

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



REKONSTRUKCE SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO
DOMU
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:
Vedoucí práce:

Anna Smolíková
Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.

2018/2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: <u>Smolíková</u>	Jméno: <u>Anna</u>	Osobní číslo: <u>438424</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Rekonstrukce systému vytápění rodinného domu</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Reconstruction of the Heating System of a Family House</u>	
Pokyny pro vypracování: Pro zadaný objekt formou studie analyzujte současný stav, navrhnete nezbytné stavební úpravy, koncepci větrání a možné varianty řešení systému vytápění. Vyberte vhodné řešení systému vytápění. Toto řešení rozpracujte ve formě rozšířené projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení. Projekt dokumentujte půdorysy, řezy, výpočty a technickou zprávou.	
Seznam doporučené literatury: Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 1, ČVUT 2010 Kabele a kol.: Technická zařízení budov. Vytápění - podklady pro cvičení. ČVUT 2013 Petraš a kol.: Vytápění rodinných a bytových domů, Jaga 2005	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>27. 2. 2019</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>26. 5. 2019</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

<u>27.2. 2019</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
--	--

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

Praha, 24. 5. 2019

Chtěla bych poděkovat paní Ing. Pavle Dvořákové, Ph. D. za její cenné rady, konstruktivní připomínky a vstřícný přístup.

Obsah

Úvod	- 8 -
Cíl práce	- 8 -
Analýza současného stavu objektu.....	- 9 -
Základní údaje.....	- 9 -
Tepelné ztráty	- 11 -
Návrh stavebních úprav	- 11 -
Studie možností	- 15 -
Tepelné čerpadlo.....	- 16 -
Tepelné čerpadlo země/voda s hloubkovým vrtem	- 17 -
Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem	- 17 -
Tepelné čerpadlo vzduch/voda	- 18 -
Vyhodnocení potenciálu jednotlivých možností	- 18 -
Biomasa.....	- 23 -
Výběr kotle	- 23 -
Výběr paliva	- 25 -
Solární energie.....	- 27 -
Solární termický systém	- 28 -
Fotovoltaický systém.....	- 31 -
Porovnání a vyhodnocení možností.....	- 35 -
Větrání.....	- 37 -
Požadavky na větrání	- 37 -
Větrání s využitím zpětného získávání tepla	- 38 -
Porovnání nákladů a spotřeby tepla	- 39 -
Náklady na provoz a návratnost investice.....	- 39 -
Podtlakové větrání	- 39 -
Spotřeba primární energie.....	- 41 -
Závěr.....	- 42 -
Nové řešení systému vytápění.....	- 44 -
Základní údaje.....	- 44 -
Zdroj tepla.....	- 44 -
Odvod spalin	- 45 -

Přívod vzduchu	- 45 -
Palivo.....	- 45 -
Otopná soustava	- 45 -
Otopná tělesa.....	- 46 -
Armaturny a regulace	- 47 -
Vyhodnocení	- 48 -
Závěr.....	- 50 -
Seznam příloh	- 51 -
Zdroje.....	- 52 -
Webové stránky	- 52 -
Literatura	- 53 -
Normy	- 53 -

Anotace

Bakalářská práce se zabývá rekonstrukcí systému vytápění rodinného domu. Hlavní náplní je porovnání různých zdrojů tepla, kritérii jsou především náklady na provoz, pořizovací náklady a vliv provozu na životní prostředí posuzovaný dle spotřebované neobnovitelné primární energie. Na základě vyhodnocení je vybrána nejvhodnější varianta a její řešení je vypracováno ve formě rozšířené projektové dokumentace pro stavební povolení.

Klíčová slova:

Systém vytápění, zdroj tepla, tepelné čerpadlo, kotel na biomasu, obnovitelná energie, provozní náklady

Abstract

Bachelor thesis focuses on reconstruction of a family house's heating system. The main purpose is to compare various types of heat sources, the final solution will be chosen based on several criteria such as operating costs, initial investment and impact on the environment. Based on the results the most suitable option will be selected and will be further elaborated in the last chapter and documented with drawings and calculations.

Key words:

Heating system, heat source, heat pump, biomass boiler, renewable energy, operating costs

Úvod

V bakalářské práci budou porovnány různé zdroje tepla pro vytápění rodinného domu v okrese Jičín a následně bude vybráno vhodné řešení, které bude zpracováno jako projektová dokumentace pro stavební povolení. První část se zabývá analýzou současného stavu řešeného objektu a stanovením tepelných ztrát. Podle nich budou navrženy stavební úpravy a poté bude stanovena nová potřeba tepla na vytápění, která bude sloužit jako vstupní údaj pro návrh nového zdroje tepla. Zvažované varianty nového řešení jsou kotel na biomasu, tepelné čerpadlo a solární systémy. Tyto možnosti budou porovnány z hlediska ekonomického a ekologického. K vyhodnocení energetické náročnosti a vlivu provozu na životní prostředí bude použit program Energie. Vybraná varianta bude v poslední kapitole podrobněji zpracována. V rámci práce bude řešeno také větrání objektu.

Cíl práce

Podle Českého statistického úřadu je nejvíce energie v domácnostech spotřebováno na vytápění a to až dvě třetiny. Ohřev vody je hned druhý s hodnotou 17,4 %. Domácnosti ročně spotřebují 3,7 tun hnědého uhlí a 2,9 tun černého uhlí. [1] S rostoucí populací a požadavky jednotlivců na životní standard bude stoupat i spotřeba energie. Evropská unie je již v současné době silně závislá na dodavatelích, neboť importuje 53% energie. [2] Většina energie nyní pochází z fosilních paliv, jejichž spalování způsobuje změnu klimatu. Proto je cílem bakalářské práce navrhnout rekonstrukci systému vytápění, který bude efektivně využívat obnovitelný zdroj energie a sníží tak svůj negativní vliv na životní prostředí.

Analýza současného stavu objektu

Základní údaje

Řešeným objektem je rodinný dům na kraji obce Brada - Rybníček v okrese Jičín vyprojektovaný v roce 2002. Celá stavba má dvě nadzemní podlaží a je tvořena jedním celkem rozděleným do dvou zón – obytné zóny a technického zázemí se vstupní místností. Dům je trvale obývaný čtyřmi osobami. Přístup na pozemek je po asfaltové místní komunikaci ze severovýchodu, pozemek je mírně svažité směrem k jihozápadu.

V přízemí se nachází obytný prostor spojený s kuchyní a jídelnou, z které je vstup na terasu, koupelna, ložnice, vstupní místnost, technická místnost a chodba se schodištěm do prvního patra. V patře jsou další dvě ložnice, koupelna, šatna a malá technická místnost. Celková energeticky vztažná plocha budovy je 231 m² a objem budovy je 644 m³.

K dispozici je původní technická zpráva, výkresy a informace od majitelů.

Stavebně – technické řešení stavby

Nepodsklepený objekt je založen na betonových pasech. Obvodové stěny, příčky v přízemí, překlady a stropy jsou vyhotoveny z tvárnic Porotherm. Obvodové stěny jsou nezateplené vyjma severozápadní stěny. Příčky v prvním nadpodlaží jsou ze sádkartonových desek připevněných na ocelové konstrukci. Sedlová střecha je řešena jako dřevěný krov s pozednicí zakotvenou do železobetonového ztužujícího věnce. Střešní plášť je dvouvrstvý s řádně provětrávanou mezerou mezi střešní krytinou montovanou na křížovém laťování a krovem vyplněným tepelnou izolací z minerální vaty.

Kanalizace

Objekt je napojen na vlastní čističku odpadních vod (ČOV). Přečištěná odpadní voda je spolu s dešťovou vodou ze střechy odváděna do potoka tekoucího podél jihozápadní hranice.

Vodovod

Rodinný dům má dva zdroje vody - kromě veřejného vodovodu i vlastní studnu na pozemku. Vnitřní rozvody jsou rozděleny na dvě části, voda z veřejného vodovodu je využívána v kuchyni a zdroj ze studny je zaveden do koupelen a do elektrického ohřívače vody v technické místnosti v prvním nadpodlaží.

Vytápění a TUV

V technické místnosti v přízemí je umístěn ocelový teplovodní kotel na tuhá paliva značky Etko s ručním přikládáním. Jedná se o starší model a jeho účinnost nepřesahuje 60%. Jako paliva se používá kusové dřevo, výjimečně, v případě nedostatku dřeva, černé uhlí. V jednotlivých místnostech je teplo sdíleno pomocí otopných těles napojených na dvoutrubkový systém. Součástí otopné soustavy je expanzní nádoba.

Teplá užitková voda je během otopné sezóny ohřívána kotlem přes tepelný výměník v zásobníku teplé vody a ve zbytku roku elektrickou energií.

Vnitřní klima, osvětlení, větrání

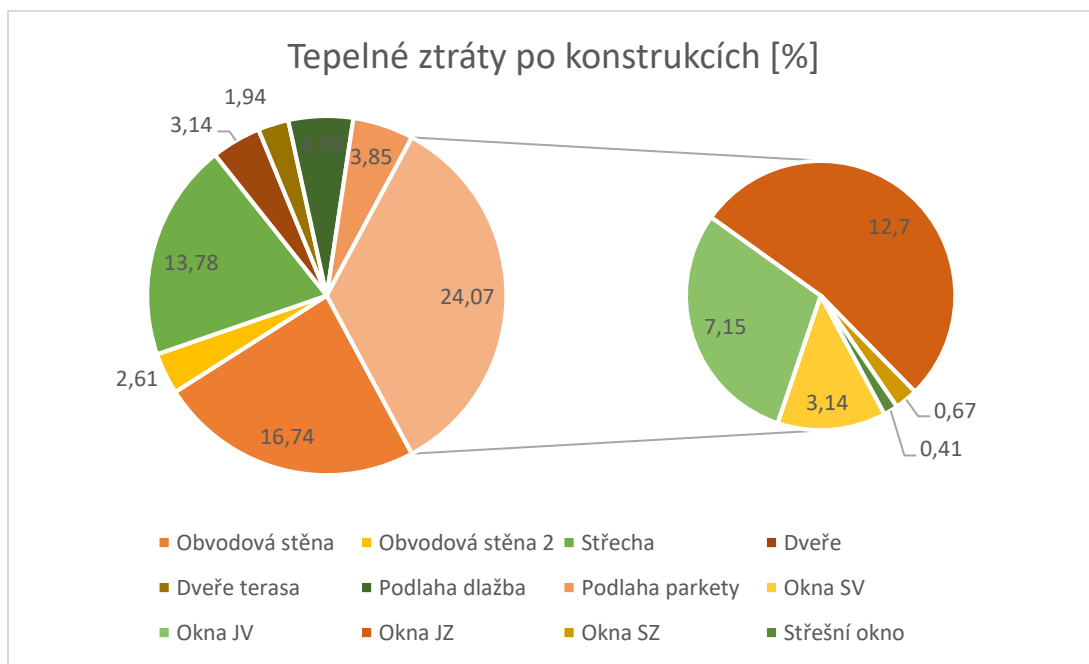
Všechny obytné místnosti jsou nad úrovní terénu, jsou přímo větrané a dostatečně osvětlené denním světlem. Je instalováno umělé osvětlení s celkovým příkonem 346 W pro zajištění minimálních hodnot osvětlení. Znečištěný vzduch je nárazově odváděn ventilátory v koupelnách a digestoři v kuchyni.

Tepelné ztráty

Teplená ztráta objektu je základní údaj pro návrh zdroje tepla. Výsledky budou také použity k analýze jednotlivých konstrukcí, jejichž skladby budou případně upraveny.

V programu Teplo byly dle ČSN 73 0540-2 stanoveny hodnoty součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce, viz Tabulka 1 a protokol viz Příloha 1. Zjednodušeným výpočtem v Excelu byla stanovena tepelná ztráta objektu, viz Příloha 2. Objekt je ve výpočtu rozdělen na dvě části dle návrhové vnitřní teploty na obytnou zónu s 20°C a zónu technického zázemí s 15°C. Teploty byly stanoveny v souladu s ČSN EN 12831. Velikosti ploch byly odečteny z modelu budovy vytvořeného v programu SketchUp.

Z grafu na obrázku 1 je zřejmé, že k největším tepelným ztrátám dochází okenními výplněmi a tyto ztráty tvoří téměř čtvrtinu celkové hodnoty. Další dvě největší položky s 16,7% a 13,8% jsou střecha a obvodová stěna.



Obrázek 1 Tepelné ztráty po konstrukcích

Návrh stavebních úprav

Prvním krokem k vytvoření ekologicky šetrnější budovy je snížení její spotřeby energie, proto budou nejprve navrženy stavební úpravy ke zlepšení tepelně-izolačních vlastností obálky budovy a až následně bude vybírán vhodný zdroj tepla a energonositel.

K téměř čtvrtině tepelných ztrát dochází prostupem okny, viz Obrázek 1, proto budou všechna nahrazena novými s lepšími tepelnými vlastnostmi. Stávající izolace z minerální vaty mezi krokvemi bude po odkrytí střešní krytiny zkontrolována a případně nahrazena, dále bude přidána vrstva ze stejného izolačního materiálu do dřevěného roštu nad krokve. Zateplení obvodových stěn bude sjednoceno, všude bude přidána vrstva minerální vaty o tloušťce 160 mm. Všechny nové hodnoty součinitele prostupu tepla splňují alespoň požadovanou hodnotu dle ČSN 73 0540-2.

Vzhledem k tomu, že se jedná o nepodsklepený objekt, nelze podlahu jednoduše zateplit přidáním vrstvy izolace ze spodní strany. Po uvážení faktu, že tepelná ztráta prostupem podlahou tvoří pouze 8% z celkové ztráty objektu, budou podlahy ponechány v původním stavu.

Výsledné hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 1, protokol výpočtu z programu Teplo viz Příloha 1. Ve výpočtu byla zohledněna nehomogenost vrstev střechy i tepelné mosty kvůli kotvení izolace na fasádě. V dolní části tabulky je srovnání průměrného součinitele tepla a jejich zařazení dle úspornosti energie. Došlo ke zlepšení o dvě třídy, dalšímu progresu brání hlavně podlaha, jejíž součinitel prostupu tepla nesplňuje ani požadovanou hodnotu, proto by v budoucnu v případě úpravy podlahy bylo vhodné zvážit i zlepšení jejích tepelně-izolačních vlastností.

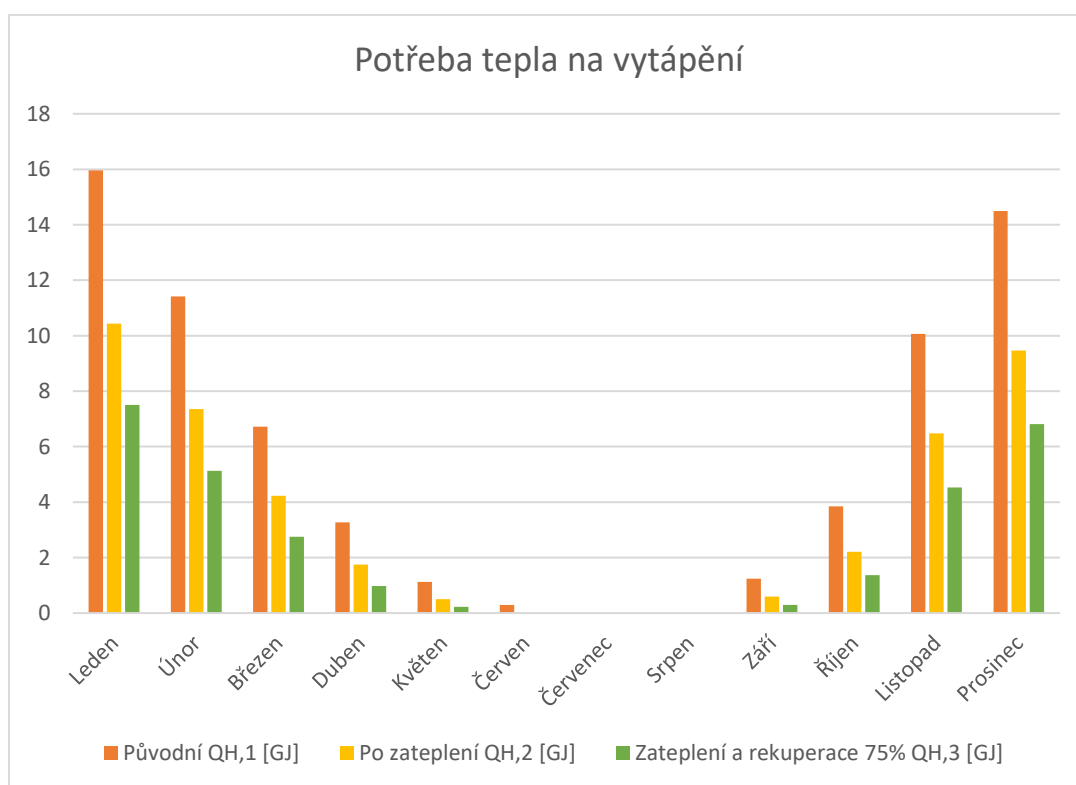
Tab. 1 Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí				
Název konstrukce	Původní součinitel prostupu tepla U	Navrhovaný součinitel prostupu tepla U	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$
	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]
Obvodová stěna 1	0,451	0,196	0,3	0,25
Obvodová stěna 2	0,351			
Střecha	0,364	0,197	0,24	0,16
Okna	2,9	1,2	1,5	1,2
Střešní okno	1,6	1,1	1,4	1,1
Dveře terasa	2,9	1,2	1,7	1,2
Vstupní dveře				
Podlaha parkety	0,514	0,514	0,45	0,3
Podlaha dlažba	0,521	0,521		
Průměrná hodnota U_{em}	0,68	0,39	-	-
Třída obálky budovy	F	D	-	-

Tabulka 2 porovnává původní tepelnou ztrátu objektu a ztrátu po zateplení, lze dopočítat snížení hodnoty téměř o 35%. Výpočet z Excelu viz Příloha 2.

Tab. 2 Porovnání tepelné ztráty objektu před a po zateplení		
Celková tepelná ztráta objektu	7276,98	[W]
	7,28	[kW]
Celková tepelná ztráta objektu původní	11136,96	[W]
	11,14	[kW]
Redukce tepelné ztráty	34,7	[%]

Redukcí tepelné ztráty došlo i k redukci potřeby tepla na vytápění. Rozdíl je znázorněn grafem na obrázku 2. K výraznému zlepšení dojde již po zateplení

obvodových konstrukcí objektu a výměně otvorových výplní, další snížení tepelné ztráty by bylo možné instalací rekuperační jednotky. Kombinace zteplení objektu a využití rekuperace s účinností 75% by vedlo ke snížení potřeby tepla až o polovinu. Vstupní hodnoty pro graf viz protokoly z programu Energie v Příloze 3. Výpočty byly provedeny v programu Energie verze EDU, která nedovoluje rozdělení objektu na více částí, proto byla návrhová vnitřní teplota přepočítána poměrově přes objemy zón na 18,8 °C.

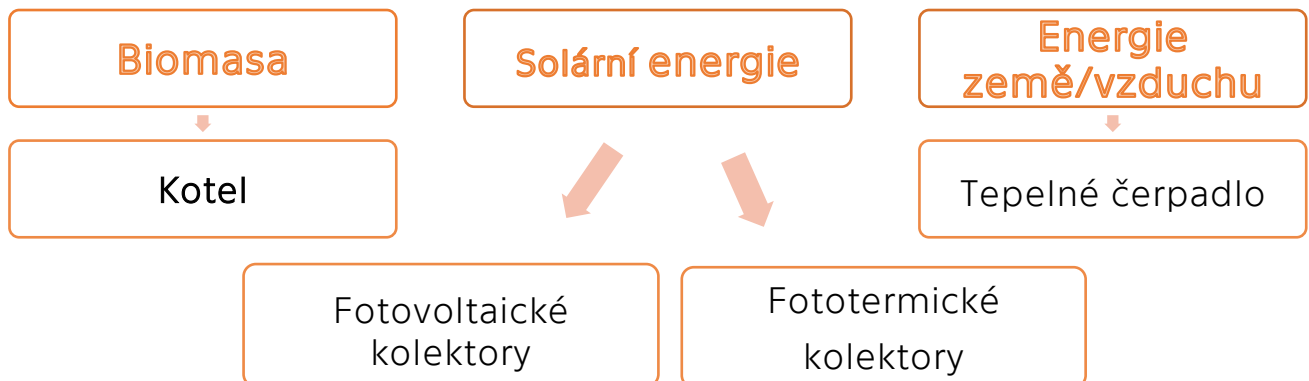


Obrázek 2 Potřeba tepla na vytápění

Studie možností

Při výběru nového zdroje energie budou hlavními kritérii investiční a provozní náklady, vliv zdroje na životní prostředí, uživatelský komfort a samozřejmě možnost realizace a dostupnost v dané lokalitě.

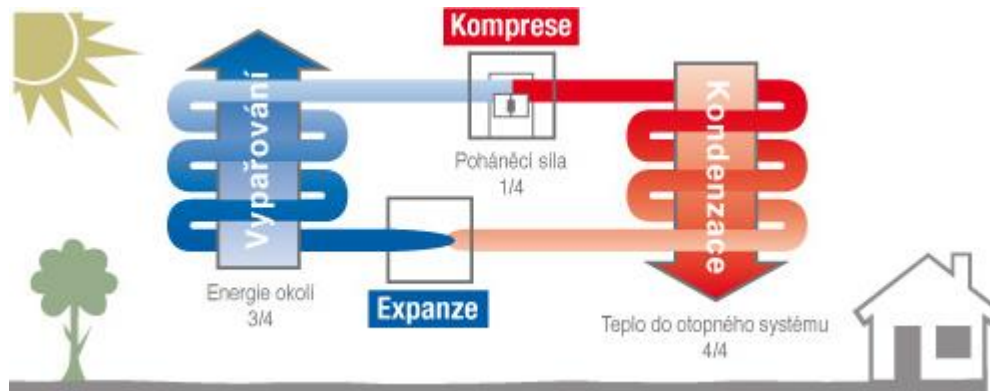
Obnovitelných zdroje energie dostupné v daném místě jsou solární energie, energie země, vzduchu, vody, větrná energie a biomasa. Aby se vyplatila instalace malé větrné elektrárny, je potřeba rychlost větru alespoň 3,5 m/s [3], což je v těchto podmínkách ve výšce instalace turbíny možné, ale nejisté [4], zisky by byly spíše menší a velmi nepravidelné. V okolí se nevyskytuje ani vhodná vodní plocha, která by se dala využívat tepelným čerpadlem. Po zvážení potenciálu daného místa byly jako proveditelné možnosti vybrány biomasa, solární energie, energie země a vzduchu viz Schéma na Obrázku 3, kde je znázorněn i zvažovaný zdroj tepla pro dané možnosti.



Obrázek 3 Dostupné možnosti

Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo (TČ) funguje na principu odebírání nízko-potencionálního tepla z okolního prostředí a převádí ho na vyšší teplotní hladinu. Teplo je nejprve přeneseno pracovní látkou do výparníku, kde je odejmuto chladivem, které se přemění do plynného skupenství. Páry chladiva jsou poté stlačovány v kompresoru a tím se zvýší jejich teplota. Následně teplo předají ohřívané látce v kondenzátoru, zchladí se, zkapalní a vrací se do výparníku. V porovnání s ostatními možnostmi objektů elektricky vytápěných šetří až 65% elektrické energie. [5]



Obrázek 4 Princip tepelného čerpadla [6]

Topný faktor COP, který je poměrem topného výkonu k elektrickému příkonu potřebnému k provozu čerpadla, značí míru efektivity tepelného čerpadla. Nejedná se o konstantní hodnotu, závisí na rozdílu teplot mezi primární a sekundární částí zařízení. Čím je vyšší teplota zdroje a nižší teplota, při které se teplo spotřebovává, tím je tepelné čerpadlo účinnější a tedy topný faktor vyšší. Pro běžné účely se hodnota faktoru pohybuje mezi 2,5 - 4. [5] Topný faktor čerpadel země/voda je vysoký během celého roku na rozdíl od faktoru čerpadel vzduch/voda, který výrazně kolísá v závislosti na teplotě vzduchu exteriéru. [7]

Pro optimální fungování vytápěcího systému je klíčový správný návrh primárního okruhu a nízké teploty topné vody. [8]

Tepelná čerpadla dělíme dle zdrojů tepla, které mohou být [9]:

- Voda - podzemní voda, povrchová voda
- Země – energie zemského jádra, akumulovaná sluneční energie
- Vzduch – z exteriéru, odpadní vzduch

Možné varianty

Tepelné čerpadlo země/voda s hloubkovým vrtem

Primární okruh tvoří vrty hluboké 50 až 150 metrů s minimálním odstupem 10 metrů, v průměru mají 130 až 220 mm. Efektivnější je provést jeden hlubší vrt než dva mělčí. Do vrtů se vloží LDPE hadice s nemrznoucí směsí a vrt se utěsní cementovou nebo jílocementovou směsí. [9]

Výhodami této varianty jsou stabilní a vysoký topný faktor během celého roku i při nízkých venkovních teplotách, výrazně nižší spotřeba elektřiny oproti vzduchovým tepelným čerpadlům, dlouhá životnost, bezhlučný provoz, nízké nároky na údržbu, možnost využití vrtu i pro chlazení. Nevýhodou by byly vyšší investiční náklady a nutnost stavebního povolení pro vrty. [10]

Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem

Primární okruh sestává z polyethylenové potrubí s nemrznoucí směsí uloženého do výkopu do hloubky 1,5 – 2 metru, které odebírá teplo ze zemského jádra a akumulovanou solární energii. Potrubí je vzdálené minimálně 0,6 metru od sebe. Další možností je kolektor slinka, který se skládá ze smyček potrubí. Lze ukládat vodorovně do širšího výkopu 0,9 metru a hloubky 1,5 metru. Lze jej uložit i horizontálně do výkopu 0,3 -0,4 metru, tak aby vrcholy slinek byly v hloubce cca 1,5 metru. Slinky jsou méně prostorově náročné, ale hůře se odvzdušňují. Je vhodné uložit potrubí v rovině nebo mírně z kopce směrem od technického zázemí objektu. [9]

Pořizovací náklady jsou oproti čerpadlu s vrty nižší, srovnatelné se vzduchovými tepelnými čerpadly, ale průměrný roční topný faktor je horší. Zařízení je nehlučné a nenáročné na údržbu, má dlouhou životnost a nižší spotřebu energie než vzduchová tepelná čerpadla. Nevýhodou je omezení další výstavby na pozemku a potřeba dostatečně velkého pozemku. [10]

Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Tepelné čerpadlo má buď venkovní a vnitřní část, vzduch je nasáván ventilátorem ve venkovní části a ochlazován, nebo se skládá pouze z jedné části, kde výměník pro ochlazování vzduchu je umístěn vevnitř, vzduch je nasáván a vypouštěn přes otvory v obvodové konstrukci. Energie obsažená ve vzduchu závisí na vlhkosti. Na rozdíl od vody či zeminy není množství energie úměrné teplotě, ale klesá rychleji, proto tepelné čerpadlo při nižších teplotách pracuje s nízkým topným faktorem. [9]

Tento typ má nižší pořizovací náklady a jeho instalace je jednodušší než u tepelných čerpadel odebírajících teplo ze země. Dá se snadno využít pro chlazení objektu. Kvůli nižšímu topnému faktoru má vyšší spotřebu elektřiny. Provoz je hlučný kvůli venkovní jednotce a kompresor má kratší životnost než u tepelných čerpadel země-voda. [7]

Vyhodnocení potenciálu jednotlivých možností

Tepelné čerpadlo země/voda

Doporučená velikost výkonu tepelného čerpadla je mezi 55 -75% tepelných ztrát budovy pro čerpadla země/voda. Pro vytápěcí soustavy se spádem 55/45°C se osvědčilo uvažovat chladicí výkon při 0/45 °C. [8] Na základě potřebného výkonu je zvoleno tepelné čerpadlo IVT GREENLINE HE C6 – země/voda, technické údaje viz Tabulka 4. (technický list viz Příloha 4)

Tab. 3 Tepelná ztráta objektu		
100%	55%	75%
[kW]	[kW]	[kW]
7,35	4,04	5,51

Potřebná velikost vrtu/plošného kolektoru

Dle geologického rozboru, který byl v minulosti na pozemku proveden, se zde v podloží vyskytují dva horninové komplexy. Jižní je tvořen vápčitými pískovci až slínovci, severní pak vápčitými jílovcí s polohami vápčitých, jílovitých a křemitých pískovců. Kvartérní pokryv o mocnosti 5 metrů je ze sprašové hlíny a jílovopísčitých sedimentů. Zisky z vrtu je tedy možné uvažovat 60 W/m a z kolektoru 20 W/m². [8]

Chladicí výkon Q_{CH} se spočítá jako: $Q_{CH} = Q_T - P$ [8]

Hloubka vrtu H se poté rovná: $H = \frac{Q_{CH}}{q_{VRT}}$ [8]

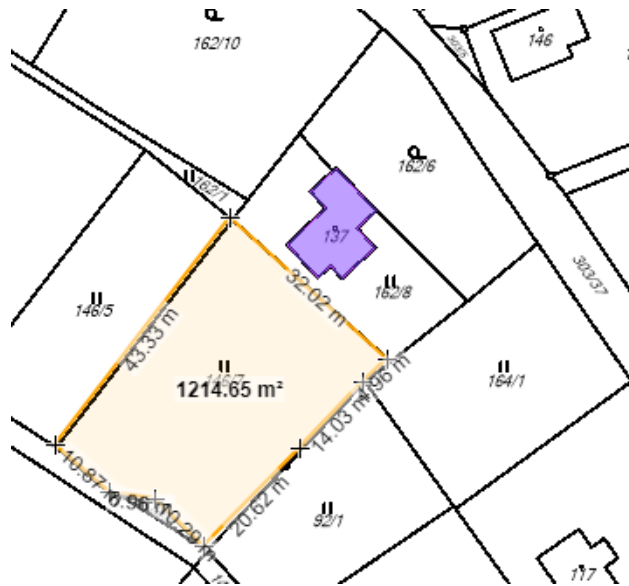
Výsledná hloubka vrtu je uvedena v Tabulce 4.

Tab. 4 Stanovení potřebné hloubky vrtu					
Výkon TČ	Příkon TČ	Chladicí výkon TČ	Topný faktor	Zisk vrtu	Potřebná hloubka vrtu
Q_T 0/45	P	Q_{CH}	COP	q_{VRT}	H
[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[W/m]	[m]
5,1	1,6	3,5	3,2	60	58

Potřebná plocha pro zemní kolektor S se stanoví jako: $S = \frac{Q_{CH}}{q_{KOL}}$ [Prirucka]

Výsledná hodnota je 175 m² viz Tabulka 5, z katastrální mapy bylo odměřena volná plocha využitelná k uložení kolektoru, která činí přes 1200 m², viz Obrázek 5, varianta s plošným kolektorem je tedy proveditelná.

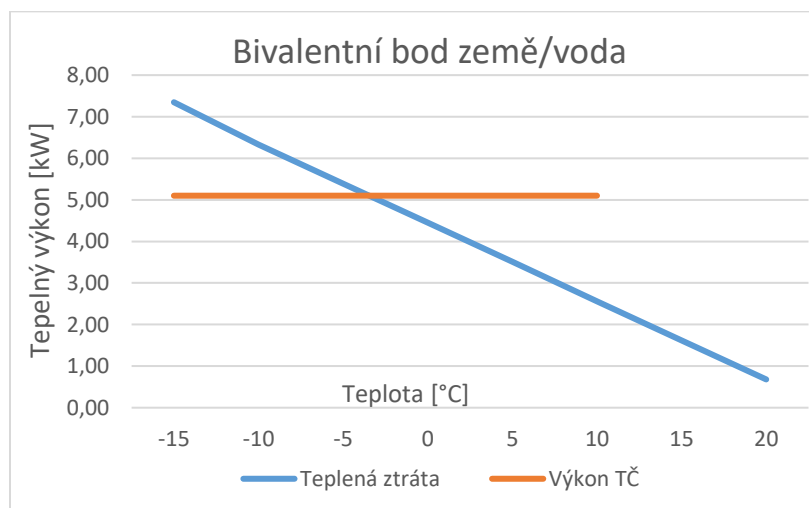
Tab. 5 Stanovení potřebné plochy pro kolektor		
Chladicí výkon TČ	Zisk z plošného kolektoru	Potřebná plocha
Q_{CH}	q_{KOL}	S
[kW]	[W/m ²]	[m ²]
3,5	20	175



Obrázek 5 Využitelná plocha pozemku [11]

Stanovení bivalentního bodu

Tepelný výkon tepelného čerpadla země/voda je konstantní, nemění se tedy v závislosti na venkovní teplotě. Bylo spočteno, že tepelná ztráta při teplotě $-4,7^{\circ}\text{C}$ naroste na hodnotu, kterou už tepelné čerpadlo nepokryje a je potřeba využít druhý záložní zdroj, který je elektrokotel vestavěný v čerpadle, viz Obrázek 6. Výpočty viz Příloha 4.



Obrázek 6 Bivalentní bod TČ země/voda

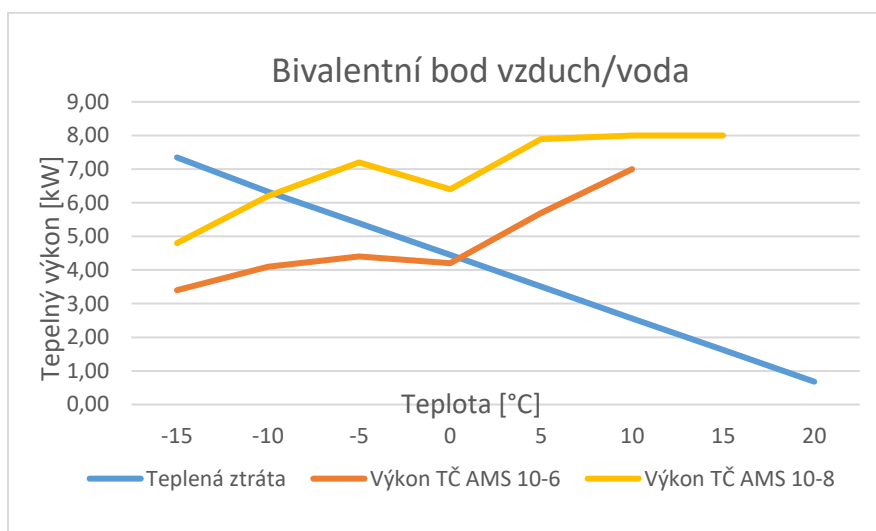
Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Doporučená velikost výkonu tepleného čerpadla vzduch/voda je mezi 65 -90% tepelných ztrát objektu. [8] Dle potřebného výkonu je vybráno tepelné čerpadlo AMS 10, technický list viz Příloha 4.

Tab. 6 Tepelná ztráta objektu		
100%	65%	90%
[kW]	[kW]	[kW]
7,35	4,78	6,61

Stanovení bivalentního bodu

Výkon tepleného čerpadla vzduch/voda se mění dle teploty exteriéru. Pro model AMS 10-6 vychází bivalentní bod kolem 1°C, což je poměrně vysoká teplota a prodražila by provoz zařízení kvůli častému zapojování druhého zdroje. Vhodnější je proto model AMS 10-8, jehož bivalentní bod vychází kolem -9°C, viz obrázek 7. Výpočty viz Příloha 4.



Obrázek 7 Bivalentní bod TČ vzduch/voda

Investiční a provozní náklady

V Tabulce 7 jsou uvedeny pořizovací a provozní náklady jednotlivých možností. Pořizovací náklady zahrnují veškeré zařízení (tepelné čerpadlo, expanzní nádobu, zásobník TUV, ventily atd.), projekční práce i montáž. [12] Provozní náklady byly odhadnuté, viz Příloha 4. Provozní náklady tepelného čerpadla s plošným kolektorem jsou zjednodušeně uvažované jako náklady čerpadla s vrtem, ve skutečnosti by byly vyšší, protože topný faktor je méně stabilní během otopné sezóny a spotřeba elektrické energie by byla větší.

Tab. 7 Náklady			
Varianta	TČ plošný kolektor	TČ vrt	TČ vzduch
Pořizovací náklady [Kč]	297 000	340 000	232 000
Provozní náklady za rok [Kč]	13 400	13 400	19 200

Vzhledem k vlastnostem jednotlivých zdrojů je nejvhodnější variantou tepelné čerpadlo země/voda díky svému stabilnímu a vysokému topnému faktoru během celého roku a nižší spotřebě elektřiny. Lokalita objektu a velikost pozemku umožňuje provedení vrtů či plošných kolektorů, a proto není důvod instalovat méně efektivní tepelné čerpadlo čerpající energii ze vzduchu.

Biomasa

Biomasa je označení pro všechnu organickou hmotu na planetě, biologické palivo je dřevní hmota ve formě briket, pelet, štěpků nebo kusového dřeva. Její výhodou je vyrovnaná bilance oxidu uhličitého a dostupnost. Výhřevnost závisí hlavně na procentuálním hmotnostním podílu vody v hmotě. [13]

Výběr kotle

Dle normy ČSN 305-5 se kotle dělí do 5 tříd podle množství vypouštěných emisí a účinnosti.

Běžně dostupné typy kotlů [8]:

Litínové kotle

Jsou vhodné pro spalování vlhkého kusového dřeva, naopak jsou kvůli prohřívacímu způsobu spalování velmi nevhodné pro spalování drobného dřeva, kdy účinnost klesá na hodnotu kolem 50%. Výkon se dá regulovat pouze minimálně množstvím paliva v násypce. Komín s tahem do 15 Pa je dostatečný. Výhodou je nízká cena, která je ale na úkor účinnosti dosahující reálně 60 % a uživatelského komfortu kvůli malému objemu násypky a nutné častější obsluze. Emisně se většinou řadí do 1. třídy dle ČSN 303-5.

Ocelové kotle s ruční dodávkou paliva

Vhodné palivo je drobnější dřevo a dřevní odpad. Většina kotlů tohoto typu spaluje odhořivacím způsobem s využitím pohyblivého roštu, díky tomu lze snadněji řídit kotel regulací přísávání primárního a sekundárního vzduchu. Komín však musí mít tah nad 25 Pa. K nevýhodám opět patří malý objem násypky a nutnost obsluhy. Účinnost je průměrně 65% a emisně se kotle řadí nejlépe do 2. třídy.

Ocelové kotle speciální

Jedná se o kotle odhořivací, většinou s odtahovým ventilátorem. Mají vyšší účinnost reálně dosahující 75%. Vhodným palivem je kusové dřevo, brikety nebo i drobný dřevní odpad. Výkon lze dobře regulovat dodávaným spalovacím vzduchem. Díky většímu objemu násypky klesá nutná četnost obsluhy. U tohoto typu kotlů je nezbytné udržovat teplotu vratné vody nad 60°C a zapojení akumulární nádoby. Pořizovací cena je vyšší než u výše zmíněných typů. Emisně se řadí do 2. či 3. třídy.

Automatické kotle

Jedná se většinou o ocelové kotle s nuceným nebo i přirozeným odtahem spalin. Hlavní výhodou těchto kotlů jsou zásobníky o velkých objemech s automatickým doplňováním, díky tomu je možný několikadenní provoz bez obsluhy. Vhodným palivem jsou pelety, štěpky nebo piliny. V nabídce je široká škála konstrukčních řešení a přidaných funkcí, od toho se také odvíjí různé ceny, které jsou dvakrát až třikrát vyšší než u obyčejných kotlů. Další výhodou je vysoká účinnost přesahující 80%. Emisně většina z nich splňuje 5. třídu.

Zvoleným kotlem je automatický kotel, jehož nízké nároky na obsluhu značně zvyšují uživatelský komfort a emisně má nejmenší dopad na životní prostředí.

Výběr paliva

Běžně dostupná paliva jsou uvedena v Tabulce 8. Kritériem výběru jsou především náklady, ale zohledněno musí být i dostupné místo k uskladnění zásob na otopné období.

Tab. 8 Porovnání možných paliv						
Druh paliva	Výhřevnost paliva [27]	Účinnost zařízení	Roční potřeba paliva	Roční potřeba paliva	Cena paliva	Náklady
-	H_{zP}	η	B_R	-	-	-
	[MJ/kg]	[-]	[kg/rok]	[prn(s)]	[kč/tuna]	[kč/rok]
piliny, štěpka	12,2	0,85	4148	18,03	1500	6222
brikety, pelety	17	0,85	2977	4,58	4200	12502
kusové dřevo	14	0,85	3615	7,53	3000	10844

Roční potřeba paliva B_R se stanoví dle vzorce: $B_R = \frac{Q \cdot 3600}{\eta H}$ [14]

Kde:

Q je potřeba tepla [Wh/rok]

η je účinnost zařízení [%]

H je výhřevnost paliva [MJ/m³]

Nejlevněji vychází možnost vytápění pilinami či štěpkou, ale tento typ paliva je choulostivý na vlhkost a prostorově náročný na uskladnění. Kusové dřevo není vhodným materiálem pro automatické kotle, a proto jsou zvoleny pelety jako vyhovující palivo. Ke stanovení celkových provozních nákladů je nutné k ceně za palivo přičíst ještě náklady na provoz kotle, viz Tabulka 9. Skutečná hodnota bude nižší, protože ve výpočtu se předpokládá neustálý provoz kotle a je použita

konstantní hodnota spotřeby elektřiny, ale příkon kotle se bude v průběhu času měnit.

Tab. 9 Celkové náklady		
Spotřeba el. Energie	32	[W]
Cena kWh	3,61	[kč]
Otopné období	234	[dny]
Maximální roční náklady na provoz kotle	648	[kč]
Celková roční náklady na vytápění	13150	[kč]

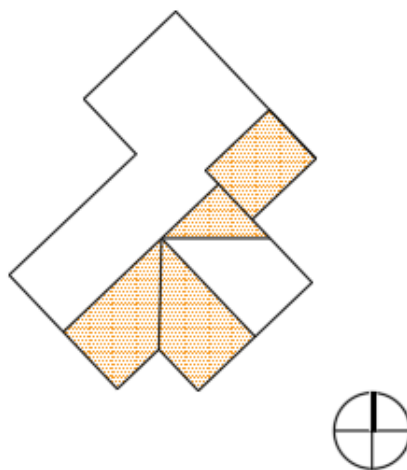
Přestože jsou pořizovací náklady automatického kotle vyšší a je nutné hradit také elektřinu potřebnou k provozu, jeho roční náklady vycházejí nižší než u běžného kotle. Rozdíl je dán účinností zařízení a menší spotřebou paliva, která snižuje roční náklady. V Tabulce 10 je spočtena návratnost investice do automatického kotle jako 7 let, což je velmi příznivý výsledek i vzhledem k záruce 20 let. [15] Spočtené roční náklady viz Příloha 5.

Tab. 10 Porovnání nákladů na vytápění automatickým a běžným kotlem				
	Účinnost zařízení	Pořizovací cena	Roční náklady	Návratnost investice
	[-]	[kč]	[kč/rok]	[rok]
Hercules U38	0,65	46 996	16348	7
Viadrus A68	0,85	69 357	13149	

Solární energie

Solární energie je nejběžnější formou energie dostupnou na zemi, na rozdíl od fosilních paliv je neomezená, nevyčerpatelná a nezpůsobuje znečištění životního prostředí. Instalací systému využívající energii slunce se sníží závislost na jiných zdrojích a potřeba fosilních paliv, z kterých je většina elektrické energie v České republice i celosvětově vyráběna. Další výhodou je i více možností využití energie, lze jí ohřívat vodu či přímo generovat elektrickou energii, která má poté v objektu mnoho dalšího využití. Nevýhodou je nutnost uskladnění energie kvůli nerovnoměrnosti jejího zisku a spotřeby. Také pořizovací náklady mohou být vysoké a nezanedbatelná je i ekologická stopa spojená s výrobou solárních panelů a hlavně baterií.

Výhodná orientace kolektorů je od jihovýchod až po jihozápad, vhodné plochy k osazení kolektorů na střeše řešeného objektu jsou vyznačeny na Obrázku 8. Větší zisky budou dosaženy na dvou nejjižnějších sousedících plochách, kde nedochází ke stínění.



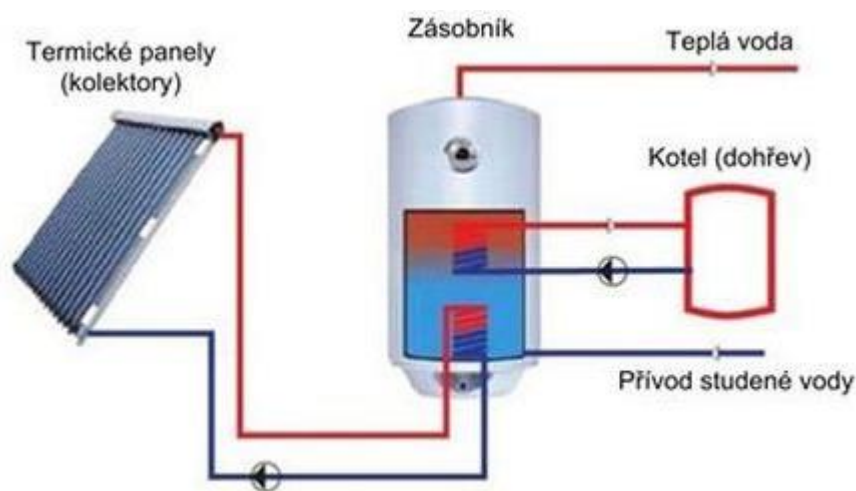
Obrázek 8 Orientace objektu

Solární termický systém

Termický systém je tvořen soustavou trubek vyplněných nosným médiem, které absorbuje sluneční energii a poté ji pomocí teplotnosné kapaliny předá užitkové vodě v zásobníku nebo otopné soustavě, princip je znázorněn na Obrázku 9. Oběhové čerpadlo je řízeno regulační jednotkou dle slunečního svitu a dosažené teploty. Zásobník by měl být umístěn co nejbližší kolektorům, aby došlo k omezení teplotných ztrát vedením. Při využití termických solárních kolektorů pro vytápění je vhodné, aby otopná soustava byla nízkoteplotní. Dojde tím k prodloužení doby využitelnosti a sníží se tepelné ztráty. [16]

Nejvhodnější sklon je v rozmezí 30 – 45°. Podle využití systému se vhodný sklon může lišit od 15° do 60°, sklon 15° se hodí pro rovnoměrnou potřebu během roku (ohřev TUV), sklon 60° je vhodný k dosažení větších zisků během zimního období a tedy krytí potřeby tepla na vytápění. [16]

Životnost systému je kolem 30-ti let. [17]



Obrázek 9 Princip solárního systému[18]

Druhy kolektorů [16]:

- Zasklený plochý, který je nejčastěji používaný a vhodný pro všechny systémy.
- Vakuový trubkový mající vysoký výkon, nastavitelný sklon a orientace i na plochých střeších
- Nezasklený absorbér, jenž je vhodný pro přehřívání vody. Má nižší zisky.

Solární systémy dělíme [5]:

- High-flow: (standartní systém): systém s vysokým průtokem (50-100 l/hm²) využívající standartní sluneční kolektory. Je nutné použití nemrznoucí teplotosné látky. Používá se k přípravě TUV a vytápění.
- Low-flow: systém s nízkým průtokem (20 l/hm²) a standartními slunečními kolektory. Je nutné použití nemrznoucí teplotosné látky. Má nižší účinnost a využívá se k přípravě TUV a vytápění.
- Drain-back: systém s opakovaným vyprazdňováním kolektorů, používá speciální kolektory, není nutná nemrznoucí teplotosná látka. Vhodný k přípravě TUV.

Fototermické kolektory mají oproti fotovoltaickým větší účinnost vztaženou k ploše. Fototermický systém je ale náročnější na údržbu (odvzdušňování, doplňování teplotosné látky) a složitější – nutnost desítek metrů izolovaného potrubí, expanzní nádoby a armatur. [16]

Údaje o množství solární radiace byly zjištěny pomocí veřejně dostupného softwaru spravovaného universitou Mines ParisTech [19]. Po zadání lokality, orientace a sklonu panelu dojde k vygenerování hodinových hodnot radiace za zvolené časové období. Pro naše účely byl použit průměr tří po sobě jdoucích roků spočten v Excelu. Zisky na ploše orientované na JV jsou mírně větší než na druhé ploše orientované na JZ, proto pokud to bude možné, budou všechny panely orientované jihovýchodně.

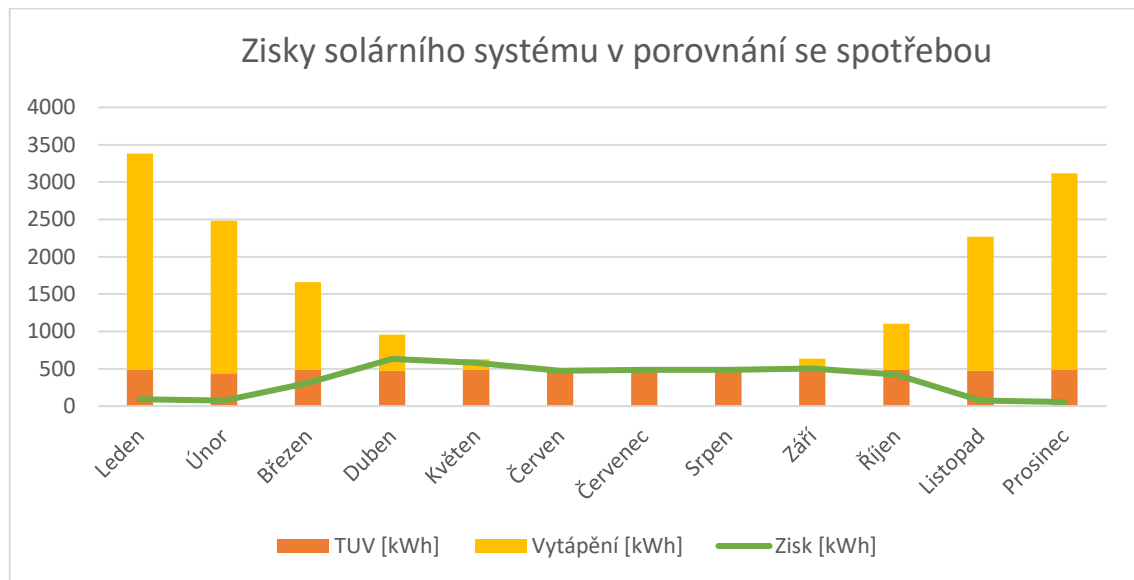
Potřeba teplé vody spočtena v Příloze 6. Navrhované kolektory jsou ploché kolektory Vitosol 200-F, typ SV2D. Technické údaje viz Příloha 6.

Výpočet je založen na f-chart metodě, které byla vyvinuta na základě počítačových simulací v kombinaci s měřením různých systémů a vyhodnocuje roční zisky solárních soustav. [20]

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,246Y^2 + 0,0215Y^3 \quad [20]$$

Kde X je poměr tepelných ztrát zařízení ke spotřebě tepla a Y je poměr pohlceného slunečního záření ke spotřebě tepla, platí za podmínky že $0 \leq X \leq 15$ a $0 \leq Y \leq 3$. Celkový zisk systému Q se potom spočítá jako: $Q = fL$

Pro čtyři panely se sklonem 45° orientované na jihovýchod jsou graficky znázorněny zisky na Obrázku 10, výpočet viz Příloha 6. Čtyři panely v letních měsících pokryjí veškerý ohřev užitkové vody, ale jejich zisky během zimy jsou téměř zanedbatelné. V řešeném objektu není možnost jiného využití solárního systému během léta, jako je například ohřev bazénu, a proto by bylo neekonomické navyšovat jejich počet. Tato možnost je pro náš případ nevhodná a dále o ní již nebude uvažováno.



Obrázek 10 Zisky solárního systému

Fotovoltaický systém

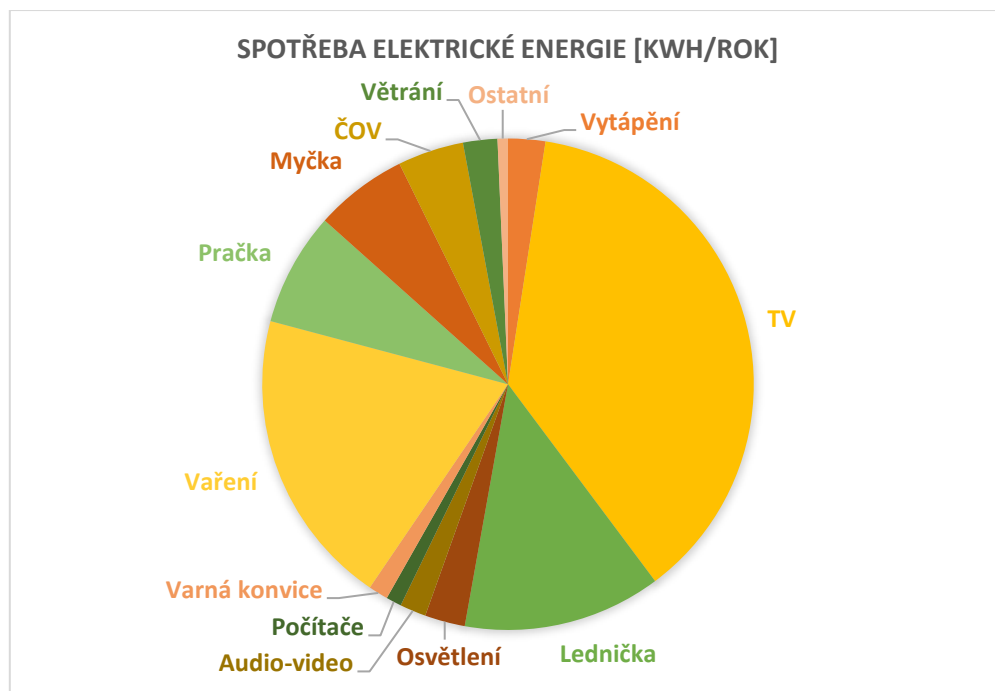
Fotovoltaický systém (PV) přeměňuje velkoplošnými polovodičovými fotodiodami sluneční záření přímo na elektřinu. Pro instalaci jsou potřeba nezastíněné plochy. Nejvýhodnější sklon v letním období je 0° , v zimě 60° - 90° , pro celoroční provoz se vyplatí kompromis 45° . [17]

Dle technologie výroby dělíme panely: [17]

- Monokrystalické, které tvoří tenké plátky krystalu křemíku překryté sklem.
- Polykrystalické z rozemletého křemíku napařeného na desku, což je jednodušší a levnější varianta.
- Amorfni, které mají nižší účinnost, ale pracují i při rozptýleném světle na rozdíl od monokrystalu a polykrystalu, jejichž výkon se bez přímého slunečního svitu snížší na 5-10% výkonu.

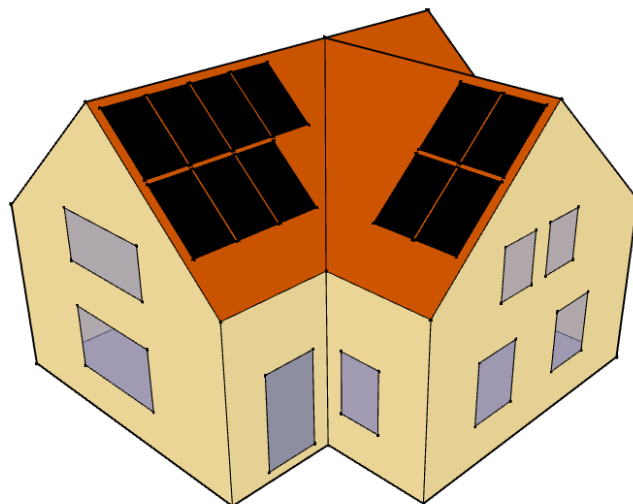
Obdobně jako u fototermického systému by v případě využití elektrického vytápění s využitím fotovoltaických panelů jako hlavního zdroje nastal problém nízkých zisků během zimních měsíců, a proto nebude fotovoltaika zvažována jako hlavní zdroj pro vytápění. Bude ale využita k snížení spotřeby primární neobnovitelné energie u vybrané varianty vytápění.

Na rozdíl od solárního termického systému je širší možnost využití velkých zisků během letních měsíců. Předpokládaná roční spotřeba elektrické energie dle původní technické zprávy je 15,6 MWh za rok, reálná spotřeba z faktur za tři roky je v průměru 5 MWh za rok. Tato hodnota bude upravena dle zvolené varianty vytápění, větrání a ohřevu teplé užitkové vody. Rozdělení spotřeby elektrické energie viz graf na obrázku 11. Zdrojová data grafu viz Příloha 6.



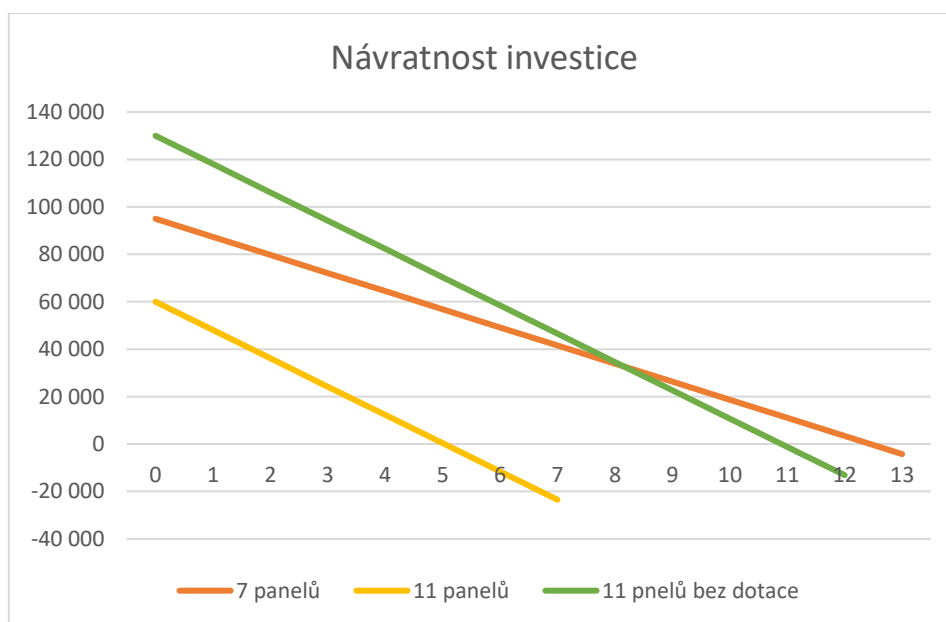
Obrázek 11 Spotřeba elektrické energie

Vhodná místa na umístění panelů jsou na střeše orientované na JZ a JV, viz také obrázek 8 v části solární systém. Při použití panelů GCL 270Wp o rozměrech 992x1640 mm se jich nejvíce vejde sedm na jednu plochu., viz Obrázek 12. Fotovoltaická soustava o sedmi panelech s akumulací energie nesplňuje podmínky pro přidělení dotace Nová zelená úsporám, protože její roční využitelný zisk je menší než 1700 kWh. [21] Proto se vyplatí využít více panelů a využít obě vhodně střešní plochy. Vzhledem k umístění komína na jihozápadní ploše je možné instalovat maximálně jedenácti panelů, aby nedocházelo k jejich stínění.



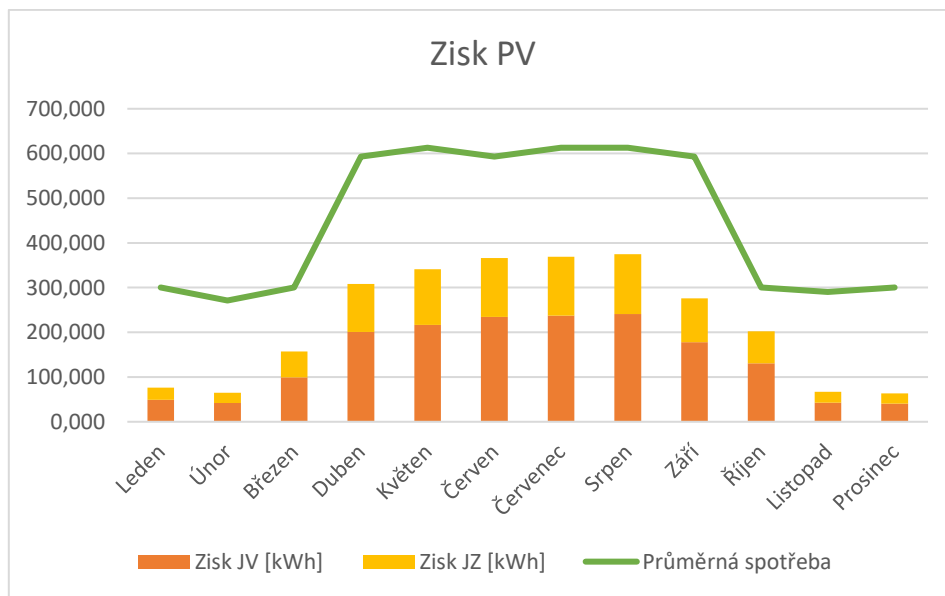
Obrázek 12 Možnost umístění panelů

Graf na obrázku 13 znázorňuje návratnost investice pro elektrárny se sedmi a jedenácti panely, u druhé možnosti ukazuje ještě vliv dotace. Varianta s dotací začne být výdělečná již po pátém roce užívání. Z grafu je zřejmé, že jedenáct panelů má kratší návratnost investice i bez přidělení dotace, neboť roční úspory jsou výrazně vyšší. Ceny elektráren jsou uvažovány s veškerým vybavením včetně úložiště přebytečné energie. [22] Výpočty viz Příloha 6.

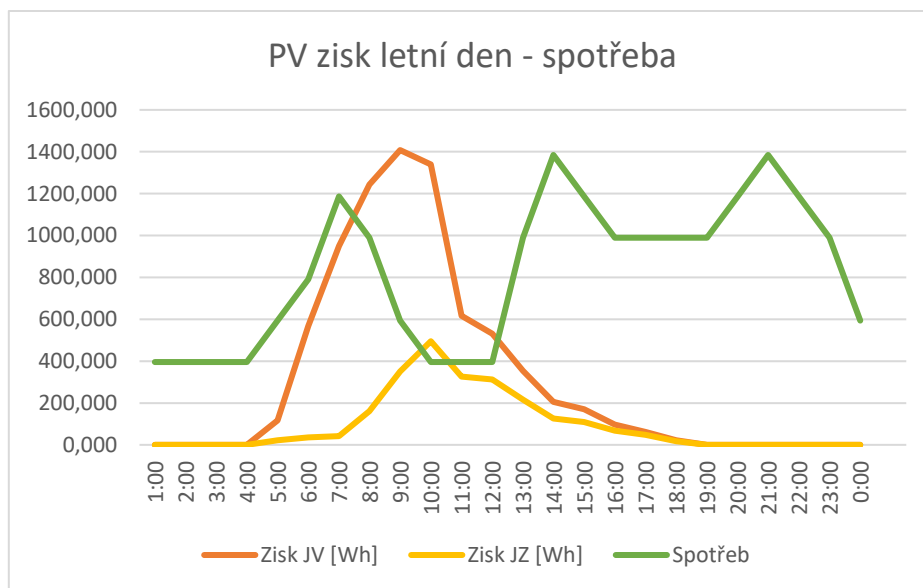


Obrázek 13 Návratnost investice PV

Na obrázku 14 je porovnání zisků a spotřeby elektrické energie během roku. V žádném měsíci zisky nepřevyšují spotřebu, ale na Obrázku 15 je vidět nesoučasnost zisku a odběru v rámci jednoho dne, tento výkyv bude řešen používáním akumulárního zařízení elektrické energie. Instalací 11 panelů dojde ke snížení spotřeby neobnovitelné primární energie o 46%. Výpočty viz Příloha 6.



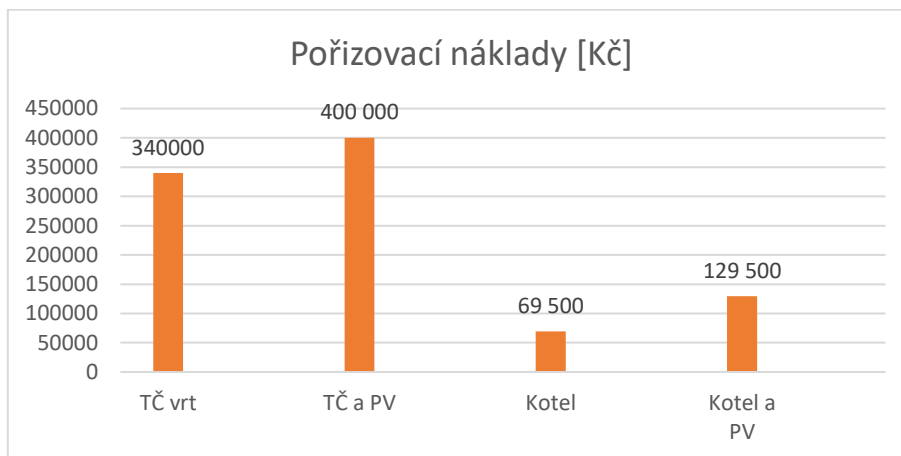
Obrázek 14 Zisk PV po měsících



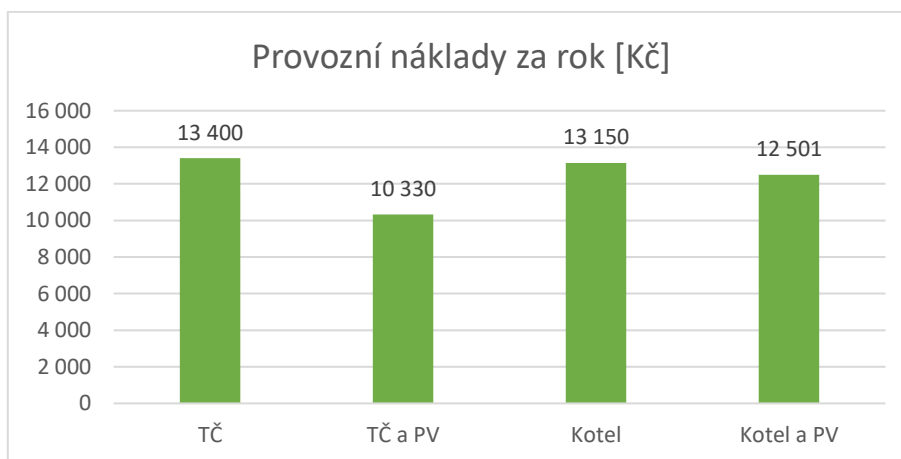
Obrázek 15 Zisk PV během letního dne

Porovnání a vyhodnocení možností

Pořizovací náklady jsou výrazně vyšší u tepelného čerpadla než u automatického kotle na pelety, viz graf na Obrázku 16. Provozní náklady se u všech možnostech pohybují kolem 13 000 Kč, jen u kombinace tepelného čerpadla s malou fotovoltaickou elektrárnou klesají k 10 000 Kč, viz Obrázek 17. Nicméně tento rozdíl není dostatečně velký, aby se vyplatila investice do tepelného čerpadla. Z ekonomického pohledu se tedy vyplatí více využití kotle. Pořizovací a provozní náklady jsou spočteny v Příloze 4 pro TČ v Příloze 5 pro kotel.

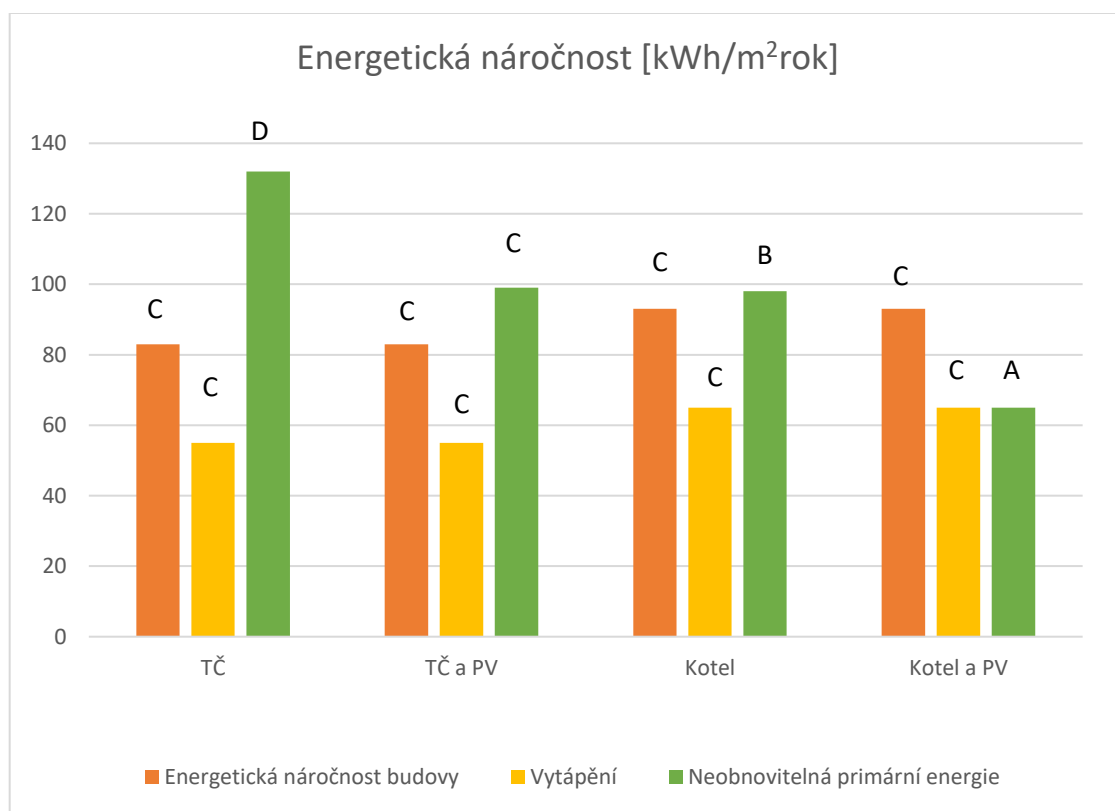


Obrázek 16 Pořizovací náklady



Obrázek 17 Provozní náklady

Energetická náročnost budovy jako celku a systému vytápění je pro všechny varianty v kategorii C - úsporná, vyhodnocení viz Příloha 3, grafické znázornění viz Obrázek 18. U vytápění záleží především na potřebě tepla, která je dána neměnnou tepelnou ztrátou, a proto je ve výsledcích pouze malý rozdíl způsobený efektivitou výroby energie zdrojem tepla. Naopak velké rozdíly jsou ve spotřebě neobnovitelné primární energie, kde se náročnost pohybuje od A – mimořádně úsporná až po D – méně úsporná. Tepelné čerpadlo využívající pouze elektrickou energii dodanou ze sítě vychází jako nejhorší varianta, dokonce ani s instalací fotovoltaických panelů se nedostane do stejné kategorie jako samotný kotel, i když velmi těsně. Obě varianty s automatickým kotlem na pelety vyházejí velmi příznivě nejen, co se týče energetické náročnosti, ale i nákladů, a proto je zvoleným zdrojem tepla právě kotel.



Obrázek 18 Energetická náročnost

Větrání

Prostředí obytných budov je znečišťováno škodlivými látkami, jako jsou oxid uhličitý, radon nebo vodní pára. Pro udržení kvalitního vnitřního prostředí je nutné znehodnocený vzduch odvádět a zároveň přivádět dostatek čerstvého vzduchu.

Aktuální způsob větrání zajišťuje přívod venkovního vzduchu pouze manuálním otvíráním okenních otvorů a infiltrací, ke které dochází kvůli rozdílnému tlaku vně a uvnitř objektu způsobeným rozdílnou hustotou vzduchu a tlakovými účinky větru. Toto řešení nezajišťuje dostatečně velký objem přiváděného čerstvého vzduchu a snižuje kvalitu vnitřního prostředí. Po výměně všech výplní otvorů, dodatečném zateplení střechy a obvodového pláště objektu s předpokladem kvalitního provedení detailů dojde ke snížení průvzdušnosti obálky budovy a ke zvýšení nepohodlí v interiéru. Proto je nutné navrhnout nový způsob větrání zajišťující dostatečný přívod čerstvého vzduchu, odvod škodlivin a vhodné teplotně-vlhkostní klima.

Požadavky na větrání

Požadavky na větrání obytných budov jsou dány normou ČSN EN 15665. Pro trvalé větrání se stanoví objem přiváděného vzduchu jako větší z hodnot vypočtených z potřeby čerstvého vzduchu pro přítomné osoby a hygienicky nutné intenzity větrání. Požadavky a výsledné hodnoty pro jednotlivé obytné místnosti jsou uvedeny v tabulce 11. Hodnoty objemu vzduchu v místnosti byly odečteny z modelu budovy vytvořeného v programu SketchUp.

Norma také udává doporučené hodnoty pro objem odsávaného vzduchu při nárazovém větrání, viz tabulka 13.

Tab. 11 Trvalé větrání						
Č.m.	Max počet přítomných osob	Doporučený objem čerstvého vzduchu dle počtu osob	Objem vzduchu v místnosti	Doporučená intenzita větrání	Doporučený objem čerstvého vzduchu dle intenzity větrání	Navrhovaný objem čerstvého vzduchu
	[-]	[m ³ /h]	[m ³]	[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
1 05	4	100	103,6	0,5	51,81	100,00
1 06	1	25	27,7	0,5	13,84	25,00
2 04	1	25	45,8	0,5	22,9	25,00
2 05	2	50	45,4	0,5	22,7	50,00

Možnosti větrání lze z pohledu tepelných ztrát rozdělit na dvě varianty. V první variantě je vzduch přiváděn přímo z exteriéru bez jakékoli úpravy a zdroj tepla musí pokrýt vzniklou tepelnou ztrátu. Druhá varianta využívá systém zpětného získávání tepla (ZZT) a tím může dojít ke snížení potřeby tepla na vytápění, viz Obr. 2 v části Stavební úpravy., realizace je možná pouze u rovnotlakého větrání.

Větrání s využitím zpětného získávání tepla

Rekuperaci může provádět centrální jednotka a vzduch je distribuován vzduchotechnickými rozvody nebo lze navrhnout lokální jednotky pro všechny obytné místnosti. Dispozice objektu ztěžuje provedení rozvodů bez větších zásahů do konstrukcí, není možné snížit světlou výšku prostorů podhledy a nekryté rozvody by nevyhovovaly majitelům domu.

Vhodnější možností z hlediska provedení je proto využití lokálních rekuperačních jednotek typu Eco Room, technické parametry použity k výpočtům v Příloze 7 jsou převzaty z webové stránky prodejce. [23]

Porovnání nákladů a spotřeby tepla

Pomocí programu Energie byly stanoveny hodnoty pro potřebu tepla na vytápění (viz Příloha 3) a poté dopočítány náklady obou variant. (viz Příloha 5) Veškeré výpočty ve zbytku této části jsou provedeny za předpokladu využití automatického kotle jako zdroje tepla a dřevních pelet jako paliva. Zřejmou výhodou řešení se zpětným získáváním tepla je snížení tepelné ztráty a nákladů na vytápění.

Tab. 12 Náklady a spotřeba tepla pro variantu větrání s rekuperací a bez rekuperace		
	Roční potřeba tepla na vytápění	Roční náklady na vytápění
	[kWh]	[Kč]
Bez rekuperace	11948,1	13150
S rekuperací	8217,2	9246
Ušetřeno	3730,8	3904

Náklady na provoz a návratnost investice

Pro dostatečné větrání všech obytných místností je potřeba 5 lokálních jednotek, díky nim by se snížily roční náklady na vytápění o 2 907,- Kč. Při celkové počáteční investici 77 575 Kč a provozních nákladech 1000 Kč za rok vychází návratnost 27 let, což je pro podobnou instalaci poměrně vysoké číslo, výpočty viz Příloha 7.

Podtlakové větrání

Druhou zvažovanou možností je podtlakové větrání, nucený odvod vzduchu by byl zajištěn ventilátory umístěnými v koupelnách a digestořích v kuchyni. Přívod vzduchu by byl umožněn mřížkami v oknech v obytných místnostech, které mohou být osazeny při výměně okenních výplní během

zateplování objektu. Dveřní prahy by byly odejmuty, aby mohl vzduch proudit mezi místnostmi a došlo k dostatečnému provětrání objektu.

Vybraným řešením je použití ventilátorů značky Cata s čidlem oxidu uhličitého nebo vlhkosti vzduchu, které zajišťují trvalý odvod znečištěného vzduchu a v případě zvětšeného výskytu škodlivých látek automaticky přizpůsobí svůj výkon, technický list viz Příloha 7. Navrhované hodnoty jsou k vidění v Tabulce 13, kde je také dopočtena spotřeba elektrické energie potřebná pro jejich provoz. Z maximálního odvodu vzduchu uvedeného v tabulce také vyplývá, že samotné dva ventilátory mohou odvést i objem vzduchu daný doporučenou intenzitou větrání. Potřebný objem je 209 m³/h při intenzitě 0,5 za hodinu a objemu vzduchu v obytné zóně 419 m³.

Tab. 13 Podtlakové větrání – odvod vzduchu							
Č.m	Název místnosti	Doporučený průtok odsávaného vzduchu	Trvalý odvod	Příkon	Doba provozu	Spotřeba za rok	Max odvod
		[m ³ /h]	[m ³ /h]	[W]	[h/den]	[kWh]	[m ³ /h]
1 05	Kuchyně	150		140	0,5	25,55	
1 04	Koupelna	90	36	4	24	35,04	115
2 02	Koupelna	90	36	4	24	35,04	115
Σ			72			95,6	230

Okenní mřížky mají tři možnosti nastavení objemu přiváděného vzduchu: 45/30/22 m³ za hodinu, viz Příloha 7. V Tabulce 14 je porovnaný doporučený a minimální objem čerstvého vzduchu dle ČSN EN 15665 a objem vzduchu přivedený mřížkami při jejich různém nastavení. Z tabulky je zřejmé, že minimální objem bude vždy zajištěn a doporučený ve většině případů taktěž.

Tab. 14 Podtlakové větrání – přívod vzduchu						
Místnost	Potřebný objem čerstvého vzduchu		Počet přísávacích štěrbin	Přiváděný objem čerstvého vzduchu		
	[m ³ /h]			[m ³ /h]		
	Doporučené	Minimální				
1 05	100	60	3	135	90	66
1 06	25	15	1	45	30	22
2 04	25	15	1	45	30	22
2 05	50	30	1	45	30	22

Spotřeba primární energie

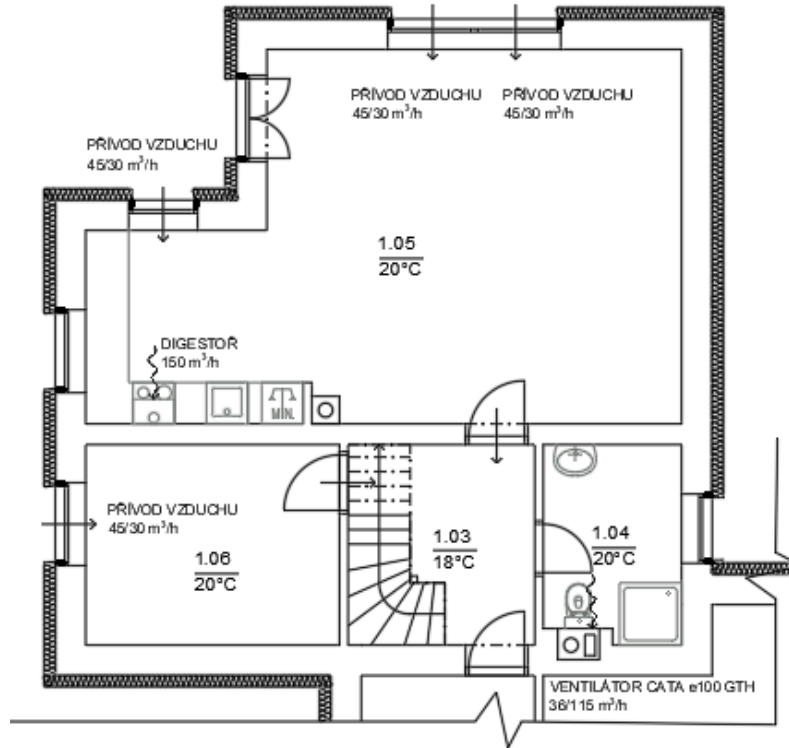
Pro vyhodnocení vlivu na životní prostředí byla spočítána potřeba primární energie obou možností větrání, viz Tabulka 15. Předpokládá se krytí tepelné ztráty automatickým kotlem na pelety a používáním elektrické energie běžně dodávané v ČR, která je většinou vyráběna z fosilních paliv, a proto má velmi vysoký faktor energetické přeměny. Kvůli tomu vycházejí obě varianty velmi podobně, co se týče spotřeby primární energie, přestože potřeba energie na pokrytí tepelné ztráty a provoz ventilátorů je několikanásobně větší než na provoz rekuperačních jednotek.

Tab. 15 Spotřeba primární energie				
		Potřeba energie	Faktor energetické přeměny [24]	Primární energie
		[kWh]	[-]	[kWh]
Podtlakové větrání	Vytápění – pokrytí tepelné ztráty	3730,8	0,15	559,6
	Ventilátory - provoz	95,6	3	286,9
	Σ			846,5
ZZT	Lokální rekuperační jednotky - provoz	276,4	3	829,1

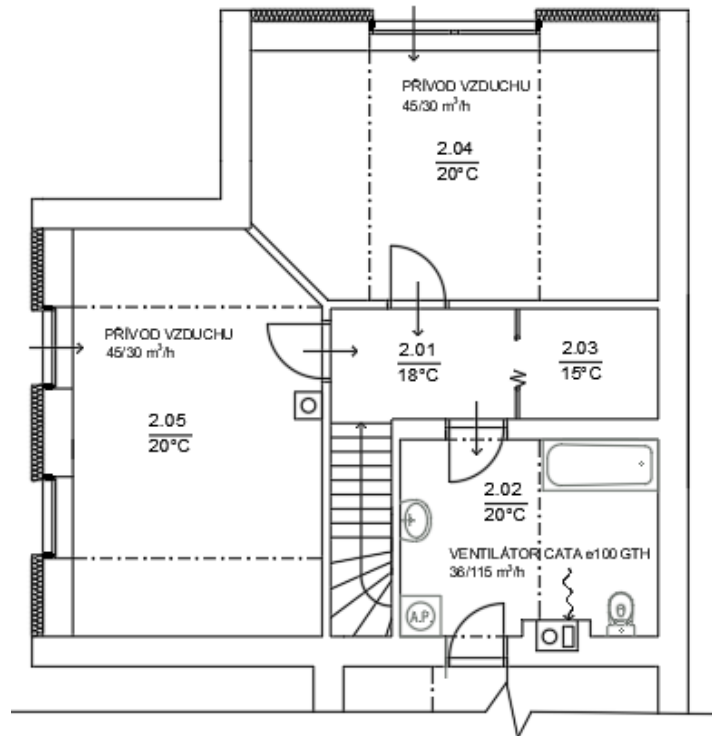
Závěr

Přestože rekuperační jednotky snižují potřebu tepla na vytápění, jejich provoz není výrazně šetrnější k životnímu prostředí než druhá varianta. Počáteční investice je poměrně vysoká a její návratnost nejistá. Lokální rekuperační jednotky také nezajistí rovnoměrné provětrání objektu. Z těchto důvodů je navrženo nucené podtlakové větrání.

Schéma vybraného řešení viz Obrázky 19 a 20 na další straně.



Obrázek 19 Schéma větrání - přízemí



Obrázek 20 Schéma větrání – první patro

Nové řešení systému vytápění

Základní údaje

Nový systém vytápění je navržen na základě tepelné ztráty objektu při výpočtové vnější teplotě -15°C . Potřeba tepla na vytápění po navržených stavebních úpravách – zateplení obvodových stěn a střechy se rovná 43 GJ ročně.

Zdroj tepla

Nově navržený kotel je litinový kotel značky Viadrus typ A68 dostupný v několika velikostech dle množství článků. Kotel má funkci automatického zapalování. Nejvhodnějším palivem jsou dřevní pelety. Řadí se do 5. emisní třídy dle ČSN 303-5. Technické specifikace převzaty z technického listu od výrobce (viz Technický list Příloha 5) jsou uvedeny v Tabulce 16.

Tab. 16 Technické údaje VIADRUS A68 S-15-P		
Modulový výkon	4,5 - 15	kW
Počet článků	5	ks
Účinnost	90,4	%
Minimální požadovaný komínový tak	18	Pa
Doporučená provozní teplota topné vody	65 - 80	$^{\circ}\text{C}$
Minimální teplota vratné vody	50	$^{\circ}\text{C}$
Objem vodního prostoru kotle	40,5	l
Spotřeba elektrické energie (min. / jm. výkon)	18/32	W
Objem palivového zásobníku	265	l

Kotel bude umístěn vodorovně na nehořlavé podložce přesahující kotel po stranách o 20 mm ve vzdálenosti alespoň 200 mm od hořlavých hmot. [15]

Během otopné sezóny je kotel využit také k ohřevu teplé užitkové vody pomocí trubkového výměníku tepla v zásobníku teplé vody OKCE 180.

Odvod spalin

Připojení kotle bude provedeno jako podtlakové, minimální komínový tah pro kotel Viadrus A68 je dle technického listu 18 Pa (viz. Tabulka 16). Odvod spalin musí být těsný kvůli kondenzačnímu typu provozu. Oba tyto nároky splňuje stávající komín značky Schiedel. [25]

Přívod vzduchu

Do technické místnosti musí být zajištěn trvalý přívod vzduchu pro spalování a větrání. Pokrytí spotřeby vzduchu 95 m³ za hodinu bude zajištěno dvěma otvory o celkové ploše 0,03 m². [15]

Palivo

Palivem budou dřevní pelety, které budou vždy uskladněné na celou otopnou sezónu v technické místnosti ve vyhrazeném prostoru v bezpečné vzdálenosti min. 1 metr od kotle. Prostor na uskladnění je vyznačen na výkresu č. 1, Příloha 10.

Předepsaná zrnitost pelet je dle výrobce kotle 6 až 8 mm a obsah vody by neměl překročit 12%. [15]

Otopná soustava

Otopná soustava musí být napuštěna vodou splňující podmínky dle ČSN 07 7401, především její tvrdost musí vyhovovat požadavkům. Otopná soustava je uzavřená, osazená expanzní nádobou s membránou o objemu čtyři litry. Výpočet objemu expanzní nádoby viz Příloha 9. Soustava je řešena jako teplovodní s teplotním spádem 75/65°C. Oběh otopné vody je nucený.

Materiál rozvodu je měď, ležatý rozvod je umístěn pod stropem či u podlahy dle prostorové dispozice. V objektu jsou tři stoupačí potrubí vedoucí do prvního patra, všechny ležaté rozvody v patře jsou vedeny u podlahy. Potrubí je připevněno pomocí ocelových úchytek s izolační vložkou, spoje rozvodů jsou

lisované. Návrh dimenzí byl proveden metodou optimální rychlosti v potrubí, viz Příloha 9. Tepelná izolace potrubí je v souladu s ČSN EN 12828.

Otopná tělesa

Otopná tělesa jsou navržena dle tepelné ztráty jednotlivých místností, které byly spočteny v programu TechCon, viz Příloha 8. Tělesa jsou desková se spodním připojením přes šroubení, propojení těles je dvoutrubkové, paralelní. Přehled otopných těles po jednotlivých místnostech viz Tabulka 17, údaje jsou převzaty z webové stránky prodejce. [26] Tělesa jsou uchycena pod okny pomocí dvou horních a dvou dolní příchytek na zadní straně.

Všechna tělesa mají odvzdušňovací zátku a do vnitřního rozvodu zabudovaný osmi-stupňový regulační ventil. Nastavení ventilu viz Výkres 3 v Příloze 10 a výpočet v Příloze 9. Pro regulaci vzduchu v místnosti je na přívodním potrubí osazená termostatická hlavice.

Tab. 17 Otopná tělesa po místnostech						
Č.m.	Název místnosti	Tep. ztráta	Otopné těleso RADIK VK(L)	Výkon tělesa	Pokrytí tep. ztráty	Objem vody
		[W]		[W]		
1 01	Vstupní místnost	496	10 (600/800)	483	97%	2,48
1 02	Technická místnost	899	11 (600/800)	802	89%	2,48
1 03	Chodba	-10				
1 04	Koupelna	392	10 (500/800)	411	105%	2,16
1 05	Obývací pokoj s kuchyní	1926	10 (600/2000)	1208	104%	6,2
			11 (600/800)	802		2,48
1 06	Pokoj	531	10 (600/900)	544	102%	2,79
2 01	Chodba	76				
2 02	Koupelna	755	11 (700/1100)	763	101%	4,73
2 03	Technická místnost	19				
2 04	Pokoj 1	1269	10 (600/2000)	1208	95%	6,2
2 05	Pokoj 2	1260	10 (600/1000)	604	96%	3,1
			10 (600/1000)	604		3,1
2 06	Šatna	565	10 (600/900)	544	96%	0,9
						36,62

Armatury a regulace

Uzavírací kulové kohouty jsou osazeny před zásobníkem teplé vody, kolem filtru a čerpadla a na začátku otopného okruhu tak, aby umožnily uzavření jednotlivých úseků a případné opravy. Vypouštěcí kohout je umístěn na nejnižším místě soustavy v technické místnosti.

Na výstupní straně kotle bude osazen pojistný ventil, tlakoměr a teploměr. Pojistným ventilem s otevíracím přetlakem rovným maximálně konstrukčnímu tlaku expanzní nádoby je opatřena i expanzní nádoba. Na přívodním potrubí je také zpětný ventil zabraňující změně směru proudění.

Kotel je vybaven regulací Siemens Climatix, která řídí zapínání a vypínání vytápění pomocí prostorového termostatu, ohřev TUV a směšování vody, které kvalitativně reguluje výkon. Prostorový termostat snímá stav v místnosti a v exteriéru a umožňuje přepínání režimů, vypnutí kotle a navýšení teploty místnosti. Každé otopné těleso je vybaveno regulačním ventilem s termostatickou hlavicí.

Odvzdušnění soustavy je zajištěno pomocí odvzdušňovacích armatur na otopných tělesech v patře a automatického odvzdušňovacího ventilu v technické místnosti.

Na vratném potrubí je třicestná směšovací armatura, která zajišťuje teplotu vratné vody minimálně 50°C a tím optimální provozní podmínky.

Pro zajištění cirkulace otopné vody je navrženo elektronicky řízené oběhové čerpadlo Grundfos dle tlakové ztráty a průtoku okruhu, viz Příloha 9. Před čerpadlem je filtr zachytávající nečistoty, který chrání čerpadlo před poruchou.

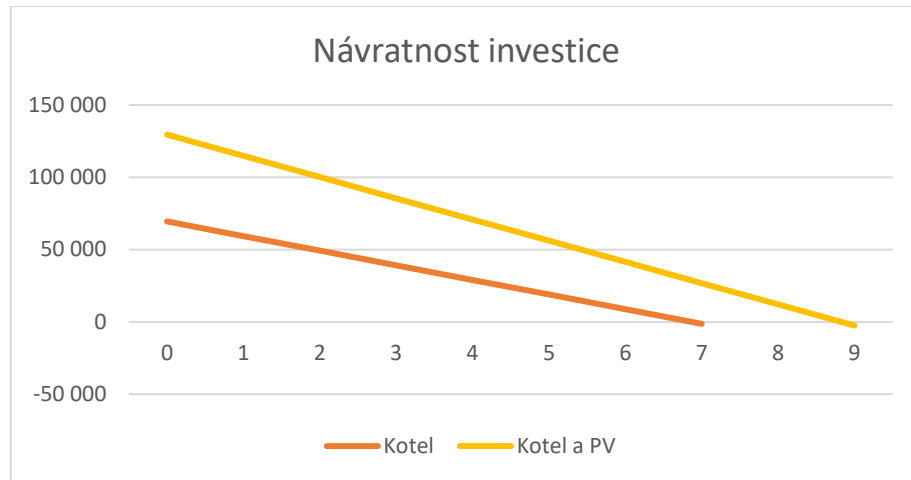
Umístění armatur viz Příloha 10, výkres č. 4 Schéma kotelny.

Vyhodnocení

Náklady na vytápění klesnou o 44% až 46% z původních 23 000 Kč ročně, jednak díky snížení tepelné ztráty, ale také díky vyšší efektivitě zdroje tepla. Spotřeba primární neobnovitelná energie rovněž klesne o 34% nebo 48% dle rozhodnutí investora o instalaci malé fotovoltaické elektrárny. Pozn.: Údaje v tabulce 18 se týkají pouze vytápění. Potřeba energie na vytápění viz protokoly z programu Energie v Příloze 3. Provozní náklady spočteny viz Příloha 5.

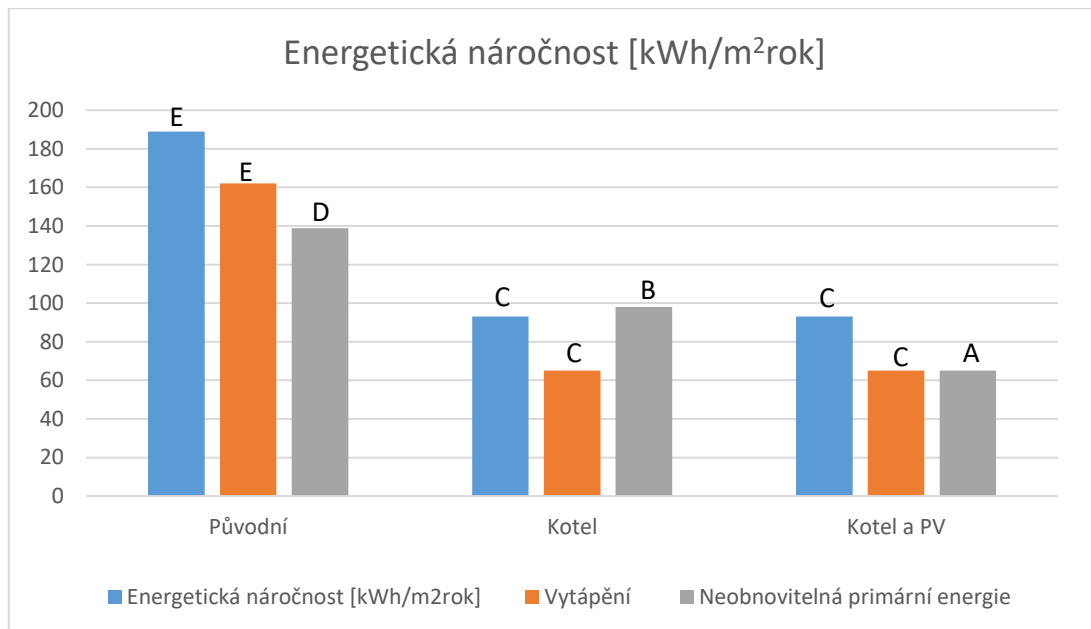
Tab. 18 Porovnání původního a navrhovaného řešení						
	Provozní náklady	Potřeba energie	Faktor energetické přeměny		Primární neobnovitelná energie	
	[kč/rok]	[kWh]	[-]		[kWh]	
Původní	23267	17108,2	Dřevo (90%)	0,05	855,4	3516,7
		1900,9	Uhlí (10%)	1,4	2661,3	
Návrh	13149	11948,1	pelety	0,15	1792,2	2331,3
		180	elektřina	3	539,1	
Návrh s PV	12501	11948,1	pelety	0,15	1792,2	1828,2
		180	elektřina	0,2	35,9	

Z investice (viz kapitola Studie možností – porovnání a vyhodnocení) a ušetřené částky lze dopočítat návratnost, výsledek 7 a 9 let je vzhledem k předpokládané životnosti systémů velmi příznivý. Grafické znázornění viz Obrázek 21 na další straně.



Obrázek 21 Návratnost investice

Energetická náročnost budovy se zlepší o dvě kategorie z E – Nehospodárná na C – Úsporná především díky zateplení obvodových konstrukcí a výměně otvorových výplní. Výrazné zlepšení o dvě kategorie ale nastane i u systému vytápění. U spotřeby neobnovitelné primární energie je zlepšení o jednu až dvě kategorie v závislosti na instalaci fotovoltaických panelů. (Pozn. Program Energie EDU neumožňuje zadání více energonositelů, proto byl použit výsledek z Tabulky 18 přepočtený na plochu.)



Obrázek 22 Porovnání energetické náročnosti návrhu a původního stavu

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout rekonstrukci systému vytápění tak, aby využíval obnovitelný zdroj energie, a tím snížit energetickou náročnost již existující budovy.

Návrhem stavebních úprav se podařilo dosáhnout téměř u všech typů konstrukcí požadované hodnoty součinitele tepla dle ČSN 73 0540-2 a snížit tepelnou ztrátu budovy o téměř 35 %. Také byl navržen systém větrání, který zajišťuje dostatek přiváděného čerstvého vzduchu a nevyžaduje přídavné stavební úpravy. S větším zásahem do objektu by bylo možné ještě snížit energetickou náročnost budovy, například zateplením podlah a instalací rovnotlakého systému větrání se zpětným získáváním tepla. To by ale vedlo ke značnému prodražení rekonstrukce, a proto bylo zvoleno řešení, jehož uskutečnění je méně finančně náročné a reálnější.

Úspěšně byl stanoven potenciál jednotlivých možností nových zdrojů tepla, vyhodnocena možnost realizace, odhadnuty provozní a pořizovací náklady a zjištěna spotřeba neobnovitelné primární energie. Na základě těchto informací byl vybrán automatický kotel na pelety jako vhodný zdroj tepla, toto řešení bylo vypracováno jako dokumentace potřebná ke stavebnímu povolení. Díky novému řešení systému vytápění a zateplení objektu byla snížena energetická náročnost budovy a vytápění z kategorie E – Nehospodárná na C – Úsporná. Zlepšení bylo dosaženo i co se týče vlivu provozu na životní prostředí, neboť spotřeba neobnovitelné energie se snížila až o 48%.

Seznam příloh

Příloha 1 – Součinitele prostupu tepla

Příloha 2 – Tepelné ztráty

Příloha 3 – Výsledky z programu Energie

Příloha 4 – Tepelné čerpadlo

Příloha 5 – Biomasa

Příloha 6 – Solární energie

Příloha 7 – Větrání

Příloha 8 – Tepelné ztráty místností

Příloha 9 – Otopná soustava

Příloha 10 – Výkresy a technická zpráva

Zdroje

Webové stránky

- [1] <https://www.czso.cz/csu/czso/pres-polovinu-energie-protopime>
- [2] https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/en_dg_energy_infographics_020217_0.jpg
- [3] <http://www.level.org.nz/energy/renewable-electricity-generation/wind-turbine-systems/>
- [4] <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>
- [6] <http://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/tepelna-cerpadla-pro-rodinne-domy/princip-tepelneho-cerpadla.php>
- [7] <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/princip-tepelnych-cerpadel>
- [10] <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vrt>
- [11] <http://sginahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=2576892604&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [12] <http://www.uspornevytapeni.cz/cenova-kalkulace>
- [13] <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody>
- [27] <https://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/biomasa/cena-biomasy-pelety-a-brikety-jsou-v-lete-levnejsi.aspx>
- [14] <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&typ=0>
- [15] <https://www.viadrus.cz/projekcni-podklady-76.html>
- [18] <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2014030602/cvut-praha-fotovoltaicky-system-pro-pripravu-teple-uzitkove-vody>
- [19] <http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/helioclim-3-real-time-and-forecast>
- [21] <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>
- [22] <https://www.s-power.cz/fotovoltaicka-elektrarna-s-power-maxi/>
- [23] <https://www.luftuj.cz/p/eco-room-100-310-mala-rekuperacni-jednotka/>
- [24] <https://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=62&sub=181>

[25] <https://www.schiedel.com/cz/produkty/keramicke-kominove-systemy/absolut/>

[26] http://eshop.instalrenc.cz/documents/294726/cs/korado__tech__param__radik__klasik__vk__vku__vkl.pdf

Literatura

[5] BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. Alternativní zdroje energie. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-010-2802-X.

[8] Topenářská příručka. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.

[9] Tepelná čerpadla. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2005. 21. století. ISBN 80-736-6031-8.

[16] HALLER, Andreas. Solární energie: využití při obnově budov. Praha: Grada, 2001. Stavitel. ISBN 80-716-9580-7.

[17] MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. Solární energie pro váš dům. Brno: ERA, 2005. 21. století. ISBN 80-736-6029-6.

[20] ERIKSEN, Age Bredahl, Renewable energy, Vitus Bering CVU, 2nd edition, 2003

Normy

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

ČSN EN 303-5 Kotle pro ústřední vytápění - Část 5

ČSN EN 12831 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu

ČSN EN 15665 Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov

ČSN 07 7401 Voda a pára pro tepelná energetická zařízení s pracovním tlakem páry do 8 MPa

ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav