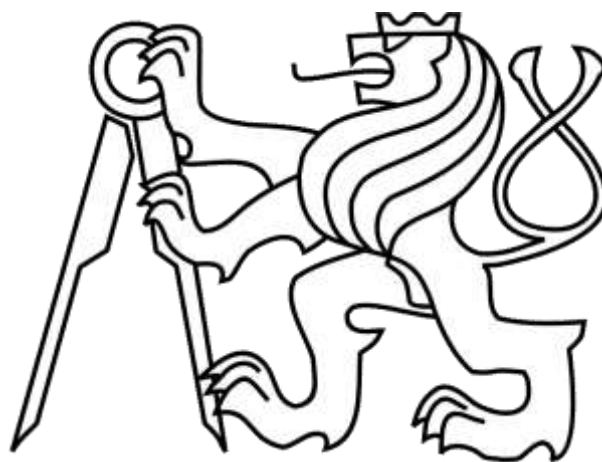


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technických zařízení budov



DIPLOMOVÁ PRÁCE



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Čermáková Jméno: Nikola Osobní číslo: 370991
Zadávající katedra: K125
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vytápění a větrání s využitím obnovitelných zdrojů
Název diplomové práce anglicky: Heating and ventilation systems using renewable sources

Pokyny pro vypracování:

Zpracování studie: obecné využití obnovitelných zdrojů, využití při nízkoteplotním vytápění, aplikace obnovitelných zdrojů na referenčním objektu, parametry teplot tlaků a výkonů, zvolení vhodné varianty zdroje a otopného systému, energetická, ekonomická výhodnost.

Zpracování projektu: parametry vnitřního prostředí, legislativní podklady, návrh zdroje tepla a systému vytápění, technická zpráva, výkresová dokumentace v rozsahu DSP

Seznam doporučené literatury:

J.Chyský - K. Hemzal: Větrání a klimatizace

Petrák J., Petrák M.: Tepelná čerpadla

Cihelka J.: Vytápění

Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov I

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Vladimír Jelinek, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 24.2.2017

Termín odevzdání diplomové práce: 21.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

4.3.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce doc. Ing. Vladimíra Jelínka, CSc.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 19.5.2017

Bc. Nikola Čermáková

**VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ S VYUŽITÍM
OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ**

**HEATING AND VENTILATION SYSTEMS USING
RENEWABLE SOURCES**

ANOTACE

Práce se zabývá využitím obnovitelných zdrojů energie v obecné rovině a aplikací návrhu takového zdroje na vybraný objekt, porovnání zvoleného zdroje s referenční variantou z hlediska energetické a ekonomické výhodnosti.

Druhou částí práce je zpracování projektové dokumentace v rozsahu pro stavební povolení pro zvolený systém větrání a vytápění v referenční i vybrané variantě využívající obnovitelné zdroje.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, větrání, obnovitelné zdroje energie, tepelné čerpadlo, kondenzační kotel, ekonomická náročnost, energetická náročnost, doba návratnosti.

ANNOTATION

The first part of diploma thesis is focused on the use of renewable energy sources in general and application of design of this type of source to the chosen object. In this part is furthermore compared the chosen source with the referential variant in terms of energetical and economical efficiency.

The second part of the thesis is the elaboration of the project documentation in the scope of the building permit for the ventilation and heating system both for the referential and chosen variant using renewable sources.

KEY WORDS

Heating, ventilation, renewable energy sources, heat pump, condensing boiler, economic efficiency, energy efficiency, return on investment.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Vladimíru Jelínkovi, CSc. za odborné, ochotné a trpělivé vedení v průběhu této práce. Zároveň děkuji za poskytnutí cenných rad a připomínek, kterých bylo zapotřebí pro dokončení této práce.

SEZNAM ZKRATEK

OZE – Obnovitelné zdroje energie

PEZ – Primární energetické zdroje

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

ENB – Energetická náročnost budovy

PEN – Průkaz energetické náročnosti

OPŽP – Operační program Životní prostředí

OPPIK - Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost

ERÚ - Energetický regulační úřad

RD - Rodinný dům

BD – Bytový dům

HFVE – Hybridní fotovoltaická elektrárna

TV - Teplá voda

TČ - Tepelné čerpadlo

SPF (SCOP) - Sezónní topný faktor tepelného čerpadla

COP - Topný faktor tepelného čerpadla

BRKO – Biologicky rozložitelný komunální odpad

ZEVO - Zařízení na energetické využití odpadu

KO - Komunální odpad

ZZT – Zpětné získání tepla

VZT - Vzduchotechnika

Obsah

1	Úvod.....	10
A.	Studie – obecné využití OZE.....	11
2	Energetická situace v české republice	11
2.1	Spotřeba energie.....	11
2.2	Využití oze.....	12
2.3	Legislativa	14
2.3.1	Legislativa EU	14
2.3.2	Legislativa ČR	14
2.4	Podpora využití oze	15
2.4.1	Podpora využití OZE v ČR	16
3	Typy obnovitelných zdrojů.....	17
3.1	Sluneční energie - teplo.....	17
3.1.1	Solární kolektory v ČR.....	18
3.1.2	Druhy slunečních kolektorů	19
3.1.3	Potenciál využití	20
3.2	Sluneční energie – elektřina	20
3.2.1	Fotovoltaické systémy v ČR	21
3.2.2	Fotovoltaické systémy pro RD a BD.....	22
3.2.3	Potenciál využití	24
3.3	Energie prostředí – tepelná čerpadla.....	24
3.3.1	Využití Tepelných čerpadel v ČR	25
3.3.2	Rozdělení tepelných čerpadel	26
3.3.3	Potenciál Tepelných čerpadel	31
3.4	Energie biomasy.....	31
3.4.1	Biomasa v ČR	32
3.4.2	Zařízení pro energetické využití	33
3.4.3	Potenciál využití	34
4	Nízkoteplotní vytápění a OZE	35
4.1	Solární kolektory.....	35

4.2	Teplená čerpadla.....	36
B.	Studie – aplikace OZE na vybraný objekt	37
5	Vybraný objekt	38
5.1	Popis objektu.....	39
5.2	Projekční podklady	41
5.3	Energetická koncepce objektu.....	41
5.3.1	Architektonicko-stavební Koncepce	41
5.3.2	Tepelně technické parametry objektu.....	42
5.3.3	Hygienické požadavky.....	44
5.3.4	Zónování objektu	46
5.3.5	Energetická bilance – referenční varianta	47
5.3.6	Koncepce návrhu VZT.....	50
5.3.7	Potřeba tepla pro přípravu teplé vody	51
5.4	Referenční varianta	53
5.4.1	Koncept návrhu	53
5.4.2	Ekonomická náročnost varianty.....	57
5.5	Aplikace OZE na zadaný objekt	59
5.5.1	Solární kolektory.....	59
5.5.2	Tepelná čerpadla.....	61
5.5.3	Biomasa	63
5.6	Vybraná varianta – TČ vzduch - voda	63
5.6.1	Koncept návrhu	64
5.6.2	Ekonomická náročnost varianty.....	67
5.7	Vyhodnocení	68
5.7.1	Energetické hledisko	68
5.7.2	Ekonomické hledisko.....	69
6	Závěr.....	72
	Zdroje.....	74
	Seznam obrázků, tabulek a grafů	78
	Seznam příloh.....	80
	Seznam Výkresů.....	80

1 ÚVOD

Tato diplomová práce se věnuje vytápění a větrání v komunitním domě pro seniory s možností využití obnovitelných zdrojů energie. Práce se skládá ze dvou hlavních celků, prvním je studie a druhým samotný projekt vytápění a větrání.

Cílem studie je zpracování obecného přehledu o využití obnovitelných zdrojů energie. Studie je zaměřena na využití obnovitelných zdrojů v ČR a především jejich aplikaci na objektech podobných jako je ten zadáný, je zmíněn i potenciál jejich využití v budoucnu. Na využitelnost obnovitelných zdrojů navazuje i způsob předání tepla uvnitř objektu. Častým způsobem je nízkoteplotní vytápění a jeho návaznosti na obnovitelné zdroje je věnována část práce. Druhý cíl studie přechází z obecné roviny do konkrétní a je jím aplikovat obnovitelné zdroje energie na vybraný objekt. Předtím jsou definovány potřeby objektu a požadavky na zdroj tepla. Energetická náročnost nezávisí pouze na zvoleném systému vytápění a zdroji tepla, ale i na způsobu větrání objektu. Proto je návrh větrání objektu součástí úvahy o volbě zdroje energie. Je zvolena jedna vhodná varianta zdroje tepla a ta je podrobněji popsána. Aby mohla být stanovena energetická a ekonomická náročnost vybraného zdroje, je navržena referenční varianta zdroje. Tyto dvě varianty jsou následně porovnány z hlediska energetické a ekonomické náročnosti.

Druhou část diplomové práce tvoří zpracování projektu větrání a vytápění pro zadáný objekt. Projekt je zpracovaný v rozsahu pro stavební povolení. Pro vytápění jsou zpracovány obě varianty, referenční varianta i varianta se zdrojem využívajícím obnovitelnou energii. Součástí projektu jsou technické zprávy, výpočty, výkresy a seznam jednotlivých zařízení.

A. STUDIE – OBECNÉ VYUŽITÍ OZE

2 ENERGETICKÁ SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE

2.1 SPOTŘEBA ENERGIE

Česká energetika je založena především na využívání vlastních zdrojů. K těm hlavním patří uhlí, které se v současné době ve spotřebě primárních energetických zdrojů tvoří zhruba 40 %. Dalším největším zdrojem primární energie je jaderné palivo a ropa, každý z těchto zdrojů se podílí na celkovém využití asi 20 %. Tyto data se výrazně liší od energetiky EU, které se dnes zaměřuje především na ekologicky příznivé energetické zdroje. V tabulce č. 1 je znázorněn vývoj primárních energetických zdrojů v ČR v období 1990-2015. [8]

Primární energetické zdroje [PJ]		1990	1995	2000	2005	2010
Černé uhlí	PJ	440,9	318,1	255,4	231,1	218,4
Hnědé uhlí	PJ	876,1	630,6	650,8	616,6	550,5
Zemní plyn	PJ	220,1	274,3	314,0	322,5	337,9
Ropa a ropné produkty	PJ	378,4	338,1	330,0	414,4	389,3
Jaderné palivo	PJ	135,9	132,1	146,8	268,2	303,4
Elektřina (saldo)	PJ	-2,5	1,5	-36,1	-45,5	-53,8
Ostatní paliva	PJ	0,5	1,4	3,5	7,1	8,3
Obnovitelné zdroje energie	PJ	38,4	50,3	56,2	74,7	116,4
Primární energetické zdroje celkem	PJ	2087,9	1746,4	1720,5	1889,1	1870,3

Primární energetické zdroje [PJ]		2011	2012	2013	2014	2015
Černé uhlí	PJ	214,2	199,8	204,4	195,3	185,6
Hnědé uhlí	PJ	544,3	521,8	481,5	469,4	484,1
Zemní plyn	PJ	285,1	287,1	290,8	258,8	271,4
Ropa a ropné produkty	PJ	378,4	373,0	358,9	379,8	360,2
Jaderné palivo	PJ	306,4	328,5	333,1	328,4	279,7
Elektřina (saldo)	PJ	-61,4	-61,6	-60,8	-58,7	-45,1
Ostatní paliva	PJ	9,1	9,3	9,0	10,4	10,7
Obnovitelné zdroje energie	PJ	125,3	134,3	149,6	152,2	163,5
Primární energetické zdroje celkem	PJ	1801,5	1792,2	1766,4	1735,7	1710,1

Tabulka 1 Vývoj primárních energetických zdrojů v ČR [12]

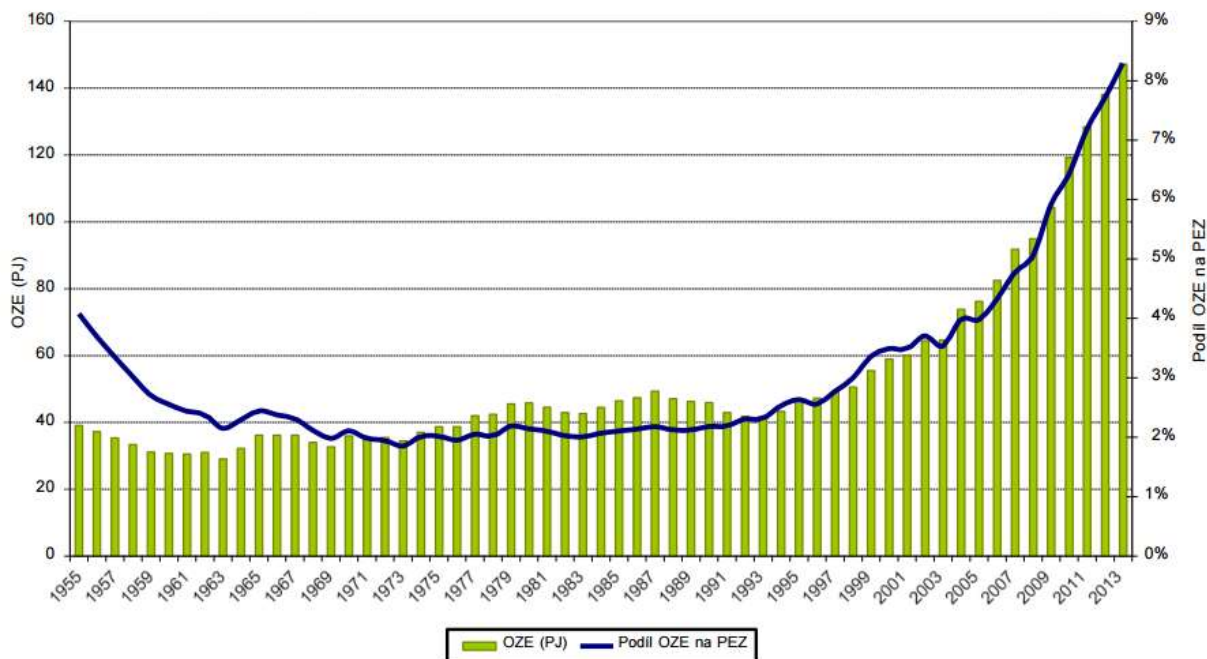
Právě vysoký podíl fosilních zdrojů v energetice způsobuje vysokou bilanci emisí v ČR. Měrné emise SO₂, NO_x a CO₂ vyprodukované v ČR jsou zhruba o 40 % vyšší než ve státech EU15. Energetika založená na využívání fosilních paliv a jaderné energie je trvale neudržitelným stavem. Předpokladem udržitelného rozvoje v energetice je cílené využívání obnovitelných zdrojů energie a snižování energetické náročnosti a spotřeby. [8]

2.2 VYUŽITÍ OZE

Využívání obnovitelných zdrojů energie vede ke zpomalení postupného vyčerpávání neobnovitelných zdrojů a přináší další řadu výhod. Jedním z hlavních přínosů využití OZE je šetrný přístup k životnímu prostředí a jeho menší zatížení. Obnovitelné zdroje jsou zpravidla k dispozici v daném regionu a není nutné je dovážet. Mohou přispět k vytváření pracovních příležitostí, zvláště na venkově je tato výhoda velkým přínosem. Zároveň jsou to výkonově malá zařízení, jejich decentralizace zvyšuje bezpečnost zásobování energií. [1], [9]

Vedle výhod má využívání obnovitelných zdrojů energie také nevýhody. Hlavní nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady. Dalšími nevýhodami mohou být například potřeba větší plochy pro zařízení využívající OZE, nerovnoměrnost výroby energie nebo požadavky na skladování (biomasa). V ČR je zatím největším problémem právě ekonomická efektivnost a konkurenceschopnost s klasickými zdroji energie. [9]

Potenciálem využití OZE na našem území se začala vláda více zabývat v důsledku požadavků a tlaku EU, která se vydáváním nových směrnic snaží vytvořit tlak na členské státy, aby omezovaly potřebu energií a nahrazovaly klasické zdroje zdroji efektivnějšími a šetrnějšími k životnímu prostředí. Usnesením vlády v lednu 2007 byla ustanovena Nezávislá energetická komise, tzv. Pačesova komise. Tato komise měla za úkol zkoumat potenciál úspor energie a jednotlivých energetických zdrojů. Na konci roku 2008 byla zveřejněna zpráva této komise. Na základě podkladových studií stanovila potenciál obnovitelných zdrojů energie a odhadovala podíl OZE v PEZ pro rok 2010 4,8 % a pro rok 2020 9 %. Potenciál využití vybraných OZE je uveden u jednotlivých typů zdrojů v dalších kapitolách této práce. [1]



Graf 1 Využití OZE v ČR s jejich podíl na PEZ [12]

V grafu č. 1 jsou data MPO, uváděné pro několik posledních desetiletí, je zřejmé, že předpoklad 9 % pro rok 2020 byl již splněn. Už na konci roku 2013 podíl obnovitelných zdrojů v PEZ přesáhl 8 % a 9 % dosáhl v roce 2014, jak je uvedeno v tabulce č. 2.

	Energie z OZE celkem [GJ]	Podíl na PEZ [%]	Podíl na energii z OZE [%]
Biomasa (mimo domácnosti)	43 440 723	2,5%	27,8%
Biomasa (domácnosti)	49 638 229	2,9%	31,8%
Vodní elektrárny	6 873 203	0,4%	4,4%
Bioplyn	25 458 475	1,5%	16,3%
Biologicky roz. část TKO	3 452 851	0,2%	2,2%
Kapalná biopaliva	13 513 816	0,8%	8,6%
Tepelná čerpadla	3 855 265	0,2%	2,5%
Solární termální systémy	690 902	0,0%	0,4%
Větrné elektrárny	1 715 558	0,1%	1,1%
Fotovoltaické elektrárny	7 642 328	0,4%	4,9%
Celkem	156 281 350	9,0%	100,0%

Tabulka 2 Podíl na energii z OZE v roce 2014 [13]

V tabulce č. 2 je zároveň znázorněn podíl jednotlivých typů obnovitelných zdrojů na celkové energii z obnovitelných zdrojů v roce 2014.

2.3 LEGISLATIVA

2.3.1 LEGISLATIVA EU

Legislativní dokumenty EU, tzv. Směrnice Evropského parlamentu jsou závazné pro všechny členy EU, jejich požadavky musí být začleněny do zákonů jednotlivých zemí. Směrnice týkající se OZE jsou uvedeny níže.

Směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů [55]

Směrnice z dubna 2009, o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení předchozích směrnic 2001/77/ES a 2003/30ES. Smyslem směrnice je zavázat státy k dosažení podílu energie vyrobené z OZE na hrubé konečné spotřebě energie do roku 2020. Stanovuje cíle pro všechny země EU společně s celkovým cílem EU zajistit z obnovitelných zdrojů 20 % podílu energie EU a 10 % podílu energie v odvětví dopravy do roku 2020.

Každá země EU musí vytvořit národní akční plán do roku 2020, který stanoví podíl obnovitelných zdrojů energie v dopravě, vytápění a výrobě elektřiny. Směrnice ukládá České republice povinnost zajistit, aby podíl energie vyrobené z obnovitelných zdrojů v roce 2020 dosáhl 13 % hrubé konečné spotřeby energie. Pro splnění těchto cílů efektivním způsobem si země EU mohou energii z OZE vyměňovat. Členské státy mohou zavést režim podpory.

Směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti [56]

Směrnice představuje další cíl z klimaticko-energetického balíčku EU pro rok 2020 20-20-20, a tím cílem je snížit spotřebu energie do roku 2020 o 20 %. Další cíle jsou:

- snížit do roku 2020 emise skleníkových plynů o 20 % oproti hodnotám v roce 1990
- zajistit z obnovitelných zdrojů 20 % podílu energie

2.3.2 LEGISLATIVA ČR

Zákon 406/2000 Sb. a 406/2006 Sb. [58]

Zákon o hospodaření energií zpracovává příslušné právní předpisy EU, stanovuje pravidla pro Státní energetickou koncepci. Tento zákon také zavádí

hodnocené využitelnosti OZE a definuje Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání OZE, ze kterého mohou být poskytovány dotace.

Zákon 458/2000 Sb., novela 131/2015 Sb. [57]

Energetický zákon o podpoře využívání OZE v souladu s legislativou EU. Definuje způsob podpory výroby elektřiny a stanovuje práva a povinnosti zainteresovaných osob. Smyslem zákona je podpora využívání OZE. Zákon je vlastně implementací evropských směrnic uvedených výše do práva ČR. K tomuto zákonu se váže řada vyhlášek.

Vyhláška č. 78/2013 Sb., novela 230/2015 Sb. [60]

Vyhláška o energetické náročnosti budov stanovuje požadavky na ENB, porovnávací ukazatele a výpočtovou metodu, obsah PEN a způsob jeho zpracování.

Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie [59]

Zákon vymezuje pojem podporované zdroje energie a tím se rozumí především obnovitelné zdroje, druhotné zdroje, vysokoúčinná kombinovaná výroba elektřiny a tepla a decentrální výroba elektřiny. Zákon má hlavně podpořit využívání OZE a zároveň pomoci zvýšit podíl OZE na spotřebě PEZ. Na základě daného zákona stanovuje ERÚ rozsah a výši podpory v cenovém rozhodnutí.

2.4 PODPORA VYUŽITÍ OZE

Obnovitelné zdroje energie jsou z důvodu vyšší pořizovací ceny oproti klasickým zdrojům méně konkurence schopné. To je jedna z příčin, proč je třeba tyto k přírodě šetrnější zdroje podporovat. Hlavním důvodem je tedy trvale udržitelný rozvoj. Aby bylo dosaženo cílů vytyčených v energetice, je nutné obnovitelné zdroje podporovat. Evropská unie stanovuje požadavky a cíle do budoucna a úkolem jednotlivých členských států je implementovat tyto cíle do své legislativy, vytvořit podpůrné programy. Podpora může spočívat nejen v peněžních dotacích na pořízení systémů, ale i v daňových úlevách nebo podpoře výzkumu a výroby obnovitelných zdrojů.

2.4.1 PODPORA VYUŽITÍ OZE V ČR

Státní program na podporu úspor energie a využití OZE 2017-2021

Ministerstvo průmyslu a obchodu za účelem naplnění Státní energetické koncepce vyhláší každý rok Státní program na podporu úspor energie „program EFEKT 2017-2021“. Tento program je implementací a směrnicí 2012/27/EU a nástrojem k dosažení cíle zvýšit úspory energie. Program efekt je vyhlášován každý rok, letos je nově vyhlášován prostřednictvím samostatných výzev na jednotlivé aktivity. Jeho rozpočet je pro období 2017-2021 minimálně 750 mil. Kč. Žádosti se dají podávat prostřednictvím webových stránek programu. Dotaci z programu EFEKT lze poskytnout různým subjektům, přičemž přípustný typ žadatele je vymezen v textu programu u jednotlivých aktivit. [14]

Operační program Životní prostředí 2014-2020 (OPŽP)

Řídícím orgánem OPŽP je Ministerstvo životního prostředí a nabízí v uvedeném období z Fondu soudržnosti a Evropského fondu pro regionální rozvoj skoro 2,637 miliardy eur. Jedním z pěti cílů programu je podpora energetických úspor, konkrétně snížení energetické náročnosti veřejných budov a zvýšení využití obnovitelných zdrojů energie, dosažení vysokého energetického standardu nových veřejných budov. O podporu lze žádat prostřednictvím vyhlášených výzev pro daný cíl. Aktuální výzvy jsou zveřejňovány na webových stránkách programu. Tato podpora může dosáhnout až 85 % z celkových výdajů na projekt. Program je otevřen městům a obcím, neziskovým organizacím a jiným orgánům státní správy. Konkrétní podmínky lze najít v Pravidlech pro žadatele a příjemce podpory. [15]

Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost 2014-2020 (OP PIK)

Cílem programu je podpora hlavně malých a středně velkých podnikatelů v České republice. Řídícím orgánem je zde MPO a pro tento program má k dispozici zhruba 4 331 mil. eur. Mimo jiné doporučuje aktivity vedoucí k efektivnějšímu nakládání s energiemi v podnikatelském sektoru, dále činnosti směřující ke zvyšování podílu energie z obnovitelných zdrojů a uplatnění nových technologií v energetice. Snížování energetické náročnosti je v tomto programu jedním z cílů s nejvyšší prioritou. [16]

Nová zelená úsporám 2013-2020

Program od roku 2013 nahradil program Zelená úsporám a klade si za cíl zlepšení kvality života a bydlení. Těchto cílů chce dosáhnout podporou opatření, která vedou ke snižování emisí látek znečišťujících ovzduší, skleníkových plynů a především k úspoře energie. Podporuje obnovitelné zdroje energie, výměnu nevyhovujících zdrojů a energeticky úsporné rekonstrukce. Je možné si zažádat i o dotace na nové budovy s velmi nízkou energetickou náročností. Program Nová zelená úsporám je určen pro rodinné domy a bytové domy. Je financován ze Státního fondu životního prostředí a řízen MŽP. [17]

3 TYPY OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

Obnovitelné zdroje energie je možné rozdělit do tří základních skupin dle základní energie. Mohou být založené na rotační a gravitační energii Země, tepelné energii Slunce nebo na tepelné energii zemského jádra. Energie vycházející z dopadajícího slunečního záření má největší potenciál. Tato energie je využitelná přímo nebo v transformované podobě například jako energie vody, větru, biomasy nebo bioplynu.

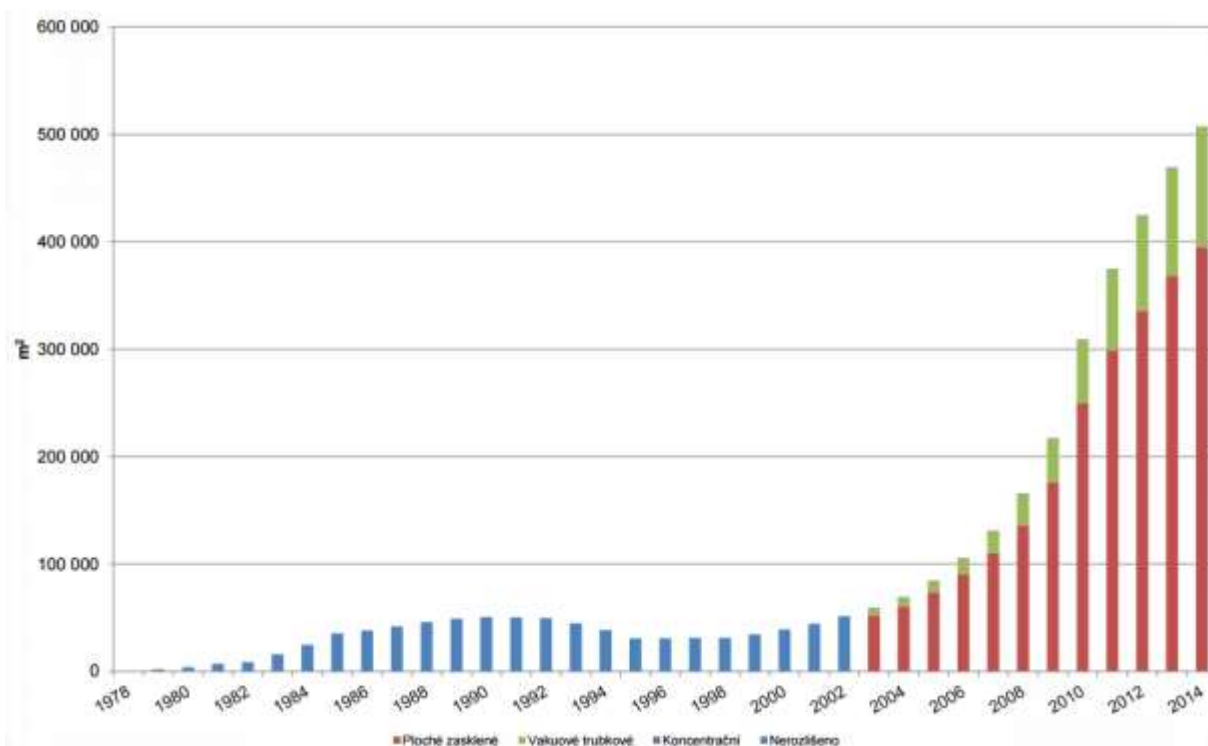
Česká legislativa dělí OZE dle oblasti produkce. První jsou obnovitelné zdroje pro výrobu elektřiny: vodní energie, sluneční energie, větrná energie, biomasa, bioplyn, palivové články a geotermální energie. Do druhé skupiny patří OZE pro výrobu tepla: sluneční energie, geotermální energie, biomasa, bioplyn a palivové články. Další kapitoly se věnují obnovitelným zdrojům, které je možné využít pro vytápění a ohřev teplé vody pro samostatné objekty, jejich princip, základní rozdělení. Zároveň je na konci každé kapitoly zmíněn potenciál jejich využití v budoucnu.

3.1 SLUNEČNÍ ENERGIE - TEPLA

Sluneční energie přeměněná na teplo může být využita pasivně nebo aktivně. O pasivním využití se dá hovořit v souvislosti s prostupem sluneční energie konstrukcemi budovy (okna, akumulace konstrukcí). Aktivní využití sluneční energie pro přeměnu na teplo spočívá ve využití speciálních zařízení, která nám přeměnu umožní. Mezi tyto zařízení patří například solární kolektory a jiné termické systémy. [6]

3.1.1 SOLÁRNÍ KOLEKTORY V ČR

První instalace kolektorů byly uskutečněné ještě na území Československa v 80. letech. Údaje o využití solárních kolektorů v České republice se MPO rozhodlo sbírat až od roku 2004, předchozí data jsou pouze expertní odhady. Dle posledních dostupných údajů poskytnutých ministerstvem v roce 2015 byla celková plocha solárních kolektorů na našem území v roce 2014 zhruba 500 tis. m². Vývoj celkové plochy činných solárních kolektorů je znázorněn na grafu č. 2. [13]



Graf 2 Vývoj plochy činných solárních kolektorů [13]

Z grafu je vidět rostoucí trend, který je po roce 2009 ještě více umocněn podporou ve formě dotací z programu Zelená úsporám. Zároveň je z grafu zřejmé, že převažují instalace plochých zasklených kolektorů nad ostatními typy. Druhým nejpoužívanějším typem jsou kolektory vakuové trubkové, které zastávají zhruba jednu pětinu z celkové instalované plochy. Koncentrační kolektory zde tvoří zcela nepatrnou část z celku.

3.1.2 DRUHY SLUNEČNÍCH KOLEKTORŮ

Solární kolektory lze dělit z několika hledisek. Jedním z nich je druh teplotnosné látky, dle tohoto kritéria se kolektory dělí na kapalinové a vzduchové. Další dělení je možné dle tlaku výplně, zasklení, absorbéru nebo dělení dle konstrukce. Sluneční kolektory jsou možné využít pro nízkoteplotní vytápění. Níže je uvedeno několik základních typů vyráběných solárních kolektorů.

3.1.2.1 PLOCHÉ KOLEKTORY

Plochý kolektor zachycuje sluneční energii a přeměňuje ji na teplo, dále ji prostřednictvím teplotnosné látky předává prostředí. Ploché kolektory mají tvar desky a jsou zasklené nebo nezasklené. Nezasklené se používají hlavně pro sezónní ohřev bazénové vody, jelikož jsou značně závislé na venkovních podmínkách a fungují dobře tedy hlavně v létě. Podobně je využíván i neselektivní zasklený kolektor. Tento typ kolektoru se kvůli velkým tepelným ztrátám příliš nevyužívá. [18], [19]

Plochý selektivní kolektor je dominantou zasklených kolektorů na trhu. Má výrazně menší tepelné ztráty než uvedené předchozí kolektory. Menších tepelných ztrát je dosaženo použitím selektivní vrstvy a tepelnou izolací. Selektivní plochý kolektor může být využíván po celou část roku, tedy i v zimě. Je vhodný jak pro ohřev teplé vody, tak pro vytápění. Teplotnosnou látkou bývá z důvodu celoročního provozu nemrznoucí směs. [18], [19]

3.1.2.2 VAKUOVÉ KOLEKTORY

Deskový vakuový kolektor je obdobně jako selektivní kolektor vhodný pro celoroční využití jak na ohřev teplé vody, tak pro vytápění. Vakuum zabezpečuje menší tepelné ztráty a tím i vyšší účinnost. Tento kolektor nachází využití i v průmyslových oblastech. Je nutné odebírat přebytečné teplo například využitím kolektoru pro ohřev bazénové vody nebo jinak bránit kolektor před přehříváním, například zakrytím. Oproti plochým selektivním kolektorům je investice na pořízení vakuového vyšší.

Trubicový vakuový kolektor má oproti plochým vakuovým kolektorům značnou výhodu ve snadnějším servisu při poruše. Pokud se poškodí plochý vakuový kolektor, je potřeba výměna celého kolektoru, u trubicového kolektoru stačí pouze vyměnit vadnou trubici. Trubicové vakuové kolektory se vyrábí s jednostěnnou trubicí

s plochým absorbérem se selektivním povrchem nebo s dvoustěnnou trubkou s válcovým selektivním absorbérem. [19]

3.1.2.3 KONCENTRAČNÍ KOLEKTORY

Pro vysokoteplotní systémy, které se uplatňují především v průmyslu, je potřeba zvýšit koncentraci slunečního záření. Pak je systém schopný dosáhnout teploty přes 150°C. Jedná se v podstatě o plochý kolektor doplněný odrazovými plochy. Tyto kolektory zachycují pouze přímé sluneční záření. Tento systém nebývá využíván pro nízkoteplotní energetické systémy, a proto je zde zmíněn pouze okrajově. [19]

3.1.3 POTENCIÁL VYUŽITÍ

Intenzita slunečního záření v České republice se pohybuje zhruba mezi hodnotami 950 – 1340 kWh na m² za rok a doba slunečního záření je průměrně 1 300 – 1800 hodin ročně. Rozdíl mezi jednotlivými ročními období je značný, od dubna do října připadne zhruba 75 % roční intenzity, na období od října do dubna připadá zbylých 25 %. Spotřeba energie je přitom v zimních měsících nejvyšší, proto se hlavně tento aspekt musí zohlednit v ekonomickém hodnocení. S ohledem na průměrnou účinnost kolektorů instalovaných u nás vychází průměrný zisk na 400 - 500 kWh/m² kolektorové plochy.

Dle studie „Zpracování prognózy využívání obnovitelných zdrojů energie v ČR do roku 2050“ [20], kterou vypracovala Asociace pro využití obnovitelných zdrojů energie v rámci řešení projektu ministerstva životního prostředí, bude v roce 2050 dostupný potenciál kolektorů s plochou 9 mil. m², zhruba 17 000 TJ/rok. Potenciál v instalaci a využívání slunečních kolektorů je daný především poptávkou po nízkoenergetickém teple. [20]

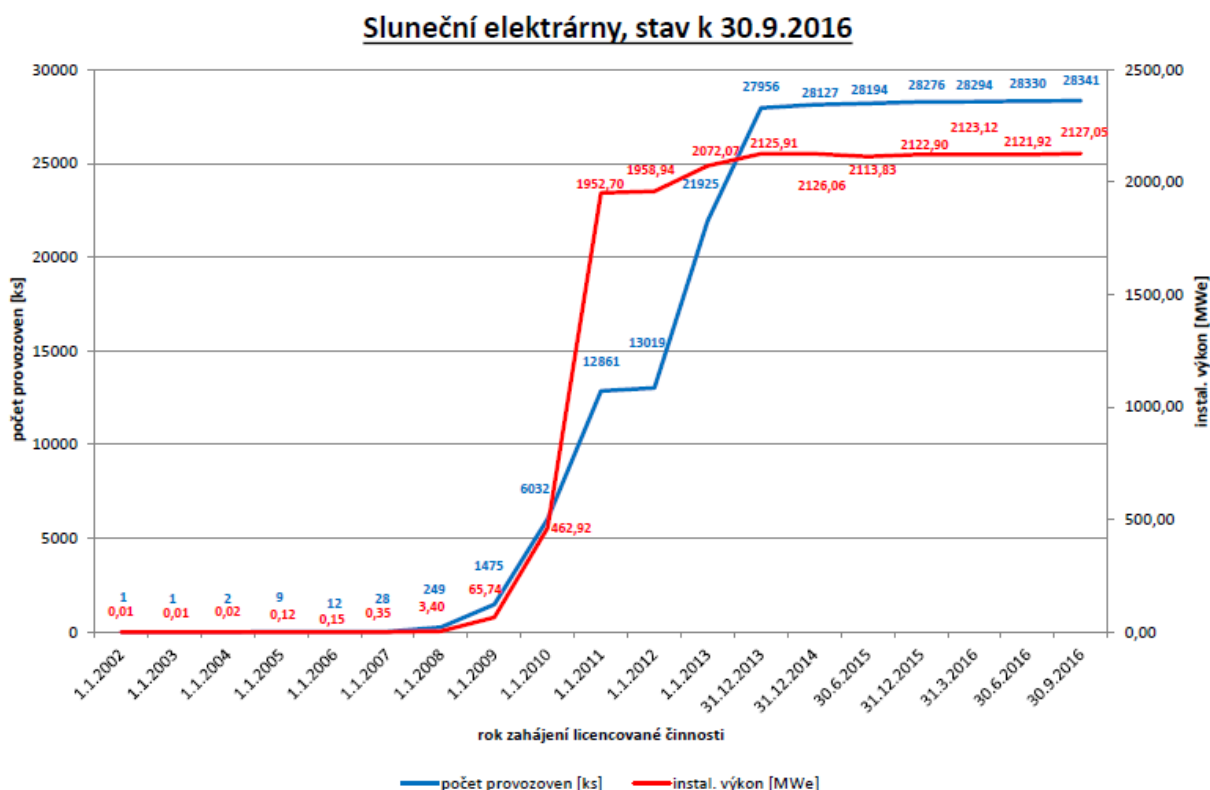
3.2 SLUNEČNÍ ENERGIE – ELEKTRINA

Zařízení, která umožňují převod energie slunce na elektrickou energii, jsou fotovoltaická zařízení. Pracují na principu fotoelektrického jevu: částice světla - fotony - dopadají na článek a svou energií z něho "vyráží" elektrony. Struktura článku je z polovodiče a umožňuje tak uspořádaný pohyb elektronů na využitelný stejnosměrný elektrický proud. S těmito prvky, myšleno solárními články, je možné realizovat aplikace s velmi malým výkonem až po velké elektrárny s výkony v mezích několika

MW, kdy spojením několika článků vznikne fotovoltaický panel. Vzhledem k vysokým výrobním nákladům byl tento systém dříve využíván velmi málo. Technologický pokrok však umožňuje čím dál levnější výrobu, a tím poskytuje fotovoltaickým zařízením větší konkurenceschopnost na trhu mezi ostatními zdroji energie. Pořízení fotovoltaických systémů se tedy stalo ekonomicky návratnou investicí a vedlo k rozmachu stavby fotovoltaických elektráren. [4]

3.2.1 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY V ČR

V ČR nastal veliký rozvoj hlavně v roce 2006, Výkupní cena elektrické energie vyrobené ve fotovoltaických elektrárnách byla okolo roku 2006 i pětinasobně vyšší než ceny elektrické energie z ostatních obnovitelných zdrojů a pohybovala se okolo 15Kč/kWh. Nyní se cena za kWh pohybuje okolo 3Kč a záleží i na instalovaném výkonu. Cenové rozhodnutí, které stanovuje výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů, vydává ERÚ každý rok s platností na jeden rok.



Graf 3 Stav slunečních elektráren k 30.9.2016 [21]

Z grafu č. 3 lze vyčíst, že instalovaný výkon začal kolem roku 2012 stagnovat a zvyšuje se oproti předchozím rokům jen pomalu. Od roku 2013 se zároveň zastavil

prudký růst počtu provozoven. V posledních letech je podporována instalace především menších fotovoltaických systémů, určených pro samostatné budovy jako jsou například rodinné nebo bytové domy.

3.2.2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY PRO RD A BD

Dnes existují tři základní typy fotovoltaických panelů – monokrystalické, polykrystalické a amorfni. V České republice se za ideální nasměrování solárních panelů považuje orientace na jih s maximální odchylkou 10-15° na východ nebo západ se sklonem střechy 34°.

3.2.2.1 MONOKRYSTALICKÉ PANELY

Monokrystalické solární panely mají většinou černý odstín. Jejich laboratorní účinnost je až 24 %, ale technologicky lze dosáhnout účinnosti 13-17 %. Tyto panely se hodí tam, kde je zajištěna ideální orientace na jih a ideální sklon (dle zeměpisné šířky), případně na polohovací (otáčecí) zařízení. Hojně se využívají v jižních státech jako je Španělsko a Itálie. [22], [23]

3.2.2.2 POLYKRYSTALICKÉ PANELY

Polykrystalické panely jsou snadnější na výrobu než monokrystalické, bývají tedy i levnější, poslední dobou se však cenový rozdíl mezi těmito typy se zmenšuje. Odstín mají do modra. Vyznačují se o trochu menší účinností, výrobci uvádějí 12-15 %. Jejich výhoda v porovnání s monokrystalickými panely je ta, že nemusí být nasměrovány přesně na jih, protože umí lépe pracovat s difúzním světlem, je zde tedy možná větší odchylka než u monokrystalických panelů. [23], [24]

3.2.2.3 AMORFNÍ PANELY

Amorfni neboli tenkovrstvé panely se liší svou konstrukcí od klasických panelů s krystalickými články. Základem těchto panelů je tenká křemíková vrstva napařovaná na podklad, kterým může být sklo, kov nebo různé plasty, například fólie. Jejich účinnost je zhruba poloviční oproti monokrystalickým panelům a dosahuje 6-9 %, v důsledku je tedy potřeba pro dosažení stejného výkonu dvakrát větší plocha. Jejich hlavní výhodou je, že netrpí v létě přehříváním, účinnost klesá s rostoucí teplotou

mnohem méně. Tato technologie je vhodná pro střechy, které nejsou vhodně orientovány a kde investor má k dispozici velkou plochu. [23], [25]

3.2.2.4 HYBRIDNÍ FOTOVOLTAIKA

Hybridní fotovoltaická elektrárna (HFVE) představuje ostrovní systém zálohovaný z veřejné distribuční sítě. HFVE většinou nedodává vyrobenou elektřinu do distribuční sítě, musí být tedy galvanicky oddělena a elektřina spotřebována na místě. K pokrytí nerovností mezi spotřebovanou a vyrobenou energií slouží akumulátory, které jsou nedílnou součástí HFVE. Dalšími prvky soustavy jsou solární panely, hybridní měnič napětí (střídač), který umožňuje přepínání mezi elektřinou z distribuční sítě a z fotovoltaiky, a regulátor nabíjení. [26], [27]

3.2.2.5 MOŽNOSTI INSTALACE SOLÁRNÍCH PANELŮ

Bytové domy a podobné objekty nabízejí řadu možností pro instalaci solárních panelů. Každá varianta umístění panelů má své výhody i nevýhody jak z hlediska energetického tak ekonomického. Při rozhodování o umístění je nutné brát ohled na lokalitu a klimatické podmínky. Často určenou plochu pro instalaci musíme snížit o části plochy, které nelze použít, tato místa mohou být například stíněná.

Jedno ze základních a snad nejpraktičtějších řešení je instalace solárních panelů na plochou střechu objektu. Při návrhu tohoto řešení se potýkáme s technickými problémy, jako je ukotvení prvků, nebo právními, například právo přístupu na střechu a zodpovědnost za provoz, či případné poškození zařízení. Pro instalaci na střechu se hodí i varianta tenkovrstvé fotovoltaické krytiny. Instalaci lze samozřejmě provést i na sedlovou střechu se sklonem a vhodnou orientací. Možné je umístění systému na stěnu objektu. Tato varianta se nabízí, pokud je k umístění vhodná jižní fasáda objektu. S nutností použití kotevních prvků do fasády mohou vznikat tepelné mosty, dále je nutné brát v úvahu odvětrání zadní strany panelů. Z důvodu přehřívání a sklonu mají tyto instalace zhruba o 30 % nižší účinnost, než volná instalace na plochou střechu. Další možné umístění je na zábradlí balkónů. Toto umístění z hlediska orientace má stejné požadavky, jako umístění na fasádu. Výhodou oproti fasádnímu umístění je dobré odvětrávání zadní strany a snadnější montáž a kotvení prvků. Fotovoltaické panely lze umístit také jako markýzy. A tím zároveň omezit oslunění objektu. Nejvhodnější využití je opět na jižně orientované

straně budovy, avšak odklon na jihovýchod nebo jihozápad znamená zhruba jen o 5 % nižší účinnost. [28]

3.2.3 POTENCIÁL VYUŽITÍ

Využití fotovoltaických panelů je jako využití solárních kolektorů závislé na intenzitě slunečního záření v České republice, jejíž parametry byly již zmíněny v kapitole 3.1.3. Dle té samé studie, uvedené v téže kapitole je dostupný potenciál pro rok 2050 s plochou okolo 50 mil m² a výkonem 5300 MWe. Je nutné zmínit, že hlavní část tvoří velké fotovoltaické elektrárny a pouze zlomek zmíněné plochy představují menší instalace na jednotlivých objektech. Nicméně se předpokládá, že rozšíření technologií a očekávaná vyšší účinnost nejen ve výrobě elektrické energie ze Slunce, ale také i v jejím skladování, povede k rozšíření instalací na samostatné objekty. Tomuto vývoji nasvědčuje i trend v posledních letech a je zapříčiněn i legislativními požadavky a tlakem na využívání OZE a snižování spotřeby primární energie. [20]

3.3 ENERGIE PROSTŘEDÍ – TEPELNÁ ČERPADLA

Tepelná čerpadla umožňují odnímat teplo z okolního prostředí (vody, vzduchu nebo země). Následně toto teplo převádět na vyšší teplotní hladinu a tím umožňují jeho využití pro vytápění nebo přípravu TV. K tomu, aby čerpadlo bylo schopné převést odejmuté teplo dál, potřebuje dodat určité množství energie. Tepelné čerpadlo se skládá z těchto čtyř základních komponentů: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Princip tepelného čerpadla je obrácený Carnotův cyklus. [7], [29]

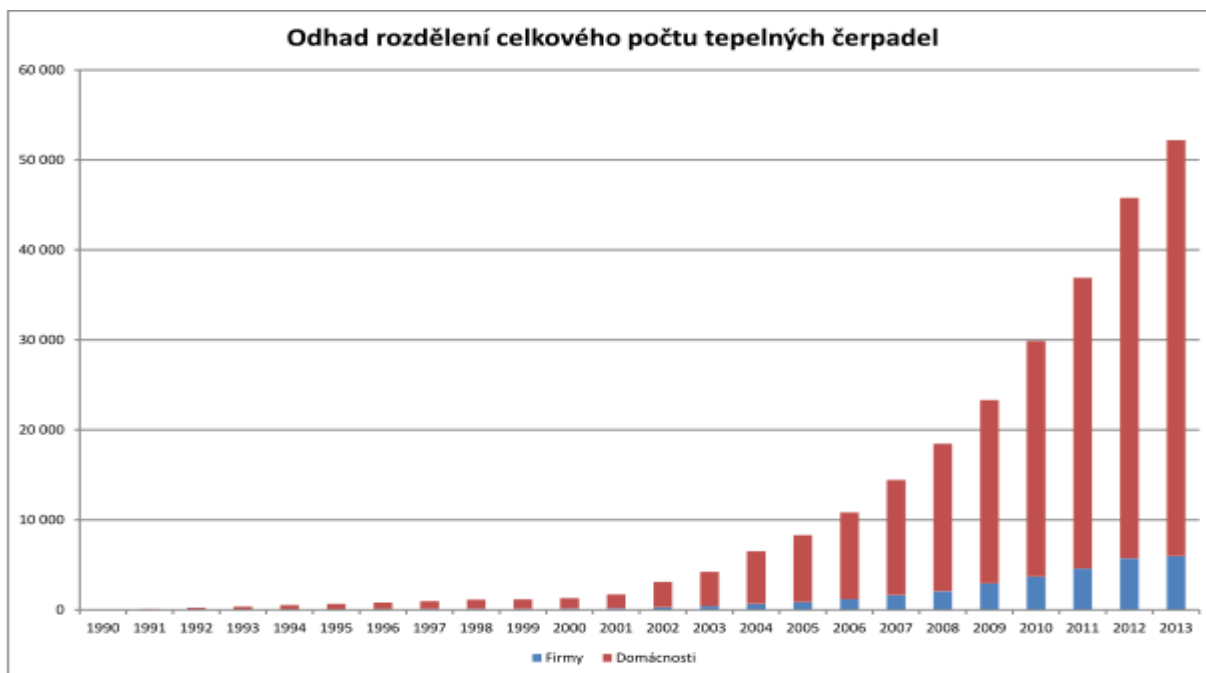
Základním ukazatelem účinnosti tepelného čerpadla je COP (Coefficient of Performance) - topný faktor. Je vyjádřen poměrem mezi množstvím tepla vyrobeného čerpadlem a množstvím energie dodané do systému (elektřiny pro pohon čerpadla a kompresoru). Hodnota COP v průběhu roku není konstantní, je závislá na okolním prostředí, V létě může i více než dvojnásobné hodnoty oproti zimnímu období. Z tohoto důvodu se u TČ uvádí průměrný topný faktor. Dnešní tepelná čerpadla by běžně měla dosahovat minimální hodnoty topného faktoru 3. [7], [29]

Nejvíce efektivní je využití tepelných čerpadel spolu s nízkoteplotní otopnou soustavou, proto se TČ často využívají v kombinaci s podlahovým nebo stěnovým vytápěním. Výkon čerpadel je nejnižší v zimních měsících, kdy je naopak požadován

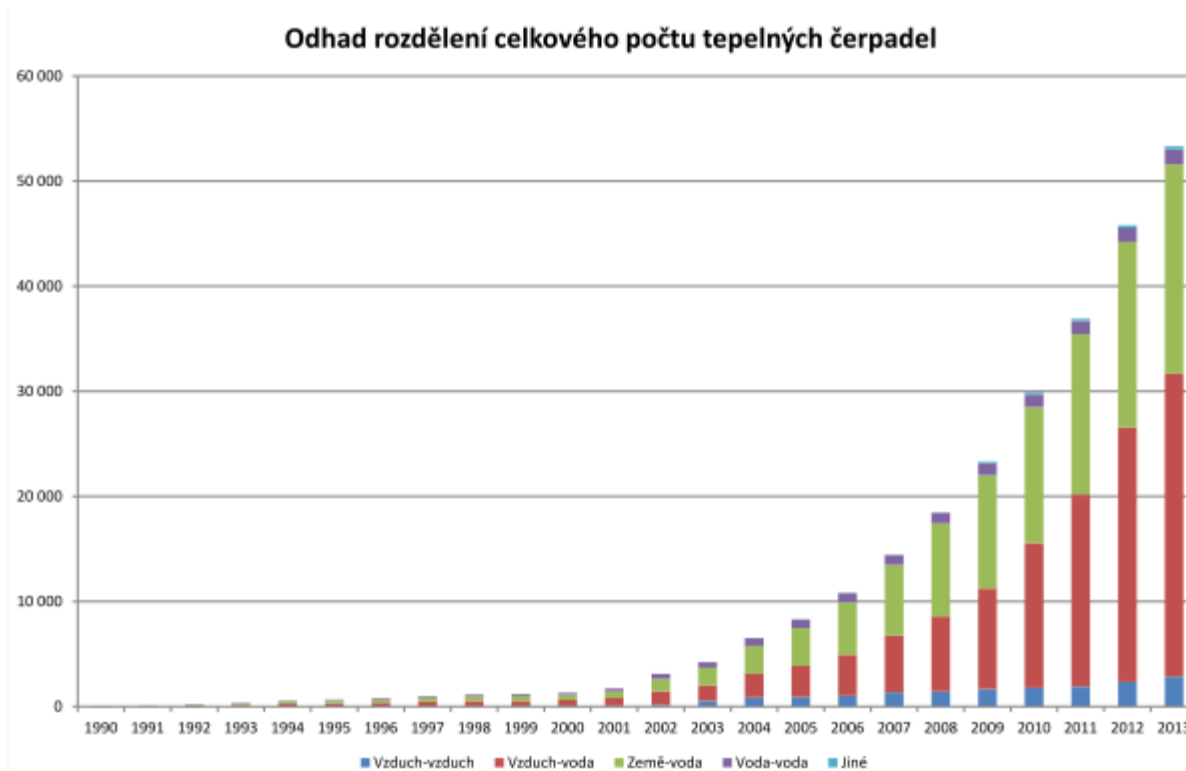
nejvyšší výkon na vytápění. Proto se čerpadla používají často s dalším zdrojem energie, instalace čerpadla na pokrytí maximálních tepelných ztrát by bylo neefektivní, běžně čerpadlo pokrývá přibližně 60 % tepelných ztrát. Kombinace doprovodného zdroje a tepelného čerpadla se nazývá bivalentní zapojení, nejčastěji je jako bivalentní zdroj instalován elektrokotel nebo plynový kotel. [8], [29]

3.3.1 VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL V ČR

První instalace tepelných čerpadel byly provedeny už v 50. a 60. letech. Tyto akce byly velmi ojedinělé. K rozsáhlejšímu užití došlo až v 90. letech. Výrazný vývoj technologie začal také počátkem 90. let a toto komerční rozšíření dramaticky vzrostlo po roce 2000. V dnešní době jsou instalace tepelných čerpadel poměrně časté. Na základě statistiky MPO bylo odhadnuto, že do roku 2013 bylo v ČR instalováno zhruba 53 tisíc tepelných čerpadel o celkovém výkonu 714 MW. Z celkového počtu zhruba 90 % instalací a 73 % instalovaného výkonu je provedeno v domácnostech, zbytek připadá na firmy. Tyto hodnoty lze vyčíst z grafu č. 4. Statistika prováděna MPO se zabývá výhradně tepelnými čerpadly poháněnými elektřinou, nejsou zde zohledněna plynová tepelná čerpadla.



Graf 4 Odhad rozdělení celkového počtu tepelných čerpadel dle investora [30]



Graf 5 Odhad rozdělení celkového počtu tepelných čerpadel dle typu [30]

Statistika dále uvádí četnost instalací jednotlivých druhů tepelných čerpadel. Jak je znázorněno v grafu č. 5, nejčastěji instalovaná čerpadla jsou typu vzduch-voda (54 %), dále země-voda (37 %), přičemž ještě v roce 2008 tomu bylo právě naopak.

3.3.2 ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

Tepelná čerpadla lze dělit podle několika kritérií. Hlavní rozdělení je dle využitého přírodního zdroje energie a těmi jsou: venkovní vzduch, povrchové a spodní vody a půda. Toto dělení bude podrobněji popsáno v následujících kapitolách. Další způsob, jak dělit tepelná čerpadla, je dle pohonu. Rozšířenější jsou tepelná čerpadla s kompresorem poháněným elektřinou, další možností pohonu je využití plynu k pohonu kompresoru. Poslední zmíněnou variantou tepelného čerpadla, je absorpční tepelné čerpadlo. Toto tepelné čerpadlo nemá kompresor, místo něj využívá pro kompresi chladiva sekundární okruh s hořákem, absorberem a varníkem. [7]

3.3.2.1 TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH-VODA

Tepelná čerpadla vzduch-voda jsou nejčastěji používaným typem tepelných čerpadel. Je možné čerpat teplo jak z venkovního vzduchu, tak ze vzduchu odpadního. Teplo ze vzduchu je předáváno vodě využívané nejčastěji pro topný systém. Výkon tepelného čerpadla se mění s teplotou venkovního vzduchu. Z tohoto důvodu je tepelné čerpadlo vzduch/voda nejčastěji navrhováno pro bivalentní provoz. Teplota venkovního vzduchu -20°C je obvykle minimální teplota, při které může tepelné čerpadlo pracovat. [31]

V praxi se vyrábí i čerpadla až do -25°C . Tepelná čerpadla vzduch voda se většinou vyrábějí s omezeným maximálním výkonem 17, 20 nebo i 33kW, pro pokrytí větších tepelných ztrát je možné čerpadla zapojit do kaskády. Topný faktor, kterého tepelná čerpadla vzduch/voda dosahují, se pohybuje až do hodnoty 5, průměrná roční hodnota COP by neměla být menší než 3, pro ohřev teplé vody se pohybuje okolo hodnoty 2. Tato čerpadla se vyrábějí ve třech variantách.

První variantou je samostatná venkovní a vnitřní jednotka. Této variantě se říká „split“. V tomto případě musí být venkovní jednotka s ventilátorem propojena s vnitřní jednotkou. K propojení se využívá izolovaného potrubí, kde proudí chladivo. Délka propojovacího potrubí mezi jednotkami je omezena výrobcem většinou na maximální délku okolo 10m. Venkovní jednotku lze umístit na zem, venkovní stěnu nebo na střechu. Na vnitřní jednotku je stejně jako na kotel napojena topná soustava. Druhou variantou je kompaktní provedení venkovní. Na rozdíl od první varianty je celé tepelné čerpadlo umístěno venku. Na toto zařízení je napojena topná voda, přičemž její vedení ve venkovním prostoru musí být provedeno v izolovaném potrubí. Třetí variantou je kompaktní provedení vnitřní. Stejně jako v předchozí variantě je celé tepelné čerpadlo umístěno na jednom místě uvnitř objektu. Je zde tedy nutné k čerpadlu přivést venkovní vzduch a naopak odpadní vzduch odvést z objektu pryč. [29], [31]

Výhody a nevýhody tepelných čerpadel využívající venkovní vzduch:

- + Široká možnost využití, není omezeno velikostí pozemku, může být tedy navrženo tam, kde nelze navrhnout země/voda, voda/voda.
- + Možnost změny umístění
- + Instalace nevyžaduje žádné zásahy do okolního prostředí (vrty, výkopové práce)
- +/- Vyšší investice do samostatné jednotky, naopak nejsou nutné další náklady např.

na terénní práce. Dle místních podmínek lze dosáhnout nižší nákladu než při zřízení vrtů/zemních kolektorů

- S ohledem na nutnost proudění vzduchu vzniká hluk a vibrace od jednotky.
 - Výkon klesá s venkovní teplotou, v zimě horší COP. Snížení účinnosti je výraznější než u jiných typů čerpadel. Z toho vyplývá vyšší spotřeba elektřiny a vyšší náklady na provoz.
 - Je nutné řešit námrazu na výparníku
- [29]

3.3.2.2 TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ-VODA - ZEMNÍ PLOŠNÝ KOLEKTOR

Tepelné čerpadlo země-voda se vyznačuje vyšší účinností, než vzduch/voda. Je však nutné mít k jeho instalaci dostatečně velký vhodný pozemek. Tepelné čerpadlo odebírá teplo ze země pomocí plastového potrubí uloženého zhruba 1-1,5m pod terénem. Potrubí je ukládáno do smyček. Vzdálenost jednotlivých trubek by neměla být menší než 1m a vhodná délka jedné smyčky je 100-200m. [32] V tomto potrubí proudí nemrznoucí kapalina. Nutností pro instalaci zemního kolektoru jsou tedy zemní práce. Buď se jedná o skrývku zeminy v celé ploše do požadované hloubky, nebo bagrování jednotlivých výkopů. Pro čerpadlo o výkonu 10kW je třeba přibližně 250-350 m² plochy pozemku, tato hodnota je závislá na typu podloží. Zároveň je nutná větší plocha pro stejný výkon na ohřev teplé vody, oproti požadovanému stejnému výkonu na vytápění. Nejvhodnější podloží je to, kde je největší množství vody, tedy vodou nasycený písek, štěrk. [29]

Výhody a nevýhody zemních plošných kolektorů:

- + V porovnání s vrty jsou pořizovací náklady nižší.
- + Téměř neměnné podmínky (dobré COP).

- Nutnost dostatečně velkého pozemku.
 - Nad zemním kolektorem nelze stavět.
 - Neustálým ochlazováním zemního kolektoru dochází v zimních měsících k jeho promrzání a tím snižování výkonu.
- [29]

3.3.2.3 TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ-VODA HLOUBKOVÉ VRTY

Podobně jako u plošných kolektorů se i zde využívá plastových trubek uložených v zemi, v kterých proudí nemrznoucí kapalina. Tyto trubky jsou uloženy do jednotlivých vrtů a tvoří tzv. sondy. I zde hraje hlavní roli kvalita podloží, opět platí čím více vody, tím lépe. Pro dimenzování lze uvažovat hodnoty měrného výkonu v rozmezí 30-100W/m. Podle požadovaného výkonu se provádí jeden či více vrtů o hloubce od 80 do 250m. V tomto případě se vrtý volí většinou stejně hluboké, přičemž by vzdálenost mezi jednotlivými vrtými neměla být menší než 10m. U tepelných čerpadel země/voda je velmi důležitý správný návrh vrtu, kolektoru. Je zde totiž nutná dostatečná regenerace okolní půdy, aby nenastalo její promrzání a tím zhoršení samotné účinnosti tepelného čerpadla. [33], [34], [36]

Výhody a nevýhody hloubkových vrtů:

- + Téměř neměnné podmínky (dobré COP).
 - + Spotřeba elektrické energie není téměř vůbec ovlivněna venkovní teplotou.
 - + Možnost pasivního chlazení
 - + Tichý chod
 - Vysoké investiční náklady na zhotovení vrtů, zhruba 1000Kč/m
 - Nutnost zemních prací, příčina nepořádku a hluku.
 - Postupné ochlazování vrtu, dochází k promrzání, dlouhodobě se snižuje výkon tepelného čerpadla.
 - Nutnost povolení vrtů, souhlas s umístěním nebo stavební řízení.
 - Provedení hydrogeologického posudku
 - U vrtů hlubších 30m nutnost povolení od báňského úřadu
- [29]

3.3.2.4 TEPELNÉ ČERPADLO VODA-VODA, POVRCHOVÁ VODA

Pokud se objekt nachází poblíž vodní hladiny, je možné pro tepelné čerpadlo využít tepelnou energii vody. Na dno řeky či rybníku se položí kolektor z plastových trubek, ve kterém proudí nemrznoucí směs. Toto zapojení je obdobné jako u systému země/voda. Nedochozí k čerpání vody z vodního toku nebo rybníků. [36]

Výhody a nevýhody povrchová voda:

- + Nižší pořizovací náklady v porovnání s čerpadly země/voda nebo vzduch/voda
 - + Nižší provozní náklady
 - + Vysoký topný faktor
 - + Bezhlukový provoz
 - Málo lokality s dosahem povrchové vody, objekt musí být v dostatečné blízkosti
 - Nutnost získání povolení od správce povodí
- [29], [35]

3.3.2.5 TEPELNÉ ČERPADLO VODA-VODA STUDNIČNÍ VODA

V tomto případě dochází přímo k čerpání vody ze studny. Pro využití studniční vody, jako zdroj energie, je nutné provést dlouhodobou čerpací zkoušku a ověřit tak dostatečnou vydatnost zdroje. Dále je zapotřebí vhodného složení vody, aby nedocházelo k zanášení výměníku. Studny bývají nejvydatnějším zdrojem energie pro tepelné čerpadlo. Voda se čerpá většinou klasickým ponorným čerpadlem, následně předává svou tepelnou energii sekundárnímu okruhu a vrací se zpět do další vsakovací studny. Je tedy nutné zhotovit dvě studny. Vsakovací studna musí být umístěna v dostatečné vzdálenosti od čerpací studny, aby se zamezilo prosakování vody zpět do studny čerpací, jako minimální vzdálenost obou studen se uvádí 15m. Teplota vody ve studni musí být dostatečně vysoká, aby ji bylo možno ochlazovat bez nebezpečí zamrznutí (aspoň 6-7°C). [36]

Výhody a nevýhody studničních vrtů:

- + Stálý výkon čerpadla
 - + Příznivé COP
 - Požadavky na kvalitu vody a minimální teplotu
 - Nutné dostatečné množství vody, nebezpečí vyčerpání, provedení dlouhodobé čerpací zkoušky
 - Je vyžadována pravidelná údržba (čištění filtrů)
 - Náchylnější na poruchy např. sacího čerpadla.
 - Nutnost povolení vrtů, souhlas s umístěním nebo stavební řízení
 - Nutnost povolení vycházející ze zákona o nakládání s vodami
 - U vrtů hlubších 30m nutnost povolení od báňského úřadu
- [29], [36]

3.3.3 POTENCIÁL TEPELNÝCH ČERPADEL

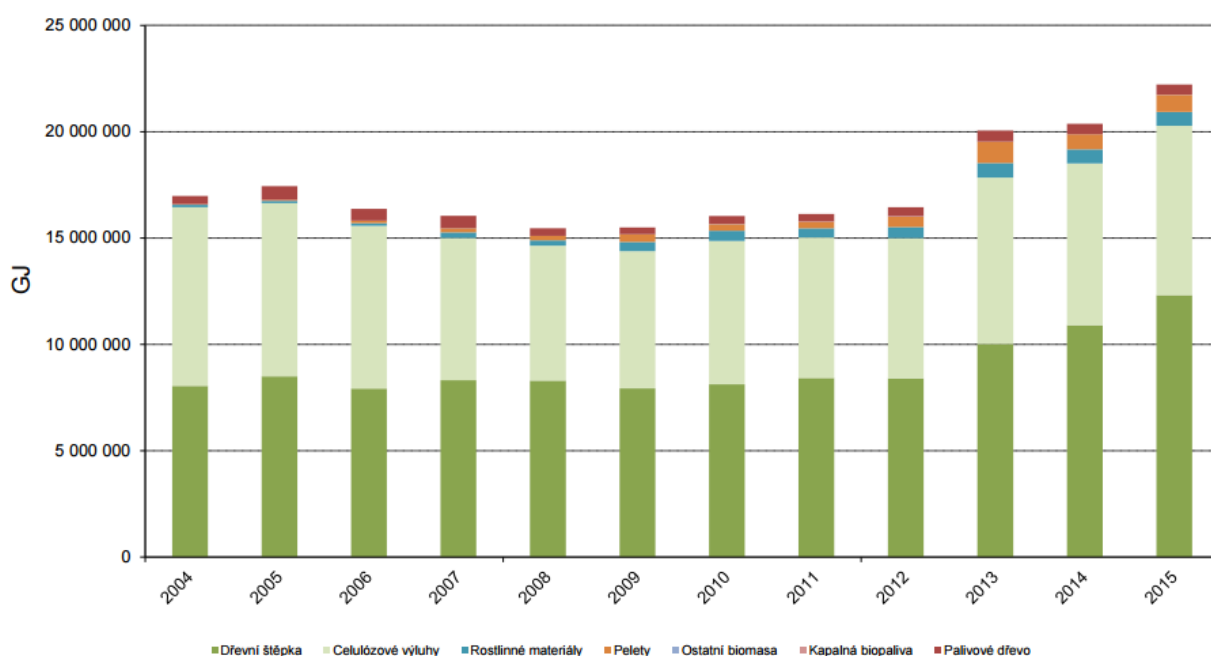
Potenciál využití tepelných čerpadel je těžko odhadnutelný. Můžeme říci, že potenciál využití je prakticky neomezený s ohledem na princip fungování tepelného čerpadla. Tento princip je tak obecný, že ho lze aplikovat na rozličné druhy zdrojů energie (voda, země, vzduch). Energie čerpaná z okolního prostoru se neustále regeneruje především dopadáním slunečního záření na Zemi. Ale třeba i tepelné ztráty budov jsou regenerací energie okolního prostředí. Možnost využití tepelných čerpadel je tedy omezena pouze vhodnými okolními podmínkami pro jednotlivé typy. V České republice je například velmi zřídka využíváno tepelných čerpadel voda/voda, není zde dostatečné množství vhodných lokalit, aby byl tento typ rozšířený. Vydutnost podzemní vody je většinou také nedostačující. Naopak čerpadla země/voda nebo vzduch/voda najdou téměř vždy své uplatnění. [8]

3.4 ENERGIE BIOMASY

Biomasa je veškerá organická hmota. Může se jednat o hmoty rostlinného nebo živočišného původu a z hlediska energetického využití jde hlavně o rostlinnou část, je možné zmínit například dřevo, slámu, zemědělské a lesní odpady nebo jiné záměrně pěstované rostliny. Jedná se o jeden z nejlevnějších zdrojů pro vytápění. Využívání biomasy k získání energie je nejstarším energetickým zdrojem využívaným člověkem. energii z ní lze získat spalováním nebo zplyňováním. Spalování je termochemický proces, při kterém dochází k uvolňování oxidu uhličitého, vody a tepla. V porovnání s fosilními má spalování biomasy prakticky nulovou bilanci oxidu uhličitého. Z biomasy je možné získávat teplo nebo elektrickou energii, využívání biomasy pro získávání tepla je účinnější a v ČR častěji používané. [5] , [8], [37]

3.4.1 BIOMASA V ČR

Biomasa patří v ČR k nejvýznamnějšímu obnovitelnému zdroji energie. V roce 2015 byl její podíl na výrobě tepla z OZE odhadem 87 % z toho 62 % se podílely domácnosti a 25 % ostatní. Pro výrobu tepla a elektřiny z biomasy mimo domácnost je nejčastěji využívána dřevní štěpka a celulózové výluhy, to je znázorněno na grafu č. 6. Podobný poměr je i ve využití biomasy pro výrobu elektrické energie. K nárůstu množství energie vyrobené z biomasy poslední dobou značně přispívají nové technologie a nová zařízení pro její zpětné využití. V roce 2015 bylo vyrobeno z biomasy zhruba 22 TJ tepla a 2 TWh elektrické energie. [10], [38]



Graf 6 Vývoj výroby tepla z biomasy [38]

V domácnostech ČR se biomasa nejčastěji spaluje ve formě palivového dřeva nebo se využívá zplyňovacích kotlů k získání tepla. Statisticky je velmi složité odhadnout spotřebu biomasy v domácnostech, protože většina prodáváných zdrojů energie, které spalují biomasu, mohou spalovat i jiná paliva. Spotřeba biomasy tedy vychází spíše z těžby dříví a prodeje jiných paliv. V tabulce č 3 je vidět meziroční vývoj spotřeby biomasy v domácnostech. Celkový odhad tepla z biomasy vyrobeného v domácnostech je 55 TJ. [38]

Rok	Palivové dřevo [prmr s.k.]	Brikety a pelety [tis. tun]	Energie v použitém palivu [GJ]	Teplo [GJ]
2003	6 531 597	21	46 953 126	35 214 844
2004	6 723 515	25	48 393 654	36 295 241
2005	6 926 721	23	49 809 319	37 356 989
2006	7 209 070	33	51 983 382	38 987 536
2007	7 448 935	56	54 085 568	40 564 176
2008	7 881 822	51	57 095 564	42 821 673
2009	8 351 474	78	60 911 845	45 683 883
2010	8 582 304	115	63 180 774	47 385 581
2011	8 835 934	120	65 081 961	48 811 471
2012	9 205 863	128	67 857 015	50 892 761
2013	9 562 129	141	70 619 605	52 964 704
2014	9 750 498	160	72 279 617	54 209 713
2015	9 892 547	166	73 398 454	55 048 841

Tabulka 3 Vývoj spotřeby biomasy v domácnostech [38]

3.4.2 ZAŘÍZENÍ PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ

V domácnostech a neprůmyslových objektech se biomasa využívá hlavně k vytápění a ohřevu teplé vody. Využití biomasy je jedním z levnějších zdrojů energie, proto je u nás také velmi oblíben. S ohledem na dlouhou historii využívání tohoto energetického zdroje, se vytvořil trh s nepřeberným množstvím zařízení, která umožňují zpracování biomasy. Tato zařízení pracují na různých principech a s různými technologiemi, které se neustále vyvíjejí a dosahují čím dál větší účinnosti a nižší produkce škodlivých emisí. V následujících kapitolách je představeno několik základních druhů zařízení využívající biomasu jako zdroj energie.

3.4.2.1 ZPLYŇOVACÍ KOTLE

Tyto kotle nejčastěji využívají jako palivo kusové dřevo nebo brikety, některé umožňují spalovat i štěpku. Tyto kotle splňují 3. – 5, emisní třídu dle ČSN EN 303-5 [48]. Někteří výrobci uvádějí nižší spotřebu paliva oproti běžným kotlům bez zplyňování až o 40 %. Výkon těchto kotlů se pohybuje nejčastěji od 15-50 kW a jejich účinnost dosahuje hodnot 88-92 %. U těchto kotlů je většinou nutnost časté obsluhy, vyrábí se kotle i kombinované s automatickým kotlem na dřevo se zásobníkem a automatickou regulací. Tyto kotle v automatickém režimu vydrží bez obsluhy i pár dní. [11], [39]

3.4.2.2 KOTLE NA PEVNÁ PALIVA

Jako palivo se využívají nejčastěji pelety. Tyto kotle jsou vybaveny zásobníky a automatickými podavači, jsou tedy vhodné i do větších objektů a mohou vydržet s minimální obsluhou i celou topnou sezónu. Některé typy je možné vybavit i automatickým odpopelováním. Účinnost těchto kotlů dosahuje 85-93 % a je možné pořídit kotle i o výkonu 100kW, je možné pořídit kotle vyhovující emisní třídě 3-5. [11], [40]

3.4.2.3 POKOJOVÁ KAMNA A KRBOVÉ VLOŽKY NA PELETY

Využití tohoto způsobu vytápění je vhodné především pro jednotlivé místnosti. Je možné ho použít jako vedlejší zdroj tepla a v některých případech i jako hlavní zdroj. Výkon kamen se pohybuje od 6-10 kW s účinností okolo 90 %. V případě vhodného návrhu lze využít kamna či krbové vložky jako hlavní zdroj v nízkoenergetickém domě. Velkou nevýhodou je především vysoká náročnost na obsluhu zdroje. Regulace je možná ručně nebo pomocí termostatu. [11]

3.4.3 POTENCIÁL VYUŽITÍ

V naší zemi je biomasa obnovitelným zdrojem s největším potenciálem. Nyní představuje zhruba 87 % podíl z celkově využitelného potenciálu OZE. Podle údajů sdružení CZ BIOM se v ČR dostupný potenciál biomasy a bioplynu pohybuje ve výši cca 134 PJ ročně, to představuje asi 7,2 % současné spotřeby primárních energetických zdrojů v ČR. Na celkovém potenciálu mají největší podíl energetické rostliny a plodiny. [20], [11]

Je nutné dodat, že velký potenciál má zpracování biomasy k energetickým účelům. Velké rezervy jsou například i u vyžívání BRKO, dnes se již staví nebo plánují další zařízení ZEVO. S ohledem na problematiku nakládání s odpadem v ČR, kdy je stále 70 % KO skládkováno, je zde velký prostor pro třídění a využívání BRKO k výrobě tepla a elektřiny. Pro jednotlivé domácnosti a občanskou výstavbu, při rostoucím tlaku na projektování nízkoenergetických budov, není vytápění biomasou vždy vhodné. U kotlů na pevná paliva nebo zplyňovacích kotlů je nutná minimální teplota vratné vody 65°C, aby nedocházelo k nízkoteplotní korozi kotle. Tento systém tedy není vhodný do nízkoenergetických domů, kde se upřednostňuje nízkoteplotní vytápění.

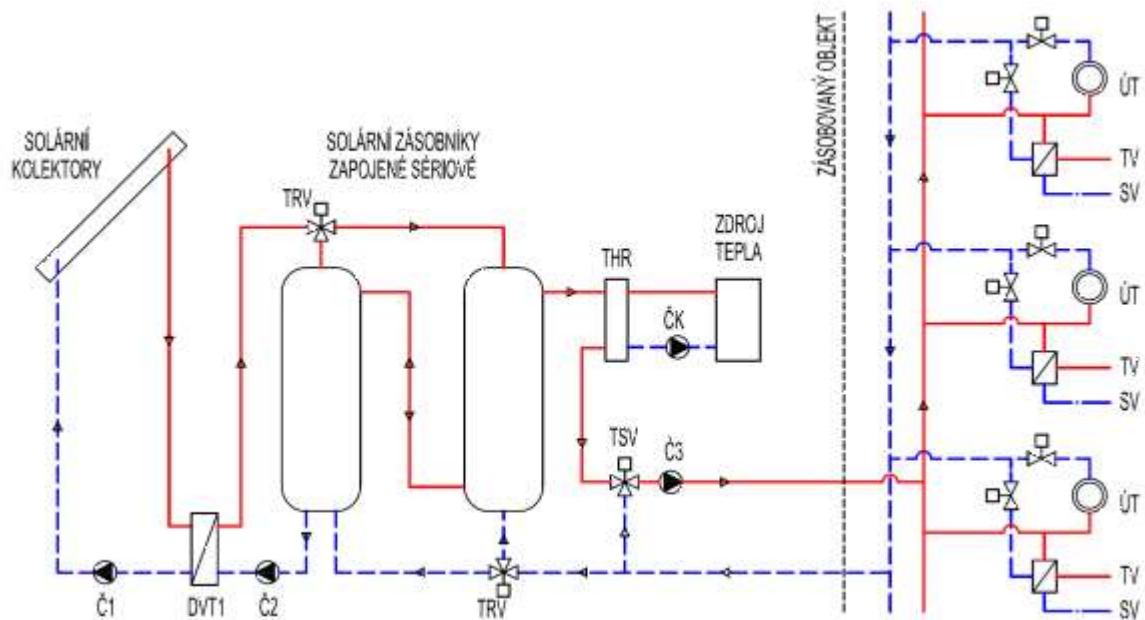
4 NÍZKOTEPLTNÍ VYTÁPĚNÍ A OZE

Při nízkoteplotním vytápění je teplotou nosnou látkou nejčastěji voda, její teplota se pohybuje v rozmezí 35 až 55°C. Systémy pro přípravu tepla mohou být monovalentní, bivalentní a kombinované. U monovalentního systému je pro přípravu využít jeden zdroj tepla nebo více stejného druhu, nejčastěji se jedná o nízkoteplotní kotle (kondenzační). Bivalentním systémem je soustava s dvěma zdroji tepla. Jeden zdroj je většinou v provozu jen v době topné sezóny. U kombinovaných systémů se zdroje tepla doplňují v závislosti na potřebě, přenos teplotnosné látky je zajištěn většinou pomocí výměníků a akumulátorů tepla. [8]

Pro předání tepla do prostoru se u nízkoteplotního vytápění často využívají velkoplošné sálavé otopné plochy. Otopné plochy jsou zabudované přímo v konstrukci podlahy, stropu nebo stěny. Velkoplošné vytápění má tu výhodu, že nedochází k významnému pohybu vzduchu a je příjemné na dotek. Nevýhodami velkoplošného vytápění je především dlouhá setrvačnost a tím tedy pomalá regulace. Teplo se akumuluje v jednotlivých konstrukcích a i po vypnutí vytápění se teplo do vnitřního prostoru po nějakou dobu uvolňuje. Další alternativou nízkoteplotního vytápění je využití konvektorů. Konvektory jsou otopná tělesa, jejichž součástí je výměník. Otopná voda je obsažena pouze ve výměníku. U nízkoteplotních konvektorů je pomocí ventilátoru teplo předáno z výměníku do prostoru. Konvektory se mohou být závěsné, volně stojící nebo podlahové. [41], [42]

4.1 SOLÁRNÍ KOLEKTORY

Solární kolektory je možné využít hlavně v jarních a podzimních měsících. Celkově je solární soustava schopna pokrýt 15 – 35 % celkové roční potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody. Je vhodné navrhovat solární kolektory tam, kde je možné využít přebytků tepla, například pro bazén nebo ho akumulovat. Průměrné zisky ze solárního systému jsou u maloplošných instalací (do 20 m²) 200 - 350 kWh/(m².rok) a u velkoplošných (nad 20 m²) 350 až 450 kWh/(m².rok). Teplo dodané solárními kolektory je možné používat pouze na přípravu teplé vody nebo na přípravu TV i ohřev otopné vody. Pro nízkoteplotní vytápění je solární ohřev vhodný s kombinací především podlahového vytápění a akumulačními zásobníky. [18]

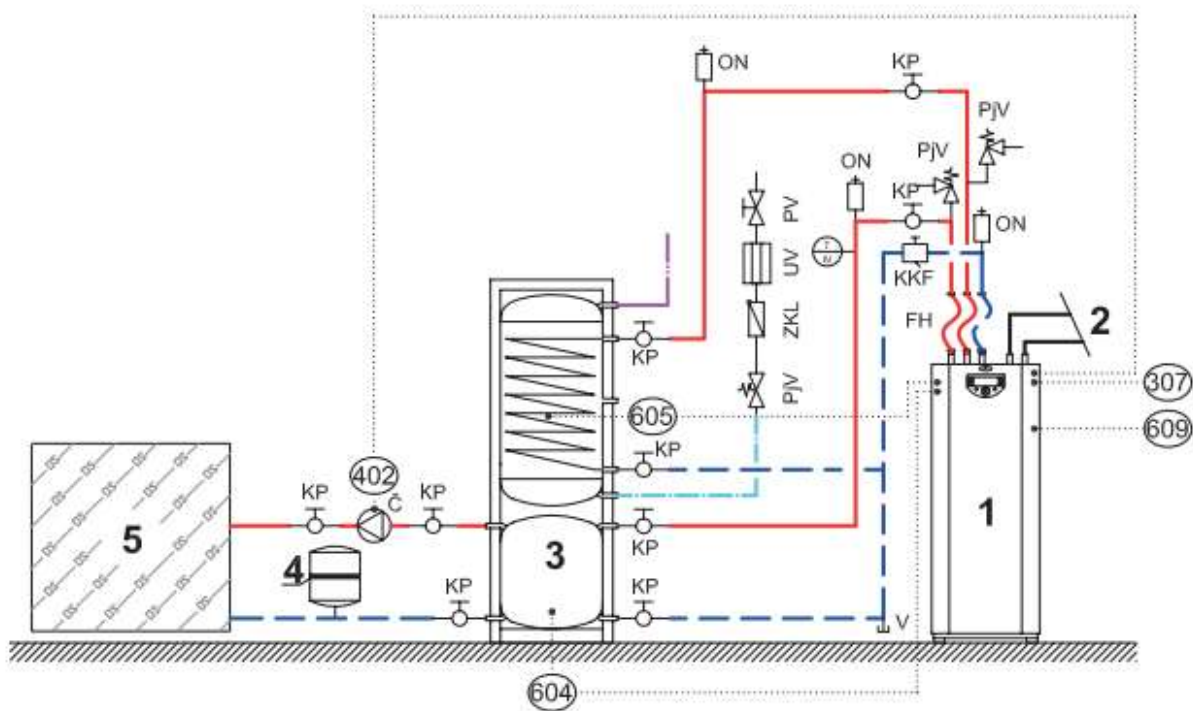


Obrázek 1 Příklad zapojení solárních kolektorů do systému [18]

Navrhuje se systém buď s možností akumulace tepla, nebo bez akumulace. Nejčastěji je navrhováno bivalentní zapojení s kotlem nebo tepelným čerpadlem a trivalentní, kdy jsou zapojeny všechny tři zdroje tepla. Bivalentní systémy s akumulací jsou náročné na prostor. Příklad využití a zapojení solárního systému je na obr. č. 1.

4.2 TEPELNÁ ČERPADLA

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.4, tepelná čerpadla se skládají ze třech hlavních prvků, a tím je výparník, kondenzátor a kompresor. Výparník odebírá teplo z prostředí a kondenzátor ho dodává do objektu. Kompresor slouží k transportu energie. Tepelné čerpadlo pracuje efektivněji, když je teplota zdroje tepla (tedy okolního prostředí) a kondenzátoru méně rozdílná. Proto se hodí především k nízkoteplotnímu vytápění. Existují nízkoteplotní ale i vysokoteplotní tepelná čerpadla. Vedle kondenzačních kotlů jsou tepelná čerpadla nejčastěji využívanými nízkoteplotními zdroji.



Obrázek 2 Příklad zapojení tepelného čerpadla do systému [43]

Je možné je zapojit do monovalentního, bivalentního nebo trivalentního systému. Vyrábějí se i tepelná čerpadla s vestavěným elektrokotlem. Na obrázku č. 2 je příklad zapojení do systému vytápění.

B. STUDIE – APLIKACE OZE NA VYBRANÝ OBJEKT

Cílem této studie je určit vhodnost využití obnovitelných zdrojů energie na vybraném objektu, především k pokrytí potřeb na vytápění a ohřev teplé vody. Objekt je projektovaný jako nízkoenergetický. Z možných variant bude vybrána jedna, která bude porovnána s referenční variantou. Referenční variantu tvoří kotel na zemní plyn jako zdroj tepla a klasická teplovodní otopná soustava. Tyto dvě varianty budou porovnány z hlediska energetického, ekonomického a environmentálního. Pro stanovení základní energetické bilance a potřebu neobnovitelné primární energie s možností porovnání jednotlivých variant byl použit výpočetní nástroj NKN II.

5 VYBRANÝ OBJEKT

Pro účel diplomové práce jsem si zvolila architektonickou studii Penzion pro seniory, Hálkova, Opava, vypracovanou architektonickým ateliérem DOMA architekti. Tato studie byla vypracována v rámci soutěže vyhlášené městem Opava v roce 2012. Předmětem soutěže bylo zpracování kvalitního architektonického návrhu penzionu s kapacitou 50 samostatných bytových jednotek, o ploše bytu do 40 m². Součástí zadaného objektů je i víceúčelový společenský sál. Objekt s malometrážními byty s bezbariérovým vstupem a evakuačním výtahem měl vytvořit bydlení pro samostatně obslužné občany důchodového věku s možností terénních služeb lékaře a sester. Nejedná se tedy o dům s pečovatelskou službou. Tento typ objektů se v posledních letech prezentuje jako Komunitní dům pro seniory a je podporován ministerstvem pro místní rozvoj, které na jejich výstavbu vyhláší od roku 2015 výzvy v rámci dotačního programu Podporované byty. Při splnění požadavků je možné získat dotaci na jednu bytovou jednotku až 600 000Kč.

Dle ČSN 73 4301 [49] se považuje budova určená převážně k dlouhodobému bydlení v bytech za obytnou budovu bez ohledu na velikost bytu a způsob vlastnictví. Za bytový dům se považují i budovy určené k dlouhodobému přechodnému ubytování (studentské koleje, internáty, ubytovny), za obytnou budovu se však nepovažují hotely nebo penziony. Označení projektu za penzion je zde tedy zavádějící a objekt bude posuzován jako obytná budova.

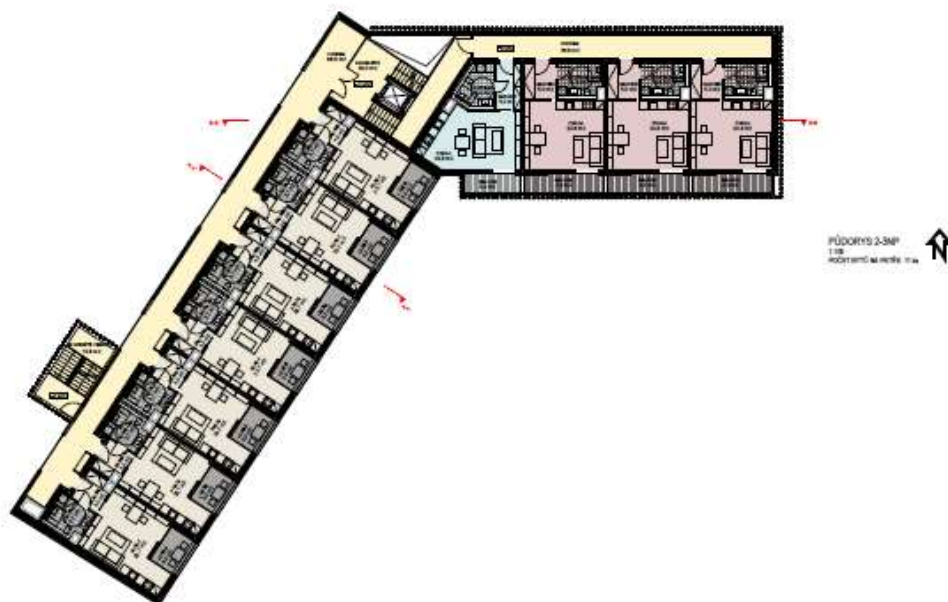
5.1 POPIS OBJEKTU

Jedná se o komunitní dům pro seniory s bezbariérovým přístupem. Budova se skládá ze dvou objektů. Objekt A má 6 nadzemních a 1 podzemní podlaží, objekt B má 3 nadzemní podlaží. Celkem se v objektu nachází 50 malometrážních bytových jednotek. Objekt je v přízemí vybaven vstupní halou se společenským sálem s WC pro invalidy, kuchyňkou a skladem. Tato část má zvýšenou konstrukční výšku. V případě konání akcí pro veřejnost je ve vstupní hale možnost zřízení šatny, případně recepce. Víceúčelový společenský sál bude sloužit k projekci filmů, besedám, představením nebo koncertům. Střední schodišťové jádro s evakuačním výtahem umožňuje bezbariérový přístup ke všem bytům v části A i B, jejichž výšková úroveň je posunuta vzájemně o půl patra.



Obrázek 3 Půdorys 1 NP

Byty v objektu A jsou orientovány tak, aby bylo umožněno proslunění sluncem v dopoledních hodinách z jihovýchodu. Byty v objektu B jsou orientovány přímo k jihu. Všechny byty mají standardní dispozice jednopokojových bytů. V bloku B k bytům předsazené podélné balkony, v bloku A jsou byty doplněny rohovými lodžiemi.



Obrázek 4 Půdorys 3. NP

V každém z bytů je u zádveří umístěna koupelna pro lidi se sníženou schopností pohybu, která je společná s WC. Standardem všech bytů je kuchyňský kout a velikost obytného pokoje s kuchyňským koutem je optimalizována přibližně na 24 m². Každý byt má v suterénu přidělenou jednu sklepní kóji.



Obrázek 5 Půdorys typických bytů

5.2 PROJEKČNÍ PODKLADY

Jako podklad pro zpracování studie a pro projekt vytápění slouží studie návrhu Penzionu pro seniory Hálkova, výkresy zpracované architektonickým ateliérem ve formátu DWG a krátká průvodní zpráva s popisem objektu. K dispozici jsou půdorysy všech podlaží, řezy a situace.

5.3 ENERGETICKÁ KONCEPCE OBJEKTU

5.3.1 ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÍ KONCEPCE

Ve studii nebyla energetická koncepce nijak definována. Nebyly zmíněny ani parametry jednotlivých konstrukcí nebo požadavky na vnitřní prostředí. Pro účel diplomové práce budu dále uvažovat o projektu, jako o nízkoenergetické stavbě, která musí splňovat normové parametry dle ČSN 73 0540-2:2011 [45], nízkoenergetická stavba je definována měrnou potřebou tepla na vytápění nepřekračující hodnotu 50 kWh/(m²a). Pro dosažení těchto parametrů je důležitá nejen skladba obvodového pláště, ale také řešení stavebních detailů, aby byly co nejvíce eliminovány tepelné mosty. Výraznou roli hraje také samotný architektonický návrh.

Umístění budovy v krajině, klimatické podmínky

Objekt se nachází v ulici Hálkova v Opavě. Jedná se o zastavěné rovinaté území. Vyšší část budovy je orientována jihovýchodně a nižší přímo k jihu. Dle normy ČSN 73 0540-3 [46], Přílohy H se jedná o teplotní oblast 2 s návrhovou teplotou v zimním období -15 °C. Této oblasti odpovídá normální zatížení větrem v krajině, směr převládajících větrů je severovýchodní s rychlostí 4m/s.

Rozmístění místností v budově

Budovu lze rozdělit na čtyři základní prostory z hlediska využití. Největší objem budovy tvoří obytná část. Všechny byty jsou umístěny a orientovány vždy na jižní (objekt B) nebo jihovýchodní (objekt A) straně budovy. Nejméně využívaným prostorem jsou sklepy, které jsou umístěny v 1. podzemním podlaží pod objektem A. Podzemní patro je v celé ploše pod úrovní terénu. Dalším prostorem je víceúčelový společenský sál, který se nachází v prvním nadzemním patře objektu B v celé jeho ploše, toto podlaží má vyšší konstrukční výšku než ostatní podlaží. Všechny tyto

prostory jsou propojeny komunikačním prostorem tvořeným chodbami, schodištěm a vstupní halou. Veškeré komunikační prostory jsou umístěny na severní, severozápadní straně budovy. Toto rozdělení do prostorů odpovídá rozdělení zón pro účel výpočtu energetické náročnosti.

Tepelná akumulace stavby

U zadaného objektu se teplo zachycené prosklenými plochami akumuluje především ve stropních konstrukcích. Jiné prvky, které by měly větší schopnost akumulovat teplo, nejsou v tomto objektu využity.

Stínění

U nízkoenergetických a pasivních budov hraje důležitou roli vhodné zastínění o oslunění objektu. Nejvhodnější je orientace obytných místností čistě k jihu a dostatečné zastínění v letním období a co největší oslunění v období zimním. Tuto podmínku splňuje nižší část objektu. Tato část je doplněna i předsunutými podélnými balkóny o šířce 1,2 m, které umožňují částečné stínění objektu v letních měsících. Tato šířka balkónu je uváděna jako optimální. [8] Je vhodné doplnit markýzy nebo jiné stínící prvky i v úrovni střechy. Vhodná je také výsadba listnatých stromů na jižní stranu od objektu. V zimě opadané stromy umožňují dopad slunečních paprsků a v létě chrání objekt před nadměrným osluněním.

5.3.2 TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBJEKTU

V normě ČSN 73 0540-2:2011[45] je nízkoenergetická stavba definována jako ta, kde měrná potřeba tepla na vytápění nepřekračuje hodnotu 50 kWh/(m²a). Měrná potřeba tepla na vytápění charakterizuje tepelně-izolační vlastnosti budovy, nezohledňuje účinnost topného systému a zdroje tepla. Jedná se o energetický výstup z objektu a ten je dán tepelnými ztrátami budovy. Architektonická studie nezahrnovala návrh skladeb jednotlivých konstrukcí. Pro účel diplomové práce, byly k jednotlivým konstrukcím přiřazeny hodnoty součinitele prostupu tepla tak, jak se obvykle užívají při návrhu pro nízkoenergetické nebo pasivní domy, tyto hodnoty splňují požadované hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011 [45]. Hodnoty se blíží doporučeným hodnotám pro pasivní budovy, které jsou v normě uvedené. Porovnání uvažovaných a doporučených hodnot je v tabulce č. 4. Výstupem z energetického hodnocení obálky budovy jsou tepelné ztráty prostupem a

průměrný součinitel prostupu tepla. Při stanovení tepelných ztrát prostupem byl zohledněn výskyt tepelných mostů v konstrukci součinitelem $\Delta U_{em} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tato hodnota odpovídá kvalitnímu řešení stavebních detailů s prokazatelně optimalizovanými tepelnými vazbami. Na základě součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí byl stanoven i průměrný součinitel prostupu tepla pro celou budovu, zařídění dle vyhlášky 78/2013Sb.

Průměrný součinitel prostupu tepla

$U_{em} = 0,37$

$U_{em,R} = 0,43$

Klasifikační ukazatel ER pro $U_{em} = 0,86$

Třída energetické náročnosti ukazatele EN: C úsporná

Zóna	Typ konstrukce	$U_{N,20}$	U	g	F_{gl}	A	b	orientace
		$W/m^2.K$	$W/m^2.K$	-	-	m^2	-	-
1 - obytné prostory	Stěna vnější	0,3	0,19	-	-	620,2	1	-
	Stěna vnitřní	2,7	0,95	-	-	994	0,06	-
	Podlaha nad suterénem	0,24	0,19	-	-	326,3	0,43	-
	Střecha plochá	0,24	0,14	-	-	501,1	1	-
	Podlaha nad vstupní halou	2,2	1,2	-	-	103,8	0,06	-
	Podlaha nad sálem	2,2	1,2	-	-	71	0,11	-
	Okna	1,5	0,8	0,63	0,75	77,8	1,15	0° (jih)
	Okna	1,5	0,8	0,63	0,75	288	1,15	+/- 60°
2 - vstup a komunikace	Stěna vnější	0,3	0,19	-	-	749,7	1	-
	Obvodová stěna suterénu	0,45	0,2	-	-	33,3	0,57	-
	Stěna vnitřní v suterénu	0,3	0,19	-	-	30,5	0,43	-
	Stěna vnitřní sál	2,7	0,95	-	-	38,1	0,06	-
	LOP	1,21	0,9	0,68	0,75	32,8	1	+/- 60°
	LOP	1,21	0,9	0,68	0,75	63,5	1	180°(sever)
	Střecha plochá	0,24	0,14	-	-	162,5	1	-
	Podlaha na zemině	0,45	0,2	-	-	148,5	0,66	-
	Podlaha nad suterénem	0,24	0,19	-	-	78,9	0,43	-
	Podlaha nad sálem	2,2	1,2	-	-	15,5	0,06	-
	Okna	1,5	0,8	0,63	0,75	10,4	1,15	0° (jih)
	Okna	1,5	0,8	0,63	0,75	240	1,15	+/- 120°
	Okna	1,5	0,8	0,63	0,75	52,7	1,15	180°(sever)
3 - společenský sál	LOP	1,21	0,9	0,68	0,75	37,2	1	0° (jih)
	LOP	1,21	0,9	0,68	0,75	37,2	1	+/- 45°
	Stěna vnější	0,3	0,19	-	-	38,1	1	-
	Podlaha na zemině	0,45	0,2	-	-	86,6	0,66	-

Tabulka 4 Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí

5.3.3 HYGIENICKÉ POŽADAVKY

Pro správný návrh energetických systémů v objektu je nutné splnit určité požadavky, které vyplývají ze samotného provozu. Tyto požadavky souvisí především s tepelnou pohodou, jsou tedy kladeny požadavky pro splnění parametrů vnitřního prostředí na vytápění, větrání a dále například na parametry teplé vody. Pro pobytové prostory jsou tyto požadavky u nás stanoveny ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody,

ve vyhlášce č.194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům. Dále jsou požadavky stanoveny v normách ČSN 73 0540-2 [45], ČSN EN 15665/Z1 [51], ČSN EN 12831 [44], ČSN 06 0210 a ČSN EN 15316 [52].

Obytný prostor

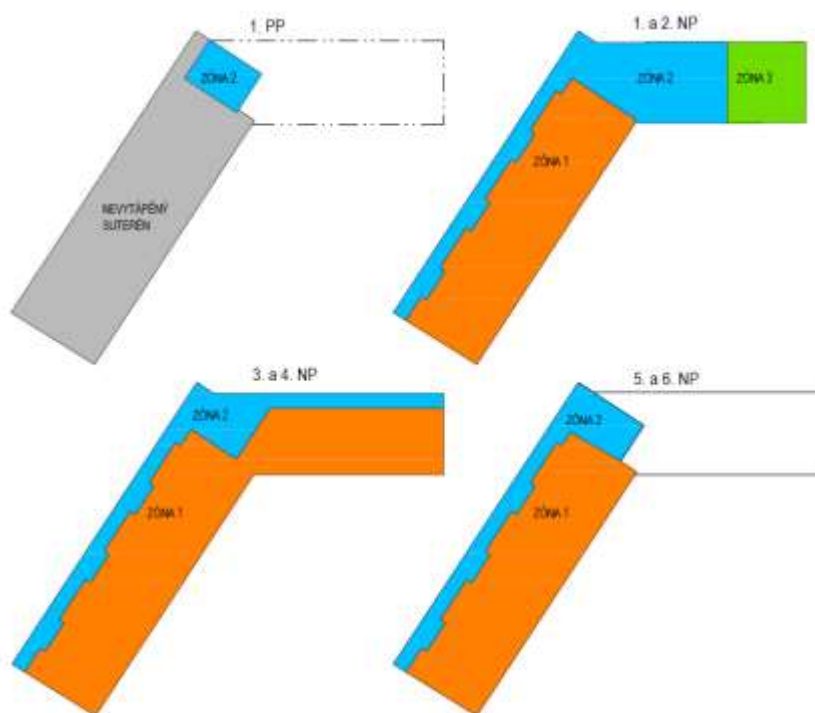
Celkový počet malometrážních bytů v objektu je celkem 50. Z hlediska obsazenosti bytů je počítáno s průměrným počtem 1,5 osob na byt. Celkově je tedy v objektu počítáno se 75 osobami. Intenzita větrání v obytných prostorách je minimálně stanovena na hodnotu $0,5h^{-1}$. Doporučené množství venkovního vzduchu je $25 m^3h^{-1}os^{-1}$. Požadovaná teplota pro pobytové prostory a kulturní sály v otopném období je $20^{\circ}C$, chodby $15^{\circ}C$, pro koupelny $24^{\circ}C$. Optimální relativní vlhkost vzduchu je 40-60 % (90 %koupelny). Legislativním požadavkem na přípravu teplé vody je požadovaná teplota na výtoku z armatury v rozmezí $50^{\circ}C - 55^{\circ}C$ s možností poklesu na $45^{\circ}C$ v odběrové špičce. Dle ČSN EN 15316-3 [52] je specifická potřeba teplé vody pro bytové domy 40l/os, což odpovídá $3m^3$ /den pro celý objekt.

Společenský sál

U větrání společenského sálu je požadováno stejně jako u obytných prostor minimální množství vzduchu $25 m^3h^{-1}os^{-1}$ a minimální intenzita stanovena na hodnotu $0,5 h^{-1}$. Z hlediska komfortu pro víceúčelový sál je uvažováno s přívodem vzduchu $35 m^3h^{-1}os^{-1}$. Vnitřní požadovaná teplota v otopném období je $20^{\circ}C$. Předpokládá se s obsazeností dvaceti lidí. Požadavek na připojení teplé vody není.

5.3.4 ZÓNOVÁNÍ OBJEKTU

Rozdělení objektu na jednotlivé zóny je provedeno dle doporučení ČSN EN ISO 13790 [47]. Je zohledněn způsob užívání jednotlivých prostor a také požadované parametry vnitřního prostředí. Objekt byl rozdělen na tři vytápěné zóny s požadavky na kvalitu vnitřního prostoru a nevytápěný suterén. Suterén není definován jako samostatná zóna a tepelný tok mezi vytápěným prostorem a suterénem je vypočtený pomocí redukčního činitele dle ČSN EN ISO 13789 [53]. Zónování daného objektu je patrné z obr. č. 6 a parametry vnitřního prostředí a provozu jednotlivých zón jsou uvedeny v tabulce č. 5.



Obrázek 6 Zónování objektu

Parametry vnitřního prostředí jednotlivých zón byly voleny dle typického užívání podle TNI 730331 [54]. Pro větší komfort v zóně 2 – vstup a komunikace, která je koncipována zároveň jako místo pro setkávání (jsou zde umístěné lavičky v každém podlaží), je navržena vnitřní výpočtová teplota 18 °C.

typ zóny	Užívání				Vytápění			Větrání			
	počátek provozu	konec provozu	provozní doba zóny	počet provozních dní v roce	vnitřní výpočtová teplota	teplota pro režim útlumu	provozní doba vytápění	min. tok větracího vzduchu	měrná jednotka	intenzita větrání	provozní doba vytápění
	hodina	hodina	h	d	°C	°C	h/den	m^3/h mj	m.j.	1/h	h/den
1 - obytné prostory	0	24	24	365	20	16	10	25	osoby	0,3	10
2 - vstup a komunikace	0	24	24	365	18	16	0	4	plocha	0,1	24
3 - společenský sál	8	18	10	257	20	18	24	35	osoby	0,3	24

typ zóny	Tepebné zisky								
	měrné tepelné zisky od osob	časový podíl přítomnosti osob	měrné tepelné zisky z vybavení	časový podíl doby provozu	doba využití denního světla	doba bez využití denního světla	měrná roční spotřeba el. na osvětlení	hodnoty osvětlenosti	obsazenost - m ² /os
	W/m ²	-	W/m ²	-	h	h	kWh/ m ² rok	lx	m ² /os
1 - obytné prostory	2	0,7	3	0,2	1600	1200	4,17	100	25
2 - vstup a komunikace	0	0	0	0,2	1200	800	0,3	30	0
3 - společenský sál	1,5	0,5	1	0,15	1200	300	15	200	4

Tabulka 5 Parametry prostředí zón

5.3.5 ENERGETICKÁ BILANCE – REFERENČNÍ VARIANTA

Pro stanovení základní energetické bilance a následné energetické a ekonomické porovnání obou variant byl použit výpočetní nástroj NKN II. Zónování objektu je uvedeno v předchozí kapitole a v tabulce č. jsou uvedené geometrické parametry jednotlivých zón. Parametry vnitřního prostředí, jednotlivých konstrukcí a geometrické uspořádání zón jsou ve všech variantách stejné.

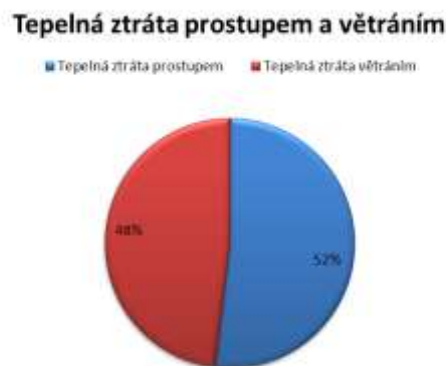
			Parametry zóny		
			1 - obytné prostory	2 - vstup a komunikace	3 - společenský sál
Vnější objem	V	m ³	7752	3152	390
Energeticky vztažná plocha	A _z	m ²	2307	927	86
Užitná plocha	A _f	m ²	1897	792	80
Vnitřní objem	V	m ³	6380	2710	360
počet osob v zóně	-	-	75	0	20
Vnitřní tepelná kapacita	C _m	KJ/m ² .K	260	260	165

Tabulka 6 Parametry zón

Tepelná ztráta prostupem byla vypočtena 43,4 kW, rozložení tepelné ztráty prostupem tepla přes jednotlivé konstrukce je patrné z grafu č. 7. Z grafu lze vyčíst, že 50 % z celkové ztráty prostupem tvoří ztráta přes okenní konstrukce a to i přes to, že bylo počítáno s poměrně přísnou hodnotou $U_{em}=0,8$, která je u nízkoenergetických domů standardní. Důvodem jsou velké plochy oken a při projektování objektu by bylo vhodné jejich rozměry ještě optimalizovat. Tepelná ztráta větráním při přirozeném větrání ve všech zónách je 40,4 kW, celková tepelná ztráta objektu činí 83,8 kW. Poměr tepelné ztráty větráním a tepelné ztráty prostupem je znázorněn na grafu č. 8. Z energetické bilance dle ČSN EN 13790 [47] vychází měrná potřeba tepla na vytápění na 30,45 kWh/m²a. Tato hodnota dle ČSN 73 0540-2 [45] vyhovuje klasifikaci pro nízkoenergetické domy 50 kWh/m²a.



Graf 8 Tepelné ztráty prostupem

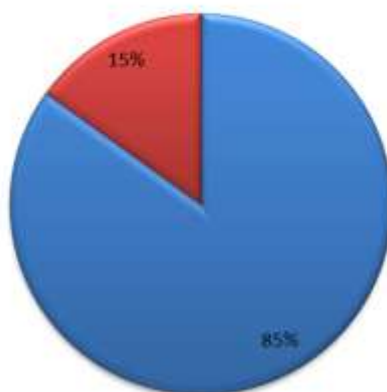


Graf 7 Tepelné ztráty celkem s přirozeným větráním

Při návrhu energetických systémů pro nízkoenergetické domy je často využíváno nuceného větrání objektu s využitím ZZT, u pasivních domů je to přímo předpoklad. Po aplikaci nuceného větrání na vybraný objekt klesne tepelná ztráta větráním. Koncept navrženého větracího systému je uveden v následující kapitole. Navržené větrací zařízení se zpětným získáním tepla pomocí rotačního výměníku pracuje s účinností 83 % v zimním období. Se započtením účinnosti zpětného získání tepla klesla celková tepelná ztráta objektu na 51,3 kW. Tepelná ztráta prostupem je stejná jako při referenční variantě 43,4 kW, tepelná ztráta větráním je tedy pouze 7,9 kW (varianta s přirozeným větráním 40,4 kW). Větrací zařízení je navrženo tak, aby po rekuperaci a následném ohřevu byla pokryta tepelná ztráta větráním a systém vytápění otopnými tělesy by mohl být navržen pouze na pokrytí tepelných ztrát prostupem. Požadovaný výkon na ohřev teplé vody je uveden v kapitole 5.4.1 a je 9,8 kW.

Tepelná ztráta prostupem a větráním

■ Tepelná ztráta prostupem ■ Tepelná ztráta větráním



Graf 9 Tepelná ztráta s nuceným větráním s rekuperací

5.3.6 KONCEPCE NÁVRHU VZT

Navrženo rovnotlaké větrání s centrální rekuperací

Jedná se o systém nuceného větrání pracující s mírným podtlakem. Do objektu je přiváděno i odváděno přibližně stejné množství vzduchu. Větrací jednotka je určená pro prostory obytné a prostor sálu. Prostory komunikací jsou větrány přirozeně a ztráta větráním je pokrytá otopnou soustavou. Vzduchotechnická jednotka je umístěna na střeše, odtud jsou vedeny rozvody přívodního i odpadního potrubí po objektu šachtou umístěnou v objektu A. Po jednotlivých patrech je rozvod řešen pod stropem. U každé bytové jednotky je navržen SMART box umístěný pod stropem před vstupem potrubí do bytu. SMART box je osazen i před vstupem VZT potrubí do sálu. Přívod je řešen vždy do prostoru pokoje pod stropem, do sálu je přívod řešen pod stropem po obvodu místnosti u prosklené části. Odvod je v bytech umístěn v koupelně a nad sporákem. Navržený systém vyrábí společnost ATREA.

Návrh přívodu a odvodu vzduchu

$$V_p = V_e$$

$$V_{p,obyt} = 75 \cdot 25 = 1875$$

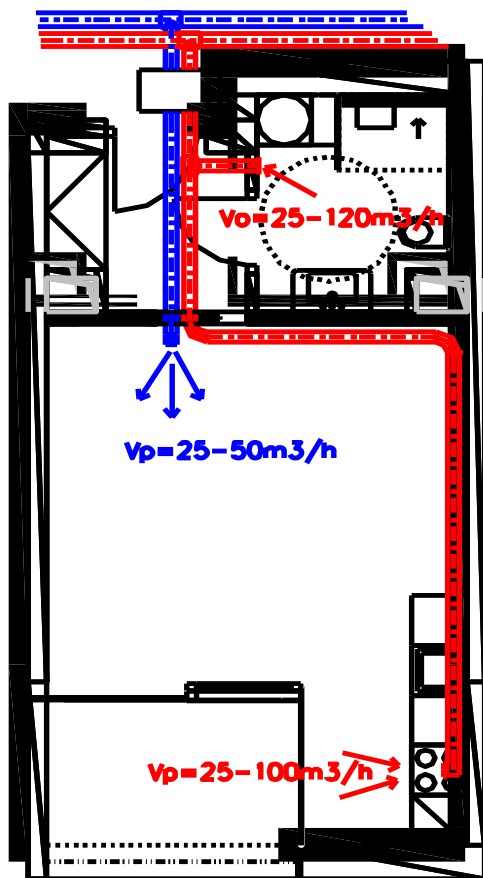
$$V_{p,sál} = 20 \cdot 35 = 700$$

$$V_p = 2600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_o = 2600 = 2600 \text{ m}^3/\text{h}$$

Navržená jednotka DUPLEX 4000 Roto-N

Jedná se o nástřešní větrací jednotku s rotačním výměníkem s účinností 85 % v zimním období, jednotka je doplněná o vestavěný vodní ohřívač o výkonu 5 kW. Navržená větrací jednotka pokrývá 100 % ztráty větráním. Informace o navržené jednotce jsou v příloze č.



SMART boxy

Celkem je osazeno 51 SMART boxů. Smart box reguluje průtok přívodu a odvodu vzduchu v dané sekci (bytě), aby byl vždy zajištěn definovaný rozdíl tlaků nebo rovnotlaké větrání. Každý smart box je propojen s centrální jednotkou a té předává své požadavky. V bytě je systém propojen s odvětráním v kuchyni nebo v koupelně s přepínacími klapkami odtahu. V sále je přívod/odvod regulován dle provozní doby zóny. Ke každému boxu je v bytě umístěn jeden uživatelský ovladač CP04, kde lze nastavit požadovaný výkon nebo zařízení vypnout. K boxu v sále je připojen ovladač CP Touch, který dovoluje pokročilé uživatelské nastavení. Umožňuje nastavení týdenního režimu nebo dočasného režimu.

5.3.7 POTŘEBA TEPLA PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY

Vstupní údaje

Počet osob: $n = 75$

Specifická spotřeba vody dle ČSN EN 15316-3 [52]: $V_p = 0,04 \text{ m}^3/\text{os.den}$

Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci $z = 0,5$

Teplota studené vody $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

Teplota teplé vody $t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

časové rozložení odběru podle ČSN EN 15316-3 [52] (z celkového množství TV):

od 6 do 9 hodin	= 35 %
od 9 do 19 hodin	= 15 %
od 19 do 22 hodin	= 40 %
od 22 do 24 hodin	= 10 %

Denní potřeba teplé vody $V_{2p} = n \cdot V_p = 75 \cdot 0,04 = \underline{3 \text{ m}^3/\text{den}}$
 Teplu odebrané $Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 157 + 78,5 = \underline{236 \text{ kWh}}$
 Teplu teoretické $Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1) = 1,163 \cdot 3 \cdot (55-10) = \underline{157 \text{ kWh}}$
 Teplu ztracené $Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 157 \cdot 0,5 = 157 \cdot 0,5 = \underline{78,5 \text{ kWh}}$

Q [kWh]	hod																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ztráty	3	7	10	13	16	20	23	26	29	33	36	39	43	46	49	52	56	59	62	65	69	72	75	79
odběr	3	7	10	13	16	20	41	63	84	90	96	101	107	113	118	124	129	135	141	165	189	213	224	236
dodávka	10	20	30	39	49	59	69	79	89	98	108	118	128	138	148	157	167	177	187	197	207	216	226	236
ΔQ_{\max}	6,6	13	20	26	33	39	28	16	4,2	8,4	13	17	21	25	29	34	38	42	46	32	18	3,2	1,9	0,7

Tabulka 7 Průběh odběru a dodávky tepla



Graf 10 Křivka odběru a dodávky tepla

Zásobníkový ohřev

Velikost zásobníku $V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{1,163 \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{46}{1,163 \cdot 45} = \underline{0,9 \text{ m}^3}$

Jmenovitý výkon ohřevu $Q_{TV} = \frac{Q_1}{t} = \frac{236}{24} = \underline{9,8 \text{ kW}}$

Návrh zásobníku SK 1000-4 ZB o objemu 1000l, napojený na samostatný okruh.

5.4 REFERENČNÍ VARIANTA

Aby bylo možné zhodnotit energetickou a ekonomickou výhodnost, bude navržená varianta s využitím obnovitelného zdroje energie srovnána s referenční variantou. Jako referenční varianta je zvolen objekt s přiřazenými parametry, jak je zmíněno v předchozí kapitole. Jako zdroj tepla pro ohřev teplé vody a vytápění jsou navrženy dva kondenzační kotle, otopnou soustavu dále tvoří klasická desková otopná tělesa. Příprava teplé vody je řešena centrálně nepřímotopným zásobníkem na teplou vodu.

5.4.1 KONCEPT NÁVRHU

Návrh kotle

$$Q_{\text{prip}} = \max(Q_I; Q_{II}) = \underline{51,3 \text{ kW}}$$

$$Q_I = 0,7 * Q_{\text{VYT}} + Q_{\text{TV}} = 0,7 * 51,3 + 9,8 = \underline{45,7 \text{ kW}}$$

$$Q_{II} = Q_{\text{VYT}} = \underline{51,3 \text{ kW}}$$

Návrh kaskády 2 x CerapurComfort ZSBR 28-3 (Pmax = 2 x 27,4 kW, 54,8 kW pro 50/30°C)

Pro navržený spád 60/40°C je výkon menší ale stále dostačující.

Pro jednotlivé kotle, které nedosahují výkonu 50 kW a zároveň celkový jmenovitý výkon kotelny je menší než 100 kW, platí pouze ČSN EN 1775 [50]. Nejedná se o kotelnu III. kategorie.

Odvod kondenzátu

Max. množství kondenzátu ($t_R = 30^\circ\text{C}$) 2,2 l/h (jeden kotel)

Hodnota pH cca. – 4,8

Dle podkladů výrobce není neutralizace kondenzátu nutná. Při 50 bytech (75 osobách) dochází k dostatečnému ředění kondenzátu. Lze tedy odvádět kondenzát přímo do kanalizace bez neutralizačního boxu. Potrubí musí být z korozně odolného materiálu.

Odvod spalin

Odvod spalin bude řešen kaskádově PP potrubím nad střechu umístěným v šachtě. Maximální délka potrubí pro kotle o výkonu je 30m, vodorovné potrubí max 5m. Bude použita základní sada pro kaskádu 2 přístrojů s odtahem do strany, Ø 125 mm, PP + Sada pro vedení odtahu v šachtě, Ø 125 mm, PP (pro kaskádu) + požadované prodloužení v šachtě. Konstrukce musí být odolná proti vlhkosti a také proti vnitřnímu přetlaku.

Hydraulické oddělení

Pro hydraulické oddělení otopného okruhu od kotlového okruhu je navržena hydraulická výhybka HW50, která je vhodná až do výkonu 105 kW.

Expanzní nádoba

Velikost expanzní nádoby, $P_{\max} = 54\text{kW}$, $h = 15\text{m}$

$$V_o = 10 \cdot P_{\max} = 10 \cdot 54 = 540 \text{ l}$$

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n = 1,3 \cdot 0,54 \cdot 0,029 = 0,020 \text{ m}^3$$

$$V_{ep} = \frac{V_e(p_{hp}+100)}{(p_{hp}-p_d)} = \frac{0,035 \cdot (300+100)}{(300-161)} = 0,058 \text{ m}^3$$

Expanzní nádoby 2x12, které jsou součástí kotlů, nejsou dostatečné.

Návrh expanzní nádoby AQUAFILL HS 35

Rozdělovač a sběrač

Za hydraulickou spojkou je napojený kombinovaný rozdělovač sběrač na 5 okruhů, tři směřované okruhy vytápění bytů a zvlášť chodeb a společenského sálu, jeden okruh pro napojení zásobníku TV a jeden okruh pro VZT. Navržen kombi rozdělovač sběrač modul 100 od společnosti ETL-Ekotherm® a.s.

Oběhová čerpadla

Oba dva otopné okruhy i okruh pro zásobník TV a VZT jsou osazeny oběhovými čerpadly. V obou případech jsou čerpadla osazena za uzavírací armaturou a u směřovaných otopných okruhů za trojcestným ventilem.

V kotlovém okruhu má každý kotel své vestavěné čerpadlo.

Regulační a kaskádový modul

Soustava je regulovaná pomocí kaskádového modulu MC400, tento modul reguluje kompletně primární okruh tepelného zdroje včetně termohydraulického rozdělovače.

Topné okruhy jsou regulovány pomocí ekvitermního regulátoru CW400 ve spojení se třemi moduly MM100.

Bloková úpravna vody

Úpravna vody je napojená na rozvod pitné vody a je vybavená změkčovacími filtry, instalace se provádí za zařízení pro automatické doplnění vody.

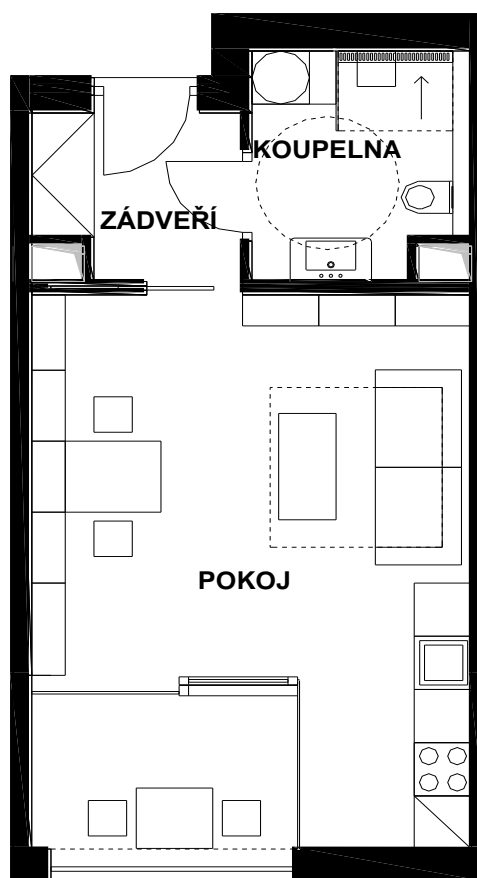
Automatické doplňování vody

Slouží k automatickému doplňování vody do uzavřených otopných soustav. Hlídá pokles tlaku a kontrolovaně doplní potřebné množství vody. Předchází problémům se zavzdušněním. Je napojen na blokovou úpravnu vody. Zapojení do otopné soustavy je na vratné větvi mezi hydraulickou výhybkou a sběračem.

Tepelné ztráty - typizovaný byt

Z důvodu stavebního řešení (izolace lodžie) je lodžie uvažovaná jako součást pokoje. Odizolování od venkovního prostředí je zajištěno pomocí oken, které mají $U_{em}=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Dělicí skleněná příčka mezi lodží a pokojem není brána v úvahu. Strop a podlaha jsou tedy po celé ploše pokoje i lodžie stejné a není tak nutné řešit jejich izolaci od okolní stropní konstrukce.

Tepelné ztráty jsou vypočítány pro typizovaný. Zároveň je ve výpočtech zohledněna pozice bytu v budově. Výpočty byly provedeny pro pět možných umístění bytu (okrajový pod střechou, vnitřní pod střechou, okrajový, vnitřní, nad suterénem).



Návrh otopných těles - byty

Pro vytápění pokojů v bytech jsou navržena desková otopná tělesa o délce 1,2 m, v koupelnách jsou navržena trubková otopná tělesa. V celém objektu jsou navržena desková otopná tělesa firmy KORADO, výjimku tvoří koupelny, zde jsou navržena trubková otopná tělesa. Teplotní spád otopných okruhů je 55/45°C.

Umístění bytu	Místnost	výpočtová	tepelná	Typ otopné plochy	Výkon otopné	pokrytí	Celkový
		teplota	ztráta		plochy	ztrát	
		°C	W	-	W	%	počet
Rohový byt pod střechou	Pokoj	20	439	KORADO Radik 11 VK 1200/500	527	120%	2
	Koupelna	24	225	KORALUX linear comfort-M 1500/450	275	122%	2
	Zádveří	18	-38	-	-		
Vnitřní byt pod střechou	Pokoj	20	369	KORADO Radik 11 VK 1200/400	434	118%	10
	Koupelna	24	167	KORALUX linear comfort-M 1220/450	222	133%	10
	Zádveří	18	-52	-	-		
Okrajový byt	Pokoj	20	331	KORADO Radik 11 VK 1200/400	434	131%	2
	Koupelna	24	187	KORALUX linear comfort-M 1220/450	222	118%	2
	Zádveří	18	-52	-	-		
Vnitřní byt	Pokoj	20	208	KORADO Radik 10 VK 1200/500	316	152%	29
	Koupelna	24	129	KORALUX linear comfort-M 900/450	163	126%	29
	Zádveří	18	-52	-	-		
Byt nad suterénem	Pokoj	20	298	KORADO Radik 10 VK 1200/500	316	106%	7
	Koupelna	24	151	KORALUX linear comfort-M 900/450	163	108%	7
	Zádveří	18	-69	-	-		

Tepelný výkon přepočítaný na $\Delta T = 30(26)$; ($t_1/t_2/t_i =$ při 55/45/20(24) °C)

Tabulka 8 Navržená otopná tělesa - byty, referenční varianta

Tepelné ztráty – komunikace, společenský sál

Podobně jako u výpočtu bytů je ve výpočtu tepelných ztrát chodeb zohledněno jejich umístění v budově. Vstupní prostor v 1.NP byl spočítán jako celek a zvlášť byl spočítán prostor společenského sálu.

Návrh otopných těles - komunikace, společenský sál

Pro chodby jsou pro pokrytí tepelných ztrát navrženy desková otopná tělesa KORADO VK o délce 2m, která jsou umístěna u ochlazovaných ploch.

Místnost a umístění	výpočtová	tepelná	Typ otopné plochy	Výkon otopné	pokrytí	Celkový
	teplota	ztráta		plochy	ztrát	
	°C	W	-	W	%	
Objekt A chodba pod střešou	18	1875	4x KORADO Radik 10 VK 2000/500	2296	122%	4
Objekt A chodba vnitřní	18	1501	4x KORADO Radik 10 VK 2000/500	2296	153%	16
Objekt A chodba nad suteréne	18	1712	4x KORADO Radik 10 VK 2000/500	2296	134%	4
Objekt B chodba pod střešou	18	960	4x KORADO Radik 10 VK 2000/500	2296	239%	4
Objekt B chodba vnitřní	18	804	4x KORADO Radik 10 VK 2000/500	2296	286%	4
1NP vstup	18	4208	4x KORADO Radik 21 VK 1800/500	4448	106%	4
Společenský sál	20	3095	4x KORADO Radik 21 VK 2000/500	4536	147%	4

Tepelný výkon přepočítaný na $\Delta T = 32(30)$; ($t_1/t_2/t_i = \text{při } 55/45/18 (20)^\circ\text{C}$)

Tabulka 9 Navržená otopná tělesa - společné prostory, referenční varianta

Rozvody

Rozvody v jednotlivých podlažích budou vedeny v podlaze, svislé rozvody jsou vedeny v instalačních šachtách. Potrubí je nutné izolovat. V prostorách kotelny bude potrubí z ocelových bezešvých trubek spojovaných svařováním. Rozvody po budově budou z měděných trubek. Rozvody jsou vedeny systémem dvoutrubkové horizontální etážové soustavy. Před vstupem potrubí do bytu budou rozvody osazeny kalorimetry s dálkovým odečtem tepla pro rozúčtování nákladů na vytápění.

5.4.2 EKONOMICKÁ NÁROČNOST VARIANTY

Pro porovnání obou variant je nutné odhadnout ekonomickou náročnost jednotlivých zdrojů a jejich systémů. Náklady u každé varianty jsou rozdělené na investiční a provozní. V investičních nákladech je uvedena cena zařízení, materiálu a montáže. Jsou uváděny pouze ceny za položky, které se u jednotlivých variant liší. Provozní náklady zahrnují náklady na vstupní energie (palivo), údržbu a revize systému. Dále jsou porovnány provozní náklady vzhledem k metodě výpočtu roční potřeby tepla, první metodou je denostupňová metoda. Druhou metodou je roční bilance dle vyhlášky 78/2013 Sb., kde se do výpočtu zahrnuje i vliv tepelných zisků, hodnoty byly stanoveny pomocí výpočetního nástroje NKN II.

Investiční náklady

Položka	ks	cena bez DPH	DPH %	cena s DPH	Cena celkem
CerapurComfort ZSBR 28-3	2	28926	21	35000	70000
Odkouření	1	24793	21	30000	30000
Anuloid KW50	1	7438	21	9000	9000
Expanzní nádoba AQUAFILL HS 35	1	1470	21	1778,7	1778,7
Montáž kotelny vč materiálu	1	30000	15	34500	34500
Plynovodní přípojka 25m	1	60000	15	69000	69000
CELKEM		152 627 Kč		179 279 Kč	214 279 Kč

Tabulka 10 Investiční náklady, referenční varianta

Provozní náklady – denostupňová metoda

Položka	Roční spotřeba	cena s DPH Kč	Cena celkem Kč
Paušální roční platba *		2180	2180
Cena za MWh *	177,5	1227	217792,5
Kontrola komínu		500	500
Údržba a servis (2%)		1400	1400
CELKEM		221 873 Kč	

* Cena plynu stanovena dle

<http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/13-prehled-cen-zemniho-plynu>

Tabulka 11 Provozní náklady, referenční varianta, denostupně

Provozní náklady – bilance dle 78/2013 Sb.

Položka	Roční spotřeba	cena s DPH Kč	Cena celkem Kč
Paušální roční platba *		2180	2180
Cena za MWh *	126	1227	154960
Kontrola komínu		500	500
Údržba a servis (2%)		1157	1157
CELKEM		158 797 Kč	

* Cena plynu stanovena dle

<http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/13-prehled-cen-zemniho-plynu>

Tabulka 12 Provozní náklady, referenční varianta, bilance dle 78/2013 Sb.

5.5 APLIKACE OZE NA ZADANÝ OBJEKT

V této kapitole jsou popsány možnosti využití některých obnovitelných zdrojů energie, které byly zmíněny v kapitole 3, na zadaném objektu. Při úvaze o návrhu daného typu zdroje energie je brán ohled na stavební řešení budovy a požadavky na vnitřní prostředí. Při návrhu obnovitelných zdrojů energie je zároveň počítáno s využitím nuceného větrání pro obytnou zónu a společenský sál. V obou případech je počítáno se zpětným využitím tepla s účinností 85 % jako v referenční variantě. Požadavky na výkon zdroje tepla jsou tedy shodné a uvedené v tabulce 13.

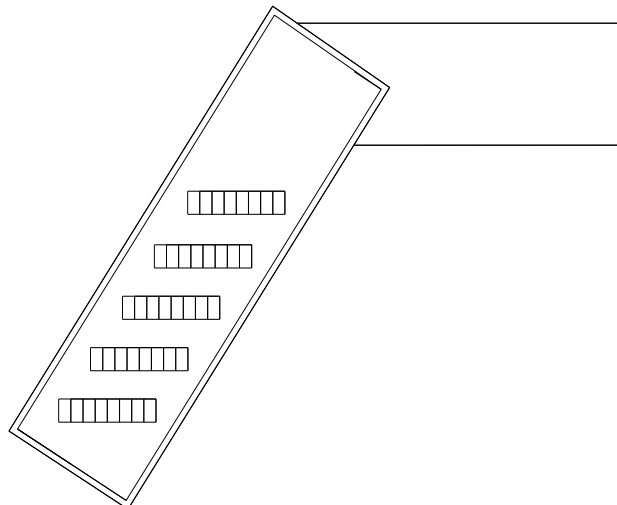
Potřeba tepla		kW
Q_p	Tepelná ztráta prostupem	43,4
Q_{vet}	Tepelná ztráta větráním	7,9
Q_C	Celková tepelná ztráta	51,3
Q_{tv}	Na ohřev TV	9,8
Q_{C+TV}	celkový výkon	61,1

Tabulka 13 Přehled požadovaných výkonů

5.5.1 SOLÁRNÍ KOLEKTORY

Pro přípravu TV a případný předeřev topné vody se využívají především ploché solární kolektory někdy i trubicové. Ploché kolektory jsou levnější, ale mají nižší účinnost. Trubicové kolektory mají vyšší účinnost především v zimě, kdy díky vakuem chráněné absorpční vrstvě mají menší ztráty. Pro bytové domy se nejčastěji navrhuje ploché solární kolektory se selektivním povrchem. Na rozdíl od návrhu pro RD se u bytových domů provádí odhad potřebné kolektorové plochy pro červenec, protože provozem v létě vznikají větší přebytky energie. I když výrobci udávají vysokou účinnost solárních kolektorů, pro výpočet získané energie se musí uvažovat s účinností celého systému. U velkoplošných solárních soustav nad 50 m² se pohybuje okolo 40-60 %, v našich podmínkách můžeme tedy z dopadajícího solárního záření 1000 - 1300 kWh/m² získat okolo 400 - 600 kWh tepelné energie. Výhodné je využívat solární ohřev pro přípravu teplé vody, protože její potřeba je v průběhu roku zhruba konstantní. Pro zvolený objekt, který spadá do nízkoenergetického standardu lze využít solární energii i pro předeřev topné vody. Pro využití solárního systému po celý rok je optimální sklon kolektoru okolo 45°. Ekonomicky přijatelné jsou hodnoty pokrytí roční potřeby tepla pro ohřev teplé vody a vytápění 15-35 %.

teplé vody, větší zisky v letním období by nemohly být nijak využity a musely by být akumulovány.



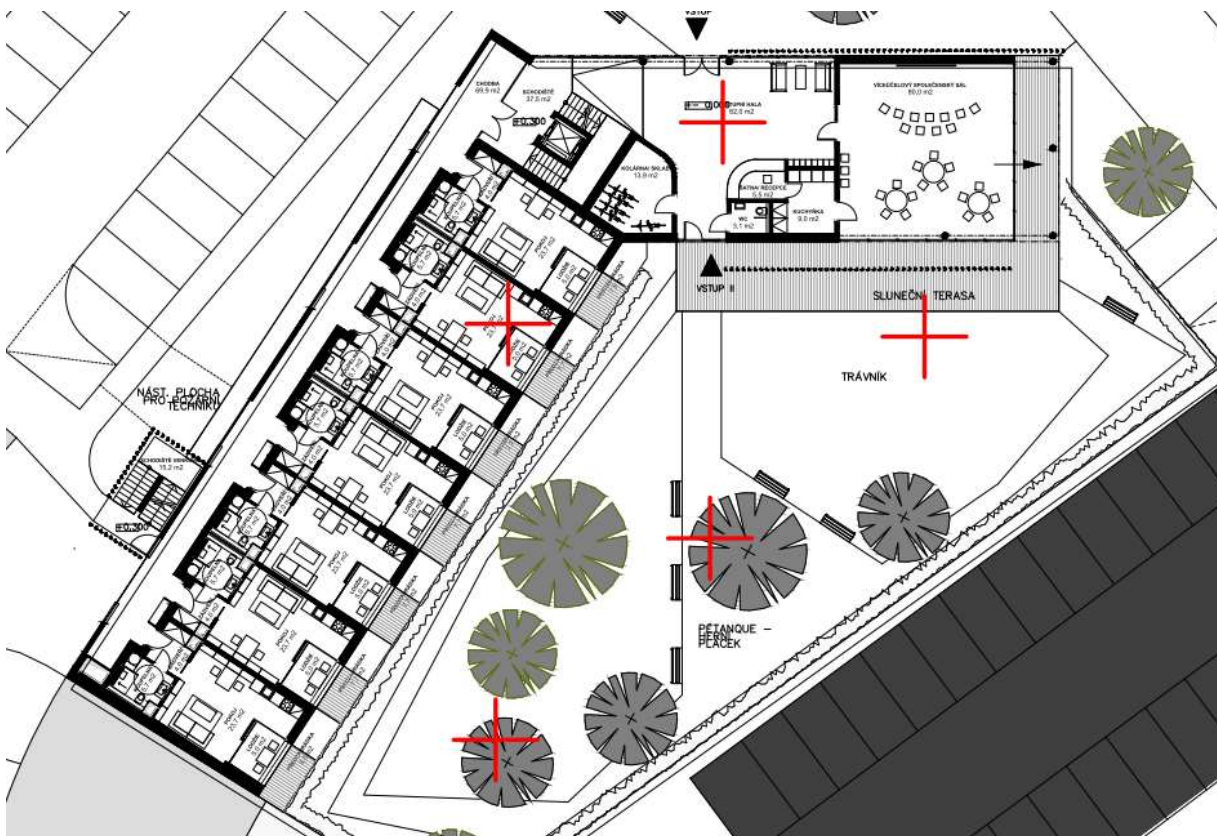
Obrázek 8 Schéma možného rozmístění kolektorů na střeše objektu A

5.5.2 TEPELNÁ ČERPADLA

Země - voda

Pro využití tepelných čerpadel země-voda jsou dvě základní varianty, jednou je plochý kolektor a druhou vrt se sondou. Při zvažování aplikace tepelného čerpadla je tedy hlavním kritériem dostupná plocha, která je možné pro tepelné čerpadlo použít. Na zadaném objektu je vyloučena možnost instalace plochého kolektoru, pro čerpadlo o výkonu 10kW je třeba přibližně 250-350 m², takový pozemek není k dispozici. Pro aplikaci vrtu je nutné znát hydrogeologické podmínky podloží. Pro dimenzování lze uvažovat hodnoty měrného výkonu v rozmezí 30-100 W/m. Podle požadovaného výkonu se provádí jeden či více vrtů o hloubce od 80 do 250 m. V tomto případě se vrty volí většinou stejně hluboké, přičemž by vzdálenost mezi jednotlivými vrty neměla být menší než 10m, přičemž u výkonů vyšších než 30 kW je nutné přesné posouzení. Velkou výhodou tepelných čerpadel země-voda je možnost chlazení v letních měsících. Způsob zapojení tepelného čerpadla je možné pro vrty navrhovat i jako monovalentní, čerpadlo může pokrýt 100 % potřeby energie. Častější a mnohdy výhodnější je návrh bivalentního zapojení. Druhý zdroj může sloužit jako záloha při odstávce, zároveň snižuje investiční náklady do čerpadla a omezuje počet

jeho startů. Při vypočteném potřebném výkonu 58 kW můžeme uvažovat, že tepelné čerpadlo by mělo pokrýt 60 % potřebného výkonu (odpovídá 35 kW). Pro tento výkon by mohlo být použito TČ NIBE F1330, výrobce uvádí doporučenou hloubku vrtů v zemi 4 x 170 m – 5 x 200 m a vzdálenost vrtů minimálně 15 m. Na obrázku je znázorněné příkladné rozmístění vrtů na pozemku s roztečí 15 m mezi jednotlivými vrty. Dva vrty jsou umístěné pod samotnou budovou, je tedy nutné s jejich realizací začít ještě před začátkem realizace samotné stavby. Tepelné čerpadlo země voda je tedy možné na tomto objektu použít. Jeho efektivnost je nutné posoudit. Základem pro stanovení efektivnosti investice je přesný návrh založený na znalosti hydrogeologických podmínek podloží.



Obrázek 9 Schéma možného rozmístění vrtů

Voda - voda

Systémy voda – voda se u větších objektů příliš nepoužívají. Je možné uvážit použití tepelného čerpadla odebírající teplo ze spodní vody. Objekt leží nedaleko řeky Opavy a v této oblasti je nadnormální výskyt spodní vody. I při návrhu více studní na zadaném pozemku je jisté, že energie získaná TČ bude pokrývat pouze část potřebného výkonu. Před návrhem studny musí být provedena dlouhodobá zkouška

vydatnosti studny. Jako zařízení pro čerpání energie ze studny se vyrábí například měděné trubkové výparníky. Pro tento systém udává výrobce maximální výkon 35 kW s požadavkem na vydatnost studny 53 l/min. Průměrně je tedy nutná vydatnost 15 l/min na 10 kW.

Vzduch – voda

Tepelné čerpadlo vzduch – voda má z používaných tepelných čerpadel nejhorší COP. Oproti čerpadlu země-voda není pro jeho návrh třeba velkého pozemku nebo v případě vrtů geologický průzkum, tím jsou investiční náklady mnohem nižší. Oproti TČ země – voda je zde také nutností návrh bivalentního zdroje. Často se jako bivalentní zdroj využívá elektrokotel, kotel na tuhá paliva nebo kondenzační kotel. Účinnost tepelného čerpadla vzduch – voda v zimním období není dostačující pro pokrytí požadovaných ztrát. Tyto extrémní podmínky na našem území nejsou příliš časté, a proto může tepelné čerpadlo pokrývat i 90 % roční potřeby, i když je schopné pokrýt 100 % potřebného výkonu jen do -5°C. Pro jeho návrh je třeba znát klimatické podmínky.

Tepelné čerpadlo vzduch – voda je možné na zadaném objektu navrhnout, je vhodnou variantou.

5.5.3 BIOMASA

Vytápění daného objektu biomasou je jedním z nejlevnějších zdrojů tepla, má však i několik nevýhod. Jednou z nich je především nutnost mít kde uskladnit palivo, ať už se jedná o palivové dřevo nebo pelety. S tím je spojen i problém zásobování objektu a dostatek prostoru pro palivo. Kotle na biomasu jsou schopné vydržet nějaký čas bez obsluhy, ale s tím je opět spojen požadavek na prostor pro automatické doplňovače paliva. Navzdory tomu, že systém může být po nějaký čas soběstačný, vyžaduje mnohem náročnější obsluhu než jiné výše uvedené zdroje energie. Z tohoto důvodu zdroj energie na biomasu v tomto objektu není vhodný.

5.6 VYBRANÁ VARIANTA – TČ VZDUCH - VODA

Jako vhodnou variantu energetického zdroje, využívající obnovitelnou energii, na zadaný objekt, je možné aplikovat solární kolektory, nebo tepelné čerpadlo vzduch – voda. Zároveň je tu i možnost oba dva zdroje kombinovat. Nebo je tu i možnost

doplnit tepelné čerpadlo o solární fotovoltaický systém, místo elektrického kotle. Tato kombinace několika variant je však ekonomicky velmi nákladná a zpravidla se vyplatí v případě pasivních nebo nulových domů, kdy je možné investiční náklady pokrýt z části dotacemi. Z tohoto důvodu je jako druhá varianta zvolen zdroj tepelné čerpadlo doplněné o elektrokotel jako bivalentní zdroj energie.

5.6.1 KONCEPT NÁVRHU

Při návrhu tepelného čerpadla jsou kladeny stejné požadavky na zdroj energie jako u referenční varianty. Shrnutí základních potřebných výkonů je uvedeno v tabulce č.

Potřeba tepla		kW
Q_p	Tepelná ztráta prostupem	43,4
Q_{vet}	Tepelná ztráta větráním	7,9
Q_C	Celková tepelná ztráta	51,3
Q_{tv}	Na ohřev TV	9,8
Q_{C+TV}	celkový výkon	61,1

Roční potřeba tepla		MWh/rok
Q_{VYT}	Na vytápění	103,1
$Q_{TV,r}$	Na ohřev TV	74,4
Q_r	Celková	177,5

Tabulka 14 Přehled potřebného výkonu a roční potřeby tepla

Požadovaný výkon zdroje

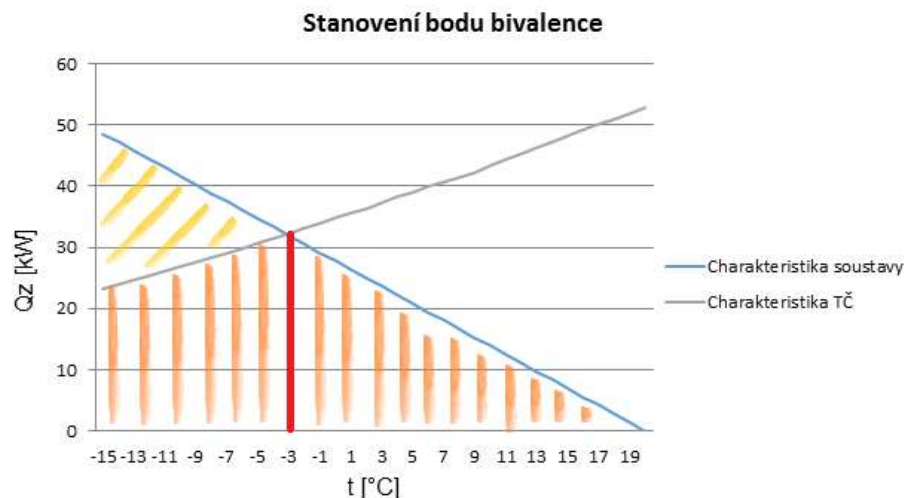
$$Q_{prip} = \max(Q_I; Q_{II}) = \underline{51,3 \text{ kW}}$$

$$Q_I = 0,7 * Q_{VYT} + Q_{TV} = 0,7 * 48,6 + 9,8 = \underline{45,7 \text{ kW}}$$

$$Q_{II} = Q_{VYT} = \underline{51,3 \text{ kW}}$$

Návrh tepelného čerpadla

Je navrženo tepelné čerpadlo vzduch voda typ HP3AW 36SB. Jedná se o split systém s jednou vnitřní a dvěma vnějšími jednotkami. Vnější jednotky jsou umístěny na střeše objektu B. Navržený výkon $Q_z = A2/W35$ je 36,4 kW, pokrývá 70 % požadovaného výkonu. Dle podrobnějšího výpočtu, příloha č. pokrývá až 95 % roční potřeby tepla pro přípravu TV a vytápění. Jako paralelně bivalentní zdroj je navržen elektrokotel THERM EL 30 kW.



Graf 11 Znáznornění charakteristiky čerpadla pro A2/W35 a charakteristiky soustavy

Akumulační nádrž

Součástí systému vytápění je také akumulční nádrž. Její zapojení do systému je vhodné z důvodu tlakového oddělení tepelného čerpadla od otopné soustavy. Tím je zajištěn požadovaný stálý průtok tepelným čerpadlem a především konstantní ohřátí topné vody. Dalším důvodem je dostatečné množství topné vody, tím se zamezí cyklování provozu TČ a šetří se tím jeho životnost. Akumulační nádrž musí být schopná akumulovat energii po dobu vysokého tarifu, toto kritérium je většinou rozhodné pro návrh velikosti akumulční nádrže.

Otopná tělesa

Pro předání tepla do prostoru jsou navrženy na chodbách a v prostoru vstupní haly a společenského sálu konvektory. Na mezibytových chodbách jsou navrženy konvektory KORALINE LV, otopné lavice s ventilátory a v prostorách vstupní haly a sálu jsou navrženy podlahové konvektory KORAFLEX FV. Tyto konvektory pro nízkoteplotní otopné systémy se vyznačují vysokou účinností, která je zaručena i při velmi malých teplotních spádech např. 35/30 °C. Ventilátor je ovládaný ručně a přepínačem, který má tři polohy nebo může být vypnutý, tím se reguluje výkon konvektoru. Konvektory jsou vhodné pro zdroj tepla, kterým je tepelné čerpadlo. V obytných prostorách jsou kvůli velmi nízkým tepelným ztrátám navržena desková otopná tělesa, konvektory mají zbytečně velký výkon pro malé ztráty a jsou ekonomicky mnohem náročnější. V prostorách koupelen jsou navržena z důvodu

vnitřního pohodlí a možnosti přitápění i mimo otopné období elektrická přímotopná tělesa KORALUX RONDO CLASSIC E o výkonu 200 nebo 300 W.

Umístění bytu	Místnost	výpočtová	tepelná	Typ otopné plochy	Výkon otopné	pokrytí	Celkový
		teplota	ztráta		plochy	ztrát	
		°C	W	-	W	%	počet
Rohový byt pod střechou	Pokoj	20	439	KORADO Radik 22 VK 1200/500	501	114%	2
	Koupelna	24	225	KRCE 900/450	300	133%	2
	Zádveří	18	-38	-	-		
Vnitřní byt pod střechou	Pokoj	20	369	KORADO Radik 21 VK 1200/500	388	105%	10
	Koupelna	24	167	KRCE 900/450	200	120%	10
	Zádveří	18	-52	-	-		
Okrajový byt	Pokoj	20	331	KORADO Radik 21 VK 1200/500	388	117%	2
	Koupelna	24	187	KRCE 900/450	200	107%	2
	Zádveří	18	-52	-	-		
Vnitřní byt	Pokoj	20	208	KORADO Radik 11 VK 1200/500	302	145%	29
	Koupelna	24	129	KRCE 900/450	200	155%	29
	Zádveří	18	-52	-	-		
Byt nad suterénem	Pokoj	20	298	KORADO Radik 11 VK 1200/500	302	101%	7
	Koupelna	24	151	KRCE 900/450	200	132%	7
	Zádveří	18	-69	-	-		

pokoj Tepelný výkon přepočítaný na $\Delta T = 20$; ($t_1/t_2/t_i =$ při 45/35/20 °C)

Tabulka 15 Navržená otopná tělesa - byty, varianta s TČ

Místnost a umístění	výpočtová	tepelná	Typ otopné plochy	Výkon otopné	pokrytí	Celkový
	teplota	ztráta		plochy	ztrát	
	°C	W	-	W	%	počet
Objekt A chodba pod střechou	18	1875	KORALINE LV 150/110 2400	2128	113%	4
Objekt A chodba vnitřní	18	1501	KORALINE LV 150/110 2400	2128	142%	16
Objekt A chodba nad suterénem	18	1712	KORALINE LV 150/110 2400	2128	124%	4
Objekt B chodba pod střechou	18	960	KORALINE LV 150/110 2000	1724	180%	4
Objekt B chodba vnitřní	18	804	KORALINE LV 150/110 2000	1724	214%	4
1NP vstup	18	4208	KORAFLEX FV 110/200 1600	3508	127%	4
1NP vstup	18		KORAFLEX FV 110/200 2000	1816		2
Společenský sál	20	3095	KORAFLEX FV 90/280 2000	3870	125%	7

Tepelný výkon přepočítaný na $\Delta T = 22$; ($t_1/t_2/t_i =$ při 35/30/18 °C)

Tepelný výkon pro konvektory uvedený pro 3. výkonový stupeň

Tabulka 16 Navržená otopná tělesa - společné prostory, varianta s TČ

Rozvody

Způsob vedení rozvodů je stejný jako v referenční variantě. Rozvody v jednotlivých podlažích budou vedeny v podlaze, svislé rozvody jsou vedeny v instalačních šachtách. Potrubí je nutné izolovat. V prostorách kotelny bude potrubí z ocelových bezešvých trubek spojovaných svařováním. Rozvody po budově budou z měděných trubek. Rozvody jsou vedeny systémem dvoutrubkové horizontální

etážové soustavy. Před vstupem potrubí do bytu budou rozvody osazeny kalorimetry s dálkovým odečtem tepla pro rozúčtování nákladů na vytápění.

5.6.2 EKONOMICKÁ NÁROČNOST VARIANTY

Pro porovnání s referenční variantou jsou v nákladech na investici zahrnuty pouze položky, které se v referenční variantě nevyskytují. U provozních nákladů je uvažováno s pokrytím 95 % potřeby tepla na ohřev teplé vody a vytápění tepelným čerpadlem, zbylých 5 % pokrývá bivalentní zdroj energie, tedy elektrokotel. Sezónní topný faktor SPF = 3,15. Tarif pro tepelné čerpadlo je D57d, tedy 20 hodin denně nízký a 4 hodiny denně vysoký. Tepelné čerpadlo je doplněno akumulací nádobou dimenzovanou na pokrytí čtyřhodinového přerušení chodu tepelného zdroje, i přesto je počítáno, že v 97 % bude čerpadlo v provozu během nízkého tarifu a v 3 % během vysokého. Dále jsou porovnány provozní náklady vzhledem k metodě výpočtu roční potřeby tepla, první metodou je denostupňová metoda. Druhou metodou je roční bilance dle vyhlášky 78/2013 Sb., kde se do výpočtu zahrnuje i vliv tepelných zisků, hodnoty stanoveny pomocí výpočetního nástroje NKN II.

Investiční náklady

Položka	ks	cena bez DPH	DPH %	cena s DPH	Cena celkem
Tepelné čerpadlo HP3AW 36 SB *	1	499000	21	603790	603790
Montáž čerpadla vč. materiálu a prim. okruhu	1	45000	15	51750	51750
Akumulační nádrž MGO 1500 l	1	20759	21	25118,39	25118,39
Expanzní nádoba AQUAFILL HS 35	2	1470	21	1778,7	3557,4
Elektrokotel	1	20000	21	24200	24200
CELKEM		586 229 Kč		706 637 Kč	708 416 Kč

Tabulka 17 Investiční náklady, varianta s TČ

Provozní náklady – denostupňová metoda

Položka	-	MWh/a	cena s DPH Kč	Cena celkem Kč
Spotřeba celkem		177,50		
Tepelné čerpadlo	95%	168,63		
Elektrokotel	5%	8,88		
TČ se započtením SPF	3,15	53,53		
Celková spotřeba el. energie		62,41		
Spotřeba - nízký tarif	97%	60,53	2338,39	141553,3715
Spotřeba - vysoký tarif	3%	1,82	2612,93	4745,175754
Paušální měsíční poplatek	987,24		11846,88	11846,88
Údržba a servis	2%		29,4	29,4
CELKEM			158 175 Kč	

* Cena elektřiny od dodavatele PRE je stanovena dle

<http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/14-prehled-cen-elektricke-energie#d57>

Tabulka 18 Provozní náklady, denostupně, varianta s TČ

Provozní náklady – bilance dle 78/2013 Sb.

Položka	-	MWh/a	cena s DPH Kč	Cena celkem Kč
Celková spotřeba el. energie		40,87		
Spotřeba - nízký tarif	97%	39,64	2338,39	92696,09461
Spotřeba - vysoký tarif	3%	1,19	2612,93	3107,37396
Paušální měsíční poplatek	987,24		11846,88	11846,88
Údržba a servis	2%		9980	9980
CELKEM			117 630 Kč	

* Cena elektřiny od dodavatele PRE je stanovena dle

<http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/14-prehled-cen-elektricke-energie#d57>

Tabulka 19 Provozní náklady, bilance dle 78/2013 Sb., varianta s TČ

5.7 VYHODNOCENÍ

5.7.1 ENERGETICKÉ HLEDISKO

První hledisko hodnocení je energetická náročnost jednotlivých variant. U referenční varianty, kde jsou navrženy dva plynové kondenzační kotle, je roční potřeba tepla krytá pouze zemním plynem. U varianty s tepelným čerpadlem je část energie vložené do systému získána z okolního prostředí a část tvoří elektrická energie. Poměr těchto dvou veličin představuje sezónní topný faktor SPF 3,15. Celkové množství spotřebované energie je uvedené v tabulce č.. Ke stanovení roční spotřeby energie jsou použité dvě metody. První je metoda denostupňová a druhou je roční bilance dle vyhlášky 78/2013 Sb. Z tabulky je vidět, že spotřeba energie tepelného čerpadla je zhruba třetinová oproti kondenzačnímu kotli. Tento poměr je podobný při využití obou metod výpočtu roční spotřeby.

Množství spotřebované energie za rok				
Varianta	druh paliva	1	2	jednotka
Kondenzační kotle	Zepmní plyn	177,5	126	MWh
Tepelné čerpadlo	Elektřina	62,41	40,87	MWh

1 - Denostupňová metoda

2 - Bilance dle 78/2013 Sb

Tabulka 20 Množství spotřebované energie za rok pro obě varianty

5.7.2 EKONOMICKÉ HLEDISKO

Z porovnání energetické náročnosti variant lze následně vyvodit i ekonomické zhodnocení obou variant. K ceně za palivo je nutné připočítat cenu za údržbu otopné soustavy a revize. Cena za roční provoz jednotlivých variant je uvedena v tabulce č. 21. V ceně jsou zahrnuty paušální měsíční poplatky, cena samotné energie, revize a údržba zdroje a v případě plynových kotlů i kontrola komínu.

Náklady na provoz za rok				
Varianta	druh paliva	1	2	jednotka
Kondenzační kotle	Zepmní plyn	221 873	158 797	Kč
Tepelné čerpadlo	Elektřina	168 125	117 630	Kč

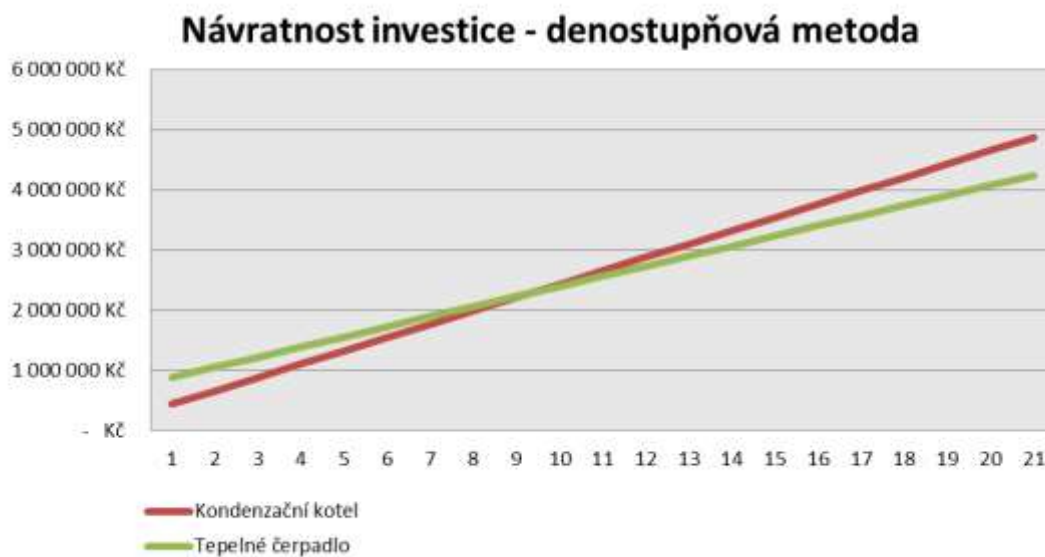
1 - Denostupňová metoda

2 - Bilance dle 78/2013 Sb

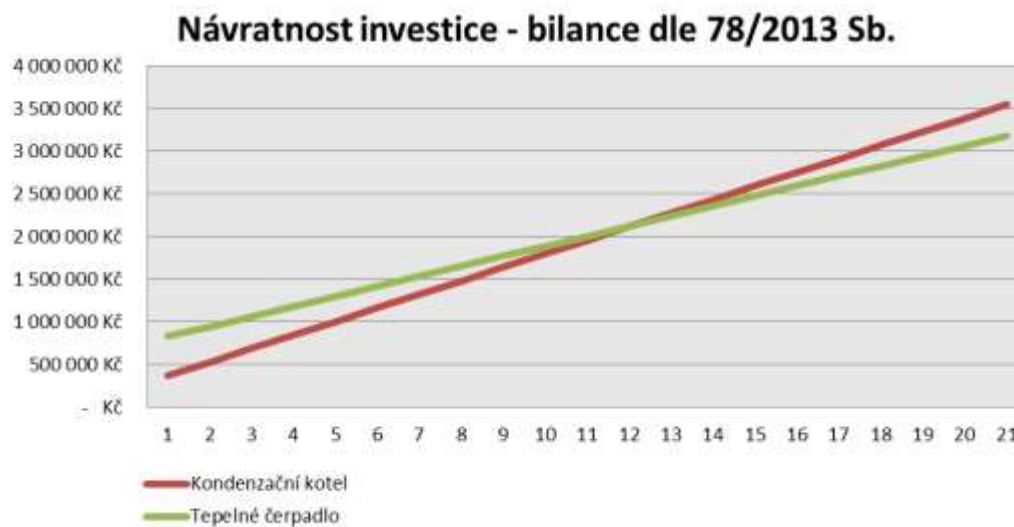
Tabulka 21 Náklady na provoz za rok pro obě varianty

Při započítání počáteční investice lze stanovit dobu návratnosti. Za jak dlouho by se vyplatila investice do varianty s tepelným čerpadlem oproti investici do kondenzačních kotlů. Pro shrnutí je zde ještě jednou uvedena cena investice do jednotlivých variant: kondenzační kotle – 214 279 Kč, tepelné čerpadlo – 714 345 Kč.

Na grafech č. 12 a č. 13 je znázorněna doba návratnosti pro jednotlivé metody výpočtu. V prvním roce je zahrnuta cena investice a náklady na provoz na jeden rok. Jak je patrné z grafů, při uvažování větší spotřeby energie se doba návratnosti zkracuje. Pro zhodnocení je zvolena metoda výpočtu prosté doby návratnosti.



Graf 12 Návratnost investice v letech, denostupňová metoda



Graf 13 Návratnost investice v letech, bilance dle 78/2013 Sb.

Prostá doba návratnosti

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

IN – výše investice (rozdíl mezi investicí do TČ a kondenzačního kotle – 500 066 Kč)

CF – roční peněžní tok (rozdíl mezi ročními náklady TČ a kondenzačního kotle)

Denostupňová metoda - 53 747 Kč

Bilance dle 78/2013 Sb. - 41 167 Kč

1, Denostupňová metoda

$$T_s = \frac{IN}{CF} = \frac{500066}{53747} = \underline{9,3 \text{ let}}$$

2, Bilance dle 78/2013 Sb

$$T_s = \frac{IN}{CF} = \frac{500066}{41167} = \underline{12,1 \text{ let}}$$

Doba návratnosti je závislá na způsobu výpočtu, teoretická doba návratnosti při použití denostupňové metody vychází na 9,3 let. Denostupňová metoda však může být oproti skutečné spotřebě nadhodnocena, je tedy možné, že reálná návratnost bude delší. Další věc, která ve výpočtu není zohledněna, je možnost získání dotace na daný zdroj energie, tím by klesla finanční náročnost pro investora a doba návratnosti by se mohla zkrátit. Při předpokládané životnosti tepelného čerpadla 20 let se daná investice vyplatí.

6 ZÁVĚR

Záměrem diplomové práce bylo představit obecné možnosti využití obnovitelných zdrojů a následně jejich aplikaci na vybraný objekt. Obecná část studie byla věnována legislativě týkající se obnovitelných zdrojů a zároveň možnostem získání podpory pro využití OZE. Dále byly uvedeny druhy obnovitelných zdrojů a jejich současné zastoupení v ČR i s potenciálem využití do budoucna. Obecnou část studie uzavírá přehled způsobu předání tepla uvnitř objektu, kdy je častým způsobem v kombinaci s obnovitelnými zdroji voleno nízkoteplotní vytápění.

Pro aplikaci OZE byly nejprve definovány požadavky na vnitřní prostředí, tepelné vlastnosti budovy a nároky na potřebu energie na vytápění a ohřev teplé vody. Vzhledem k tomu, že energetická náročnost budovy závisí i na způsobu větrání objektu, bylo navrženo nucené rovnotlaké větrání se zpětným využitím tepla. Toto větrání zajišťuje centrální vzduchotechnická jednotka s rotačním výměníkem s účinností přenosu tepla 83 %. Z množství variant zdrojů tepla, které by se daly využít na daném objektu, bylo s ohledem na vstupní údaje a dostupné informace zvoleno tepelné čerpadlo vzduch-voda, které bylo navrženo na pokrytí asi 70 % požadovaného výkonu na vytápění a ohřev teplé vody. Pro pokrytí plného výkonu byl k tepelnému čerpadlu navržen elektrokotel jako paralelně bivalentní zdroj energie. Tato varianta byla porovnána s referenční variantou, tedy s návrhem dvou kondenzačních kotlů. Závěr studie tvoří porovnání obou variant z hlediska energetického a ekonomického. Při zhodnocení byl brán ohled na metodu stanovení roční spotřeby energie, která ovlivňuje především ekonomickou náročnost, přesněji dobu návratnosti investice. Denostupňovou metodou výpočtu byla návratnost investice do tepelného čerpadla 9,2 let, zatímco metodou bilance dle vyhlášky 78/2013 Sb. vyšla doba návratnosti na 12,1 let. Z energetického hlediska při výpočtu pomocí obou metod vyšla roční spotřeba energie ve variantě s tepelným čerpadlem zhruba na třetinu spotřeby plynového kotle.

Dle zákona o hospodaření energií se již od tohoto roku (2017) musí stavět budovy s plochou nad 350 m², které patří státní instituci nebo státu, pouze v pasivním standardu. Toto nařízení se od roku 2020 bude týkat všech staveb. Definice pasivního domu zároveň klade požadavek na maximální spotřebu primární energie, kterou lze aplikací obnovitelných zdrojů energie výrazně ovlivnit. Využití obnovitelných zdrojů je tedy žádoucí nejen z ohleduplnosti k životnímu prostředí, ale v blízké budoucnosti i vyžadované přímo legislativou.

Druhou částí diplomové práce bylo zpracování projektové dokumentace větrání a obou variant vytápění ve stupni pro stavební povolení, která je k této diplomové práci přiložena. Zpracováním studie ve zmíněném rozsahu a vyhotovením dokumentace bylo dosaženo všech cílů stanovených při zadání diplomové práce.

ZDROJE

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BELICA, P. 2006, *Průvodce energetickými úsporami a obnovitelnými zdroji energie*, Regionální energetické centrum ve spolupráci s TG Tisk, Valašské Meziříčí. ISBN 80-903680-1-8.
- [2] KABELE, K. a kol. 2005, *Ekologické a energetické systémy budov*, České vysoké učení technické v Praze, Praha. ISBN 978-80-01-03327-2.
- [3] KABELE, K. a kol. 2013, *Technická zařízení budov: vytápění - podklady pro cvičení*, České vysoké učení technické v Praze, Praha. ISBN 978-80-01-05203-7.
- [4] LIBRA, M. a POULEK, V. 2009, *Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie*, Ilsa, Praha. ISBN 978-80-904311-0-2.
- [5] LULKOVIČOVÁ, O. a kol. 2004, *Zdroje tepla a domovní kotelny*, Jaga, Bratislava. ISBN 80-8076-002-0.
- [6] MATUŠKA, T. 2010, *Solární soustavy pro bytové domy*, Grada, Praha. ISBN 978-80-247-3503-0.
- [7] PETRÁK, J.; PETRÁK, M. 2004, *Tepelná čerpadla*. České vysoké učení technické v Praze, Praha, ISBN 80-01-03126-8
- [8] PETRÁŠ, D. a kol. 2008, *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*, Jaga, Bratislava. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [9] QUASCHNING, V. 2010, *Obnovitelné zdroje energií*, Grada, Praha. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [10] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2012, *Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020*, Praha. ISBN 978-80-7434-074-1
- [11] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2013, *Možnosti energetického využití biomasy*, Praha. ISBN 978-80-7434-122-9

SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

- [12] Primární energetické zdroje [Online]. Zdroj: oddělení analýz a datové podpory koncepcí MPO [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/primarni-energeticke-zdroje--166307>
- [13] Obnovitelné zdroje energie v roce 2014 [Online]. Zdroj: oddělení analýz a datové podpory koncepcí MPO [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2014--168452/>
- [14] Informační portál MPO [Online]. Zdroj: MPO [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/>
- [15] Operační program MŽP [Online]. Zdroj: MŽP [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/>
- [16] Operační program MPO [Online]. Zdroj: MPO [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/>
- [17] Program MŽP [Online]. Zdroj: MŽP [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/>
- [18] Solární vytápění [Online]. Zdroj: Topinfo s.r.o. [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/142-solarni-vytapeni>
- [19] Typy solárních kolektorů [Online]. Zdroj: Topinfo s.r.o. [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [20] Informace o potencionálu OZE v ČR [Online]. Zdroj: Asociace pro využití obnovitelných zdrojů energie [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://www.3zemi.cz/docs/energiepotencial2050.pdf>
- [21] Sluneční elektrárny stav k 30.9.2016 [Online]. Zdroj: ERU [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/463106/SLE_16_09.pdf/c62a9172-dd89-421f-9403-5ab505342370
- [22] Monokrystalické panely [Online]. Zdroj: Terms a.s. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/c68830/monokrystalicke-panely.html>
- [23] Fotovoltaické solární kolektory [Online]. Zdroj: solární-energie.info [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.solarni-energie.info/fotovoltaicke-solarni-panely-kolektory.php>
- [24] Polykrystalické panely [Online]. Zdroj: Terms a.s. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/c68829/polykrystalicke-panely.html>
- [25] Tenkovrstvé panely [Online]. Zdroj: Terms a.s. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/c68831/tenkovrstve-panely.html>
- [26] Hybridní fotovoltaické elektrárny [Online]. Zdroj: Solární Panely.CZ, s.r.o. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/katalog-produktu/hybridni-fotovoltaicke-elektrarny>
- [27] Hybridní FVE [Online]. Zdroj: mojeelektrarna.cz. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.mojeelektrarna.cz/moje-elektrarna.php>

- [28] Fotovoltaické panely pro panelový dům [Online]. Zdroj: Topinfo s.r.o. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6840-lze-vyuzit-fotovoltaicke-panely-pro-panelovy-dum>
- [29] Tepelná čerpadla [Online]. Zdroj: Topinfo s.r.o. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [30] Tepelná čerpadla v roce 2013 [Online]. Zdroj: Topinfo s.r.o. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/50707/57586/613552/priloha001.pdf>
- [31] Tepelná čerpadla vzduch-voda [Online]. Zdroj: abeceda-cerpade.cz [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-vzduch-voda>
- [32] Zemní plošný kolektor [Online]. Zdroj: GEROTop spol. s r.o. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.gerotop.cz/instalace-plosneho-kolektoru>
- [33] Hlubinné vrty systému tepelných čerpadel [Online]. Zdroj: abs-portal.cz [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/tzb/energie/dimenzovani-hlubinnych-vrtu-systemu-tepelnych-cerpadel>
- [34] Vrty pro tepelná čerpadla [Online]. Zdroj: Enerfin plus s.r.o. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.enerfinplus.cz/vrty-pro-tepelna-cerpadla.html>
- [35] Tepelná čerpadla země-voda [Online]. Zdroj: IVT s.r.o. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vodni-plocha>
- [36] Druhy tepelných čerpadel [Online]. Zdroj: EZV Čepička s.r.o. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.ezv.cz/druhy-tepelnych-cerpadel-17>
- [37] Biomasa, využití, zpracování [Online]. Zdroj: Oenergetice.cz [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody/>
- [38] Obnovitelné zdroje energie v roce 2015 [Online]. Zdroj: oddělení analýz a datové podpory koncepcí MPO [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2015--226346/>
- [39] Zplyňovací kotle na dřevo [Online]. Zdroj: ATMOS [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-drevo/>
- [40] Zplyňovací kotle na pelety [Online]. Zdroj: ATMOS [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>
- [41] Nízkoteplotní vytápění a úsporné konvektory [Online]. Zdroj: LICON HEAT s.r.o. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.licon.cz/nizkoteplotni-vytapani-konvektory.html>
- [42] Nízkoteplotní vytápění na bázi obnovitelných zdrojů [Online]. Zdroj: abs-portal.cz [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/tzb/vytapani/nizkoteplotni-vytapani-na-bazi-obnovitelnych-zdroju>
- [43] Tepelná čerpadla, doporučená zapojení [Online]. Zdroj: PZP HEATING a.s. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: [http://www.tepelna-cerpadla.pzp.cz/userfiles/download/\[276\]_Doporucena_zapojeni_42_CS_lq.pdf](http://www.tepelna-cerpadla.pzp.cz/userfiles/download/[276]_Doporucena_zapojeni_42_CS_lq.pdf)

SEZNAM NOREM A LEGISLATIVNÍCH PODKLADŮ

- [44] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*, 2005
- [45] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*, 2011
- [46] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*, 2011
- [47] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*, 2009
- [48] ČSN EN 303-5. *Kotle pro ústřední vytápění*, 2013
- [49] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*, 2004
- [50] ČSN EN 1775. *Zásobování plynem*, 2009
- [51] ČSN EN 15665. *Větrání budov*, 2011
- [52] ČSN EN 15316. *Tepelné soustavy v budovách*, 2010
- [53] ČSN EN ISO 13789. *Tepelné chování budov*, 2009
- [54] TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet*, 2013

- [55] Směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů
- [56] Směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti

- [57] Zákon č. 131/2015 Sb. (Zákon 458/2000 Sb.), energetický zákon
- [58] Zákon č. 406/2000 Sb., (Zákon č. 406/2006 Sb.), o hospodaření energií
- [59] Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie
- [60] Vyhláška č. 230/2015 Sb., kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek 1 Příklad zapojení solárních kolektorů do systému [18]	36
Obrázek 2 Příklad zapojení tepelného čerpadla do systému [43].....	37
Obrázek 3 Půdorys 1 NP	39
Obrázek 4 Půdorys 3. NP	40
Obrázek 5 Půdorys typických bytů.....	40
Obrázek 6 Zónování objektu	46
Obrázek 7 Výstup ze SW DesignBuilder, zastínění - červenec 15:00	60
Obrázek 8 Schéma možného rozmístění kolektorů na střeše objektu A.....	61
Obrázek 9 Schéma možného rozmístění vrtů	62
Tabulka 1 Vývoj primárních energetických zdrojů v ČR [12].....	11
Tabulka 2 Podíl na energii z OZE v roce 2014 [13].....	13
Tabulka 3 Vývoj spotřeby biomasy v domácnostech [38]	33
Tabulka 4 Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí.....	44
Tabulka 5 Parametry prostředí zón	47
Tabulka 6 Parametry zón	48
Tabulka 7 Průběh odběru a dodávky tepla.....	52
Tabulka 8 Navržená otopná tělesa - byty, referenční varianta.....	56
Tabulka 9 Navržená otopná tělesa - společné prostory, referenční varianta	57
Tabulka 10 Investiční náklady, referenční varianta	58
Tabulka 11 Provozní náklady, referenční varianta, denostupně	58
Tabulka 12 Provozní náklady, referenční varianta, bilance dle 78/2013 Sb.....	58
Tabulka 13 Přehled požadovaných výkonů.....	59
Tabulka 14 Přehled potřebného výkonu a roční potřeby tepla.....	64
Tabulka 15 Navržená otopná tělesa - byty, varianta s TČ	66
Tabulka 16 Navržená otopná tělesa - společné prostory, varianta s TČ.....	66
Tabulka 17 Investiční náklady, varianta s TČ.....	67
Tabulka 18 Provozní náklady, denostupně, varianta s TČ	68
Tabulka 19 Provozní náklady, bilance dle 78/2013 Sb., varianta s TČ.....	68
Tabulka 20 Množství spotřebované energie za rok pro obě varianty.....	69
Tabulka 21 Náklady na provoz za rok pro obě varianty.....	69

Graf 1 Využití OZE v ČR s jejich podíl na PEZ [12].....	13
Graf 2 Vývoj plochy činných solárních kolektorů [13]	18
Graf 3 Stav slunečních elektráren k 30.9.2016 [21].....	21
Graf 4 Odhad rozdělení celkového počtu tepelných čerpadel dle investora [30].....	25
Graf 5 Odhad rozdělení celkového počtu tepelných čerpadel dle typu [30]	26
Graf 6 Vývoj výroby tepla z biomasy [38]	32
Graf 7 Tepelné ztráty celkem s přirozeným větráním	48
Graf 8 Tepelné ztráty prostupem	48
Graf 9 Tepelná ztráta s nuceným větráním s rekuperací	49
Graf 10 Křivka odběru a dodávky tepla	52
Graf 11 Znázornění charakteristiky čerpadla pro A2/W35 a charakteristiky soustavy.....	65
Graf 12 Návrhnost investice v letech, denostupňová metoda.....	70
Graf 13 Návrhnost investice v letech, bilance dle 78/2013 Sb.....	70

SEZNAM PŘÍLOH

- 1 – Vytápění - Technická zpráva
- 2 – Vytápění – Výpočty
- 3 – Vytápění – Seznam zařízení
- 4 – Větrání - Technická zpráva
- 5 – Větrání – Technická specifikace centrální jednotky, Výpočty
- 7 – Větrání – Seznam zařízení

SEZNAM VÝKRESŮ

- 01_01_00 – Vytápění – Varianta 1. Schéma zapojení zdroje
- 01_01_01 – Vytápění – Varianta 1. Půdorys 1.PP
- 01_01_02 – Vytápění – Varianta 1. Půdorys 1.NP
- 01_01_03 – Vytápění – Varianta 1. Půdorys 2.NP
- 01_01_04 – Vytápění – Varianta 1. Půdorys 3.NP
- 01_01_05 – Vytápění – Varianta 1. Půdorys 4.NP
- 01_01_06 – Vytápění – Varianta 1. Půdorys 5.NP
- 01_01_07 – Vytápění – Varianta 1. Půdorys 6.NP
- 01_01_08 – Vytápění – Varianta 1. Půdorys typový byt
- 01_02_00 – Vytápění – Varianta 2. Schéma zapojení zdroje
- 01_02_01 – Vytápění – Varianta 2. Půdorys 1.PP
- 01_02_02 – Vytápění – Varianta 2. Půdorys 1.NP
- 01_02_03 – Vytápění – Varianta 2. Půdorys 2.NP
- 01_02_04 – Vytápění – Varianta 2. Půdorys 3.NP
- 01_02_05 – Vytápění – Varianta 2. Půdorys 4.NP
- 01_02_06 – Vytápění – Varianta 2. Půdorys 5.NP
- 01_02_07 – Vytápění – Varianta 2. Půdorys 6.NP
- 02_01_00 – Větrání – Půdorys střechy, umístění centrální jednotky
- 02_01_01 – Větrání – Půdorys 1.NP
- 02_01_02 – Větrání – Půdorys 2.NP
- 02_01_03 – Větrání – Půdorys 3.NP
- 02_01_04 – Větrání – Půdorys 4.NP
- 02_01_05 – Větrání – Půdorys 5.NP
- 02_01_06 – Větrání – Půdorys 6.NP
- 02_01_07 – Větrání – Půdorys typový byt