92,4
Sklep	20,0

Celková vnitřní užitná plocha je 234,5 m².

¹ Podle definice viz: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>

1.1 Dimenzování otopné soustavy a roční potřeba tepla na vytápění

Při dimenzování otopné soustavy je potřeba znát maximální hodnotu tepelných ztrát. Maximální hodnota tepelných ztrát je maximální množství tepla, které projde z vnitřního prostředí do chladnějšího venkovního prostředí. Otopná soustava se dimenzuje na tuto maximální hodnotu nejchladnějšího dne v roce.²

Při výpočtu tepelných ztrát se vychází z normy ČSN 06 0210 nebo ČSN EN 12831.

Celková tepelná ztráta objektu se dle **ČSN 06 0210** určí jako součet tepelné ztráty prostupem stěnami a tepelné ztráty větráním snížen o trvalé tepelné zisky jako:

$$\Phi_c = \Phi_p + \Phi_v - \Phi_z \quad [W]$$

$$\Phi_p \quad \text{tepelná ztráta prostupem stěnami} \quad [W]$$

$$\Phi_p \quad \text{tepelná ztráta větráním} \quad [W]$$

$$\Phi_p \quad \text{tepelné zisky} \quad [W]$$

Výpočet tepelných ztrát **podle normy ČSN EN 12831** se určí pouze jako součet navrhované tepelné ztráty prostupem konstrukcí a navrhovanou tepelnou ztrátou větráním.

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

$$\Phi_i \quad \text{celková navrhovaná tepelná ztráta} \quad [W]$$

$$\Phi_{T,i} \quad \text{navrhovaná tepelná ztráta prostupem konstrukcí} \quad [W]$$

$$\Phi_{V,i} \quad \text{navrhovaná tepelná ztráta větráním} \quad [W]$$

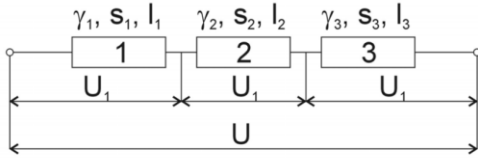
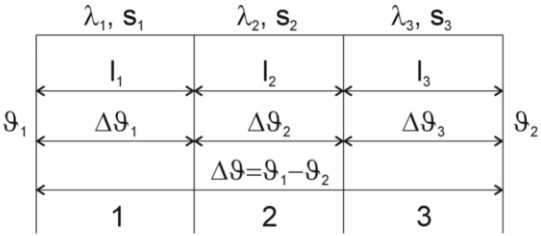
Jak je vidět, norma ČSN 06 0210 počítá s tepelnými zisky (např. přes okno), zatímco norma ČSN EN 12831 nikoliv – to by mohl být problém při výpočtu u nízkoenergetických nebo pasivních domů.³ V mojí práci se nejedná ani o jedno, proto použiji normu ČSN EN 12831.

² HRADÍLEK, Zdeněk, Ilona LÁZNIČKOVÁ a Vladimír KRÁL. *Elektrotepelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04938-9., str. 198 , s. 198

³ HRADÍLEK, Zdeněk, Ilona LÁZNIČKOVÁ a Vladimír KRÁL. *Elektrotepelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04938-9., str. 201

Pro pochopení chování tepelné energie ve stacionárním je názorná následující zjednodušená elektrotepelná analogie:

Tabulka 3 Příklady analogie mezi elektrickým a tepelným polem⁴

Pole elektrické	Pole teplotní
Potenciál Nulový potenciál je v nekonečnu skalární veličina, jednotka (V)	Termodynamická teplota Absolutní nula = -273,15 °C Skalární veličina, jednotka (K)
Napětí $U = V_1 - V_2$ (V)	Teplovní rozdíl $\Delta T = T_1 - T_2$ (K)
Konduktivita γ (S·m ⁻¹)	Tepelná vodivost λ (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)
Rezistivita $\rho = \frac{1}{\gamma}$ (Ω·m)	Měrný tepelný odpor $\frac{1}{\lambda}$ (m·K·W ⁻¹)
Elektrická vodivost $G = \frac{\gamma \cdot S}{l}$ (S)	Tepelná vodivost $G = \frac{\lambda \cdot S}{l}$ (W·K ⁻¹)
Elektrický odpor $R = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{\rho \cdot l}{S}$ (Ω)	Tepelný odpor $R = \frac{l}{\lambda \cdot S}$ (K·W ⁻¹)
Elektrický proud $I = \int_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$ (A)	Tepelný tok $\Phi = \int_S \mathbf{q} \cdot d\mathbf{S}$ (W)
Odpor v sérii  $R = R_1 + R_2 + R_3$	Vedení tepla složenou stěnou  $R = R_1 + R_2 + R_3$

2.1.1 Tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcí budovy

Při výpočtu tepelných ztrát prostupem tepla objektu je nejdříve potřeba určit **koeficient přestupu tepla** celou obálkou budovy. Jedná se o smíšené zdívo - část vnější

⁴ HRADÍLEK, Zdeněk, Ilona LÁZNIČKOVÁ a Vladimír KRÁL. *Elektrotepelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04938-9., str. 32

obvodové stěny je postavena z pálené cihly, část z nepálené cihly (kotovice) a část z pórobetonového stavebního materiálu porfix.

Výsledný součinitel přestupu tepla pro danou konstrukci se určí podle vztahu:

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum_j \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

R_j je tepelný odpor jednotlivých vrstev materiálů řazených sériově za sebou.

λ_i součinitel tepelné vodivosti

d_i tloušťka vrstvy

R_{si} , R_{se} jsou odpory při přestupu tepla mezi vzduchem a stěnou na vnitřní resp. vnější straně.

Tabulka 4 Vnější obvodová stěna - pálená cihla

Materiál	Tloušťka d [m]	λ_i [W/m.K]	d_i / λ_i
Vápenková Omítka vnitřní	0,03	0,82	0,037
Pálená cihla	0,3	0,86	0,349
Zateplení polystyren	0,2	0,033	6,061
Vápenková Omítka vnější	0,015	0,82	0,018

Dle ČSN EN 12831 hodnoty pro vodorovný tepelný tok $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ a $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum_j \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + 0,037 + 0,349 + 6,061 + 0,018 + 0,04} = 0,15073 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$$

Vnější zateplení ještě není realizováno, je ale už při výpočtu uvažována vrstva 20 cm polystyrenu. V rámci citlivostní analýzy bude zkoumáno, jaké zateplení bude vhodné při celkové optimalizaci zásobování energií.

Podobně se vypočtou ostatní prvky vnější obvodové stěny smíšeného zdiva, výsledné koeficienty přestupu tepla jsou shrnuty v následující tabulce (všude je uvažováno zateplení 20 cm polystyren).

Tabulka 5 Vnější obvodová stěna - nepálená cihla (kotovice)

Materiál	Tloušťka d [m]	λ_i [W/m.K]	d_i / λ_i
Vápenková Omítka vnitřní	0,03	0,82	0,037
Nepálená cihla (kotovice)	0,45	1,1	0,409

Zateplení polystyren	0,2	0,033	6,061
Vápenková omítka vnější	0,015	0,82	0,018

$$U_k = 0,14937 \text{ [W/m}^2\text{.K]}$$

Tabulka 6 Vnější obvodová stěna - porfix

Materiál	Tloušťka d [m]	λ_i [W/m.K]	d_i / λ_i
Vápenková Omítka vnitřní	0,03	0,82	0,037
Porfix	0,3	0,11	2,727
Zateplení polystyren	0,2	0,033	6,061
Vápenková omítka vnější	0,015	0,82	0,018

$$U_k = 0,11095 \text{ [W/m}^2\text{.K]}$$

Stejným způsobem je potřeba stanovit ostatní koeficienty přestupu tepla pro ostatní prvky obálky budovy.

Tabulka 7 Vrstvy podlahy a její tepelné vlastnosti

Materiál	Tloušťka d [m]	λ_i [W/m.K]	d_i / λ_i
Kamenný násyp	0,1	0,82	0,122
Beton	0,12	1,16	0,103
Zateplení polystyren	0,15	0,033	4,545
Betonový potěr	0,06	1,16	0,052

$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{.K/W}$, odpor na vnější straně konstrukce při vztyku se zeminou je nulový.

$R_{se} = 0$.

$$U_k = 0,20030 \text{ [W/m}^2\text{.K]}$$

$U_k = 0,19871 \text{ [W/m}^2\text{.K]}$ ($R_{se} = 0,04$ v místě, kde se podlaha nachází nad sklepem) - ověřit.

Zatím je realizována část hrubého betonu - na to má přijít polystyrenové zateplení a vrchní betonový potěr. S tloušťkou podlahy se nedá hnout, 15 cm je standardní a maximální možná vrstva, jinak by nebyl dostatečný betonový potěr. Nejvyšší vrstva podlahy není vyřešena, zřejmě budou v některých místech keramické kachličky, někde lino a nebo plovoucí podlaha. Každopádně se nejedná o teplotně izolační vrstvu a tloušťka 1-2 cm, kterou standardně dosahují parkety, a nebo lino, můžu zatím zanedbat.

Tabulka 8 Vrstvy střechy a její tepelné vlastnosti

Materiál	Tloušťka d [m]	λ_i [W/m.K]	d_i / λ_i
Glazurovaná pálená taška	0,015	0,86	0,017
Latě, kontralatě	0,08	0,21	0,381

Pojistná hydroizolace	0,0015	0,2	0,008
Minerální vlna	0,18	0,039	4,615
Minerální vlna mezi krokvemi	0,0125	0,22	0,057

Dle ČSN EN 12831 $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ a $R_{si} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

$$U_k = 0,19164 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$$

Zateplení střechy rovněž není dosud realizováno a bude zkoumána ideální tloušťka v rámci optimalizace, ale u střechy se standardně počítá se 30 cm izolace minerální vlnou.

Půdorys ve tvaru písmene L způsobuje, že dům má celkem 3 štíty. Jeden štít je postaven z kombinace 30 cm cihla + 30 cm porfix. Další dva (staré štíty) jsou zhotoveny z pálené cihly 11 cm. Všechny štíty budou zatepleny 20 cm polystyrenem, stejně jako celá obvodová stěna.

Pro kombinaci cihla/porfix se musí spočítat nový koeficient přestupu tepla, který bude tvořen paralelní kombinací tepelných vlastností jednoho a druhého materiálu (jedná se o výpočet celkového odporu složeného z paralelní kombinace dvou dílčích odporů).

Plochy obou druhů zdiva jsou ve štítě rovnocenné (1/2 cihla, 1/2 porfix):

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + R_{pal} + R_{se}} = U_k = \frac{1}{R_{si} + \frac{1}{\frac{1/2}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2}} + R_{se}}}$$

$$U_k = \frac{1}{2} U_{k_{cihla}} + \frac{1}{2} U_{k_{porfix}} = 0,13084 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$$

Tabulka 9 Štíty z pálených cihel (11 cm)

Materiál	Tloušťka d [m]	λ_i [W/m.K]	d_i / λ_i
Vápenková Omítka vnitřní	0,03	0,82	0,037
Pálená cihla	0,11	0,86	0,128
Zateplení polystyren	0,2	0,033	6,061
Vápenková omítka vnější	0,015	0,82	0,018

$$U_k = 0,15592 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$$

Ostatní výplně obálky jsou shrnuty v následující tabulce. Okna jsou uvažována plastová s trojsklem. V rámci citlivostní analýzy bude zkoumáno trojsklo x dvojsklo.

Tabulka 10 Výplně otvorů a jejich tepelné vlastnosti

Výplň otvoru	Rozměr [m x m]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² .K]
PO p.c.1	1,6x1,5	0,75
Dveře (dřevěné)	1,3x2,1	1,7
PO p.c.2	2,1x1,5	0,75
PO p.c.3	1,8x1,5	0,75
PO koupelna	0,8x0,6	0,75
PO ob. pokoj	1x0,6	0,75
Francouzské okna	3,3x2,2	0,7
PO chodba	2x1,5	0,75
PO záchod	0,3x0,5	0,75

Dále je potřeba určit celkový součinitel tepelných ztrát prostupem, který se vypočte dle normy ČSN EN 12831 pro daný objekt jako:

$$H_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k$$

Tabulka 11 Součinitel tepelných ztrát prostupem

Konstrukce ob.	f_k [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² .K]	$F_k \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]
Podlaha	0,7	154,8	0,199	20,30
pálená cihla	1,0	34,0	0,151	5,13
nepáplená cihla	1,0	35,8	0,149	5,34
Porfix	1,0	26,2	0,111	2,91
Dřevěné dveře	1,0	4,8	1,700	8,21
Plastové okna	1,0	12,1	0,750	9,07
fran.okna	1,0	7,3	0,700	5,08
štítové okna	1,0	2,0	0,750	1,53
střešní okna	1,0	0,8	0,750	0,60
štítový starý	1,0	16,6	0,156	2,60
štítový nový	1,0	6,5	0,131	0,85
střecha	1,0	192,7	0,192	36,94

$$H_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k = \mathbf{98,56 [W/K]}$$

$$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) = \mathbf{3154 [W]}$$

Pro danou lokalitu platí $\vartheta_e = -12\text{ °C}$; $\vartheta_{\text{int},i} = 20\text{ °C}$

Tepelná ztráta prostupem tepla s realizací zateplení popsaných v předešlém textu vychází na 3 154 W. Aktuální stav je v podstatě ještě horší, než bod 6 v následující tabulce, protože není zatím realizováno žádné zateplení a nebyly ještě vyměněny stará okna za plastová, ty budou měněny v každém případě a není uvažován výpočet bez výměny oken. S otázkou bylo doposud zateplení vnějšího obvodové stěny a do jaké míry se bude zateplovat střecha. I to shrnuje následující tabulka a jaké by činily ztráty bez zateplení střechy a obvodových stěn:

Tabulka 12 Tepelné ztráty prostupem - různé varianty zateplení

Tepelné ztráty prostupem:		
1	S izolací	3154 W
2	Bez vnějšího zateplení obvodové stěny	8329 W
3	Bez zateplení střechy	13270 W
4	Bez zateplení podlahy	9217 W
5	Bez zateplení střechy a obv. stěny	18445 W
6	Bez zateplení podlahy, obv. stěn i střechy	24508 W

2.1.2 Tepelná ztráta větráním:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{\text{int},i} - \vartheta_e)$$

$H_{V,i}$ součinitel tepelné ztráty větráním ($\text{W}\cdot\text{K}^{-1}$)

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_{\text{min},i}$$

V_i výměna vzduchu ve vytápěném prostoru ($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)

Při stanovení V_i musí být dodržena minimální hodnota, dána hygienickými důvody

$$V_{\text{min},i} = n_{\text{min}} \cdot V_i$$

n_{min} minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu (h^{-1})

V_i objem vytápěné místnosti (m^3)

Minimální intenzita výměny vzduchu je pro obytnou místnost 0,5/h a pro koupelnu 1,5/h

Následující tabulka ukazuje objem jednotlivých místností a jejich minimální požadavek na výměnu vzduchu dle s ČSN EN 15665/Z1

Tabulka 13 Tepelná ztráta větráním podle místností

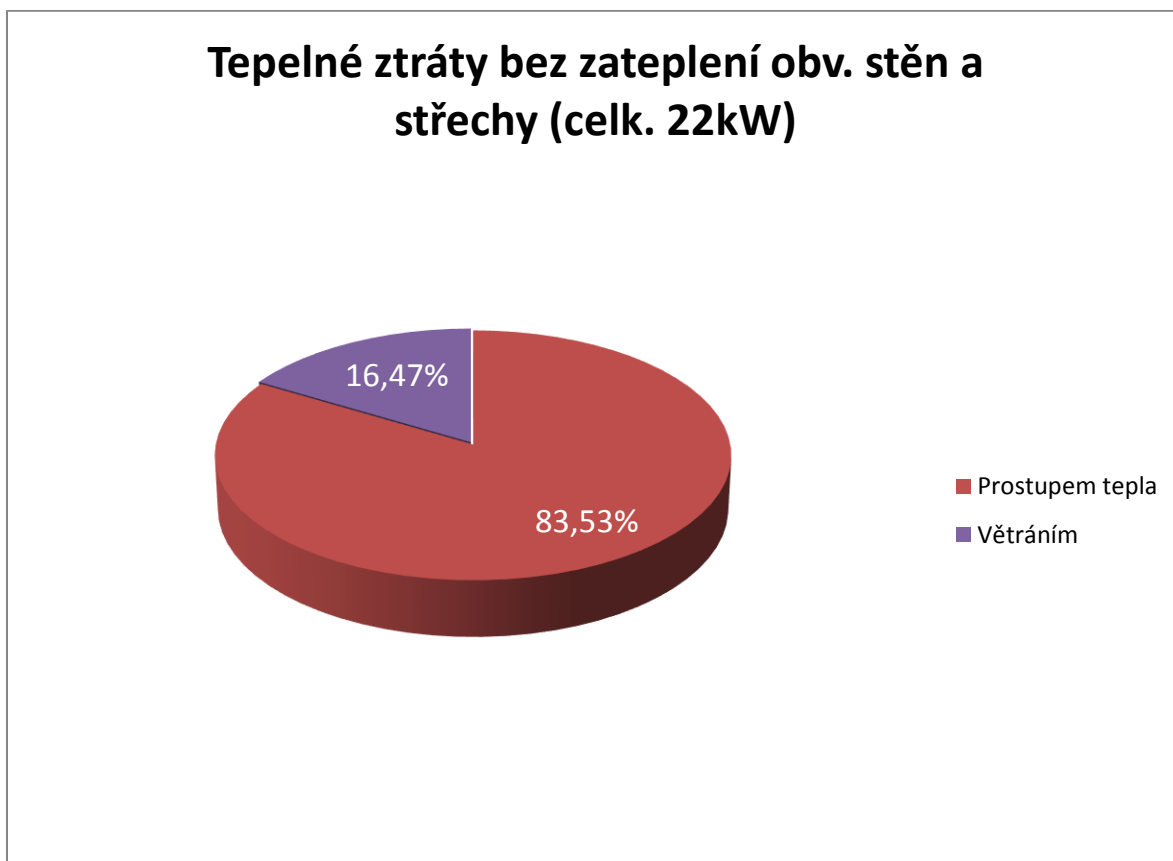
Místnost	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Teplota vytápění [°C]	Min. intenzita výměny vzduchu nmin [h ⁻¹]	H _{v,i} [W/K]	Φ _{v,i} [W]
Pokoj č.1	10,8	26,9	20	0,5	4,58	146,5
Chodba	24,0	60,1	20	0,5	10,22	327,0
Pokoj č.2	18,4	46,1	20	0,5	7,84	250,9
Pokoj č.3	8,4	21,1	20	0,5	3,58	114,5
Koupelna	8,4	21,1	24	1,5	10,74	386,6
Obývací p. + kuchyň	39,6	99,1	20	1,5	50,54	1617,3
Komora	4,4	11,1	20	0,5	1,89	60,4
Vchod sklep	5,0	12,4	20	0,5	2,11	67,4
WC	2,9	7,2	20	0,5	1,23	39,3
Půda	92,4	115,5	20	0,5	19,64	628,6

$$\Phi_{V,i} = \sum (\vartheta_{\text{int},i} - \vartheta_e) \cdot H_{V,i} = 3638 \text{ [W]}$$

Zatímco tepelná ztráta prostupem je dána konstrukcí domu, která může být ještě do velké části ovlivněna volbou izolací stěn, střechy apod., tepelná ztráta větráním je dána objemem místností a tento údaj bude pro všechny varianty výpočtu neměnný (pokud nebudeme uvažovat rekuperaci). Je sice pravda, že vnitřní objem se bude mírně lišit na půdě, pokud provedeme zateplení a stejně tak i v přízemí, pokud provedeme zateplení, ale jedná se o prostorovou změnu v řádu 5 % a proto to zanedbávám.

2.1.3 Zhodnocení – tepelná ztráta prostupem a větráním se zateplením a bez zateplení

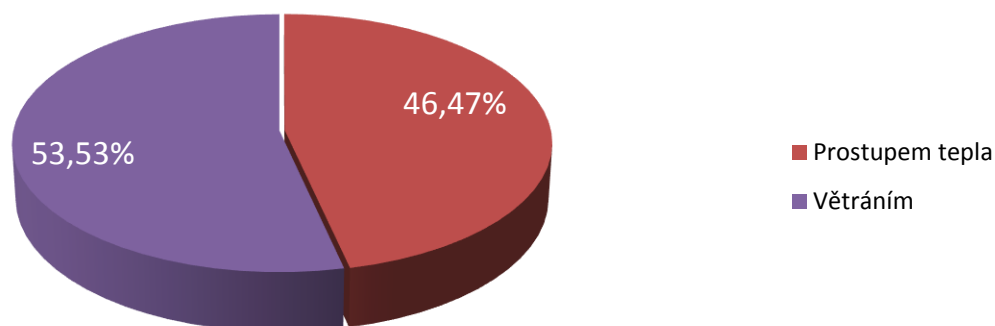
Pokud se podíváme na celkovou tepelnou ztrátu objektu při uvažování varianty bez zateplení obvodových stěn a střechy, tepelná ztráta větráním činí velmi malé procento celkových ztrát. Jedná se v podstatě o aktuální stav.



Celková tepelná ztráta $\Phi_i = 22\,083 [W]$

S uvažováním zateplení vnější obvodové stěny polystyrenem o tloušťce 0,2 m a střechy minerální vatou o tloušťce 0,2 m. se poměry tepelných ztrát výrazně změní.

Tepelné ztráty se zateplením (celk. 6,8 kW)



Celková tepelná ztráta $\Phi_i = 6\,792$ [W]

2.1.4 Roční potřeba energie na vytápění

Tepelné ztráty jsou počítány pro nejchladnější den v roce, jedná se tedy o maximální tepelný výkon, na který musí být dimenzována otopná soustava v daném domě. Pro stanovení ročních ztrát tepla je potřeba vycházet z ročního diagramu tepelných ztrát, který se stanoví z průměrných teplot venkovního vzduchu v dané lokalitě. Většinou používá dennostupňová metoda⁵:

$$Q_{vyt,r} = \frac{24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D}{\eta_r \cdot \eta_o \cdot (t_{is} - t_e)}$$

ε opravný součinitel $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d$

e_i – součinitel zohledňující nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a prostupem;
volím $e_i = 0,85$

e_t – součinitel zohledňující pokles teploty po určitou část dne;

⁵ Dennostupňová metoda zdroj: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=1>

volím $e_t = 0,9$

e_d – součinitel zkrácení doby vytápění u objektu s přerušovaným provozem vytápění; volím $e_d = 1$

Q_c – celková tepelná ztráta objektu;

D počet denostupňů;

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es})$$

d - počet topných dnů v roce pro danou lokalitu $d = 226$ dní

t_{is} průměrná vnitřní teplota v otopném období $t_{is} = 20$ °C

t_{es} průměrná teplota v topném období pro danou lokalitu $t_{es} = 4$ °C

t_e výpočtová venkovní teplota pro danou lokalitu $t_e = -12$ °C

Při dosazení hodnot pro danou lokalitu a $Q_c = \Phi_i$ výjde celková roční potřeba energie na vytápění.

$$Q_{vyt, r} = \frac{24 \cdot 6792 \cdot 0,765 \cdot 226 \cdot (20 - 4)}{0,97 \cdot 0,98 \cdot (20 - (-12))} = 14,824 \text{ [MWh]}$$

Roční potřeba energie na vytápění				
Bez zateplení	48,196	MWh/rok	173,507	GJ
Se zateplením	14,824	MWh/rok	53,365	GJ

Roční potřeba tepla je důležitý údaj při počítání ekonomické efektivity. Při stanovení provozních nákladů na jednotku energie činí zateplení úsporu energie, která bude činit zisk oproti nákladům na zateplení

2.2 Energie na ohřev TUV a dimenzování bojleru

Při výpočtu energie potřebné energie na ohřev TUV a dimenzování bojleru se dá použít více postupů. Např. se dá využít kalkulačka na stránkách PRE⁶, kde se zvolí počet osob v domácnosti, nastaví maximální teplota v zásobníku a následně se nastavují jednotlivé činnosti v domácnosti, které souvisí se spotřebou vody. Dále se dají použít normy CSN 06 0320 a novější harmonizovaná norma CSN EN 15316-3. Ve starší normě je udávána potřeba 81 l vody o teplotě 60 °C. na osobu denně, v novější harmonizované normě je 40l. l podle kalkulačky na internetu vychází pro čtyřčlennou rodinu 200l zásobník při maximální teplotě 60 °C, budu tedy primárně počítat s potřebou 50l vody o teplotě 60 ° C na osobu.

Potřebná velikost bojleru

Poslat výsledky e-mailem | Víte že... | Jak na to... | PRE

Počet osob v domácnosti: Dospělí 4, Děti 0

Nastavená teplota vody v bojleru: 60 °C

Frekvence mytí teplou vodou: Celá domácnost

mytí rukou na WC	20 x
nádobi snídaně	4 x
mytí rukou	12 x
nádobi velké hmoce	4 x
příprava pokrmů	8 x
oblíčeť	4 x
zuby	8 x
hlava	4 x
koupeľ	0 x
sprcha	4 x
do půl těla	0 x
děti - sprcha	0 x
děti - koupeľ	0 x
ruční praní, úklid	0 x

Doporučená velikost bojleru (litry):

- malé zásobníky: 5, 10, 15, 30
- běžné bojler: 50, 80, 100, 120, 150, 200
- velkoobjemové: 300, 400, 600, 1000

Výchozí nastavení

Obrázek 6: Dimenzování bojleru na stránkách PRE

Můj objekt je dimenzován pro čtyřčlennou rodinu a je tedy potřeba zásobník na 200 l vody o teplotě 60 °C (resp. 160 l podle ČSN EN 15316-3). Pro napájecí vodu o teplotě $t = 10$ °C to činí teplotní spád 50 K. Následně by se mohla vypočítat potřebná energie na ohřev 200 l vody jako:

$$Q_{netto} = m * c * \Delta T = 200 * 4,18 * 50 = 41\,800 \text{ kJ} = 41,8 \text{ MJ}$$

resp.

$$Q_{netto} = m * c * \Delta T = 160 * 4,18 * 50 = 33\,440 \text{ kJ} = 33,4 \text{ MJ}$$

⁶ PRE Kalkulačka [online]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/cs/dulezite-informace/kalkulacky-energie/ohrev-vody/potrebna-velikost-bojleru/>

Dále je potřeba započítat účinnost soustavy na ohřev teplé vody. Ztrátový koeficient volím $z = 0,5$.

Zásobník (l)	Denní potřeba energie na ohřev teplé vody							
200	Q_netto	42	MJ	Q_brutto	62,7	MJ	17,4	kWh
160	Q_netto	33	MJ	Q_brutto	50,2	MJ	13,9	kWh

Roční potřeba TUV potom určí podle následujícího vztahu [x]:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$$

$$Q_{TUV,r} = 17,4 \cdot 226 + 0,8 \cdot \frac{60-10}{60-15} \cdot (360 - 226) = 5\,596 \text{ kWh/rok}$$

Kde:

$Q_{TUV,d}$ - dení potřeba tepla pro ohřev TUV (Q_{brutto})

d - počet topných dnů v roce pro danou lokalitu $d = 226$ dní

t_{svz} - teplota studené vody v zimě, volím $t = 10$ °C

t_{svl} - teplota studené vody v létě, volím $t = 15$ °C

N - počet pracovních dní v roce, kdy soustava připravuje TUV

Zásobník (l)	Roční potřeba energie na ohřev TUV				
200	Q_TUV	5,596	MWh	1,554	GJ
160	Q_TUV	4,477	MWh	1,244	GJ

Spotřeba TUV je dlouhodobě neměnná a liší se pouze počtem osob v domácnosti. Systém na přípravu TUV by měl být navrhnutý tak, aby pokryl denní potřebu TUV (cca 17 kWh energie) a přitom odpovídal dennímu spotřebnímu diagramu, kdy je v dané domácnosti většina teplé vody spotřebována ve večerních hodinách. Pro tuto domácnost není limitován ani ohřev FV panely, kdy k akumulaci tepla dochází celý den.

2.3 Dimenzování jističe

Dimenzování jističe se provádí z ekonomického hlediska. Cena elektřiny má regulovanou složku a komoditní složku. Komoditní složka je ta, kterou obchodník s elektřinou kupuje na burze a podle toho je např. elektřina levná, když fouká vítr a svítí Slunce a drahá, když nefouká vítr ani nesvítí Slunce. Komoditní složka nás při dimenzování jističe nemusí zajímat, zajímá obchodníky s elektřinou, kteří se snaží pokrýt své diagram zatížení svých nasmlouvaných zákazníků. Regulovaná složka tvoří více než polovinu ceny pro konečného spotřebitele a dále se dělí na proměnnou a stálou část. Proměnná část je přímo úměrná přenesenému výkonu k naší domácnosti a stálá část se odvíjí právě od velikosti jističe a jak velký máme u distributora rezervovaný příkon. Právě regulované platby za elektřinu neodrážejí skutečné náklady distributora na rezervovaný příkon a tato část by se s novou tarifní strukturou měla změnit⁷ – tedy stále náklady na elektřinu. To že se nejedná pouze o spekulaci můžeme říct i ze studie pro Státní Energetickou Konceptci a Národního akčního plánu pro chytré sítě.⁸ Postupně se budou zvyšovat investice do distribučních sítí⁹ a právě tyto investice se projeví v regulovaných platbách za elektřinu (pravděpodobně ve stále složce, protože se jedná o investici). V současném cenovém rozhodnutí ERÚ, je počítáno s navýšením regulovaných plateb za elektřinu pro domácnosti v průměru o 2,2 %.¹⁰

Není úplně jasné, jak se bude měnit tarifní struktura, ale je docela zřejmé, že regulované ceny a převážně stálá složka bude do budoucna růst, a tak je potřeba dimenzovat hlavní jistič tak, aby byl co nejmenší, ale zároveň zvládl běžný chod domácnosti. Zároveň kvůli vzrůstajícím cenám elektřiny se nabízí zkoumat vliv FV a baterie a vytvořit si tak určitou formu nezávislosti na distributorovi. V následujícím textu bude jen popsána obecná metodika dimenzování jističe. Pro každou variantu bude provedeno dimenzování samostatně. Vliv bude mít samozřejmě jednak volba spotřebičů, volba zdroje energie na vytápění a ohřev teplé vody.

Na stránkách cez.cz¹¹ je kalkulačka pro výpočet hlavního domovního jističe. Spotřebiče se vyplní do webového rozhraní, jako jde vidět na obrázku níže a výsledkem je navrhovaný hlavní jistič podle sousobého příkonu.

⁷ Tarifní struktura se měla měnit v roce 2017, kdy se regulované platby měly odvíjet hlavně od velikosti jističe: <http://oenergetice.cz/elektrina/nova-tarifni-struktura-eru-platba-elektrinu-podle-jistice/>
Následně to bylo ale zrušeno předsedkyní ERÚ.

⁸ Státní energetická koncepce, graf č. 25, znázorňuje strukturu a vývoj konečné ceny elektřiny na hladině nn, je zde vidět výrazný nárůst silové elektřiny, distribuce i přenosu, s výhledem do roku 2040. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf>

⁹ Je patrné ze SEK i NAP SG.

Národní akční plán pro chytré sítě:

<https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52353/60358/633373/priloha003.pdf>

¹⁰ Na rok 2019 vzroste průměrná regulovaná cena elektřiny pro domácnosti o 2,2 %. Cenové rozhodnutí zatím podepsali tři z pěti členů rady EU: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/ceske-domacnosti-si-za-energie-priplati-potvrdil-eru-1353997>

¹¹ ČEZ Kalkulačka [online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/technicke-zalezitosti/pro-stavebniky/proudova-hodnota-jistice.html>

Výpočet proudové hodnoty jističe podle spotřebičů

Návrh proudové hodnoty jističe
Krok č. 2 - Výběr spotřebičů a zadání příkonu

Spotřebič	Příkon	Obvyklé hodnoty příkonu (kW)
<input type="checkbox"/> El.bojler 80l	<input type="text"/> kW	0,85 - 1
<input type="checkbox"/> El.bojler 125l	<input type="text"/> kW	1,35 - 1,6
<input type="checkbox"/> El.bojler 200l	<input type="text"/> kW	2 - 2,4
<input type="checkbox"/> El.bojler 400l - 500l	<input type="text"/> kW	7 - 9
<input type="checkbox"/> Průtokový ohřivač	<input type="text"/> kW	5 - 20
<input checked="" type="checkbox"/> Pračka	<input type="text" value="2.3"/> kW	2,2 - 2,4
<input checked="" type="checkbox"/> Sušička	<input type="text" value="2.3"/> kW	2,2 - 2,4
<input checked="" type="checkbox"/> El.vysoušeč vlasů	<input type="text" value="1.5"/> kW	1,5
<input checked="" type="checkbox"/> Sporák elektrický	<input type="text" value="7"/> kW	6 - 8
<input type="checkbox"/> Sporák kombinovaný	<input type="text"/> kW	2 - 3
<input type="checkbox"/> Sklokeramická varná deska	<input type="text"/> kW	2 - 8
<input checked="" type="checkbox"/> Vestavná elektrická trouba	<input type="text" value="3"/> kW	2,5 - 3,5
<input type="checkbox"/> Vařič 1 plotýnka	<input type="text"/> kW	1 - 1,5

Obrázek 7: Dimenzování jističe - stránky ČEZ

Výpočet proudové hodnoty jističe podle spotřebičů

Návrh proudové hodnoty jističe
Krok č. 4 - Navrhovaná proudová hodnota jističe

Maximální soudobý příkon:	19,08 kW
Proudový odběr připojené zátěže:	29 A
Doporučená proudová hodnota jističe:	3 x 32 A

Obrázek 8: Návrhová hodnota jističe - stránky ČEZ

Velikost doporučeného jističe mi přišla moc velká, proto jsem se rozhodl následně provést vlastní výpočet, postup je následující:

V první řadě se napíše soupis všech spotřebičů v domě a k danému spotřebiči se napíše jeho maximální příkon v kW. Sloupec v tabulce označen jako Pi. Součtem všech příkonů dostaneme maximální příkon označený jako instalovaný příkon. Dále si určíme, zda budeme daný spotřebič brát jako dlouhodobý příkon a nebo jestli bude zapnutý jen malou

část dne. Dle rozhodnutí označíme 0 a 1. Jedničku pro spotřebiče, které zatěžují síť celý den, jako např. lednička nebo mrazák. Nulu mají přístroje, které zatěžují síť jen po velmi krátkou dobu, jako třeba kávovar, který je spuštěn jen pár minut denně. Sloupec je označen v tabulce jako 0-1. Z této regulace nám vypadne soudobý příkon označený jako P_s , který se vypočte jako celkový součet příkonů spotřebičů s respektováním jejich časového zatížení sítě. Předposlední sloupec patří koeficientu, který nám určuje, jak moc bude daný spotřebič využit. Skoro každý spotřebič má regulaci, a tak tedy neběží vždy na maximální výkon. Ke spotřebičům přiřadíme koeficient zatížení. Jmenovitý příkon spotřebiče se vynásobí koeficientem zatížení dílčího spotřebiče a vyjde tak příkon v závislosti na využití spotřebiče. Z posledního sloupce nám vyjde zatěžovací příkon P_z . V poslední řadě se vypočtou koeficienty současnosti, zatížitelnosti a náročnosti. Koeficient současnosti se vypočte jako podíl příkonu soudobého a instalovaného. Koeficient zatížitelnosti se vypočte jako podíl příkonu zatěžovacího a soudobého. Koeficient náročnosti se vypočte násobením koeficientu současnosti a zatížitelnosti. Výpočtový výkon se pak spočítá jako násobek instalovaného příkonu a koeficientu náročnosti. Konečné ampérové zatížení na tři fáze se vypočte jako výpočtový výkon vydělený násobkem druhé odmocniny ze 3, napětí v síti a $\cos \varphi$. Tabulka

Tabulka 14 Soupis spotřebičů pro stanovení výpočtového výkonu (P_v)

Soupis sp.	P_i	dílčí k_s	P_s	dílčí k_z	P_z
Pračka	2,3	0,5	1,2	0,5	0,58
Sušička	2,3	0,5	1,2	1,0	1,15
El. Vysoušeč vlasů	1,5	1	1,5	0,5	0,75
Ind. sporák	7,0	1	7,0	0,4	2,80
El. Trouba	3,0	1	3,0	0,4	1,20
Myčka	1,6	0,3	0,5	0,5	0,21
Lednice	0,2	1	0,2	1,0	0,20
Mikrovlná trouba	1,3	1	1,3	0,5	0,65
Kuchyňský robot	0,4	0,5	0,2	0,5	0,10
Rychlovarná konvice	2,0	0,5	1,0	1,0	1,00
Kávovar	1,0	0	0,0	1,0	0,00
Fritéza	1,8	0	0,0	0,7	0,00
Digestoř	0,4	0,5	0,2	0,5	0,10
Vysavač	1,2	0,5	0,6	0,7	0,40
Žehlička	1,5	0,2	0,3	0,7	0,20
Infrazářič	1,0	0,1	0,1	0,7	0,07
Osvětlení	0,8	1	0,8	1,0	0,75
PC, elektronika	0,3	1	0,3	1,0	0,30
			0,0		0,00
P_i celkem [kW]	29,4				
P_s celkem [kW]			19,2		

Pz celkem [kW]	10,46
ks - koeficient současnosti	0,65
kz - koeficient zatížitelnosti	0,55
β - koeficient náročnosti	0,36

Koeficient současnosti:

$$k_s = \frac{P_s}{P_i} = \frac{19,2}{29,4} = 0,65$$

Koeficient zatížitelnosti:

$$k_z = \frac{P_z}{P_s} = \frac{10,46}{19,2} = 0,55$$

Koeficient náročnosti:

$$\beta = k_s * k_z = 0,65 * 0,55 = 0,36$$

Výpočtový výkon:

$$P_v = \beta * P_i = 0,36 * 29,4 = 10,46 \text{ k}$$

Výpočtový proud pro rovnoměrné třífázové rozložení spotřebičů

$$I_v = \frac{P_v * 10^3}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{10460}{\sqrt{3} * 400 * 0,95} = 15,91 \text{ A} \rightarrow 16 \text{ A}$$

Výsledkem by mohla být proudová přípojka o velikosti 3 x 16 A. Po konzultaci s revizním technikem volím raději jistič 3 x 20 A.

Jsou zde úplně stejné spotřebiče a jejich příkony, jako jsem zadával do online kalkulačky na stránkách ČEZ, kde vyšel hlavní jistič 3 x 32 A., kalkulačka na stránkách ČEZ jistič zbytečně moc dimenzuje.

Při znalosti všech elektrických spotřebičů a odhadnutí jejich ročního využití jsem odhadl roční spotřebu elektrické energie.

Tabulka 15 Odhad spotřeby el. spotřebičů za rok v [kWh]

Přibližná spotřeba za rok	
Indukční sporák	854
El. Trouba	346
Pračka	328
Sušička	289
Lednice	330
PC, elektronika	450
Osvětlení	394
Ostatní	200

Roční spotřebovaná elektrická energie v domácnosti je 3 194 kWh = 3, 194 MWh.

3 Legislativa a dotační možnosti

Kapitola se zaměřuje na legislativní podmínky a dotační možnosti pro staré RD a jejich rekonstrukci.

3.1 Legislativa

Zákon č. 318/2012, Sb. (kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií) § 7, odst. 2) stanoví, že v případě **větší změny** dokončené budovy je stavebník, vlastník či skupina vlastníků povinni plnit požadavky na energetickou náročnost budovy podle prováděcího právního předpisu. Písmeno. a-c dále stanovuje:¹²

a) splnění požadavků na energetickou náročnost budovy **na nákladově optimální úrovni** pro budovu nebo pro měněné stavební prvky obálky budovy a měněné technické systémy podle prováděcího právního předpisu,

b) posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti **alternativních systémů** dodávek energie podle prováděcího právního předpisu,

c) stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy podle prováděcího právního předpisu.

Prováděcí právní předpis je vyhláška č.78/2013, Sb., o energetické náročnosti budov a podle ní se zpracovává tzv. Průkaz energetické náročnosti budov (zkráceně PENB).

3.1.1 PENB

Průkaz energetické náročnosti budov (PENB) nám říká, jak je daná budova energeticky náročná resp. úsporná. Je to komplexní dokument zahrnující veškeré energie, které lze ovlivnit návrhem domu – vytápění, přípravu TUV, větrání, úpravu vlhkosti, umělé osvětlení.¹³ Výstupem z PENB jsou 3 základní oblasti energetické náročnosti budovy hodnocené jako A – G (A, B, C, D, E, F, G):

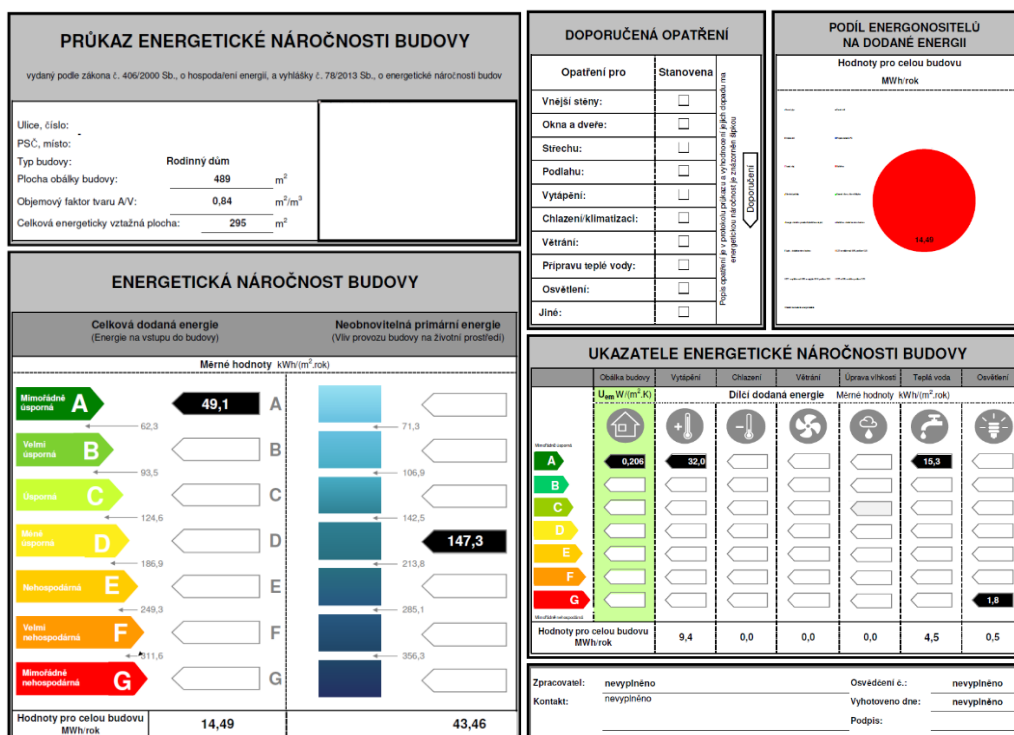
- a) Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)
- b) Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)
- c) Ukazatele energetické náročnosti budovy

Jak PENB vypadá je vidět na následujícím obrázku.

¹² Zákon č. 318/2012 Sb. § 7, odst. 2), dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-318>

¹³ MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4559-6., str. 20

Tabulka 16 Grafické znázornění PENB



3.1.2 Povinnost zpracovat PENB a nákladově optimální úroveň

U rekonstrukce je povinnost doložit PENB v případě větší změny. Větší změna znamená, že se renovuje více než 25 % obálky budovy – tím se myslí stavební změna, která ovlivní spotřebu energie – např. zateplení.¹⁴ V takovém případě je PENB povinnou součástí stavební dokumentace a musí být doložen na stavebním úřadě společně s projektem rekonstrukce při žádosti o stavební povolení nebo ohlášení o stavbě. PENB musí být zpracován i např. když měníme zdroj energie – mění se tím vnitřní podmínky užití domu a je potřeba ohlášení o změně (užívání) stavby stavebnímu úřadu. Změna užívání stavby oproti tomu, k čemu byla schválena je vždy potřeba hlásit stavebnímu úřadu. Pokud ale byl stavbě v minulosti schválen způsob užívání určitého zdroje (např. plynový, elektrický kotel, kotel na pevná paliva), může ho i nadále používat ať se jedná o jakoukoliv jinou stavební úpravu na domě. Pokud se ale zpracovává PENB i z jiného důvodu, než je zateplení – např. dostavba patra, příčky apod., je celý dům hodnocen výše zmíněnou nákladově optimální úrovní a pokud PENB nevyjde dobře, může být doporučeno investiční opatření, které nebude vůbec souviset s původním záměrem rekonstrukce a značně to navýší investiční náklady (např. dodatečné zateplení již hotových podlah anebo výměna zdroje energie za ekologicky šetrnější zdroj).¹⁵

¹⁴ MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4559-6., str. 14

¹⁵ EKIS [online]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis/78121>

U nového domu musí plnit dům všechny ukazatele z [2.2.1](#) minimálně na C a pokud chci vytápět elektrokotlem, mám problém s neobnovitelnou primární energií.¹⁶ U rekonstrukce existuje víc způsobů posouzení. Buď to stejné, jako pro nové domy (a tj. minimálně C PENB) a nebo musí všechny prvky obálky domu splňovat doporučené hodnoty dle normy **ČSN 73 0540-2**¹⁷ a zároveň účinnost technického systému na vytápění musí mít účinnost vyšší nebo rovnu 80 % (kotel na plyn, elektrokotel nebo kotel na tuhá paliva). Tím budeme splňovat zákon č.406/2000 Sb. O hospodaření energií a požadavky dané vyhláškou č.78//2013 Sb. O energetické náročnosti budov.¹⁸ Proto není nezbytně nutné zpracovat PENB pro tento projekt a pro všechny varianty, ale rozhodl jsem se to udělat, abych zjistil ekologickou zátěž jednotlivých variant a případně tím pomohl investorovi při rozhodování. Mimoto PENB je potřeba i pokud jste vlastník budovy větší než 50 m² a chcete danou budovu pronajmout nebo prodat. Zároveň je potřeba doložit PENB při žádosti o dotaci.

3.1.3 Zpracování PENB

Pro zpracování PENB můžeme použít Národní Kalkulační Nástroj II (NKN II). Jedná se o volně šiřitelný výpočetní softwarový nástroj určený k zpracování energetické bilance budov, stanovení dílčích dodaných energií na vytápění, chlazení, nucené větrání, přípravu teplé vody a osvětlení, který využívá okrajové podmínky výpočtu definované v TNI 730331¹⁹ – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet.²⁰ Nástroj je po registraci zdarma ke stažení na stránkách zpracovatele.²¹ Při zpracování nového PENB je doporučeno se vždy podívat po aktuální verzi nástroje.²²

Hlavní výstup z NKN II je **grafické znázornění PENB a Protokol PENB a Energetické potřeby budovy**. Energetické potřeby budovy jsem již zpracoval v kapitole 2., není ale na škodu porovnat, jak to vyšlo pomocí NKN a případně k tomu přihlédnout při dimenzování zdroje.

Z protokolu PENB mě ale nejvíce zajímá stránka 3 o doporučených parametrech prvků obálky budovy – referenční hodnoty. V následující tabulce jsou vidět referenční hodnoty a hodnoty méj hodnocené budovy při realizaci veškerých zateplení popsanych v kapitole 1. Jde vidět, že pro splnění vyhlášky č.78//2013 Sb. O energetické náročnosti budov, můžeme zateplit dům daleko méně.

16 EKIS [online]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis/78121>

17 ČSN 73 0540-2, tepelná ochrana budov

18 EKIS [online]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis/78121>

19 TNI 730331 – Podpora pro zpracování PENB vytvořená FSV ČVUT. Jedná se o nezávaznou pomůcku pro zpracovatele PENB („de facto“ o kuchařku). Více na: <http://nkn.fsv.cvut.cz/tni-730331>

20 Popis NKN II převzat z úvodu na stránce zpracovatele: <http://nkn.fsv.cvut.cz/>

21 Po registraci zdarma ke stažení na: <http://nkn.fsv.cvut.cz/>

22 Informace o aktuální verzi na: <http://nkn.fsv.cvut.cz/download-nkn>

Tabulka 17 List 3 protokolu PENB - požadavky na součinitel prostupu tepla u větší změny stávajícího RD

Konstrukce obálky budovy	Plocha	Součinitel prostupu tepla			Činitel teplotní redukce	Měrná ztráta prostupem tepla
		Vypočtená hodnota	Referenční hodnota	Splněno		
	A_j	U_j	$U_{N,rq,j}$	(ano/ne)	b_j	$H_{T,j}$
	[m ²]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]		-	[W/K]
Vnější obvodová stěna 1 - nepálená cihla	35,8	0,15	0,30	ano	1,00	5,3
Vnější obvodová stěna 2 - porfix	26,2	0,11	0,30	ano	1,00	2,9
Vnější obvodová stěna 3 - pálená cihla	34,0	0,15	0,30	ano	1,00	5,1
Starý štít	16,6	0,16	0,30	ano	1,00	2,6
Střecha	192,7	0,19	0,30	ano	1,00	36,9
Podlaha	154,8	0,20	0,45	ano	1,00	30,8
Francouzské okna (natočené JV)	7,3	0,70	1,50	ano	1,00	5,1
Obecné okna (různá orientace, horší azimut)	12,1	0,75	1,50	ano	1,00	9,1
Okna štít	2,0	0,75	1,50	ano	1,00	1,5
Štítové okno	0,8	0,75	1,50	ano	1,00	0,6
Nový štít	6,5	0,13	0,30	ano	1,00	0,9
Dveře (dřevěné)	4,8	1,70	1,70	ano	1,00	8,2

Tabulka 18 List 4 Protokolu PENB – požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota U_{em}	Referenční hodnota $U_{em,R}$	Splněno
	$(U_{em} = H_T/A)$	$(U_{em,R} = \Sigma(V_j \cdot U_{em,R,j})/V)$	
	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	(ano/ne)
	0,22	0,43	ano

Okna a dveře už nebudu dále řešit, protože se jedná o velmi špatný stav všech oken a dveří a budou se měnit v každém případě. Zajímá mě ale, do jaké míry musíme zateplovat splnění požadavky na parametry obálky budovy. Jak je vidět z následující tabulky, se zateplením z kapitoly 1 splňujeme požadavky koef. Prostupu tepla každého prvku obálky budovy s přehledem, naopak při zateplení ani u jednoho prvku konstrukce (zdivo, střecha, podlaha).

Tabulka 19 Koef. prostupu tepla konstrukcí budovy s izolací, bez izolace, a ref. hodnota

Konstrukce/Varianta	bez izolace	s izolací	Ref. Hod.
Nepálená cihla	1,58	0,15	0,3
Porfix	0,34	0,11	0,3
Pálená cihla	1,74	0,15	0,3
Štít starý	2,83	0,16	0,3
Štít nový	1,04	0,13	0,3
Střecha	1,83	0,19	0,3
Podlaha	2,05	0,20	0,45

Pro splnění referenčních hodnot je minimální tloušťka zateplení zdiva 10 cm (namísto 20 cm v tabulce), zateplení podlahy 6 cm (namísto 15 cm) a zateplení střechy 11 cm (namísto 18 cm). Tepelná ztráta prostupem se tím zvýší na 4962 W (namísto 3 kW).²³

3.2 Dotační možnosti

V České republice je velmi oblíbený a úspěšný program „Nová zelená úsporám“. Jedná se o program Ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí.²⁴ Dotace z tohoto programu by měly sloužit k plnění cílů o snižování energetické náročnosti budov a ekologickému nakládání se zdroji energie, což pramení z našeho členství v EU a závazků, které vůči ní máme. Program má hlavní cíl snížení emisí CO₂ a je financován z emisních povolenek na CO₂. Protože jsou investice do ekologicky úsporných opatření rámcově vyšší než do konvenčního zdroje energie, dotace by měla zkrátit dobu návratnosti a zpřístupnit tak investici do ekologicky šetrných řešení.

O dotaci se žádá prostřednictvím online formuláře. Státní fond životního prostředí ČR přijímá žádosti před zahájením, v průběhu nebo po dokončení projektu a lze o dotaci zažádat do 31. prosince 2021. Dotaci lze tedy získat i zpětně. Žádosti jsou přijímány formou časově omezených výzev. Např. 2. výzva pro rodinné domy (tzv. RD2) byla vypsána 15.5. 2015 a skončila 31. 10. 2015. V současnosti běží 3. výzva pro rodinné domy, která končí 31.12. 2021.

²³ Výpočet v příloze DP v e souboru „Optimalizace.xls“

²⁴ O programu NZÚ [online]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/o-programu/>

Oblasti podpory pro rodinné domy se dělí do tří základních podskupin:

- 1) Oblast podpory A - Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů
- 2) Oblast podpory B - Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností
- 3) Oblast podpory C - Efektivní využití energie

Oblast podpory A se vylučuje, pokud se jedná o novostavbu. Oblast podpory B platí jen pro novostavby a Oblast podpory C se dá kombinovat s oblastí podpory A, ne však s Oblastí podpory B²⁵. Nás tedy zajímá oblast podpory A s možnou kombinací oblastí podpory C.

Oblast podpory A se dělí do čtyř podoblastí podpory podle dosažených energetických parametrů po realizaci úsporných opatření: A.0, A.1, A.2, A.3.

V následující tabulce jsou vidět podkategorie a technické parametry, které musí RD splňovat pro dosažení které kategorie.

Tabulka 20: Požadované parametry pro oblast podpory A²⁶

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	A.0	A.1	A.2	A.3
Měrná roční potřeba tepla na vytápění po realizaci	E_A [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	bez požadavku	≤ 90	≤ 55	≤ 35
nebo	U_{em} [W.m ⁻² .K ⁻¹]		nebo		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy			≤ 0,95 $U_{em,R}$	≤ 0,85 $U_{em,R}$	≤ 0,75 $U_{em,R}$
Měněné stavební prvky obálky budovy	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	$U \leq 0,9 * U_{rec}^{1)}$	dle požadavku ČSN 73 0540-2 a vyhl. č. 78/2013 Sb.		
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění E_A oproti stavu před realizací opatření	[%]	≥ 20 % ≥ 10 % ²⁾	≥ 40 %	≥ 50 %	≥ 60 %
Povinný systém řízeného větrání se zpětným získáváním tepla splňujícího podmínky pro podoblast podpory C.4 ³⁾	[-]	ne	ne	ne	ano ⁴⁾

Pozn.:

³⁾ Na realizaci tohoto opatření je možné čerpat současně podporu z podoblasti C.4.

⁴⁾ Je požadováno doložení splnění podmínek platných pro podoblast podpory C.4 pro celý rodinný dům včetně požadavku na průvzdušnost obálky budovy n_{50} a to i v případech, kdy není opatření z podoblasti podpory C.4 předmětem podpory.

²⁵ Příručka Nová Zelená Úsporám, s. 7, dostupné z: https://nzu-zadosti2015.sfzp.cz/Content/Help/Prirucka_Nova_Zelena_usporam.pdf

²⁶ NZÚ Závazné pokyny pro žadatele RD, platné od 15. 10. 2018, ke stažení na: <https://www.novazelenausporam.cz/dokumenty/detail/?id=591>

Výše podpory pro Oblast podpory A:

$$\text{Výše podpory} = \sum_{i=1}^j k \times S_i \times \text{výše podpory } i - \text{této opatření}$$

S_i – plocha i -té konstrukce na obálce budovy v metrech čtverečních (dle energetického hodnocení) – výsledný součet ploch konstrukcí stejného typu se zaokrouhluje na jedno desetinné místo směrem dolů, výše podpory i -této opatření – viz tabulka 2, dle typu konstrukce a podoblasti podpory,

k – koeficient upravující výši podpory, viz tabulka 3,

j – počet konstrukcí na obálce budovy, na kterých je realizováno podporované opatření.

Tabulka 21 Koeficienty upravující výši podpory v oblasti podpory A pro jednotlivé konstrukce

Typ konstrukce	Podoblast podpory		
	A.0 a A.1 (Kč/m ²)	A.2 (Kč/m ²)	A.3 (Kč/m ²)
Obvodové stěny, průsvitné i neprůsvitné obvodové konstrukce obytných zimních zahrad, lehké obvodové pláště, střechy, stropy, podlahy nad exteriérem a ostatní konstrukce	500	600	800
Výplně stavebních otvorů dle definice v kapitole 11	2 100	2 750	3 800
Podlahy na terénu	700	900	1 200

Tabulka 22 Koeficient k upravující výši podpory v oblasti podpory A pro jednotlivé konstrukce

Popis	Podmínky	Koeficient k
Budovy a konstrukce bez zvýhodnění	–	1,0
RD v Moravskoslezském, Ústeckém nebo Karlovarském kraji	kapitola 2.1 písm. n)	1,1
Památkově chráněná budova	kapitola 2.2.4	1,3
Použití materiálů s vydaným environmentálním prohlášením typu III	kapitola 2.2.5	1,05

Pozn.:

Uplatní-li se více koeficientů „ k “, je výsledný koeficient stanoven jako součin dílčích koeficientů

Maximální hodnota výsledného koeficientu je 1,5. současně je koeficient pro stanovení výše podpory roven součinu dílčích koeficientů.

Níže jsou uvedeny dotace z kategorie C, které mě zajímají

Podoblast podpory C obsahuje první čtyři kategorie, které mě zajímají:

C.1 a C.2 Výměna zdrojů tepla

C.3 Instalace solárních termických a fotovoltaických systémů

C.4 Instalace systémů řízeného větrání se zpětným získáváním tepla

Tabulka 23 Výše podpory v oblasti podpory C.1 a C.2

Podoblast podpory	Typ zdroje	Výše podpory [Kč/dům nebo b.j.] dle podoblasti	
		C.1	C.2
C.1.1 C.2.1	Kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva	50 000	40 000
C.1.2 C.2.2	Kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	100 000	80 000
C.1.3 C.2.3	Krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem s ruční dodávkou paliva a uzavřené krbové vložky s teplovodním výměníkem	50 000	40 000
C.1.4 C.2.4	Krbová kamna nebo vložka na biomasu s teplovodním výměníkem se samočinnou dodávkou paliva	50 000	40 000
C.1.5 C.2.5	Tepelné čerpadlo voda–voda	100 000	80 000
C.1.6 C.2.6	Tepelné čerpadlo země–voda	100 000	80 000
C.1.7 C.2.7	Tepelné čerpadlo vzduch–voda	75 000	60 000
C.1.8 C.2.8	Plynový kondenzační kotel	35 000	25 000
C.1.9 C.2.9	Napojení na soustavu zásobování teplem	40 000	30 000

Tabulka 24 Výše podpory v oblasti podpory C.3

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč/dům nebo b. j.]
C.3.1	Solární termický systém na přípravu teplé vody	35 000
C.3.2	Solární termický systém na přípravu teplé vody a přitápění	50 000
C.3.3	FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
C.3.4	FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$	70 000
C.3.6	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$	100 000
C.3.7	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 4\,000 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$	150 000
C.3.8	FV systém efektivně spolupracující se systémem vytápění a přípravy teplé vody s tepelným čerpadlem	150 000

Tabulka 25 Výše podpory v oblasti podpory C.4

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč/dům nebo b.j.]
C.4.1	Centrální systém řízeného větrání se zpětným získáváním tepla	100 000
C.4.2	Decentrální systém řízeného větrání se zpětným získáváním tepla	75 000

Podrobné pokyny, co je potřeba splňovat pro kterou kategorii a jak se dají různé kombinovat jsou popsány v Závazných pokynech pro žadatele NZÚ²⁷.

²⁷ NZÚ Závazné pokyny pro žadatele RD, platné od 15. 10. 2018, ke stažení na: <https://www.novazelenausporam.cz/dokumenty/detail/?id=591>

Pro orientační výpočet dotace slouží on-line kalkulačka NZÚ²⁸. Výstupem z kalkulačky je podrobná zpráva zobrazující, které parametry splňujeme, které ne, a na jakou maximální dotaci dosáhneme, dále roční úsporu nákladů, návratnost investice bez dotace a s dotací. Zpráva obsahuje i rady, kterou další dotaci můžeme využít a kombinovat (např. s kotlíkovými dotacemi) a dostat za to bonus²⁹. Nástroj byl použit pro orientační výměru dotace pro všechny varianty rekonstrukce, které jsem zkoumal v této práci. Jedná se o přístup, který je doporučený na stránkách NZÚ a měl by předcházet každé žádosti, abychom zjistili, jestli si danou dotaci můžeme dovolit.³⁰

Ke každé žádosti je potřeba doložit odborný posudek. Ten se skládá z projektové dokumentace a energetického posudku³¹. Projektová dokumentace musí být zpracována autorizovanou osobou³². Energetický posudek musí být proveden energetickým specialistou s příslušným oprávněním ke zpracování energetických auditů a posudků³³. K zpracování odborného posudku je možné zažádat o podporu, která je v maximální výši 5 000 Kč, avšak pouze současně s žádostí z podoblasti C.1, C.2, C.3, C.4 nebo C.7.³⁴

28 *Kalkulačka NZÚ*, dostupné on-line z: <http://kalkulacka-rd.novazelenausporam.cz/>

29 Dotační bonus za kombinaci dotace z programu NZÚ s dotací z 2. a 3. vlny kotlíkových dotací <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/dotacni-bonus/>

30 Doporučený postup „Krok za krokem“ dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/jak-na-to/krok-za-krokem/>

31 MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha. Grada Publishing. 2013, str. 104

NZÚ [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/jak-na-to/krok-za-krokem/>

32 Autorizované osoby uvedeny na stránkách ČKAIT a ČKA

33 Seznam energetických specialistů je na stránkách MPO

34 Pouze současně s žádostí z podoblasti C.1, C.2, C.3, C.4 nebo C.7

NZÚ, Závazné pokyny pro žadatele, RD 3. Výzva, 2018-09, str. 20,

Ke stažení na: <https://www.novazelenausporam.cz/dokumenty/detail/?id=591>

4 Přehled technických řešení zásobování RD energií

4.1 Vytápění

4.1.1 Tepelné čerpadlo

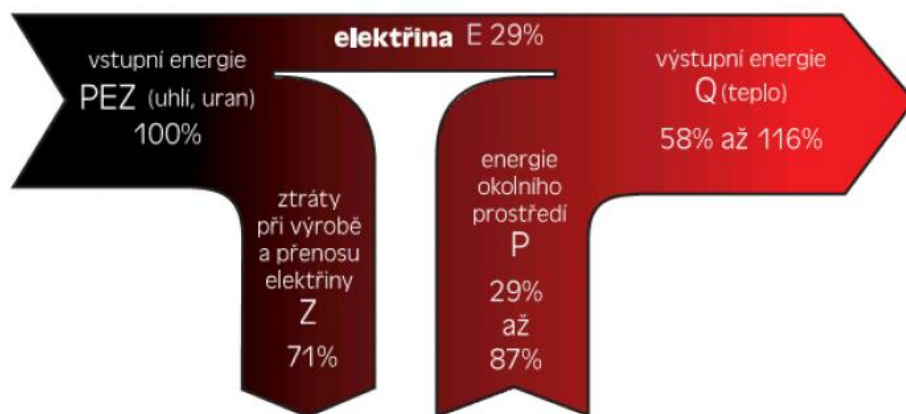
Tepelné čerpadlo využívá energie okolního prostředí. Jsou 3 typy tepelných čerpadel: „vzduch-voda, země-voda, voda-voda. V principu ale fungují všechny podobně jako obrácená lednička. Tepelné čerpadlo převádí nízkopotenciální energii prostředí na vyšší teplotní hladinu tak, aby se mohla dále využít na vytápění nebo ohřev TUV. Kolující kapalina se při kontaktu se zemí odpařuje, čímž získala energii skupenskou přeměnnou z kapaliny na plyn a následně kompresor převede plyn na vyšší teplotní hladinu, aby se dalo teplo využít. Sice se jedná o elektrické vytápění a elektřina je nejdražší palivo, tak u tepelného čerpadla se spotřebuje elektřina pouze na provoz čerpadla a výsledná získaná energie je daleko větší, než dodaná. Tato vlastnost se hodnotí u TČ jako topný faktor tepelného čerpadla.

Topný faktor se vypočte jako:

$$\epsilon = Q/E$$

Kde: Q = Teplo dodané do vytápění [kW]

E = Energie pro pohon čerpadla [kWh]



Obrázek 9 Energetická bilance tepelného čerpadla³⁵

Topný faktor se většinou pohybuje okolo 3 u typu „vzduch-voda“. V následující tabulce jsou vidět požadavky na topný faktor v programu NZÚ:

³⁵ SRDEČNÝ, Karel. *S energií efektivně* [online]. Praha, 2015, s. 45 [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/publikace/s-energi-efektivne#>

Tabulka 26 Požadavky na topný faktor TČ programu NZÚ

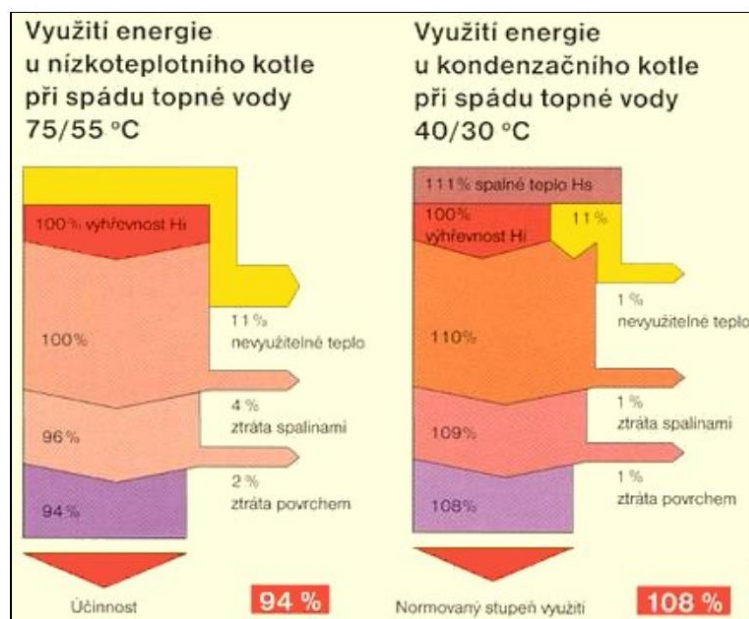
typ tepelného čerpadla	teplotní charakteristika	min. topný faktor
země-voda	půda 0°C / voda 35°C	4,3
vzduch-voda	vzduch 2°C / voda 35°C	3,1
voda-voda	voda 10°C / voda 35°C	5,1

4.1.2 Plynový kotel

Plynový kotel se v \d dělí na plynový kotel klasický a plynový kondenzační kotel. Běžný atmosférický plynový kotel má účinnost kolem 85 %. Plynový kondenzační kotel mívá uváděno až 109 %.

Účinnost spalovacích zařízení se stanovuje z výhřevnosti paliva a rozdíl mezi spalným teplem a výhřevností normálně vyletí komínem. Kondenzační kotle část druhotného tepla ze spalin zachytí a tím jsou schopny dostat se přes 100 %.

U vytápění plynovým kondenzačním kotlem je potřeba zajistit nízký teplotní spád, jinak bude mít stejnou účinnost, jako klasický kotel.



Obrázek 10 Využití energie kondenzačního kotle při různém spádu topné vody³⁶

4.1.3 Elektrický kotel

Elektrický kotel má vysokou účinnost, nízkou počáteční investici a dlouhou životnost. Nevýhoda je dražší palivo – elektřina. U nezateplených domů nemá význam elektrokotel uvažovat, ale pokud je dům dobře zateplený, a v domácnosti je vysoká spotřeba el. energie, tak snížený dvoj tarif D56d pro přímotop by mohl být správné řešení. Elektrokotel má další výhodu v podobě komfortu – není velice třeba se o něj starat (ve srovnání např. s plynovým kotlem).

³⁶ TZB info [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>

4.2 Ohřev TUV

4.2.1 Elektřina a plyn

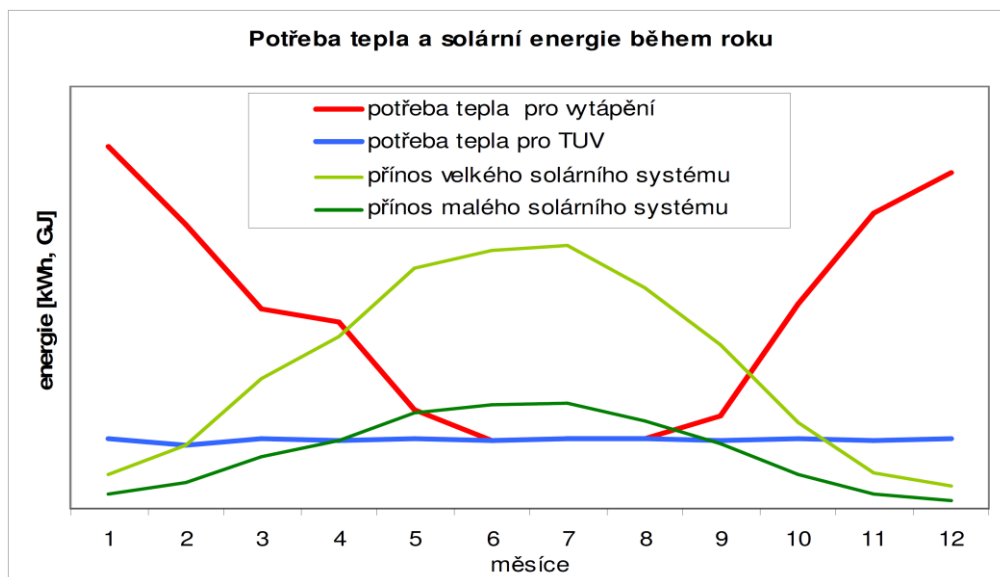
Hodně často se řeší, jestli ohřívat vodu elektřinou nebo plynem. V obou případech může být průtokový ohřev anebo akumulací, tedy elektrokotel s bojlerem nebo plynový kotel se zásobníkem.

Elektrický bojler má výhodu v tom, že není náročný na údržbu a má dlouhou životnost. Ačkoliv je elektřina drahý zdroj energie, tak náklady se dají snížit díky dvoj tarifní sazbě D25d.

Plyn je levnější než elektřina, ale nese s sebou investiční náklady v podobě stavby plynových rozvodů a komínu. Dále jsou nutné pravidelné revize, údržba a čištění spalinových cest v komínu. Pokud je už ale v RD řešené vytápění plynem, tak ohřev TUV plynem je správná volba.

4.2.2 Solární ohřev

Solární ohřev se dělí na fotovoltaický a fototermický ohřev. Ačkoliv fungují každý na úplně jiném principu, mají stejné omezení a tím je intenzita dopadajícího záření ze slunce v průběhu roku na území ČR.



Obrázek 11 Spotřeba tepla a solární energie během roku³⁷

Z toho důvodů je možné solární ohřev TUV použít pouze jako sekundární zdroj k plynovému kotli, elektrickému kotli nebo tepelnému čerpadlu.

³⁷ SRDEČNÝ, Karel. *S energií efektivně* [online]. Praha, 2015, s. 4 [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/publikace/s-energi-efektivne#>

4.3 Elektřina

4.3.1 Zásobování od distributora

Základní a nejvíce používané řešení v rodinných domech je zásobování z distribuce – veškerá potřeba elektrické energie na chod spotřebičů je dodávána od distributora elektřiny. U elektřiny se platí stálá cena za rezervovaný příkon a variabilní za spotřebovanou elektřinu a dále záleží na tom, jakého máme dodavatele a produkt u dodavatele.

Elektřina se dá dále rozdělit na regulovanou složku a silovou složku. Silová složka v případě vytápění zemním plynem a tarifem D01d je kolem 35 %, zbytek 65 % je regulovaná složka.³⁸ Do regulované složky spadá cena za distribuci el. energie, přenos, podpora obnovitelných zdrojů. V případě vytápění elektřinou dosáhneme na tarif D57d, který má jiné distribuční sazby a silová část elektřiny zde tvoří kolem 50 % konečné ceny elektřiny.

4.3.2 FVE On Grid a Off Grid

Off grid

V případě, že není možné se připojit na distribuční síť, jsou budovány ostrovní systémy, označované většinou jako „Off Grid“. Ostrovní systém má jako zdroj elektrické energie fotovoltaické panely. Fotovoltaické panely jsou složeny z PV článků, které fotovoltaickým efektem převádí sluneční záření na elektrickou energii. Protože slunce svítí jen přes den a nestabilně, je potřeba instalovat baterie. Baterie jsou i přes neustálé zlevňování pořád relativně drahé, a proto se off grid systémy vyplatí instalovat pouze tam, kde by zbudování elektrické přípojky bylo velmi nákladné – např. srub v horách anebo chalupa na samotě. Pokud by se ale do budoucna měla měnit tarifní struktura a regulované ceny elektřiny, které se promítnou do konečné ceny, by se měly odvíjet hlavně od velikosti jističe, potom by stálo za to spočítat si FVE elektrárnu s bateriemi a snížit si tak závislost na distributorovi. Jestli se taková změna stane v příštích 5ti letech, baterie budou ještě o dost levnější než jsou dnes a na budování off grid systémů nebo částečné samovýroby elektřiny bude narůstat na významu.

On Grid

Jsou označované fotovoltaické elektrárny, budované na rodinných domech a připojené k síti. V roce 2008 byl zelený bonus 11, 91 Kč/kWh. Dnešní výkupní cena 0,5 Kč/kWh nepřeje on grid systémům, jako dříve. Potenciál solární energie je ale v ČR pořád velký.

³⁸ Kalkulator ERÚ [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://kalkulator.eru.cz>

5 Návrh řešení

Po analýze legislativních a lokálních omezení můžu říct, že majitel má široké možnosti při zásobování RD energií a současná legislativa ho při výběru zdroje omezí jen nutností tepelně izolovat dům. Následně má majitel možnost se rozhodnout pro jakýkoliv zdroj, který tepla, který má účinnost vyšší nebo rovnu 80 %. Po konzultaci s majitelem a jeho požadavky a rovněž svobodné volbě při výběru zdroje stanovuji vylučující kriterie jako: prostorová náročnost a investiční náročnost musím z návrhu variant vyřadit. Jedná se o:

Tepelné čerpadlo

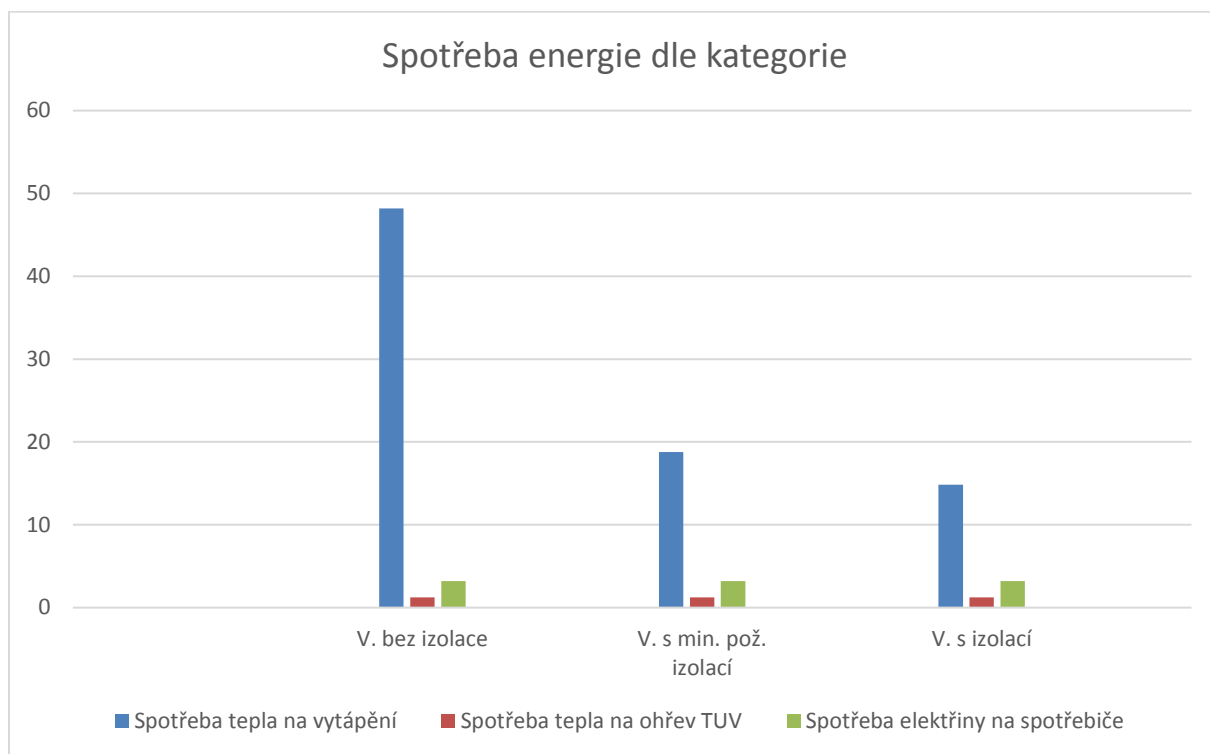
Pro tepelné čerpadlo zde není prostor. Dům je relativně velký, ale protože není ideálně dispozičně řešený, zabírají spoustu místa chodby, vjezd do domu atd. V domě byla už byla rovněž položena základní vrstva betonu a to bych v ideálním případě stejně navrhoval instalovat do podlahy pro lepší tepelnou pohodu. Investiční náročnost u tepelného čerpadla je zřejmá (ačkoliv je možnost dotace, investici v prvním stádiu pořád musí zaplatit majitel).

FV jako zdroj elektřiny

Tato varianta se musí vyřadit z prostorových a investičních důvodů. Dům je připojený k distribuční síti a majitel nepotřebuje mít nezávislost na dodávce elektřiny. Protože se při současných výkupních cenách (0,5 Kč/kWh) nevyplatí elektřinu dodávat do sítě, byla by zároveň nutnost instalovat baterie, na které podobně jako u tepelného čerpadla není prostor. Investiční náročnost je zřejmá.

5.1 Zdroj vytápění

Z energetické bilance každé varianty zateplení jde vidět, že ve všech případech hraje vytápění zásadní roli.



Obrázek 12 Spotřeba energie dle kategorie

Tabulka 27 Spotřeba energie podle kategorie a varianty v MWh

Spotřeba En. dle kategorie/Var.	V. bez izolace	V. s min. pož. izolací	V. s izolací
Spotřeba tepla na vytápění	48,20	18,77	14,82
Spotřeba tepla na ohřev TUV	1,24	1,24	1,24
Spotřeba elektřiny na spotřebiče	3,191	3,191	3,191

Protože je v domě přípojka elektřiny a plynu, navrhuji pro varianty se zateplení 2 způsoby vytápění:

- 1) Elektrokotel
- 2) Plynový kondenzační kotel

U varianty bez zateplení nemusím elektrokotel vůbec uvažovat, protože změnit původní plynový kotel za elektrický nemůžu - na to potřebuji ohlášení o změně stavby a takovou změnu by stavební úřad nepovolil. Protože tam ale byl v minulosti instalován plynový kotel na vytápění, můžu ho nahradit bez ohlášení za plynový kotel kondenzační. Tak by to mohlo být v případě, že by se už neprováděla žádná rekonstrukce. To sice není tento případ, ale pro názornost provozních nákladů na energie u nezatepleného domu tuto variantu budu uvádět i v následujícím textu, ale do výsledné ekonomické analýzy tuto variantu nezahrnu.

Protože uvažujeme automatický kotel a předpokládám, že nebude docházet k přestávce vytápění, dimenzuji kotel přesně na danou tepelnou ztrátu – volím nejbližší vyšší výkon kotle. Správně nadimentovat kotel je důležité z důvodu regulace a účinnosti. Pokud by kotel byl předdimenzovaný, nepracoval by správně a docházelo by k nadměrnému opotřebením a horší účinnosti kotle.³⁹

Pro obě varianty zateplení vychází nejbližší vyšší varianta 9 kW (pro tepelnou ztrátu 8 600 W a 6 792 W). Volím kotel Protherm Ray 9k, který se cenově pohybuje od 13,5 tis. Kč do 15 tis Kč a má účinnost 99,5 %. Plynový kondenzační kotel volím pro nezateplenou variantu Protherm Panther Condens 25 KKO, který má ceníkovou cenu 46 633Kč. Pro zateplené varianty volím kotel Protherm Panther Condens 12 KKO, který má ceníkovou cenu 44 782 Kč.⁴⁰ Kondenzační plynové kotle Protherm Panther Condens mají v katalogu uváděnou účinnost 109 % (počítané z výhřevnosti).

Pro případ vytápění elektrokotlem musím znovu dimenzovat domovní jistič. V dokumentaci se uvádí samostatný jistič před kotlem 3x16 A a výpočtem se dá zjistit, že při maximálním výkonu kotle teče v každé fázi 13 A. Původní jistič byl bez uvažování elektrokotle (v kap. 1) zvolen 3 x 16 A a následně po konzultaci zvýšen na 3 x 20 A. Navyšovat jistič o 13 A na hodnotu 3 x 32 A není nezbytně nutné, protože kotel pojede naplno jen v krajních případech. Krajný případ se myslí např. když přijedeme z dovolené a chceme si zatopit anebo nejchladnější den v roce – 12 °C pro danou lokalitu. Většinu času v otopném období ale kotel jede na poloviční výkon a možná s trochu sníženým komfortem v krajních případech můžu říct, že 3x25 A bude stačit. Jistič 3x32 A není na škodu, ale v distribuční sazbě D57d oblasti distribuce E.ON si majitel připlatí 95 Kč měsíčně, což činí roční úsporu 1 140 Kč.

K oběma kotlům se dá připojit externí zásobník teplé vody a budu tedy uvažovat při variantě vytápění elektřinou – ohřev vody elektřinou, vytápění plynem – ohřev vody plynem.

5.2 Zateplení

Protože podlaha je už zateplená, řeším jen náklady na zateplení konstrukcí, které se zvažují.

5.2.1 Zateplení střechy

Pro zateplení střechy použiji skelnou izolaci Isover UNIROL PROFI 100 mm 149,12 Kč/m² pro zateplení na minimální hodnotu podle vyhlášky 73/2013 Sb., a pro původní

³⁹ EKIS [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis/27712>

⁴⁰ Cenik protherm [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/files/downloads/cen-ky/cenk-protherm-v-18122018-1384911.pdf>

navrhovanou variantu zateplení z kap. 2 stejnou izolaci o tloušťce 180 mm a ceně 268,61 Kč/m². Obě varianty budou mít dále stejnou tloušťku minerální vlny mezi krokvy, parotěsnou fólie, impregnační nátěr krovů montážní práce.

5.2.2 Zateplení obvodových stěn

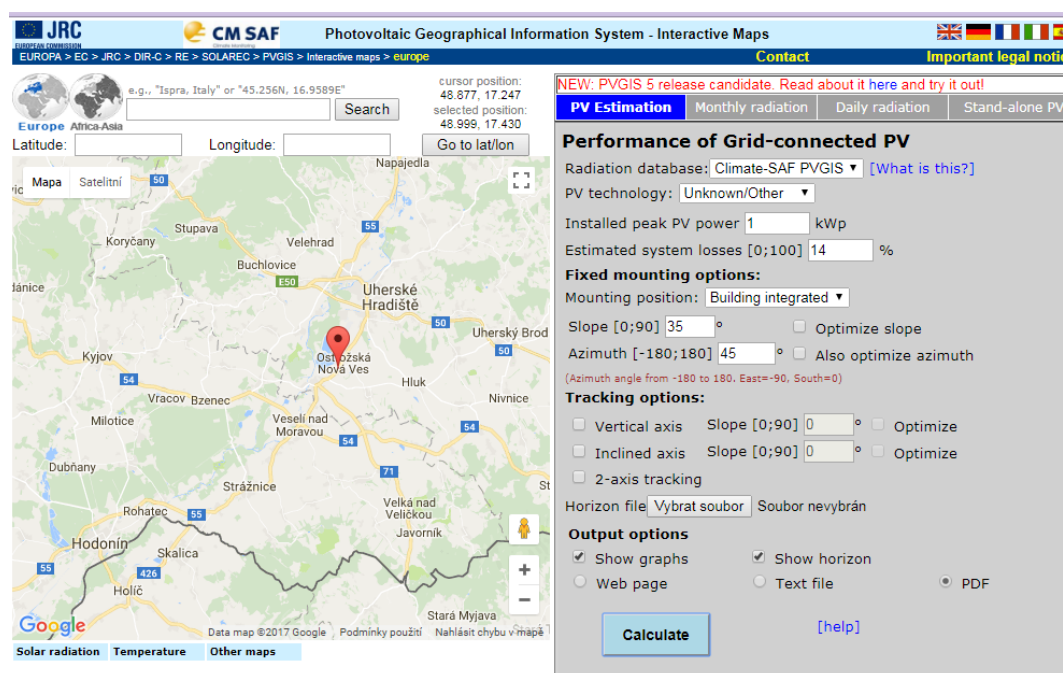
Pro zateplení volím polystyren BACHL EXTRAPOR 70 F, který má stejný koeficient prostupu tepla, jak jsem uvažoval ve výpočtech. Tloušťka 100 mm pro splnění vyhlášky č. 73/2013 Sb., je za cenu 162,29 Kč/m² a tloušťka 20 mm pro původní variantu za 324,58 Kč/m².

Při zateplení obvodových stěn se montážní práce pohybují kolem 1000 Kč/m², to budou mít obě varianty stejné.

5.3 Sekundární zdroj tepla z FVE

Rodinný dům se nachází v jihovýchodní části České republiky a nabízí se zde prozkoumat potenciál fotovoltaiky. Varianta sekundárního ohřevu teplé vody by neměla být tak investičně a prostorově náročná, jako např. instalace FVE s bateriemi a navíc je možnost získání dotace 35 tis. Kč.

Pro výpočet solárního potenciálu v dané lokalitě jsem použil výpočetní nástroj PV GIS⁴¹.

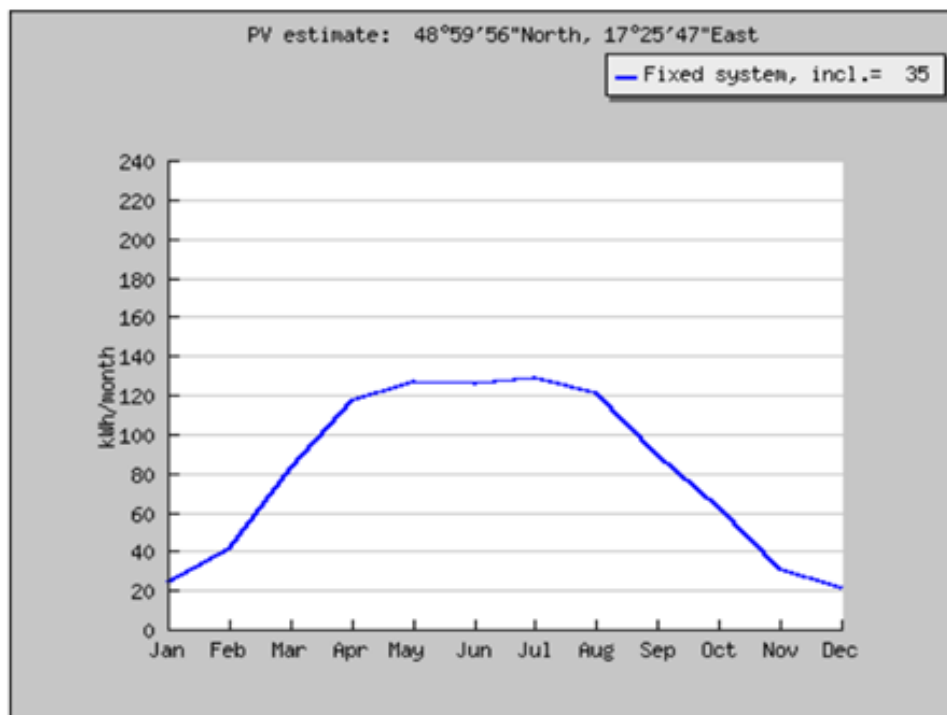


Obrázek 13 Webová aplikace PV GIS

Pokud tuto lokalitu s umístěním panelů (azimutem a úhlem) zadáme do webové aplikace PV GIS, získáme přehled vyrobeného výkonu z PVE panelů. Jedná se o základní přehled, díky kterému zjistím, jaký má daná lokalita a umístění panelů potenciál. Až následně budu dimenzovat množství panelů a technologii. V aplikaci se dá volit i technologie

⁴¹ PV GIS [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

provedení PVE článků, účinnost, druh instalace – jestli na střeše nebo má kolem sebe volný prostor (má vliv na teplotu článku, která ovlivňuje jeho účinnost).



Monthly energy output from fixed-angle PV system

Obrázek 14 Výstup z GIS

Graf ukazuje energii vyprodukovanou daným fotovoltaickým systémem. Pro daný systém 1 kWp jde vidět, že PV systém dáva stabilní energie v průměru kolem 4 kWh denně od začátku dubna. Z průběhů jde vidět, že ohřev teplé vody by se měl dat napasovat mimo topnou sezónu (duben - září). Pokud chci ohřát 160 l vody, potřebuji 33,5 MJ energie denně (vychází z kalorické rovnice v kapitole 2). Tuto energii bych chtěl ideálně pokrýt Pokud tedy účinnější panel s výkonem 1 kWp vydá v průměru za měsíc duben 4,2 kWh, potřebuji výkon PV systému:

$$PV\ isnt1 = \frac{E}{Ed * 3600} = \frac{33\ 440}{4.2 * 3600} = 2,21\ kWp$$

Volím panel SHARP ND-RC260 za 5 500 Kč o nominálním výkonu 280 W účinnosti 15,8 %. Pro pokrytí výkonu 2,2 kW je potřeba 9 panelů.

Investice na panely celkem 50 000 Kč. Investice na zásobník vody s DC tělesem, konstrukce na střechu, rozvaděč s ochranami, kabeláž, montáž, sledovač MPPT celkem 40 tis. Kč.

Po zadání daného FV systém do PV GIS mám roční vyrobenou energii.

Roční vyrobená energie podle PV GIS = 2160 kWh

6 Odhad OPEX nákladů

Před výběrem je potřeba si stanovit CAPEX a OPEX náklady jednotlivých variant. CAPEX náklady jsou investiční a jsou jen na začátku investice a stanovil jsem je výběrem kotle. OPEX náklady jsou provozní náklady každý rok se můžou v závislosti na tom, zdali se jedná o pravidelnou údržbu nebo opravu poruchy, která se vyskytne jednou za několik let.

6.1.1 Údržba kotle

V souvislosti s plynovými kotli je potřeba jednou ročně nechat zkontrolovat spalinové cesty. Revize i s čištěním zabere asi 1 hodinu a zvyšuje bezpečnost i účinnost plynového kotle.

Elektrokotel nepotřebuje pravidelný servis technika pouze by mělo stačit ho jednou za čas vysát. Na topných tělesech i na žebrování ze spodní strany elektrokotle se usazuje prach, který brání cirkulaci vzduchu.

6.1.2 Náklady na energii

Provozní náklady na energii se odvíjí od energetických potřeb každé varianty a ocenění podle tarifu, jaký dostaneme na el. energii a plyn – pro každou variantu zateplení odpovídá jiná cena plynu za fixní i variabilní složku. V následující tabulce jde vidět potřeba energie na vytápění podle varianty a druhu kotle – po započítání účinnosti elektrického a plynového kondenzačního kotle.

Tabulka 28 Potřeba energie na vytápění podle energie a druhu kotle v MWh

Kotel/Var.	V. bez izolace	V. s min. pož. izolací	V. s izolací
Elektro	48,68	18,96	14,97
Plyn kond.	44,22	17,22	13,60

Pokud topíme elektřinou, máme snížený tarif D57d (dvojtarif pro přímotopy a tepelná čerpadla) a tato cena se promítne i do spotřebované energie za el. spotřebiče. Pokud topíme plynem a ohříváme vodu plynem, máme pro domácnosti na výběr z dvou distribučních tarifů elektřiny - D01 a D02. V následující tabulce jsou vidět tarify a ceny, s kterými budu dále počítat. Jedná se o oblast distribuce EON, kde se RD nachází.

Tabulka 29 Tarify a ceny elektřiny v distribuční oblasti EON (fixní platby v Kč, ostatní hodnoty v tabulce v Kč/kWh)⁴²

jistice (3 x)		16A	20 A	25	32
D57d	fix. Pl.	295	350	416	511
Primotop	VT	2.85927	2.85928	2.85929	2.85930
	NT	2.60042	2.60043	2.60044	2.60045
D01d	fix. Pl.	97	102	106	114
Plyn	VT	5.19648	5.19648	5.19648	5.19648
D02d	fix. Pl.	155	173	196	229
Plyn	VT	4.65949	4.65950	4.65951	4.65952

Pro přímotop mám dimenzovaný jistič 25 A, pro plyn počítám s jističem 20 A.

Cena plynu je rovněž dvojsložková a dělí se podobně jako u elektřiny na fixní (resp. stálou) a proměnou složku (resp. za roční odběr v pásmu „od – do“). V následující tabulce je vidět cena plynu podle varianty zateplení.⁴³

Tabulka 30 Dvojsložková cena plynu podle varianty zateplení v oblasti distribuce EON

Plyn kond.	V. bez izolace	V. s min. pož. izolací	V. s izolací
[Kč/MWh]	1336,25	1407,56	1428,39
Stálá sl. [Kč]	705,32	347,22	321,38

Nyní mám všechny vstupy pro výpočet provozních nákladů na zásobování RD energií v závislosti na zvolené variantě zateplení a zvoleném způsobu vytápění.⁴⁴

⁴² TZB info [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>,

EON Cenik [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/-a164705---YUJ2InPu/cenik-komplet-elektrina-ii-k-28-10-2018-distribucni-uzemi-e-on-distribuce-2019-pdf>

Kalkulator ERÚ [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://kalkulator.eru.cz/>

⁴³ TZB info [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/13-prehled-cen-zemniho-plynu>

⁴⁴ Celý postup výpočtu je k dispozici v příloze práce – soubor “Optimalizace.xls”, karta “Cf_Prov_Energie“

Tabulka 31 Roční náklady na energii s plynovým kondenzačním kotlem pro různé varianty zateplení

Plynový KK		V. bez izolace	V. s min. pož. izolací	V. s izolací
Vytápění		59790	24585	19747
Ohřev TUV		1662	1750	1776
tarif D01	Elektrina	16684	16684	16684
tarif D02	Elektrina	15041	15041	15041
Suma (bez D01)		76 493 Kč	41 377 Kč	36 565 Kč

Jak je vidět, tarif D02 vychází pro tento RD lépe.

Tabulka 32 Roční náklady na energii s elektrokotlem pro různé varianty zateplení

Elektrokotel		V. bez izolace	V. s min. pož. izolací	V. s izolací
Vytápění			51756	40875
Ohřev TUV			3395	3395
Elektrina			8711	8711
Suma		x	63 862 Kč	52 981 Kč

Tarif D57d snížil náklady na spotřebu elektřiny běžných spotřebičů o 42 % a dělá rozdíl oproti ročním nákladům na elektřinu při vytápění kondenzačním plynovým kotlem 6 330 Kč. Provozní energetické náklady na vytápění jsou ale v případě elektrokotle dvojnásobné ve srovnání s provozními energiemi kondenzačního kotle, a proto v obou případech zateplení představuje kondenzační plynový kotel významnou úsporu.

Tabulka 33 Roční rozdíl na provozních nákladech za energie podle druhu kotle a varianty

Kotel/Var.	V. s min. pož. izolací	V. s izolací
Plyn kond.	41 377 Kč	36 565 Kč
Elektro	63 862 Kč	52 981 Kč
delta	22 485 Kč	16 416 Kč

7 Výběr optimální varianty

Nejdříve je potřeba vyloučit varianty, které nesplňují vyhlášku č. 73/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Varianta bez zateplení není možná, protože dům není dokončený a bude potřebovat stavební povolení či ohlášení o změně stavby pro dokončení rekonstrukce. Následně musím určit NPV pro každou variantu. Určí se jako suma diskontovaných hotovostních toků za dobu porovnání T_p mínus počáteční investice v roce 0.

NPV se určí podle vztahu:

$$NPV = -N_0 + \sum_{t=1}^{T_p} \frac{Cf_t}{(1+r)^t} \quad (7.1)$$

Kde:

N_0 počáteční investice

Cf_t hotovostní tok

r diskontní míra

T_p Doba porovnání

Doba porovnání se stanovuje na dobu pozorování investice a nebo na životnost celého projektu. Pokud chci porovnávat investice s různou dobou porovnání, tak se používá roční ekvivalentní hodnota (RCF). To je čistá současná hodnota (NPV) násobená anuitním faktorem. V případě porovnání plynového kondenzačního kotle a elektrokotle volím dobu porovnání $T_p = 20$ let pro oba druhy kotle. Roční ekvivalentní hodnota se ale může použít i v tomto případě pro promítnutí počáteční investice do jednotlivých let. Spočítá se jako:

$$RCF = a_{T\check{z}} \cdot NPV \quad (7.2)$$

$$a_{T\check{z}} = \frac{(1+r)^{T\check{z}} \cdot r}{(1+r)^{T\check{z}} - 1} \quad (7.3)$$

$a_{T\check{z}}$ anuitní míra pro zvolenou dobu životnosti a diskontní míru

$T\check{z}$ doba životnosti projektu

Pokud počítáme nákladovou variantu NPV a všechny nákladové členy jsou ve výpočtu kladné, má NPV minimalizační funkci pro výběr optimální varianty. Pokud máme ve výpočtu hotovostních toků všechny náklady záporně tak má NPV maximalizační funkci pro výběr optimální varianty.

V mém výpočtu hotovostních toků mám všechny náklady záporné, a proto hledám variantu s maximálním (nejméně záporným) NPV.

Po aplikování vztahů (7.1), (7.2) a (7.3) na hotovostní toky, které jsem si určil z CAPEX a OPEX výdajů při respektování diskontní míry 2 % mi vyšly následující hodnoty NPV a RCF.

Pro plynový kondenzační s variantou silnějšího zateplení

NPV = -1 299 083 Kč, RCF = - 79 448 Kč

Elektrokotel se silnější izolací zateplení

NPV = -1 680 766 Kč, RCF = - 102 790 Kč

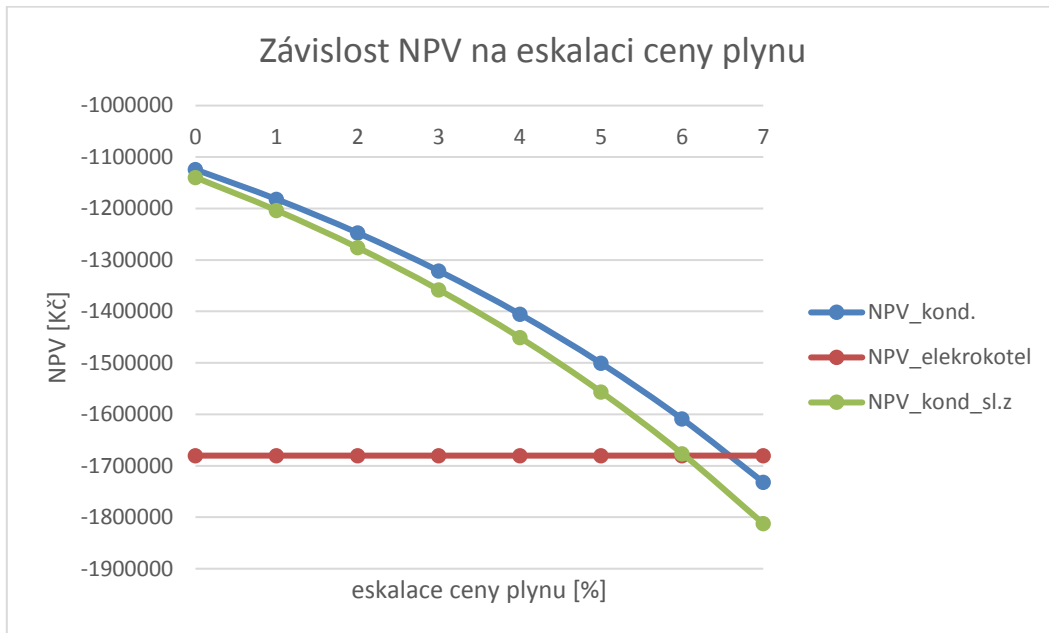
Pro plynový kondenzační kotel s variantou slabšího zateplení

NPV = -1 327 714 Kč, RCF = - 81 198 Kč

Ve výpočtu byl dále respektován meziroční růst plynu o 2 % a meziroční růst elektřiny o 3 %, ⁴⁵určených na základě odhadu vývoje ceny komodit elektřiny.

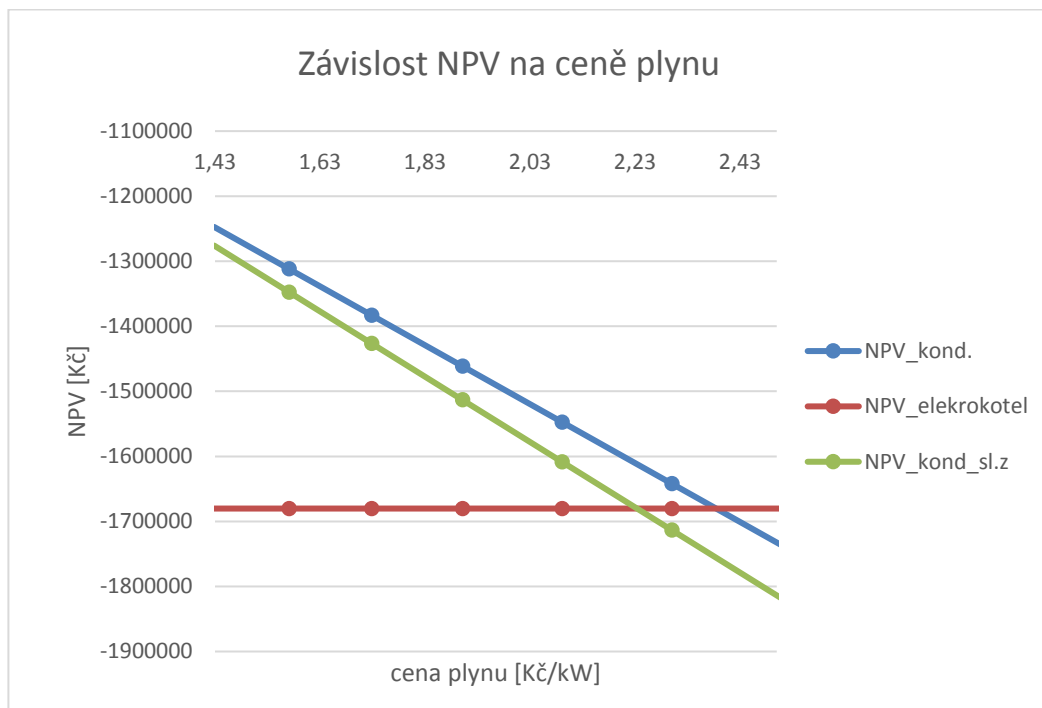
7.1 Citlivostní analýza

V citlivostní analýze jsem se nejdříve zaměřil na cenu plynu.



Obrázek 15 Citlivostní analýza eskalace ceny plynu

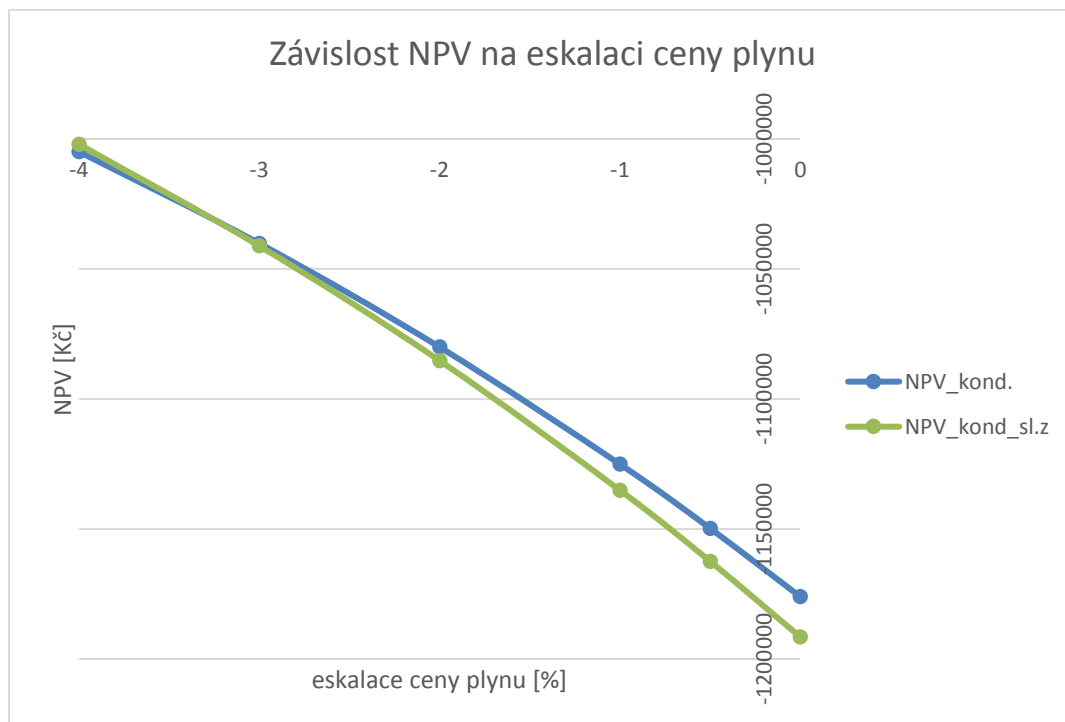
Jde vidět, že aby se mohl elektrokotel zvažovat, musela by mezi ročně růst cena plynu o více než 6 %. Takový vývoj se mi jeví velice nepravděpodobný. Eskalace elektrické energie je v této citlivostní analýze stanovena na 2 %.



Obrázek 16 Citlivostní analýza ceny plynu

Aktuální cena plynu počítána v modelu v 1. roce je 1 428 Kč/MWh (1, 428 Kč/kWh). Aby se mohl elektrokotel vyplatit, musela by být cena přes 2 300 Kč/MWh.při současné ceně elektřiny v tarifu D57d. Elektrokotlem se vůbec nevyplatí vytápět v tomto případě. A dále budu hodnotit jen kondenzační plynový kotel.

I z předchozích obrázků je zřejmé, že silnější zateplení se vyplatí, pokud poroste cena plynu. Varianta se silnějším zateplením se vyplatí i kdyby cena plynu stagnovala a nebo mírně klesala. Poslední graf citlivostní analýzy potvrzuje, že optimální je varianta se silnějším zateplením a plynovým kondenzačním kotlem.



Obrázek 17 Záporná eskalace ceny plynu

Otázkou nyní je, do jaké míry můžeme dům zateplovat. Při příliš velkém zateplení ztrácí dům schopnost dýchat a je nutnost instalovat rekuperátor vzduchu.

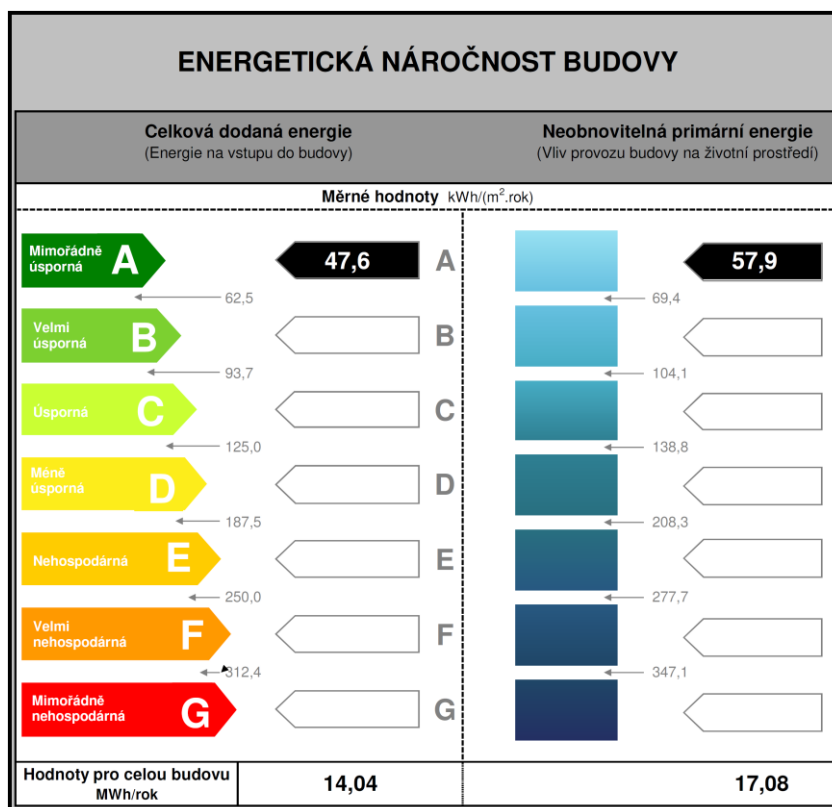
7.2 Energetická náročnost a zátěž pro životní prostředí

Pro optimální variantu (případ zateplení a vytápění plynový kondenzační kotel) jsem zpracoval PENB pomocí nástroje NKN II.

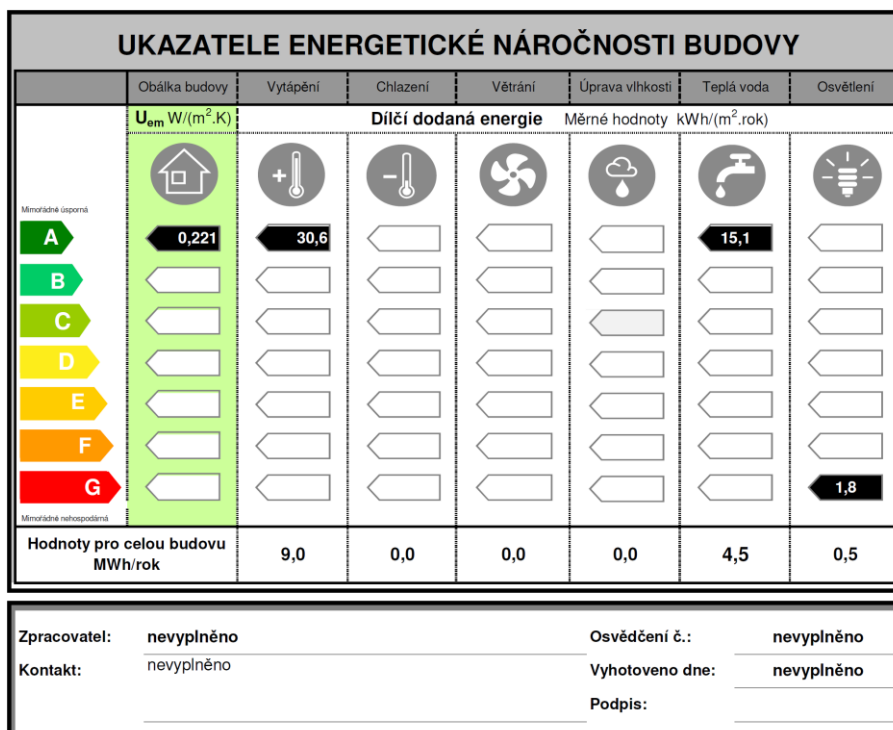
Celková dodaná energie je v kategorii A – Mimořádně úsporná s měrnou hodnotou 47,6 kWh/m².rok.

Neobnovitelná primární energie je rovněž v kategorii A s měrnou hodnotou 57,9 kWh/m².rok.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou $U_{em} = 0,221 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.



Obrázek 18 Energetická náročnost optimální varianty



Obrázek 19 Ukazatele energetické náročnosti optimální varianty

Celková dodaná energie za rok je menší, než kterou jsem spočítal, neboť jsem neuvažoval tepelné zisky průsvitných výplní konstrukcí. V RD budou velká francouzská okna o celkové ploše přes 7 m² a ve výpočtu v NKN jsem zadal jejich skutečnou orientaci jihovýchod a zřejmě se to promítlo na tepelné ztrátě. Tepelná ztráta pro tuto variantu vyšla v NKN **5, 1 kW**. a v mém výpočtu **6, 8 kW**. Potom by bylo vhodnější zvolit 6 kW kotel pro lepší regulační možnosti a účinnost v průměrných teplotních dnech. (V navrhované variantě jsem uvažoval 9 kW).

U této varianty dosáhneme na kategorii A.3 v podoblasti podpory A programu NZÚ pro stávající rodinné domy a snížení jejich energetické náročnosti a orientační výši jsem určil přes on-line kalkulačku nová zelená úsporám při zadání veškerých výplní otvorů a obálky budovy v původním stavu na 300 00 Kč. Pokud bychom na dotaci nedosáhli ani po realizaci zateplení, doporučuje se instalovat systém výměny vzduchu s rekuperací, ale v tomto případě je A.3 již nejvyšší možná dotace, a proto by investice do rekuperace pouze zvyšovala investiční náročnost projektu.

Protože se dá oblast podpory A kombinovat s oblastí podpory C pro NZÚ, nabízí se realizace solárního ohřevu teplé vody. Jedná se o kategorii C3.3 - FV systém s přípravou teplé vody s přímým ohřevem s možnou dotací 35 000 Kč.

7.3 Sekundární zdroj TUV z FVE

Pokud počítám s tím, že veškerou energii, co FVE vyrobí, domácnost spotřebuje na ohřev vody, která by se jinak ohřívala plynem, tak roční úspora z FVE systému je:

$$\text{Roční Dodaná energie z FVE} * \text{Cena plynu} = \text{Úspora [Kč]}$$

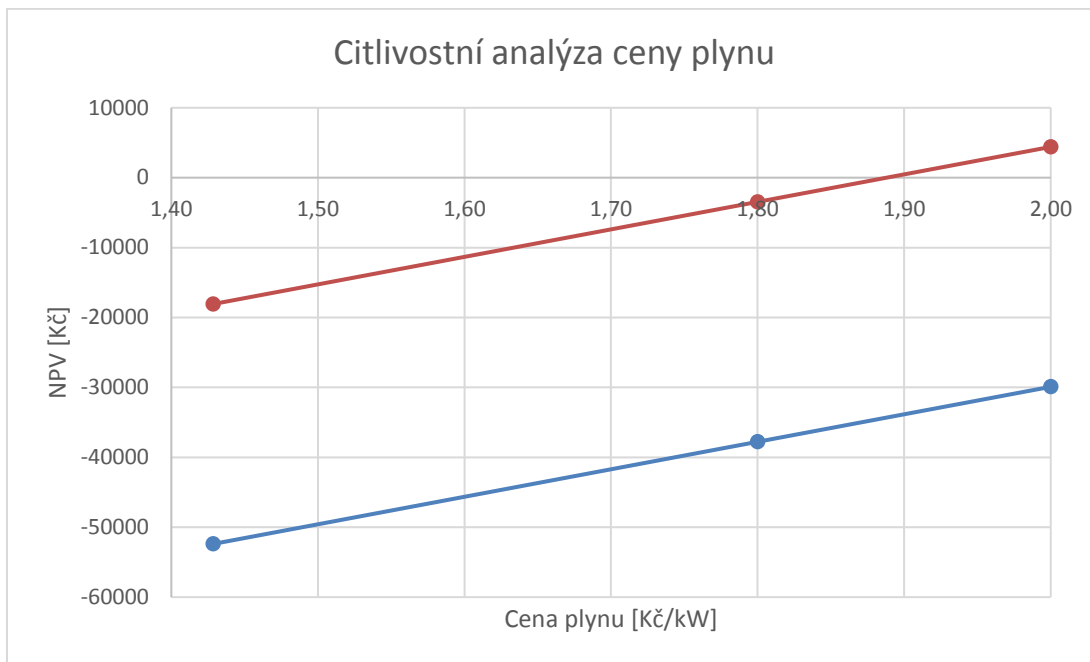
Roční vyrobená energie se u FVE ohřevu bude v průběhu let zmenšovat o 1 % ročně, což je dáno degradací křemíku. Cenu plynu jsem určil jako dnešní cena plynu s mezi ročním růstem 2 % (dnešní cena plynu 1,43 Kč/kWh). Systém dodá ročně 2 000 kWh energie, kterou by jinak musel vyrobít plynový kotel.

$$\text{Roční Úspora z FVE} = 2\,000 * 1,43 = 2\,860 \text{ Kč (v 1. roce)}$$

Celkové investiční náklady jsem stanovil na 90 000 (FV panely, zásobník TV s DC tělesem, konstrukce na střechu, rozvaděč s ochranami, kabeláž 20 m, montáž, sledovač MPPT). Doba životnosti projektu je stanovena na 25 let, sledovač MPPT má životnost 10 – 15 let a jeho cena je kolem 25 tis Kč a v 15. roce se investice do MPPT musí zopakovat. Čistá současná hodnota potom vyjde s diskontní mírou 2 %:

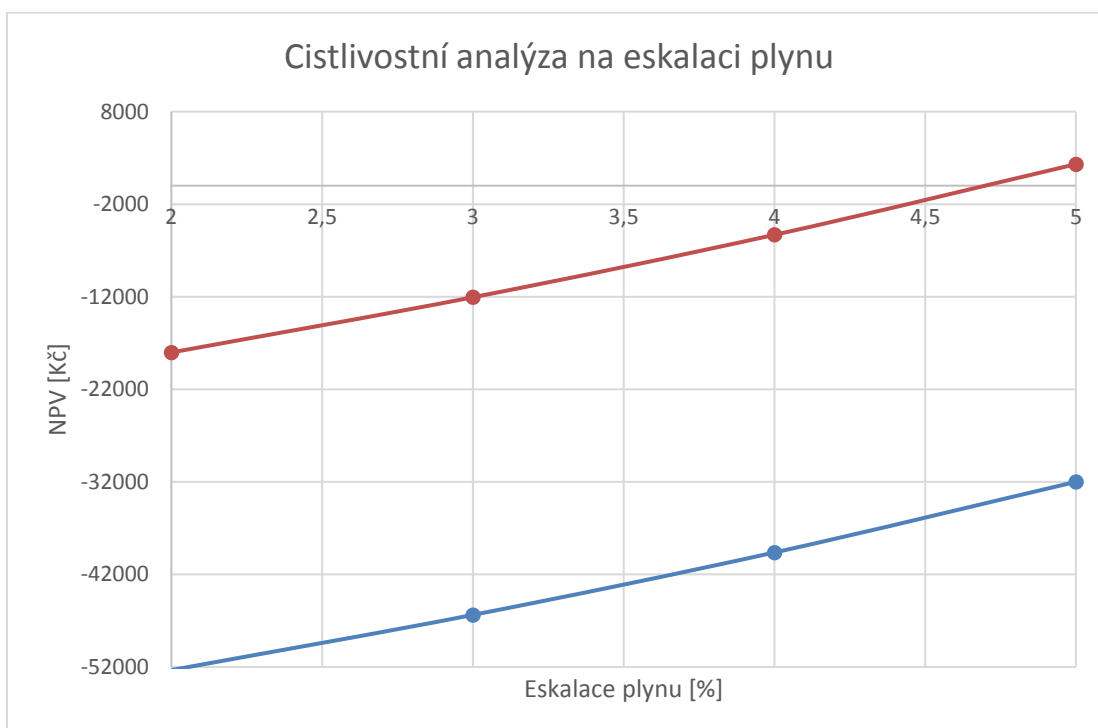
Bez dotace: NPV = - 52 330 Kč, RCF = - 3 200 Kč

S dotací: NPV = -18 016 Kč, RCF = -1 101 Kč



Obrázek 20 Citlivostní analýza ceny plynu (červeně NPV s dotací, modře bez)

Aby se investice do FV ohřevu vyplatila, musela by být cena za plyn vyšší než 1,9 Kč/kWh. Se současnou cenou 1,4 Kč/kWh by to muselo znamenat skokový nárůst o 27 %. V citlivostní analýze je uvažován mezi roční nárůst cen plynu o 2 %.



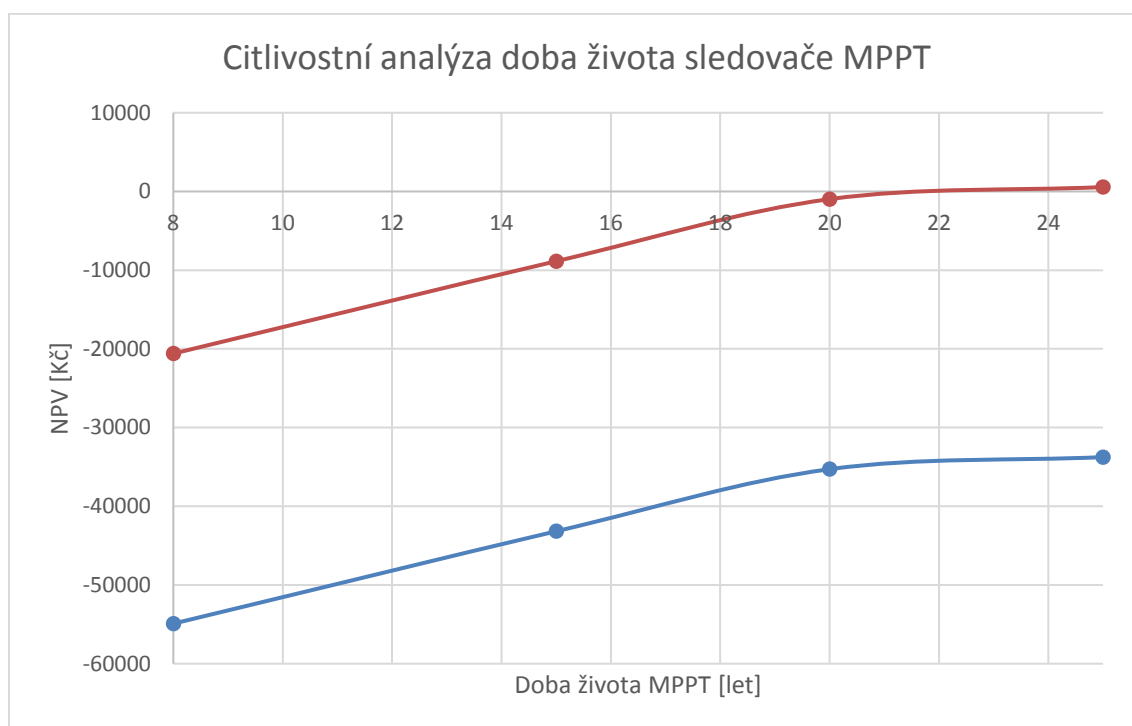
Obrázek 21 Citlivostní analýza ceny plynu

Pokud bychom nevyměnili MPPT sledovač v 15. roce, tak systém bude pracovat se zhruba 40 % účinností. Čistá současná hodnota potom vyjde:

Bez dotace: NPV = - 43 176Kč, RCF = - 2 640 Kč

S dotací: NPV = - 8 863 Kč, RCF = - 542 Kč

Jde vidět, že systém pracuje úsporněji od 15. roku do konce života bez sledovače MPPT (investice se nestihne vrátit). V následujícím grafu jde vidět vliv doby života na výsledné NPV (s dotací a bez dotace).



Obrázek 22 Citlivostní analýza doby života MPPT (červeně NPV s dotací, modře bez dotace)

Garance na střídač, že bude fungovat 10 nebo 15 let není, standardní střídač může ale odejít i po osmi letech. kdyby MPPT sledovač fungoval po celou dobu instalace FV systému, ačkoliv je to velice nepravděpodobné, investice do FVE systému by se neoplatila ani s dotací. (Pozn.: V modelu je uvažována dnešní cena plynu s mezi ročním růstem 2 %.)

Závěr k FVE ohřevu: Sekundární ohřev TUV fotovoltaickými panely není v tomto případě rentabilní bez dotace ani s dotací.

Závěr

V této práci se mi nejdříve povedlo stanovit energetické potřeby domu pro různé varianty obálky konstrukce, tedy bez zateplení a s různými druhy zateplení. Pro tento účel byl vytvořen model v excelu, aby šlo tloušťku izolací libovolně měnit.

Z analýzy legislativy jsem zjistil, že dnešní požadavky na rekonstrukce rodinných domů a jejich energetickou náročnost vyplývající z Vyhlášky č. 73 Sb., o energetické náročnosti budov, máme relativně široké možnosti při výběru zdroje vytápění a jsme omezení pouze kvalitou měněných prvků a obálkou budovy.

Po přehledu technologických možností byl proveden návrh na základě lokálních a legislativních omezení, kterým jsem následně dimenzoval zdroj, upravil jistič a určil CAPEX náklady. Následně jsem určil distribuční tarif elektřiny a ceny plynu podle spotřebovaného plynu a varianty vytápění při znalosti ročních energetických potřeb, stanovil roční náklady na energie a odhadl růst cen elektřiny a plynu.

Po provedení ekonomické analýzy přepočtením hotovostních toků na čistou současnou hodnotu a citlivostní analýzy na cenu plynu a eskalaci plynu byla stanovena optimální varianta plynový kondenzační kotel se silnějším zateplením.

Pro optimální variantu jsem zpracoval PENB pomocí nástroje NKN a určil tak její energetickou náročnost a vliv na životní prostředí vlivem spalování neobnovitelné primární energie. Ve všech parametrech vyšla optimální varianta jako A – mimořádně úsporná. Díky PENB jsem zjistil, že můj způsob výpočtu tepelných ztrát neuvažuje tepelné zisky oken a proto jsem měl vyšší ztrátu (PENB 5,1 kW, můj výpočet 6,8 kW). Protože jsem před tím dimenzoval kotel na 9 kW, nyní bych navrhoval na 6 kW.

Z dotačních možností jsem zjistil, že je možnost čerpat dotaci z NZÚ Oblast podpory A a pro optimální variantu vychází kategorie A.3. Jedná se o nejvyšší možnou dotaci v dané oblasti podpory. Tato varianta je možná nakombinovat i s oblastí podpory C, proto jsem navrhnul a vytvořil model sekundárního ohřevu TUV z fotovoltaiky s dimenzováním mimo topnou sezónu tak, aby z velké části pokryl ohřev vody pro danou domácnost v měsících duben až začátek září. Pro fotovoltaický ohřev byla provedena ekonomická analýza čisté současné hodnoty. Byla provedena citlivostní analýza na cenu elektřiny, eskalaci elektřiny. Sekundární ohřev fotovoltaikou se ale v tomto případě nevyplatí bez dotaci a ani s ní.

V závěru práce musím konstatovat, že se mi podařilo splnit všechny cíle, které jsem si v počátku vytyčil.

Seznam symbolů a zkratk

TUV	Teplá užitková voda
ERÚ	Energetický regulační úřad
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PENB	Průkaz energetické náročnosti budov
NZÚ	Nová zelená úsporám
KK	Kondenzační kotel

Seznam tabulek

Tabulka 1 Základní informace o RD	19
Tabulka 2 Velikost místností RD	19
Tabulka 3 Příklady analogie mezi elektrickým a tepelným polem	21
Tabulka 4 Vnější obvodová stěna - pálená cihla	22
Tabulka 5 Vnější obvodová stěna - nepálená cihla (kotovice).....	22
Tabulka 6 Vnější obvodová stěna - porfix	23
Tabulka 7 Vrstvy podlahy a její tepelné vlastnosti.....	23
Tabulka 8 Vrsty střechy a její tepelné vlastnosti	23
Tabulka 9 Štíty z pálených cihel (11 cm)	24
Tabulka 10 Výplně otvorů a jejich tepelné vlastnosti.....	25
Tabulka 11 Součinitel tepelných ztrát prostupem.....	25
Tabulka 12 Tepelné ztráty prostupem - různé varianty zateplení	26
Tabulka 13 Tepelná ztráta větráním podle místností	27
Tabulka 15 Soupis spotřebičů pro stanovení výpočtového výkonu (P_v)	35
Tabulka 16 Odhad spotřeby el. spotřebičů za rok v [kW].....	37
Tabulka 17 Grafické znázornění PENB	39
Tabulka 18 List 3 protokolu PENB - požadavky na součinitel prostupu tepla u větší změny stávajícího RD	41
Tabulka 19 List 4 Protokolu PENB – požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla	41
Tabulka 20 Koef. prostupu tepla konstrukcí budovy s izolací, bez izolace, a ref. hodnota	42
Tabulka 21: Požadované parametry pro oblast podpory A	43
Tabulka 22 Koeficienty upravující výši podpory v oblasti podpory A pro jednotlivé konstrukce	44
Tabulka 23 Koeficient k upravující výši podpory v oblasti podpory A pro jednotlivé konstrukce	44
Tabulka 24 Výše podpory v oblasti podpory C.1 a C.2	45
Tabulka 25 Výše podpory v oblasti podpory C.3.....	45
Tabulka 26 Výše podpory v oblasti podpory C.4.....	45
Tabulka 27 Požadavky na topný faktor TČ programu NZÚ	48
Tabulka 29 Spotřeba energie podle kategorie a varianty v MWh	52
Tabulka 30 Potřeba energie na vytápění podle energie a druhu kotle v MWh	56
Tabulka 31 Tarify a ceny elektřiny v distribuční oblasti EON (fixní platby v Kč, ostatní hodnoty v tabulce v Kč/kWh).....	57
Tabulka 32 Dvojsložková cena plynu podle varianty zateplení v oblasti distribuce EON.....	57
Tabulka 33 Roční náklady na energii s plynovým kondenzačním kotlem pro různé varianty zateplení.....	58
Tabulka 34 Roční náklady na energii s elektrokotlem pro různé varianty zateplení	58
Tabulka 35 Roční rozdíl na provozních nákladech za energie podle druhu kotle a varianty..	58

Seznam obrázků

Obrázek 1 Optimalizace Zásobování RD (Pokud optimalizují současný stav starého RD)....	15
Obrázek 2 Lokalita objektu	17
Obrázek 3 Satelitní snímek objektu	17
Obrázek 4 RD pohled z ulice	18
Obrázek 5 Přízemí	18

Obrázek 6: Dimenzování bojleru na stránkách PRE	31
Obrázek 7: Dimenzování jističe - stránky ČEZ.....	34
Obrázek 8: Návrhová hodnota jističe - stránky ČEZ	34
Obrázek 9 Energetická bilance tepelného čerpadla.....	47
Obrázek 10 Využití energie kondenzační kotle při různém spád topné vody.....	48
Obrázek 11 Spotřeba tepla a solární energie během roku.....	49
Obrázek 12 Spotřeba energie dle kategorie	52
Obrázek 13 Webová aplikace PV GIS	54
Obrázek 14 Výstup z GIS	55
Obrázek 15 Citlivostní analýza eskalace ceny plynu	61
Obrázek 16 Citlivostní analýza ceny plynu	61
Obrázek 17 Záporná eskalace ceny plynu.....	62
Obrázek 18 Energetická náročnost optimální varianty	63
Obrázek 19 Ukazatele energetické náročnosti optimální varianty.....	63
Obrázek 20 Citlivostní analýza ceny plynu (červeně NPV s dotací, modře bez)	65
Obrázek 21 Citlivostní analýza ceny plynu	65
Obrázek 22 Citlivostní analýza doby života MPPT (červeně NPV s dotací, modře bez dotace)	66

Seznam příloh

Příloha 1: Optimalizace.xls

Příloha 2: NKN_zatepleno_plyn.xls