

**Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav správních a sociálních věd**

**Analýza ekonomicky využitelného potenciálu solární
energie v oblasti poskytování bytových služeb**

Bc. Lukáš Jechura

**Diplomová práce
2021**

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lukáš Jechura**
Osobní číslo: **E19615**
Studijní program: **N0413A050009 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Ekonomika a management podniku**
Téma práce: **Analýza ekonomicky využitelného potenciálu solární energie v oblasti poskytování bytových služeb**
Zadávající katedra: **Ústav správních a sociálních věd**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je posoudit ekonomické efekty využití solární energie pro dosahování úspor v oblasti poskytování bytových služeb případně nájemního bydlení atp. Práce bude obsahovat vyčíslení možných energetických a ekonomických úspor a zhodnocení návratnosti investice.

Osnova:

- Posouzení energetických potřeb v oblasti bydlení.
- Vyčíslení technicky realizovatelného % pokrytí z obnovitelných zdrojů.
- Vyčíslení ekonomických efektů těchto opatření.

Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

DONOVAN, Charles W. *Renewable energy finance: powering the future*. London: Imperial College Press, 2017. ISBN 978-1-78326-776-7.
E.PARKIN, Robert. *Building integrated solar energy systems*. CRC Press, 2017. ISBN 978-1-4987-2276-1.
MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. Praha: Grada, 2010. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3503-0.
SIEGENTHALER, John. *Heating with renewable energy: practical, hydronic-based combisystems for residential and light commercial buildings*. Stamford, CT, USA, Cengage Learning, 2017. ISBN 978-1-2850-7560-0.
SMIL, Vaclav. *Energie: průvodce pro začátečníky*. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2018. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-634-6.
STERNER, Michael. *Handbook of Energy Storage: Demand, Technologies, Integration*. Springer, 2019. ISBN 978-3-6625-5504-0.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Baťa, Ph.D.**
Ústav správních a sociálních věd

Datum zadání diplomové práce: **1. září 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2021**

L.S.

prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Marcela Kožená, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2020

Prohlašuji:

Práci s názvem Analýza ekonomicky využitelného potenciálu solární energie v oblasti poskytování bytových služeb jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30.4.2021

Bc. Lukáš Jechura v. r.

PODĚKOVÁNÍ:

Rád bych zde poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Robertu Baťovi, PhD. za jeho rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Mohylovi z Bytového družstva v Orlové za poskytnutá data k mé diplomové práci.

Poděkování patří i mé přítelkyni a rodině za neustálou podporu po celou dobu mého studia.

ANOTACE

Tato práce se zabývá potenciálem solární energie v oblasti bytových služeb. První část práce je věnována významu energií pro civilizaci, přičemž jsou zdroje energie rozděleny na obnovitelné a neobnovitelné. Dále je práce zaměřena na solární energii a její možné využití v oblasti bytových služeb. Druhá část práce popisuje postup výpočtu potřeby tepla pro objekty k bydlení, faktory ovlivňující ekonomiku solárních fototermických systémů a jejich ekonomickou analýzu. Práce obsahuje vyčíslení předpokládané doby návratnosti realizovaných solárních termických systémů, možné pokrytí potřeby tepla a roční úspory.

KLÍČOVÁ SLOVA

bytové domy, fototermické systémy, návratnost investice, slunce, solární energie, úspora energie

TITLE

Economic analysis of usable potential solar energy in field of residential services

ANNOTATION

This work deals with the potential of solar energy in housing services. The first part of the work is devoted to the importance of energy for civilization, while energy sources are divided into renewable and non-renewable. Furthermore, the work is focused on solar energy and its possible use in apartment services. The second part describes the procedure of calculating the heat demand for residential buildings, factors affecting the economics of solar photothermal systems, and their economic analysis. The work contains a quantification of the expected payback period of implemented solar thermal systems, possible coverage of heat demand, and annual savings

KEYWORDS

apartment buildings, energy saving, photothermal systems, return on investment, solar energy, sun

OBSAH

ÚVOD.....	1
1 VÝZNAM ZDROJŮ ENERGIE	3
1.1 POJEM ENERGIE.....	3
1.2 VÝZNAM ZDROJŮ ENERGÍ PRO CIVILIZACI.....	4
1.3 SPOTŘEBA ZDROJŮ ENERGÍ DNEŠNÍ SPOLEČNOSTÍ	6
1.4 NEOBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE.....	7
1.4.1 Ropa.....	7
1.4.2 Uhlí.....	8
1.4.3 Zemní plyn.....	8
1.5 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE.....	9
1.5.1 Větrná energie.....	9
1.5.2 Vodní energie.....	10
1.5.3 Biomasa.....	11
1.5.4 Geotermální energie.....	11
2 SLUNEČNÍ ENERGIE	13
2.1 SLUNCE.....	13
2.2 HISTORIE VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE V ČR.....	14
2.3 PODMÍNKY PRO VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE V ČR.....	15
2.4 PODMÍNKY PRO VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE VE SVĚTĚ	17
3 VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE V BYTOVÝCH DOMECH	20
3.1 BYTOVÉ DOMY V ČESKÉ REPUBLICCE	20
3.2 PROBLEMATIKA ZAVÁDĚNÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ V BYTOVÝCH DOMECH	23
3.2.1 Ekonomické důvody	23
3.2.2 Ekologické důvody	23
3.2.3 Společenské a politické důvody.....	24
3.2.4 Složitost a kvalita systému	24
3.2.5 Počáteční investice a návratnost	25
3.2.6 Povědomost řešení	25
3.3 TYPY SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ	25
3.3.1 Základní princip fotovoltaiky	26
3.3.2 Základní princip fototermiky.....	26
3.3.3 Porovnání systémů.....	26
3.4 LEGISLATIVNÍ PODMÍNKY V ČESKÉ REPUBLICCE	27
3.4.1 Dotační programy v ČR	28
3.4.2 Dotační programy v zahraničí.....	29
4 POTŘEBA TEPLA V DOMÁCNOSTI	31
4.1 ZÁKLADNÍ FAKTORY OBJEKTU OVLIVŇUJÍCÍ POTŘEBU TEPLA	31
4.1.1 Měrná potřeba tepla na vytápění objektu	31
4.1.2 Lokalita objektu.....	31
4.1.3 Tepelná ztráta objektu.....	32
4.1.4 Tepelné zisky objektu	32
4.1.5 Tvar a dispoziční řešení objektu	33
4.2 STANOVENÍ POTŘEBY TEPLA NA PŘÍPRAVU TUV A VYTÁPĚNÍ.....	33
4.2.1 Potřeba tepla k přípravě TUV.....	34
4.2.2 Potřeba tepla k vytápění	36
4.3 VÝPOČET NA MODELOVÉM BYTOVÉM DOMĚ	37
5 EKONOMIKA SOLÁRNÍCH TERMICKÝCH SYSTÉMŮ	39
5.1 NÁKLADY SOLÁRNÍCH TERMICKÝCH SYSTÉMŮ	39
5.1.1 Investiční náklady	39
5.1.2 Dotační programy	39
5.1.3 Provozní náklady	40

5.1.4	Cena energií.....	40
5.2	NÁVRATNOST INVESTICE.....	41
5.2.1	Prostá doba návratnosti	41
5.2.2	Diskontovaná doba návratnosti.....	41
6	ANALÝZA REALIZOVANÝCH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ	42
6.1	BYTOVÝ DŮM Č.P. 1250	42
6.2	BYTOVÝ DŮM V ORLOVÉ Č.P. 1243.....	46
6.3	BYTOVÝ DŮM V ORLOVÉ Č.P. 954-956.....	50
6.4	VYHODNOCENÍ.....	53
	ZÁVĚR.....	55
	POUŽITÁ LITERATURA	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Tabulka 1: Porovnání solárních systémů.....	27
Tabulka 2: Spotřeba teplé vody dle standardu.....	34
Tabulka 3: Spotřeba teplé vody dle odběrového místa	34
Tabulka 4: Výpočtové parametry	37
Tabulka 5: Základní údaje bytový dům č.p. 1250	42
Tabulka 6: Monitoring bytový dům č.p. 1250.....	43
Tabulka 7: Diskontovaná doba návratnosti pro bytový dům č.p. 1250.....	44
Tabulka 8: Výsledky pro bytový dům č.p. 1250.....	45
Tabulka 9: Základní údaje pro bytový dům č.p. 1243	47
Tabulka 10: Monitoring bytový dům č.p. 1243	47
Tabulka 11: Diskontovaná doba návratnosti pro bytový dům č.p. 1243.....	48
Tabulka 12: Výsledky pro bytový dům č.p. 1243.....	49
Tabulka 13: Základní údaje bytový dům č.p. 954-956	50
Tabulka 14: Monitoring bytového domu č.p. 954-956	51
Tabulka 15: Výsledky pro bytový dům č.p. 954-956.....	51
Tabulka 16: Diskontovaná doba návratnosti pro bytový dům č.p. 954-956.....	52
Tabulka 17: Přehled měrných investičních nákladů	53
Tabulka 18: Přehled investičních nákladů na bytovou jednotku	54
Obrázek 1: Doba slunečního svitu na území ČR	16
Obrázek 2: Míra slunečního záření v Evropě.....	17
Obrázek 3: Světová míra slunečního záření	18
Obrázek 4: Procentní vyjádření dle způsobu vytápění bytových domů	21
Obrázek 5: Zdroje energie při etážovém vytápění	22
Obrázek 6: Zdroje energií při lokálním vytápění.....	22
Obrázek 7: Vývoj celkových diskontovaných úspor vůči investicím bytový dům č.p. 1250.....	45
Obrázek 8: Životnost kolektorů vůči diskontované době návratnosti u bytového domu č.p. 1250	46
Obrázek 9: Vývoj celkových diskontovaných úspor vůči investici bytový dům č.p. 1243.....	49
Obrázek 10: Vývoj celkových diskontovaných úspor vůči investici pro bytový dům č.p. 954-956.....	53

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CO ₂	Oxid uhličitý
č.p.	Číslo popisné
ČR	Česká republika
ČSN	České technické normy
ČSÚ	Český statistický úřad
ČVUT	České vysoké učení technické
DPH	Daň z přidané hodnoty
EUR	Euro
GJ	Gigajoule
GW	Gigawatt
h/rok	Hodin za rok
Kč	Koruna česká
Kg	Kilogram
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt hodin
kWh/m ²	Kilowatt hodin na metr čtvereční
kWh/m ² /rok	Kilowatt hodin na metr čtvrteční za rok
kWp	Kilowatt peak
m ²	Metr čtvereční
m ³	Metr kubický
m ³ /den	Metr kubický za den
MW	Megawatt
Sb.	Sbírky
SI	Mezinárodní systém jednotek
TUV	Teplá užitková voda
USA	Spojené státy americké
VUT	Vysoké učení technické

ÚVOD

Lidstvo je od svého počátku přímo závislé na přírodě, přičemž v průběhu času se soulad mezi přírodou a tím, co člověk opravdu potřebuje, značně změnil. S postupným vývojem se člověk snažil přírodu více podrobit a v některých případech došlo i k nekontrolovanému drancování okolní přírody za účelem uspokojení energetické potřeby.

Rostoucí populace a zvyšující se nároky na spotřebu energií jsou více než varovným signálem pro současnou společnost. Přírodní zásoby tradičních zdrojů jsou omezené a při zvyšující se spotřebě je výsledkem negativní ovlivnění životních podmínek na Zemi, a to jak pro současnou společnost, tak i tu budoucí.

I proto se pozornost odborníků či mezinárodních organizací upírá k obnovitelným zdrojům energie. K základním obnovitelným zdrojům patří například vodní či větrná energie, spalování biomasy, geotermální nebo solární energie. Pro efektivní nahrazení tradičních zdrojů těmi obnovitelnými jsou důležité i geografické podmínky. Kupříkladu pro efektivní využití vodní energie v České republice nejsou příliš dobré podmínky, ale oproti tomu sluneční energie je dostupná stále a lze jí využít téměř kdekoliv.

Solární energii je možné využít pro přípravu teplé užitkové vody či vytápění objektů ve formě tepelné energie. I přesto, že u rodinných domů je vzhledem k potřebě energií plochy na střeše dostatek, u bytových domů je tomu naopak. V domech s více bytovými jednotkami podle posledních dat žije přibližně 40 % populace a náklady na vytápění či teplou užitkovou vodu jsou nezanedbatelnou položkou výdajů na bydlení. Dostupnost teplé vody je pro současnou civilizaci životním standardem a její příprava by měla být s pomocí nejnovějších technologií efektivní, ekologická a cenově dostupná.

Cílem diplomové práce je zhodnotit možné ekonomické efekty při využití solární energie v oblasti poskytování bytových služeb. Hlavní kritéria, která budou posuzována jsou zejména potenciální ekonomická a energetická úspora, doba návratnosti investice a procentní pokrytí potřeby tepla obnovitelnými zdroji. Pro dosažení cíle bude použito kvantitativní metody, konkrétně multi-případové studie, která bude vycházet z reálných dat Bytového družstva v Orlové.

První část diplomové práce je věnována významu zdrojů energií pro naši civilizaci, přičemž je zprvu vymezen pojem energie, následně důležitost energie pro civilizaci, historický vývoj spotřeby energií a základní popis neobnovitelných a obnovitelných zdrojů energie. Solární energie je vymezena v samostatné kapitole, která je zaměřena na potenciál sluneční energie

či podmínky pro její využití v České republice nebo v zahraničí. Zaměření diplomové práce, tedy využití solární energie v bytových domech, je popsáno v další kapitole, kde jsou uvedena data ze sčítání lidu v roce 2011, jenž se týkají základních informací o bytových domech v České republice. V této kapitole je dále uvedena problematika využitelnosti solární energie v bytových domech včetně fotovoltaického a fototerického solárního systému.

Druhá část diplomové práce je zprvu zaměřena na potřebu tepla v domácnostech a faktory, které ji ovlivňují. Následně je popsán postup výpočtu potřeby tepla k přípravě teplé užitkové vody a vytápění objektu, a to včetně modelového příkladu. Následující kapitola je již věnována ekonomické stránce solárních termických systémů, vymezení jednotlivých nákladů, které jsou součástí investice a době návratnosti investice. V závěrečné kapitole je provedena ekonomická analýza multi-případové studie z realizovaných solárních fototerických systémů, které provedlo Bytové družstvo v Orlové v let 2007-2010. Jednotlivé investice u bytových domů jsou popsány v samostatných podkapitolách a vyhodnocení je zaměřeno na roční úsporu nákladů, procentní pokrytí celkové potřeby tepla solárním systémem a statickou či diskontovanou dobu návratnosti uvažující různé proměnné.

Díky své decentralizované povaze přináší obnovitelné zdroje pro společnost nespočet výhod. Mimo to, že snižují lokální znečištění, mohou snížit náklady na bydlení, zvýšit hodnotu majetku či zvýšit počet pracovních míst. Zvýšení využívání obnovitelných zdrojů je cesta k udržitelnému rozvoji civilizace pro další generace.

1 VÝZNAM ZDROJŮ ENERGIE

Tato kapitola se zabývá základním vysvětlením termínu energie a její významnosti pro naši civilizaci, přičemž bude popsán historický průběh přechodů energetických zdrojů, které postupně více ovlivňují klimatické a životní podmínky na Zemi. Dále budou vymezeny jednotlivé typy v současnosti nejvíce využívaných neobnovitelných zdrojů a potenciálně využitelných obnovitelných zdrojů včetně podmínek k jejich užití v České republice.

1.1 Pojem energie

V současné době je nejčastější definicí pojmu energie „schopnost vykonat práci“, ale úplný význam této definice se stává jasným, když se přestane přemýšlet o práci klasického významu, tedy práci mechanické např. sázení zeleniny či domácí úklidu. Tento pojem lze však obecně vztáhnout na jakýkoliv proces, který produkuje změnu místa, rychlosti či teploty v určitém systému ať už organismu, stroje nebo planety.

Energie není jednoduchou a lehce vysvětlitelnou entitou. Spíše se jedná o abstraktní pojem, jimž už v 19. století označili fyzici celou řadu přírodních a antropogenních jevů. Nejčastější formy energie, které se v našem okolí vyskytují jsou například teplo, pohyb, světlo a chemická energie. Některé jejich přeměny neboli konverze jsou základním kamenem pro život. Lze to pozorovat například při fotosyntéze, kdy se malá část elektromagnetické energie světla stává chemickou energií rostlin. Dalším příkladem může být přeměna energií při vaření či topení, kdy se chemické energie biomasy dřeva, dřevěného uhlí nebo fosilních paliv (uhlí, ropy, plynu) přemění na teplenou energii.

U jednotlivých konverzí je důležitá účinnost, což je prostý poměr výstupu k počátečnímu vstupu. Jeden z vysoce neefektivních procesů je například fotosyntéza, kdy ani u těch nejproduktivnějších rostlin není v novou fytohmotu konverzováno více než 4-5 % slunečního záření. Globální roční průměr tohoto procesu, který je často limitován chladem či nedostatkem vláhy rostlin odpovídá pouhým 0,3 %. V rámci jednotlivých druhů konverzí však existuje dostatek procesů, které jsou vysoce efektivní s účinností vyšší než 90 %. Elektřina může konvertovat na teplo pomocí deskového odporového ohřívače, a to s účinností až 100 %.

Veškeré procesy, které provázejí energetické jevy, lze kvantifikovat pomocí univerzálních jednotek. Některé jednotky, které se dají považovat za tradiční a běžně používané, se pro účely vědecké a technické kvantifikace odvozují z Mezinárodní soustavy jednotek ve zkratce SI (Smil, 2018, str. 22-29). Pro popis energie se používá nejčastěji jednotka Joule či Watt,

příčemž jeden joule se rovná jedné watt sekundě. Tyto jednotky jsou základní a pro měření elektrické energie v bytových domech je nutné použít nejčastěji kilowatty (kW), případně kilowatt hodiny (kWh). V rámci vyjádření celosvětové spotřeby energie je standardem pro vyjádření exjoule (EJ), který je definován jako 10^{18} joulů (Parkin, 2017, str. 37).

1.2 Význam zdrojů energií pro civilizaci

Ve společnosti dnes často používaný pojem energie vždy byl a bude jednou ze základních podmínek života na Zemi a celkového rozvoje civilizace. Můžeme konstatovat, že bez energie není život, a tedy ani pohyb, práce či teplo. Jednou z podmínek pro rozvoj civilizace z dlouhodobého pohledu je dostatek energií, a to může být v dohledné době velký problém.

Společnost potřebuje pro plnění celé řady zásadních úkolů právě energii. Musí svítit, vytápět své obydlí a potřebuje funkční průmyslová odvětví jako je stavebnictví, zemědělství či doprava. Získávání energií si vždy žádalo určité vynaložení nákladů, přičemž záleželo na jejím charakteru. Při sbírání dřeva byly náklady minimální. Oproti tomu těžba ropy na plošinách v moři již vyžaduje náklady značně vyšší. Po určitý čas lidstvo využívalo stále stejné zdroje, a to v omezeném, pouze nutném množství. Postupem času to přešlo v závislost a díky technologickému pokroku se spolu s objevováním nových zdrojů závislost změnila téměř v posedlost. Přejít na neobnovitelné zdroje energie a výrazně vyšší spotřebu lze vidět v prvním technologickém pokroku, tedy průmyslové revoluci v 19. století. Až do poloviny tohoto století poháněla lodě lidská síla a vítr. Exponenciální nárůst lodní dopravy díky novému pohonu zvýšil celosvětově spotřebované množství energie a rostoucí spotřeba uhlí přinesla i vedlejší produkty ve formě odpadních plynů, které však nebyly přírodního původu.

Po dalších technologických objevech a jejich uplatnění v reálném životě se spotřeba energií začala zvyšovat o to více. Příkladem může být elektřina, která zpočátku fungovala pro komunikaci, ale s dalšími objevy jako je žárovka uhlíková či wolframová se dostala i do běžné domácnosti. Ve dvacátém století se s technologickými možnostmi začaly stavět větší elektrárny a některé státy byly schopné produkovat energii pro celé své území. Elektřina postupně nahradila páru a byla samozřejmostí ve většině domácností či továren, kdy stačilo jednoduše pomocí vypínače zapnout či vypnout světlo a další stroje. Domácnosti postupně spotřebují čím dál více elektřiny i kvůli neustálé modernizaci elektrospotřebičů, čímž si společnost buduje vysokou závislost. Pro příklad lze uvést, že v letech 1920-1970 se v Evropě spotřeba elektřiny zvýšila dvacet šestkrát a jen v letech 1980-2000 se zdvojnásobila (Ponting, 2018, str. 298-301).

Charakter zdrojů energií z dlouhodobého hlediska je velmi významný pro civilizaci a její další přežití. O změnách podnebí na Zemi ví civilizaci již celkem dlouho. Střídání dob ledových a meziledových dokazuje, že se klima na Zemi po určitých dobách mění. Z pohledu lidského měřítka času se jedná o dlouhé časové období, které však záleží na mnoha měnících se faktorech. Mezi tyto faktory patří například sluneční aktivita, změna geometrie oběžné dráhy Země či vulkanická činnost. Při technologických změnách, kterými si civilizace za poslední staletí prošla, se však nic neobvyklého z hlediska těchto faktorů neděje a tedy to, že se planeta Země otepluje není do jisté míry z informací klimatických dějin nic mimořádného. V současné době je jiné to, že tuto změnu vyvolal nový faktor, jímž jsou lidé a jejich závislost na neobnovitelných zdrojích.

Klimatické podmínky pro život na Zemi jsou několik posledních tisíc let relativně konstantní. Právě v této době vznikla naše civilizace, rozrostla se města i zemědělské plochy k obhospodařování. Odborníci uvádí, že při poslední době ledové by byla dnešní osídlená plocha pokryta ledovým krunýřem, a naopak v úplné době meziledové by hladina moře byla o několik metrů výše a pobřežní města tak částečně či úplně pod vodou. Při výrazných klimatických změnách, které jsou důsledkem využívání neobnovitelných zdrojů energie se bude Země měnit, a to včetně podmínek pro život. Tento proces lze spatřit v reakci Země a přírody na postupné změně složení atmosféry, přičemž se jedná o tzv. skleníkový efekt. Bez ochranné funkce atmosféry by teplota na Zemi byla přibližně $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a existovala by pouze doba ledová. S působením naší civilizace a jejím technologickým rozvojem se postupně mění složení atmosféry tak, že se množství stopových plynů přírodního původu stále zvyšuje. K těmto plynům patří například vodní pára, ozón a hlavně CO_2 . Tyto plyny zabraňují tomu, aby se celková energie získaná ze Slunce nevracela zpět do vesmíru. Část záření tedy udržují tyto plyny na Zemi jako ve skleníku a zvyšují průměrnou teplotu na Zemi. Zvyšování produkce těchto plynů však vede ke změně klimatu a nárůstu průměrné teploty na Zemi a s tím souvisejícímu častějšímu vzniku přírodních katastrof (Quaschnig, 2010, str. 33-38). Společnost svou činností zvýšila průměrnou teplotu na Zemi od doby předindustriální o $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při stejném tempu znečišťování a spotřeby energií se průměrná teplota do konce tohoto století zvýší o více než $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Donovan, 2020, str. 16).

Změna klimatu ovlivňuje sociální, energetickou a národnostní bezpečnost. Například uprchlická krize byla způsobena změnou klimatu v Sýrii, kde bylo dlouhé období sucha. Také vojenské akce v posledních dvou dekadách na Blízkém východě byly vedené primárně za účelem zajištění přístupu k ropě a plynu. (Sterner, 2019, str. 17). Moderní společnost nemůže fungovat bez energií a ani bez určité závislosti na fosilních zdrojích. Zásoby energií

jsou základní podmínkou pro ekonomický růst, jelikož státy potřebují energii k udržení hospodářské dynamiky. Stálý a zabezpečený přísun energetických komodit a zajištění zdrojů energie je stále významnějším tématem k řešení na národní i nadnárodní úrovni například EU (Binhack, 2011, str. 7).

Energetická bezpečnost státu má zcela jiný význam pro státy, které jsou producenty daných energetických zdrojů než pro státy, které je pouze spotřebovávají. Tzv. státy spotřebitelské, jenž dovážejí energie mají strategické zájmy zejména v oblasti nákladů na dodávky, zabezpečení toku dodávek a následnému dopadu na životní prostředí. Oproti tomu producentské země zaměřující se na vývoz energií a příjmy plynoucí z nich, patří do ekonomik, které jsou závislé na vývozu energetických zdrojů, jelikož se významně podílí na příjmech státního rozpočtu (Binhack, 2011, str. 7). Dnešní civilizace by si společnost měla klást otázku, zda nelze využívat jiné zdroje energií, a tak zamezit změně klimatu, skleníkovému efektu i energetické závislosti na okolních státech.

1.3 Spotřeba zdrojů energií dnešní společnosti

Spotřeba energie je v současné době na Zemi z geografického hlediska velmi nerovnoměrná. Nejvíce ji spotřebovávají země USA, Čína, Rusko, Indie, Japonsko a Německo. Tyto země se podílejí na celosvětové spotřebě více než polovinou. Při detailnějším pohledu zjistíme, že např. USA spotřebovávají pětinu světové energie, ale přitom na jejich území žije dvacatina světové populace. Pokud by měly v budoucnu takto masivně využívat energie i další země, tak by se spotřeba v celosvětovém měřítku několikrát zvýšila a zásoby dosud využívaných zdrojů energií se ztenčily na minimum (Quaschnig, 2008, str. 29).

Jestliže v současnosti využívané fosilní zdroje energie se před miliony let tvořily a akumulovaly, aniž by se v dohledné době obnovily, tak se společnost dostává k otázce, co bude následovat po jejich vyčerpání. Lidstvo během svého vývoje bylo součástí systému tvoření energetických zásob a celkového systému konverzí energií pro život nutných. Těžba uhlí, ropy, plynu a rozvoj průmyslu s globalizací tyto zásoby stále zmenšují. Tento trend ale nemůže pokračovat příliš dlouho, jelikož jsou tyto zdroje omezené. Již před několika desítkami let prognózovala určitá část společnosti vyčerpání těchto zdrojů do konce 21. století. Společnost tuto skutečnost nebrala příliš vážně. Až extrémní nárůst cen ropy v roce 2000 vzbudil její pozornost. Technologie geografického výzkumu nových nalezišť jsou dnes přesnější, avšak ani to v posledních letech nepomohlo nalézt významné naleziště těchto zdrojů. Současná spotřeba převyšuje zvýšené těžené množství ropy a zemního plynu a podle posledních informací bude ropa ve známých nalezištích v USA a Velké Británii výtěžná

do deseti let. Největší zásoby ropy, konkrétně až 60 % celosvětového množství se nalézá na Blízkém a Středním východě, a právě nedostatek ropy ve světě bude vyvolávat zvýšenou kontrolu a opětovné válečné konflikty v těchto oblastech (Quaschning, 2008, str. 30).

Celosvětový populační růst a zvyšující se životní úroveň má vliv na světovou spotřebu energie, přičemž se uvádí, že světová spotřeba energií roste o 71 EJ za desetiletí. Výzvou do budoucna je tedy nahradit potřebnou energii vyrobenou z fosilních zdrojů za obnovitelné zdroje (Parkin, 2017, str. 37).

1.4 Neobnovitelné zdroje energie

Světová spotřeba energií se v posledních dvou staletích zcela změnila. Do začátku 19.století společnost používala téměř výhradně obnovitelné zdroje, ale dnes připadá přes 85 % využívaných zdrojů na zdroje neobnovitelné. Ty se označují jako zdroje fosilní a patří do nich například ropa, uhlí či zemní plyn, přičemž se nejvíce spotřebovává ropa a to ve 40 %, dále uhlí 25 % a zemní plyn v 20 %. Kvůli omezené kapacitě a obtížné dostupnosti těžby a přepravy se společnost bude v budoucnosti rozhodovat jakým směrem se dále vydá. Neobnovitelné zdroje energie budou krátce popsány níže, a to jednak co se týče svého původu, těžby či dosavadní spotřeby.

1.4.1 Ropa

Nejstarší ložiska ropy na Zemi jsou přibližně 350 milionů let stará a ještě před 10 až 15 miliony let ležely v oblasti Perského zálivu pod hladinou moře. Ropná ložiska byla nalezena o něco později než ložiska uhlí. Zpočátku člověk ropu využíval v malém množství ve formě mastí k léčbě kožních onemocnění nebo jako oleje ke svícení. Časem si ropa získala kvůli své dobré hořlavosti pověst nebezpečně hořlavého paliva. Největší rozvoj těžby ropy v Americe je spojen se známým jménem Davis Rockefeller, který ve věku 23 let založil v roce 1862 ropnou společnost.

Až ve 20. století ovládla trh energií fosilní paliva, a to hlavně ropa. Pro porovnání v roce 1860 bylo na celém světě vytěženo pouze 100 tis. tun ropy a v roce 1895 to už bylo 14,5 milionů tun a v 70. letech minulého století dokonce 3 000 milionů tun. Z minulých událostí, které ovlivnily trh např. již zmíněné ropné krize a války v oblasti Perského zálivu je zřejmé, že závislost společnosti na jednom typu zdroje energie je vždy velmi problematická (Quaschning, 2008, str. 15-16).

1.4.2 Uhlí

Uhlí je v historickém hledisku nejvýznamnějším fosilním palivem, jelikož je spjaté s průmyslovou revolucí či první světovou válkou. Po druhé světové válce bylo však částečně nahrazeno ropou, která má lepší přepravní vlastnosti. To je i důvodem, proč se většina uhlí spotřebovává v lokalitě naleziště. V porovnání se vyváží jen 10 % uhlí, ale ropy až 60 %. Uhlí je velkým znečišťovatelem a je příčinnou více než 10 tis. úmrtí ročně, ať už vlivem znečištění při spalování či samotnou těžbou. Spotřeba uhlí je v porovnání s rokem 1965 dvojnásobná a v porovnání s obdobím před 120 lety téměř devítinásobná. Tento trend by měl v budoucnu ustupovat, a to jednak z důvodu vyčerpání místních nalezišť a také kvůli snaze společnosti zlepšit životní podmínky (Musil, 2009, str. 15).

Většina severočeského uhlí se dobývala do 40. let minulého století hlubinným způsobem skrze šachty a štoly. Po 50. letech se krajina razantně změnila kvůli velkodolům, pro které muselo být zbouráno několik vesnic a kvůli těžbě se proměnilo 30 000 hektarů zemědělské a lesní půdy. I přes evropskou snahu snižovat užívání uhlí jako zdroj energie je stále v ČR uhlí energetickým zdrojem číslo jedna. V ČR se nachází sedmnáct elektráren podílejících se 57 % na výrobě elektřiny (Binhack, 2011, str. 86).

1.4.3 Zemní plyn

Za jeden z nejčistších fosilních zdrojů energie je považován zemní plyn. Při jeho spalování vzniká nejméně škodlivých plynů a méně CO_2 v porovnání s ropnými produkty či uhlím. Pro vznik zemního plynu byly zprvu potřeba rostliny v mělkých pobřežních vodách tropických oblastí. V pobřežních močálech docházelo kvůli nedostatku kyslíku k hnití organického materiálu zbytků rostlin a vznikala rašelina. Postupně se nad rašelinou ukládaly další vrstvy písku a jílu a po určité době se přeměnila na uhlí, které se kvůli tlaku dané hloubky přeměnilo na plyn.

Zemní plyn je tvořen z několika různých druhů plynů a jeho složení se liší podle naleziště. Největší podíl tvoří metan a často také větší množství sirovodíku, který je však jedovatý a musí být před spotřebou upraven chemicko-fyzikálními metodami. Pozdní těžba zemního plynu byla způsobena technologickou a přepravní složitostí. Naleziště zemního plynu se nachází ve značné hloubce, a proto je nutná kvalitní technologie. Pro přepravu zemního plynu bylo nutné vybudovat síť potrubí od nalezišť až po spotřebitelská místa, a to včetně tlakových zásobníků, které mají mimo jiné za cíl vyrovnat kolísající poptávku mezi ročními obdobími. Tyto zásobníky mohou hrát důležitou roli, jelikož po vyčerpání

zemního plynu zde může být po částečné rekonstrukci ukládán vodík, který je označován jako další zdroj budoucí energetiky (Quaschnig, 2008, str.19).

1.5 Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje jsou v současné době častým tématem v politických sférách. Část z nich využívá toto téma jako podporu své strany, ale část ví, že přechod na obnovitelné zdroje je jedinou správnou cestou k záchraně přírody, planety a jejího klimatu. V České republice se prozatím využívání obnovitelných zdrojů podporuje zejména prostřednictvím dotací. K hlavním obnovitelným zdrojům patří zejména větrná, sluneční a vodní energie nebo využití biomasy. V rámci této diplomové práce budou stručně popsány obnovitelné zdroje s tím, že sluneční energii bude věnována samostatná kapitola.

1.5.1 Větrná energie

Větrná energie vzniká působením Slunce, jelikož Země neustále přijímá obrovské množství vyzařované energie. I přesto se Země nepřehřeje a ani se kontinuálně neohřívá, protože se část získané energie vrací zpět do vesmíru. Jelikož na rovník dopadne více sluneční energie než na póly, dochází k následnému transportu energie z rovníku k pólům. Tento přenos tepla se realizuje skrze globální výměny vzduchu, kdy vznikají tzv. cirkulační buňky zvané Hadleyovy buňky. Vedle tohoto proudění se musí zapojit i místní podmínky jako jsou tlakové níže a tlakové výše. V blízkosti mořského pobřeží se zapojuje mořský vánek, který vane z moře na pevninu a působí opačně než pobřežní vánek. Nad pevninou ztrácí větrná energie vlivem území svou rychlost, a tak i potenciál využití. V případě využití se musí vystoupat do vyšších nadmořských výšek, kde jsou optimální místa ve vnitrozemí zejména vrcholky kopců a hor (Quaschnig, 2008, str. 168).

V České republice jsou podmínky pro rozvoj větrné energie průměrné až podprůměrné, kdy na většině našeho území nedosahuje průměrná rychlost větru hranice 4 m/s, která se považuje za limitní pro stavbu větrných elektráren. Oblasti vhodné k využití větrné energie jsou výše položené hřebené části hor a vrchoviny, zpravidla nad 650 metrů nad mořem. Tyto podmínky splňují oblasti severních pohraničních hor, Českomoravská vrchovina či Moravskoslezské Beskydy. Ve většině oblastí je využití omezeno požadavky na ochranu přírody či sezonními klimatickými podmínkami (Musil, 2009, str.136).

1.5.2 Vodní energie

Při pohledu na Zemi z vesmíru je vidět, že naše planeta má ve většině modrou barvu. Celkem 71 % povrchu tvoří voda, která by nebyť působením Slunce ztuhla na led. Sluneční teplo tedy umožňuje být vodě v 98 % v kapalně formě. Sluneční záření odpaří ze zemského povrchu část vody, která se částečně vrátí ve formě srážek. Přibližně 80 % srážek se vrátí zpět do moře a 20 % spadne na pevninu. U možného využití na pevnině je důležitým parametrem výška, v které se voda nachází. Voda v malé říčce v horách, která má několikasetmetrové převýšení, disponuje mnohem vyšším potenciál energie než velký tok s minimálním spádem. Mimo využití spádu řek je další možností využití přílivu a odlivu moře či energie vln. Odborné zdroje uvádí, že lze využít asi 25 % řek či jezer.

Vodní energie se získává skrze vodní elektrárny, které se dají rozdělit podle místa a technologie. Pro všechny jsou určující jsou dva parametry. Průtočné množství a spád. Mezi základní hydroelektrárny patří například tzv. průtočná vodní elektrárna. Ta se buduje tam, kde se na říčním toku nalézá místo s velkým výškovým rozdílem. Vytvoří se hráz a vzdutí, které za pomoci výškového rozdílu a toku řeky požene turbínu, která pohání generátor. Dalším typem je tzv. akumulací vodní elektrárna u které lze dosáhnout vyšších výkonů. Přehradní hráz má za cíl zadržet velké množství vody v místech, kde je ji nadbytek a lze ji udržovat a provozovat dlouhodobě. S tímto typem se často setkáme v horských oblastech. Využití spádu a průtoku zde funguje tak, že se voda přivádí do strojovny v tlakovém potrubí a vytvoří se vysoký přetlak. Retenční nádrže zadržující vodu mají často i účel jako nádrž pitné vody nebo regulace stavu vody v řekách. Posledním typem, s kterým se lze nejčastěji setkat je tzv. přečerpávací vodní elektrárna. Ta pro své vybudování potřebuje vhodné geografické podmínky, přičemž je nutné nalézt takové místo, kde lze vybudovat dvě nádrže, kdy horní bude mít stabilní přirozený tok. Elektrina se vyrábí skrze generátor, který je poháněn energií vody, jež je přiváděna z horní nádrže tlakovým potrubím a následně je odvedena do nádrže spodní. Při přebytku elektriny v síti se pak využívá turbína jako čerpadlo a přečerpává se voda z dolní nádrže do té horní (Quaschnig, 2008, str.194-197).

V České republice jsou přírodní podmínky pro budování vodních energetických elektráren spíše průměrné až podprůměrné, jelikož naše toky nemají dostatečné množství vody a vhodný spád. Celkově jsou zde vyrobeny pouze 4 % elektrické energie pomocí hydroelektráren (Musil, 2009, str. 137).

1.5.3 Biomasa

Biomasa je s odstupným pohledem z historie jeden z nejdéle používaných zdrojů energie. Do 20. století byla celosvětově nejdůležitějším zdrojem. I v současnosti se lze setkat s jejím využitím např. v Etiopii či Mosambiku. Biomasa se označuje hmota z organického materiálu, která zahrnuje živé i odumřelé organismy či organické produkty. Zdroje biomasy jsou na Zemi rozmístěny nerovnoměrně, přičemž záleží na působení sluneční energie a dostatku vody. Účinnost rostliny se určí tak, že se výhřevnost dělí množstvím sluneční energie, kterou získala během svého růstu. Mezi složky biomasy patří například fyto-biomasa, tedy sláma či traviny, dále dendrobiomasa zahrnující dřevo a další dřevní hmoty. Lze využít i substráty bioplynu, kalový plyn nebo plyn ze skládek (Quaschnig, 2008, str. 231-233).

V České republice jsou podmínky pro využití biomasy velmi příznivé, přičemž podle posledního průzkumu patří ČR k zemím s vysokým potenciálem biomasy. Při vhodném rozvinutí potenciálu by se v České republice v dlouhodobém horizontu mohla biomasa podílet na energetické bilanci až 12 %. K tomu je nutné vybudovat plantáže rychle rostoucích dřevin a podpořit lesnictví. K hlavním výhodám využití biomasy patří zvýšení energetické soběstačnosti, zvýšení zaměstnanosti v daných regionech, údržba krajiny, a hlavně i zadržení vody v krajině. Do nevýhod spadá zejména náročnost na logistiku, tedy sběr, doprava, úprava či skladování a zpracování (Musil, 2009, str. 135).

1.5.4 Geotermální energie

Posledním obnovitelným zdrojem, se kterým se lze nejčastěji setkat je geotermální energie. Ta využívá teploty naší Země a jejích vrstev, kdy má naše planeta strukturu podobnou cibuli. Zemské jádro má průměr přibližně 6 900 km a rozlišuje se na vnější a vnitřní, ve kterém dosahují teploty až 6 500°C. Toto teplo pochází z menší části ze zbytkového tepla v době vzniku Země a z převážně části z rozpadu jader radioaktivních prvků.

Z řad studií lze je patrné, že geotermální energii lze využívat na minimálně šedesáti místech v České republice. Místa vhodná k jejímu využití se však musí nejdříve nalézt pomocí hloubkových zkušebních vrtů. Pro zjištění vysokých teplot v podzemí se využívá nejčastěji rotačního postupu, tedy rotary, které pohání korunkový vrták osazený diamantovými hlavicemi. Dosud nejhlubší vrty byly pro výzkumné účely provedeny na ruském poloostrově Kola s hloubkou 12 km. V praxi hlubinné vrty nedosáhnou hranice ani 10 km, jelikož současná technologie již nestačí. V této hloubce jsou již extrémní podmínky z hlediska tlaku či teploty. Pro velká zařízení typu geotermálních tepláren, geotermálních elektráren či geotermálních HDR elektráren se v současnosti využívají hloubky okolo 5 km. Při nálezu

se rozlišují zásoby na horkou páru, termální horkou vodu či teplo ze suchých hornin (Quaschnig, 2008, str. 206-213).

2 SLUNEČNÍ ENERGIE

V této kapitole bude věnován význam Slunci a slunečnímu záření na území České republiky pro využívání solární energie včetně podmínek, které jsou důležité pro její získání. Česká republika se vyznačuje vysokým podílem pevných paliv na celkovou hrubou spotřebu energie, a tak má obnovitelná energie zatím malý význam.

2.1 Slunce

Sluneční energie je zdrojem všeho živého na zemském povrchu a člověk ji využívá od té doby, co je člověkem. V historii u některých kultur bylo Slunce předmětem úcty a daná civilizace cítila závislost a spojení s jeho energií. Jak již bylo zmíněno, tak i fosilní paliva mají svůj původ ve sluneční energii a v době, kdy je stále častějším společenským tématem zajištění energetických potřeb pro civilizaci a její budoucí vývoj se pozornost obrací právě k základnímu zdroji energie, tedy sluneční energii.

Naše planeta Země je součástí soustavy planet, jejímž středem je Slunce. To je pro nás zároveň i nejbližší a nejdůležitější hvězdou. Z hlediska fyzikálních parametrů je Slunce se svým průměrem 1,39 miliónů kilometrů sto devětkrát větší než Země. Slunce tvoří téměř 99,9 % hmotnosti celé sluneční soustavy a oproti Zemi je 330 000krát těžší. Proto je Slunce středem soustavy a okolní planety jsou jím přitahovány a obíhají okolo něj. Složením je tvořeno z atomárního vodíku v 70 %, helia z 28 % a nepatrného množství dalších prvků periodické tabulky, přičemž jsou tyto prvky Slunci ve skupenství plazmy. Energie, která probíhá ve Slunci je tzv. termionukleární reakcí neboli jadernou fúzí, jenž probíhá v centru Slunce. V podstatě se jedná o přeměnu lehčích jader vodíku na těžší jádra helia. Vnější obalem Slunce je tzv. fotosféra, která vyzařuje energii do kosmického prostoru v podobě ultrafialového, světelného a infračerveného záření. Vzdálenost Země od Slunce je v průměru 150 milionů kilometrů, přičemž se sluneční záření pohybuje v prostoru rychlostí 300 tis. km za sekundu. Jelikož na cestě není ničím pohlcováno a omezováno dojde na hranici naší atmosféry ve stejném složení jako opustilo Slunce.

Z celkového výkonu, které Slunce vyzařuje dopadá na Zemi pouze minimum, přičemž se uvádí jedna půl miliardtina, tedy mezi 170 až 180 tisíci TW (Terawattů – bilión wattů). Využitelná sluneční energie se sníží o část přibližně 34 %, které se odrazí zpět do vesmírného prostoru od mraků, částec prachu či zemského povrchu. Další část, která není využitelná je pohlcena zemskou atmosférou, a to přibližně v 19 %. Zbývající část 47 % slunečního záření pohltí zemský povrch Země a je možné jej využívat.

Sluneční energie pohlcená zemským povrchem se mění v 14 % na infračervené záření, které je následně pohlcené v atmosféře, což vede k trvalému zvyšování teploty zemského povrchu. Tuto tepelnou energii prostředí vzduchu, země i vody lze využívat pomocí tepelných čerpadel. Další významná část dopadajícího slunečního záření zasáhne rozsáhlé plochy oceánů, kde se spotřebuje vypařováním vody. Vodní pára je proudy vzduchu přenesena do vyšších vrstev atmosféry, kde následně zkondenzuje a ve formě srážek přichází zpět na zemský povrch. Tato část tedy ve 23 % dává základ vodní energie a jejímu využití ve vodních elektrárnách. Zbytek záření je v 10 % odveden do vzduchu, kde se zahřátý vzduch od zemského povrchu mísí s těžším chladným vzduchem a vznikají tak větry. Nepatrná část záření, která dopadá na Zemi připadne také na biologické reakce probíhající v biosféře, především tedy na fotosyntézu a tvoření biomasy.

Záření, které dnes vnímáme jako světlo a pociťujeme z něj teplo bylo uvolněno jadernou fúzí v dobách, kdy pračlověk zapaloval na Zemi první ohně. Za dobu, než se sluneční energie prodrala z jádra Slunce se na Zemi stal z člověka nejinteligentnější tvor současnosti. Energie slunečního záření je tedy nepřímou podstatou téměř všech obnovitelných zdrojů energie na Zemi. Světová spotřeba energie naší civilizací byla odhadnuta v roce 2010 na 12 275 milionů ropného ekvivalentu, který odpovídá 142 PWh (Petawaatů) s tím, že přibližně 90 % spotřebované energie pochází z fosilních paliv. Oproti tomu na Zemi každoročně dopadne 1,5 milionů PWh sluneční energie, ale na zemský povrch se dostane téměř polovina. Jednoduchým výpočtem lze tedy zjistit, že působení Slunce nám dává 5 000krát vyšší zásoby energie, než je naše energetická potřeba (Matuška, 2013, str. 12-18).

2.2 Historie využití solární energie v ČR

V České republice má využívání solární energie již určitou tradici, jelikož první zdokumentované vyráběné solární kolektory se v tehdejší Československu objevily již v roce 1977. Toto období bylo ovlivněno ropnou krizí v roce 1973 a tak se v mnohých zemích včetně Československa začala zkoumat možnost využívání nefosilních zdrojů energie. Se vznikem státní podpory v 80. letech se nastartoval rozvoj solární tepelné techniky prostřednictvím programu na racionalizaci spotřeby a využití paliv, kde fungoval program pro využití sluneční energie.

Využití sluneční energie mělo v té době význam zejména pro přípravu teplé vody například v budovách v zemědělství či potravinářském průmyslu. Ojedinele se využívala také ve sportovních zařízeních a bazénech či rodinných nebo bytových domech. Po roce 1985 se výroba, instalace a celkové využívání sluneční energie snížila, kdy na vině byla životnost

vyráběných kolektorů a zhoršení ekonomické situace státu. Ke konci 80. let přišel celkový útlum a spolu s privatizací některých podniků vyrábějících kolektory a rozpadem zemědělských družstev využívajících solární kolektory došlo k poklesu činných soustav o 40 %.

Po roce 1992 začínaly vznikat nové společnosti, které vyvíjely i nové typu kolektorů, což vedlo spolu s růstem cen fosilních paliv ke zvýšení poptávky o instalaci na rodinných domech. Pokračoval růst počtu domácích i zahraničních firem poskytujících možnost dovozu, koupě či instalace solárních panelů. Dostatečným stimulem pro trh se okolo roku 2000 stala možnost získání dotací, které byly možné prostřednictvím Státního programu či Operačního programu Evropské unie. Některé funkční systémy v ČR, jež byly instalovány před více jak třiceti lety dokazují, že s ohledem na tehdy dostupné technologie a materiály, které byly pro výrobu určeny jsou předpokladem k tomu, aby v současnosti vyrobené materiály s testovanými prvky na extrémní odolnost měly stejný či mnohem vyšší potenciál životnosti.

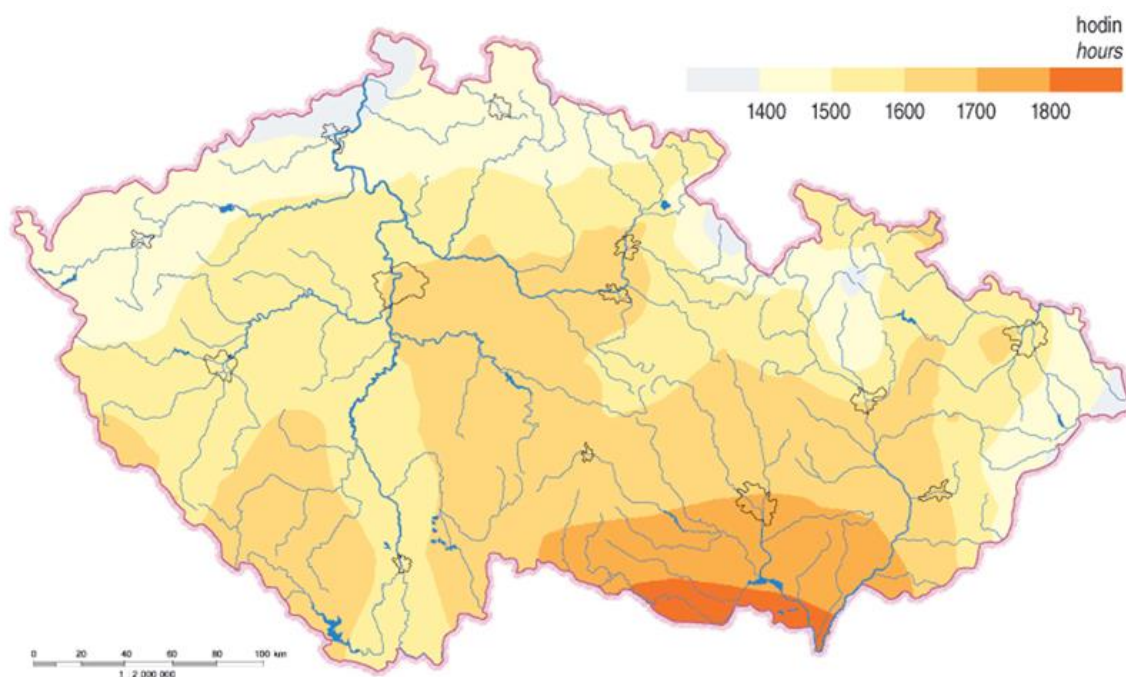
Od přelomu tisíciletí trh solárních kolektorů vykazoval trvalý růst, a to až do roku 2010. Tento trend lze vysvětlit vznikem programů státních podpor na využití obnovitelných zdrojů, kdy se vstupem do Evropské unie přibyla možnost získání dotací i z evropských fondů. V období krize v letech 2008-2011 zažil trh solární energie značné výkyvy a změny, přičemž právě díky programu Zelená úsporám si český trh i v letech 2009 až 2010 udržel rostoucí trend. V ostatních evropských zemích včetně solární velmoci jako je Německo prodeje solárních kolektorů klesaly či stagnovaly, kdežto v České republice dosáhl trh v roce 2010 nejvyšších absolutních čísel dodaných kolektorů, konkrétně bylo dodáno 90 tisíc metrů čtverečných (Matuska, 2013, str. 115-118). S ukončením programu podpory obnovitelných zdrojů začal trh klesat a v roce 2011 bylo dodáno pouze 65 tisíc metrů čtverečných a v roce 2016 už jen 24 tisíc (MPO, 2017, online).

2.3 Podmínky pro využití solární energie v ČR

Česká republika se vyznačuje průměrnými podmínkami pro využívání sluneční energie, a to i přesto, že množství dopadajícího záření se v průběhu roku mění. Roční úhrn sluneční energie, která dopadá na naše území je ovlivněn například zeměpisnou polohou, orientací solárních systémů vzhledem ke Slunci, nadmořskou výškou, délkou slunečního svitu a v neposlední řadě také čistotou ovzduší.

Největší množství slunečního záření dopadá v České republice v období nejnižší spotřeby a naopak. Ročně dopadne na území ČR kolmo na 1 m² plochy okolo 800 - 1 250 kWh (kilowatů hodin) sluneční energie. Z toho dopadne v období mezi měsícem dubnem a říjnem

75 % a v období od října do dubna zbylých 25 %. Sluneční svit v našich podmínkách se během roku mění v rozmezí od 1400 do 1700 hodin/rok (dále jen h/rok). V horských oblastech je doba slunečního svitu v průměru okolo 1600 h/rok, kdežto v oblastech Jižní Moravy dosahuje hodnota až 1800 až 2 000 h/rok (Musil, 2009, str. 134). Dobu slunečního svitu dopadajícího napříč územím České republiky znázorňuje obrázek č. 1 níže.



Obrázek 1: Doba slunečního svitu na území ČR

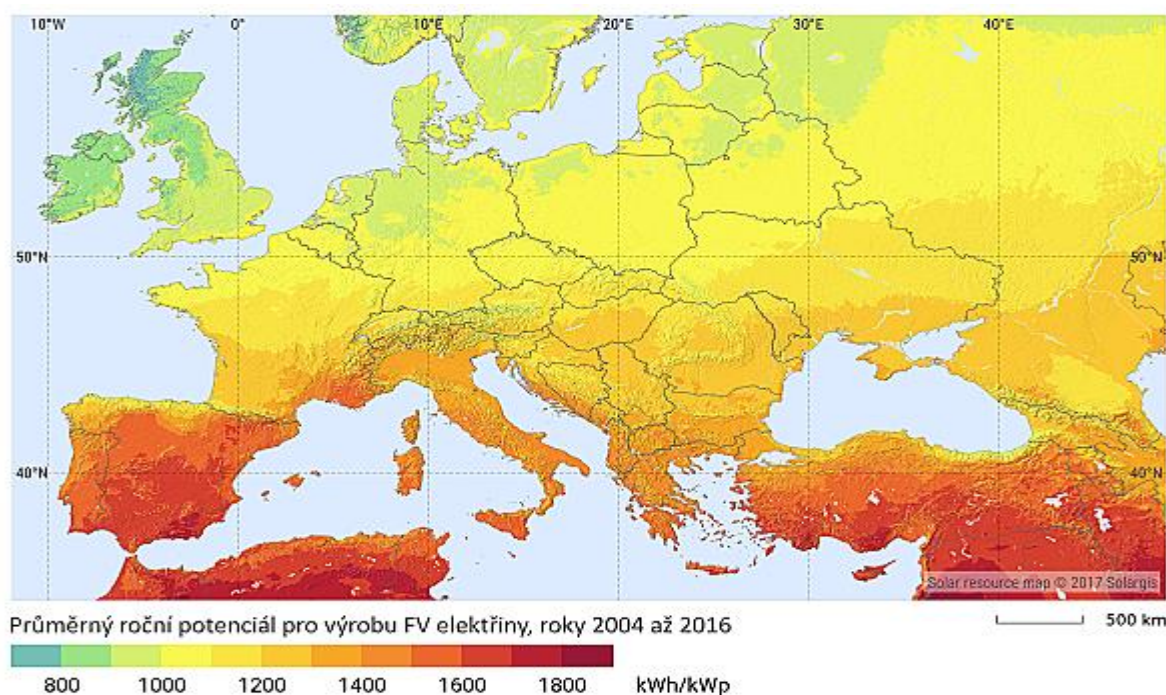
Zdroj: Isofen Energy, online

V našich podmínkách je možné využití sluneční energie směřovat zejména k výrobě tepla, tedy pro přípravu teplé užitkové vody. Využití ji lze jak v rodinných či bytových domech, ale i k ohřevu vody v bazénech. Dále je možné využít vyrobené teplo k dotápění či vytápění objektů. Naopak naše podmínky nejsou příliš vhodné pro přeměnu sluneční energie na elektrickou energii skrze fotovoltaické články.

Mezi hlavní předpoklady, které podporují rozvoj využití solární energie, patří například snadná montáž systému, dlouhá životnost a celoroční využití či nízké provozní náklady. Oproti tomu k omezením, jež brání rozvoji využití sluneční energie, patří vyšší počáteční náklady a podmínky našeho území, které poskytují průměrné doby svitu Slunce. Tato částečné omezení lze podpořit prostřednictvím státních programů, které by snížily počáteční investici (Musil, 2009, str. 135).

2.4 Podmínky pro využití solární energie ve světě

Jedny z nejlepších podmínek v Evropě má Španělsko, které se nachází na Pyrenejském poloostrově, tedy v jihozápadní části Evropy. Podle posledních dat byla tato země nejslunnější zemí v Evropě a také byla v čele investic do solárních technologií. Podmínky, které nabízí jižní pobřeží Španělska skrývá velký potenciál, jelikož zde svítí Slunce v průměru 2905 hodin za rok (The Local, 2016, online). Délka slunečního svitu, průměrné záření 1650 kWh/m² a vhodná infrastruktura činí Španělsko velmi atraktivním prostředím pro využívání solárních technologií. Postupný pokles cen kolektorů včetně skladovacích baterií znamenal na španělském trhu zvýšenou poptávku po využívání obnovitelných zdrojů. Místní ekonomická situace je stabilní do takové míry, že bez jakýkoliv dotací byly postaveny elektrárny v Andalusii. V případě instalovaných elektráren s výkonem vyšší než 100 kW měli vlastníci právo na prodej vyrobené elektřiny za tržní ceny, přičemž tato možnost byla zpoplatněna jednorázovou částkou tzv. sluneční daní. Španělský trh má vzrůstající trend, kdy v roce 2017 bylo instalováno 135 MW nových systémů. Rok 2018 představoval nárůst oproti přecházejícímu roku o 94 %, kdy bylo instalováno 262 MW nových systémů. V tomto roce byla na popud Evropské komise zrušena sluneční daň z roku 2015. Španělská vláda vidí v obnovitelných zdrojích potenciál pro ekonomický růst země a postupnou záchranu klimatu vlivem úspor oproti využívání tradičních zdrojů (Tienda-solar, 2018, online).

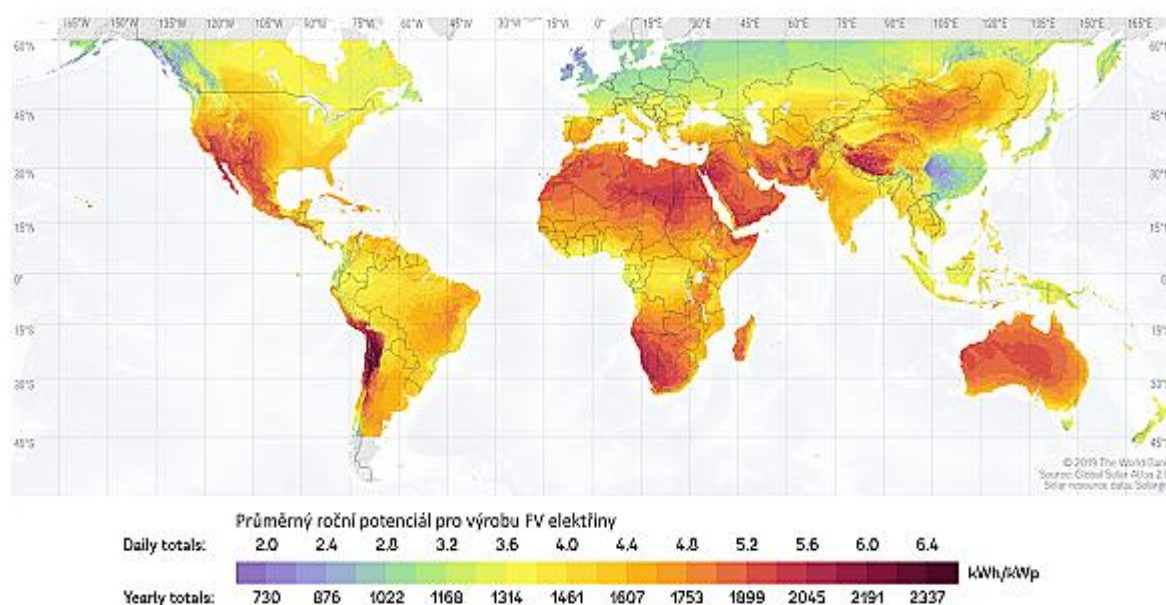


Obrázek 2: Míra sluneční záření v Evropě

Zdroj: Isofen Energy, online

Na obrázku č. 2 lze vidět rozdíly možností pro využití solární energie v Evropě. Nejlepší podmínky mají jižní země, tedy již zmíněné Španělsko či Itálie s Řeckem, které tento potenciál mohou proměnit v pokrytí části spotřeby elektřiny u budov občanské vybavenosti či v bytových a rodinných domech. Oproti tomu skandinávské země mají velmi malou možnost využít sluneční záření, jelikož zde není takový potenciál. Je však nutné uvést, že například Norsko využívá ostatní obnovitelné zdroje, a to tak efektivně, že až 99 % spotřebované elektřiny je pokryto vodní energií.

Při zaměření na světové podmínky pro využití solární energie, které jsou znázorněné na obrázku č.3 níže lze zjistit, že absolutně nejlepší podmínky jsou v severní Africe, na Blízkém Východě či v Austrálii.



Obrázek 3: Světová míra slunečního záření

Zdroj: Isofen Energy, online

Egypt nacházející se v severní Africe má v průměru 3400 slunečních hodin a sluneční záření zde působí až 2500 kWh/m². Tato země se již delší dobu potýká s rychlým nárůstem populace, a tak vznikl i další problém, tedy zvýšená poptávka po energiích. Egyptská vláda pro řešení tohoto problému prosadila strategii do roku 2035 tzv. energetické diverzifikace, která je známá jako „Integrovaná strategie udržitelné energie“. Strategie obsahuje i možný potenciál, jenž udává možnou hodnotu instalovaného výkonu solárních zařízení 44 GW. Egypt si svou strategickou výhodu uvědomuje a buduje zajímavé projekty jako je například solární komplex Benban ve východní části Sahary o výkonu 1,8 GW či solární pole Kuraymat o výkonu 150 MW, jenž dodává energii téměř 2 miliónu obyvatel (Trace software, 2019, online). Problém nevhodných podmínek pro využívání solární energie v Evropě by mohl vyřešit právě africký potenciál, který se nese pod názvem DESERTEC z roku 2009.

Ten měl za cíl v dlouhodobém horizontu vybudovat napříč Severní Afrikou soustavu solárních elektráren zásobující Evropu pomocí podmořských kabelů přes Španělsko či Itálii (Energy globe, 2019, online).

3 VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE V BYTOVÝCH DOMECH

Z posledních dat je patrné, že v České republice připadá na 1 000 obyvatel 465 bytů a s rostoucí cenou klasických fosilních energetických zdrojů si bude společnost klást v budoucnu otázky, kde a jakým způsobem hledat úspory v oblasti bydlení (MPSV, 2018, online).

3.1 Bytové domy v České republice

Při posledním sčítání domů, lidu a bytů v roce 2011 bylo zaznamenáno celkem 4,76 milionů bytů, přičemž z nich bylo 4,1 milionů obydlených. Průměrné stáří obydlených bytových domů bylo 52 let, což znamená, že určitá část objektů již prošla fází investic do vnější rekonstrukce objektu a v následujících letech lze očekávat opětovné investice do technologií při snaze uspořit náklady na bydlení.

Z hlediska materiálů použitých při výstavbě bytových domů je zřejmé, že konstrukční řešení bylo ovlivněno obdobím výstavby a dostupnými materiály či technologií. V mezioddobí první republiky až 70. let převažovala jako hlavní stavební materiál cihla. V letech 80. a 90. se uplatnila výstavba panelové technologie, tedy panelů ze železobetonu. Po roce 2000 začala výrazněji stoupat výstavby z cihelných bloků. Při dnešním pohledu na energetickou náročnost budov je patrné, že panelová výstavba bez jakékoliv stavební rekonstrukce patří k jedněm z nejnáročnějších budov z hlediska nákladů na vytápění. V České republice je přibližně 30 % bytových domů vystavěno panelovou technologií oproti 64 % bytových domů z klasických cihel či moderních cihlových tvárnic (ČSÚ, 2011, online).

Způsoby vytápění a využívání konkrétních typů energie jsou značně rozdílné. K základním možnostem vytápění bytových domů patří zejména ústřední vytápění s kotelnou mimo dům či s umístěním přímo v domě. Dále se lze setkat s variantou etážového vytápění s kotlem nebo kamny, jenž jsou umístěny přímo v bytě. Ústřední vytápění je charakteristické tím, že pomocí jednoho topidla mimo byt, jenž je napojené na zdroj energie, je vyráběné teplo distribuováno skrze teplovodní stoupací potrubí do otopných těles v bytových jednotkách. Dodávky tepla mohou být přímo v budově, která má pro to přímo vyhrazenou místnost s označením kotelna, dále je možné mít kotelnou mimo budovu a poslední možností pro bytový dům je dálkové vytápění s ústřední distribucí. Ústřední vytápění je v současné době často doplňováno sekundárními systémy, jenž například udržují teplotu v akumulacní nádrži. Tento způsob vytápění odstraňuje povinnosti uživatele na pravidelnou péči o systém a konkrétní spotřeba je zjištěna z otopných těles pomocí moderních měřičů. Oproti tomu etážové vytápění

je založeno na jednom topidle umístěné přímo v dané bytové jednotce napojené na zdroj energie a je obsluhováno uživatelem bytu přímo. To sebou nese také povinnost na péči o kotel a zajištění instalací. Nespornou výhodou tohoto způsobu vytápění je neexistence problémů s rozpočítáváním nákladů na vytápění více jednotek, malé tepelné ztráty díky krátké vzdálenosti místností od topidla a snadná regulace teploty. Poslední možností je lokální vytápění, tedy kamna či přímotop, jenž nejsou napojeny na rozvod a nemají otopná tělesa (Topení-topenáři, 2018, online).

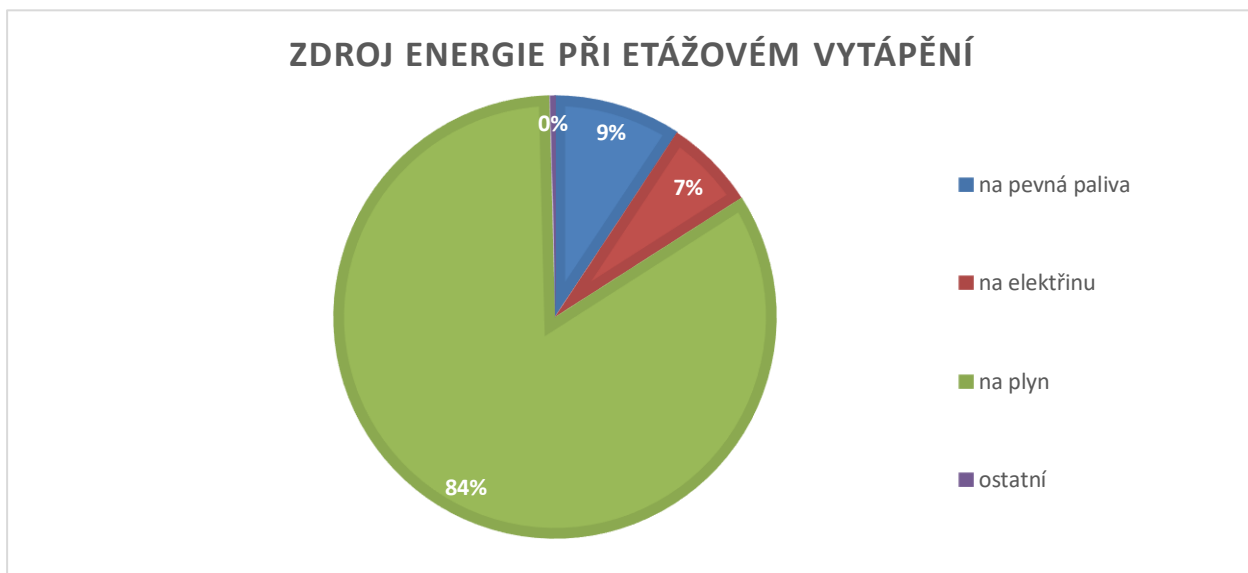
V České republice se setkáme nejčastěji s technologickým řešením v podobě kotelny umístěné přímo v bytovém domě, u které lze v budoucnu provádět dodatečné úpravy a dosáhnout tak úspor. Toto řešení je v ČR celkem v 48 %, přičemž je nejčastěji využívána energie v podobě plynu a to v 63 %, dále v 30 % pevná paliva a zbylá část představuje elektřinu apod. Na následujícím grafu lze porovnat procentuální rozdělení dle způsobu vytápění pro obydlené bytové domy. Druhým nejčastějším způsobem je v 36 % vytápění s kotelnou mimo dům včetně dálkového dodání tepla, dále využívání etážového vytápění či topení kamny.



Obrázek 4: Procentní vyjádření dle způsobu vytápění bytových domů

Zdroj: ČSÚ, 2011, online

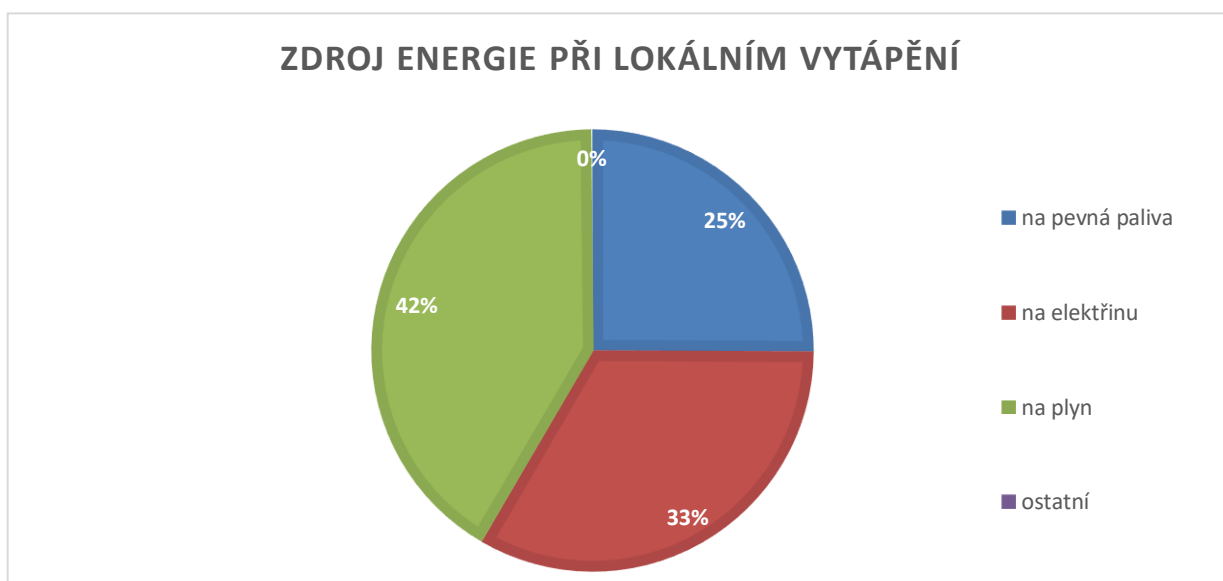
Obrázek č.5 níže vyjadřuje využití energií při etážovém vytápění, přičemž nejčastějším zdrojem energie je opět plyn, konkrétně zemní plyn a to v 84 %. Další využívaným zdrojem energií jsou pevná paliva, tedy kotle na uhlí, dřevo či koks. V 7 % je využívána elektřina na přeměnu tepla a její další distribuci v bytě.



Obrázek 5: Zdroje energie při etážovém vytápění

Zdroj: ČSÚ, 2011, online

Při zaměření na lokální vytápění, tedy kamna, přímotopy či krby lze zjistit, že v České republice je zastoupení zdrojů energie víceméně stejné. Nejčastější je však opět plyn v 42 %, dále v 33 % elektřina a pevná paliva představují 25 %. Tento způsob patří k provozně nejnákladnějším s nutnou znalostí parametrů objektu při optimální volbě výkonu.



Obrázek 6: Zdroje energií při lokálním vytápění

Zdroj: ČSÚ, 2011, online

Znalost technologie a typu energetického zdroje v daných bytových domech je velmi důležitá pro potencionální využití a aplikaci systému s podporou získávání energie z obnovitelných zdrojů, konkrétně tedy solární energie. Nejvhodnějším řešením je zřejmě ústřední vytápění

s umístěním kotelny v domě, kde bude využití solární energie navrženo jako sekundární systém na podporu ohřevu vody k vytápění či užitku.

3.2 Problematika zavádění solárních systémů v bytových domech

Solární systémy pro tepelné soustavy jsou v současné době již značně pokročilé. S jejich vývojem dané systémy procházely neustálým procesem zlepšování a kvalitativním zkouškami. Hlavními důvody pro instalace solárních soustav v bytových domech jsou výrazně vyšší energetické zisky a nižší investiční náklady oproti instalacím na rodinných domech. Problematika solárních systémů, jenž by se instalovaly na bytové domy zahrnuje ve fázi příprav několik oblastí.

3.2.1 Ekonomické důvody

Dostupnost a adaptabilita systémů na různorodost technologií v bytových domech umožňuje při správném návrhu a instalaci téměř bezúdržbové řešení až na 30 let. Správný návrh je klíčový faktor, jenž ovlivní, zda bude systém navržen přiměřeně k potřebám bytového domu a nebude poddimenzovaný či předimenzovaný. Tím lze docílit úspory provozních nákladů a počáteční investice. Vstupní investice a dobu návratnosti lze snížit při získání dotací z programu Zelená úsporám, který bude popsán v dalších kapitolách. Bytové domy se solárními systémy se mohou stát na trhu nemovitostí atraktivnějšími, čím se zvýší celková hodnota bytových domů i samotných bytových jednotek. V případech zájmu o pronájem bytových jednotek se může proces výrazně zrychlit a též se hodnota pronájmů procentuálně navýšit. Výsledky studie od Německé asociace pro bydlení studiu ukazují, že hlavním důvodem pro instalaci solárních systémů v bytových domech je zatraktivnění pronajímaných bytových jednotek, dále ochrana životní prostředí a snížení provozních nákladů (Matuška, 2013, str.10-12).

U tradičních fosilních zdrojů energie je předpoklad rostoucí ceny z důvodů omezené kapacity, přičemž provozovatelé solárních soustav se v případě realizace mohou spolehnout na stálý zdroj slunečního záření a za stálou cenu.

3.2.2 Ekologické důvody

Solární systémy svou činností neprodukují žádné emise a neznečišťují tak místní prostředí. Jsou protikladem zastaralých spalovacích a předimenzovaných zařízení, jež jsou závislé na fosilních palivech a svojí činností negativně ovlivňují životní prostředí. I přesto solární systémy pro svou činnost potřebují elektrickou energii, která je u bytových domů

odhadována do 1 % z využitelných tepelných zisků solárních soustav. Svou energetickou nenáročností přispívají k úsporám primární energie, ale i decentralizaci energetického zásobování a zvyšování zabezpečení dodávek tepla.

Právě centralizované zásobování je v současné době otázkou ekologičnosti. Instalace solárních systémů na bytové domy, které jsou připojeny k centralizovanému zásobování s kombinovanou výrobou elektrické energie, kdy teplo je víceméně využíváno pro pokrytí tepelných ztrát je diskutabilní. Právě u tepláren s kombinovanou výrobou, kde je prioritní výroba elektrické energie dochází u nevyužitého množství tepelné energie k plýtvání a znečišťování ovzduší o to víc. Ministerstvo životního prostředí, srze dotační programy často znevýhodňuje či neumožňuje dotační podporu v těchto případech. Situace může být ještě složitější v případech obecních bytových domů ve vlastnictví obce s napojením na obecní teplárny. Snaha nájemníků o napojení solárních systémů do těchto systémů je téměř nemožná, jelikož snížení nákladů na vytápění sníží příjmy pro obec z obecné teplárny (Matuška, 2013, str.10-12).

3.2.3 Společenské a politické důvody

Vlastníci či nájemníci bytových jednotek mohou solární systémy v případech spokojenosti dále propagovat a působit tak pozitivně na své okolí. Bytové domy smýšlející ekologicky mohou být ve společnosti vnímány jako značka k odpovědnosti za životní prostředí. Zkušenosti ze zahraničí uvádějí, že se například zvýšila i soudržnost obyvatel, ale také se díky instalací snížil podíl neobydlených bytů v domě. Solární soustavy mohou pomoci k vzniku nových pracovních míst, jelikož v našich podmínkách působí jako záložní či sekundární systémy a nenahrazují tak výrobky z ostatních tepelných oborů. Politická snaha o energeticky úsporné novostavby vyústila ve směrnici o energetické náročnosti budov, která stanovuje povinnost novostaveb od 1.1.2020 dosáhnout téměř nulové spotřeby energií. Budovy mimo jiné musí být z určité části zásobovány z lokálních obnovitelných zdrojů. Za těchto podmínek je pravděpodobný nárůst využití solární energie, což bude klást vyšší nároky na systémový přístup při řešení technických, architektonických a konstrukčních faktorů, které budou popsán v druhé části diplomové práce (Matuška, 2013, str.10-12).

3.2.4 Složitost a kvalita systému

Solární systémy jsou při instalaci v bytových domech značně složitější, než tomu je u rodinných domů. Pro efektivně navržený systém a jeho kvalitní instalaci je nutné vybrat zkušené firmy a projektantky, kteří mají za sebou školení, zkušenosti a nejlépe i reference. Oproti rodinným domům, kde jsou systémy malé a do jisté míry předpřipravené, nastává

u bytových domů významná, ale prozatímní individualizace řešení. Různé typy bytových domů a technologií kladou vyšší nároky na realizační firmy a školící či vzdělávací instituce. Je nezbytné, aby navrhování systémů z obnovitelných zdrojů bylo zařazeno do vzdělávacích, certifikačních či autorizačních systémů. Vlastník nebo potenciální investor by mohl realizační firmy vybírat mimo referencí i právě z dosaženého vzdělání či autorizace (Matuška, 2013, str.10-12).

3.2.5 Počáteční investice a návratnost

Velké solární soustavy mají výrazně nižší náklady na produkci kWh, než je tomu u malých soustav. Při úvaze společenství vlastníků jednotek či družstev jsou po schválení návrhu vlastníci nuceni potvrdit hromadnou půjčku k zafinancování systému, což může být problematické v případech vyšších úrokových sazeb. Tento problém by mohl být částečně odstraněn dotačními programy či statní bezúročnou půjčkou. Investice do systémů u rodinných domů jsou investice dlouhodobé v řádu desítek let. Vlastníci bytových jednotek oproti tomu očekávají investice spíše krátkodobé v řádu několika let. Reálné případy ukazují nejčastější dobu návratnosti investice kolem deseti let, což často vlastníky nepřesvědčí (Matuška, 2013, str.10-12).

3.2.6 Povědomost řešení

Komerční sdělovací prostředky na instalaci solárních systémů jsou cílené více na rodinné domy a povědomost o možnosti integrace a využití solárních systémů u bytových domů je minimální. Problémem je také nízká publicita a nedostatek příkladů instalací na bytových domech s průběžným monitorováním, přičemž i zde platí pravidlo, že dobré příklady mohou oboru pomoci. Zvýšení povědomosti a informovanosti pro investory je nutné řešit v zprostředkovatelských skupinách, tedy skupinách, které se nacházejí v procesu mezi výrobcem a investorem. Tyto skupiny tvoří architekti, developeri, projektanti či realizační firmy. Všechny tyto skupiny ovlivňují koncové rozhodnutí investora, potenciálně tedy skupiny vlastníků bytových jednotek o tom, zda budou investovat do obnovitelných zdrojů formou solárního systému (Matuška, 2013, str.13).

3.3 Typy solárních systémů

Solární systémy se dělí na dva základní typy, a to z hlediska principu na fotovoltaické a fototermické systémy. V rámci vzájemného porovnávání se často v očích české veřejnosti zaměřují pozitiva a negativa jednotlivých typů. I přesto mají oba typy na trhu své místo a před instalací je projekčně nutné vymezit pro jaký účel se solární systém bude používat.

Pokud obyvatel domu potřebuje ohřívat vodu k užívání či vytápění zvolí fototermiku, naopak v případech, kdy potřebuje elektrickou energii pro spotřebiče apod. zvolí fotovoltaiku.

3.3.1 Základní princip fotovoltaiky

Fotovoltaické systémy, jejichž základem jsou fotovoltaické panely fungují na principu přímé přeměny slunečního záření na elektrickou energii. Tento proces je založen na tzv. fotovoltaickém jevu a článcích, které jsou polovodičovým materiálem nejčastěji křemíkem, kde následně probíhá prolnutí materiálů typů P a N. Jeden má přebytek elektronů a druhý naopak přebytek kladných děr. Při naražení fotonů vzniká nerovnovážný stav, kdy elektrony putují k opačně elektrodě. Zde se využije prázdných děr a vznikne elektrická energie. Mimo křemíku se postupně vyvíjí i další použitelné polovodičové materiály například tzv. perovskit (E-on solar, 2018, online).

3.3.2 Základní princip fototermiky

Fototermickým solárním systémem je zařízení skládající se z různých technologických částí a zajišťující přeměnu slunečního záření na tepelnou energii. Základním prvkem jsou solární kolektory, ve kterých jsou absorbéry, což jsou měděné plechy s černou selektivní barvou.

Na spodních stranách jsou připevněny měděné trubky, kterými proudí kapalina a ta je skrze absorber a sluneční záření ohřívána. Pokud dojde k tomu, že je v kolektorech vyšší teplota, než v zásobníku spustí se regulace pomocí oběhové čerpadla. Tímto principem se dopraví teplé médium do zásobníku a dojde k předání tepelné energie. Cyklus trvá do té doby, než se teploty v zásobníku a absorberu nevyrovnají. Podstatou navrhování systémů je navrhnout takový systém, kdy kolektor bude produkovat dostatek využitelného tepla, a to bude spotřebováno v zásobníku nebo jinak dále přímo využito. Předpokladem návrhu je celoroční provoz, což umožní nemrznoucí kapalinu (Chmel, 2018, str.30).

3.3.3 Porovnání systémů

Správně navržený fototermický systém je výkonnější než fotovoltaický a dokáže uspořit až 70% roční energií na přípravu teplé vody. Výhodou fotovoltaického systému je možné řešení přebytků v letních měsících. Tyto přebytky lze směřovat mimo ohřev teplé vody ke spotřebičům nebo zpětně prodávat do sítě. Pro správnou funkci fototermického systému je potřeba elektrická energie, která pohání oběhové čerpadlo s maximálním příkonem od 40 do 80 kWh/rok, což při ceně elektrické energie činí zhruba 200 Kč za rok. Nemrznoucí kapalinu je nutné měnit jednou za 10 let a cena této výměny se pohybuje okolo částky

2 000 Kč. Oproti tomu provozní náklady u fotovoltaických systémů jsou téměř nulové, kdy jediné náklady jsou tvořeny výměnou elektroniky v systému.

Oba systémy využijí svého maximálního potenciálu při sklonu panelů v 45° a s orientací na jih. Zatížení střechy je v případech fototermických systémů vyšší, než je tomu u systémů fotovoltaických. Při přepočtu výkonu na m² je však výhodnější fototermický systém, který potřebuje na 1 kW výkonu 1,5-2 m² než fotovoltaické systémů, které mají poměr 1 kW na 5,5-6,5 m². Napojení solárních systémů, v již postavených domech je stavebně náročné, a to zejména u fototermických u kterých je nutné vytvořit pro předizolované nerezové potrubí větší stavební prostupy, než je tomu u fotovoltaických systémů. Instalace je u nich jednodušší, jelikož potřebují jen prostupy pro elektrické kabely. Životnost obou systémů je přes 25 let, přičemž pouze u fotovoltaiky je předpoklad klesajícího výkonu v průběhu let. Seriózní výrobci uvádí ztrátu výkonu v 10–15 % na deset let používání. Následující tabulka vyjadřuje jednotlivé vlastnosti daných systémů.

Tabulka 1: Porovnání solárních systémů

	FOTOTERMICKÝ SYSTÉM	FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM
Účinnost celého systému	35 až 45 %	10 až 15 %
Životnost kolektorů	25 a více let bez snížení účinnosti	po 10 letech snížení výkonu o cca 10 %, po 25 letech o cca 20 %
Potřebná plocha pro 1 kW výkonu	1,5 až 2,0 m ²	5,5 až 6,5 m ²
Zatížení střechy na m² aktivní plochy	25 kg	12 kg
Zatížení střechy na 1 kW výkonu	50 kg	80 kg
Orientace pro nejvyšší zisk	jih	jih
Sklon pro optimální využití	45°	45°

Zdroj: ČSSE, 2019, online

V rámci slunečních podmínek, které panují v České republice je v bytových domech vhodnější využít fototermiku, proto se analytická část této diplomové práce zaměří na analýzu konkrétní realizace fototermických systémů.

3.4 Legislativní podmínky v České republice

Při úvaze o instalaci solárních systémů na rodinné či bytové domy je nutné brát v potaz některé ze zákonů, které ukládají povinnosti vlastníkům ke státu, městu či obci. Umístěním systémů může dojít ke změně staveb, tím se řídí například zákon č. 183/2006 Sb. o územním

plánováním a stavebním řádu. Dále se může jednat o bezpečnost obyvatel, technické požadavky či obecné požadavky na využívání území. V případech, kdy se systémy napojí na veřejné sítě se provozovatelů dotknou zákony o způsobech regulace cen v energetických odvětvích, o technicko-ekonomických parametrech obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny či o hospodaření s energiemi. Výčet nejčastějších zákonů, které řeší stavebně-technické problémy je následující.

- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění vyhlášky č. 20/2012 Sb.
- Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 347/2012 Sb., kterou se stanoví technicko-ekonomické parametry obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a doba životnosti výroben elektřiny z podporovaných zdrojů
- Vyhláška č. 140/2009 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ve veškerých případech je pro instalaci nutný projekt se správným návrhem výkonu, posouzením vlivu částí systému na stávající konstrukce. Projekt by měl navrhovat autorizovaný inženýr, případně více osob, kteří jsou odborníky v daném oboru.

3.4.1 Dotační programy v ČR

V České republice jsou dostupné programy pro podporu snížení energetické náročnosti budov formou dílčích či komplexních řešení. Hlavní program, tedy Nová zelená úsporám spadá pod Ministerstvo životního prostředí a patří k nejefektivnějším programům zaměřeným na úspory energií v bytových a rodinných domech. Cílem programu je zlepšit stav životního prostředí, dosáhnout úspor energií v konečné spotřebě a stimulovat tak ekonomiku s dalšími sociálními přínosy.

Program podporuje například renovace objektu od zateplení fasád, střech, stropů či výměnu oken a dveří. Dále podpoří stavbu rodinných a bytových domů v tzv. pasivním standardu či nákup bytových jednotek s nízkou energetickou náročností. V rámci technologických zařízení lze čerpat podporu na solární termické a fotovoltaické systémy, znovu využití tepla z odpadních vod nebo řízené větrání. Na výměnu starých kotlů je možné získat také podporu s podmínkami, že výměna bude za kotel na biomasu či tepelné čerpadlo. Pro bytové domy je nyní i možnost dotace na pořízení a instalaci dobíjecích stanic pro osobní vozidla nebo podporu vytvoření zelených střech. Příkladem výše dotace je u solárních termických systémů až 9 000 Kč na bytovou jednotku, 15 500 Kč na kWp pro fotovoltaické systémy či 7000 - 30 000 Kč na výměnu zdroje energie. Celková výše podpory na žádost umožňuje ušetřit až 30 % z celkových výdajů (Nová zelená úsporám, 2019, online).

3.4.2 Dotační programy v zahraničí

V Rakouské republice je podpora v oblasti životního prostředí aplikována na federální úrovni skrz „Národního programu podpory životního prostředí“ se zkratkou UFI. Existují zde speciální pobídky pro solární systémy, tepelná čerpadla, geotermální energie pro soukromý i komerční sektor. Na druhé straně má Rakouská republika 9 spolkových zemí, které mají své vlastní dotační podpory pro využívání obnovitelných zdrojů. Výše dotace se tak může lišit podle místa bydliště žadatele. U solárních systémů se rozlišují tři kategorie, kdy první jsou velké solární instalace, které jsou inovativní a plochu kolektorů mají od 100 m² do 2000 m². Druhou a třetí kategorií tvoří systémy pro zásobování teplou vodou či dohřívání a liší se pouze plochou s hranicí 100 m². V soukromém sektoru je možné získat podporu až do výše 40 % z vynaložených nákladů. U obcí je do plochy 100 m² omezena dotace na 30 % a nad 100 m² maximálně 12 %. U firemních instalací je podpora maximálně 20 % (Res regal, 2018, online).

Oproti tomu země s vyšším solárním potenciálem například Řecko své dotace posuzuje podle příjmů žadatele či jeho rodiny. V této zemi probíhá program s názvem „Úspora energií v domech“, který je zaměřený na zlepšení energetické náročnosti obytných budov formou bezúročných půjček či dotací. Celkový rozpočet je téměř 300 mil. EUR a program bude otevřený do té doby, než se zcela nevyčerpá. Prostředky lze čerpat na biomasu, bioplyn, vodní či geotermální energie, a právě i na solární energie. Výše dotace může dosáhnout až 60 % v případech, kdy je osobní příjem menší než 10 000 EUR nebo celkový rodinný příjem menší jak 20 000 EUR. Dále je možné získat 5 % navíc, pokud v domě žije dítě. Naopak nulové dotace jsou určeny pro žadatele s větším osobním příjmem než 35 000 EUR a rodinným

příjmem více než 50 000 EUR. Způsob, jak dále ušetřit při danění je využití možnosti odečíst si 10 % nákladů z projektu na obnovitelné zdroje ze zdanitelného příjmů (Res regal, 2019, online).

4 POTŘEBA TEPLA V DOMÁCNOSTI

V projektové fázi se u novostaveb či rekonstrukcí řeší nejrůznější detaily, a to i potřeba tepla pro budovu. Je nutné uvažovat veškeré parametry budovy, které jsou klíčem ke správnému návrhu vytápění objektu, aby nedocházelo k naddimenzování či poddimenzování systému.

4.1 Základní faktory objektu ovlivňující potřebu tepla

Mezi základní faktory, jež ovlivní potřebu tepla je umístění objektu, což dokazují budovy v oblasti hor, které patří k náročnějším na vytápění. Dále to mohou být návrhové teploty v interiéru a exteriéru, plocha obálky budovy, konstrukční a materiálové řešení, tepelná ztráta objektu před a po rekonstrukci, spotřeba teplé užitkové vody na osobu v domácnosti a další detailní parametry, které budou popsány v následujících podkapitolách.

4.1.1 Měrná potřeba tepla na vytápění objektu

Měrná potřeba tepla vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti objektu, a to bez ohledu na to, jak je účinný zdroj tepla či topný systém. Jednotkou je množství tepelné energie za časový úsek, obvykle je to za jeden rok na 1 m² obvodového pláště, tedy kWh/m²/rok. Množství energie musí být dodáváno do objektu v takovém množství, aby bylo možné udržovat předpokládané parametry pro vnitřní tepelnou pohodu. Parametr energetické náročnosti budov neboli PENB se vyjadřuje štítkem se stupnicí od A do G. Tento parametr je nutný uvážit při správném dimenzování solárních systémů u starších domů (Izolace-info, 2014, online). Pro příklad lze uvést, že u staveb do roku 1994 se hodnoty pohybovaly v rozmezí 140-200 kWh/m²/rok. Po roce 2000 se hodnoty snížily na 80-110 kWh/m²/rok a v současné době se hodnoty blíží 5-20 kWh/m²/rok, a to ve spojení s pojmem pasivní či nízkoenergetické domy (Dufka, 2007, str.31).

4.1.2 Lokalita objektu

Na potřebu tepla má vliv již zmíněná geografická poloha či umístění objektu na pozemku. Klimatické podmínky se značně liší v horských oblastech, kde na objekt působí povětrnostní podmínky a pravidelně i zatížení sněhem, čímž dochází k ochlazení obálky objektu. Oproti tomu umístění v nižších nadmořských výškách snižuje požadavek na teplo. Tento jev je nutné promítnout do výpočtu a samotného návrhu, jelikož se uvádí, že například s navýšením o 100 metrů klesá teplota v exteriéru o 0,5 až 0,8 °C. Dalšími faktory, které ovlivňují potřebu tepla

a tepelnou ztrátu objektu jsou orientace pozemku ke světovým stranám, tvar terénu, povětrnostní podmínky či hustota okolní zástavby (VUT FAST, 2008, online).

4.1.3 Tepelná ztráta objektu

Tepelná ztráta je údajem, který vyjadřuje součet tepelných ztrát všech konstrukcí, a to včetně větrání. Výpočet tepelné ztráty je nutný pro získání dotací z programu Nová zelená úsporám. Tento údaj určuje výkon potřebný k vytápění objektu značený jednotkou kilowatt (kW). Konstrukční obálku objektu tvoří například okna, dveře, stěny či střecha, přičemž materiálová kvalita veškerých částí je podstatná. Jiný výkon je nutný u bytového domu postaveného před rokem 1994 bez rekonstrukce a bytového domu postaveného po roce 2010. Tento údaj je uvažován při optimálním návrhu solárních systémů tak, aby byl systém dostatečně účinný a obyvatelé z něho získali užitek energetický i finanční (Bydlení ve vatě, 2019, online).

U konstrukcí se pracuje s pojmem součinitel prostupu tepla, který vyjadřuje kolik tepla unikne na 1 m² konstrukce daného materiálu (TZB-info, 2014, online). Jednotlivé hodnoty na části objektu jsou odlišné, kdy u vnějších stěn jsou požadované hodnoty maximálně do 0,30, doporučené do 0,20. U oken jsou požadované hodnoty do 1,5 a doporučené do 1,2. Konkrétní hodnoty u zděného bytového domu ze stavebního prvku Porotherm T Profi 42,5 včetně omítky jsou 0,17, což z něj činí velmi zajímavý materiál pro nízkoenergetické bytové domy. Panelové domy vystavené mezi lety 1977-1994 dosahovaly hodnoty až 1,1 (Eko-watt, 2010, online).

4.1.4 Tepelné zisky objektu

Opakem tepelné ztráty objektu jsou tepelné zisky. Ty mohou být způsobené vlivem osob v budově, činností elektrických zařízení. Tyto tepelné zisky jsou proměnlivé a velmi těžko se stanovují. Při návrhu nového objektu či dimenzování solárního systému u starších objektů se v projektu řeší hlavně tzv. pasivní solární zisky. Jejich velikost závisí například na geografické poloze, která ovlivňuje množství energie slunečního záření dopadající na prosklenou plochu. Navržená prosklená plocha a její propustnost mají vliv na pasivní solární zisky, a to i přesto, že na velikost osluněné plochy působí okolní terén či zástavba (Tywoniak, 2012, str. 51). Například doporučená plocha pro jižně exponované zasklení je v rozmezí 8 až 12 %. Plochy, které nejsou většinu zimního období stíněné okolním terénem dokáží téměř kompenzovat tepelné ztráty objektu (Siegenthaler, 2017, str. 17).

4.1.5 Tvar a dispoziční řešení objektu

Posuzuje se i faktor budovy, který porovnává plochu ochlazovaných částí k celkovému objemu. Za vhodně navržený tvar objektu se považuje hodnota, jenž je pod 0,7. Na tuto hodnotu působí například výstupky budov ve formě arkýřů, balkonů či jiných konstrukcí předstupujících před průčelí budovy. Důsledkem těchto konstrukcí dochází k jejich ochlazování a snižování teploty konstrukce exteriéru. U rekonstrukcí bytových domů je důležité tato místa eliminovat správným zateplením a snížit tak již zmíněný součinitel prostupu tepla konstrukcí.

Vnitřní uspořádání místností je v rámci rekonstrukcí již neřešitelný problém, ale u novostaveb je základním kamenem k příjemnému bydlení. Uspořádání místností a jejich vzájemný soulad určuje tepelné zóny objektu a vzájemné vytápěcí režimy. Nutné je respektovat orientaci místností ke světovým stranám a obývané místnosti orientovat na osluněné světové strany, což má následný vliv nejen energetický, ale také psychologický či hygienický. Při návrhu dispozice je dále vhodné uvážit denní dobu využívání, jelikož obývací místnost se užívá nejčastěji odpoledne či večer a umísťuje se na jižní, jihovýchodní či západní stranu. Oproti tomu ložnice potřebují denní světlo nejčastěji ráno, a tak se umísťují na severovýchodní či jihovýchodní stranu. Na severní stranu jsou směřovány místnosti, které jsou méně užívané například toalety, zádveří, sklady či garáže. Místnosti takto orientované jsou méně osluněné a užívané proto je zde možnost eliminovat velikost okenních otvorů, což sníží tepelné ztráty objektu. V rámci rekonstrukce bytových domů jakožto celku je téměř nemožné hýbat s vnitřní dispozicí (VUT FAST, 2008, online).

4.2 Stanovení potřeby tepla na přípravu TUV a vytápění

Pro posouzení zatím nerealizovaných solárních soustav z hlediska energetického, ekologického a ekonomického je nutné získat představu o tepelné náročnosti objektu. Zisky ze solárních systémů nejsou čistě závislé pouze na kvalitě navržených částí jako jsou kolektory a zásobníky, ale zejména návrhovou plochou kolektorů vůči potřebě tepla, tedy solárního podílů na celkové spotřebě. Při návrhu je potřeba započítat tepelné ztráty vlastního systému a kalkulovat s přebytky tepelné energie v letním období. Výpočty solárních systémů jsou založeny na bilancování potřeby tepla na ohřev teplé užitkové vody a tepla k vytápění vůči teplu dodaného solárními systémy.

4.2.1 Potřeba tepla k přípravě TUV

Prvním krokem při bilancování potřeb je stanovení vlastní potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody. U stávajících objektů tyto údaje získáme změřením či odečtením na kalorimetru, oproti tomu u novostaveb se tyto údaje vypočítají jako předpokládané. Spotřeba tepla na přípravu teplé vody nezávisí pouze na množství vody. Důležité pro výpočet je kupříkladu teplota studené vody, požadavek výstupní teploty vody a také tepelná ztráta systému. Měrnou denní potřebu vody v obytných domech vyjadřuje dle standartu tabulka č. 2 níže. Při výpočtech uvažujeme střední až vysoký standard a spotřebu teplé vody na 40–80 litrů na osobu za den (Ekowatt, 2010, online).

Tabulka 2: Spotřeba teplé vody dle standardu

Standard	60 °C	45 °C	Tepelná energie
Nízký	10 až 20 l/os. den	15 až 30 l/os. den	0,6 až 1,2 kWh/os. den
Střední	20 až 40 l/os. den	30 až 60 l/os. den	1,2 až 2,4 kWh/os. den
Vysoký	40 až 80 l/os. den	60 až 120 l/os. den	2,4 až 4,8 kWh/os. den

Zdroj: Ekowatt, 2010, online

Teplota studené vody v průběhu roku kolísá, což ovlivní celkovou spotřebu tepla na přípravu TUV. V letních měsících se teplota studené vody na vstupu do domu pohybuje okolo 12 °C a v zimních měsících okolo 8 °C. Teplota teplé vody nepřímo ovlivňuje spotřebu i tepelné ztráty v systému. Za teplou vodu je považována voda mající teplotu v hodnotách 50-60 °C, přičemž požadavky pro běžné použití jsou nižší. Požadovaná teplota se liší i odběrovým místem, což vyjadřuje tabulka č. 3 (Ekowatt, 2010, online).

Tabulka 3: Spotřeba teplé vody dle odběrového místa

Odběrové místo	Spotřeba TV	Požadovaná teplota	Spotřeba TV při 60 °C
Dřez	10 až 20 l	50 °C	8 až 16 l
Vana	130 až 180 l	40 °C	80 až 108 l
Sprcha	30 až 50 l	37 °C	16 až 27 l
Umyvadlo	10 až 15 l	37 °C	5 až 8 l
Mytí rukou	2 až 5 l	37 °C	1 až 3 l

Zdroj: Ekowatt, 2010, online

Prvním vzorcem ke stanovení celkové roční potřeby tepla pro přípravu TUV je výpočet denní potřeby teplé užitkové vody značící se $Q_{TUV,d}$. Ta se stanoví jako poměr hodnot vyjadřující hustotu a měrnou tepelnou kapacitu vody, předpokládanou spotřebu teplé vody na domácnost, rozdíl studené vody na vstupu a požadované teploty vody na výstupu vůči hodnotě 3600. Dále se do vztahu promítne i systémová ztráta teploty (TZB-info, 2019, online).

Vzorec tedy vypadá následovně:

$$Q_{TUV,d} = \frac{\rho * c * V_{2p} * (t_{TV} - t_{SV})}{3600} * (1 - z) \quad (1)$$

Kde:

ρ vyjadřuje měrnou hmotnost vody, která je pro běžný výpočet uvažována v hodnotě 1 000 kg/m³;

c vyjadřující měrnou tepelnou kapacitu vody a ve výpočtu se uvažuje hodnota 4 186 J/kgK;

z koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody. Pro běžné stavby se pracuje s hodnotou 50–100 % a to na základě provedení technického zařízení budovy. Pro novostavby se uvažuje hodnota 0,5, ale ve starších stavbách se dostane hodnota až na rozmezí 2–4;

t_{TV} určující teplotu požadované teplé vody na výstupu, obvykle tedy 55 °C;

t_{ST} určující teplotu vstupní studené vody, ve výpočtech 10 °C;

V_{2p} je celková potřeba teplé vody za 1 den v m³/den, kdy pro staveb u bydlení uvažujeme potřebu 0,082 m³/den a minimálně 0,2 m³/bytovou jednotku (TZB-info, 2019, online).

Druhým krokem pro zjištění roční potřeby tepla k přípravě TUV je do výpočtu přidat sezonní faktory, rozdílnost teplot vstupní a výstupní vody a počet pracovních dní tepelné soustavy.

Konečný vzorec lze tedy vyjádřit následovně:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{t_{TV} - t_{SVléto}}{t_{TV} - t_{SVzima}} * (N - d) \quad (2)$$

Kde:

$Q_{TUV,d}$ značí již známou denní potřebu tepla k přípravě TUV;

Hodnota **0,8** vyjadřující snížení potřeby TUV v létě;

t_{TV} , tedy teplota výstupní teplé vody;

$t_{SVléto}$ teplota studené vody v létě;

t_{SVzima} teplota studené vody v zimě;

N počet pracovních dní soustavy v roce, obvykle uvažujeme 350–365 dní;

d počet dnů otopného období v roce, které závisí na poloze objektu, ale obvykle uvažujeme obvykle 220 - 250dní (TZB-info, 2019, online).

4.2.2 Potřeba tepla k vytápění

Druhým krokem při bilancování potřeb je stanovení vlastní potřeby tepla pro vytápění. Potřebu lze stanovit různými způsoby s použitím různých zdrojů. Často se lze setkat u realizací solárních systémů na již obydlených bytových domech s možností získat data z měření. Kombinované solární systémy, tedy soustavy pro přípravu TUV a vytápění využívají centrální zásoby topné vody do kterého je přiveden tepelný zisk ze solárních kolektorů. Proto jsou do výpočtů zavedeny také opravné součinitele a účinnosti systému, tepelná ztráta objektu či vnitřní výpočtová hodnota. Prvním vzorec pro určení potřeby tepla k vytápění slouží k výpočtu tzv. denostupňů. Ty jsou jednou z metod, které slouží k porovnání a vyhodnocení zdrojů a spotřebičů tepla. Základem je znalost venkovních teplot z meteorologických dat (TZB-info, 2019, online). Vzorec vypadá následovně.

$$D = d * (t_{is} - t_e) \quad (3)$$

Kde:

d počet dnů otopného období v roce, které závisí na poloze objektu a obvykle uvažujeme 220–250 dní;

t_{is} průměrná vnitřní výpočtová hodnota, přičemž se rozmezí pohybuje od 14- 21,5 °C a pro obytné budovy 18,2 až 19,1 °C;

t_e průměrná teplota během otopného období.

Druhým vzorcem k výpočtu potřeby tepla na vytápění je:

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o * \eta_r} * \frac{24 * Q_c * D}{(t_{is} - t_{es})} * 3,6 * 10^{-3} \quad (4)$$

Přičemž je nejdříve nutné stanovit opravné součinitele a účinnost systému, které se značí písmeny **ε**, **e** a **η**. Konkrétně jsou ve výpočtu parametr **e_i**, **e_t** a **e_d**, kterým se vypočítá opravný součinitel **ε** a parametry **η_o** a **η_r**.

Kde:

e_i nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem, uvažujeme hodnotu 0,8 až 0,9;

e_t vyjadřuje snížení teploty v místnosti během noci, jelikož je možné u některých topných systémů regulace teploty po určitou část dne. Například u škol, kde je polodenní výuka se volí 0,8 oproti nemocnicím s hodnotu 1,0;

e_d zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu. Pro budovy s celotýdenním provozem je hodnota 1, s šestidenním provozem hodnota 0,9 a pro pětidenní provoz hodnota 0,8;

ε součinitel se vypočítá jako vzájemný násobek e_i , e_t a e_d nebo je možné ho určit z odborné literatury či vlastních zkušeností. Pro příklad lze uvést, že pro vícepodlažní objekty s centrální regulací je hodnota 0,8, s centrální regulací zónovou 0,75, s centrální regulací a ventily s termostatickými hlavicemi 0,7;

η_o účinnost obsluhy, respektive regulace soustavy. Pro kotelny na pevná paliva se volí hodnota 0,9 až po plynovou kotelnu s automatickou regulací s hodnotou 1,0;

η_r účinnost rozvodu vytápění, který závisí na provedení a hodnoty se pohybují v rozmezí 0,95 až 0,98 (TZB-info, 2019, online).

Novým parametrem je Q_c , které vyjadřuje tepelnou ztrátu objektu. Posledním krokem v rámci celého výpočtu je součet potřeb tepla pro TUV a vytápění, tedy $Q_r = Q_{TUV,r} + Q_{VYT,r}$

4.3 Výpočet na modelovém bytovém domě

Modelový příklad znázorní výpočet potřeby tepla pro vytápění a přípravu TUV. V Pardubicích se má v příštím roce stavět nový bytový dům, který bude mít 30 bytových jednotek, kde bude bydlet až 55 obyvatel. Bytový dům bude mít předpokládanou tepelnou ztrátu 32 kW.

I. Pro výpočet potřeby tepla k vytápění:

- a) Stanovení lokálních parametrů dle ČSN 38 3350 Zásobování teplem viz. tabulka č.4

Tabulka 4: Výpočtové parametry

Lokalita	Nadmořská výška [h]	Venkovní výpočtová teplota t_{es} [°C]	Otopné období pro $t_{em}=12$ [°C]	
			t_e [°C]	Dny [d]
Pardubice	223	-12	3,7	224

Zdroj: TZB-info, 2019, online

- b) Výpočet denostupňů s návrhovou teplotou interiéru $t_{is}=19$ °C

$$D = d * (t_{is} - t_e) = 224 * (19 - 3,7) = 3427 \text{ K. dny}$$

- c) Určení opravných součinitelů a účinnosti systémů

- Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem $e_i=0,9$
- Snížení teploty během dne (noci) $e_t=0,8$
- Zkrácení doby vytápění, jedná se o obytný dům, tedy $e_d=1,0$
- $\varepsilon = e_i * e_t * e_d = 0,9 * 0,8 * 1,0 = 0,72$
- Účinnost obsluhy a rozvodů vytápění $\eta_o=0,95$ a $\eta_r=0,95$

d) Výpočet roční potřeby tepla na vytápění s návrhovou venkovní teplotou $t_{es} = -12$

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o * \eta_r} * \frac{24 * Q_c * D}{(t_{is} - t_{es})} * 3,6 * 10^{-3}$$

$$Q_{VYT,r} = \frac{0,72}{0,95 * 0,95} * \frac{24 * 32 * 3427}{(19 - (-15))} * 3,6 * 10^{-3} = \mathbf{243,9 \text{ GJ/rok} = 67,7 \text{ MWh/rok}}$$

II. Výpočet potřeby tepla k přípravě TUV

a) Stanovení vstupních parametrů:

- Měrná hmotnost vody $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Měrná tepelná kapacita vody $c = 4186 \text{ J/kgK}$
- Koeficient energetických ztrát systému $z = 0,5$
- $t_{TV} =$ teplota požadované výstupní teplé vody $55 \text{ }^\circ\text{C}$
- $t_{ST} =$ teplota vstupní studené vody $10 \text{ }^\circ\text{C}$
- $V_{2p} =$ celková spotřeba vody za den $0,082 \text{ m}^3/\text{os.} = 55 * 0,082 = 4,51 \text{ m}^3$

$$Q_{TUV,d} = \frac{\rho * c * V_{2p} * (t_{TV} - t_{SV})}{3600} * (1 - z)$$

$$\frac{1000 * 4186 * 4,51 * (55 - 10)}{3600} * (1 - 0,5) = \mathbf{351 \text{ kWh}}$$

b) Stanovení parametrů pro roční výpočet

- $t_{SVléto} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ teplota studené vody v létě
- $t_{SVzima} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ teplota studené vody v zimě,
- $N = 365$ počet pracovních dní soustavy za rok

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{t_{TV} - t_{SVléto}}{t_{TV} - t_{SVzima}} * (N - d)$$

$$Q_{TUV,r} = 351 * 224 + 0,8 * 351 * \frac{55 - 15}{55 - 5} * (365 - 224) =$$

$$\mathbf{400,4 \text{ GJ/rok} = 111,2 \text{ MWh/rok}}$$

Celková potřeba tepla pro přípravu TUV a vytápění je tedy $Q_r = Q_{TUV,r} + Q_{VYT,r}$
 $= 243,9 + 111,2 = \mathbf{179 \text{ MWh za rok} = 644,3 \text{ GJ za rok}}$

5 EKONOMIKA SOLÁRNÍCH TERMICKÝCH SYSTÉMŮ

Ekonomika solárních systémů je předmětem častých diskusí, jelikož případné ekonomické analýzy závisí na kvalitě vstupních dat. Tato data lze rozdělit do dvou skupin, a to na vstupní a výstupní data. Vstupní data se týkají nákladů na pořízení, kdežto výstupní charakterizují skutečný výkon solárních systémů a získají se pravidelným monitoringem.

5.1 Náklady solárních termických systémů

Mezi vstupní data patří například investiční náklady na solární systém, provozní náklady, existence státní dotace, teoretické energetické zisky systému, úspora energií instalací systému a také diskontní sazba či místní sazba energií.

5.1.1 Investiční náklady

Do investičních nákladů spadají veškeré výdaje spojené s pořízením solárních systémů. Příkladem nákladů, které mohou investici výrazně prodražit patří stavební úpravy, tedy kotvení nosné konstrukce k plášti budovy, zajištění hydroizolace, případně další úpravy v oblasti strojovny. Stavební úpravy jsou z hlediska výpočtů specifické, jelikož záleží na konkrétní budově a navrhnutém řešení. Při instalacích u bytových domů je optimální zvolit investici do solárních systémů zároveň s rekonstrukcí střechy a rozvodů vody. K dalším nákladům patří návrhová studie, projekt, materiál, doprava či montáž. (Matuška, 2013, str. 113).

5.1.2 Dotační programy

Celkové investiční náklady mohou být sníženy dotacemi získanými ze státních programů. V současné době běží program „Nová zelená úsporám“, kde v nabídce dotací je přehled pro bytové domy. Z tohoto programu je pro bytové domy možné získat dotaci na zateplení a další možné technologické změny v rámci energií, kam spadají právě solární systémy. Na pořízení termických systémů je v současné době dotace ve výši 9 000 Kč na bytovou jednotku. Celkově lze získat dotaci až 30 % celkových způsobilých nákladů a v kombinaci se zateplením bytového domu je to až 40 %. Další případnou dotaci lze získat na zpracování odborného posudku a zajištění technického dozoru ve výši až 15 000 Kč (Nová zelená úsporám, 2019, online). Dotace mají tedy formu paušálního příspěvku na bytovou jednotku. Dále se lze setkat s dotací na m² plochy kolektoru či procentem z investičních nákladů.

5.1.3 Provozní náklady

S činností solárních systémů souvisí během jednotlivých let i provozní náklady. Hlavními náklady, které jsou nutné pro provoz systému jsou náklady na pomocnou elektrickou energii. Velikost nákladů závisí na velikosti solárního systému a ceně elektrické energie. U bytových domů se náklady pohybují do 1 % z využitelného tepelného zisku systému. Dále do provozních nákladů spadají servisní náklady na obsluhu a údržbu jednotlivých komponent. Tyto náklady se odhadují ve výši 0,3 až 0,5 % z celkových investičních nákladů. Provozní náklady se mohou značně lišit, jelikož základem je správný návrh a kvalitní realizační firma (Matuška, 2013, str. 118).

Při procesu získávání dat k vyhodnocení výhodnosti solárních fototermických systémů došlo u několika realizačních firem ke kritice na tento typ, a to kvůli jejich finanční náročnosti na servis a údržbu. Je však nutné uvést, že těchto firem nebylo mnoho a již několik let se orientují na montáž fotovoltaických systémů, které jsou jednodušší. Naopak realizační firmy, které jsou v České republice lídry v oboru realizují pravidelně fototermické systémy u bytových domů. Tyto firmy však kvůli pandemické situaci nebyly personálně vybavené k poskytnutí adekvátních údajů.

5.1.4 Cena energií

Doba návratnosti solárních systémů je zásadně ovlivněna cenou zdroje, který solární systém doplňuje. Pro stanovení návratnosti je nutné znát konkrétní ceny za teplo dodávané nahrazovaným zdrojem tepla. Ceny elektrické energie pro domácnosti využívající elektrické vytápění ve formě elektrokotle, přímotopů či podlahového topení v nízkém tarifu D57d zaplatí v rozmezí 2,79 Kč až 3,20 Kč za 1 kWh. Předpokládaný růst cen elektrické energie je v rozmezí 5 % - 10 % (TZB-info, 2021, online). V případě nahrazení zemního plynu se ceny pohybují v rozmezí 1,4 Kč až 1,9 Kč za 1 kWh s očekávaným růstem cen 2 % - 5 % ročně. Dálkové teplo dodávané v rámci centralizovaného systému se pohybuje v cenovém rozmezí 400 Kč až 650 Kč za GJ. Cena je závislá na tzv. palivové základně a konkrétním odběrovém místě, přičemž očekávaný růst energií je 7 % - 10 % (Energetický regulační úřad, 2018, online).

Do této problematiky je nutné zavést zvyšující se nároky na ekologický provoz výrobců energií v daných státech či přímou regulaci ze strany Evropské unie, což se v budoucnu odrazí v navýšení cen primárního zdroje pro spotřebitele.

5.2 Návrstnost investice

Ekonomické analýzy investic do solárních systémů využívají ukazatele prosté doby návratnosti a diskontované doby návratnosti. Diskontovaná doba přináší reálnější odhad ekonomických přínosů, jelikož zohledňuje časovou hodnotu peněz.

5.2.1 Prostá doba návratnosti

Prostá doba návratnosti má menší vypovídající schopnost, jelikož nebere v potaz časovou hodnotu peněz. Je jí vhodné použít jako orientační kritérium při investičním rozhodování. Značí se písmenem T_p a vypočítá se jako podíl celkových investičních nákladů k ročním úsporám nákladů při instalaci solárního systému. Vzorec vypadá tedy následovně:

$$T_p = \frac{IN}{RU} \quad (5)$$

Kde:

IN jsou investiční náklady na solární systém v Kč;

RU představují roční úsporu instalací solární soustavy v Kč (Matuška, 2013, str.121).

5.2.2 Diskontovaná doba návratnosti

Pro lepší hodnocení investic do solárních systémů je vhodné uvažovat ve výpočtech tzv. diskontní výnosovou míru a tempo růstu cen primární energie. Diskontní míra vyjadřuje výnosovou míru, se kterou lze počítat ve srovnatelných investičních alternativách. U investic do solárních systémů je riziko investice z hlediska zdroje minimální, jelikož Slunce přináší přibližně stejný zisk. Diskontování uvažuje časovou hodnotu peněz při převedení budoucí hodnoty investice na současnou. V případech, že bytový dům má na investici vlastní peníze, lze uvažovat jako diskontní míru úrokovou sazbu na bankovním účtu, která je často okolo 1 %. Pokud bytový dům pro financování investice využije možnosti úvěru stává se diskontní mírou úroková sazba úvěru, často okolo 5 %. Diskontovaná doba návratnosti se stanoví následovně:

$$\sum_{t=1}^{td} RU * \frac{(1+p)^t}{(1+r)^t} = IN \quad (6)$$

- **IN** jsou investiční náklady na solární systém v Kč;
- **RU** představují roční úsporu nákladů instalací solárního systému v Kč;
- **p** je tempo růstu cen energií;
- **r** diskontní výnosová míra;
- **t** doba v letech (Matuška, 2013, str. 122).

6 ANALÝZA REALIZOVANÝCH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

Tato kapitola se bude zabývat ekonomickou analýzou reálných investic do solárních systémů, které provedlo Bytové družstvo v Orlové u třech bytových domů. Rozvoj realizací solárních systémů u bytových domů je možné sledovat v období let 2007 a 2010, kdy byl tento rozvoj podporován pomocí dotačního programu Zelená úsporám. Od ukončení tohoto programu došlo k útlumu provedených instalací. V roce 2014 byl zaveden program „Nová zelená úsporám“, který zahrnuje fototerminické systémy i pro bytové domy.

6.1 Bytový dům č.p. 1250

První bytový dům se nachází v Orlové a má číslo popisné 1250. Dům prošel v minulosti kompletní rekonstrukcí, při které se zateplila obálka budovy a vyměněna byla i okna. Dům má 9 podlaží ve kterých se nachází 24 bytů s celkovou podlahovou plochou 1875 m². Solární systém byl uveden do provozu v roce 2010 a byl navržen pro přehřev teplé vody a vytápění. Systém byl dimenzován na 3 akumulční nádrže o objemu 1 000 litrů a 1 nádrže o objemu 800 litrů. Počet instalovaných kolektorů činí 27 ks s celkovou plochou 63,45m². Celkovou hodnotu investice, získané dotace z prvního programu Zelená úsporám a další údaje vyjadřuje tabulka č. 5 níže.

Tabulka 5: Základní údaje bytový dům č.p. 1250

Bytový dům v Orlové č.p. 1250	
Počet bytů	24
Podlahová plocha	1875,87 m ²
Uvedeno do provozu	2010
Počet kolektorů	27
Celková plocha kolektorů	63,45 m ²
Plocha kolektorů na byt. jednotku	2,64 m ²
Investiční náklady vč. DPH	1 889 883 Kč
Výše dotace	840 000 Kč
Investiční náklady vč. DPH a dotace	1 049 883 Kč
Náklady vč. DPH na byt. jednotku	78 745,13 Kč
Náklady vč. DPH a dotace na byt. jednotku	43 745,13 Kč
Náklady vč. DPH na 1 m ² solárního systému	29 785,39 Kč
Náklady vč. DPH a dotace na 1 m ² solárního systému	16 546,62 Kč
Roční potřeba tepla	372,6 GJ
Návrhový solární zisk systému	119,92 GJ
Předpokládaný zisk při ceně 635 Kč/GJ z CZT	76 149,52 Kč
Pokrytí potřeby tepla solárním systémem	32 %

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Počáteční investiční náklady byly včetně DPH 1,889 mil. Kč a při výpočtu na bytovou jednotku vycházejí náklady 43 745 Kč. Bytové družstvo v Orlové obdrželo dotaci na fototermický systém v celkové hodnotě 840 tis. Kč, a tak se počáteční investiční náklady značně snížily. Konkrétně celkové náklady vč. DPH byly 1,049 mil. Kč, což při přepočtu na bytovou jednotku 16 546 Kč. Bytový dům má celkovou roční potřebu tepla 372,6 GJ a solární systém měl návrhovou hodnotu solárního zisku 119,92 GJ. Fototermický systém tedy pokryje 32 % celkové potřeby tepla. Systém byl uveden do provozu v roce 2010 a po celou dobu byl prováděn monitoring včetně zaznamenávání dat. Základní data vypovídající o výkonnosti systému jsou v tabulce č. 6.

Tabulka 6: Monitoring bytový dům č.p. 1250

Počet měření	Rok	Solární zisk [kWh]	Solární zisk [GJ]	Zisk na plochu kolektoru [kWh/m ²]	Zisk na plochu kolektoru [GJ/m ²]
9	2010	23 548	85	371,13	1,34
12	2011	37 006	133	583,23	2,10
12	2012	33 246	120	523,97	1,89
12	2013	29 132	105	459,13	1,65
12	2014	31 304	113	493,36	1,78
10	2015	26 568	96	418,72	1,51
12	2016	30 220	109	476,28	1,71
12	2017	31 498	113	496,42	1,79
12	2018	32 850	118	517,73	1,86
12	2019	34 771	125	548,01	1,97
12	2020	34 850	125	549,25	1,98

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Při detailnějším pohledu na tabulku č. 6 je patrný výkon v GJ v jednotlivých letech. Navrhovaný výkon systému byl 119,9 GJ, ale v průběhu let značně kolísal. Nejnižší naměřená hodnota je 85 GJ a naopak nejvyšší 133 GJ. Pro další výpočty bude uvažována návrhová hodnota, tedy 119,9 GJ.

Prvním výpočtem, který bude řešen u bytového domu v Orlové č.p. 1250 je prostá doba návratnosti bez dotace a s dotací. Roční úspora je vypočtena na základě předpokladu návrhové hodnoty ročního solárního zisku 119,9205 GJ a ceně za 1 GJ plynu, který činí 635 Kč/GJ, tj. celkem 76 149,52 Kč.

$$T_{p \text{ bez dotace}} = IN/RU = (1\,889\,883\text{Kč})/(76\,149,52\text{Kč}) = \mathbf{24,8let}$$

$$T_{p \text{ s dotací}} = IN/RU = (1\,049\,883\text{Kč})/(76\,149,52\text{Kč}) = \mathbf{13,78let}$$

Získání dotace sníží prostou dobu návratnosti z 24,8 let na 13,78 let, což je přibližně 45 %.

Ve výpočtu diskontované doby návratnosti se uvažuje cenový růst primárních energií 7 % a k financování investice využití vlastních úspor s diskontní sazbou 1 %.

Při výpočtu vycházíme ze vzorce $\sum_{t=1}^{td} RU * \frac{(1+p)^t}{(1+r)^t} = IN$. Výpočtové hodnoty jsou znázorněny v tabulce č. 7. Přibližná rovnost celkových diskontovaných ročních úspor k počáteční investici je mezi 14. a 15. rokem. Pro přesný výpočet je nutné využít lineární interpolaci (Kožená, 2009, str. 87), která uvažuje ve výpočtu počáteční investici a kumulativní diskontované úspory v jednolitých letech, v tomto případě hodnoty pro 14. a 15. rok.

Diskontovaná doba návratnosti bez vlivu dotace je tedy $14 + \frac{(1889883 - 1764454,17)}{(1945423,06 - 1764454,47)} = 14,69$

let.

Tabulka 7: Diskontovaná doba návratnosti pro bytový dům č.p. 1250

Rok	Diskontovaná roční úspora	Celková diskontovaná roční úspora v letech	Investice bez dotace IN – \sum dis. RU	Investice s dotací IN - \sum dis. RU
0	76 149,52 Kč	76 149,52 Kč	-1 813 733,48 Kč	- 973 733,48 Kč
1	80 673,25 Kč	156 822,77 Kč	-1 733 060,23 Kč	- 893 060,23 Kč
2	85 465,72 Kč	242 288,49 Kč	-1 647 594,51 Kč	- 807 594,51 Kč
3	90 542,89 Kč	332 831,38 Kč	-1 557 051,62 Kč	- 717 051,62 Kč
4	95 921,68 Kč	428 753,06 Kč	-1 461 129,94 Kč	- 621 129,94 Kč
5	101 620,00 Kč	530 373,06 Kč	-1 359 509,94 Kč	- 519 509,94 Kč
6	107 656,83 Kč	638 029,89 Kč	-1 251 853,11 Kč	- 411 853,11 Kč
7	114 052,28 Kč	752 082,17 Kč	-1 137 800,83 Kč	- 297 800,83 Kč
8	120 827,67 Kč	872 909,84 Kč	-1 016 973,16 Kč	- 176 973,16 Kč
9	128 005,55 Kč	1 000 915,38 Kč	- 888 967,62 Kč	- 48 967,62 Kč
10	135 609,84 Kč	1 136 525,22 Kč	- 753 357,78 Kč	86 642,22 Kč
11	143 665,87 Kč	1 280 191,09 Kč	- 609 691,91 Kč	230 308,09 Kč
12	152 200,47 Kč	1 432 391,56 Kč	- 457 491,44 Kč	382 508,56 Kč
13	161 242,09 Kč	1 593 633,65 Kč	- 296 249,35 Kč	543 750,65 Kč
14	170 820,82 Kč	1 764 454,47 Kč	- 125 428,53 Kč	714 571,47 Kč
15	180 968,59 Kč	1 945 423,06 Kč	55 540,06 Kč	895 540,06 Kč
16	191 719,20 Kč	2 137 142,27 Kč	247 259,27 Kč	1 087 259,27 Kč
17	203 108,46 Kč	2 340 250,73 Kč	450 367,73 Kč	1 290 367,73 Kč
18	215 174,31 Kč	2 555 425,05 Kč	665 542,05 Kč	1 505 542,05 Kč
19	227 956,95 Kč	2 783 381,99 Kč	893 498,99 Kč	1 733 498,99 Kč
20	241 498,94 Kč	3 024 880,94 Kč	1 134 997,94 Kč	1 974 997,94 Kč
21	255 845,41 Kč	3 280 726,35 Kč	1 390 843,35 Kč	2 230 843,35 Kč
22	271 044,15 Kč	3 551 770,50 Kč	1 661 887,50 Kč	2 501 887,50 Kč
23	287 145,78 Kč	3 838 916,29 Kč	1 949 033,29 Kč	2 789 033,29 Kč
24	304 203,95 Kč	4 143 120,24 Kč	2 253 237,24 Kč	3 093 237,24 Kč
25	322 275,47 Kč	4 465 395,71 Kč	2 575 512,71 Kč	3 415 512,71 Kč
26	341 420,55 Kč	4 806 816,26 Kč	2 916 933,26 Kč	3 756 933,26 Kč
27	361 702,96 Kč	5 168 519,22 Kč	3 278 636,22 Kč	4 118 636,22 Kč
28	383 190,26 Kč	5 551 709,48 Kč	3 661 826,48 Kč	4 501 826,48 Kč
29	405 954,04 Kč	5 957 663,52 Kč	4 067 780,52 Kč	4 907 780,52 Kč
30	430 070,12 Kč	6 387 733,65 Kč	4 497 850,65 Kč	5 337 850,65 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

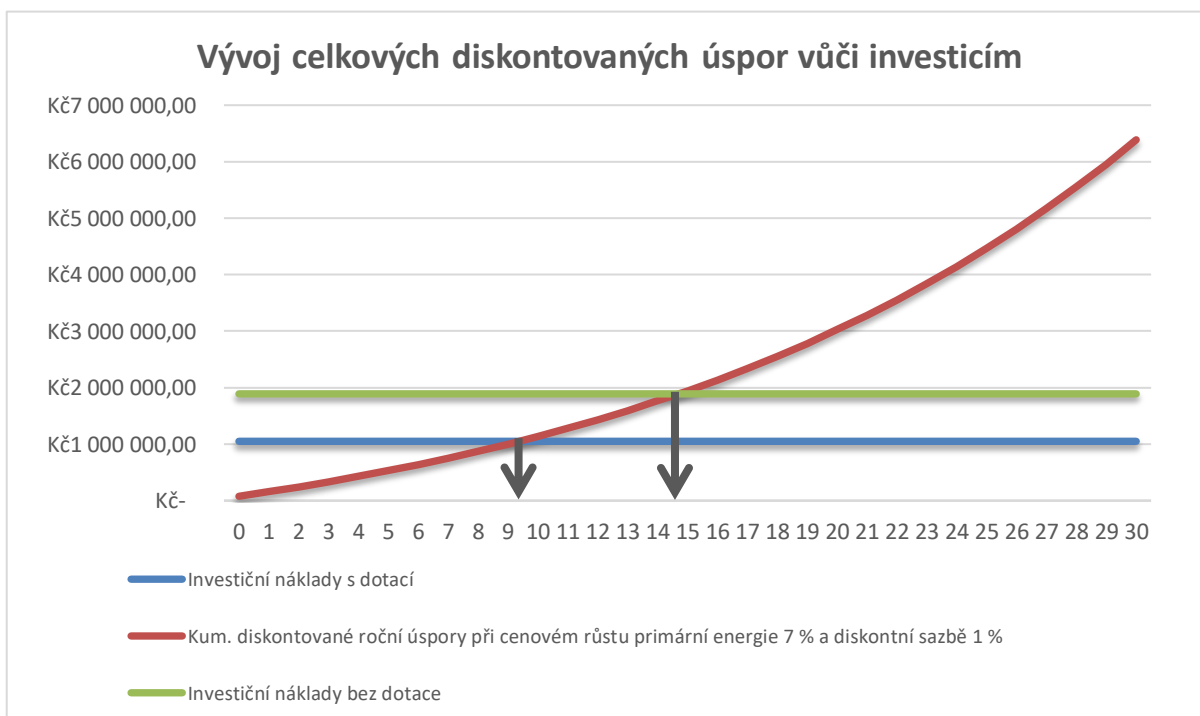
Na realizaci solárního systému získalo Bytové družstvo v Orlové dotaci ve výši 840 tis. Kč a je nutné jí do výpočtu zahrnout. Diskontovaná doba návratnosti se započítáním dotace dle předcházejícího postupu vychází na období mezi 9. a 10. rokem. Přesná hodnota se stanoví jako stejným způsobem, tedy lineární interpolací a diskontovaná doba návratnosti s dotací je $9 + \frac{(1\,049\,883 - 1\,000\,915,38)}{(11\,365\,25,22 - 1\,000\,915,38)} = 9,36 \text{ let}$.

Pro přehlednost a další zhodnocení vlivu dotace a diskontování jsou výsledky přeneseny do tabulky č. 8 a obrázku č.7 ze kterých je patrný vliv dotačního programu. Získání dotace snižuje diskontovanou dobu návratnosti o 5 let. Ve výpočtech je uvažována 100 % účinnost původního zdroje, je však nutné uvést, že u kondenzačních kotlů se účinnost pohybuje okolo 90 % a elektrokotlů okolo 95 %. Snížení účinnosti původního zdroje by snížilo diskontovanou dobu návratnosti o dva až tři roky.

Tabulka 8: Výsledky pro bytový dům č.p. 1250

Prostá doba návratnosti bez dotace	24,8 let
Prostá doba návratnosti s dotací	13,8 let
Diskontovaná doba návratnosti bez dotace	14,7 let
Diskontovaná doba s dotací	9,4 let

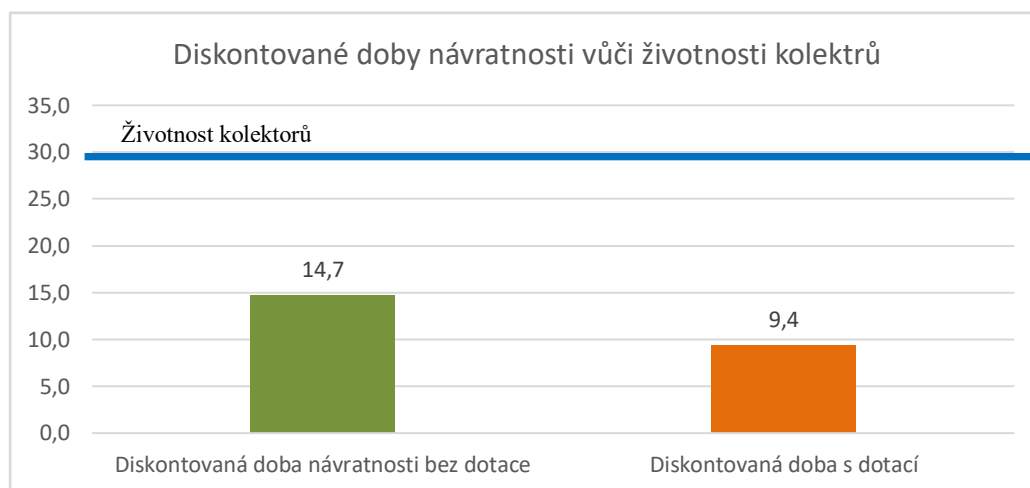
Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 7: Vývoj celkových diskontovaných úspor vůči investicím bytový dům č.p. 1250

Zdroj: Vlastní zpracování

V rámci realizace solárního fototermického systému u bytového domu v Orlové č.p. 1250 byly instalovány kolektory značky Cosmo SOL 253 s životností 30 let. Pokud budeme uvažovat diskontované doby návratnosti, tak v případě získání dotace jsou kolektory po návratnosti investice v 1/3 své životnosti. Pokud by nastal případ, že diskontovaná doba návratnosti bude vyšší, než je životnost kolektorů jednalo by se o velmi nevýhodnou investici. Obrázek č.8 vyjadřuje výhodnost dotace u investic vůči životnosti kolektorů.



Obrázek 8: Životnost kolektorů vůči diskontované době návratnosti u bytového domu č.p. 1250

Zdroj: Vlastní zpracování

6.2 Bytový dům v Orlové č.p. 1243

Druhý bytový dům, který bude analyzován je bytový dům s popisným číslem 1243. V domě se nachází celkem 32 bytů s celkovou podlahovou plochou 2 158 m². Dům prošel před instalací termického systému rekonstrukcí, při které se zateplila obálka budovy a vyměněna byla i okna. Termický solární systém byl instalován v roce 2010, přičemž bylo použito celkem 33 kolektorů značky Cosmo SOL. Celková plocha kolektorů činí 77,55 m² a na bytovou jednotku tak připadá 2,42 m².

Celková výše investice na instalaci termického solárního systému byla 1,92 mil. Kč. U tohoto bytového domu Bytové družstvo v Orlové nezískalo žádnou dotační podporu, a i proto náklady na bytovou jednotku vychází v porovnání s prvním analyzovaným domem hůře. Náklady na bytovou jednotku dosáhly částky 60,2 tis. Kč a při přepočtu na 1 m² dosáhly investiční náklady téměř 25 tis. Kč. Základní parametry týkající se termického solárního systému na bytovém domě v Orlové s č.p. 1243 shrnuje tabulka č. 9 na další straně.

Tabulka 9: Základní údaje pro bytový dům č.p. 1243

Bytový dům v Orlové č.p. 1243	
Počet bytů	32
Podlahová plocha	2158 m ²
Uvedeno do provozu	2010
Počet kolektorů	33
Celková plocha kolektorů	77,55 1 m ²
Plocha kolektorů na byt. jednotku	2,42 m ²
Investiční náklady vč. DPH	1 927 016 Kč
Výše dotace	0 Kč
Náklady vč. DPH na byt. jednotku	60 219 Kč
Náklady vč. DPH na 1 m ² solárního systému	24 849 Kč
Roční potřeba tepla	411,05
Návrhový zisk solárního systému	128,06
Předpokládaný zisk při ceně 635 Kč/GJ z CZT	81 317,59 Kč
Pokrytí potřeby tepla solárním systémem	31 %

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Roční potřeba tepla bytového domu v Orlové č.p. 1243 je přibližně 411 GJ, přičemž plánovaný solární zisk termického systému činí 128 GJ. Při tomto solárním zisku by termický systém pokryl přibližně 31 % z celkové potřeby tepla. Od instalace byl po celou dobu provozu termický systém pravidelně monitorován. Základní data vypovídající o výkonnosti systému jsou uvedeny tabulce č. 10 níže. Ve výpočtech bude uvažována návrhová hodnota, ale jak lze vidět v tabulce č. 10 solární zisk se v jednotlivých letech značně liší. Nejvyšší hodnota byla v roce 2011 a činila 149 GJ, a naopak nejnižší hodnota činila 105 GJ v roce 2015.

Tabulka 10: Monitoring bytový dům č.p. 1243

Počet měření	Rok	Zisk solár [kWh]	Zisk solár [GJ]	Zisk na plochu kolektoru [kWh/m ²]	Zisk na plochu kolektoru [GJ/m ²]
6	2010	15297	55	197	0,71
12	2011	41403	149	534	1,92
12	2012	35020	126	452	1,63
12	2013	29948	108	386	1,39
12	2014	35928	129	463	1,67
10	2015	29172	105	376	1,35
12	2016	29662	107	382	1,38
12	2017	33020	119	426	1,53
12	2018	31278	113	403	1,45
12	2019	38616	139	498	1,79
12	2020	35684	128	460	1,66

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Roční úspora při návrhovém solárním zisku 128 GJ a uvažované ceně 635 Kč/GJ činí 81 317,59 Kč. Prostá doba splácení je tedy poměr investičních nákladů k roční úspoře nákladů na vytápění a u bytového domu v Orlové č.p. vychází na 23,69 let.

$$T_{p \text{ bez dotace}} = \frac{IN}{RU} = \frac{1\,927\,016 \text{ Kč}}{81\,317,59 \text{ Kč}} = \mathbf{23,69 \text{ let}}$$

Pro výpočet diskontované doby návratnosti je uvažováno 5 % cenového růstu primární energie. Jako zdroj financování investice jsou uvažovány vlastní úspory s diskontní výnosnou mírou 1 %. Průběžné hodnoty výpočtu uvádí tabulka č. 11.

Tabulka 11: Diskontovaná doba návratnosti pro bytový dům č.p. 1243

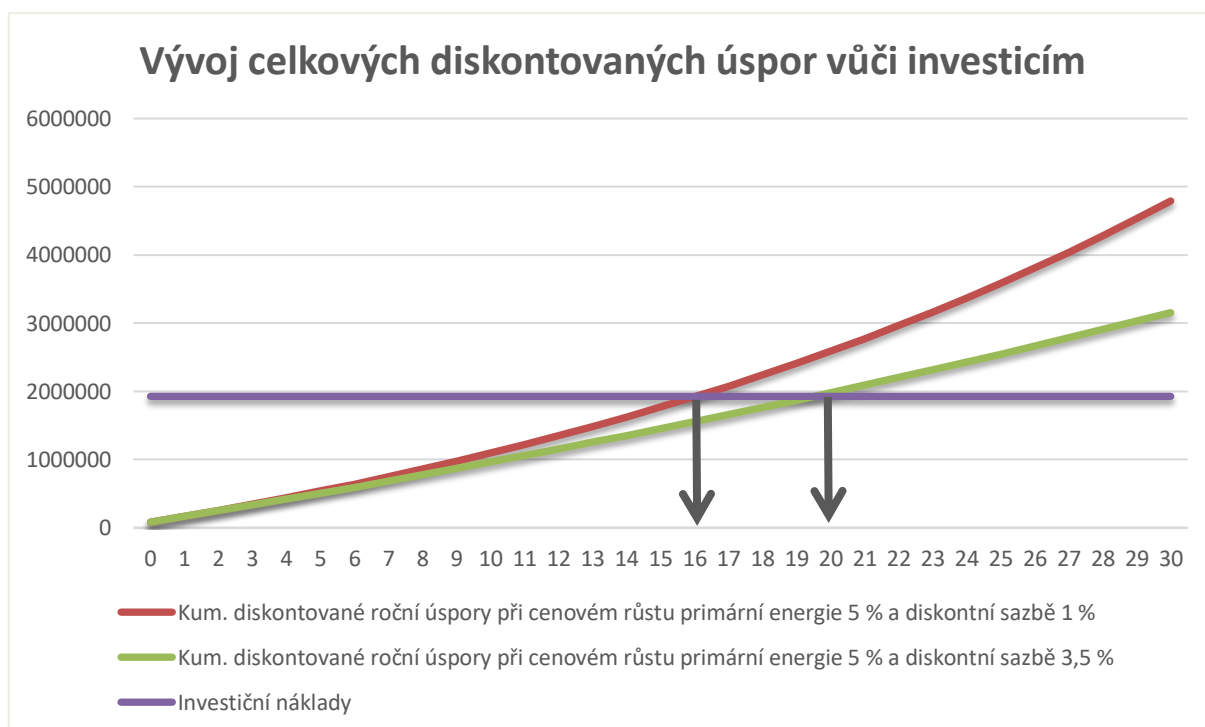
Rok	Diskontovaná roční úspora	Celková diskontovaná roční úspora v letech	IN-ΣRU
0	81 318 Kč	81 318 Kč	- 1 845 699 Kč
1	84 538 Kč	165 856 Kč	- 1 761 161 Kč
2	87 886 Kč	253 742 Kč	- 1 673 274 Kč
3	91 367 Kč	345 109 Kč	- 1 581 908 Kč
4	94 985 Kč	440 094 Kč	- 1 486 922 Kč
5	98 747 Kč	538 841 Kč	- 1 388 175 Kč
6	102 658 Kč	641 499 Kč	- 1 285 518 Kč
7	106 723 Kč	748 222 Kč	- 1 178 794 Kč
8	110 950 Kč	859 172 Kč	- 1 067 844 Kč
9	115 344 Kč	974 517 Kč	- 952 500 Kč
10	119 912 Kč	1 094 429 Kč	- 832 587 Kč
11	124 661 Kč	1 219 090 Kč	- 707 926 Kč
12	129 598 Kč	1 348 689 Kč	- 578 328 Kč
13	134 731 Kč	1 483 420 Kč	- 443 597 Kč
14	140 067 Kč	1 623 486 Kč	- 303 530 Kč
15	145 614 Kč	1 769 101 Kč	- 157 916 Kč
16	151 381 Kč	1 920 482 Kč	- 6 535 Kč
17	157 376 Kč	2 077 858 Kč	150 842 Kč
18	163 609 Kč	2 241 467 Kč	314 451 Kč
19	170 089 Kč	2 411 555 Kč	484 539 Kč
20	176 825 Kč	2 588 380 Kč	661 364 Kč
21	183 828 Kč	2 772 208 Kč	845 191 Kč
22	191 108 Kč	2 963 316 Kč	1 036 299 Kč
23	198 677 Kč	3 161 992 Kč	1 234 976 Kč
24	206 545 Kč	3 368 537 Kč	1 441 521 Kč
25	214 725 Kč	3 583 262 Kč	1 656 246 Kč
26	223 229 Kč	3 806 491 Kč	1 879 475 Kč
27	232 070 Kč	4 038 561 Kč	2 111 545 Kč
28	241 261 Kč	4 279 822 Kč	2 352 805 Kč
29	250 815 Kč	4 530 637 Kč	2 603 621 Kč
30	260 749 Kč	4 791 386 Kč	2 864 370 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Diskontovaná doba návratnosti vychází mezi 16. a 17. rokem. Přesnou hodnotu opět zjistíme lineární interpolací. Přičteme k šestnáctému roku podíl hodnoty investice, od které odečteme kumulativní roční úspory v tomto roce k rozdílu kumulativních diskontovaných ročních úspor z roků 16 a 17, tedy $16 + \frac{(1927\,016 - 1920\,482)}{(2077\,858 - 1920\,482)} = 16,04 \text{ let}$. Při stanovení odlišných vstupních údajů, například, že zdrojem financování byl úvěr za diskontní sazbu 3,5 % vychází diskontovaná doba návratnosti na 19,5 let. Přehled výsledků pro bytový dům v Orlové č.p. 1243 je shrnut v tabulce č. 12 a obrázku

Tabulka 12: Výsledky pro bytový dům č.p. 1243

Prostá doba návratnosti	23,70 let
Diskontovaná doba návratnosti růst cen 5 %, diskontní sazba 1 %	16,04 let
Diskontovaná doba návratnosti růst cen 5 %, diskontní sazba 3,5 %	19,5 let



Obrázek 9: Vývoj celkových diskontovaných úspor vůči investici bytový dům č.p. 1243

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Životnost solárních kolektorů by měla být kolem třiceti let, přičemž více než půlku plánované životnosti bude trvat, než se vložené finanční prostředky vrátí. Jedná se stále o výhodnou investici, ale v porovnání s prvním analyzovaným domem je výhodnost značně nižší. Největším faktorem, který v tomto případě zapůsobil je absence statní podpory.

6.3 Bytový dům v Orlové č.p. 954-956

Posledním domem, který bude analyzován je bytový dům s číslem popisným 954 až 956. Bytový dům tvoří tři samostatné části dle jednotlivých popisných čísel. Celkem má 72 bytů, jejíž souhrnná podlahová plocha činí 4529 m². Termický solární systém byl uveden do provozu v roce 2006 a byl navržen pro přehřev teplé vody a vytápění. Navržený systém má 45 termických kolektorů s celkovou plochou 113 m², což při přepočtu na bytovou jednotku vychází na 1,57 m².

Tabulka 13: Základní údaje bytový dům č.p. 954-956

Bytový dům v Orlové č.p. 954-956	
Počet bytů	72
Podlahová plocha	4529 m ²
Uvedeno do provozu	2006
Počet kolektorů	45
Celková plocha kolektorů	113 m ²
Plocha kolektorů na byt. jednotku	1,57 m ²
Investiční náklady vč. DPH	3 423 625 Kč
Výše dotace	1 027 000 Kč
Investiční náklady vč. DPH a dotace	2 396 625 Kč
Náklady vč. DPH na byt. jednotku	47 550 Kč
Náklady vč. DPH a dotace na byt. jednotku	33 286 Kč
Náklady vč. DPH na 1 m ² solárního systému	30 298 Kč
Náklady vč. DPH a dotace na 1 m ² solárního systému	21 209 Kč
Roční potřeba tepla	820,03 GJ
Návrhový zisk solárního systému	213,48 GJ
Předpokládaný zisk při ceně 635 Kč/GJ z CZT	135 556,94 Kč
Pokrytí potřeby tepla solárním systémem	26 %

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Počáteční investiční náklady byly včetně DPH 3,423 mil. Kč, což při přepočtu na bytovou jednotku vychází na 47 550 Kč. Tyto náklady obsahovaly mimo jiné i audit a projekt. Družstvo získalo na fototerický systém dotaci ve výši 1,027 mil. Kč, která snížila celkové počáteční investiční náklady na 2,396 mil. Kč a investiční náklady na bytovou jednu na 33 298 Kč. Návrhový roční solární zisk termického systému je 213 GJ, přičemž potřeba tepla pro bytový dům je 820 GJ. Při plánovaném solárním zisku by systém pokryl 26 % celkové potřeby tepla. Systém má dvě akumulční nádrže, kdy jedna je o objemu 6 000 litrů a druhá 1 000 litrů. Od instalace byl solární systém pravidelně monitorován a naměřené hodnoty lze vidět v tabulce č. 14 na další straně.

Z této tabulky je patrné, že po většinu času roční solární zisky převyšovaly plánovanou hodnotu. Například v roce 2007 dosáhl solární zisk 354 GJ za rok, oproti tomu v roce 2011 měl systém poruchu a solární zisk dosáhl hodnoty pouze 123 GJ.

Tabulka 14: Monitoring bytového domu č.p. 954-956

Počet měření	Rok	Zisk solár [kWh]	Zisk solár [GJ]	Zisk na plochu kolektoru [kWh/m ²]	Zisk na plochu kolektoru [GJ/m ²]
2	2006	4900	18	43,36	0,16
12	2007	98401	354	870,81	3,13
12	2008	79014	284	699,24	2,52
12	2009	72031	259	637,44	2,29
12	2010	58952	212	521,70	1,88
12	2011	34232	123	302,94	1,09
12	2012	71318	257	631,13	2,27
12	2013	64261	231	568,68	2,05
12	2014	69355	250	613,76	2,21
12	2015	70808	255	626,62	2,26
12	2016	71408	257	631,93	2,27
12	2017	65636	236	580,85	2,09
12	2018	52817	190	467,41	1,68
12	2019	79509	286	703,62	2,53
12	2020	70276	253	621,91	2,24

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Pro výpočet doby návratnosti bude uvažována návrhová hodnota ročního solárního zisku 213 GJ, což znamená při ceně 635 Kč za 1 GJ roční úsporu 135 557 Kč. Prostá doba návratnosti se vypočítá následovně.

$$T_p \text{ (bez dotace)} = IN / RU = (3\,423\,625 \text{ Kč}) / (135\,557 \text{ Kč}) = \mathbf{25,3 \text{ let}}$$

$$T_p \text{ (s dotací)} = IN / RU = (2\,396\,625 \text{ Kč}) / (135\,557 \text{ Kč}) = \mathbf{17,7 \text{ let}}$$

Pro výpočet diskontované doby návratnosti se bude ve výpočtech uvažovat růst cen primárních energií 5 % a diskontní výnosová míra 1 %. Pro porovnání bude ve výpočtu uvažována i diskontní výnosová míra 3,5 % pro případ úvěru.

Tabulka 15: Výsledky pro bytový dům č.p. 954-956

Prostá doba návratnosti bez dotace	25,3 let
Prostá doba návratnosti s dotací	17,7 let
Diskontovaná doba návratnosti bez dotace (p = 5 %, r = 1 %)	16,8 let
Diskontovaná doba s dotací (p = 5 %, r = 1 %)	12,7 let
Diskontovaná doba návratnosti bez dotace (p = 5 %, r = 3,5 %)	20,7 let
Diskontovaná doba s dotací (p = 5 %; r = 3,5 %)	14,9 let

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

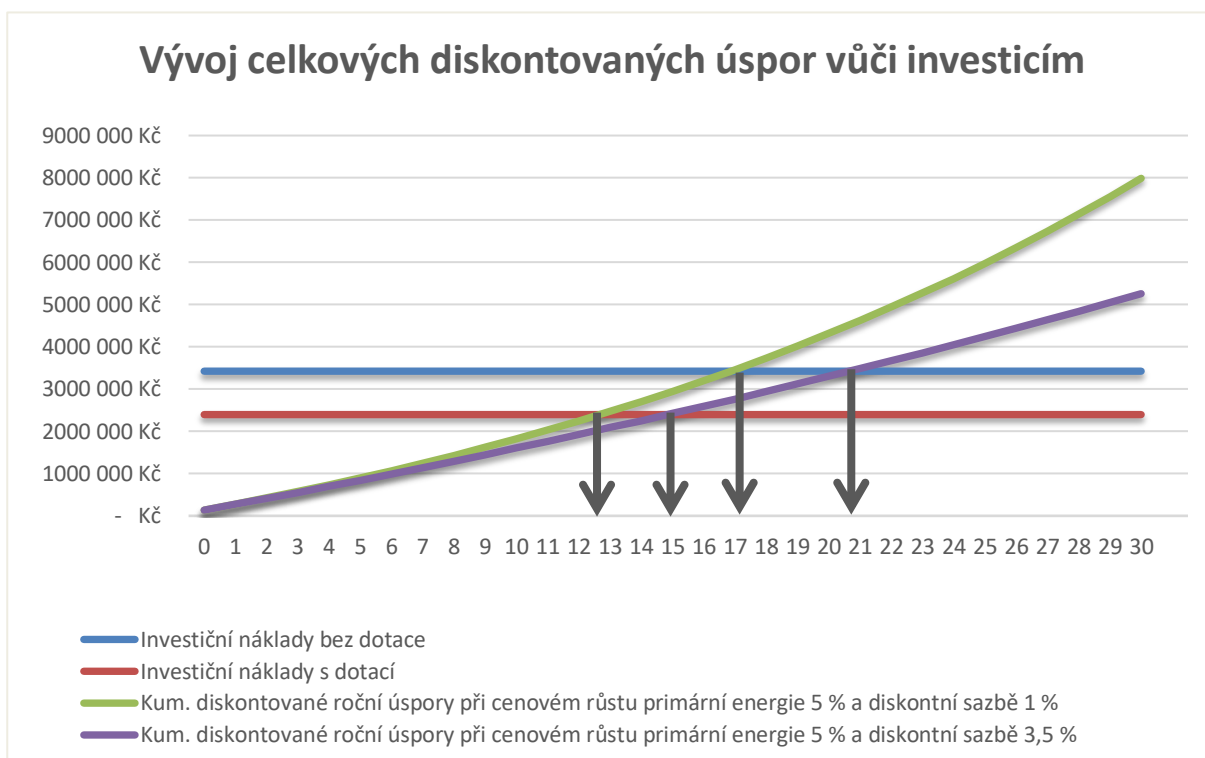
Hodnoty výpočtu pro cenový růst primárních energií 5 % a diskontní výnosnou míru 1 % je uveden v tabulce č. 16.

Tabulka 16: Diskontovaná doba návratnosti pro bytový dům č.p. 954-956

Rok	Diskontovaná roční úspora	Celková diskontovaná roční úspora v letech	Investice bez dotace IN – \sum dis. RU	Investice s dotací IN - \sum dis. RU
0	135 556,94 Kč	135 556,94 Kč	- 3 288 068,06 Kč	- 2 261 068,06 Kč
1	140 925,53 Kč	276 482,48 Kč	- 3 147 142,52 Kč	- 2 120 142,52 Kč
2	146 506,74 Kč	422 989,22 Kč	- 3 000 635,78 Kč	- 1 973 635,78 Kč
3	152 308,99 Kč	575 298,21 Kč	- 2 848 326,79 Kč	- 1 821 326,79 Kč
4	158 341,03 Kč	733 639,24 Kč	- 2 689 985,76 Kč	- 1 662 985,76 Kč
5	164 611,96 Kč	898 251,20 Kč	- 2 525 373,80 Kč	- 1 498 373,80 Kč
6	171 131,25 Kč	1 069 382,45 Kč	- 2 354 242,55 Kč	- 1 327 242,55 Kč
7	177 908,72 Kč	1 247 291,17 Kč	- 2 176 333,83 Kč	- 1 149 333,83 Kč
8	184 954,61 Kč	1 432 245,79 Kč	- 1 991 379,21 Kč	- 964 379,21 Kč
9	192 279,55 Kč	1 624 525,33 Kč	- 1 799 099,67 Kč	- 772 099,67 Kč
10	199 894,58 Kč	1 824 419,91 Kč	- 1 599 205,09 Kč	- 572 205,09 Kč
11	207 811,20 Kč	2 032 231,11 Kč	- 1 391 393,89 Kč	- 364 393,89 Kč
12	216 041,34 Kč	2 248 272,45 Kč	- 1 175 352,55 Kč	- 148 352,55 Kč
13	224 597,44 Kč	2 472 869,89 Kč	- 950 755,11 Kč	76 244,89 Kč
14	233 492,38 Kč	2 706 362,27 Kč	- 717 262,73 Kč	309 737,27 Kč
15	242 739,61 Kč	2 949 101,88 Kč	- 474 523,12 Kč	552 476,88 Kč
16	252 353,06 Kč	3 201 454,94 Kč	- 222 170,06 Kč	804 829,94 Kč
17	262 347,24 Kč	3 463 802,17 Kč	40 177,17 Kč	1 067 177,17 Kč
18	272 737,23 Kč	3 736 539,40 Kč	312 914,40 Kč	1 339 914,40 Kč
19	283 538,70 Kč	4 020 078,10 Kč	596 453,10 Kč	1 623 453,10 Kč
20	294 767,96 Kč	4 314 846,06 Kč	891 221,06 Kč	1 918 221,06 Kč
21	306 441,93 Kč	4 621 287,99 Kč	1 197 662,99 Kč	2 224 662,99 Kč
22	318 578,25 Kč	4 939 866,24 Kč	1 516 241,24 Kč	2 543 241,24 Kč
23	331 195,21 Kč	5 271 061,45 Kč	1 847 436,45 Kč	2 874 436,45 Kč
24	344 311,85 Kč	5 615 373,30 Kč	2 191 748,30 Kč	3 218 748,30 Kč
25	357 947,96 Kč	5 973 321,27 Kč	2 549 696,27 Kč	3 576 696,27 Kč
26	372 124,12 Kč	6 345 445,39 Kč	2 921 820,39 Kč	3 948 820,39 Kč
27	386 861,71 Kč	6 732 307,10 Kč	3 308 682,10 Kč	4 335 682,10 Kč
28	402 182,97 Kč	7 134 490,06 Kč	3 710 865,06 Kč	4 737 865,06 Kč
29	418 111,00 Kč	7 552 601,07 Kč	4 128 976,07 Kč	5 155 976,07 Kč
30	434 669,86 Kč	7 987 270,92 Kč	4 563 645,92 Kč	5 590 645,92 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Vývoj diskontovaných kumulativních ročních úspor pro obě varianty je vyjádřen na obrázku č. 10 na další straně. Vypočtené diskontované doby návratnosti vycházejí pod hranici životnosti kolektorů, což znamená výhodnou investici. Nejlepší variantou by bylo čerpání finančních prostředků z vlastních úspor včetně státní podpory a při růstu cen primární energie 5 %. Tato varianta by vycházela kolem jedné třetiny životnosti kolektorů. Nejdéle vypočítanou hodnotou je varianta při čerpání finančních prostředky pomocí úvěru, bez státní podpory a s předpokládaným růstem cen primární energie 5 %. V tomto případě by návratnost trvala dvě třetiny životnosti kolektorů.



Obrázek 10: Vývoj celkových diskontovaných úspor vůči investici pro bytový dům č.p. 954-956

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

6.4 Vyhodnocení

Z provedené analýzy bytových domů vyplývá několik skutečností, které je nutné zmínit. Při přepočtu investičních nákladů bez dotace a včetně vlivu dotace vychází investiční náklady na 1 m² instalované plochy v rozmezí 16,5 tis. Kč – 30 tis. Kč. Tabulka č. 17 zobrazuje měrné investiční náklady pro jednotlivé bytové domy. Zjištěné hodnoty korespondují s publikovanými hodnotami pana docenta Matuška z ČVUT, který ve své knize uvádí měrné náklady v rozmezí 15-30 tis. Kč. Zároveň vypočtené hodnoty dokazují důležitý pozitivní vliv na snížení investičních nákladů při získání dotační podpory. Například u bytového domu v Orlové č.p. 1250 klesly měrné náklady při získání dotace téměř o 45 %, oproti tomu u bytového domu č.p. 1243 nebyla dotace, a proto má tento dům delší dobu návratnosti i přes podobné vstupní údaje.

Tabulka 17: Přehled měrných investičních nákladů

Investiční náklady/Bytový dům č.p.	954-956	1243	1250
Náklady vč. DPH na 1 m ² solárního systému	30 298 Kč	24 848,70 Kč	29 785,39 Kč
Náklady vč. DPH a dotace na 1 m ² solárního systému	21 209 Kč	-	16 546,62 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Dalším důležitým ukazatelem, který by mohl podpořit rozhodnutí o instalaci termického systému ze strany majitelů bytových jednotek či zástupců ze sdružení vlastníků jednotek je ukazatel investičních nákladů na bytovou jednotku. I přes nejmenší celkovou plochu kolektorů získali nejvíce majitelé bytových jednotek v bytovém domě v Orlové č.p. 1250. Z tabulky č. 18 je patrné, že při získání dotace ušetřili 35 tis Kč.

Tabulka 18: Přehled investičních nákladů na bytovou jednotku

Investiční náklady/Bytový dům č.p.	954-956	1243	1250
Náklady vč. DPH na byt. jednotku	47 550 Kč	60 219,26 Kč	78 745,13 Kč
Náklady vč. DPH a dotace na byt. jednotku	33 286 Kč	-	43 745,13 Kč
Celková plocha kolektorů	113 m ²	76 m ²	63 m ²

Zdroj: Vlastní zpracování z dat Bytového družstva v Orlové

Doba návratnosti, která ve výpočtu uvažuje čas je závislá na vývoji mnoha faktorů. Ve výpočtech se uvažoval vývoj cen primární energie a zdroj finančních prostředků. U největšího solárního termického systému, jenž byl v této práci analyzován je orientační doba návratnosti při získání dotace, tempu růst cen primární energie 5 % a financování z vlastních zdrojů 12,7 let. V případě, že by se u tohoto bytového domu termický systém financoval z externích finančních zdrojů, například skrze bankovní úvěr by doba návratnosti byla 14,9 let. Mimo jiné je nutné uvést, že ve výpočtech nebyly zahrnuty náklady na opravy a údržby, které jsou závislé na kvalitě provedení, návrhu a průběžné údržbě. Například u bytového domu č.p. 954–956 byla v roce 2011 porucha a část roku byl solární termický systém nefunkční. K nákladům na údržbu patří solární kapalina, která se mění každých pět let nebo výměna oběhového čerpadla přibližně po 10 letech. Tyto náklady jsou závislé na velikosti a složitosti systému, přičemž tyto údaje byly v rámci této práce nedostupné.

Návratnost investičních nákladů ovlivní i účinnost původního zdroje pro vytápění či ohřev teplé vody. U běžných kotlů se účinnost pohybuje kvůli předimenzování okolo 70 %, u kondenzačních kotlů okolo 90 % a u elektrokotlů až 95 %. Ze sčítání lidu v roce 2011 je v literární rešerši uvedeno rozdělení způsobu vytápění u bytových domů. Z tohoto rozdělení vyplývá, že 48 % bytových domů má řešeno vytápění a ohřev teplé vody pomocí vlastní kotelny a 63 % má jako původní zdroj tepla plyn. U těchto bytových domů má solární termický systém velký potenciál, jelikož účinnost plynových kotlů se pohybuje již ve zmíněném rozmezí 70–90 %, a tak by doba návratnosti investičních nákladů byla kratší.

ZÁVĚR

Pro využití solární energie v České republice jsou v porovnání s jižními zeměmi průměrné podmínky a na 1 m² plochy dopadne přibližně 800–1250 kWh. I přesto tato potenciální energie, která je relativně stálá by měla být efektivně využita, aby zvýšila životní podmínky na Zemi i pro budoucí generace.

Problematika potřeby tepla v oblasti bytových služeb je velmi obsáhlá. Potřeba tepla u bytových domů je závislá na stavu objektu. Předrevoluční výstavba bytových domů je charakteristická vysokou náročností na potřebu tepla a při zvyšujícím se trendu spotřeby energii, bez jakýkoliv ošetření této náročnosti by zásoby tradičních zdrojů byly brzy vyčerpány, nemluvě o zvyšujícím ekologickém dopadu. Většina těchto bytových domů má jedno společné, a to technologii výstavby, která sebou nese i velkou tepelnou ztrátu objektu. V minulých dvou dekádách však docházelo k rozsáhlým rekonstrukcím bytových domů, a to nejčastěji s podporou státu za účelem snížit potřebu tepla a snížit náklady na bydlení. Nyní se však společnost dostává k otázce, jak snížit negativní dopad na životní prostředí, a právě i využití solární energie ve všech směrech může být cestou. Potřeba tepla k vytápění či dostupnost teplé vody je ve většině zemí již samozřejmostí, a tak je důležité hledat cesty k úsporám nákladů a životního prostředí i v oblasti bytových služeb.

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit možné ekonomické efekty při využití solární energie v oblasti poskytování bytových služeb. Ekonomická analýza byla zaměřena na fototermické solární systémy a zahrnovala analýzu dat z reálných instalací, které provedlo Bytové družstvo v Orlové. Analýza byla orientována na potenciální roční úspory, pokrytí celkové potřeby energie systémem a diskontovanou dobu návratnosti investice. Výsledky analýzy je nutné brát jako kvantifikované odhady, jelikož do výpočtů vstupovaly proměnné, které ovlivňují vypočtené ukazatele.

Na rozdíl od rodinných domů mají bytové domy menší plochu vhodnou k instalaci fototermických panelů, a tak nelze předpokládat, že potenciální solární zisk a tím i daná úspora nákladů nebude v 100 % výši k celkové potřebě tepelné energie. Ze zjištěných výsledků je patrné, že v analyzovaných bytových domech byla celková potřeba tepla pokryta systémy přibližně okolo 30 %. Snížená plocha pro instalaci se dále odráží v potenciálním solárním zisku, který ovlivní i teoretickou roční úsporu nákladů. Pro roční úspory nákladů se ve výpočtech uvažovalo s proměnou cenou primární energie 635 Kč za 1 GJ. Zjištěné rozmezí ročních úpor v prvním roce bylo od 76–135 tis. Kč v závislosti na instalované ploše

systému. Při předpokladu navyšování cen tradičních energií z důvodu omezených zásob, lze očekávat zvyšování ročních úspor.

Diskontovaná doba návratnosti investic, která uvažuje faktor času je přímo závislá na vstupních datech. V této diplomové práci bylo uvažováno s cenovým růstem primárních energií a diskontní sazbou. Zjištěné hodnoty vycházely při získání dotace v dolní hranici na devět let až po horní hranici patnáct let při předpokladu pomalejšího cenového růstu primárních energií. Bez získání dotace se toto rozmezí posunulo na patnáct až dvacet jedna let. Jak u diskontované doby návratnosti, tak i u poměrných investičních nákladů na 1 m² či nákladů na bytovou jednotku se pozitivně projevilo získání dotace a její výše. Na celkových nákladech se v průběhu provozu systému může projevit i nekvalita provedených prací a neodbornost montážních firem. Tyto firmy následně prezentují fototermické systémy jako nákladné systémy a snižují jejich možný potenciál. Při získávání dat se několik takových případů vyskytlo.

Snaha o snížení závislosti na tradičních zdrojích energie a přechodu na obnovitelné zdroje je často diskutována a implementována do strategických cílů na úrovni Evropské unie a následně i České republiky. Pro dosažení daných cílů je nutné provádět pravidelné propagační činnosti pro zvyšování informovanosti lidí a prezentovat tak dostupné programy na snížení spotřeby energií v bytových domech. Zjištění celkového počtu instalovaných fototermických systému v České republice u bytových domů během a mimo období dotačních programů by mohlo být další analýzou v této oblasti.

Fototermické systémy mají u bytových domů velký potenciál. Snížení potřeby tepla u všech bytových domů o jednu třetinu by znamenalo významné snížení dopadů na životní prostředí a zároveň částečnou decentralizaci dodávek tepla v dané lokalitě. Pro úspěšné zvýšení prováděných fototermických systémů je nutné zvýšit povědomost jednak o této technologii v oblasti bytových služeb, možnostech čerpání z dotačních programů a zejména provádět certifikace montážních i projekčních firem.

Více než kdy jindy je nyní nutné přemýšlet o budoucnosti naší civilizace a začít vnímat jaké změny se kvůli naší spotřebě na Zemi dějí. Přechod na obnovitelné zdroje je cesta k udržitelnému rozvoji a také předpokladem pro zachování životního prostředí a podmínek pro život v co nejméně změněné podobě dalším generacím.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Afrika, zdroj čisté elektřiny pro celou Evropu | E.ON Energy Globe. Soutěž Energy Globe | E.ON Energy Globe [online]. Copyright © E.ON 2021 [cit. 08.01.2021]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/afrika-zdroj-ciste-elektřiny-pro-celou-evropu>
- [2] BINHACK, Petr a Lukáš TICHÝ. Energetická bezpečnost ČR a budoucnost energetické politiky EU. Praha: Ústav mezinárodních vztahů, 2011. ISBN 978-80-87558-02-7.
- [3] Ceny elektrické energie 2021. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, c2001-2021 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/14-prehled-cen-elektricke-energie>
- [4] Costa del Sol is the sunniest spot in Spain. The local [online]. Stockholm: The Local Europe AB, 2016 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.thelocal.es/20160816/its-official-costa-del-sol-is-sunniest-spot-in-spain/>
- [5] Český statistický úřad. Sčítání lidu, domů a byt. Výstupní objekt VDB. [online]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystupobjekt&pvokc=&katalog=30740&pvo=ZVCR026&z=T>
- [6] Český statistický úřad. Sčítání lidu, domů a byt. Výstupní objekt VDB. Obydlené byty podle materiálu nosných zdí domu, počtu obytných místností, plochy bytu, počtu hospodařících domácností a bydlících osob, podle období výstavby nebo rekonstrukce domu, typu a velikosti bytu a podle druhu domu a právního důvodu užívání bytů. Copyright ©8 [cit. 27.01.2021]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystupobjekt&pvokc=&katalog=30735&pvo=SPCR352&z=T#w=>
- [7] DONOVAN, Charles W. Renewable energy finance: powering the future. London: Imperial College Press. 2017. ISBN 978-1-78326-776-7.
- [8] DUFKA, Jaroslav. Hospodárné vytápění domů a bytů. Praha: Grada, 2007. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2019-7.
- [9] E.PARKIN, Robert. Building integrated solar energy systems. CRC Press, 2017. ISBN 978-1-4987-2276-1.

- [10] Fotovoltaika – sluneční záření v České republice. Isofen Energy – titulní stránka [online]. Copyright © 2009 Isofen Energy s.r.o. [cit. 03.01.2021]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>
- [11] Fotovoltaika a fototermika – porovnání: Československá společnost pro sluneční energii. Československá společnost pro sluneční energii: Sluneční energie - energie pro všechny [online]. Dostupné z: <http://www.solarnispolecnost.cz/cz/fotovoltaika-a-fototermika-porovnaní>
- [12] FOTOVOLTAIKA. Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj k umístování, povolování a užívání fotovoltaických staveb a zařízení. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR [online]. Copyright © [cit. 04.02.2021]. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getmedia/b4a94988-32fd-4b69-a548-82a288467769/FVE-web_01_2014.pdf
- [13] CHMEL, Ing. Ladislav a Ing. Ivo HAMERNÍK. Fotovoltaika, fototermika [online]. Podpora přírodovědného a technického vzdělávání na středních školách v Jihomoravském kraji. Brno: MŠMT, 2019 [cit. 2021-02-03]. ISBN 978-80-88058-02-1. Dostupné z: <https://publi.cz/eknihy/?book=91-fotovoltaika-fototermika>
- [14] Jak spočítat tepelnou ztrátu domu – Bydlení ve vatě. Bydlení ve vatě [online]. Copyright © 2021, ROCKWOOL Czech Republic. [cit. 10.02.2021]. Dostupné z: <https://bydlenivevate.cz/realizace/jak-spocitat-tepelnou-ztratu-domu/>
- [15] KOŽENÁ, Marcela. Podniková ekonomika: pro kombinovanou formu studia. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009. ISBN 9788073951597.“
- [16] MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. Praha: Grada, 2010. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3503-0.
- [17] Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. Copyright © [cit. 02.01.2021]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2018/12/Obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2017-new.pdf>
- [18] MUSIL, Petr. Globální energetický problém a hospodářská politika: se zaměřením na obnovitelné zdroje. Praha: C.H. Beck, 2009. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 978-80-7400-112-3.
- [19] Nízkoenergetické domy. [online]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/14.html>

- [20] North Africa promising solar energy landscape | Trace Software. Electrical calculation software, Open BIM solution for electrical installations and photovoltaic installation software | Trace Software [online]. Copyright © 2019 Trace Software International [cit. 08.01.2021]. Dostupné z: <https://www.trace-software.com/blog/north-africa-solar-promising-energy-landscape/>
- [21] O programu. Nová zelená úsporám: O programu [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/o-programu/>
- [22] PONTING, Clive. Zelené dějiny světa: životní prostředí a kolaps velkých civilizací. Přeložil Jiří HRUBÝ. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018. ISBN 978-80-246-2496-9.
- [23] QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [24] Renewable energy policy database and support: Austria. Renewable energy policy database and support: Start [online]. Copyright © 2012 Renewable energy policy database and support [cit. 05.02.2021]. Dostupné z: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/austria/>
- [25] Renewable energy policy database and support: Greece. Renewable energy policy database and support: Start [online]. Copyright © 2012 Renewable energy policy database and support [cit. 05.02.2021]. Dostupné z: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/greece/>
- [26] SIEGENTHALER, John. Heating with renewable energy: practical, hydronic-based combisystems for residential and light commercial buildings. Stamford, CT, USA, Cengage Learning. 2017. ISBN 978-1-2850-7560-0.
- [27] SMIL, Vaclav. Energie: průvodce pro začátečníky. Přeložil Pavel KAAS. Praha: Kniha Zlin, 2018. Tema (Kniha Zlin). ISBN 978-80-7473-634-6.
- [28] Solar Panels in Spain. Tienda Solar: Solar Panels in Spain: facts, tariffs, development, financing [online]. Valencia: BOSCAGRAFIC SL. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.tienda-solar.es/blog/en/solar-panels-in-spain/>
- [29] Solární systémy, solární kolektory | Viessmann Česká republika | Viessmann. Topné, průmyslové a chladicí systémy | Viessmann Česká republika [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/solarni-systemy.html>

- [30] Součinitel prostupu tepla. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, c2001-2021 [cit. 2021-02-15]. Spotřeba tepla na ohřev teplé vody. Panelové domy. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/37-spotreba-tepla-na-ohrev-teple-vody.html>
- [31] Spotřeba tepla na ohřev teplé vody. Panelové domy [online]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/37-spotreba-tepla-na-ohrev-teple-vody.html>
- [32] STERNER, Michael. Handbook of Energy Storage: Demand, Technologies, Integration. Springer, 2019. ISBN 978-3-6625-5504-0.
- [33] Systémy vytápění - Topení topenáři. Topení - Topení topenáři [online]. Copyright © 2018 [cit. 27.01.2021]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapeni/>
- [34] Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích | Izolace-info.cz [online]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-obecne-informace/8938-jak-se-hodnoti-potreba-tepla-na-vytapeni-u-staveb-a.html#.YCLLM2hKjIU>
- [35] Tepelně technické vlastnosti konstrukcí. Panelové domy [online]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/stavebni-opatreni/62-tepelne-technicke-vlastnosti-konstrukci.html>
- [36] TYWONIAK, Jan. Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [37] Uložte energii ze solárních panelů do Virtuální baterie | E.ON Solar. Solární systémy a fotovoltaika s Virtuální baterií | E.ON Solar [online]. Dostupné z: <https://www.eon-solar.cz/blog/1-jak-funguje-fotovoltaicky-neboli-solarni-panel>
- [38] Vyhodnocení cen tepelné energie a jejich vývoj k 1. lednu 2019. Energetický regulační úřad [online]. Jihlava, c2014-2020, 2020 [cit. 2021-22.03.]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/documents/10540/462928/Vyhodnoceni+cen+tepelne+energie+k+1.+1.+2019.pdf/1c2be8d5-1a7f-44b5-a647-c2437fd22043>
- [39] Výpočet denostupňů. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, c2001-2021 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnuhttps://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>

- [40] Výpočet denostupňů. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, c2001-2021 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [41] Výpočet roční potřeby tepla [online]. Praha, 2019 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/91/6_vytapani_ohrev_tv/6a_pripravatv_potreba_tepla. Cvičení. České vysoké učení technické v Praze
- [42] Zpráva o bydlení v České republice. Ministerstvo práce a sociálních věcí České republiky. [online]. Copyright ©8 [cit. 27.01.2021]. Dostupné z: <http://www.socialnibydleni.mpsv.cz/images/soubory/Ostatni/zprava-o-bydleni-v-ceske-republice.pdf>
- [43] Způsob vytápění bytu | ČSÚ. Český statistický úřad | ČSÚ [online]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/rso/zpusob_vytapani_bytu

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Seznam použitých vzorců

Příloha A – seznam použitých vzorců

Označení	Vzorec	Pro výpočet
(1)	$Q_{TUV,d} = \frac{\rho * c * V_{2p} * (t_{TV} - t_{SV})}{3600} * (1 - z)$	Potřeba tepla k přípravě TUV
(2)	$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{t_{TV} - t_{SVléto}}{t_{TV} - t_{SVzima}} * (N - d)$	Potřeba tepla k přípravě TUV
(3)	$D = d * (t_{is} - t_e)$	Potřeba tepla k vytápění
(4)	$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o * \eta_r} * \frac{24 * Q_c * D}{(t_{is} - t_{es})} * 3,6 * 10^{-3}$	Potřeba tepla k vytápění
(5)	$\tau p = \frac{IN}{RU}$	Prostá doba návratnosti investice
(6)	$\sum_{t=1}^{td} RU * \frac{(1 + p)^t}{(1 + r)^t} = IN$	Diskontovaná doba návratnosti investice