



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

Solární systémy pro rodinný dům

Solar systems for family house

Diplomová práce

Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavební management**
Vedoucí práce: **Ing. Petr Kalčev, Ph.D.**
Autor práce: **Radim Kokeš**

Praha, 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kokeš** Jméno: **Radim** Osobní číslo: **426380**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavební management**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Solární systémy pro rodinný dům

Název diplomové práce anglicky:

Solar systems for family house

Pokyny pro vypracování:

Základní přehled a princip solárních systémů (termické i fotovoltaické) z pohledu využití a vývoje. Ukázkový příklad návrhu fotovoltaického systému na konkrétní rodinný dům, vč. využití dotačního program NZÚ. Ekonomické hodnocení a analýza environmentálního dopadu instalace na rodinném domě.

Seznam doporučené literatury:

LIBRA, Martin, POULEK, Vladislav. Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie. 2., dopl. vyd. Praha: ILSA, 2010. ISBN 9788090431157;8090431151
MURTINGER, Karel et al. Fotovoltaika: elektřina ze slunce. 1. vyd. Brno: ERA, 2007. ISBN 8073661004;9788073661007
STANĚK, Kamil. Fotovoltaika pro budovy. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 9788024742786;8024742780

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Petr Kalčev, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSv

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

Datum zadání diplomové práce: **26.09.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **05.01.2020**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Petr Kalčev, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Solární systémy pro rodinný dům** zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....
Jméno Příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Mgr. Radimu Kokešovi, Ph.D., který mne seznámil s problematikou rodinného domu a byl vždy nápomocný při poskytování informací ohledně nainstalované fotovoltaické elektrárny, včetně poskytnutí potřebných podkladů k vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Kalčevovi, Ph.D., který mě provázel napříč řešenými tématy a pomáhal řešit obtížné části práce. Závěrem bych rád poděkoval rodině, přátelům za ochotu a podporu po celou dobu studia.

ABSTRAKT

Diplomová práce se cíleně zaměřuje na představení komplexního pohledu na využití solární energie. Cílem práce je návrh FVE systému a jeho efektivní využití pro snížení nákladů na elektrickou energii v rodinném domě za pomoci řídicí jednotky miniserveru Loxone. Dílčím cílem práce je environmentální hodnocení FVE systému. Na základě návrhu a instalace FVE systému o výkonu 9,9 kWp na rodinném domě v roce 2018 bylo provedeno sledování 12 - ti měsíčního provozu. Porovnáním fakturací za energii před instalací a skutečného stavu po instalaci FVE systému došlo ke snížení ročních nákladů na dodávku energie z distribuční sítě o 37,25 %. Výzkumný předpoklad, že realizací fotovoltaické elektrárny o výkonu 9,9 kWp na rodinném domě, dojde ke snížení ročních nákladů za elektrickou energii dodávanou z distribuční sítě o 50 %, se však nepotvrdil.

KLÍČOVÁ SLOVA

Solární záření, rodinný dům, fotovoltaický systém, dotační program, akumulace energie, čistá současná hodnota, dopad na životní prostředí

ABSTRACT

The thesis is focused on the presentation of a complex view on the use of solar energy. The aim of this work is to design a PV system and its effective use to reduce the cost of electricity on a family house with the help of the Loxone miniserver control unit. Partial aim of this work is environmental evaluation of PV plant. Based on the design and installation of a 9,9 kWp PV plant in a family house in 2018, the monitoring of 12 months of operation was carried out. The comparison of pre-installation energy billing and the actual situation after the installation of the PV plant resulted in a 37,25 % reduction in the annual electricity supply costs. However, the research assumption that the implementation of a 9,9 kWp photovoltaic power plant on a detached house will reduce the annual cost of electricity supplied from the grid by 50 % has not been confirmed.

KEYWORDS

Solar radiation, family house, photovoltaic system, subsidy program, energy storage, net present value, environmental impact

OBSAH

1	ÚVOD.....	7
2	TEORETICKÁ ČÁST	8
2.1	SOLÁRNÍ ENERGIE	8
2.1.1	VYUŽITÍ SOLÁRNÍHO ZÁŘENÍ.....	11
2.1.2	PASIVNÍ SOLÁRNÍ ZÁŘENÍ	11
2.1.3	AKTIVNÍ SOLÁRNÍ ZÁŘENÍ	12
2.1.4	PRINCIP FOTOVOLTAICKÉHO JEVU.....	24
2.2	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	25
2.2.1	ROZDĚLENÍ SYSTÉMŮ DLE VÝKONU.....	28
2.2.2	KOMPONENTY FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	30
2.3	DOTAČNÍ PROGRAMY	38
2.3.1	NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM.....	38
2.3.2	OPERAČNÍ PROGRAM PODNIKÁNÍ A INOVACE PRO KONKURENCESCHOPNOST (OP PIK).....	48
2.3.3	INTEGROVANÝ REGIONÁLNÍ OPERAČNÍ PROGRAM (IROP)	48
3	VÝZKUMNÁ ČÁST.....	51
3.1	CÍLE PRÁCE.....	51
3.2	ÚKOLY PRÁCE.....	51
3.3	VÝZKUMNÝ PŘEDPOKLAD.....	51
4	PRAKTICKÁ ČÁST	52
4.1	POPIS A UMÍSTĚNÍ RODINNÉHO DOMU.....	52
4.1.1	ENERGETICKÁ POTŘEBA TEPLA PRO OHŘEV TV	53
4.1.2	VYTÁPĚNÍ V RODINNÉM DOMĚ.....	54
4.1.3	SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	56
4.2	NÁVRH A REALIZACE FVE SYSTÉMU	57
4.2.1	KOMPONENTY FVE	59
4.2.2	PŘIPOJENÍ FVE DO SÍTĚ.....	65
4.2.3	POVOLOVACÍ PROCES FVE	66
4.2.4	ZAPOJENÍ FVE V DOMĚ	67
4.2.5	DOTACE NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM	71
4.3	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	72

4.3.1	POROVNÁNÍ PŘEDPOKLADU A SKUTEČNÉHO STAVU .	72
4.3.2	VYHODNOCENÍ ROČNÍCH NÁKLADŮ.....	77
4.3.3	NÁKLADY NA REALIZACI FVE.....	77
4.3.4	HODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI INVESTICE	78
4.3.5	POROVNÁNÍ SYSTÉMU FVE SE SYSTÉMEM HFVE	81
4.4	ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ.....	86
4.4.1	DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	86
4.4.2	RECYKLACE SOLÁRNÍCH PANELŮ	88
4.4.3	VIZE DO BUDOUCNOSTI	90
5	ZÁVĚR.....	93
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	95
7	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	102
8	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	104
9	PŘÍLOHY	105

1 ÚVOD

Téma diplomové práce bylo zvoleno na základě problematiky výroby energie pomocí neobnovitelných zdrojů, jejich možného vyčerpání a negativnímu vlivu na životní prostředí. Vzhledem k jejich rostoucí spotřebě a zvyšování cen hledá lidstvo různé alternativní zdroje energie. Velký potenciál mezi alternativními zdroji představuje především solární energie a její způsoby využití, které jsou popsány v úvodních kapitolách. Další kapitoly práce jsou zaměřeny na fotovoltaické systémy a jednotlivé komponenty. Využití solární energie je spojené s problematikou její akumulace, která klade zvýšené ekonomické nároky na jednotlivé technologie. Pro akumulaci solární energie je využíváno aktivního a pasivního způsobu. Obě tyto varianty jsou podporovány státními dotacemi programem *“Nová zelená úsporám”*, které snižují počáteční investice do těchto systémů [24]. Oblast dotačních programů je řešena v příslušných kapitolách práce. Důležitým prvkem solárních systémů je jejich regulace, která je nedílnou součástí každého vyspělého systému, kdy na základě předem stanovených požadavků jsou teplo nebo elektrická energie ukládány do zásobníků TV, akumulacních nádrží nebo bateriových článků. Jednotlivé systémy a jejich různé kombinace na využití solární energie jsou popsány v kapitole zabývající se danou problematikou. Na základě výše uvedených skutečností se práce zaměřuje na využití solární energie u vybraného rodinného domu za pomoci FVE systému.

Cílem práce je navržení FVE systému a jeho efektivní využití pro snížení nákladů za elektrickou energii na rodinném domě za pomoci řídicí jednotky miniserveru Loxone. Součástí celkového hodnocení je též environmentální dopad fotovoltaických panelů na životní prostředí.

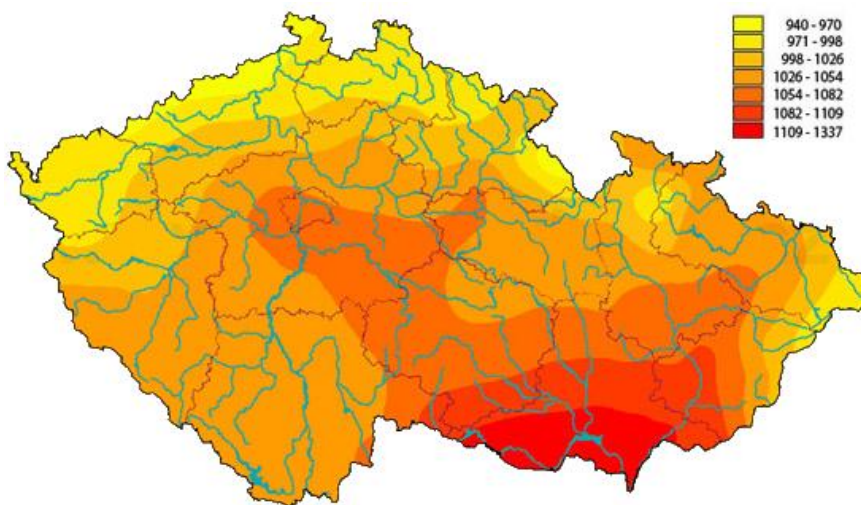
2 TEORETICKÁ ČÁST

Úvodem této kapitoly je vysvětlena podstata slunečního záření a představeny jednotlivé způsoby využívání, včetně základního rozdělení systémů, které využívají sluneční záření k další potřebě. Dále jsou zde popsány nejběžnější typy fotovoltaických systému podle způsobu využití a jejich základní komponenty. Poslední podkapitola je zaměřena na dotační programy v ČR, na které je možné v současné době čerpat dotační podporu.

2.1 SOLÁRNÍ ENERGIE

O Slunci nebo sluneční záření se dá říct, že jde o nevyčerpatelný zdroj, neboť neustále produkuje obrovské množství energie. Můžeme hovořit o primárním zdroji energie. Kromě využití přímého slunečního záření se nachází v pozadí i mnoho jiných druhů energií, které člověk využívá pro svou potřebu. Vítr vzniká v důsledku nerovnoměrného ohřevu zemského povrchu. Energie z vody se též obnovuje díky slunečnímu záření. Uhlí vzniklo v prehistorických dobách kvůli rostlinám, které využívají k fotosyntéze sluneční paprsky. [7]

Slunce vyzařuje svou výkonností zhruba 4×10^{26} W. Na Zemi dopadá z této hodnoty asi 0,45 miliardtin celkového výkonu, což je přibližně 1350 W/m^2 . Této hodnotě se říká sluneční konstanta. Při průniku atmosférou se část energie pohltí a část odrazí, takže ve finální fázi dopadá na zemský povrch přibližně 1000 W/m^2 . [7]



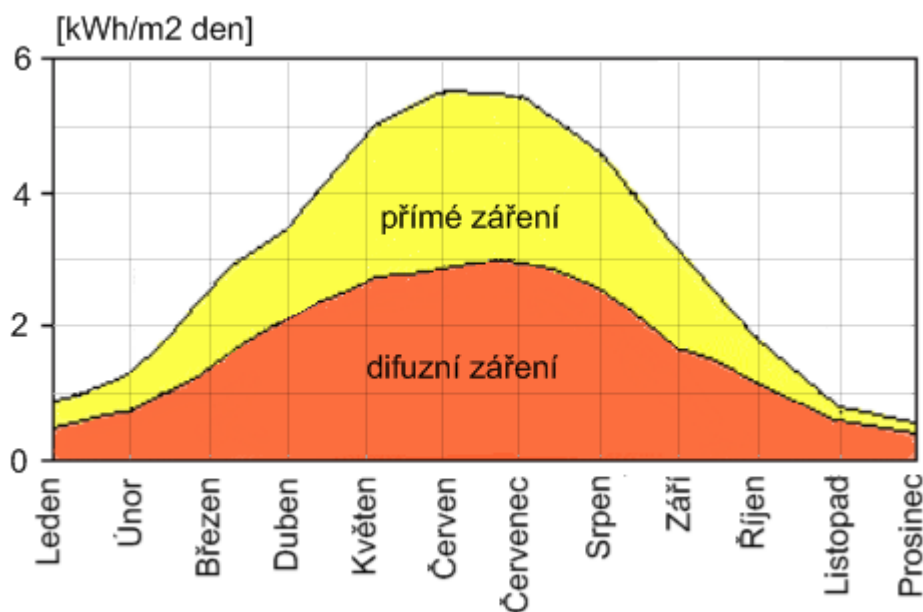
Obrázek č. 1: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR za rok (W/m^2) [8]

PŘÍMÉ A DIFÚZNÍ ZÁŘENÍ

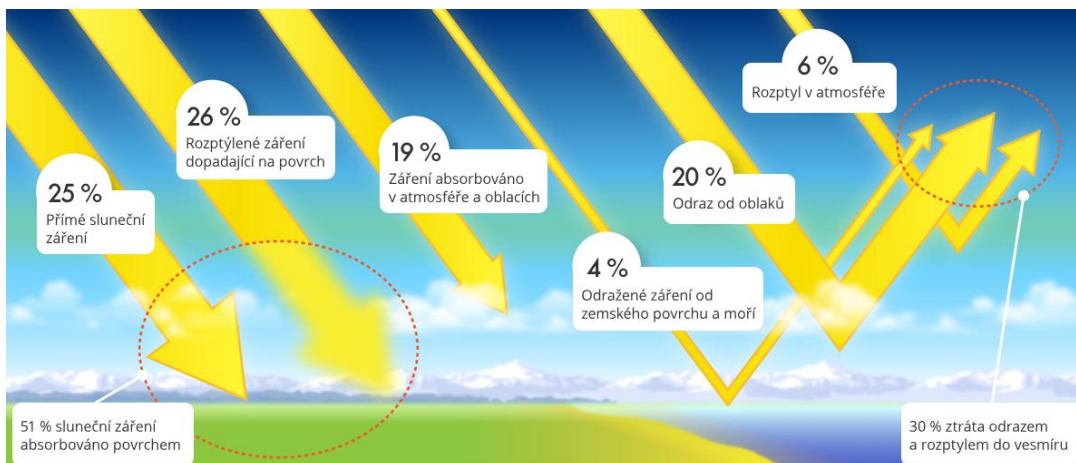
Největší část slunečního záření dopadá při jasné a bezmračné obloze na zemský povrch, aniž by měnilo směr. Toto záření nazýváme přímé (G_P). Rozptýlením přímého záření v mracích a částech prachu v atmosféře vzniká záření difúzní (G_D), které na zemský povrch přichází ze všech směrů. Součet intenzity přímého a intenzity difúzního slunečního záření na zemském povrchu nazýváme globální sluneční záření (G). Mimo jiné difúzní složka slunečního záření má za následek, že má nebe modré zbarvení.[8]

	$G = G_P + G_D$	Poměr difúzního záření
jasná obloha	700 - 1000 W/m ²	10 - 20 %
polojasná obloha	200 - 700 W/m ²	20 - 80 %
zatažená obloha	100 - 200 W/m ²	80 - 100 %

Tabulka č. 1: Hodnoty průměrného slunečního ozáření [8]



Obrázek č. 2: Hodnoty přímého a difúzního záření [8]



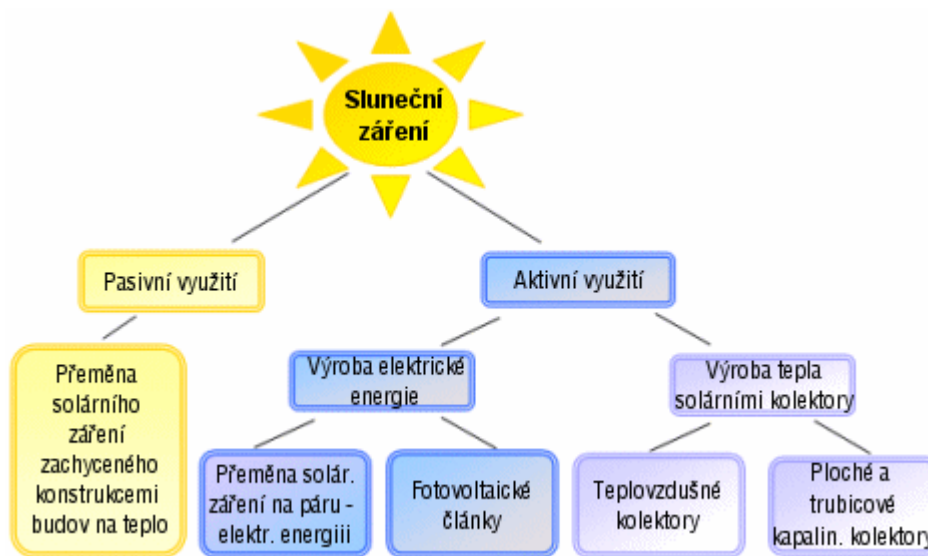
Obrázek č. 3: Poměr složek dopadajícího slunečního záření [1]

HISTORICKÝ VÝVOJ VYUŽITÍ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ

Téměř před 4,5 miliardami let vznikla Země a začala přijímat sluneční energii. V 1. století n. l. jsou první zprávy o zapalování posvátných ohňů soustředěnými slunečními paprsky (Čína). Kolem r. 100 se italský historik Plinius Mladší snažil využít sluneční záření k vyhřívání svého domu. Konec 17. století v době vlády krále Ludvíka XIV. (Král Slunce) probíhaly experimenty se soustředěním slunečních paprsků, jakými byly zapalování dřeva nebo tavení olova. V roce 1767 Švýcar Horace de Saussure zkonstruoval první solární kolektor. Začátkem 19. století se v evropských zemích se začaly k pěstování květin a zeleniny používat skleníky. V roce 1830 britský astronom John Herschel používal "sluneční vařič" k přípravě pokrmů na své expedici do jižní Afriky. V roce 1861 Francouz Augustin Mouchot si nechal patentovat "solární motor". V roce 1870 A. Mouchot využíval sluneční energii k vaření potravin, k čerpání vody ze studny a k destilaci vody a vína. V roce 1897 v Pasadeně (Kalifornie, USA) bylo 30 % domů vybaveno kolektory pro solární ohřev vody. V roce 1908 Američan William J. Bailey vynalez trubkovou konstrukci plochého solárního kolektoru, který se používá i v současných solárních systémech. V roce 1973 první ropná krize vyvolala zvýšený zájem o využití solární energie a jiných obnovitelných zdrojů energie. [3]

2.1.1 VYUŽITÍ SOLÁRNÍHO ZÁŘENÍ

Využití energie ze Slunce má dvě formy. První forma využívá pasivního solárního záření a druhá aktivního solárního záření. Pasivní získávání energie ze Slunce bylo využíváno dříve než aktivní a to zejména při výstavbě nízkoenergetických či pasivních staveb, pěstování ovoce a zeleniny, apod. Aktivní získávání solárního záření ze Slunce má novodobější charakter využití. Bližší rozdělení je vidět na obrázku č. 4. [5]



Obrázek č. 4: Schéma rozdělení využití slunečního záření [5]

2.1.2 PASIVNÍ SOLÁRNÍ ZÁŘENÍ

Nepřímé solární záření se děje pouze přirozenou cestou. Transport energie je založen na skleníkovém efektu bez pomoci technických zařízení. Tato forma nevyžaduje žádné úpravy, neboť světelné paprsky procházejí skrz skleněné výplně otvorů do místnosti, kde jsou absorbovány předměty a tím se zvyšuje teplota. Problematikou pasivního využití sluneční energie k vytápění, případně k chlazení budov se zabývá zvláštní obor, nazývaný: "Solární architektura". Tento vědní obor navrhuje tzv. sluneční domy způsobem, aby k jejich provozu a především k vytápění, bylo potřeba co nejméně dodávané energie a z opačného hlediska se co nejvíce potřebné energie ze slunečního záření získalo. Energie ze Slunce se zachycuje především na jižních stěnách a částech střechy objektů. Za účelem vysoké efektivity se musí přizpůsobit tvar, rozměry a umístění budovy v terénu. Zachycené teplo se akumuluje na jižní prosklené straně fasády do stěn a stropů.

Zahřáté stěny pak v případě potřeby ohřívají vzduch, sloužící k vytápění místností. [3]



Obrázek č. 5: Příklad pasivního využití slunečního záření [2]

2.1.3 AKTIVNÍ SOLÁRNÍ ZÁŘENÍ

Pro aktivní využívání přímého solárního záření potřebujeme dodatečné zařízení, které bude toto záření absorbovat a dále zpracovávat, přeměňovat, transportovat, akumulovat, distribuovat apod. [4]

Do této formy využívání energie ze Slunce spadá mnoho zařízení, jak na přímou přeměnu slunečního záření na elektřinu (fotovoltaické panely) díky tzv. fotoefektu, tak na přípravu teplé užitkové vody či přitápění (fototermické kolektory). V současné době se počet aktivních solárních zařízení výrazně zvýšil. Fotovoltaické systémy jsou v posledních letech budovány jako samostatná a v některých případech velmi rozlehlá zařízení, které budují investoři za účelem zisku. S fotovoltaickými systémy se v poslední době můžeme setkávat i na střeších rodinných domů či menších provozoven. Obvykle známe systémy, které využívají pro přenos tepla od kolektorů k akumulárnímu zásobníku kapalinu, ale existují také fototermické kolektory vzduchové, kterými proudí ohřátý vzduch dále využívaný pro přitápění objektu, sušení apod. [4]

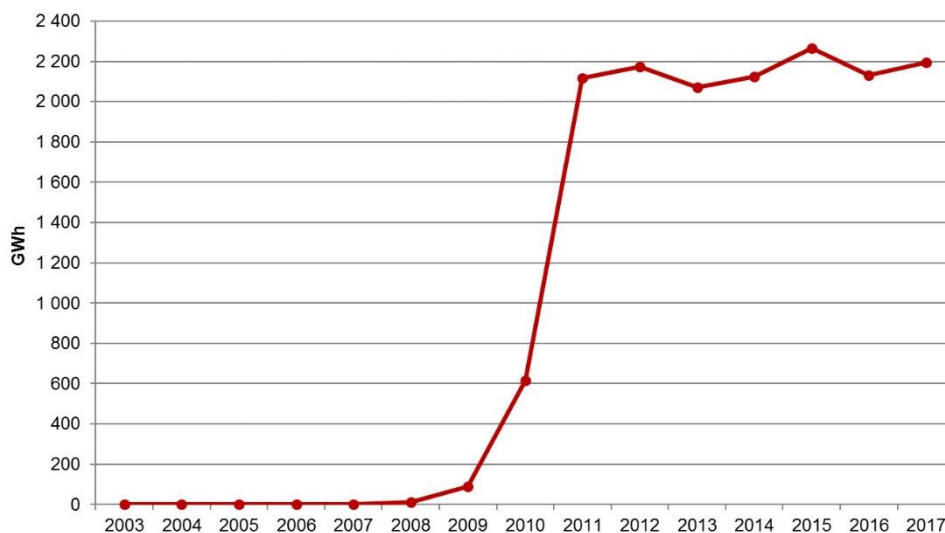


Obrázek č. 6: Příklad aktivního využití solárního záření [6]

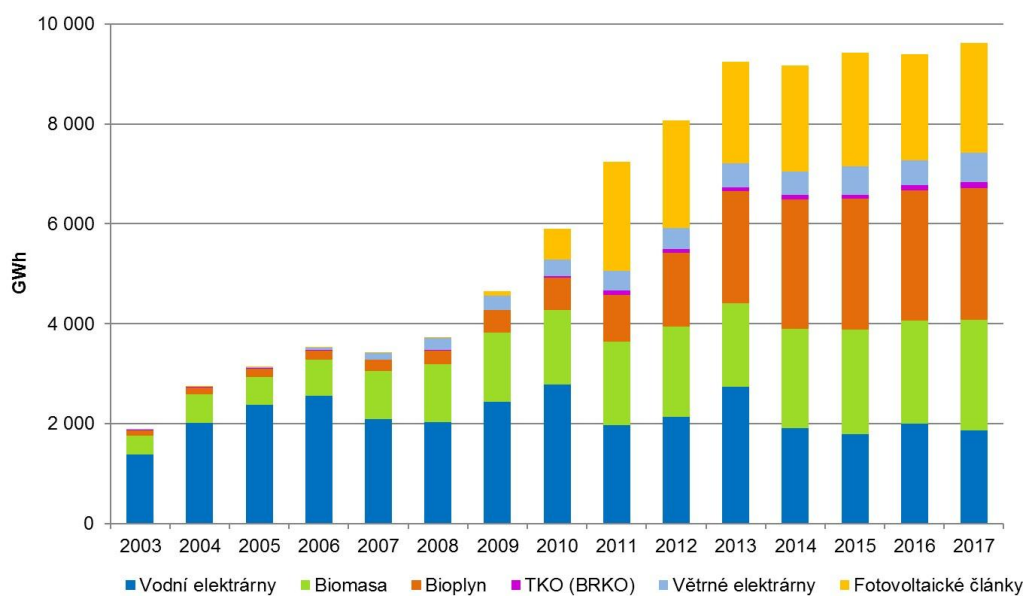
VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Elektrinu ze Slunce můžeme vyrábět díky fotoelektrickému jevu. Působením vnějšího elektromagnetického záření se elektrony uvolňují do okolí materiálu. Tento jev způsobuje to, že po dopadu fotonu na polovodičový materiál, který tvoří krystaly křemíku, se vysráží elektrony. Tyto elektrony poté vytvářejí elektrické napětí. Proto se pro výrobu elektrické energie ze slunce běžně používá termín fotovoltaika. [9]

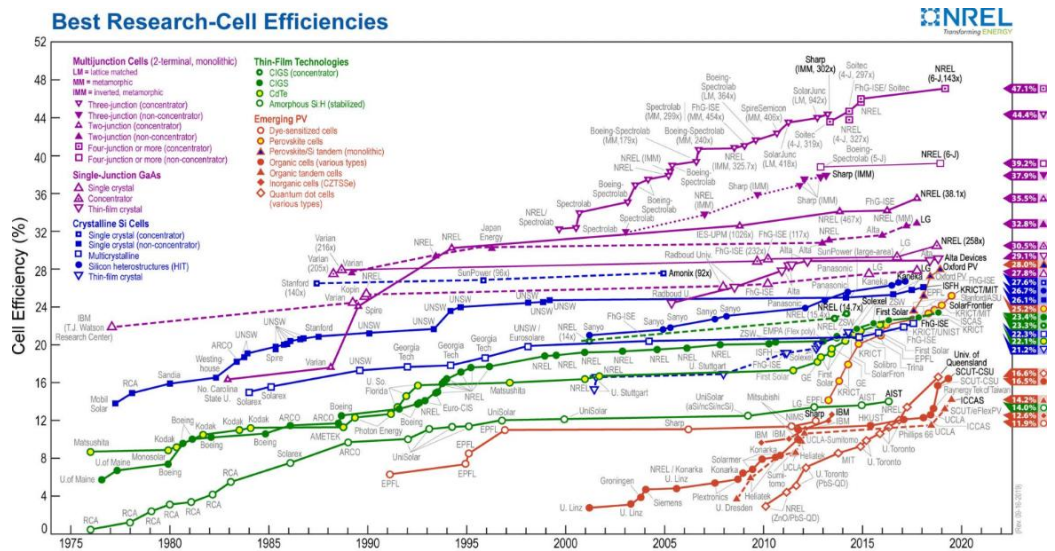
Dostatečná intenzita a doba slunečního záření je pro efektivní výrobu elektriny velmi důležitá. Česká republika je v tomto ohledu podprůměrnou zemí, přesto se však může považovat za solární velmoc v rámci Evropské unie i světa. Podle posledních údajů je v České republice evidováno 13 019 elektráren, které mají souhrnný instalovaný výkon 1 959 MW, což odpovídá výkonu jaderné elektrárny Temelín. [9]



Obrázek č. 7: Vývoj výroby elektrické energie fotovoltaickými články v ČR [9]



Obrázek č. 8: Vývoj výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a z odpadů v ČR [9]



Obrázek č. 9: Graf vývoje účinnosti fotovoltaických panelů [18]

FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY

Fotovoltaický článek je ve fotovoltaice základním prvkem, který umožňuje přeměnu sluneční energie na energii elektrickou. Jde o tenký plátek na bázi monokrystalického, polykrystalického křemíku a amorfních článků. Tento článek je schopný přeměnit dopadající sluneční záření na tok elektronů, tedy elektrický proud, prostřednictvím tzv. fotovoltaického jevu. [8]

Monokrystalická buňka obsahuje monokrystalický křemík, který má jednotnou strukturu. Této struktury se dosahuje tím, že se monokrystal nechá vyrůst ve speciálních tancích za přesně řízených podmínek. Výsledkem celého procesu je křemíkový ingot, který svým tvarem připomíná obrovskou nábojnici. Výroba těchto monokrystalických ingotů je pracnější a složitější, než výroba polykrystalických a probíhá tzv. Czochralského metodou. Tato metoda spočívá v tom, že se do taveniny o teplotě přibližně 1415 °C ponoří malý monokrystal jako zárodek. Ten velmi pomalou rychlostí vytahuje z taveniny a přitom se otáčí kolem své podélné osy. Celý tento proces musí probíhat v inertní atmosféře. Poté se vzniklý monokrystalický ingot řeže na tenké destičky o tloušťce 100 mikrometrů, které se dále chemicky upravují texturováním v lázni. Provádí se to za účelem zvýšení absorpce světla. Dále se destičky pokrývají antireflexní fólií a na závěr jsou po obvodu pokryty kovovou mřížkou s kontakty. Tyto monokrystalické články mají účinnost od 12 do 16 %. [10]



Obrázek č. 10: Monokrystalické křemíkové články [10]

Polykrystalický křemíkový ingot se vyrábí prostřednictvím granulí křemíku, které se roztaví a nalijí do forem, kde se pomalou danou výrobní rychlostí nechají chladnout. Chladnutí musí být dostatečně pomalé, aby se vytvořila co možná největší monokrystalická zrna. Důsledek pomalého chladnutí je také minimum dislokací, pnutí a podobných charakteristik v materiálu. Vzniklý odlitek je řezán na tzv. cihly, které se dále dělí na destičky. Tyto destičky se stejně jako v případě monokrystalických článků moří, opatřují antireflexní vrstvou a kovovou mřížkou s kontakty. Články polykrystalického křemíku mají menší účinnost při přímém kolmém osvětlení oproti monokrystalickým článkům, ale mají vyšší účinnost při osvětlení pod větším úhlem dopadu paprsků. Polykrystalické články jsou tedy vhodnější pro nepohyblivé konstrukce. Účinnost se pohybuje od 12 do 14 %.[10]



Obrázek č. 11: Polykrystalické křemíkové články [10]

Amorfni články jsou bez tvaru a jsou vyráběny nejmodernější metodou nanášením slabé vrstvy křemíku do skleněného obalu, nebo na fólii. Nevýhodou tohoto článku je menší účinnost a tím pádem je pro dosažení stejného požadovaného

výkonu oproti předchozím variantám nutná cca 2,5 krát větší plocha. Tyto články jsou však schopny absorbovat takzvané difúzní záření, které vzniká tříštěním přímého slunečního záření v mracích o částice v atmosféře. V celkové roční bilanci mají vyšší účinnost asi o 10 procent. Tento typ slunečního záření převládá v České republice. Monokrystalické a polykrystalické články přijímají pouze přímé sluneční záření. Účinnost těchto článků je od 8 do 9 %. [10]



Obrázek č. 12: Amorfní krystalické články [10]

FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY PERC

Neustálému snižování nákladů a zlepšení účinnosti se stává v celém fotovoltaickém průmyslu hlavní prioritou. Články nazývané PERC, které mají na zadní straně pasivovanou vrstvu, se stávají populárnějšími kvůli několika výhodám. Mezi některé výhody patří vysoké účinnosti konverze, nízký tepelný koeficient, vysoký stupeň produkce energie atd. [16]

Platforma Mezinárodních technologických ukazatelů pro fotovoltaiku (ITRPV) očekává, že články PERC budou v brzké době dominovat na solárním trhu. V 1. pololetí roku 2018 dosáhla energetická účinnost sériově vyráběných článků PERC úrovně 21,6 %. Podle průzkumu se předpokládá, že do konce roku 2020 překročí hranici 22 %. [16]

Tato předpověď je však založena převážně na technologii jednostranné pasivace vrstvy AlOx (oxidy hliníku), která se opírá o metodu plazmatické depozice s chemickým odpařováním (PECVD). S jednostrannou pasivační vrstvou pouze na zadní straně článku PERC. Společnost Risen se jako technologický lídr v oboru

odlišuje a přijímá výzvu rozvoje nejslibnější technologie oboustranné pasivace AlOx založené na technice depozičního systému ALD, a to navzdory náročnosti tohoto typu technologie. Tato technika využívá vrstvy AlOx k pasivování jak přední, tak zadní části článku PERC zároveň. [16]

Společnost Risen Energy je první společností na světě, která v roce 2018 dosáhla sériové výroby oboustranných článků PERC s vrstvou AlOx až do výkonu 2 GW. Prostřednictvím řady optimalizací postupů v oblasti selektivních emitorů, oxidace, pasivace a metalizace dosáhla společnost průlomového pokroku v účinnosti oboustranných článků PERC s vrstvou AlOx. V současné době překračuje průměrná účinnost oboustranných článků PERC s vrstvou AlOx úroveň 22,19 %, přičemž nejvyšší účinnost článků z výrobní linky dosáhla 22,51 %. [16]

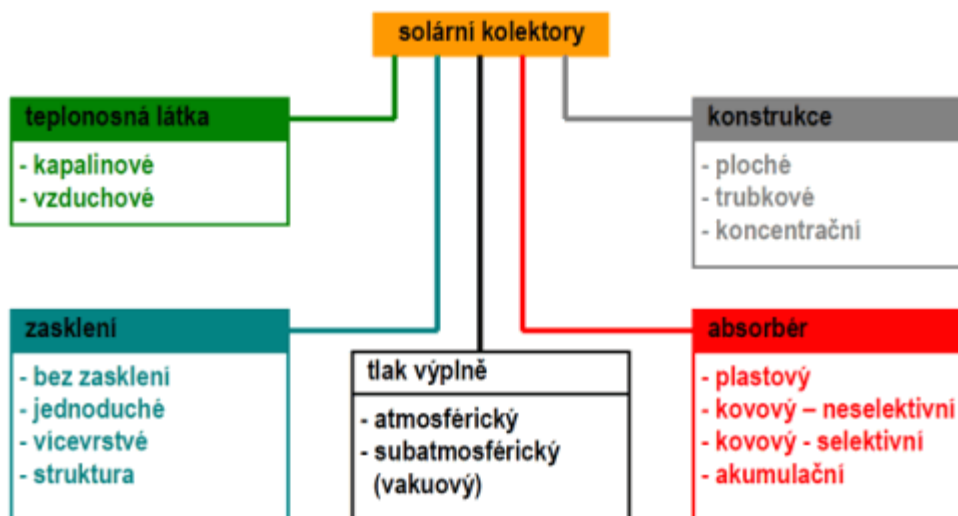
Nová technologie článků PERC společnosti Risen Energy nejen zlepšuje jejich efektivitu, ale také výrazně snižuje degradaci způsobenou světlem a zvýšením teploty (LeTID). Při zkušebních podmínkách o teplotě 75 °C a osvětlení 1000 W/m² po dobu 200 hodin vykazovaly nové články PERC společnosti Risen vynikající odolnost vůči degradaci světlem s nejvyšší mírou útlumu přibližně 1 %. Ve srovnání se standardními zkušebními podmínkami průmyslu při teplotě 25 °C a osvětlení 1000 W/m² po dobu 5 hodin jsou testovací metody společnosti Risen Energy podstatně přísnější a vědecky spolehlivé. [16]

Využitím příležitosti technologických změn v odvětví se společnost Risen rychle dostala na vedoucí pozici v oblasti vysoce účinných solárních článků PERC a modulů, oboustranných modulů s dvojitým sklem, solárních modulů s půlenými články a dalších nejmodernějších produktů na celém světě. Sériová výroba oboustranných modulů o výkonu 400 W je plánována v roce 2019. [16]

VÝROBA TEPLA SOLÁRNÍMI KOLEKTORY

Solární tepelný kolektor je zařízení určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii. Tato energie je předávána teplotonosné látce, protékající kolektorem, která je dále využívána na ohřev či vytápění. Solární kolektory, ve kterých je používána kapalina jako teplotonosná látka voda nebo nemrzoucí směs vody a propylenglykolu, se využívají v naprosté většině aplikací v budovách. Solární vzduchové kolektory jsou v ČR využívány pouze okrajově pro předehřev čerstvého vzduchu pro větrání nebo oběhového vzduchu pro teplotovzdušné nebo sálavé cirkulační vytápění. Solární kapalinové kolektory lze dále rozdělit podle

řady hledisek (viz obrázek č. 13). Z uvedeného rozdělení vyplývají konstrukční řešení, které se využívají v praxi. [12]



Obrázek č. 13: Rozdělení solárních kolektorů [12]

PLOCHÝ NEKRYTÝ KOLEKTOR

Nejčastěji se jedná o kapalinový, nezasklený, plastový solární kolektor určený k ohřevu bazénové vody. Plast je odolný vůči UV záření. Díky absenci zasklení dochází k lepším optickým vlastnostem tohoto kolektoru. Odpadá zde ztráta odrazem na zasklení. Nevýhodou těchto kolektorů jsou vysoké tepelné ztráty, omezená odolnost vůči nepříznivým podmínkám a životnost z hlediska trvanlivosti materiálu. Výkon a účinnost těchto kolektorů je ovlivňována okolním prostředím, teplotou, větrem apod. Tyto kolektory lze použít k nízkoteplotnímu ohřevu vody. [11]



Obrázek č. 14: Bazénové absorbéry odolné vůči UV. [12]

PLOCHÝ NESELEKTIVNÍ KOLEKTOR

Jedná se o zasklený solární kolektor s kovovým absorbérem. Povrch absorbéru většinou bývá zpravidla opatřen černým pohltivým nátěrem. Tento typ kolektoru je

vhodný k přehřevu teplé vody. Tento kolektor se využívá hlavně na zahradách, lze jej též použít na chatách a podobných místech. Jedná se většinou o levné sezónní kolektory nenáročné na údržbu. [11]

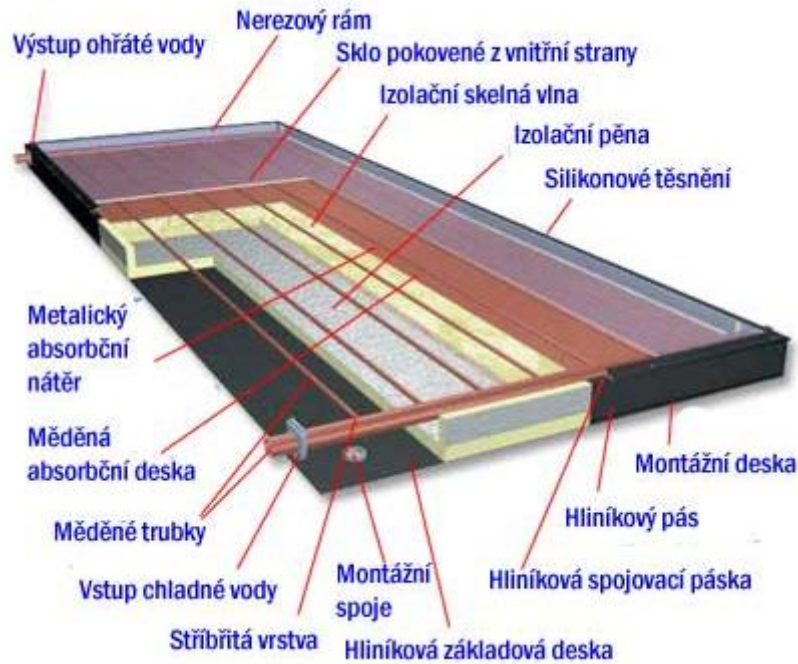


Obrázek č. 15: Plochý neselektivní kolektor. [13]

PLOCHÝ SELEKTIVNÍ KOLEKTOR

Tento zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem, jehož kolektorové skříně na boční a zadní straně pokrývá tepelná izolace, tvoří naprostou většinu zasklených kolektorů na trhu. Vzhledem k výrazně sníženým tepelným ztrátám sáláním absorbéru se využívají převážně pro solární ohřev vody a celoroční vytápění. Dle statistik z roku 2010 bylo těchto solárních kolektorů nainstalováno téměř 74.000 m². [11]

Absorbér se dělí na celoplošný nebo dělený do lamel. Spojení absorbéru s trubkami lze provést laserově, nalisováním nebo utrazvukem. Rám kolektoru tvoří výlisky nebo složeniny jednotlivých konstrukčních profilů. Lisované rámy se vyrábí těsné. Díky tomu je kolektor více odolný vůči degradaci vlivem vlhkosti. Naproti tomu kolektor složený z více částí má zpravidla otvory, které zabezpečují jeho řádné odvětrávání. Tyto profily jsou poté sňívány nebo slepeny k sobě. [14]



Obrázek č. 16: Plochý selektivní kolektor. [15]

PLOCHÝ VAKUOVÝ KOLEKTOR

Jedná se o deskový kolektor s kovovým selektivním absorberem. Tlak uvnitř kolektoru je nižší, než atmosférický tlak. Tyto kolektory jsou využívány k ohřevu vody nebo ohřevu vody a přitápění. Nízký tlak v kolektoru způsobuje, že dochází k nízkým tepelným ztrátám. Požadavky na skříň kolektoru jsou především takové, aby byla zajištěna co nejlepší těsnost. Proto se tato skříň vyrábí jako bezešvá vana. Díky rozdílnému tlaku bývá sklo zpravidla vyztuženo různými podpurnými prvky, aby nedošlo k popraskání skla. Z bezpečnostního hlediska pro případ úniku vakua je kolektor opatřen vývěvou, která slouží k jeho opětovnému zavakuování. Vakuové kolektory neobsahují zadní tepelnou izolaci absorberu. [11]

Výhoda těchto kolektorů je vysoká účinnost v letních měsících v době přímého slunečního svitu, a to i v chladnějších měsících. V případě, že máme dostatek slunce, dodává vakuový deskový solární kolektor dostatek tepla pro vytápění a ohřev vody i v mrazivých dnech. Dokáže totiž přijímat difúzní záření, i když není zrovna jasná obloha. [15]

Nevýhoda tohoto typu je vyšší pořizovací cena oproti plochému slunečnímu kolektoru s jednoduchým sklem. Stejně jako u obyčejného deskového kolektoru je nutné ze systému odebírat přebytečné teplo například do zahradního bazénu, aby nedošlo k nárůstu teploty na bod varu. Díky velkému objemu prostoru mezi skly

a zároveň velikosti plochy kolektoru je obtížné udržet vakuum po celé ploše a může tak docházet ke snížení účinnosti kolektoru a vzniku tepelných mostů. Při větším poškození kolektoru, kterým se rozumí například prasklé sklo, je nutné vyměnit celý kolektor. [15]



Obrázek č. 17: Plochý vakuový kolektor. [15]

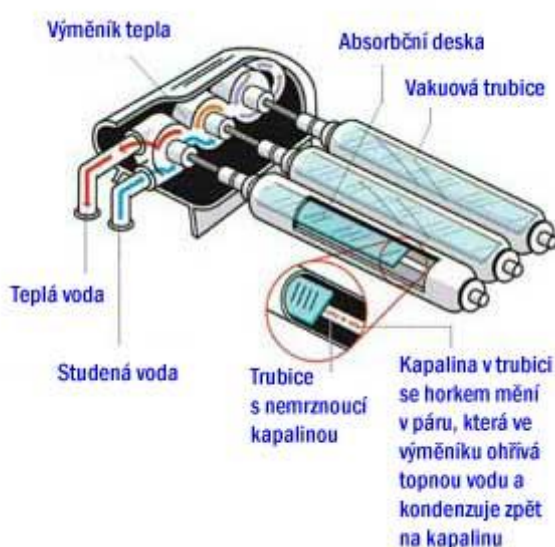
TRUBICOVÉ VAKUOVÉ SOLÁRNÍ KOLEKTORY HEAT-PIPE

Kapalinové solární kolektory, jejichž jádro tvoří soustava dvojstěnných trubic. Těmito trubicemi protéká nemrznoucí kapalina určená k ohřevu. Mezi dvěma stěnami trubic je vakuum, které funguje jako účinná izolace proti ztrátám tepla do ovzduší. Kapalina se vlivem tepla, které přijímá ze slunečního záření, mění na páru, která dále stoupá do kondenzátoru. V kondenzátoru je předáváno teplo teplonosné vodě v otopném systému. Pára se tímto ochladí, následně kondenzuje na kapalinu a stéká zpět do vakuové trubice, kde je připravena dalšímu ohřevu. [15]

Velkou výhodou je vysoká účinnost bez ohledu na roční období. Teplonosným médiem je nemrznoucí kapalina. Nemusíme tedy řešit problémy spojené se zamrznutím kolektorů. Tento typ kolektorů se díky vnitřní hydraulice dokáže sám odstavit z provozu při přehřátí teplonosného média, nemusí se tedy odebírat přebytečné teplo. Jejich výkon je během dne i roku téměř stabilní a vyrovnaný. Do systému dodává na rozdíl od plochých kolektorů dostatek tepla i ráno, večer, v zamračených dnech a také v zimním období. Dojde-li k poškození

kolektoru, například vandalismem nebo krupobitím, nedojde k porušení těsnosti celého otopného systému a k vytečení otopné vody. Solární kolektor se v takovém případě nemusí celý měnit ani odvzdušňovat, pouze postačí vyměnit poškozené vakuové trubice. [15]

Nevýhoda tohoto systému je vyšší pořizovací cena. V letních slunných dnech má o něco nižší účinnost než deskové kolektory. Stárnutím kolektoru nebo vlivem nekvalitních výrobků může docházet k přerušení kontaktu mezi sběrným potrubím a heat - pipe trubicemi. Z tohoto důvodu jsou nutné pravidelné kontroly a servisní prohlídky. [15]



Obrázek č. 18: Trubicový vakuový kolektor heat-pipe. [15]

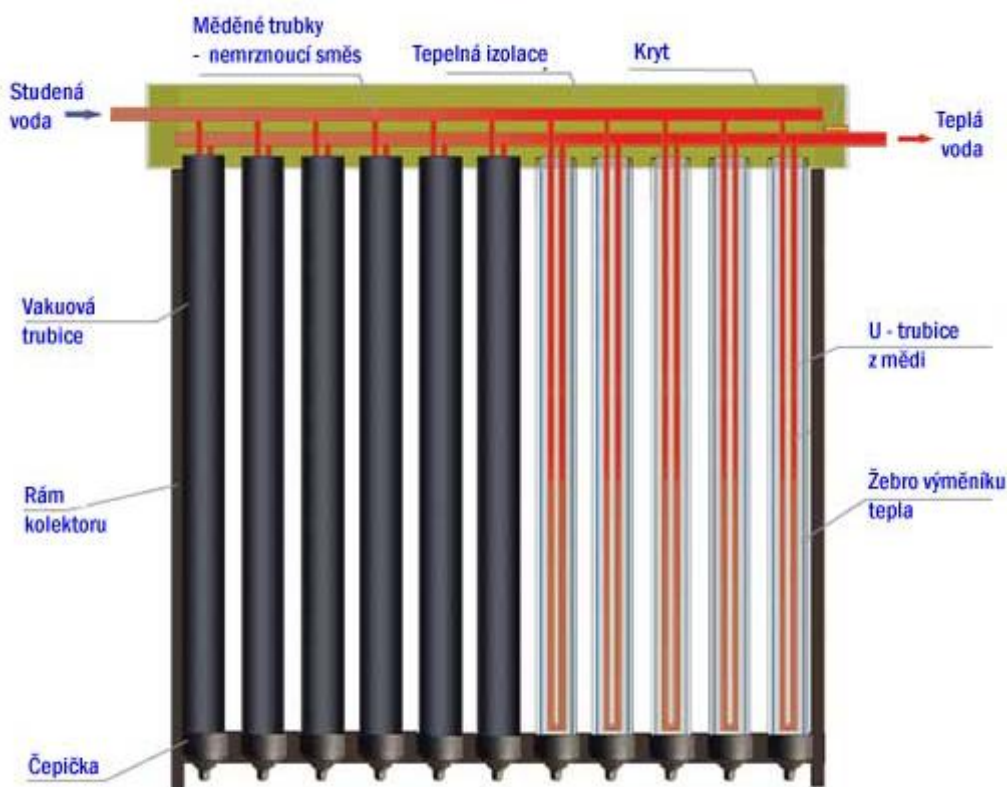
TRUBICOVÉ VAKUOVÉ SOLÁRNÍ KOLEKTORY U-PIPE

Trubicový vakuový solární kolektor typu U - pipe pracuje na stejném principu jako typ heat - pipe. U tohoto typu solárních kolektorů je zde lépe vyřešen přenos tepla mezi primární nemrznoucí kapalinou ve vakuové trubici a sběrným potrubím otopné vody. Odpadají zde problémy s přenosem tepla vlivem stárnutí a špatnou kvalitou výrobků. [15]

Tento typ kolektorů má nejvyrovnanější výkonovou charakteristiku během celého dne a roku ze všech typů solárních kolektorů, které se v současnosti vyrábí. Jejich výkonnost neklesá vlivem stárnutí ani zanedbáním údržby. Stejně jako u předchozích kolektorů heat - pipe není primární okruh nemrznoucí kapaliny

propojen s vodním okruhem otopného systému. Z toho důvodu nemá poškození kolektoru vliv porušení těsnosti teplovodního okruhu. [15]

Ani ne tak nevýhodou, ale nutným opatřením je pečlivě nadimenzovat výkon celého otopného systému. Při nedostatečném odběru tepla může docházet ke zplynování chladicí kapaliny. To může vést k přerušení přenosu tepla z kolektorů. Nevýhodou je také relativní křehkost trubíc. Tyto trubice není možné kalit tak jako ploché sklo u deskových panelů. [15]

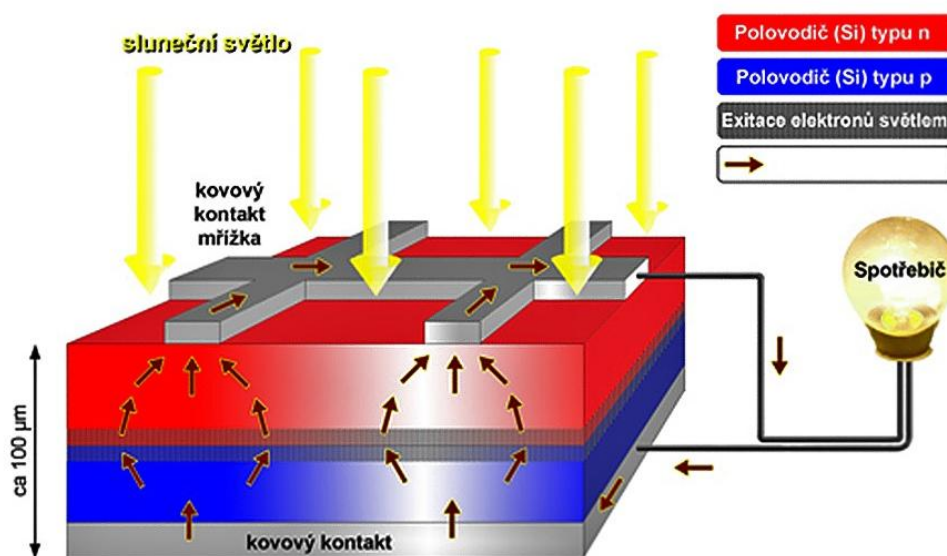


Obrázek č. 19: Trubicový vakuový kolektor U-pipe. [15]

2.1.4 PRINCIP FOTOVOLTAICKÉHO JEVU

Fotovoltaický jev objevil Alexandr Edmond Becquerel v roce 1839. Umožnil využít světlo, respektive částic světla, fotonů, k přeměně na elektrickou energii. *“Křemík absorbuje část slunečního záření. Důsledkem tohoto zahříváním nebo osvětlením dochází k prudkému zvýšení jeho vodivosti. Při absorpci fotonu ze slunečního záření dojde k přenosu jeho energie na elektron ve valenční sféře některého atomu křemíku. Sluneční paprsky (fotony) dopadem na křemíkový modul fotovoltaického panelu rozkmitají elektrony v tzv. PN přechodové vrstvě a elektrony přecházejí z vrstvy s jejich větším počtem do vrstvy kde jejich méně. V důsledku toho*

se objeví na PN přechodu elektrického pole, které odděluje elektrony a díry vzniklé absorpcí fotonu. Elektrony usměrní do N-polovodiče a díry do P-polovodiče. Vzájemným působením slunečního záření a hmoty dochází k pohlcování fotonů a uvolňování elektronů. V polovodiči pak vznikají volné elektrické náboje, elektron-díra, které jsou už jako elektrická energie dováděny ze solárního článku přes regulátor dobíjení do akumulátoru nebo přes měnič do sítě. Velikost vyrobeného výkonu je přímo úměrná množství dopadajícího světla a účinnosti článků.“ Díky tomuto principu je fotovoltaika pokládána za nejčistší zdroj energie. [10]



Obrázek č. 20: Princip fotovoltaického článku [10]

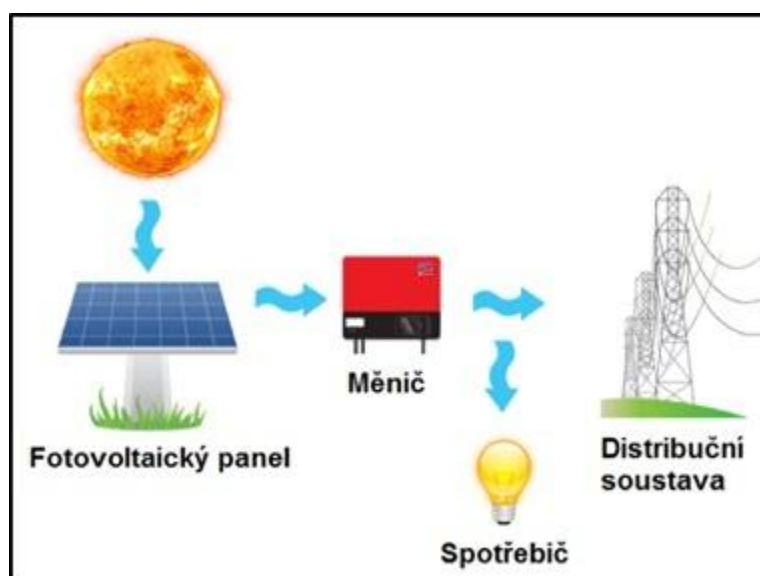
2.2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

Velikost fotovoltaické elektrárny se volí podle účelu využití. Pro přímou spotřebu v rodinném domě se obvykle využívají malé střešní instalace. Velké střešní instalace se využívají na průmyslových či zemědělských objektech. Z hlediska rozlohy se velké pozemní instalace často využívají pro zásobování elektrické sítě. Fotovoltaické elektrárny jsou přizpůsobeny pracovat na různých systémech distribuce a využití vyrobené elektrické energie. Nejdůležitějším bodem je stanovit, jakému účelu bude konkrétní elektrárna sloužit. Nabízí se několik variant využití vyrobené energie od zaměření na prodej elektrické energie až po přímé využití v domácnostech či průmyslových provozech. Značnou výhodou těchto systémů je možnost napojení do distribuční soustavy. Do systémů, které jsou

připojeny k distribuční soustavě, se nazývají ON-GRID a uzavřené systémy bez možnosti připojení k soustavě se nazývají OFF-GRID. [17]

SÍŤOVÉ SYSTÉMY (ON-GRID)

Prvním způsobem zapojení ON-GRID systému je zapojení založené na kombinaci přímé spotřeby vyrobené elektrické energie a následného prodeje přebytků do distribuční sítě. Zjednodušený princip funkce této varianty je znázorněn na obrázku č. 21. Druhou možností zapojení systému ON-GRID je připojení elektrárny přímo k distribuční síti a prodej veškeré vyrobené elektřiny putuje do sítě. Tento druh připojení byl v ČR hojně využíván v letech 2009 až 2010, kdy byla připojena většina elektráren. Kvůli zrušení podpory za výkup vyrobené energie se dnešní elektrárny pro tento způsob zapojení nevyplátí stavět. Další nevýhodou dnešní doby je poměrně nízká cena silové elektřiny vzhledem k prodeji do distribuční sítě, proto je vhodné zvolit jiný způsob využití vyrobené energie. [17]

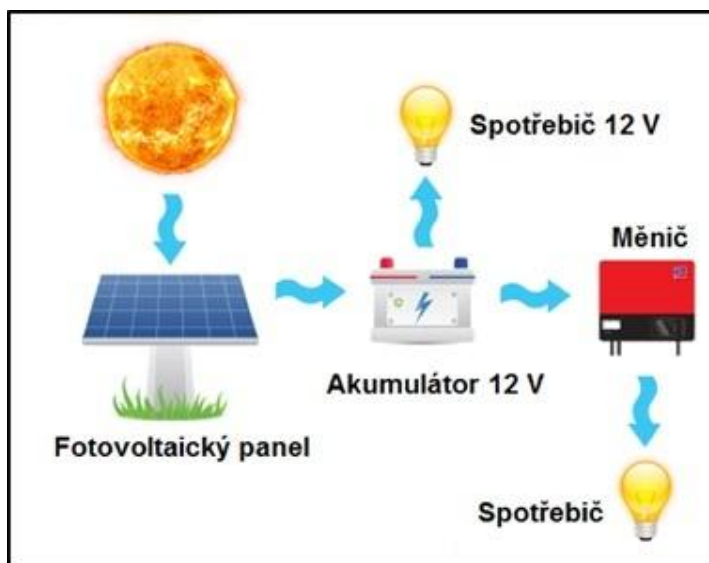


Obrázek č. 21: Složení ON-GRID systému. [17]

OSTROVNÍ SYSTÉMY (OFF-GRID)

Druhým typem je OFF-GRID systém, který je uzavřený a není napojen do distribuční soustavy. Tento systém je též známý pod názvem ostrovní systém. Zapojení tohoto systému spočívá v tom, že vyrobená elektrická energie se přímo spotřebovává ve spotřebiči (např. vodní čerpadlo) nebo je akumulována v bateriích pro využití následné využití. Optimální využití systému je vhodné zejména

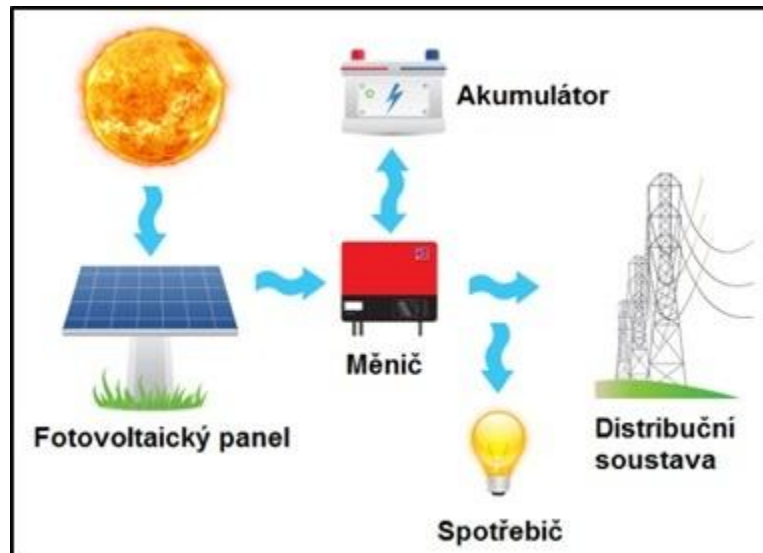
v objektech, kde napojení do distribuční sítě je komplikované a finančně nákladné (chaty, odlehlé rodinné domy). Princip zapojení systému je schematicky znázorněn na obrázku č. 22. [17]



Obrázek č. 22: Složení OFF-GRID systému. [17]

KOMBINACE SYSTÉMŮ

Pro maximální využití vyrobené energie systém kombinuje obě výše zmíněné aplikace. Jde o ON-GRID systém zaměřený na maximální spotřebu vyrobené elektrické energie. Důvod využívání této kombinace systému je akumulace energie do bateriového úložiště, které poté slouží například pro pokrytí okamžité spotřeby v domácnosti. Po úplném nabití akumulátorového úložiště jsou přebytky přímo spotřebovávány například na vytápění či ohřev vody. V případě nevyužívání vyrobené energie mohou být přebytky odváděny do distribuční soustavy. Na takto připojené elektrárny lze u rodinného domu čerpat dotaci z programu Nová zelená úsporám až 155 000 korun. [17]



Obrázek č. 23: Kombinace ON-GRID a OFF-GRID systému. [17]

2.2.1 ROZDĚLENÍ SYSTÉMŮ DLE VÝKONU

Dalším způsobem, jak lze rozdělit jednotlivé systémy je podle jejich instalovaného výkonu. S tím souvisí též jejich rozloha a konstrukčním umístění samotných panelů. Rozdělit systémy lze do tří kategorií. Podle těchto parametrů lze elektrárny rozdělit na malé střešní instalace, velké střešní instalace a volně stojící instalace. [17]

MALÉ STŘEŠNÍ INSTALACE

Mezi malé střešní instalace řadíme především instalace solárních systémů na střešních pláštích rodinných domů, chat či jiných objektů. Příklad vhodného využití je znázorněn na obrázku č. 24. Za malou střešní instalaci je považován instalovaný výkon fotovoltaického systému do 15 kWp. Vzhledem k dotační podpoře z dotačního programu Nová zelená úsporám je žádoucí uvažovat výkon malé střešní instalace do 10 kWp. [17]



Obrázek č. 24: Příklad malé střešní instalace. [17]

VELKÉ STŘEŠNÍ INSTALACE

Do této kategorie se řadí instalace, které svým výkonem a zároveň plochou převyšují malé střešní instalace. Patří sem zejména střechy výrobních hal (Obrázek č. 25), obchodní centra, vysoké školy, univerzity apod. V návaznosti na předchozí dělení lze považovat za typické výkonnostní rozmezí pro tuto kategorii od 15 (10) kWp až po stovky kWp. [17]



Obrázek č. 25: Příklad velké střešní instalace. [17]

VOLNĚ STOJÍCÍ POZEMNÍ INSTALACE

U pozemních instalací se předpokládá největší instalovaný výkon. Pro představu se může jednat o špičkové výkony od stovek kWp až po desítky MWp. Takové elektrárny se mohou rozkládat na plochách až desítek hektarů (Obrázek č. 26). Fotovoltaické panely jsou postaveny a ukotveny na speciálních konstrukcích připevněných k zemi tak, aby byla zajištěna jejich dostatečná stabilita vůči přírodním vlivům a proti poškození. Pro pozemní instalace je také důležité jejich poziční umístění. Na pozemky volně stojících elektráren je nutné z bezpečnostních důvodů provést oplocení nebo jinak zabezpečit před vstupem nepovolaných osob. [17]



Obrázek č. 26: Příklad volně stojící pozemní instalace. [17]

2.2.2 KOMPONENTY FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

FOTOVOLTAICKÉ PANELE

Fotovoltaické články jsou v panelu zapojeny sériově - paralelně. Kombinací těchto panelů tvoří fotovoltaická elektrárna. Výkon panelů je udáván v jednotkách Watt peak (Wp). Jedná se o maximální hodnotu (peak) výkonu za ideálních podmínek, které představují nestíněné světelné záření dopadající kolmo na panel, dále ideální teplota a panel bez nečistot. Za ideální podmínky se považuje sklon panelů od 25° do 45° od vodorovné roviny a orientace panelů s odchylkou maximálně 15° od nulového astronomického azimutu. Při polojasném podnebí klesá

výkon přibližně na 35 %, při zatažené obloze klesá výkon až na 10 % udávaného maximálního výkonu.[18]

Panely jsou běžně opatřeny ochranným duralovým nebo hliníkovým rámem. Dále jsou opatřeny kryty ze speciálního tvrzeného skla, které panel chrání před povětrnostními podmínkami. Mezi samotnými články a tvrzeným sklem se dále nachází další vrstva, která chrání články vůči mechanickým či živelným poškozením. Před těmito vlivy se jako ochranný prvek používá světlopropustný gel Ethylen – vinyl - acetát (EVA). Ze zadní strany jsou panely chráněny dalším ochranným materiálem, například laminátovou nebo cementopískovou deskou. Většina výrobců udává životnost panelů 25 let se zárukou, že účinnost panelů neklesne pod 90 % po 10 letech a pod 80 % po 25 letech. [18]

MĚNIČ NAPĚTÍ

Výrobou fotovoltaických elektráren kolísá napětí na výstupu. Je proto nutné toto napětí regulovat. K tomu slouží solární regulátor. Solární regulátor je hlavním komponentem každého solárního systému, který je propojen mezi solárním panelem a akumulátorem. Úkolem regulátoru je vytěžit maximum energie ze solárního panelu. Regulátor nabíjení chrání baterii před hlubokým vybitím, zároveň před nadměrným nabitím solárními články a mnoha dalšími nepostradatelnými bezpečnostními funkcemi, jakými jsou například teplotní čidlo nabíjení baterie, ochrana proti přetížení, ochrana proti přebití, zkratu, přepětíová ochrana, ochrana proti přepólování. [18]

Klasické a zároveň nejrozšířenější solární regulátory mají účinnost okolo 80 %. Označují se jako PWM (Pulse Width Modulation). U těchto regulátorů musí být solární panel složen z 36 článků pro 12V baterii a ze 72 článků pro 24V baterii. Jiné kombinace jsou nepřijatelné. Vhodné jsou tedy pouze pro fotovoltaické panely o výkonu 30 až 150 Wp s akumulacími bateriemi.[19]

Další možností je využití moderních typů regulátorů s vestavěným DC/DC měničem označované jako MPPT (Maximum Power Point Tracking) měniče. Oproti klasickým PWM regulátorům dosahují přibližně o 30 % vyššího výnosu ze solárního panelu. Regulátor pracuje jako měnič, to znamená, že vyšším vstupním napětím a nižším proudem dokáže zpracovat na nižší napětí nebo zvýší proud a to s vysokou účinností. MPPT je především ovlivněn intenzitou slunečního svitu a okolní teplotou. V případě konstantní intenzity slunečního svitu spolu

s nárůstem okolní teploty, maximální výkon na výstupu klesá. Pokud je teplota konstantní a sluneční svit zesílí, tak napětí naprázdno FV baterií je v podstatě stále stejné. Ale zkratový proud se podstatně zvyšuje. Proto se i maximální výkon výrazně zvyšuje. U tohoto typu můžeme použít jakýkoliv solární panel. Jejich účinnost se pohybuje mezi 95-98 %. Ve srovnání s klasickými regulátory je ovšem pořizovací cena několikanásobně dražší. [19]

NOSNÁ KONSTRUKCE

Důležitou součástí fotovoltaické elektrárny je bezesporu nosná konstrukce pro panely. Kontrukční systémy se dají rozdělit podle typu instalace.

KONSTRUKCE PRO SEDLOVÉ STŘECHY

Konstrukce jsou vhodné pro malé instalace rodinných domů s valbovou nebo sedlovou střechou se sklonem nejlépe 35° a orientací k jihu nebo jihozápadu. Nosným prvkem zde jsou hliníkové profily přichycené speciálními háky ke konstrukci střechy. K profilům jsou připevněny fotovoltaické panely. Tato konstrukce je snad vůbec nejpoužívanější zejména pro její jednoduchost, snadnou montáž a nízkou cenu. [21]



Obrázek č. 27: Konstrukce upevnění pro sedlové střechy. [21]

KONSTRUKCE PRO PLOCHÉ STŘECHY

Pro střešní systémy plochých střech nebo střech s mírným sklonem do 5 až 10° se dnes v podstatě používají dva rovnocenné systémy. Prvním z nich je použití tzv. plastových van. Dovnitř takové konzoly se umístí zátěžový materiál zajišťující odolnost proti větru. Zátěžovým materiálem může být písek, štěrk, cihly, obrubníky a mnoho dalších druhů materiálů s podobnými vlastnostmi. Nahoře umístěný panel obsah vany pěkně zakryje. Požadavek, že panely připojené na jeden střídač musejí mít stejný směr i sklon, platí samozřejmě i u tohoto typu nosné konstrukce panelů. Výhoda plastových konzol spočívá v instalaci. Tyto konzoly se nemusejí přišroubovat k pevnému podkladu. Lze je tedy použít v místech, kde nechceme narušit hydroizolační vrstvu střechy. [22]



Obrázek č. 28: Konstrukce upevnění pro ploché střechy. [21]

Druhým základním řešením plochých střech jsou hliníkové konstrukce. V některých případech se mohou používat pozinkované konstrukce. Tento typ konstrukcí má oproti plastovým konzolám jednu velkou přednost. Konstrukce se obvykle vyrábí na míru, tím pádem je umožněno vyrobit konstrukci s ideálním

požadovaným sklonem a směrem natočení solárních panelů. Použitím tohoto typu konstrukce dojde k maximalizaci výnosu z fotovoltaické elektrárny. [22]



Obrázek č. 29: Alu konstrukce upevnění pro ploché střechy. [21]

KONSTRUKCE PRO VOLNÁ PROSTRANSTVÍ

Stejné řešení jako u plochých střech se používá u větších elektráren postavených na volných prostranstvích s tím rozdílem, že konstrukce se spojuje pevně se zemí a to buď závrtnými šrouby, pozinkovanými profily zatlačenými do země, nebo betonovými základy. Tyto konstrukce bývají komplikované a nákladné, protože musejí odolávat mnohem tvrdším povětrnostním podmínkám a vlivům, zejména pak silnému větru. [8]



Obrázek č. 30: Konstrukce upevnění pro volná prostranství. [23]

POLOHOVACÍ SYSTÉMY

Dalším možným řešením upevňovací konstrukce solárních panelů jsou takzvané trackery. Trackery spadají do kategorie polohovacích systémů, které mají z hlediska využití solární energie největší potenciál. Tyto polohovací systémy se rozdělují na jednoosé a dvouosé polohování. Jednoosé polohování spočívá v otáčení fotovoltaických panelů za sluncem kolem vodorovné roviny. U tohoto typu je výtěžitelnost solární energie vyšší o zhruba 5 – 10 % oproti pevným instalacím. U dvouosého polohování je otáčení konstrukce fotovoltaických panelů doplněna o možnost elevace (odklon od vodorovné roviny). Tracker se automaticky otáčí a naklání panely ke slunci dle jeho astronomické dráhy. Umožňuje tedy maximální výtěžnost z fotovoltaického systému. Zjištěné zkušenosti hovoří o 30 až 35 procentním nárůstu výtěžitelnosti sluneční energie oproti běžným pevným instalacím. Nevýhodou ovšem zůstávají zvýšené počáteční náklady na mechanismus konstrukce, vlastní spotřeba elektrického proudu a nutná údržba celého chodu systému. [8]



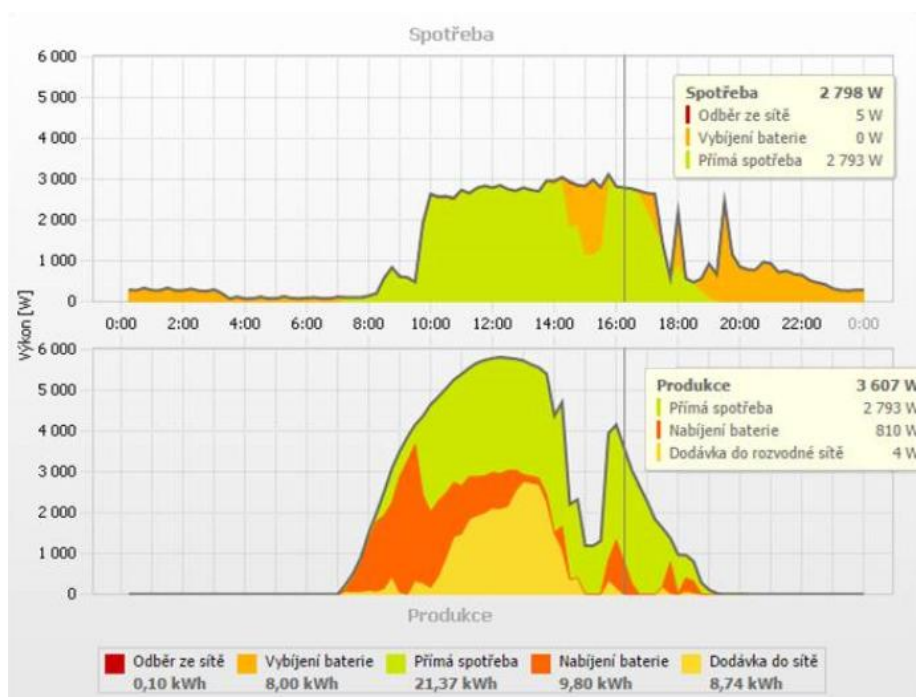
Obrázek č. 31: Konstrukce polohovacích systémů. [23]

AKUMULAČNÍ BATERIE

Akumulační baterie se využívají obvykle u jednoduchých střešních elektráren o výkonu od 3 do 200 kWp. Jedná se o klasickou fotovoltaickou elektrárnu, která je doplněna systémem akumulace energie do baterií. Vyrobena elektřina se spotřebovává v domě v běžných spotřebičích, jako jsou lednice, osvětlení, televize atp. Pokud výroba elektřiny z FVE byla větší, než je aktuální spotřeba domu, bude elektřina posílána bez užitku do distribuční soustavy. Pro tyto případy je vhodné FVE rozšířit o vhodný systém akumulace energie, který zajišťuje využívání sluneční energie z baterií i po západu slunce. Baterie také slouží k ochraně spotřebičů před výpadky sítě. [20]



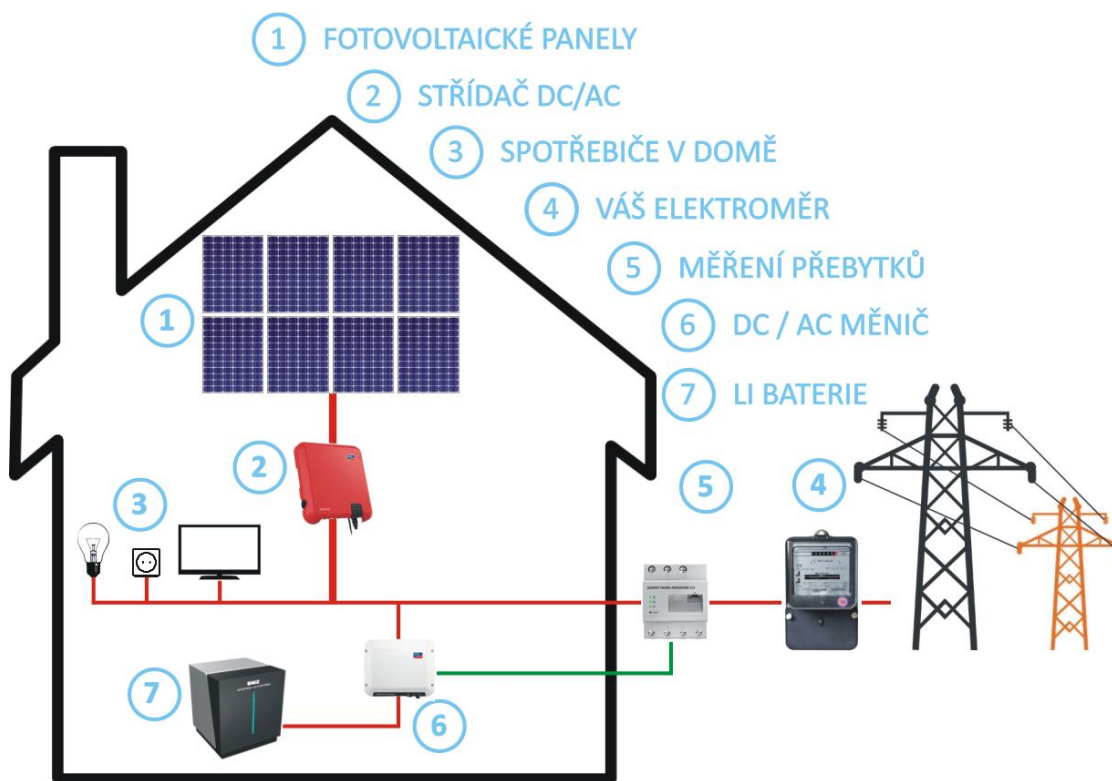
Obrázek č. 32: Akumulační baterie pro FVE s kapacitou 5,4 kWh. [23]



Obrázek č. 33: Příklad spotřeby a produkce energie včetně dobíjení baterií. [20]

ZAPOJENÍ BATERIOVÉHO STŘÍDAČE

Existují dva různé způsoby zapojení baterií a bateriového měniče u fotovoltaických panelů. První způsob zapojení se nazývá AC – Coupling. Jedná se o zapojení baterie a bateriového měniče přímo na rozvody střídavého proudu (AC) v domě. Energie je z fotovoltaických panelů generována v podobě stejnosměrného proudu (DC), která je následně pomocí fotovoltaického měniče přeměněna na střídavý proud. Bateriový měnič je zapojen do stejné sítě, jako fotovoltaický střídač, který využívá přebytečnou nespotřebovanou energii střídavého proudu do baterií v domě. V případě nedostatku energie pro potřebu v domě dodává bateriový měnič do rozvodů energii z baterií. [20]

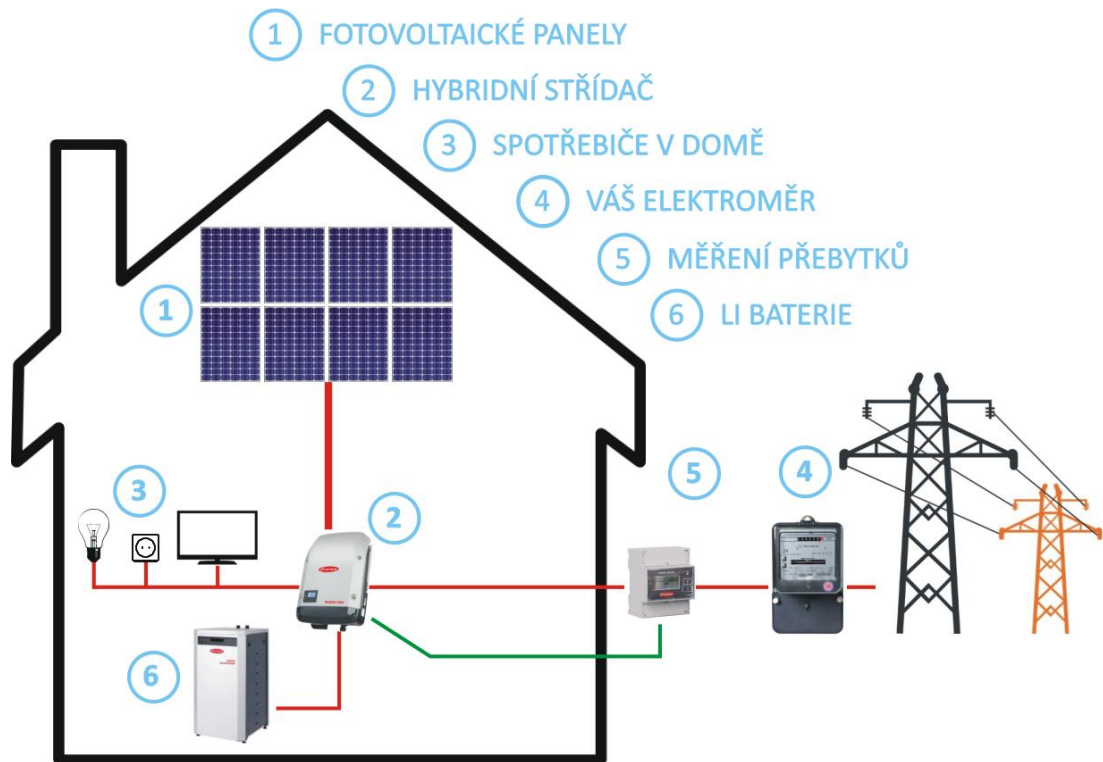


Obrázek č. 34: Schéma zapojení bateriového střídače. [20]

ZAPOJENÍ HYBRIDNÍHO STŘÍDAČE

Druhým způsobem zapojení se nazývá DC – Coupling. Tento typ využívá především takzvané hybridní měniče. Fotovoltické panely vyrobí energii, která je ve formě stejnosměrného proudu dodávána do hybridního měniče a následně putuje do akumulační baterie. Hybridní měnič je propojen s rozvody střídavého proudu v domě, který přes integrovaný měnič stejnosměrného a střídavého proudu dodává

energii střídavého proudu z baterie do rozvodů v domě. Veškerá vyrobená energie, která se vyrobí z fotovoltaických panelů, prochází přes baterii. [20]



Obrázek č. 35: Schéma zapojení hybridního střídače. [20]

2.3 DOTAČNÍ PROGRAMY

2.3.1 NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM

O PROGRAMU

Nová zelená úsporám je program Ministerstva životního prostředí, který je administrovaný Státním fondem životního prostředí České republiky. Tento program podporuje energeticky úsporné rekonstrukce bytových a rodinných domů. Program se dále zaměřuje na využívání obnovitelných zdrojů energie a výměnu nevyhovujících zdrojů vytápění. Z hlediska ekonomiky představuje potenciální rozvoj podnikatelské sféry ve stavebnictví, strojírenství a dalších oborech. Další předností programu Nová zelená úsporám je snížení míry nezaměstnanosti a tvorba nových pracovních míst. [24]

CÍLE PROGRAMU

Programu byl vytvořen k mnoha účelům. Jedním a zároveň za prioritní účel můžeme považovat snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů, mezi které řadíme především emise oxidu uhličitého nebo zlepšení stavu životního prostředí. Dalším využití najdeme v úspoře energie v konečné spotřebě, stimulace ekonomiky České republiky s dalšími sociálními přínosy, mezi které se řadí například zlepšení vzhledu měst a obcí, zvýšení kvality bydlení občanů nebo nastartování dlouhodobých progresivních trendů ohledně využívání novodobých systémů. [24]

FINANČNÍ ZDROJE PROGRAMU

Na tento program získala Česká republika finanční prostředky prodejem takzvaných emisních povolenek EUA (European Union Allowance) dle zákona č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, ve znění pozdějších předpisů v rámci EU ETS (Emissions Trading System) v období 2013 až 2020. Státní rozpočet České republiky zajišťuje financování Programu. [24]

V roce 2005 začal být uplatňován systém EU pro obchodování s emisemi. Jejich cílem je podpořit snižování emisí skleníkových plynů ekonomicky účinným způsobem a nákladově efektivním. Omezuje objem skleníkových plynů, které mohou energeticky náročná průmyslová odvětví, výrobci energie a letecké společnosti vypouštět do ovzduší. [24]

Do roku 2030 je jedním z hlavních cílů snížit emise skleníkových plynů v EU. Ve srovnání s úrovněmi emisí v roce 1990 je snaha snížit emise o 40 procent oproti původním hodnotám. Na této podmínce se dohodla Evropská rada v rámci politiky v oblasti klimatu a energetiky. Vzhledem k tomu, že systém EU ETS bude hlavním nástrojem pro dosažení tohoto cíle, je nutná jeho reforma k zajištění dobře fungujícího systému. [24]

Evropská unie nedávno přijala rozhodnutí o vytvoření rezervy tržní stability pro systém EU ETS. Tento krok je považován za první krok této reformy. Cílem této rezervy je učinit tento systém odolnější ve vztahu k nerovnováze mezi nabídkou a poptávkou, odstranit přebytek emisních povolenek, který se v systému EU ETS vytvořil za poslední roky. [24]

V červenci roku 2015 předložila Komise druhý návrh. Tento návrh představuje obsáhlejší revizi Systému. Cílem tohoto návrhu je zohlednit pokyny Evropské rady ohledně úlohy, kterou by měl Systém uzákonit a hrát při dosažení cíle EU v oblasti snížení emisí skleníkových plynů do roku 2030 důležitou roli. Cílem navrhovaných změn je rovněž využívání nízkouhlíkových technologií, podpoření inovací a přispívání vytváření nových pracovních příležitostí a současně zachovat ochranu konkurenceschopnosti průmyslu v Evropě a pro ně nezbytné záruky. [24]

CHARAKTERISTIKA ŽÁDOSTÍ O DOTACE

Program podporuje opatření, která vedou ke snížení energetické náročnosti budov. Jsou to zejména zateplení obvodových plášťů a výměny výplní dveří a oken v budovách, podpora výstavby nových budov a objektů s velmi nízkou energetickou náročností, které se svými vlastnostmi blíží pasivnímu standardu, výměny neekologických zdrojů tepla za ekologické a efektivnější zdroje, jakými jsou například kotle na biomasu, tepelná čerpadla nebo plynové kondenzační kotle. Další využití Programu najdeme v instalaci technologií využívajících obnovitelné zdroje energie, mezi které patří solární termické a fotovoltaické systémy, a rekuperace tepla z odpadního vzduchu, kterými jsou jednotky nuceného větrání s rekuperací. V neposlední řadě patří do skupiny rovněž realizace zelených střech. Princip přiznání výše dotace je velmi jednoduchý. Čím více je snížena energetická náročnost budovy po realizaci ekologického opatření, tím vyšší je částka finanční podpory. [24]

DĚLENÍ DOTAČNÍHO PROGRAMU

Program Nová zelená úsporám se dělí na dva podprogramy. Do prvního podprogramu řadíme požadavky na rodinné domy a druhého požadavky na bytové domy. Každý podprogram obsahuje definice oblasti podpory, které jsou označeny velkými písmeny. [24]

OBLASTI PODPORY PRO RODINNÉ DOMY

A. Snížování energetické náročnosti stávajících rodinných domů

Mezi dotace na zateplení obálky budovy se řadí výměna oken a dveří, střechy včetně vegetačních, stropu, podlahy, obvodových stěn, zateplením. Podpora v této skupině se vztahuje jak na dílčí, tak na komplexní opatření. [24]

B. Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností

Do této oblasti spadají dotace na výstavbu nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností. Měrná spotřeba energie na vytápění se pohybuje v hodnotách do 50 kWh/m²/rok, mezi které se řadí nízkoenergetické domy, ideálně pak pasivní domy, u kterých spotřeba energie na vytápění nepřesáhne 15 kWh/m²/rok. [24]

C. Efektivní využití zdrojů energie

Dotační kategorie efektivního využití zdrojů energie obsahuje výměny původních hlavních zdrojů tuhých fosilních paliv, které nedosahují parametrů 3. emisní třídy za efektivní ekologicky šetrné zdroje. Dále do tohoto odvětví patří výměny elektrického vytápění za systémy s využitím tepelného čerpadla, instalace termických a fotovoltaických systémů a instalace systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu. [24]

PODMÍNKY OBLASTI PODPORY C

Vzhledem k tématu diplomové práce jsou zde popsány možné dotační oblasti, které souvisí s fotovoltaickými panely, respektive fotovoltaickou elektrárnou na rodinném domě.

MAXIMÁLNÍ VÝŠE DOTACE

Výše dotační podpory je dána fixní částkou podle typu pořízeného nového zdroje nebo systému a podoblasti podpory. Celková výše dotační podpory na jednu žádost je omezena maximálně na 50 procent řádně doložených způsobilých výdajů a služeb. V Moravskoslezském a Ústeckém kraji je zvýšena dotace na realizaci opatření z oblasti podpory C v rodinných domech o 10 procent. Toto navýšení se avšak nevztahuje na podoblast podpory C. 5, která obsahuje podporu na zpracování odborného posudku a zajištění měření průvzdušnosti obálky budovy a dále na podoblast C. 6, která obsahuje zvýhodnění při použití výrobků se zpracovaným environmentálním prohlášením typu III. [24]

PODPOROVANÉ TYPY SYSTÉMŮ

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

Tabulka č. 2: Rozdělení dotační podpory podle podmínek využití a výše jejich podpory [24]

PODOBLAST PODPORY C. 3

Tato podoblast podporuje instalace solárních termických a fotovoltaických systémů do novostaveb rodinných domů, rozestavěných domů a též dokončených rodinných domů. O dotaci v této podoblasti může vlastník domu požádat pouze jednou za dobu trvání Programu na jeden rodinný dům, a to i v případě, že rodinný dům obsahuje více bytových jednotek. Jednou z výjimek, která umožňuje žádat dodatečně, je kombinace solárního systému určeného pro ohřev teplé vody, do které spadají podoblasti podpory C. 3.1, C. 3.2 nebo C. 3.3, s fotovoltaickým systémem s podoblastí podpory C. 3.5, C. 3.6 nebo C. 3.7 s nutnou akumulací elektriny do akumulčních baterií. [24]

Dále se dotační podpora nově vztahuje také na rozšíření stávajícího solárního systému, na který již byla čerpána podpora z programu Nová zelená úsporám. Podpora se vztahuje na rozšiřování solárního systému z podoblasti podpory C. 3.1 na

podoblast podpory C. 3.2 splňující podmínky pro solární systém, a zároveň se vztahuje na rozšíření fotovoltaických systémů z podoblastí podpor C. 3.3, C. 3.4, C. 3.5 nebo C. 3.6 a to v případě, že se bude přecházet na některý z vyšších podporovaných fotovoltaických systémů. [24]

Ve vybraných případech je možné poskytnout podporu v této oblasti na rodinné domy s velmi nízkou energetickou náročností, které byly již dříve podpořeny a na jejichž výstavbu byla poskytnuta podpora z programu Nová zelená úsporám v oblasti podpory B nebo Programu Nová zelená úsporám 2013. [24]

Kombinací vybraných stávajících solárních systémů s novými, které byly již v minulosti podpořeny z jiných dotačních titulů a měli by sloužit ke stejnému nebo obdobnému účelu, nelze poskytovat dotační podporu. [24]

Dále je zde podmínka, aby při podání žádosti před dokončením rodinného domu, byla nejpozději v okamžiku doložení dokumentů prokazujících řádné dokončení realizace podporovaných opatření (tj. dokumentů pro vydání Registrace a rozhodnutí) prokázáno řádné dokončení rodinného domu. Je proto nutné doložit výpis z katastru nemovitostí k novostavbě. [24]

V rámci dotační podoblasti C. 3.1 je možné využít přebytečné teplo v systému vytápění k propojení se systémem ústředního topení. Fotovoltaické systémy na přípravu teplé vody s přímým ohřevem jsou též podporovány a spadají do podoblasti C. 3.3. Na fotovoltaické systémy s podporou v podoblasti C. 3.4, C. 3.5, C. 3.6 a C. 3.7 se poskytuje podpora pouze na systémy připojené k distribuční soustavě po 1. 1. 2016. V těchto podoblastech podpory nesmí být maximální instalovaný výkon fotovoltaického systému vyšší než 10 kWp. [24]

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C.3.4	C.3.5	C.3.6	C.3.7
Celkový využitelný zisk	$Q_{ss,u}$	$\geq 1\,700$	$\geq 1\,700$	$\geq 3\,000$	$\geq 4\,000$
	[kWh.rok ⁻¹]				
Minimální míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby	[%]	70	70	70	70
Akumulace přebytků energie do teplé vody	-	Povinná	Možná	Možná	Možná
Minimální měrný objem zásobníku teplé vody nebo akumulární nádrže	[l.kW _p ⁻¹]	80(120)	-	-	-
Akumulace přebytků energie do elektrických akumulátorů	-	Možná	Povinná	Povinná	Povinná
Minimální měrná kapacita akumulátorů	[kWh.kW _p ⁻¹]	-	1,75/1,25	1,75/1,25	1,75/1,25

Tabulka č. 3: Podmínky dotační podpory podoblastí C. 3.4 až C. 3.7 [24]

ŽADATELÉ O DOTAČNÍ PODPORU

Mezi jednotlivé žadatele a příjemce podpory se řadí vlastníci nebo stavebníci rodinných a bytových domů, kterými jsou fyzické podnikající nebo nepodnikající osoby, společenství vlastníků jednotek, bytová družstva, dále mohou žádat jednotlivá města a obce včetně jejich přilehlých částí, podnikatelské subjekty, popřípadě další právnické osoby. [24]

PŘÍJEM ŽÁDOSTÍ

Elektronické žádosti o podporu jsou přijímány prostřednictvím webového rozhraní informačního systému. Příjem žádostí je možný před zahájením, v průběhu nebo po dokončení realizace podporovaných dotačních opatření. Pro získání dotace jsou považovány za způsobilé pouze výdaje za služby nebo dodávky, které jsou prokazatelně zahájené a provedené po rozhodném datu. Toto datum je stanoveno na dobu 24 měsíců před datem zaevidování žádosti do informačního systému. Zároveň nesmí být dodávky nebo služby dřívějšího data než 1. 1. 2014. Stanovené datum platí pro podprogram rodinných domů. V rámci bytových domů nesmí být evidovány dříve než 1. 1. 2015. V rámci programu lze o dotaci žádat až do roku 2021. [35]

POSTUP VYŘÍZENÍ ŽÁDOSTÍ

Před podáním žádosti o dotaci je nezbytné učinit několik kroků. Prvním nutným krokem ke splnění podmínek pro zařazení do programu je zpracování odborného posudku oprávněnou osobou. Odborný posudek se skládá z vypracování projektové dokumentace a energetického hodnocení budovy. [35]

Po zpracování odborného posudku je nutné podat žádost o ohlášení stavby FVE, pokud bude systém nainstalován na střešní konstrukci nebo plášť domu, na příslušný stavební úřad. Stavební úřad s žadatelem projedná záměr a vydá rozhodnutí. V případě zamítnuté žádosti se upraví odborný posudek s jeho zpracovatelem. [35]

Dále je nezbytné vyplnit krycí list, který obsahuje technické parametry. Tento list je přílohou žádosti o podporu. Musí být řádně vyplněn a podepsán žadatelem a zpracovatelem energetického posouzení. Po vyplnění se předkládá v papírové a zároveň elektronické podobě prostřednictvím elektronické evidence žádostí. Formulář je uveden v příloze a je k dispozici na internetových stránkách Programu. [35]

Po splnění výše uvedených podmínek je podána elektronická žádost o podporu. Žádost se podává prostřednictvím internetového registračního formuláře, kde se dotyčný zaregistruje a vyplní potřebné údaje. Pomocí tohoto programu bude dotyčný komunikovat s Fondem. Po vyplnění všech potřebných údajů a příloh je zaslána elektronická žádost o dotaci. Poté je nutné veškeré dokumenty (formulář žádosti o podporu, odborný posudek, krycí list technických parametrů) v papírové podobě doručit na příslušný Krajský Fond. Termín pro doručení papírové podoby žádosti je stanoven na 5 kalendářních dní od podání elektronické žádosti.[35]

Dále nastává lhůta 21 dní, kdy Fond zkontroluje žádost spolu se všemi dokumenty z hlediska formální a obsahové stránce. Po odsouhlasené kontrole následuje detailnější kontrola, při které se zkoumá správnost žádosti. Tato kontrola je stanovena na lhůtu 21 dní. V případě správnosti informuje Fond žadatele o její akceptaci, ve které jsou stanoveny lhůty pro realizaci opatření. Tyto lhůty jsou stanoveny pro oblast podpory A na 18 měsíců, pro oblast podpory B na 24 měsíců a pro oblast podpory C na 9 měsíců. [35]

Po řádném dokončení realizace provede Fond závěrečnou kontrolu. Pokud nejsou zjištěny nedostatky, prohlásí Fond opatření za bezchybné a vydá Registraci akce a Rozhodnutí o poskytnutí dotace. Tuto registraci žadatel podepíše úředně

ověřeným podpisem a zašle zpět. Po zaslání registrace s podpisem je dotace vyplacena žadateli do 21 dní. [35]

STATISTIKY PROGRAMU

Ministerstvu životního prostředí se do konce roku 2018 podařilo podpořit 24.566 žádostí z programu Nová zelená úsporám (NZÚ). Na všechny tyto žádosti byla uvolněna dotace za 4,8 miliardy korun. Celkové zdroje Programu se odhadují na 23 miliard za období let 2013 až 2021. Předpokládaný odhad poskytnuté podpory je o čtyři miliardy vyšší než skutečný stav. V roce 2018 přijal úřad 9909 žádostí za více než 3,5 miliardy korun, ze kterých bylo proplaceno 7532 žádostí v celkové výši 1,76 miliardy korun. Dle aktuálního odhadu by mělo z celkových 23 miliard být vyhrazeno ve výši 16,1 miliardy na rodinné domy, 2,6 miliardy na bytové domy a 3,2 miliardy korun na budovy ve veřejném sektoru. Administrativní poplatky pak zaujímají zhruba miliardu. [49]

Součástí statistiky jsou též celkové úspory v konečné spotřebě energie, které by měly díky dotacím dosáhnout jednotlivé oblasti. Úspora u rodinných domů hovoří o 560 terajoulů (TJ) na miliardu dotace, u bytových domů o 855 TJ a u budov veřejného sektoru o 200 TJ na miliardu. V přepočtu na aktivní žádosti do prosince 2018 jsou předpokládané úspory konečné spotřeby energie 3584 TJ u rodinných domů při dosavadní alokaci 6,4 miliardy korun, 385 TJ u bytových domů s vyčleněnými 0,45 miliardy a 340 TJ u budov veřejného sektoru s dotací 1,7 miliardy korun.[49]

ODBORNÝ POSUDEK

Odborný posudek se přikládá k žádosti o poskytnutí jednorázové dotace. Z tohoto posudku musí být patrný stav domu jako celku, dále velikost a způsobu provedení navrhovaných opatření a v neposlední řadě musejí být splněny podmínky stanovené Programem. Z tohoto posudku se zároveň vypočítává výše podpory. Odborný posudek obsahuje projektovou dokumentaci instalovaného systému a energetické hodnocení budovy. [35]

V rámci dotačního programu je možné získat jednorázovou dotaci na odborný posudek. Výše této dotace je stanovena pro kategorii podoblasti C. 3. na částku 5 000 Kč. [35]

OPRÁVNĚNÍ ZPRACOVÁVAT PROJEKTOVOU DOKUMENTACI

Zpracovávat projektovou dokumentaci je umožněno pouze autorizovaným osobám podle zákona č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů. V rámci fotovoltaických systémů mohou projektovou dokumentaci zpracovávat oprávněné osoby dle § 10 vyhlášky Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 50/1978 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice, ve znění pozdějších předpisů. [35]

Pro podoblast podpory C.3. musí rozsah projektové dokumentace obsahovat technickou zprávu, ve které je specifikován popis stávajícího stavu a navrhovaných opatření. Při komplikovanějších opatření též odůvodnění navrhovaného řešení. Technická zpráva musí při návrhu fotovoltaického systému obsahovat též popis opatření k zajištění požární bezpečnosti v souladu s vyhl. č. 23/2008 Sb., O technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění pozdějších předpisů. [35]

Součástí projektové dokumentace je též výkresová část. Ta by měla obsahovat především půdorys střechy nebo dané konstrukce, na které bude systém instalován. Dále by zde mělo být zakreslena orientace vůči světovým stranám, sklon, stínící překážky, rozvody a popis instalovaných prvků fotovoltaického systému. Veškerá výkresová dokumentace musí být provedena ve vhodném měřítku úměrné velikosti instalovaného systému. V rámci fotovoltaických systémů je požadované zakreslení zjednodušeného schématu systému, kde je znázorněno propojení jednotlivých komponent, včetně napojení na stávající síť. [35]

OPRÁVNĚNÍ ZPRACOVAT ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOV

Zpracování energetického hodnocení budovy je oprávněn provádět a zpracovávat energetický specialista, který je držitelem oprávnění podle § 10 odst. 1 zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. Tato osoba je oprávněná zpracovávat energetický audit, energetického posudek a průkaz energetické náročnosti budovy. V rámci podpory podoblasti C.3 může provádět energetické hodnocení též osoba s autorizací podle zákona č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů. Dále je povoleno provádět energetické hodnocení fotovoltaických systémů

osobám, které jsou držiteli platných oprávnění dle § 10 vyhlášky Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 50/1978 Sb. o odborné způsobilosti v elektrotechnice, ve znění pozdějších předpisů. [35]

Pro fotovoltaické systémy propojené s distribuční soustavou (podoblast podpory C.3.4, C.3.5, C.3.6, C.3.7) je stanoven minimální rozsah energetického hodnocení. Na základě výpočtu množství vyrobené elektřiny a požadovaného množství spotřebované elektřiny v místě výroby se provádí výpočet ročního předpokládaného provozu fotovoltaického systému v hodinovém kroku. [35]

2.3.2 OPERAČNÍ PROGRAM PODNIKÁNÍ A INOVACE PRO KONKURENCESCHOPNOST (OP PIK)

Program je zaměřen na snížení energetické náročnosti a zvýšení energetické efektivity podnikatelského sektoru na území ČR, mimo Hl. města Prahy. Cílem tohoto programu je podporovat opatření, které přispívá k úspoře spotřeby energie. Program je zaměřen na malé, střední i velké podniky. Výše dotační podpory se pohybuje na základě jejich velikosti od 500 000 Kč do 400 000 000 Kč. Aby bylo možné dosáhnout dotační podpory, musí malý podnik (do 49 zaměstnanců) prokázat 50 % způsobilých výdajů, střední podnik (50 až 249 zaměstnanců) prokázat 40 % způsobilých výdajů a velký podnik (více jak 250 zaměstnanců) prokázat 30 % způsobilých výdajů. V současné době je program otevřen do konce dubna 2020. [37]

Program se vztahuje na modernizace a rekonstrukce rozvodů elektřiny, plynu a tepla, zavedení řídicích systému měření spotřeby energie, rozšiřování a rekonstrukce zařízení na výrobu energie pro vlastní účely, snižování energetické náročnosti výrobních a technologických procesů, instalace OZE pro vlastní spotřebu a její akumulace. [37]

Klíčovými hodnotícími kritérii jsou efektivní poměry investice vůči snížení emisí v kilogramech CO₂ za rok, výše úspory elektrické nebo tepelné energie oproti původnímu stavu a kvalitně zpracovaný rozpočet projektu FVE. [37]

2.3.3 INTEGROVANÝ REGIONÁLNÍ OPERAČNÍ PROGRAM (IROP)

Integrovaný regionální operační program navazuje na sedm regionálních operačních programů a částečně na Integrovaný operační program z programového období od 2007 do 2013. Mezi hlavní priority operačního programu patří rozvoj území, zkvalitňování infrastruktury, zlepšování veřejné správy a veřejných služeb.

Mimo výše uvedené usiluje operační program o zajištění udržitelného rozvoje v obcích, městech a regionech na území ČR. Tyto integrované nástroje představují významnou část IROP, kde pokrývají 28 % z celkové alokace IROP. Program je financován pouze z Evropského fondu pro regionální rozvoj (EFRR). [39]

SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI V SEKTORU BYDLENÍ

Ministerstvo pro místní rozvoj ČR vyhlásilo dne 1. července 2016 výzvu č. 37 k podávání žádostí o podporu na snížení energetické náročnosti v sektoru bydlení z Integrovaného regionálního operačního programu. [42]

Tato podporovaná dotace je poskytována pro bytové domy na území ČR mimo hl. m. Prahy. Na území hl. města Prahy poskytuje dotační podporu pro obdobná opatření program Nová zelená úsporám. Bytový dům je charakterizován domem s minimálně čtyřmi bytovými jednotkami, kde více než polovina podlahové plochy splňuje požadavky na bydlení. Podporována je řada aktivit, které přispívají k energetickým úsporám domů. Tyto opatření je možné vzájemně kombinovat a zvýšit tím jejich efektivnost. Mezi tyto opatření patří například zateplení obvodových konstrukcí nebo výměna oken, které lze současně provést s výměnou zdroje tepla nebo instalaci systémů získávající energie z OZE. [42]

Žadatelé, kteří mohou žádat o dotační podporu, mohou být vlastníci bytových domů a společenství vlastníků jednotek. Výjimku tvoří fyzické nepodnikající osoby vlastníci bytový dům. Pro žadatele je připraveno celkem 3,5 mld. Kč z Evropského fondu pro regionální rozvoj, národní spolufinancování činí maximálně 5,25 mld. Kč. Celková výše způsobilých výdajů na jeden projekt se pohybuje od 300 000 Kč do maximální výše 90 000 000 Kč. [42]

Žádosti o podporu bylo možné podávat od 15. července 2016 do 12. ledna 2018. U projektů, které dosahovaly celkových způsobilých výdajů do 5 mil. Kč, byla doba realizace stanovena do 30. září 2019. U projektů s výdaji nad 5 mil. Kč byla posunuta doba, do kdy musí být hotová realizace, na 30. září 2020. [42]

ENERGETICKÉ ÚSPORY V BYTOVÝCH DOMECH III

Dne 12. ledna 2018 byla vyhlášena nová výzva č. 78 *Energetické úspory v bytových domech III.*, na podporu energetických úspor v bytových domech, která navazuje na výzvu č. 37. Tato nová výzva přináší celkem 3,5 mld. Kč z Evropského fondu pro regionální rozvoj (EFRR) na zateplování, výměnu oken a dveří nebo výměnu zdroje tepla pro bytové domy mimo Prahu. Podporovaná opatření a výše

podpory jsou stejná jako v 37. výzvě *Energetické úspory v bytových domech II.*, ovšem byly provedeny změny, které značně zjednodušili podání žádosti o dotační podporu. Mezi tyto změny patří především jednoduchý krycí list, který slouží jako součást podkladů pro hodnocení. Jeho úkolem je žadateli významně pomoci s výčtem indikátorů, které jsou povinné k výběru dotace. Mezi oprávněnými příjemci se nově zařadilo též bytové družstvo jako správce budovy. Tedy nikoli pouze jako vlastník, jak tomu bylo v předchozí výzvě. V této výzvě byla též provedena změna definice bytového domu. Došlo ke zmírnění definice, která se nově řídí v souladu s vyhláškou č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. Limitem tedy již nebudou minimálně 3 bytové jednotky, ale nadále platí, že dům bude sloužit k užívání jakožto bytový dům a zapsán v katastru nemovitostí jako bytový dům nebo objekt k bydlení. Nové opatření se nadále nebude zajímat o podporované objekty zapsané v katastru nemovitosti, kterými jsou rodinné domy nebo víceúčelová stavba. [43]

3 VÝZKUMNÁ ČÁST

3.1 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je navržení FVE systému a jeho efektivní využití pro snížení nákladů za elektrickou energii na rodinném domě za pomoci řídicí jednotky miniserveru Loxone. Dílčím cílem práce je environmentální hodnocení FVE systému.

3.2 ÚKOLY PRÁCE

Z výše uvedených cílů vyplynuly následující úkoly:

1. Prostudování dostupné odborné literatury se vztahem ke zvolené tématice a následné zpracování získaných poznatků a teoretických východisek.
2. Analýza energetických potřeb vybraného rodinného domu.
3. Návrh a následná realizace FVE systému.
4. Sledování průběhu výroby a využití energie FVE systému v délce 12 - ti měsíců.
5. Utřídění, editování a zpracování získaných dat, provedení analýzy a vyhodnocení získaných výsledků.
6. Porovnání instalovaného systému FVE s alternativním řešením.
7. Stanovení závěrů a environmentální hodnocení.

3.3 VÝZKUMNÝ PŘEDPOKLAD

Realizací fotovoltaické elektrárny o výkonu 9,9 kWp na rodinném domě, dojde ke snížení ročních nákladů za elektrickou energii dodávanou z distribuční sítě o 50%.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 POPIS A UMÍSTĚNÍ RODINNÉHO DOMU

Prvním krokem správného návrhu fotovoltaické elektrárny pro rodinný dům je zjištění energetických potřeb rodinného domu. Po zjištění energetických potřeb je určen potřebný výkon FVE pro optimální využití fotovoltaického systému. Při návrhu je též zapotřebí zohlednit veškeré faktory, které by mohly ovlivnit účinnost a funkčnost systému. Jedná se především o sklon a orientaci panelů v souvislosti s dopadajícím slunečním zářením, umístění objektu vzhledem k zeměpisným a výškovým souřadnicím, počasím a oblačností v dané lokalitě. Dále se musí zohlednit okolí stavby či pozemku, jestli nejsou solární panely stíněny okolními objekty nebo stromy, které by negativně ovlivňovaly výkon FVE.

Rodinný dům se nachází v Jihočeském kraji v obci Dolní Bukovsko v nadmořské výšce 466 m. n. m. Obec leží 25 km severně od Českých Budějovic. Dům se nachází v rodinné zástavbě. Je určen pro 3 až 4 člennou rodinu. Dům je řešen jako jednopodlažní se sedlovou střechou o sklonu 20°. Celková půdorysná plocha domu je 200 m². Střešní konstrukce je řešena pomocí krokví, kleštín a vazných trámů. Mezi krokvemi je vložena skládaná tepelná izolace tl. 250 mm. Střechu pokrývá střešní betonová krytina. Celková plocha střešní konstrukce je 260 m² a je orientována na jižní a severní světovou stranu. Využitelná plocha pro instalaci panelů je 120 m². Obvodové nosné zdivo je vystavěno z broušených cihel Heluz 440 Family a tepelnou fasádní izolací EPS tloušťky 120 mm.



Obrázek č. 36: Poloha objektu [44]



Obrázek č. 37: Pohled na rodinný dům (vlastní zpracování)

4.1.1 ENERGETICKÁ POTŘEBA TEPLA PRO OHŘEV TV

Jedním z požadavků pro určení energetické náročnosti rodinného domu je určení potřebného tepla pro přípravu teplé užitkové vody. Z následujících vzorců určíme potřebné teplo:

$$Q_{TUV,d} = (1+z) * \frac{\rho * c * V_{2p} * (t_2 - t_1)}{3600}$$

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

kde: $Q_{TUV,d}$ - denní potřeba tepla pro ohřev TV [kWh]

z - koeficient energetických ztrát systému (uvažujeme u rozvodů novostaveb maximálně 0,5) [-]

ρ – měrná hmotnost vody [kg/m³]

c – měrná tepelná kapacita vody [J/kgK]

V_{2p} - potřeba teplé vody na 1 den [4x0,083 = 0,332 m³]

t_2 – teplota ohřáté vody [°C]

t_1 – teplota studené vody [°C]

$Q_{TV,r}$ – roční potřeba tepla pro ohřev TV [MWh]

d – délka topného období [dny]

t_{svl} – teplota studené vody v létě [°C]

t_{svz} – teplota studené vody v zimě [°C]

N – počet pracovních dní topné soustavy v roce [dny]

$$Q_{TV,d} = (1+0,5) * \frac{1000*4186*0,332*(55-10)}{3600}$$

$$Q_{TV,r} = Q_{TUV,d} * 244 + 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{(55-15)}{(55-5)} * (365-244)$$

$$Q_{TV,d} = 26,1 \text{ kWh}$$

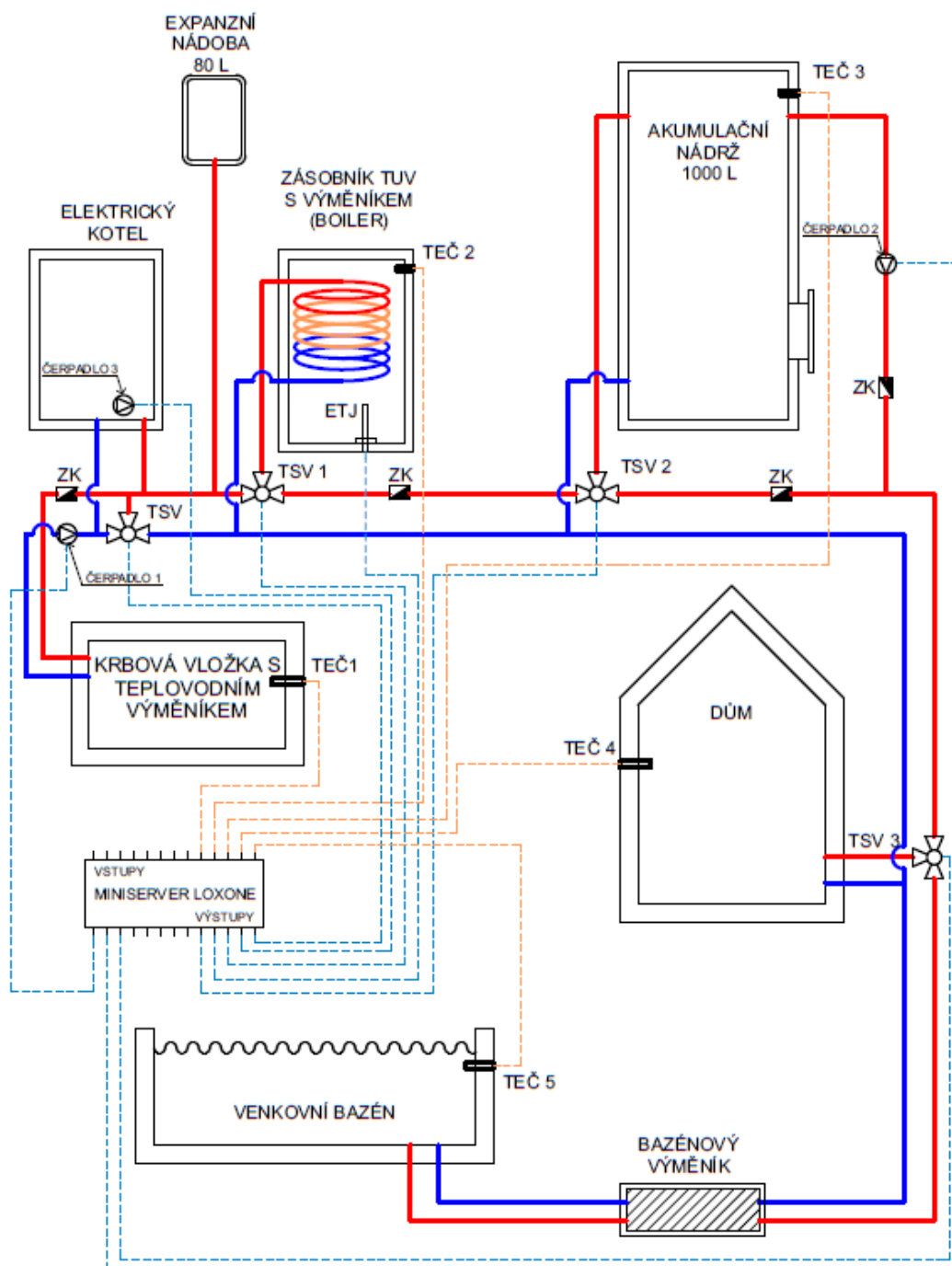
$$Q_{TV,r} = 8,4 \text{ MWh}$$

Po dosazení všech vzorců a hodnot pomocí portálu TBZ-info [25] byl proveden výpočet. Jelikož se rodinný dům nachází v Jihočeském kraji v obci Dolní Bukovsko, které spadá do okresu České Budějovice, je doba topného období uvažována pro České Budějovice, tj. 244 dní. Objem boileru je 160 litrů. Podle normy ČSN EN 12831-3 splňuje boiler požadavek na potřebu teplé vody jedné osoby v domě.

4.1.2 VYTÁPĚNÍ V RODINNÉM DOMĚ

Vytápění rodinného domu je zajištěno pomocí elektrického kotle Cosmotherm E o výkonu 12 kW a krbové vložky s teplovodním výměníkem Edilkamin acquatondo 29 o výkonu 29 kW s možností ukládání tepla do akumulární nádrže o objemu 1000 litrů. Na jižní a východní straně objektu jsou umístěny velkoformátové okenní rámy s izolačními trojskly o celkové ploše 20 m², které jsou využívány v jarních a podzimních měsících jako zdroj tepelné (sluneční) energie. Pro vytápění domu je použito standardních deskových radiátorů Korado a axiálních podlahových konvektorů. Všechny systémy domu jsou řízeny pomocí inteligentního miniserveru Loxone. Tento systém zajišťuje zabezpečení rodinného domu, ovládání garážových vrat, předokenních žaluzií, markýzy, vnitřního a vnějšího osvětlení domu a kompletního systému vytápění. Vlastní systém vytápění je tvořen krbovou vložkou s výměníkem, elektrickým kotlem, zásobníkem TV se spirálovým výměníkem,

akumulační nádrží a bazénovým výměníkem. Předávání teploty v jednotlivých místnostech je zajištěno systémem podlahového vytápění. V případě požadavku na teplotu v domě, dojde k vyslání signálu do miniserveru, který jej vyhodnotí a vyšle signál aktuálnímu zdroji tepla dle nastavených priorit. V našem případě nejprve k akumulační nádrži (Čerpadlo 2), pokud je zde teplota vyšší než 40°C. V případě nižší teploty ke krbové vložce s minimální dosaženou teplotou 55°C (Čerpadlo 1), v opačném případě se spustí elektrický kotel (Čerpadlo 3). Pokud je krbová vložka využívána jako aktuální zdroj tepla a požadavek na vytápění domu již není vyžadován, je přebytečné teplo ukládáno nejdříve do zásobníku TV a následně do akumulační nádrže. Jestliže dojde k dosažení nastavené teploty akumulační nádrže (80 °C), je přebytečné teplo předáváno pomocí teplovodního výměníku do bazénu. V případě, že je bazén vypuštěn, chrání systém chladicí smyčka Regulus. Regulace vedení tepla systému je zajištěna pomocí trojcestných směšovacích ventilů ESBE VRG 131 a servopohonu ARA 661 (TSV 1, 2, 3) a teplotních čidel (TEČ 1, 2, 3, 4, 5). Jednotlivé směšovací ventily plynule regulují efektivní využití tepla. Jestliže dojde k poklesu teploty na zásobníku TV, dojde k otevření směšovacího ventilu (TSV 1) a následně dohřátí teplé vody v zásobníku. V období mimo topné sezóny je ohřev TV zajištěn elektrickými topnými jednotkami (ETJ) o 5výchonech 3 x 2 kW a 3 x 1 kW. Výhodou celého systému je kontrola pomocí bezplatné mobilní aplikace Loxone.



Obrázek č. 38: Schéma systému vytápění v rodinném domě (vlastní zpracování)

4.1.3 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Příprava jídel probíhá na elektrické sklokeramické desce nebo troubě. Mezi další spotřebiče, které se využívají, v domě patří myčka nádobí, mikrovlnná trouba, digestoř, chladnička s mrazničkou, pračka, sušička a další spotřebiče potřebné

k úpravě potravin. Tyto spotřebiče se využívají především v odpoledních a večerních hodinách. V domě jsou celkem 4 televizory, které jsou zapnuté ráno a po pracovní době do noci. Mezi spotřebiče, které potřebují neustálou 24 – hodinovou potřebu elektrické energie, patří chladnička s mrazničkou. Osvětlení v domě je řešeno pomocí LED (Light-Emitting Diode) úsporným osvětlením v každé místnosti. V době mezi 19 – 6 hodinou jsou v domě nainstalována a naprogramována bodová světla na chodbě, která zajišťují přisvícení. Mimo topnou sezónu, která trvá přibližně od 16. Května do 9. Zář, je využívána elektřina pro vytápění TV v boileru a k filtraci bazénu. Boiler pracuje 9 hodin denně v čase nízkého tarifu. Spínací časy hromadného dálkového ovládání (HDO) se mění v závislosti na distributorovi sítě. Pro nízký tarif platný v období 01. 04. 2019 - 01. 09. 2019 jsou časy od pondělí do pátku stanoveny na 01:00 – 06:00 a 13:00 – 17:00 hodin. O víkendu pak 05:00 – 08:00 a 13:00 – 18:00 hodin. Filtrace bazénu běží nepřetržitě každý den. Dodavatelem elektřiny je E.ON Energie, a.s. Distribuční sazba spadá do kategorie D57d. Cena elektřiny v nízkém tarifu je 1615 Kč/MWh a cena ve vysokém tarifu je 2 122 Kč/MWh s DPH.

Pro stanovení měsíční spotřeby budou do výpočtů přeneseny průměrné fakturační hodnoty spotřeby elektrické energie z období 2015 až 2018, které jsou uvedeny v příloze.

4.2 NÁVRH A REALIZACE FVE SYSTÉMU

Pro instalaci fotovoltaických panelů bude využita pouze jižní strana střechy, která je v tomto případě nejvýhodnější. Severní strana střechy není pro instalaci panelů efektivní. V blízkém okolí domu se nachází rodinné domy, které svými výškovými rozměry nezastiňují jižní stranu střechy.

Při návrhu FVE systému se vychází z roční energetické spotřeby rodinného domu. Důležitým faktorem stanovení výkonu FVE systému je výše získané dotace, která je v oblasti “*mikrozdrojů*“ omezena do 10 kW. [24]

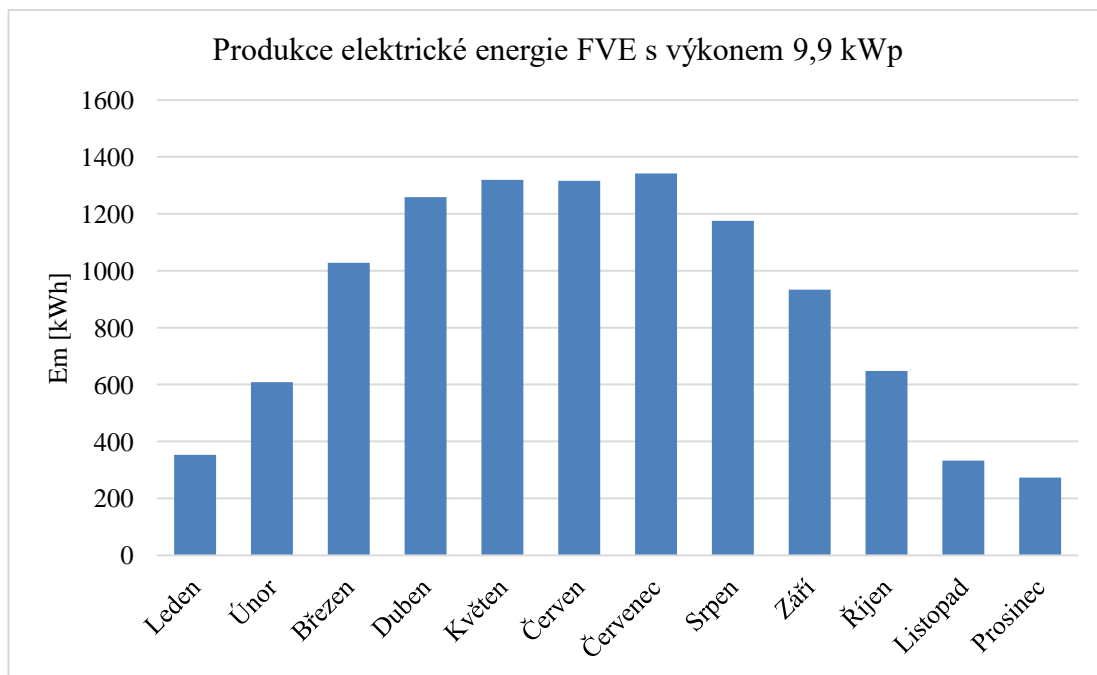
Ke zjištění předpokládaného množství vyrobené energie z fotovoltaických panelů je použit online program PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). [26] Tento program je volně k dispozici na webových stránkách Evropské komise. Do tohoto programu se zadávají jednotlivé hodnoty, se kterými se následně provede výpočet.

První krok správného výpočtu je určení polohy rodinného domu. Dalším krokem je výběr databáze slunečního záření, která bude simulovat intenzitu sluneční energie (PVGIS – COSMO). Poté se zvolí plánovaný druh panelů, které budou instalovány (pro rodinný dům jsou zvoleny polykrystalické panely) a jejich plánovaný výkon (9,9 kWp). Dále se zadají ztráty systému, které mohou vzniknout při převodu ze stejnosměrného proudu na střídavý proud. Výše ztrát systému je stanoven na 10 %, které by mohly odpovídat reálným hodnotám. V neposlední řadě se do programu zadá sklon panelů, který bude kopírovat sklon střechy (20°) a orientaci panelů na jižní světovou stranu. [26]

Následující tabulka uvádí předpokládané hodnoty výroby FVE o plánovaném výkonu 9,9 kWp, kde H_d představuje denní průměrnou hodnotu intenzity slunečního záření dopadající na 1 m² solárního modulu, H_m představuje měsíční průměrnou hodnotu intenzity slunečního záření dopadající na 1 m² solárního modulu, E_d představuje předpokládanou průměrnou hodnotu denní výroby a E_m představuje předpokládanou průměrnou hodnotu měsíční výroby FVE. [26]

Měsíc	H_d [kWh/m ²]	H_m [kWh/m ²]	E_d [kWh]	E_m [kWh]
Leden	1,3	39	11,4	353
Únor	2,4	67	21,7	608
Březen	3,7	116	33,2	1028
Duben	4,9	148	42,0	1259
Květen	5,1	157	42,5	1319
Červen	5,3	160	43,9	1316
Červenec	5,4	166	43,3	1342
Srpen	4,7	144	37,9	1175
Září	3,7	111	31,1	934
Říjen	2,4	76	20,9	648
Listopad	1,3	39	11,1	333
Prosinec	1,0	31	8,8	273
Průměrné hodnoty za rok	3,4	105	29,0	882
Celkem za rok	41,2	1255	347,8	10588 (E_r)

Tabulka č. 4 Předpokládané hodnoty FVE o výkonu 9,9 kWp [26]

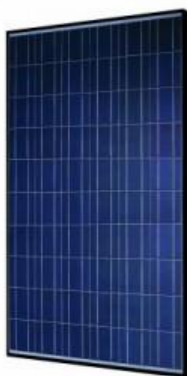


Obrázek č. 39: Předpoklad produkce elektrické energie FVE o výkonu 9,9 kWp [26]

4.2.1 KOMPONENTY FVE

FOTOVOLTAICKÉ PANELE

Fotovoltaické panely jsou jednou z nejdůležitějších částí FVE. Díky panelům se získává elektřina ze Slunce. Hlavním parametrem pro správný výběr panelů je jejich účinnost a výkon. Pro FVE na rodinném domě jsou vybrány panely AUO BENQ 330wp MONO solárního výrobce BenQ Solar, divize společnosti AU Optronics, který se specializuje na poskytování vysoce-efektivních solárních zařízení navrhovaných jako řešení pro obytné domy, firmy i veřejný sektor. [27]



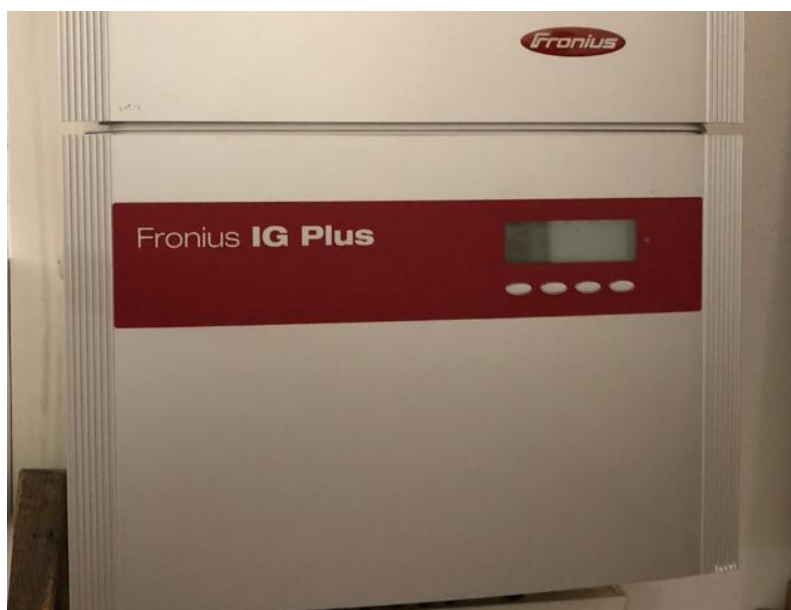
Obrázek č. 40: Solární panel AUO BENQ [27]

Solární panel AUO BENQ 330wp MONO černý rám PM060MW4	
Kód zelená úsporám	SVT23216
Druh panelu	Monokrystalické buňky
Nominální výkon	330 W
Maximální systémové napětí	1000 V
Nominální proud	10 A
Napětí otevřeného obvodu	40,3 V
Zkratový proud	10,53 A
Počet buněk	60 ks
Velikost modulu (mm)	1700 x 1022 x 40 mm
Velikost buňky	156x156
Maximální nosnost povrchu	60 m/s (200 kg/m ²)
Hmotnost	20 Kg
Záruka výkonu	80% do 20 let
Cena	4 500 Kč

Tabulka č. 5: Parametry solárního panelu [27]

SÍŤOVÝ MĚNIČ

Fronius IG PLUS o výkonu 12.0 kW je třífázový střídač s asymetrickou distribucí elektřiny do jednotlivých fází, s jedním MPPT, vhodný především pro větší systémy s vlastní spotřebou. Tento střídač je jeden z posledních střídačů výkonu nad 10 kW, který umožňuje připojit tenkovrstvé technologie a technologie vyžadující kostření plus nebo mínus pólu. [28]



Obrázek č. 41: Střídač Fronius IG Plus (vlastní zpracování)

Max. výkon DC při $\cos \varphi = 1$	12770 W
Max. vstupní proud (I_{dc})	55,5 A
Min. vstupní napětí (U_{dc})	230 V
Startovací DC napětí dodávky	260 V
Jmenovité vstupní DC napětí	370 V
Max. vstupní napětí (U_{dc})	600 V
Rozsah napětí MPPT	230 - 500 V
Počet vstupů DC	6 ks
Jmenovitý výkon AC	12000 W
Max. výstupní výkon	12000 VA
Max. výstupní proud	17,4 A
Síťové připojení	3-NPE 400 V / 230 V V
Min. výstupní napětí	180 V
Max. výstupní napětí	270 V
Frekvence	50 Hz / 60 Hz Hz
Frekvenční rozsah	46 - 65 Hz
Rozměry (v x š x h)	1263 x 434 x 250 mm
Hmotnost	49,2 kg
Kategorie přepětí (DC/AC)	2/3
Koncepce střídače	vysokofrekvenční transformátor
Chlazení	řízené chlazení vzduchem
Max. účinnost	95,90%
MPPT účinnost přispůsobení	> 99.9 %
Cena s DPH	74 815,00 Kč

Tabulka č. 6: Parametry střídače [28]

ELEKTROMĚŘ

Pro snímání výkonu FVE je v domě umístěn pulzní elektroměr, který zaznamenává celkovou výrobu elektrické energie a dále umožňuje zaznamenávání aktuálního výkonu FVE.



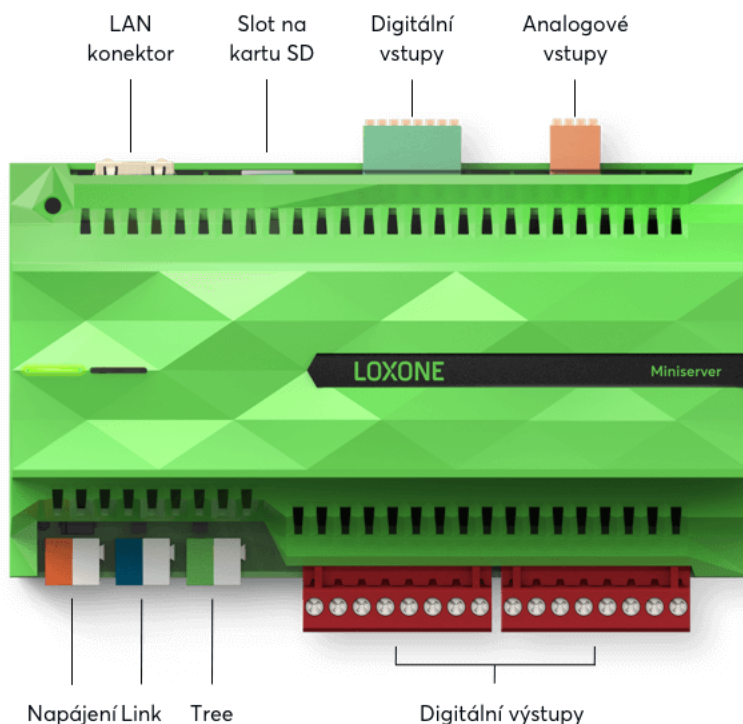
Obrázek č. 42: Pulzní elektroměr [29]

Elektroměr Schellcount DVH 3113	
Jmenovité napětí	3x230/400 V
Jmenovitý proud	5 - 65 A 50 Hz
Třída přesnosti	2
lišta DIN, 7 modulů	
LCD displej	6+1
S0 impulzní výstup	1000 imp./kWh
Třífázové fakturační měření	
Cena s DPH	2000 Kč

Tabulka č. 7: Parametry elektroměru [29]

MINISERVER LOXONE

Centrální jednotka pro řízení inteligentní elektroinstalace v domácnosti, firmách či pro speciální projekty automatizace. Miniserver Loxone byl vyvinut speciálně pro profesionální elektrikáře. Zařídí většinu úkolů pro účely zabezpečení, pohodlí a energetické náročnosti. Tato jednotka zajišťuje centrální řízení využití vyrobené energie z FVE v domě. [30]



Obrázek č. 43: Miniserver Loxone [30]

8 digitálních výstupů	
8 digitálních vstupů 24 V DC	
4 analogové vstupy 0-10 V	
Loxone Link rozhraní (až 30 Extensionů)	
Loxone Tree rozhraní (až 50 Tree zařízení)	
LAN rozhraní (IPv4/IPv6, SSL, 100Mbps)	
Napájení 19,2–30 V DC (PELV)	
Upevnění na DIN lištu (9 pozic)	
Webový server součástí (nepotřebuje cloud)	
Interkomunikace mezi Tree zařízeními	
Cena s DPH	16 405 Kč

Tabulka č. 8: Parametry miniserveru Loxone [30]

KABELOVÉ VEDENÍ

K propojení solárních panelů s měničem napětí a též propojení jednotlivých panelů mezi sebou bude řešeno pomocí solárních kabelů SOLAR FLEX 6 mm². Tyto kabely mají odolnost vůči UV záření a mají nízké ztráty. [28]



Obrázek č. 44: Solar flex kabely [28]

Jmenovitý průřez	6 mm ²
Jmenovité napětí	600/1000 V
Odpor	0,00342 Ω/m
Cena s DPH	20 Kč/bm

Tabulka č. 9: Parametry kabelů [28]

Střídač, ze kterého vystupuje střídavé napětí, je propojen s miniserverem pomocí kabelů CYKY-J 5x4. Tyto kabely dále navzájem propojují pulzní elektroměr a rozvaděč elektřiny. Měděné kabely jsou určeny pro pevné uložení ve vnitřních a venkovních prostorech, v zemi, v betonu. [28]



Obrázek č. 45: Kabel CYKY-J [28]

Jmenovitý průřez	4 mm ²
Jmenovité napětí	450/750 V
Odpor	0,0046 Ω/m
Cena s DPH	50 Kč/bm

Tabulka č. 10: Parametry kabelů [28]

SVODIČE PŘEPĚTÍ

Svodiče přepětí slouží k ochraně FVE před údery blesku. Svodiče se musí instalovat jak na stranu DC vedení, tak na stranu AC vedení, aby byly oba obvody chráněny před účinky přepětí. Na DC obvod je ochrana nutná vůči bleskovým proudům a na AC obvod se svodiče instalují z důvodu ochrany elektrických systémů v domě. [31]



Obrázek č. 46: Svodič DC přepětí [31]

STEJNOSMĚRNÝ PROUD	CITELE DS60VGPV
Jmenovité napětí	1000 V
Mezní svodový proud	40 kA
Jmenovitý svodový proud	20 kA
Bleskový impulsní proud	12,5 kA
Cena s DPH	5 052 Kč

Tabulka č. 11: Parametry DC svodiče [31]



Obrázek č. 47: Svodič AC přepětí [31]

STŘÍDAVÝ PROUD	CITELE DS130VGS
Jmenovité napětí	230/400 V
Mezní svodový proud	150 kA
Jmenovitý svodový proud	60 kA
Bleskový impulsní proud	37,5 kA
Cena s DPH	3 688 Kč

Tabulka č. 12: Parametry AC svodiče [31]

JISTIČ

Jističe Eaton jsou určeny pro nadproudovou ochranu elektrických vedení a zařízení nízkého napětí. Splňují požadavky norem ČSN EN 60898, příp. ČSN EN 60947-2. [36]



Eaton PL7-B25/3	
vypínací schopnost	10 kA
vypínací charakteristiky	typu B, C, D
montáž na přístrojovou lištu	
průřez připojovaného vodiče	do 25 mm ²
pomocné kontakty	ZP-AHK
vypínací spoušť	ZP-ASA
podpěťové spouště	Z-USA

Obrázek č. 48: Jistič Eaton [36]

Tabulka č. 13: Parametry jističe [36]

NOSNÁ KONSTRUKCE PRO FOTOVOLTAICKÉ PANELY

Nosná konstrukce FVE se skládá ze střešních háků, hliníkových profilů, kombinovaných vrtů, matic s přírubami, šroubů tvaru T, matic pro uchycení středových a krajních úchyťů.

4.2.2 PŘIPOJENÍ FVE DO SÍTĚ

Vzhledem k plánované kapacitě FVE 9,9 kWp patří do kategorie tzv. mikrozdroje, u které díky novele energetického zákona § 3 odst. 3 č. 458/2000 Sb., již není zapotřebí licence ERÚ pro připojení k distribuční soustavě, pokud se jedná o instalace FVE na střešních konstrukcích do výkonu 10 kWp, elektrická energie bude sloužit pouze pro potřebu domu a je zde nutná podmínka, že nesmí být v místě odběru jiná výrobní energie s licenci. [32]

V tomto případě se uvažuje připojit výrobní elektrickou energii k distribuční soustavě (DS), u které potřebné udělit souhlasné vyjádření společnosti E-ON Distribuce a. s. ke zřízení FVE. Toto vyjádření se vydává na základě vyplněné žádosti o připojení. Žádost se poté zašle na příslušné oddělení distributora energie, který do 30 dnů zašle vyjádření. [32]

Při zřizování výrobní elektřiny je nutno dodržet mimo jiné podmínky stanovené stavebním zákonem č. 183/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Dále je investor povinen v průběhu zpracování přípravné a projektové dokumentace požádat společnost E-ON Distribuce, a. s., o vyjádření připojení k DS. Po odsouhlasení

projektové dokumentace a všech nutných podmínek distributora se uzavře smlouva o připojení výroby k distribuční soustavě, která je v souladu s vyhláškou č. 16/2016 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě mezi provozovatelem výroby a provozovatelem distribuční soustavy. Následně dojde k výběru dodavatele elektřiny na základě smluvních podmínek, které dodavatel nabídl, a uzavře se smlouva o připojení. Pro výkup přebytků je možné využít stejného dodavatele. V případě instalace této FVE bude vybrán stejný dodavatele energie, kterým je společnost E-ON Energie a. s. S dodavatelem energie dohodneme odkupní cenu přebytků. Výkupní cena se dle dostupných informací dodavatele pohybuje přibližně 0,5 Kč/kWh. FVE na rodinném domě je určena k minimálně 70 % využití vyrobené energie v místě spotřeby. [32]

4.2.3 POVOLOVACÍ PROCES FVE

V případě povolovacího procesu fotovoltaické elektrárny pro rodinný dům je důležitým aspektem, zda dochází ke spotřebě elektrické energie v místě výroby či nikoliv. Pokud dochází k vlastní spotřebě v rodinném domě, nejedná se o tzv. výrobu energie, ale o tzv. technické zařízení stavby ve smyslu § 3 odst. 2 Stavebního zákona (SZ), které je nedílnou součástí stavby. Solární panely, které se instalují jako technické zařízení stavby, se řídí změnou dokončené stavby neboli stavební úpravou. [51]

Ustanovení § 104 a násl. SZ obsahuje uvedeny typy staveb, které pro schválení realizace postačuje pouze ohlášení stavby, přičemž se takové ohlášení vztahuje též na stavební úpravy těchto staveb. Dle ustanovení § 108 odst. 1 SZ je zapotřebí na vše ostatní zažádat o stavební povolení. Ustanovení § 103 SZ pak stanovuje výjimky, kdy není potřeba ani stavební povolení, ani ohlášení. Tyto výjimky platí za předpokladu, že vybraný stavební úřad bude souhlasit s tím, že plánovaná instalace FVE je součástí stavby. V praxi však nastávají situace, kdy některé vybrané stavební úřady považují solární panely za výrobní zařízení, pro které je nezbytné žádat o stavební povolení. [51]

V rámci stavebních úprav, kdy je považováno stavební úpravou instalace FVE systému, které nevyžadují ohlášení ani stavební povolení, musí být splněny následující podmínky:

- Nedojde k zásahu do nosných konstrukcí stavby,
- Nezmění se vzhled ani způsob užívání stavby (problematický bod nastává tehdy, kdy konstrukce fotovoltaických panelů převyšuje budovu. V tomto případě bude s velkou pravděpodobností potřebné zahájit stavební řízení),
- Není vyžadován posudek vlivu na životní prostředí a provedení FVE systému nemůže negativně ovlivnit požární bezpečnost stavby. [51]

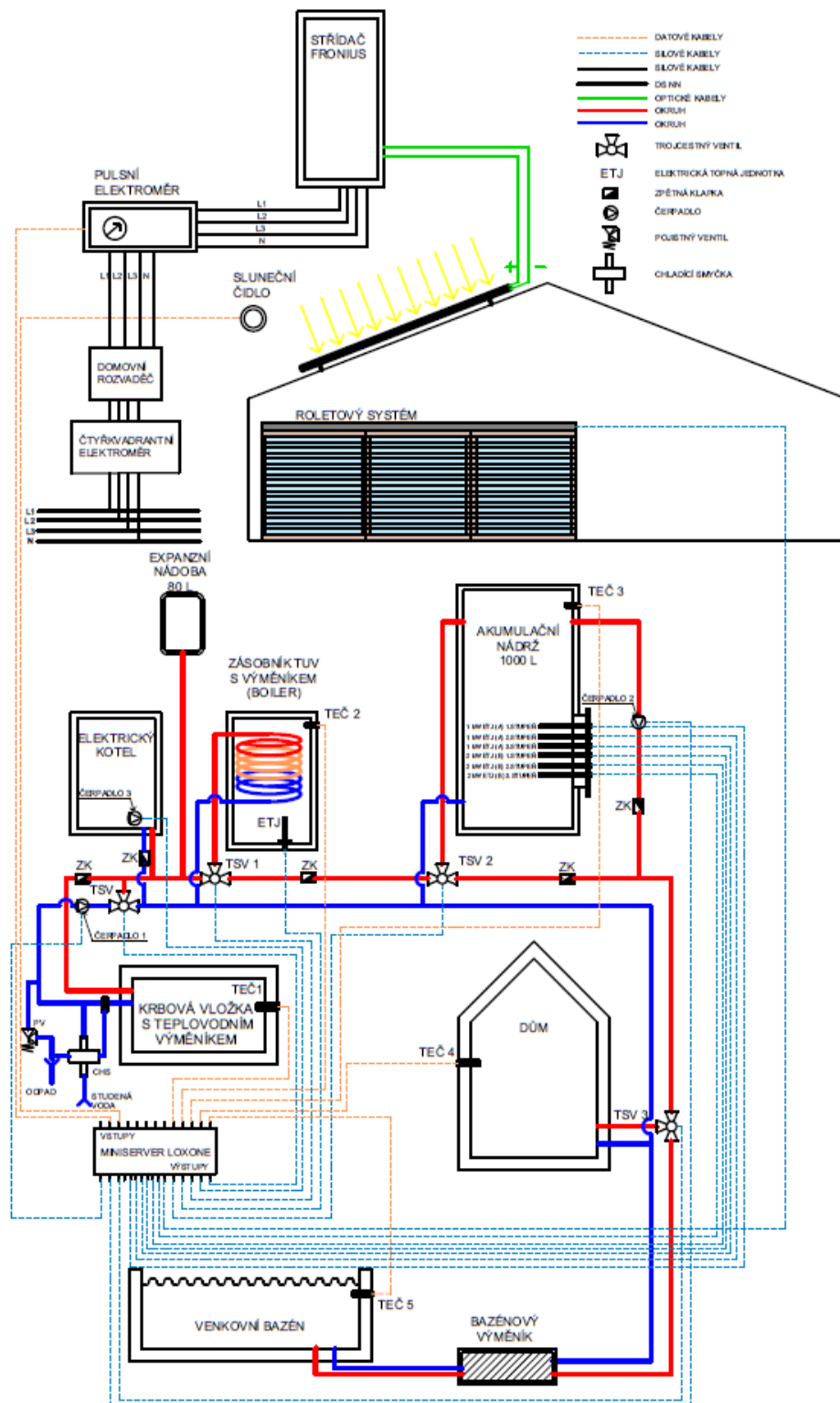
Ve většině případů jsou tyto podmínky v praxi splněny, mimo solárních panelů na stavbách, které spadají svým charakterem do kulturních památek nebo se například nacházejí v Krajině památkové zóně (KPZ) či Chráněném krajinném území (CHKO). [51]

Rodinný dům, na který je navrhován FVE systém, splňuje podmínky § 103 Stavebního zákona, které nevyžadují stavební povolení ani ohlášení, neboť rozměry, umístěním na střešní konstrukci (nezvyšující celkovou výšku objektu) a výkonem do 20 kWp (dle § 103 odst. 1 písm. e) bod 9 stavebního zákona)[51]. Dále instalací FVE systému nedochází k zásahu do nosných konstrukcí rodinného domu a zároveň nedochází k negativnímu ovlivnění požární bezpečnosti stavby. Posouzení vlivu na životní prostředí není potřebné, protože se rodinný dům nenachází v KPZ ani CHKO.

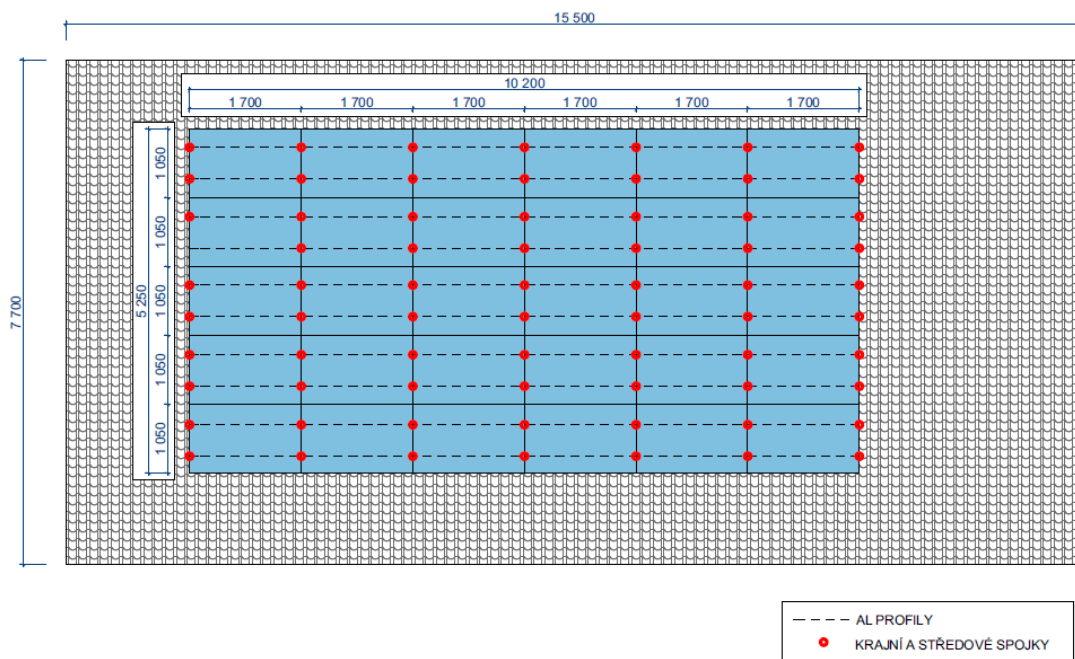
4.2.4 ZAPOJENÍ FVE V DOMĚ

Fotovoltaická elektrárna bude soužit pro potřeby rodinného domu. Případné přebytky energie budou odváděny do distribuční sítě. Výše přebytků nepřekročí hodnotu 30 % celkové výroby energie. Efektivita využití elektrické energie vyrobené FVE bude zajištěna miniserverem Loxone, který je již součástí domu a po softwarové úpravě bude řídit spotřebu elektrické energie. Výkon FVE snímán z elektroměru, měřiče pulsů, a následně vyhodnocen miniserverem, který sepne příslušný zdroj. Jestliže není požadavek na vytápění domu, probíhá spotřeba vyráběné energie následujícím způsobem. Při dosažení výkonu FVE nad 1 kW, sepne spínací relé 1. Stupeň elektrické topné jednotky A v akumulární nádrži. Při zvýšení výkonu FVE nad 2 kW sepne miniserver spínací relé 2. Stupeň elektrické topné jednotky A v akumulární nádrži. Pokud dojde ke zvýšení výkonu FVE nad 3 kW, sepne spínací relé 3. Stupeň elektrické topné jednotky A. Při navýšení výkonu FVE nad 4 kW sepne spínací relé 1. Stupeň elektrické topné jednotky B a zároveň rozepne 3. Stupeň elektrické topné jednotky A. Při navýšení výkonu nad 5 kW sepne spínací

relé 3. Stupeň elektrické topné jednotky A ke stávajícímu stavu. Další navýšení výkonu je plynule regulováno podobným způsobem pomocí spínání a rozpínání dílčích topných stupňů. Jestliže dojde ke změně požadavku na vytápění domu, je výkon FVE použit jako vedlejší zdroj hlavního zdroje vytápění v domě elektrického kotle, eventuálně topné jednotky v zásobníku TUV, dle nastavených priorit miniserveru Loxone. V období topné sezóny je energie v akumulární nádrži jako vedlejší zdroj pro vytápění domu v ranních a večerních hodinách, kdy nahrazuje hlavní zdroj vytápění. Mimo topnou sezónu je energie z akumulární nádrže využívána pro ohřev venkovního bazénu. Výkres schematického zapojení FVE do systému rodinného domu je zpracováno na obrázku č. 49.



Obrázek č. 49: Schéma systému vytápění v rodinném domě po instalaci FVE
(vlastní zpracování)



Obrázek č. 50: Umístění panelů na střešní konstrukci (vlastní zpracování)



Obrázek č. 51: Pohled na rodinný dům po instalaci FVE (vlastní zpracování)



Obrázek č. 52: Příklad aktuální výroby instalované FVE při zatažené obloze v prosinci (vlastní zpracování)



Obrázek č. 53: Zatažená obloha v prosinci (vlastní zpracování)

4.2.5 DOTACE NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM

Dotační program Nová zelená úspora je již představen v kapitole 1. 3. 1. Pro instalovaný výkon FVE na rodinném domě je vyhrazena podpora dotačního programu oblasti C. Tato oblast se dále dělí na podoblasti, ze kterých splníme

podmínku podoblasti C. 3.4 - *FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\ 700\ kWh.rok^{-1}$* , která představuje podporu ve výši 55 000 Kč. Pro získání této dotace je podmínkou akumulace přebytků energie do zásobníku TUV nebo akumulární nádrže s minimálním objemem 80 l na jeden kWp výkonu, kterou systém v rodinném domě splňuje. Dále je možné zažádat o dotaci na odborný posudek, která je stanovena pro tuto podoblast podpory na částku 5 000 Kč. [24]

Na podoblasti C.3.5 až C.3.7, kde je podpora vyšší, nelze dosáhnout z důvodu absence akumulace přebytků energie do elektrických akumulátorů. Srovnání požadavků podoblastí a výše podpory je uvedeno v tabulce č. 2 a č. 3. [24]

4.3 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Systém FVE byl nainstalován na rodinný dům v prosinci 2018 a následně spuštěn. Na základě realizace v minulém roce a následnému spuštění systému jsou k dispozici fakturované částky za období od ledna 2019 do prosince 2019 od dodavatele energie. Tyto faktury představují skutečnou spotřebu rodinného domu.

Nejprve je proveden výpočet fakturace průměrných hodnot od dodavatele energie z let 2015 až 2018 za předpokladu, že FVE vyrobí předpokládané průměrné množství energie. Následuje srovnání se skutečnými hodnotami výroby energie z panelů za rok 2019. V rámci hodnocení výzkumného předpokladu je provedeno posouzení, zda se podařilo snížit náklady na energie v domě o 50%.

Dále je provedeno vyhodnocení celkové investice FVE systému včetně samotné realizace. Součástí je posouzení prosté návratnosti investice a zjištění, zda dojde po danou dobu životnosti k jejímu zhodnocení či nikoliv. Předpokládaná doba životnosti systému, respektive FV panelů, může být až 60 let. V rámci této diplomové práce se uvažuje životnost panelů 30 let.

4.3.1 POROVNÁNÍ PŘEDPOKLADU A SKUTEČNÉHO STAVU

Výše fakturované částky dodavatele energie, se kterou je proveden výpočet na dobu 30 - ti let životnosti FVE, je stanovena na základě zprůměrování částek uplynulých fakturací z let 2015 až 2018, kdy ještě nebyla FVE zrealizována (viz. Tabulka č. 14).

Fakturační období	Spotřeba ve NT [MWh]	Spotřeba ve VT [MWh]	Spotřeba celková (NT + VT) [MWh]	Fakturovaná částka [Kč]
2015	8,551	6,988	15,539	40 591 Kč
2016	7,271	6,449	13,720	39 378 Kč
2017	8,979	7,338	16,317	42 621 Kč
2018	7,653	6,604	14,257	40 166 Kč
Průměr				40 689 Kč

*Tabulka č. 14: Fakturace elektrické energie od dodavatele za období 2015 až 2018
(vlastní zpracování)*

V následující tabulce č. 15 je proveden teoretický výpočet měsíční fakturace elektrické energie od dodavatele za předpokladu, že FVE vyrobí předpokládané průměrné množství energie (E_m) z tabulky č. 4.

Jak je již zmíněno, pro získání dotace je stanovena podmínka minimálně 70 % energie z FVE využít v místě výroby a 30 % možných přebytků odvádět do DS. [24] Na základě těchto podmínek je vyrobená energie z FVE rozdělena v tomto poměru. Při výpočtu fakturace za energii pokrývá odběr elektřiny v nízkém tarifu 55 % a ve vysokém tarifu 45 % z celkové spotřebované energie. Předpokládaná fakturovaná částka je stanovena na základě součtu spotřeby v NT, VT, pravidelných poplatků a po odečtení přebytků.

Rok 2019	Výroba FVE [kWh]	Spotřeba energie z FVE v domě [%]	Spotřeba energie z FVE v domě [kWh]	Přebytky do DS [%]	Přebytky do DS [kWh]	Spotřeba energie z DS [kWh]	Celková spotřeba elektřiny v domě [kWh]	Fakturovaná částka dodavatele energie	Pravidelné poplatky dodavatele energie	Celková fakturovaná částka
Leden	353	70	247	30	106	1596	1843	2 889 Kč	1 444 Kč	4 332 Kč
Únor	608	70	426	30	182	1141	1567	2 013 Kč	1 112 Kč	3 124 Kč
Březen	1028	70	720	30	308	716	1436	1 166 Kč	801 Kč	1 967 Kč
Duben	1259	70	881	30	378	308	1189	378 Kč	502 Kč	880 Kč
Květen	1319	70	923	30	396	0	836	-198 Kč	0 Kč	-198 Kč
Červen	1316	70	921	30	395	96	1017	-21 Kč	347 Kč	326 Kč
Červenec	1342	70	939	30	403	0	648	-201 Kč	0 Kč	-201 Kč
Srpen	1175	70	823	30	353	0	715	-176 Kč	0 Kč	-176 Kč
Září	934	70	654	30	280	333	987	474 Kč	521 Kč	995 Kč
Říjen	648	70	454	30	194	859	1313	1 487 Kč	905 Kč	2 392 Kč
Listopad	333	70	233	30	100	1268	1501	2 287 Kč	1 204 Kč	3 491 Kč
Prosinec	273	70	191	30	82	1714	1905	3 118 Kč	1 530 Kč	4 648 Kč
Celkem	10588	70	7412	30	3176	8032	14957	13 215 Kč	9 197 Kč	21 581 Kč

Tabulka č. 15: Předpokládaná bilance výroby a spotřeby energie v domě po instalaci FVE, včetně fakturace (vlastní zpracování)

Poznámky k tabulce č. 15:

Výroba FVE = hodnoty převzaty z tabulky č. 7.

Spotřeba energie z FVE v domě [kWh] = 70 % Výroby FVE [kWh], Přebytky do DS [kWh] = 30 % Výroby FVE [kWh]

Celková spotřeba elektřiny v domě [kWh] = Hodnoty převzaty na základě průměru fakturačních hodnot z období 2015 až 2018 uvedené v příloze

Spotřeba energie z DS [kWh] = Celková spotřeba elektřiny v domě [kWh] – Spotřeba energie z FVE v domě [kWh]

Celková fakturovaná částka [Kč] = [pravidelné poplatky za služby (Kč)] + [55 % Spotřeby energie z DS v Nízkém tarifu (kWh) * 1,615 Kč/kWh (cena v NT)]

+ [45 % Spotřeby energie z DS ve Vysokém tarifu (kWh) * 2,122 Kč/kWh (cena ve VT)] – [Přebytky do DS * 0,5 Kč/kWh (cena dodavatele za výkup)]

Pozn.: Při nulové spotřebě energie z DS se nezapočítávají pravidelné poplatky za služby – Rozdělení poplatků v tabulce č. 16.

Typ poplatku	Cena s DPH za 1 MWh
Systémové služby	76,19 Kč
Nízký tarif (NT)	152,62 Kč
Vysoký tarif (VT)	169,04 Kč
Jistič 3x25A	277,00 Kč
Podpora el. zdrojů	495,00 Kč

Tabulka č. 16: Pravidelné poplatky za služby (vlastní zpracování)

Pro srovnání vypočtených hodnot se skutečným stavem slouží tabulka č. 17. Tato tabulka představuje hodnoty za první rok provozu FVE. Jsou to zejména skutečné fakturované částky za energii v jednotlivých měsících, množství vyrobené energie z FVE, množství spotřebované energie v domě a množství přebytků odvedených zpět do distribuční sítě za rok 2019.

Rok 2019	Výroba FVE [kWh]	Spotřeba energie z FVE v domě [%]	Spotřeba energie z FVE v domě [kWh]	Přebytky do DS [%]	Přebytky do DS [kWh]	Spotřeba energie z DS [kWh]	Celková spotřeba elektřiny v domě [kWh]	Fakturovaná částka dodavatele energie	Pravidelné poplatky dodavatele energie	Celková fakturovaná částka
Leden	261	82	215	18	47	1628	1843	2 978 Kč	1 468 Kč	4 446 Kč
Únor	626	72	451	28	175	1116	1567	1 969 Kč	1 093 Kč	3 062 Kč
Březen	942	74	693	26	250	743	1436	1 245 Kč	820 Kč	2 066 Kč
Duben	1264	71	901	29	363	289	1189	350 Kč	488 Kč	838 Kč
Květen	1343	75	1006	25	338	251	836	294 Kč	461 Kč	754 Kč
Červen	1486	73	1082	27	403	274	1017	303 Kč	477 Kč	781 Kč
Červenec	1083	71	774	29	309	254	648	314 Kč	463 Kč	776 Kč
Srpen	1037	80	831	20	206	312	715	472 Kč	505 Kč	977 Kč
Září	1069	71	759	29	309	342	987	476 Kč	527 Kč	1 003 Kč
Říjen	682	68	462	32	220	851	1313	1 458 Kč	899 Kč	2 357 Kč
Listopad	268	68	183	32	85	1318	1501	2 387 Kč	1 241 Kč	3 628 Kč
Prosinec	158	79	124	21	33	1781	1905	3 265 Kč	1 579 Kč	4 844 Kč
Celkem	10219	73	7481	27	2738	9158	14957	15 511 Kč	10 020 Kč	25 531 Kč

Tabulka č. 17: Skutečná bilance výroby a spotřeby energie v domě po instalaci FVE, včetně fakturace (vlastní zpracování)

Poznámky k tabulce č. 17:

Výroba FVE = hodnoty dosazený na základě skutečného měření (vlastní zpracování)

Spotřeba energie z FVE v domě [kWh] = hodnoty dosazený na základě skutečného měření (vlastní zpracování)

Přebytky do DS [kWh] = hodnoty dosazený na základě skutečného měření (vlastní zpracování)

Celková spotřeba elektřiny v domě [kWh] = Hodnoty převzaty na základě průměru fakturačních hodnot z období 2015 až 2018 uvedené v příloze

Spotřeba energie z DS [kWh] = Hodnoty dosazený na základě fakturačního měření (vlastní zpracování)

Celková fakturovaná částka [Kč] = [pravidelné poplatky za služby (Tabulka č. 17)] + [55 % Spotřeby energie z DS v Nízkém tarifu (kWh) * 1,615 Kč/kWh (cena v NT)]

+ [45 % Spotřeby energie z DS ve Vysokém tarifu (kWh) * 2,122 Kč/kWh (cena ve VT)] – [Přebytky do DS * 0,5 Kč/kWh (cena dodavatele za výkup)]

4.3.2 VYHODNOCENÍ ROČNÍCH NÁKLADŮ

Na základě sledování 12 - ti měsíčního provozu FVE systému o výkonu 9,9 kWp instalovaném na rodinném domě bylo zjištěno, že došlo ke snížení ročních nákladů. Z předchozí tabulky č. 15 je patrné, že předpokládané hodnoty výroby za rok 2019 jsou 10 588 kWh, z tabulky č. 17 je patrné, že skutečně změřené hodnoty výroby za rok 2019 jsou 10 219 kWh. Rozdíl těchto hodnot značí vyšší předpokládanou výrobu elektrické energie z instalovaného FVE systému o 369 kWh než skutečně změřené hodnoty. Dále je z tabulky č. 17 zřejmé, že FVE splňuje podmínky dotace, které jsou stanoveny 70 – ti % minimální spotřeby vyrobené energie v místě výroby a 30 – ti % odvedení přebytků do distribuční sítě, a to v poměru 73 % spotřebované energie v domě a 27 % odvedených přebytků.

Průměrná roční fakturace, za období 2015 až 2018, byla vypočtena na částku 40 689 Kč. Předpokládaná roční fakturace za rok 2019 na dodávku elektrické energie z distribuční sítě byla vypočtena na částku 21 581 Kč. Skutečná roční fakturace za rok 2019 na dodávku elektrické energie z distribuční sítě byla 25 531 Kč. V porovnání roční fakturace za energii před instalací a skutečného stavu po instalaci FVE systému došlo ke snížení ročních nákladů na dodávku energie z distribuční sítě o 37,25 %. Výzkumný předpoklad, že při využití fotovoltaické elektrárny o výkonu 9,9 kWp na rodinném domě, dojde k 50 % úspoře ročních nákladů za elektrickou energii, se tedy nepotvrdil.

4.3.3 NÁKLADY NA REALIZACI FVE

Následující tabulka č. 18 představuje náklady spojené s realizací FVE systému na vybraném rodinném domě. Jedná se zejména o náklady na materiál, projekt, posudek a vstupní revizi. Náklady spojené s montáží a zapojení FVE systému je zahrnut v ceně jednotlivých komponent. Recyklační poplatek je zahrnut v ceně panelů. Součástí této tabulky je také jednorázová dotace programu Nová zelená úsporám, která činí 55 000 Kč, doplněna o dotaci na odborný posudek, která činí 5000 Kč.

Položka	Počet položek	Cena položky	Celková cena
FV panel	30 ks	4 500,00 Kč	135 000,00 Kč
Střídač Fronius IG 120 plus	1 ks	74 815,00 Kč	74 815,00 Kč
Pulsní elektroměr DVH	1 ks	2 000,00 Kč	2 000,00 Kč
Miniserver Loxone	1 ks	16 405,00 Kč	16 405,00 Kč
Solární kabely	300 bm	20,00 Kč	6 000,00 Kč
Síťové kabely CYKY	30 bm	50,00 Kč	1 500,00 Kč
Svodič přepětí DC	1 ks	5 052,00 Kč	5 052,00 Kč
Svodič přepětí AC	1 ks	3 688,00 Kč	3 688,00 Kč
Střešní hák	144 ks	155,00 Kč	22 320,00 Kč
Al nosný profil	36 ks	715,00 Kč	25 740,00 Kč
Vrutky do dřeva M6/90	288 ks	2,00 Kč	576,00 Kč
Matice M10 s přírubou	144 ks	4,00 Kč	576,00 Kč
Matice M8	108 ks	2,20 Kč	237,60 Kč
Šroub M10 T	144 ks	11,60 Kč	1 670,40 Kč
Šroub M8	108 ks	4,60 Kč	496,80 Kč
Úchyt panelů krajový	24 ks	36,00 Kč	864,00 Kč
Úchyt panelů středový	84 ks	28,00 Kč	2 352,00 Kč
Vstupní/výstupní revize	1 ks	5 000,00 Kč	5 000,00 Kč
Jistič	1 ks	1 000,00 Kč	1 000,00 Kč
Projekt+posudek	1 ks	20 000,00 Kč	20 000,00 Kč
Dotace NZÚ	1 ks	55 000,00 Kč	-55 000,00 Kč
dotace NZÚ posudek	1 ks	5 000,00 Kč	-5 000,00 Kč
Celkem s DPH		265 292,80 Kč	

Tabulka č. 18: Vstupní investice do FVE (vlastní zpracování)

Celková počáteční investice FVE systému po odečtení dotace NZÚ činí 265 293 Kč. Tato částka byla uhrazena pouze z vlastních finančních zdrojů.

4.3.4 HODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI INVESTICE

Pro ekonomické výpočty bude uvažována roční fakturovaná částka energií za rok 2019 z tabulky č. 15, která činí 21 581 Kč. V této tabulce jsou zaneseny předpokládané hodnoty produkované energie z FVE.

VÝNOSNOST INVESTICE

Výnosnost investice se určuje dělením průměrných ročních čistých zisků a celkových nákladů na pořízení investice. V tomto případě je míra výnosnosti 5,94 %. V porovnání s mírou výnosnosti jiných investic jako jsou například státní dluhopisy, které mají výnosnost 1,5 %, je míra výnosnosti investice do FVE je příznivá.

NÁVRATNOST INVESTICE A ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA

Ke zjištění návratnosti instalovaného systému FVE bude sloužit tabulka č. 19. V této tabulce je proveden výpočet cash flow (CF), do kterého je při výpočtu zaveden faktor životnosti (účinnosti) fotovoltaických panelů, který se s každým dalším rokem snižuje o 0,7 %. Při výpočtu diskontovaného cash flow (DCF) byla použita základní úroková sazba České národní banky 2T Repo sazba, která činila 2,0 % v prosinci 2019. [46] Kumulovaný diskontní cash flow (KDCF), nebo-li součet diskontovaných peněžních toků, je vypočítán na dobu 30 let od počátku roku 2019.

Provozování FVE vyžaduje pravidelnou revizi, která bude prováděna jednou za 3 roky s poplatkem 1000 Kč. Dále musíme do výpočtu zahrnout reinvestici FVE ve formě údržby elektroinstalace a pravidelného servisu, který bude každé 3 roky s poplatkem 2000 Kč. V případě reinvestice se nesmí zapomenout na výměnu hlavních komponent. Týká se to zejména střídače, u kterého se předpokládá výměna přibližně za 15 let. Solární panely mají životnost 30 let a vyžadují pouze očištění vodou v případě usazení povrchových nečistot, které mohou vzniknout v průběhu provozu. Tato služba bude prováděna bezplatně svépomocí.

Fakturační období	Fakturace EON Bez FVE	Fakturace EON s FVE	CF	DCF	KDCF
2019	40 689 Kč	21 581 Kč	19 108 Kč	19 108 Kč	-246 185 Kč
2020	40 689 Kč	21 732 Kč	18 957 Kč	18 585 Kč	-227 599 Kč
2021	40 689 Kč	21 884 Kč	15 805 Kč	15 191 Kč	-212 408 Kč
2022	40 689 Kč	22 037 Kč	18 652 Kč	17 576 Kč	-194 832 Kč
2023	40 689 Kč	22 192 Kč	18 497 Kč	17 089 Kč	-177 744 Kč
2024	40 689 Kč	22 347 Kč	15 342 Kč	13 896 Kč	-163 848 Kč
2025	40 689 Kč	22 503 Kč	18 186 Kč	16 148 Kč	-147 699 Kč
2026	40 689 Kč	22 661 Kč	18 028 Kč	15 695 Kč	-132 005 Kč
2027	40 689 Kč	22 820 Kč	14 870 Kč	12 691 Kč	-119 314 Kč
2028	40 689 Kč	22 979 Kč	17 710 Kč	14 819 Kč	-104 495 Kč
2029	40 689 Kč	23 140 Kč	17 549 Kč	14 396 Kč	-90 099 Kč
2030	40 689 Kč	23 302 Kč	14 387 Kč	11 571 Kč	-78 528 Kč
2031	40 689 Kč	23 465 Kč	17 224 Kč	13 581 Kč	-64 947 Kč
2032	40 689 Kč	23 629 Kč	17 060 Kč	13 188 Kč	-51 759 Kč
2033	40 689 Kč	23 795 Kč	-60 921 Kč	-46 170 Kč	-97 930 Kč
2034	40 689 Kč	23 961 Kč	16 728 Kč	12 429 Kč	-85 501 Kč
2035	40 689 Kč	24 129 Kč	16 560 Kč	12 063 Kč	-73 438 Kč
2036	40 689 Kč	24 298 Kč	13 391 Kč	9 563 Kč	-63 874 Kč
2037	40 689 Kč	24 468 Kč	16 221 Kč	11 357 Kč	-52 517 Kč
2038	40 689 Kč	24 639 Kč	16 050 Kč	11 017 Kč	-41 500 Kč
2039	40 689 Kč	24 812 Kč	12 877 Kč	8 666 Kč	-32 834 Kč
2040	40 689 Kč	24 986 Kč	15 703 Kč	10 361 Kč	-22 474 Kč
2041	40 689 Kč	25 160 Kč	15 529 Kč	10 044 Kč	-12 429 Kč
2042	40 689 Kč	25 337 Kč	12 352 Kč	7 833 Kč	-4 596 Kč
2043	40 689 Kč	25 514 Kč	15 175 Kč	9 435 Kč	4 839 Kč
2044	40 689 Kč	25 693 Kč	14 996 Kč	9 141 Kč	13 980 Kč
2045	40 689 Kč	25 872 Kč	11 817 Kč	7 061 Kč	21 041 Kč
2046	40 689 Kč	26 054 Kč	14 636 Kč	8 574 Kč	29 616 Kč
2047	40 689 Kč	26 236 Kč	14 453 Kč	8 302 Kč	37 917 Kč
2048	40 689 Kč	26 420 Kč	11 270 Kč	6 346 Kč	44 263 Kč

Tabulka č. 19: Předpokládaná fakturace, CF, DCF, KDCF a čistá současná hodnota po instalaci FVE (vlastní zpracování)

Poznámky k tabulce č. 19:

Fakturace E-ON bez FVE = hodnota převzatá z tabulky č. 15

Fakturace E-ON s FVE = Předpokládaná roční fakturovaná částka převzatá z tabulky č. 16. postupně navyšována ročně o 0,7 %, z důvodu klesání životnosti panelů

Cash flow (CF) = Fakturace E-ON s FVE (příjmy) - Fakturace E-ON bez FVE (výdaje) + Reinvestice

Diskontovaný cash flow (DCF) = $\frac{CF}{(1+d)^t}$, kde d = diskontní sazba, t = daný rok

Kumulovaný diskontní cash flow (KDCF) = doba návratnosti = - INVESTICE + $\sum_{t=0}^{30} DCF_t$

Výsledkem tabulky č. 19 je čistá současná hodnota (NPV) investice fotovoltaické elektrárny, která po 30 letech provozu činí 44 263 Kč. Vzhledem ke kladné hodnotě NPV je investice přijatelná. Celkové zhodnocení investice nastává mezi rokem 2042 a 2043, tzn. po 24 letech provozu FVE, kdy dochází k přechodu diskontovaných peněžních toků ze záporných do kladných hodnot.

4.3.5 POROVNÁNÍ SYSTÉMU FVE SE SYSTÉMEM HFVE

V této podkapitole jsem se rozhodl porovnat alternativní řešení FVE oproti nainstalovanému systému na rodinném domě. Alternativním řešením je myšleno systém HFVE (hybridní fotovoltaické elektrárny), který je popsán v teoretické části v této práci. Zvýšený zájem o HFVE systém je zaznamenán od roku 2016. V současné době poskytovány jsou na tento systém poskytovány vyšší dotace NZÚ než na instalace bez baterií. Firmy a distributoři fotovoltaických komponentů tyto systémy rádi nabízí a rozhodl jsem se toto řešení porovnat, zda se instalace tohoto systému vyplatí či nikoliv.

Pro srovnání byla zvolena HFVE s výkonem 9,75 kWp. Pro porovnání vstupní investice byla zadána poptávka firmě Solars. Požadavek na zpracování nabídky byl na kompletní systém FVE, včetně instalace, zhotovení projektu FVE, energetického posudku a získání dotace NZÚ.

Mezi hlavní komponenty zahrnující nabídku patří 30 kusů solárních panelů Canadian solar o výkonu 325 Wp, hybridní střídač GoodWe 10 kW/3f, baterie LifePo4 fi BYD o kapacitě 14,4 kWh, řídicí modul SC0500A – 100S, rozvaděč, nosná konstrukce a další prvky systému HFVE. Celková nabídková cena činí 540 000 Kč s DPH. HFVE o instalovaném výkonu 9,75 kWp se řadí do dotační podoblasti C. 3.7. - FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 4\,000\text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$. Výše dotace činí 155 000 Kč, kde 5 000 Kč je vyhrazeno pro dotaci na odborný posudek.



Obrázek č. 52: Alternativní systém HFVE (vlastní zpracování)

Instalováním baterií předpokládáme úsporu spotřeby energie z distribuční sítě. Jelikož nejsou známy hodnoty, kolik vyrobené energie při provozu HFVE se spotřebuje v rodinném domě, byl stanoven předpoklad 95 % využití vyrobené energie a 5 % přebytků posílaných zpět do distribuční sítě. Takto poměrově rozdělené hodnoty bude sloužit k následujícímu výpočtu předpokládané fakturace za energii z distribuční sítě. Dále bude proveden výpočet předpokládané výnosnosti investice, návratnosti investice a čisté současné hodnoty. Parametry výpočtu jsou totožné s modelovým příkladem instalace FVE bez baterií (tabulka č. 15).

Rok 2019	Výroba FVE [kWh]	Spotřeba energie z FVE v domě [%]	Spotřeba energie z FVE v domě [kWh]	Přebytky do DS [%]	Přebytky do DS [kWh]	Spotřeba energie z DS [kWh]	Celková spotřeba elektřiny v domě [kWh]	Fakturovaná částka dodavatele energie	Pravidelné poplatky dodavatele energie	Celková fakturovaná částka
Leden	353	95	335	5	18	1508	1843	2 770 Kč	1 379 Kč	4 149 Kč
Únor	608	95	578	5	30	989	1567	1 808 Kč	1 000 Kč	2 809 Kč
Březen	1028	95	977	5	51	459	1436	821 Kč	613 Kč	1 434 Kč
Duben	1259	95	1196	5	63	0	1189	-31 Kč	0 Kč	-31 Kč
Květen	1319	95	1253	5	66	0	836	-33 Kč	0 Kč	-33 Kč
Červen	1316	95	1250	5	66	0	1017	-33 Kč	0 Kč	-33 Kč
Červenec	1342	95	1275	5	67	0	648	-34 Kč	0 Kč	-34 Kč
Srpen	1175	95	1116	5	59	0	715	-29 Kč	0 Kč	-29 Kč
Září	934	95	887	5	47	100	987	160 Kč	350 Kč	510 Kč
Říjen	648	95	616	5	32	697	1313	1 269 Kč	787 Kč	2 056 Kč
Listopad	333	95	316	5	17	1185	1501	2 175 Kč	1 143 Kč	3 318 Kč
Prosinec	273	95	259	5	14	1646	1905	3 026 Kč	1 480 Kč	4 507 Kč
Celkem	10588	95	10059	5	529	6584	14957	11 870 Kč	6 753 Kč	18 623 Kč

Tabulka č. 20: Předpokládaná bilance výroby a spotřeby energie v domě po instalaci HFVE, včetně fakturace (vlastní zpracování)

Poznámky k tabulce č. 20.:

Výroba FVE = hodnoty převzaty z tabulky č. 7.

Spotřeba energie z FVE v domě [kWh] = 95 % Výroby FVE [kWh]

Přebytky do DS [kWh] = 5 % Výroby FVE [kWh]

Celková spotřeba elektřiny v domě [kWh] = Hodnoty převzaty na základě průměru fakturačních hodnot z období 2015 až 2018 uvedené v příloze

Spotřeba energie z DS [kWh] = Celková spotřeba elektřiny v domě [kWh] – Spotřeba energie z FVE v domě [kWh]

Celková fakturovaná částka [Kč] = [pravidelné poplatky za služby (Tabulka č. 17)] + [55 % Spotřeby energie z DS v Nízkém tarifu (kWh) * 1,615 Kč/kWh (cena v NT)]

+ [45 % Spotřeby energie z DS ve Vysokém tarifu (kWh) * 2,122 Kč/kWh (cena ve VT)] – [Přebytky do DS * 0,5 Kč/kWh (cena dodavatele za výkup)]

Pozn.: Při nulové spotřebě energie z DS se nezapočítávají pravidelné poplatky za služby

Ve srovnání s tabulkou č. 16, ve které jsou předpokládané fakturované částky za energii na rodinném domě s FVE (21 581 Kč), je vidět, že došlo k finanční úspoře 2 958 Kč za rok 2019. Celková uspořená částka oproti průměrné fakturační částce za energii na domě bez FVE (40 689 Kč) je 22 066 Kč za rok.

Míra výnosnosti při zapojení systému HFVE je 4,94 % a na základě porovnání se systémem FVE instalovaném na rodinném domě je míra výnosnosti HFVE nižší o 1,01 %.

Zjištěná návratnost systému HFVE je znázorněna v tabulce č. 21. V této tabulce je též proveden výpočet s totožnými parametry výpočtu instalovaného FVE, kterými jsou Cash flow, Diskontované cash flow a Kumulované cash flow. Zde je opět zaveden faktor životnosti fotovoltaických panelů, který snižuje životnost o 0,7 % za každý další rok provozu. Do tabulky je také zahrnuta pravidelná revize systému, která bude prováděna jednou za 3 roky v ceně 1 000 Kč. Pravidelná údržba elektroinstalace a pravidelný servis, který bude každé 3 roky s poplatkem 2000 Kč. Dále je do tabulky zahrnuta reinvestice HFVE. Všechny důležité komponenty, jakými je hybridní střídač GoodWe 10 kW/3f (cena 50 000 Kč), baterie LifePo4 fi BYD o kapacitě 14,4 kWh (cena 240 000 Kč) a řídicí modul SC0500A – 100S (cena 25 000 Kč), mají životnost přibližně 15 let a budou po uplynutí této doby kompletně vyměněny. U fotovoltaických panelů předpokládáme životnost 30 let a nebudou tím pádem zahrnuty do výpočtu.

Fakturační období	Fakturace EON Bez FVE	Fakturace EON s FVE	CF	DCF	KDCF
2019	40 689 Kč	18 623 Kč	22 066 Kč	22 066 Kč	-362 934 Kč
2020	40 689 Kč	18 754 Kč	21 935 Kč	21 505 Kč	-341 429 Kč
2021	40 689 Kč	18 885 Kč	18 804 Kč	18 074 Kč	-323 355 Kč
2022	40 689 Kč	19 017 Kč	21 672 Kč	20 422 Kč	-302 934 Kč
2023	40 689 Kč	19 150 Kč	21 539 Kč	19 898 Kč	-283 035 Kč
2024	40 689 Kč	19 284 Kč	18 405 Kč	16 670 Kč	-266 366 Kč
2025	40 689 Kč	19 419 Kč	21 270 Kč	18 887 Kč	-247 479 Kč
2026	40 689 Kč	19 555 Kč	21 134 Kč	18 398 Kč	-229 081 Kč
2027	40 689 Kč	19 692 Kč	17 997 Kč	15 360 Kč	-213 721 Kč
2028	40 689 Kč	19 830 Kč	20 859 Kč	17 454 Kč	-196 267 Kč
2029	40 689 Kč	19 969 Kč	20 720 Kč	16 998 Kč	-179 269 Kč
2030	40 689 Kč	20 109 Kč	17 580 Kč	14 139 Kč	-165 130 Kč
2031	40 689 Kč	20 249 Kč	20 440 Kč	16 116 Kč	-149 013 Kč
2032	40 689 Kč	20 391 Kč	20 298 Kč	15 691 Kč	-133 323 Kč
2033	40 689 Kč	20 534 Kč	-297 845 Kč	-225 729 Kč	-359 052 Kč
2034	40 689 Kč	20 678 Kč	20 011 Kč	14 869 Kč	-344 183 Kč
2035	40 689 Kč	20 822 Kč	19 867 Kč	14 472 Kč	-329 711 Kč
2036	40 689 Kč	20 968 Kč	16 721 Kč	11 941 Kč	-317 770 Kč
2037	40 689 Kč	21 115 Kč	19 574 Kč	13 705 Kč	-304 065 Kč
2038	40 689 Kč	21 263 Kč	19 426 Kč	13 335 Kč	-290 730 Kč
2039	40 689 Kč	21 412 Kč	16 277 Kč	10 954 Kč	-279 776 Kč
2040	40 689 Kč	21 561 Kč	19 128 Kč	12 620 Kč	-267 156 Kč
2041	40 689 Kč	21 712 Kč	18 977 Kč	12 275 Kč	-254 881 Kč
2042	40 689 Kč	21 864 Kč	15 825 Kč	10 035 Kč	-244 846 Kč
2043	40 689 Kč	22 017 Kč	18 672 Kč	11 609 Kč	-233 237 Kč
2044	40 689 Kč	22 172 Kč	18 517 Kč	11 287 Kč	-221 950 Kč
2045	40 689 Kč	22 327 Kč	15 362 Kč	9 180 Kč	-212 770 Kč
2046	40 689 Kč	22 483 Kč	18 206 Kč	10 666 Kč	-202 104 Kč
2047	40 689 Kč	22 640 Kč	18 049 Kč	10 367 Kč	-191 737 Kč
2048	40 689 Kč	22 799 Kč	14 890 Kč	8 385 Kč	-183 353 Kč

Tabulka č. 21: Předpokládaná fakturace, CF, DCF, KDCF a čistá současná hodnota po instalaci HFVE (vlastní zpracování)

Výsledkem tabulky č. 21 je čistá současná hodnota (NPV) investice HFVE, která po 30 letech provozu činí - 183 353 Kč. Vzhledem k záporné hodnotě NPV se nevyplatí investovat do tohoto systému. Rozdíl oproti čisté současné hodnotě instalované FVE je 227 616 Kč. Můžeme předpokládat, že zhodnocení investice HFVE nikdy nenastane, neboť se musí po 30 - ti letech kompletně vyměnit celý systém a tím pádem nemůže dojít k přechodu diskontovaných peněžních toků ze záporných do kladných hodnot, kdy by se investice zhodnotila.

Průměrná roční fakturace, za období 2015 až 2018, byla vypočtena na částku 40 689 Kč. Předpokládaná roční fakturace alternativního řešení HFVE systému za rok 2019, na dodávku elektrické energie z distribuční sítě, byla vypočtena na částku 18 623 Kč. Porovnáním těchto hodnot by došlo ke snížení ročních nákladů na dodávku energie z distribuční sítě o 45,77 %. Výzkumný předpoklad, že při využití fotovoltaické elektrárny o výkonu 9,9 kWp na rodinném domě, dojde k 50 % úspoře ročních nákladů za elektrickou energii, by se též nepotvrdil.

4.4 ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ

Podle dostupných informací se výrobou elektřiny ze solárních článků ve srovnání s konvenčními technologiemi na bázi fosilních paliv, snižuje množství znečišťujících látek a emisí skleníkových plynů o 90 %, z nichž nejvýznamnější je oxid uhličitý (CO₂). Z hlediska výroby elektřiny z fotovoltaických článků je tato hodnota více než uspokojivá. Ovšem nesmí se zapomenout na negativní environmentální dopady FVE, které jsou spojeny především s výrobou solárních panelů a po ukončení životnosti též s likvidací a recyklací těchto prvků. [47]

4.4.1 DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Podle švýcarského inženýra Ferrucia Ferroniho vyvolávají solární elektrárny vysoké emise skleníkových plynů. Emise nevznikají ve fázi provozu, ale při jejich výrobě. *“Na každou vyrobenou kilowatthodinu elektřiny ze slunečního záření připadá 978 g skleníkových plynů v ekvivalentu oxidu uhličitého (CO₂), jež vznikly při výrobě a přepravě fotovoltaických panelů.”* Ekvivalent oxidu uhličitého představuje jedna metrická tuna oxidu uhličitého nebo množství jiného skleníkového plynu, který má totožný účinek globálního ohřevu na klimatický systém. Pro srovnání uhelná elektrárna produkuje totožné množství skleníkových plynů při výrobě 1 kWh elektrické energie. *“Při zpracování křemíku vzniká fluorid dusitý*

(NF3), který je dle nejnovějších výzkumů 12 000x účinnější skleníkový plyn než oxid uhličitý.“ Scrippsův oceánografický institut v Kalifornii zpracoval studii, která představuje 20 - ti násobný nárůst koncentrace NF3 za posledních 20 let. Vzhledem k takto vysokému nárůstu koncentrace NF3 podali vědci návrh na zařazení NF3 pod omezení Kjótského protokolu. [47] [50]

Pro porovnání vlivu provozu na složky životního prostředí podle jednotlivých typů elektráren, je vytvořena tabulka č. 22.

Elektrárna	Plocha	Vliv vody	Vliv ovzduší	Produkce odpadů
Jaderná	S	N	Z	N
Uhelná	S	V	V	V
Olejová	N	N	V	N
Plynová	N	N	V - S	N
Větrná	V	Z	Z	N
Biomasa	V	V	V	S
Sluneční tepelná	V	Z	Z	S
Fotovoltaická	V	Z	Z	N
Vodní	V	S	Z	N

Tabulka č. 22: Vliv provozu jednotlivých typů elektráren na složky životního prostředí [54]

Poznámky k tabulce č. 22:

N – Nízký dopad, V – Vysoký dopad, S – Střední dopad, Z- Zanedbatelný dopad

Elektrárny spalující hnědé uhlí uvolňují při výrobě 1 kWh přibližně 1 075 g CO₂. Elektrárny spalující černý uhlí uvolňují 830g CO₂. Elektrárny poháněné zemním plynem mají hodnotu emisí při výrobě 1 kWh přibližně 500 g CO₂. Tyto elektrárny se již řadí mezi výroby s nižšími emisemi. Fotovoltaické elektrárny vykazují při výrobě 1 kWh přibližně 50 g CO₂. Šetrnějšími způsoby výroby elektrické energie, oproti fotovoltaické, jsou větrné a vodní elektrárny, které produkují při výrobě 1 kWh přibližně 18 až 23 g CO₂. Jaderné elektrárny produkují při výrobě 1 kWh přibližně 35 g CO₂. [53]

Vzhledem k výše uvedeným hodnotám je výroba elektrické energie pomocí fotovoltaické elektrárny považována za nízkoemisní zdroj. Lze tedy předpokládat, že instalovaná fotovoltaická elektrárna uvolnila při výrobě elektrické energie za rok

2019 celkem 529,4 kg CO₂. Celkovým předpokladem, že fotovoltaické elektrárna po dobu své životnosti (30 let) vyrobí 296,2 MWh elektrické energie, která ve výsledku značí zátěž životního prostředí 14,81 tun CO₂, což je z globálního hlediska zanedbatelné množství.

PRODUKCE FV PANELŮ

Z globálního hlediska je v dnešní době problémem, že většina produkce solárních panelů pochází z Číny, kde 80 % zastupuje výroba elektrické energie pomocí uhelných elektráren. Vědci z Northwestern University provedli analýzu, na základě které zjistili, že uhlíková stopa, která vzniká při výrobě panelu z Číny, je 2x větší než stopa po výrobě panelu v Evropě. Klesající ceny solárních panelů nejsou tak důsledkem zvýšení efektivity výroby, jako spíše důsledkem přesunu továren na výrobu panelů ze Západu do východních států, kde jsou levnější náklady na energii a pracovní sílu. Mezi další aspekty přesunutí výroby patří nižší požadavky na environmentální předpisy oproti zemím EU nebo ve Spojených státech amerických. [47]

4.4.2 RECYKLACE SOLÁRNÍCH PANELŮ

Recyklace solárních panelů instalovaných na rodinném domě proběhne po 30 letech provozu. Poté bude systém kompletně vyměněn. Samotný solární panel je složen ze skla, hliníku, plastu, křemíku a vzácných (polo)kovů, kterými jsou stříbro, měď nebo olovo. Poměrové zastoupení jednotlivých složek pro instalované o celkovém výkonu 9,9 kWp jsou uvedeny v následující tabulce č. 23.

Materiál	Složení panelů [kg/kWp]	Podíl [%]	Výtěžnost recyklace [%]
Sklo	594	67	>95
Hliník	158,4	18	100
Plasty	99	11	-
Křemík	29,7	3	85
Stříbro	9,9	1	80
Měď	9,9	1	80
Olovo	9,9	1	80

Tabulka č. 23: Materiálové složení FV panelů o výkonu 1 kWp [45]

PV CYCLE

PV Cycle je systém vytvořený k recyklaci solárních panelů. Tento systém je založen na celoevropské aktivitě výrobců a dodavatelů fotovoltaických panelů. Systém je založen na dobrovolné zodpovědnosti za panely v průběhu celého životního cyklu. V souladu s rámcovou směrnicí o odpadech 2008/98/ES se dodavatelé a výrobci snaží budovat zelený image oboru, ke kterému patří zodpovědnost za nakládání s odpadem. Systém využívá sběrná místa po celé Evropě. Směrná místa obsahují dva kontejnery na fotovoltaické panely. Jeden kontejner pro krystalické křemíkové panely a druhý pro tenkovrstvé panely. Rozdělení je z důvodu rozdílné recyklační technologie. Kontejnery se poté odvázejí do recyklačních společností, kde se zpracovávají pro opětovné využití. [45]

TERMICKÁ RECYKLACE

Tento druh recyklace fotovoltaických panelů je v současné době nejpokročilejší metodou. Metoda byla navrhována a odzkoušena firmou Deutsche solar AG. Metoda spočívá v navážce celých panelů do speciální pece, kde se zahřívají na teplotu nad 500°C. Při této teplotě se odpařují plastové prvky panelů, které jsou následně v další komoře spalovány. Ostatní materiály, které obsahují panely, jsou oddělovány ručně pomocí ručního náradí. Pokud jsou panely nepoškozené, lze tímto způsobem vytěžit až 85 % článků, které se aplikují do nových panelů. Díky této recyklaci je možné snížit spotřebu energie na výrobu nových panelů až o 70 %. Metoda může být použita pro všechny stávající konstrukce panelů na bázi krystalických článků. [45]

RECYKLAČNÍ POPLATEK

Z důvodu předpokládané recyklace panelů zavedlo Ministerstvo životního prostředí v roce 2012 povinnost platit příspěvek na budoucí recyklaci fotovoltaických panelů provozovatelům solárních elektráren.

Klíčová sdělení zákona 185/2011 Sb. týkající se solárních panelů:

- *Za recyklaci solárních panelů uvedených na trh po 1. lednu 2013 zodpovídá výrobce. Recyklační poplatek proto bude u panelů, které budou uvedeny na trh po roce 2012, automaticky obsažen v ceně panelu.*
- *Za recyklaci solárních panelů uvedených na trh před 1. lednem 2013 zodpovídá provozovatel solární elektrárny.*

- *Provozovatel musí prostřednictvím kolektivního systému zajistit, že panely z jeho elektrárny budou ekologicky zlikvidovány.*
- *Svou povinnost provozovatel solární elektrárny splní prostřednictvím rovnoměrných dílčích plateb poskytovaných minimálně s roční periodicitou počínaje od 1. ledna 2014 tak, aby financování bylo plně zajištěno nejpozději do 1. ledna 2019. [52]*

Tento poplatek byl stanoven na částku 8,50 Kč/kg. V České republice je v současnosti nainstalována kapacita přibližně 2,1 GW a ve srovnání s Itálií, kde je kapacita přibližně 17 GW, se platí recyklační poplatek přibližně 1 € za jeden solární panel o hmotnosti 20 kilogramů. [45]

V případě instalované elektrárny na domě je poplatek účtován v celkové výši 10 010 Kč, který je zahrnut v ceně panelů.

4.4.3 VIZE DO BUDOUCNOSTI

Do roku 2030 lze očekávat velmi nízké množství vyřazených panelů z provozu. Většinou půjde o panely, které se poškodily při zásahu přírodních živlů nebo byly poškozeny při nehodách. Celková produkce odpadů v ČR byla v roce 2017 přibližně 34 mil. tun. Panely, které byly nainstalovány v letech 2009 až 2011, budou ve větším množství vyřazeny z provozu pravděpodobně kolem roku 2040, kdy jejich životnost dosáhne 30 let provozu. [45]

Předpokládá se, že celkové množství fotovoltaického odpadu v Evropě bude v roce 2020 čítat 35 000 tun. “Mezinárodní energetická agentura pro fotovoltaické elektrárny předpokládá, že by kolem roku 2050 mohl mít trh s recyklací solárních panelů hodnotu 15 miliard dolarů.“ Tato částka představuje zhruba 78 milionů tun vyřazených solárních panelů. [47]

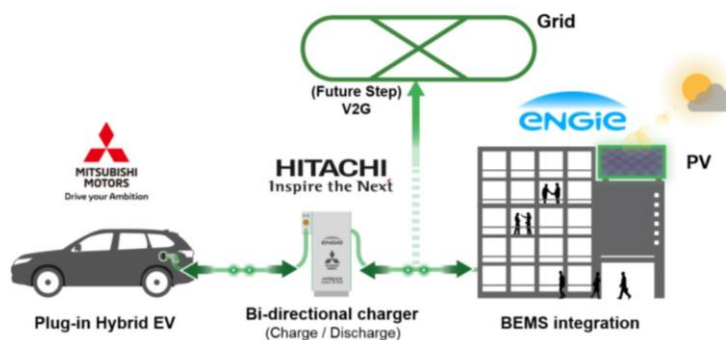
V2G TECHNOLOGIE

“Nový typ dobíjecí stanice V2X od Hitachi je prvním zařízením svého druhu, které dokáže nejen dobíjet elektromobily, ale také pouštět energii zpět do sítě budovy či veřejné rozvodné sítě, a tak podle potřeby sloužit k různým účelům.

Kromě toho se dobíjecí stanice může připojit přímo na fotovoltaické panely a externí úložiště energie, což dává prostor k mnohem účinnějšímu zásobování budov elektrickou energií. Dnešní budovy společně s dopravou mají cca 75% podíl na

celkových emisích CO₂ produkovaných firmami poskytujícími služby, a tak technologie V2B (konektivita ‚vozidlo-budova‘) může zásadním způsobem přispět k celosvětovému snížení uhlíkových emisí a současně napomoci snížit náklady na energie v rámci budov i celých firem. Mitsubishi Motors, ENGIE a Hitachi spojují své odborné znalosti a věří, že pokroková dobíjecí stanice typu V2X (vozidlo-budova) může vést ke vzniku chytřejších a účinnějších systémů pro hospodaření s energiemi v budovách.

Dobíjecí stanice V2X je propojena se systémem dodávek energie do budovy; když daná budova produkuje více sluneční energie, než potřebuje, přebytečná energie se ukládá do baterie elektromobilu. Tuto energii lze poté podle potřeby použít zpět do elektrické rozvodné sítě. Baterie vozidla se tudíž chová jako úložiště energie a zároveň jako zásobník pro nouzové napájení elektrinou. Hitachi poskytuje dobíjecí stanici V2X umožňující obousměrné dobíjení mezi baterií elektromobilu a budovou nebo elektrickou rozvodnou sítí. Rovněž poskytuje technologii umožňující předávání elektrické energie mezi vozidlem a budovou, resp. mezi vozidlem a elektrickou rozvodnou sítí. ENGIE stojí za vytvořením tzv. ‚chytré budovy‘ propojením baterie elektromobilu prostřednictvím dobíjecí stanice V2X se systémem zásobování budovy elektrinou, včetně integrace s fotovoltaickými panely nebo dalšími zdroji obnovitelné energie v rámci chytré sítě.“ [48]



Obrázek č. 55: V2G (Vehicle-to-grid) technologie [48]

Vzhledem k neustálé inovaci a snižování finančních nákladů na výrobu FVE komponent se fotovoltaické elektrárny stávají čím dál více žádanějším vedlejším zdrojem elektrické energie u rodinných domů. V budoucnosti by se mohla fotovoltaika stát hlavním zdrojem energie každé domácnosti. Neustálý pokrok v technologii má za následek zlepšování vlastností komponent a snižování výrobních nákladů. Díky snižování nákladů FVE komponent bychom se mohli v budoucnu dostat do situace, kdy bude docházet k postupnému zatěžování distribučních sítí

a bude otázkou, jak se s tímto problémem vypořádají distribuční společnosti, protože kapacita distribučních sítí je omezená.

Do budoucna má vyrobená elektrická energie z FVE též potenciál využití k nabíjení hybridní automobilů a elektromobilů v místě výroby, čímž by docházelo k nemalé úspoře nákladů celkového finančního zatížení rodinného rozpočtu. Tímto směrem se ubírá automobilka Mitsubishi Motors Corporation, která využívá V2G technologii. V této technologii vidím velký potenciál. V současné době je drobný problém v rychlosti dobíjení elektrických automobilů z domácí sítě, respektive z fotovoltaických panelů, oproti běžným automobilům, které pohánějí ropné produkty. Postupným vývojem však bude docházet ke zdokonalování technologie a ke zkrácování doby nabíjení automobilů. Otázka, která by mohla nastat, je spojená s náklady na realizaci tohoto systému. Jako u každé nové technologie počáteční investice bývají vyšší, ale postupem času bude docházet ke snižování těchto nákladů. Věřím, že postupným vývojem a zvyšováním zájmu o obdobné technologie, se fotovoltaika stane klíčovým prvkem každé domácnosti.

5 ZÁVĚR

Cílem práce bylo navržení FVE systému a jeho efektivní využití pro snížení nákladů za elektrickou energii na rodinném domě za pomoci řídicí jednotky miniserveru Loxone. Dílčím cílem práce je environmentální hodnocení FVE systému.

Navržený systém výroby elektrické energie a její ukládání bylo řešeno převážně přímým ohřevem do zásobníku TV a akumulární nádrže topného systému rodinného domu. Další spotřeba vyrobené elektrické energie byla zajištěna pomocí spotřebičů (televize, osvětlení, lednice s mrazničkou apod.). V letních měsících bylo dále využívání nepřímé spotřeby elektrické energie pro ohřev bazénu pomocí bazénového výměníku.

Ze zjištěných výsledků sledovaného období došlo po instalaci FVE systému o výkonu 9,9 kWp na rodinném domě ke snížení nákladů o 37,25 %. Výzkumný předpoklad byl však stanoven na snížení nákladů o 50 %, čímž nebyl potvrzen. Pro naplnění výzkumného předpokladu by bylo potřeba efektivnější využití vyrobené elektrické energie. Problematika spojená s výrobou elektrické energie souvisí s omezenou možností jejího ukládání, proto její využití souvisí s aktuální spotřebou při výrobě elektrické energie FVE systému. Jedním z řešení je instalace „chytrých“ domácích spotřebičů v rodinném domě (SmartAppliances), které je možné ovládat pomocí aplikace v mobilních telefonech. Díky miniserveru Loxone a bezdrátové síti, pak můžeme řídit zapnutí nebo vypnutí spotřebičů dle předem stanovených potřeb uživatele domu. Tato varianta spotřeby tak ještě více využívá aktuální produkci elektrické energie. Další varianta úspory by byla v podobě alternativního řešení a to pomocí hybridního systému FVE. Toto řešení je však ekonomicky nákladné, protože vyžaduje bateriové komponenty. Zjištěné výsledky, které přinesly významnou úsporu spotřeby elektrické energie z distribuční sítě, zaujaly stavební společnost zabývající se výstavbou rodinných domů. Především efektivní využití vyrobené elektrické energie FVE systému za pomoci řídicí jednotky miniserveru Loxone. Jedná se o bezbateriový systém využití elektrické energie, který operativně spíná dílčí zátěžové subsystémy rodinného domu a tím snižuje odběr elektrické energie z distribuční sítě. Na základě těchto výsledků a jednání je naplánovaná výstavba

rodinných domů s efektivním řízením spotřeby elektrické energie vyrobené za pomoci navrženého FVE systému.

V rámci environmentálního hlediska bychom však neměli zapomínat na emise zatěžující životní prostředí, které vznikají výrobou FV panelů a ostatních komponent FVE systémů. S produkcí FV panelů souvisí též přesunutí výroby do Číny, kde není na toto hledisko příliš přihlíženo. K zajištění ochrany životního prostředí, by musela čínská vláda zpřísnit podmínky produkce při výrobě FVE komponentů. Pokud budeme nahlížet na výrobu elektrické energie z FVE systémů jako takovou, v porovnání s výrobou elektrické energie pomocí NZE jsou OZE šetrnější k životnímu prostředí.

V průběhu zpracování této práce jsem získal širší znalosti a možnosti nejenom FVE systému, ale především využití elektrické energie z alternativních zdrojů v perspektivních odvětvích současné ekonomiky. Proto bych se chtěl touto problematikou i nadále zabývat.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Charakteristika - Elektrárny - Svět energie.cz. *Svět Energie - Svět energie.cz* [online]. Copyright © 2016, Všechna práva vyhrazena [cit. 03.04.2019]. Dostupné z: [https://www.svetenergie.cz/cz/elektrarny/slunecni-
elektrarny/charakteristika](https://www.svetenergie.cz/cz/elektrarny/slunecni-elektrarny/charakteristika)
- [2] Zvolit pasivní, nebo nízkoenergetický dům? | E.ON. *Pomáháme šetřit peníze i přírodu E.ON* [online]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/nizkoenergeticky-dum>
- [3] Součást vzdělávacího programu SVĚT ENERGIE, RNDr. Jaroslav Kusala, 2006 [online]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k22.htm>
- [4] Solární systémy a jejich využití | Využití sluneční energie | Energie ze Slunce | Slunce | Pozorování Slunce / Pozorovanie Slnka . *Pozorování Slunce / Pozorovanie Slnka* [online]. Dostupné z: [http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunecni-
energie/solarni-systemy-a-jejich-vyuziti.html](http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunecni-energie/solarni-systemy-a-jejich-vyuziti.html)
- [5] Sluneční energie | Energetika - Odbor správy infrastruktury . *Energetika / Energetika - Odbor správy infrastruktury* [online]. Copyright © 2019 Magistrát města Plzně [cit. 05.04.2019]. Dostupné z: <https://energetika.plzen.eu/alternativni-zdroje-energie/slunecni-energie/>
- [6] 5 mýtů a polopravd o fotovoltaice | PREměření. [online]. Copyright © 2015 Pražská energetika, a. s. [cit. 05.12.2019]. Dostupné z: [https://www.premereni.cz/cs/o-spolecnosti/clanky/5-mytu-a-polopravd-o-
fotovoltaice/](https://www.premereni.cz/cs/o-spolecnosti/clanky/5-mytu-a-polopravd-o-fotovoltaice/)
- [7] *Aldebaran.cz – Slunce* [online]. Aldebaran.cz [cit. 2008-06-28]. Dostupné online.
- [8] Teorie fotovoltaiky. *Isofen Energy - titulní stránka* [online]. Copyright © 2009 Isofen Energy s.r.o. [cit. 05.04.2019]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/fotovoltaika.aspx>
- [9] Sluneční energie. [online]. [cit. 05.04.2019]. Dostupné z: http://www.cittadella.cz/cenia/index.php?p=slunecni_energie&site=energie

- [10] Fotovoltaika - Větrná energie - Energie živlů - W.E.B Větrná Energie spol. s r.o.. *W.E.B Větrná Energie spol. s r.o.* [online]. Copyright © [cit. 13.06.2019]. Dostupné z: http://www.vetrna-energie.cz/energie-zivlu/vetrna-energie_9/energie-zivlu/slunce_11
- [11] Druhy solárních kolektorů. *Solární systémy na ohřev vody pro rodinné domy ČR* [online]. Dostupné z: <https://solarni-ohrev-vody.eu/druhy-solarnich-kolektoru>
- [12] Typy solárních kolektorů. *301 Moved Permanently* [online]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [13] Wunder ALS Flachkollektor BAFA | Solimpeks Solarenergie GmbH. *Solimpeks Solarenergie GmbH - Ihr Partner für Solarenergie* [online]. Dostupné z: <http://www.solimpeks.de/produkt/wunder-als-3/>
- [14] Selektivní ploché kapalinové kolektory | Solární energie s.r.o.. *Solární systémy, solární panely, fototermika, fotovoltaika* | *Solární energie s.r.o.* [online]. Dostupné z: <https://www.solarnienergie.cz/slunecni-kolektory-ploche-kapalinove-selektivni/>
- [15] Topenáři EKOMPLEX - Solární vytápění kapalinové | Sluneční kolektory. *Topenáři EKOMPLEX - Instalatéři* [online]. Copyright © [cit. 17.06.2019]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>
- [16] Solární Novinky cz. *Solární Novinky cz* [online]. Copyright © Copyright [cit. 25.06.2019]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?fotovoltaika/2018120303/rekordni-ucinnost-v-roce-2019-se-zacne-seriove-vyroba-bifacialnich-perc-panelu-o-vykonu-400-wp>
- [17] Základní možnosti připojení fotovoltaické elektrárny. Se sítí nebo bez ní? - ESTAV.cz. *ESTAV.cz - s námi stavíte na informacích*[online]. Copyright © Copyright [cit. 26.06.2019]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/6456.fotovoltaika-jak-se-lisi-zarizeni-pro-primou-spotrebu-a-pro-prodej-elektricke-energie-do-site>
- [18] Fotovoltaické elektrárny - princip funkce a součásti, elektrárny v ČR. *Loading interface...* [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrarny-cr/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti>

- [19] Solární regulátory | <https://eshop.neosolar.cz>. *Solární panely, ohřev vody, fotovoltaika, úsporné technologie* | <https://eshop.neosolar.cz> [online]. Copyright © Neosolar, spol. s r.o. 2019 [cit. 12.10.2019]. Dostupné z: <https://eshop.neosolar.cz/solarni-regulatory>
- [20] FVE s bateriemi – Terms Energy. *Terms Energy – Homepage* [online]. Copyright © Terms a.s. [cit. 03.11.2019]. Dostupné z: <http://www.termsenergy.cz/fve-c36>
- [21] Instalace fotovoltaických panelů na šikmou střechu | ASB Portal. *ASB-portal.cz | odborný portál | architektura, stavebnictví, byznys* [online]. Copyright © JAGA GROUP, s. r. o. Všechna práva vyhrazena [cit. 07.11.2019]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strecha/instalace-fotovoltaickych-panelu-na-sikmou-strechu>
- [22] Fotovoltaická elektrárna na (téměř) rovné střeše - EnviWeb.cz. *EnviWeb.cz - zpravodajství o životním prostředí, profesní ekologie, odborné akce* [online]. Copyright © 1999 [cit. 14.11.2019]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/78344>
- [23] Volná prostranství | Aleners. *Aleners* [online]. Copyright © Aleners Energy systems a.s. 2016, webdesign [cit. 14.11.2019]. Dostupné z: <https://www.aleners.com/fotovoltaika/volna-prostranstvi>
- [24] Podmínky oblasti podpory C - NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM. *NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM* [online]. Dostupné z: <https://archiv.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-c-3-vyzva/index.htm>
- [25] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TZB-info* [online]. [cit.2019-11-21]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [26] JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission. *JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission* [online]. Copyright © [cit. 23.11.2019]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

- [27] Solární panel AUO BENQ 330wp MONO černý rám PM060MW4 - ifTECH s.r.o.. *Solární panely, fotovoltaické panely, fotovoltaika, konstrukce pro solární elektrárny - ifTECH s.r.o.* [online]. Copyright © 2015 ifTECH s.r.o. [cit. 04.12.2019]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/monokrystalicke-panely/1485-solarni-panel-auo-benq-330wp-mono-cerny-ram-pm060mw4.html>
- [28] Měnič síťový Fronius IG Plus 150V-3 - Střídače síťové. *Fotovoltaické solární systémy - Solartec MED, s.r.o. - eShop* [online]. Dostupné z: <http://eshop.solartec.cz/si/menic-sitovy-fronius-ig-plus-150v-3.html>
- [29] CEHA KDC elektro k.s. - *Elektromateriál* [online]. Copyright ©c [cit. 26.11.2019]. Dostupné z: <http://www.ceha-kdc.cz/eshop/cat/55/55-06-802-12055.pdf>
- [30] Miniserver – řídicí jednotka | Loxone e-shop. *Loxone Webshop | Produkte für Haus- und Gebäudeautomation online bestellen* [online]. Copyright © 2019 Loxone Electronics GmbH. All rights reserved. [cit. 26.11.2019]. Dostupné z: <https://shop.loxone.com/cscz/miniserver.html>
- [31] Svodiče přepětí a bleskových proudů od CITEL.. *Svodiče přepětí a bleskových proudů od CITEL.* [online]. Copyright © 2019 www.svodice [cit. 27.11.2019]. Dostupné z: <https://www.svodice-prepeti.cz/>
- [32] Připojení výroby do stávajícího odběrného místa | E.ON Distribuce. *Provozujeme distribuční síť elektřiny a plynu | E.ON Distribuce* [online]. Copyright © 2019 E.ON Distribuce, a.s. Distributor elektřiny a plynu [cit. 28.11.2019]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/zadost/pripojzeni-vyrobny-nn>
- [33] Možnosti připojení FVE 2016. *TZB-info* [online]. [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13918-moznosti-pripojzeni-domaci-elektrarny-v-roce-2016>
- [34] Měnově politické nástroje - Česká národní banka. [online]. Copyright © ČNB 2019 [cit. 03.12.2019]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/mp-nastroje/>
- [35] Krok za krokem – Nová zelená úsporám. *Nová zelená úsporám – Dotace pro úsporné bydlení* [online]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/jak-na-to/krok-za-krokem/>

- [36] Eaton PL7-B25/3 | Oáza - eshop. *Oáza - eshop* [online]. Copyright © 2017 Maděra a Šípek, spol. s.r.o., dodavatel [cit. 04.12.2019]. Dostupné z: https://www.oaza.cz/eaton-pl7-b253-p630jegtbt?utm_source=heureka.cz&utm_medium=products&utm_campaign=eaton-pl7-b253
- [37] OPPIK.cz | Dotace až 400 mil. Kč na úspory elektrické energie. *OPPIK.cz / Portál operačního programu podnikání a inovace* [online]. Dostupné z: <https://www.oppik.cz/dotacni-programy/uspory-energie>
- [38] *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Copyright ©t [cit. 04.12.2019]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/operacni-program-podnikani-a-inovace-pro-konkurenceschopnost/2019/4/Programovy-dokument-OP-PIK---listopad-2018_3.pdf
- [39] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR - IROP - Obecná pravidla pro žadatele a příjemce k 6. 3. 2019. *Object moved* [online]. Copyright ©2019 Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, všechna práva vyhrazena [cit. 04.12.2019]. Dostupné z: <https://www.irop.mmr.cz/cs/Zadatele-a-prijemci/Dokumenty/Dokumenty/Obecna-Pravidla-pro-zadatele-a-prijemce/Archiv-Obecna-Pravidla-pro-zadatele-a-prijemce/Verze-1-12-k-6-3-2019/Obecna-pravidla-k-6-3-2019>
- [40] DotaceEU - Integrovaný regionální OP. *Object moved* [online]. Copyright ©2019 Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, všechna práva vyhrazena [cit. 04.12.2019]. Dostupné z: <https://www.dotaceeu.cz/cs/Evropske-fondy-v-CR/2014-2020/Operacni-programy/List/Integrovaný-regionální-operacní-program>
- [41] Čistá současná hodnota (NPV - Net Present Value) - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 05.12.2019]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cista-soucasna-hodnota>
- [42] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR - IROP - Výzva č. 37 Energetické úspory v bytových domech II. *Object moved* [online]. Copyright ©2019 Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, všechna práva vyhrazena [cit. 17.12.2019]. Dostupné z: <https://www.irop.mmr.cz/cs/Vyzvy/Seznam/Vyzva-c-37-Energeticke-uspory-v-bytovych-domech-II>

- [43] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR - IROP - Výzva č. 78 Energetické úspory v bytových domech III. *Object moved* [online]. Copyright ©2019 Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, všechna práva vyhrazena [cit. 17.12.2019]. Dostupné z: <https://www.irop.mmr.cz/cs/Vyzvy/Seznam/Vyzva-c-78-Energeticke-uspory-v-bytovych-domech-II>
- [44] Mapy Google . *Google* [online]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/place/Doln%C3%AD+Bukovsko/@49.7480572,15.6895636,7.63z/data=!4m5!3m4!1s0x470cb2185ccd8cb5:0x400af0f6614f6c0!8m2!3d49.1708631!4d14.5812699?hl=cs>
- [45] Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti. *Object moved* [online]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaiicky-panelu-na-konci-zivotnosti>
- [46] Jak se vyvíjela dvoutýdenní repo sazba ČNB? - Česká národní banka. [online]. Copyright © ČNB 2019 [cit. 19.12.2019]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/casto-kladene-dotazy/Jak-se-vyvijela-dvoutydenni-repo-sazba-CNB/>
- [47] Ekologické hříchy a naděje fotovoltaické energie. *Object moved* [online]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/ekologicke-hrichy-a-nadeje-fotovoltaicke-energie#diskuse>
- [48] Solární Novinky cz. *Solární Novinky cz* [online]. Copyright © Copyright [cit. 22.12.2019]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2018042401/elektromobil-jako-zdroj-energie-pro-budovy-prvni-projekty-se-jiz-realizuji>
- [49] V rámci Nové zelené úsporám MŽP podpořilo ke konci roku 2018 projekty za 4,8 mld.. *Loading interface...* [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/v-ramci-nove-zelene-usporam-mzp-podporilo-ke-konci-roku-2018-projekty-za-48-mld/>
- [50] MŽP sleduje svou uhlíkovou stopu a šíří povědomí o ochraně klimatu - Ministerstvo životního prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Copyright © 2008 [cit. 27.12.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_170505_uhlikova_stopa_MZP
- [51] Iurium - Právní portál pro právní teorii i praxi, odborníky i veřejnost [online]. Dostupné z: https://www.iurium.cz/2017/06/02/solarni-panely-z-pohledu-sz/#_ftnref2

- [52] Legislativa < Solární panely < Výrobci, dovozci a prodejci | Asekol. [online]. Copyright © by ASEKOL a.s. 2014. All rights reserved. [cit. 04.01.2020]. Dostupné z: <https://www.asekol.cz/vyrobci-dovozci-a-prodejci/solarni-panely/legislativa/>
- [53] Die CO2- Bilanz von Photovoltaik | Wegatech. Erneuerbare Energielösungen für Ihr Zuhause - Wegatech [online]. Copyright © 2020 Wegatech [cit. 04.01.2020]. Dostupné z: <https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/grundlagen/co2-bilanz-photovoltaik/>
- [54] Porovnání různých typů elektráren z hlediska vlivu na životní prostředí. Energetika. 2007, roč. 57, č. 5, s. 166–167.
- [55] Proč fotovoltaické elektrány? - ŽLUTÁ ENERGIE ZE SLUNEČNÍCH ELEKTRÁREN. ŽLUTÁ ENERGIE ZE SLUNEČNÍCH ELEKTRÁREN [online]. Dostupné z: <http://www.zlutaenergie.cz/proc-fotovoltaicke-elektrany>
- [56] DSpace VŠB-TUO [online]. Copyright © [cit. 04.01.2020]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/114698/MOS019_FS_B2341_3907R009_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

7 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR za rok (W/m^2) [8]

Obrázek č. 2: Hodnoty přímého a difúzního záření [8]

Obrázek č. 3: Poměr složek dopadajícího slunečního záření [1]

Obrázek č. 4: Schéma rozdělení využití slunečního záření [5]

Obrázek č. 5: Příklad pasivního využití slunečního záření [2]

Obrázek č. 6: Příklad aktivního využití solárního záření [6]

Obrázek č. 7: Vývoj výroby elektrické energie fotovoltaickými články v ČR [9]

Obrázek č. 8: Vývoj výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a z odpadů v ČR [9]

Obrázek č. 9: Graf vývoje účinnosti fotovoltaických panelů [18]

Obrázek č. 10: Monokrystalické křemíkové články [10]

Obrázek č. 11: Polykrystalické křemíkové články [10]

Obrázek č. 12: Amorfni krystalické články [10]

Obrázek č. 13: Rozdělení solárních kolektorů [12]

Obrázek č. 14: Bazénové absorbéry odolné vůči UV. [12]

Obrázek č. 15: Plochý neselektivní kolektor. [13]

Obrázek č. 16: Plochý selektivní kolektor. [15]

Obrázek č. 17: Plochý vakuový kolektor. [15]

Obrázek č. 18: Trubicový vakuový kolektor heat-pipe. [15]

Obrázek č. 19: Trubicový vakuový kolektor U-pipe. [15]

Obrázek č. 20: Princip fotovoltaického článku [10]

Obrázek č. 21: Složení ON-GRID systému. [17]

Obrázek č. 22: Složení OFF-GRID systému. [17]

Obrázek č. 23: Kombinace ON-GRID a OFF-GRID systému. [17]

Obrázek č. 24: Příklad malé střešní instalace. [17]

Obrázek č. 25: Příklad velké střešní instalace. [17]

Obrázek č. 26: Příklad volně stojící pozemní instalace. [17]

Obrázek č. 27: Konstrukce upevnění pro sedlové střechy. [21]

Obrázek č. 28: Konstrukce upevnění pro ploché střechy. [21]

Obrázek č. 29: Alu konstrukce upevnění pro ploché střechy. [21]

Obrázek č. 30: Konstrukce upevnění pro volná prostranství. [23]

Obrázek č. 31: Konstrukce polohovacích systémů. [23]

Obrázek č. 32: Akumulační baterie pro FVE s kapacitou 5,4 kWh. [23]

Obrázek č. 33: Příklad spotřeby a produkce energie včetně dobíjení baterií. [20]

Obrázek č. 34: Schéma zapojení bateriového střídače. [20]

Obrázek č. 35: Schéma zapojení hybridního střídače. [20]

Obrázek č. 36: Poloha objektu [44]

Obrázek č. 37: Pohled na rodinný dům (vlastní zpracování)

Obrázek č. 38: Schéma systému vytápění v rodinném domě (vlastní zpracování)

Obrázek č. 39: Předpoklad produkce elektrické energie FVE o výkonu 9,9 kWp [26]

Obrázek č. 40: Solární panel AUO BENQ [27]

Obrázek č. 41: Střídač Fronius IG Plus (vlastní zpracování)

Obrázek č. 42: Pulzní elektroměr [29]

Obrázek č. 43: Miniserver Loxone [30]

Obrázek č. 44: Solar flex kabely [28]

Obrázek č. 45: Kabel CYKY-J [28]

Obrázek č. 46: Svodič DC přepětí [31]

Obrázek č. 47: Svodič AC přepětí [31]

Obrázek č. 48: Jistič Eaton [36]

*Obrázek č. 49: Schéma systému vytápění v rodinném domě po instalaci FVE
(vlastní zpracování)*

Obrázek č. 50: Umístění panelů na střešní konstrukci (vlastní zpracování)

Obrázek č. 51: Pohled na rodinný dům po instalaci FVE (vlastní zpracování)

*Obrázek č. 52: Příklad aktuální výroby instalované FVE při zatažené obloze v
prosinci (vlastní zpracování)*

Obrázek č. 53: Zatažená obloha v prosinci (vlastní zpracování)

Obrázek č. 54: Alternativní systém HFVE (vlastní zpracování)

Obrázek č. 55: V2G (Vehicle-to-grid) technologie [48]

8 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka č. 1: Hodnoty průměrného slunečního ozáření [8]

*Tabulka č. 2: Rozdělení podoblastí podle podmínek využití a výše
dotační podpory [24]*

Tabulka č. 3: Podmínky dotační podpory podoblastí C. 3.4 až C. 3.7 [24]

Tabulka č. 4: Předpokládané hodnoty FVE o výkonu 9,9 kWp [26]

Tabulka č. 5: Parametry solárního panelu [27]

Tabulka č. 6: Parametry střídače [28]

Tabulka č. 7: Parametry elektroměru [29]

Tabulka č. 8: Parametry miniserveru Loxone [30]

Tabulka č. 9: Parametry kabelů [28]

Tabulka č. 10: Parametry kabelů [28]

Tabulka č. 11: Parametry DC svodiče [31]

Tabulka č. 12: Parametry AC svodiče [31]

Tabulka č. 13: Parametry jističe [36]

*Tabulka č. 14: Fakturace elektrické energie od dodavatele za období 2015 až 2018
(vlastní zpracování)*

*Tabulka č. 15: Předpokládaná bilance výroby a spotřeby energie v domě po instalaci
FVE, včetně fakturace (vlastní zpracování)*

Tabulka č. 16: Pravidelné poplatky za služby (vlastní zpracování)

*Tabulka č. 17: Skutečná bilance výroby a spotřeby energie v domě po instalaci FVE,
včetně fakturace (vlastní zpracování)*

Tabulka č. 18: Vstupní investice do FVE (vlastní zpracování)

*Tabulka č. 19: Předpokládaná fakturace, CF, DCF, KDCF a čistá současná hodnota
po instalaci FVE (vlastní zpracování)*

*Tabulka č. 20: Předpokládaná bilance výroby a spotřeby energie v domě po instalaci
HFVE, včetně fakturace (vlastní zpracování)*

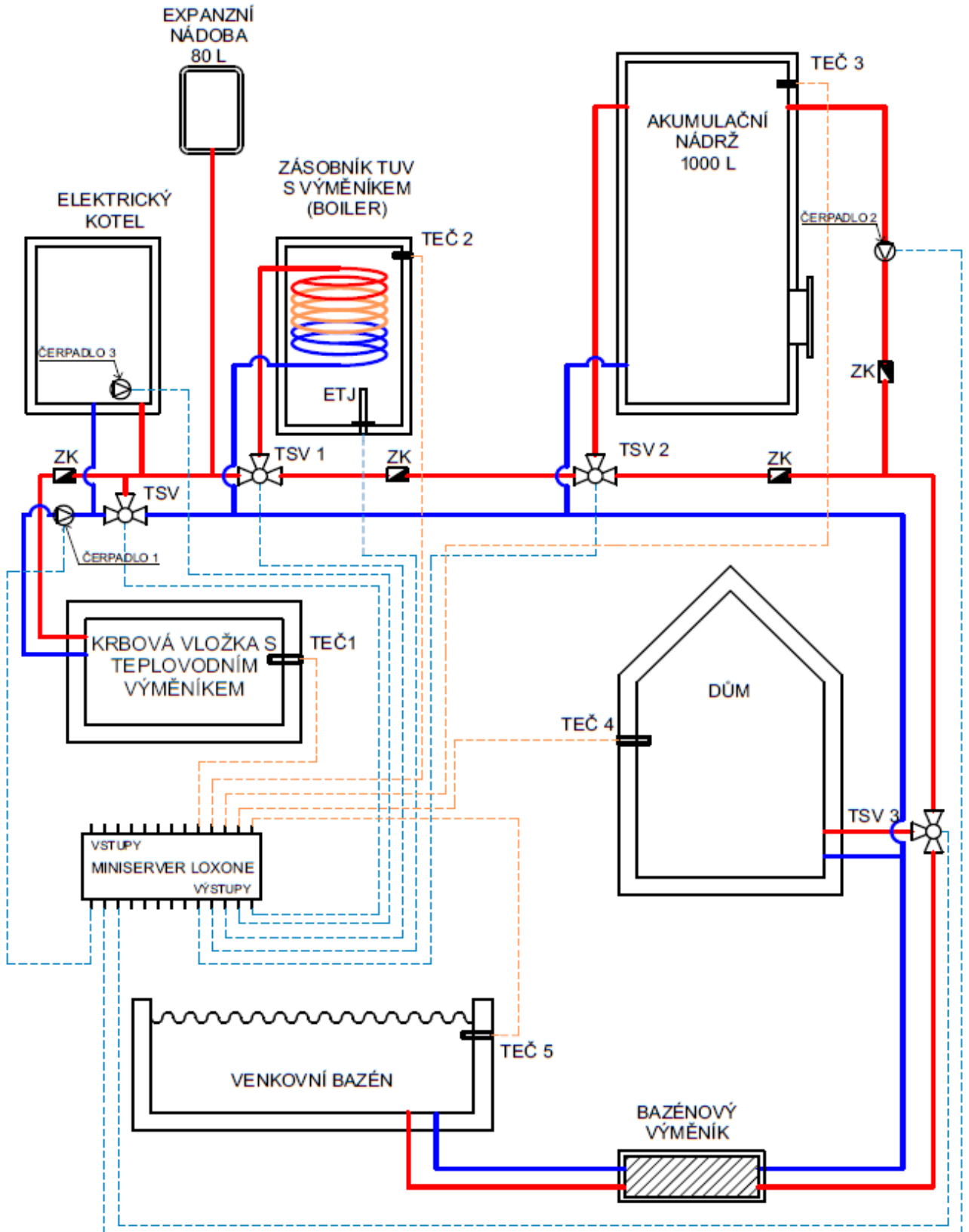
*Tabulka č. 21: Předpokládaná fakturace, CF, DCF, KDCF a čistá současná hodnota
po instalaci HFVE (vlastní zpracování)*

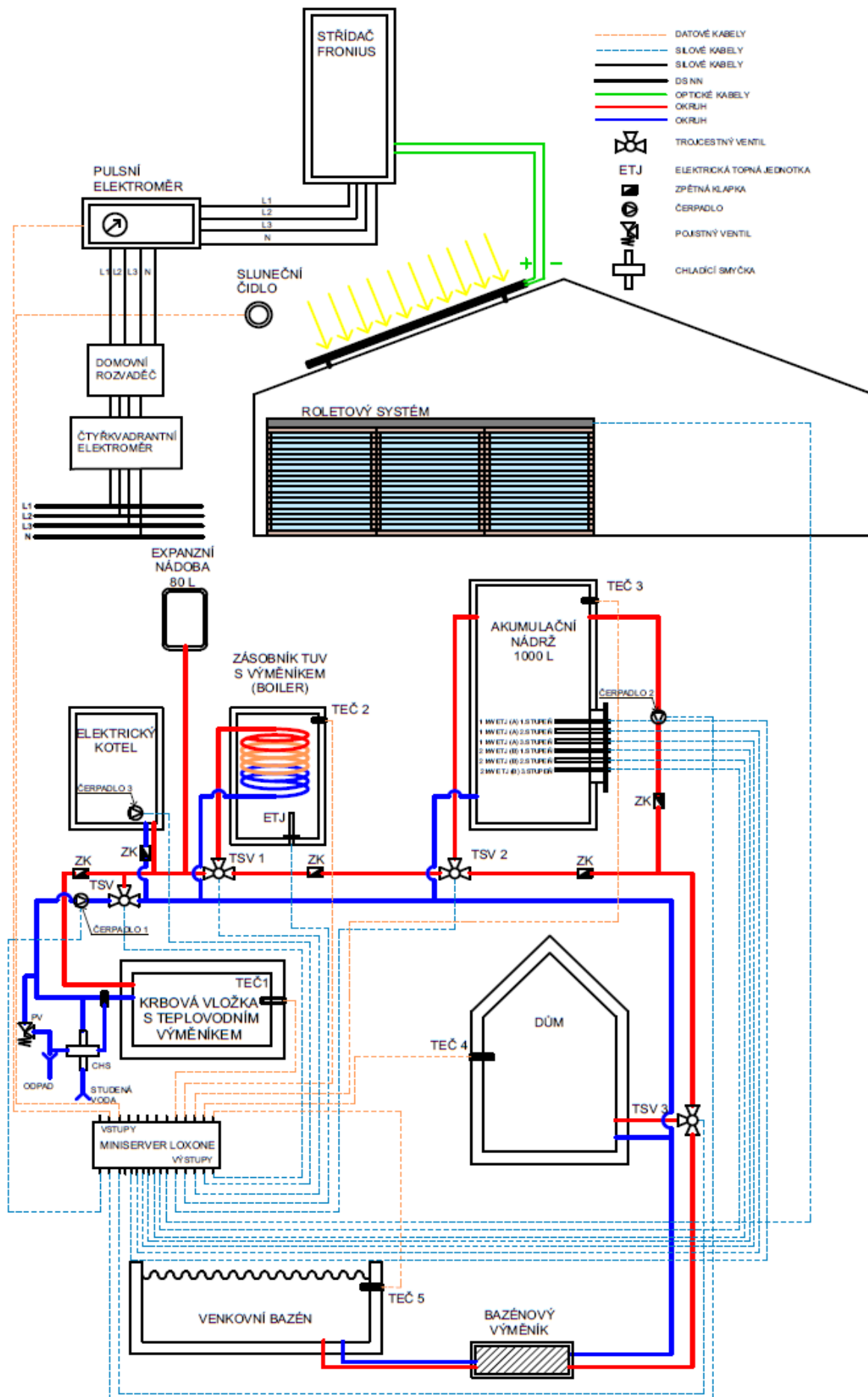
*Tabulka č. 22: Vliv provozu jednotlivých typů elektráren na složky životního
prostředí [54]*

Tabulka č. 23: Materiálové složení FV panelů o výkonu 1 kWp [45]

9 PŘÍLOHY

<i>Schéma systému vytápění v rodinném domě (vlastní zpracování)</i>	106
<i>Schéma systému vytápění v rodinném domě po instalaci FVE (vlastní zpracování)</i>	107
<i>Vyhodnocení předpokládané výroby FVE o výkonu 9,9 kWp pomocí programu PV GIS</i>	108
<i>Formulář žádosti o dotační podporu</i>	109
<i>Fakturace spotřeby elektrické energie za období 2015 až 2018</i>	113
<i>Průměrné hodnoty spotřeby elektrické energie za období 2015 až 2018</i>	115





- - - - - DATOVÉ KABELY
- — — — SÍLOVÉ KABELY
- — — — SÍLOVÉ KABELY
- — — — DS NN
- — — — OPTICKÉ KABELY
- — — — OKRUH
- — — — OKRUH
- ⊗ TROJCESTNÝ VENTIL
- ⊕ ETJ
- ⊕ ELEKTRICKÁ TOPNÁ JEDNOTKA
- ⊕ ZPĚTNÁ KLAPKA
- ⊕ ČERPADLO
- ⊕ POJISTNÝ VENTIL
- ⊕ CHLADICÍ SMYČKA

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

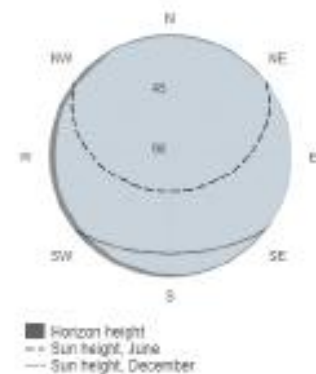
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 49.170, 14.571
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-COSMO
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 10 kWp
 System loss: 10 %

Simulation outputs

Slope angle: 20 °
 Azimuth angle: 0 °
 Yearly PV energy production: 10588.04 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1254.69 kWh/m²
 Year to year variability: 535.15 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -3.07 %
 Spectral effects: 1.59 %
 Temperature and low irradiance: -4.78 %
 Total loss: -15.61 %

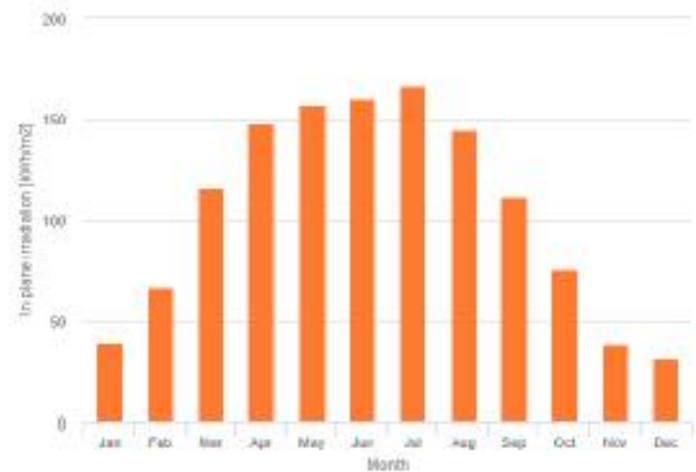
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	352.8	39.4	70.3
February	608.4	66.5	82.2
March	1028.2	115.6	108.5
April	1259.0	147.8	147.9
May	1318.9	157.3	191.7
June	1316.3	160.4	108.4
July	1342.0	166.3	119.8
August	1174.6	144.4	113.4
September	934.4	111.3	107.1
October	648.4	75.7	110.7
November	332.5	38.7	57.6
December	272.5	31.4	30.4

E_m: Average monthly electricity production from the given system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Krycí list technických parametrů k žádosti o podporu v oblasti C - rodinné domy:

C.2 - Výměna zdrojů tepla

C.3 - Instalace solárních systémů

C.4 - Instalace systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Upozornění: Struktura formuláře se nesmí měnit!

1	ČÍSLO ŽÁDOSTI	
---	----------------------	--

Část A - Identifikační údaje

IDENTIFIKACE ŽADATELE

2	Příjmení / Název :	Jméno :
---	--------------------	---------

IDENTIFIKACE NEMOVITOSTI

3	Katastrální území (číslo) :	Číslo listu vlastnictví :	
4	Číslo parcely :	Číslo popisné :	Číslo bytové jednotky :

IDENTIFIKACE ZPRACOVATELE PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE

5	Příjmení / Název :	Jméno :
6	Telefon :	E-mail :
7	Autorizovaná osoba	Číslo autorizace :
8	Příjmení :	Jméno :

IDENTIFIKACE ZPRACOVATELE ENERGETICKÉHO HODNOCENÍ

9	Příjmení / Název :	Jméno :
10	Telefon :	E-mail :
11	Zpracovatel energetického hodnocení	Číslo oprávnění :
12	Příjmení :	Jméno :

Část B - Technické parametry budovy před realizací podporovaných opatření

PŮVODNÍ HLAVNÍ ZDROJ TEPLA před realizací podporovaných opatření (Pouze pro oblast podpory C.2)

13	Typ zdroje :	Emisní třída :
----	--------------	----------------

ROZDĚLENÍ PODLE ENERGO NOSITELŮ (Pouze pro oblast podpory C.4)

Uveďte všechny energonositele před realizací podporovaných opatření.

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie / pomocná energie [MWh/rok]	Neobnovitelná primární energie [MWh/rok]
14 1)		
15 2)		
16 3)		
17 4)		
18 5)		
19 6)		
20 Celkem		
21 Referenční hodnota		
22 Klasifikační třída		

DÍLČÍ DODANÁ ENERGIE (Pouze pro oblast podpory C.4)

Uveďte všechny dílčí dodané energie pro celou budovu před realizací podporovaných opatření

Technické systémy budovy	Dílčí dodaná energie [MWh/rok]	Procentuální zastoupení [%]
23 Vytápění		
24 Chlazení		
25 Větrání		
26 Úprava vlhkosti vzduchu		
27 Příprava teplé vody		
28 Osvětlení		
29 Celkem		

PARAMETRY BUDOVY (Pouze pro oblast podpory C.4)

30 Měrná potřeba tepla na vytápění E_k :		$\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$
31 Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} *:		$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
32 Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,R}$ *:		$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
33 Faktor tvaru budovy A/V *:		m^2/m^3
34 Celková energeticky vztažná plocha A_c *:		m^2

Část C - Technické údaje o podporovaných opatřeních**PARAMETRY NOVÉHO ZDROJE TEPLA (Pouze pro oblast podpory C.2)**

35 Název zdroje (typové označení) **:	Kód SVT *:
36 Typ zdroje (podoblast podpory):	
37 Jmenovitý výkon [kW] *:	Sezónní energet. účinnost (ekodesign) [%] *:

SOLÁRNÍ TERMICKÝ SYSTÉM (Pouze pro oblast podpory C.3.1 a C.3.2)

38 Název systému (typové označení) **:	Kód SVT *:		
39 Způsob využití:	pouze příprava teplé vody	příprava teplé vody a přitápění	
40 Počet kolektorů:	ks	Celková plocha apertury:	m^2
41 Celkový využitelný zisk solárního systému Q_{SSu} :			$\text{kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$
42 Měrný využitelný zisk solárního systému q_{SSu} :			$\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$
43 Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) f:			%

SOLÁRNÍ FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM (Pouze pro oblast podpory C.3.3, C.3.4, C.3.5, C.3.6, C.3.7 a C.3.8)

44 Název FV panelů (typové označení) **:	Kód SVT *:	
45 Název měniče (typové označení) **:	Kód SVT *:	
46 Typ FV panelů:	Jmenovitý výkon:	W
47 Typ systému:	Přebytky el. energie jsou dodávány do sítě:	
48 Typ akumulace u FV systému	akumulace energie do teplé vody	
49 připojeného do distribuční sítě:	do elektrických akumulátorů o kapacitě:	kWh
50 Typ el. akumulátoru:	Počet FV panelů:	ks
51 Stávající roční spotřeba elektrické energie (neuvádí se u C.3.3):		kWh
52 Instalovaný (špičkový) elektrický výkon:		kWp
53 Celkový využitelný zisk:		$\text{kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$
54 Míra využití vyrobené el. pro krytí vlastní spotřeby/Pokrytí potřeby tepla na přípravu TV		%

SYSTEM PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY A VYTÁPĚNÍ (Pouze pro oblast podpory C.2 a C.3)

55	Celkový objem zásobníků tepla na vytápění (ohřev TV řešen samostatně) :		l
56	Celkový objem zásobníků teplé vody (ohřev TV řešen samostatně) :		l
57	Celkový objem kombinovaných zásobníků tepla na vytápění a přípravu TV :		l
58	Je použita cirkulace teplé vody :	ano	ne

PARAMETRY SYSTÉMU NUCENÉHO VĚTRÁNÍ (Pouze pro oblast podpory C.4)

59	Název zařízení (typové označení) **: :	Kód SVT **: :
60	Typ systému *:	
61	Účinnost zpětného získávání tepla :	%

Část D - Technické parametry budovy po realizaci podporovaných opatření**TYP BUDOVY**

62	Skutečný počet osob :	osob
63	Počet bytových jednotek :	b.j.

PARAMETRY BUDOVY (Pouze pro oblast podpory C.2 a C.4)

64	Měrná potřeba tepla na vytápění E_k (povinné pro oblast podpory C.4):	$\text{kWh.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$
65	Celková tepelná ztráta domu (povinné pro oblast podpory C.2):	kW
66	Procentuální snížení měrné potřeby tepla na vytápění E_k (pouze pro oblast podpory C.4) :	%
67	Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} *:	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
68	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,0}$ *:	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
69	Faktor tvaru budovy A/V *:	m^2/m^3
70	Celková energeticky vztažná plocha A_c *:	m^2
71	Naměřená hodnota průvzdušnosti obálky budovy n_{50} (pro oblast podpory C.4) **: :	h^{-1}

ROZDĚLENÍ PODLE ENERGO NOSITELŮ (Pouze pro oblast podpory C.4)

Uveďte všechny energonositele po realizaci podporovaných opatření.

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie /pomocná energie [MWh/rok]	Neobnovitelná primární energie [MWh/rok]
72 1)		
73 2)		
74 3)		
75 4)		
76 5)		
77 6)		
78 Celkem		
79 Procentuální snížení energií oproti stavu před realizací opatření:		
80 Referenční hodnota		
81 Klasifikační třída		

DĚLČÍ DODANÁ ENERGIE (Pouze pro oblast podpory C.4)		
Uveďte všechny dělčí dodané energie pro celou budovu po realizaci podporovaných opatření		
Technické systémy budovy	Děličí dodaná energie [MWh/rok]	Procentuální zastoupení [%]
82 Vytápění		
83 Chlazení		
84 Větrání		
85 Úprava vlhkosti vzduchu		
86 Příprava teplé vody		
87 Osvětlení		
88 Celkem		

Část E - Prohlášení zpracovatele energetického hodnocení

Prohlašuji, že všechny údaje uvedené v tomto krycím listu technických parametrů a jeho přílohách jsou v souladu s odborným posudkem, který byl řádně vypracován dle platných právních předpisů a podmínek programu Nová zelená úsporám. Jsem si vědom, že nepravdivost tohoto prohlášení může mít za následek sankce vyplývající z příslušných právních předpisů.

89

V

dne 06.12.2019

jméno, příjmení (hůlkovým písmem), podpis zpracovatele energetického hodnocení

FAKTURACE EON 2015

Fakturační období	Spotřeba ve NT [MWh]	Spotřeba ve VT [MWh]	Spotřeba celková (NT + VT) [MWh]	Fakturovaná částka [Kč]
2015/1	1,161	0,874	2,035	5 093,40 Kč
2015/2	0,951	0,637	1,589	3 937,70 Kč
2015/3	0,992	0,519	1,511	3 578,90 Kč
2015/4	0,676	0,485	1,161	2 982,20 Kč
2015/5	0,434	0,397	0,831	2 304,90 Kč
2015/6	0,473	0,534	1,007	2 848,30 Kč
2015/7	0,264	0,353	0,617	1 891,50 Kč
2015/8	0,281	0,421	0,701	2 156,70 Kč
2015/9	0,451	0,500	0,951	2 696,20 Kč
2015/10	0,781	0,788	1,568	4 217,20 Kč
2015/11	0,887	0,617	1,504	3 768,70 Kč
2015/12	1,200	0,864	2,063	5 115,50 Kč
celkem	8,551	6,988	15,540	40 591,20 Kč

FAKTURACE EON 2016

Fakturační období	Spotřeba ve NT [MWh]	Spotřeba ve VT [MWh]	Spotřeba celková (NT + VT) [MWh]	Fakturovaná částka [Kč]
2016/1	0,803	0,768	1,572	3 816,80 Kč
2016/2	0,814	0,660	1,474	4 891,90 Kč
2016/3	0,779	0,580	1,359	4 456,40 Kč
2016/4	0,676	0,485	1,161	2 982,20 Kč
2016/5	0,434	0,397	0,831	2 304,90 Kč
2016/6	0,473	0,534	1,007	2 848,30 Kč
2016/7	0,264	0,353	0,617	1 891,50 Kč
2016/8	0,281	0,421	0,701	2 156,70 Kč
2016/9	0,451	0,500	0,951	2 696,20 Kč
2016/10	0,553	0,441	0,993	2 756,00 Kč
2016/11	0,793	0,628	1,421	4 517,50 Kč
2016/12	0,950	0,681	1,632	4 059,90 Kč
celkem	7,271	6,449	13,719	39 378,30 Kč

FAKTURACE EON 2017

Fakturační období	Spotřeba ve NT [MWh]	Spotřeba ve VT [MWh]	Spotřeba celková (NT + VT) [MWh]	Fakturovaná částka [Kč]
2017/1	1,219	0,917	2,136	5 348,07 Kč
2017/2	0,999	0,669	1,668	4 134,59 Kč
2017/3	1,042	0,545	1,586	3 757,85 Kč
2017/4	0,710	0,509	1,219	3 131,31 Kč
2017/5	0,456	0,417	0,873	2 420,15 Kč
2017/6	0,497	0,561	1,058	2 990,72 Kč
2017/7	0,277	0,371	0,648	1 986,08 Kč
2017/8	0,295	0,442	0,736	2 264,54 Kč
2017/9	0,474	0,525	0,999	2 831,01 Kč
2017/10	0,820	0,827	1,647	4 428,06 Kč
2017/11	0,932	0,648	1,579	3 957,14 Kč
2017/12	1,260	0,907	2,167	5 371,28 Kč
celkem	8,979	7,338	16,317	42 620,76 Kč

FAKTURACE EON 2018

Fakturační období	Spotřeba ve NT [MWh]	Spotřeba ve VT [MWh]	Spotřeba celková (NT + VT) [MWh]	Fakturovaná částka [Kč]
2018/1	0,835	0,796	1,630	3 893,14 Kč
2018/2	0,849	0,689	1,538	4 989,74 Kč
2018/3	0,718	0,572	1,290	4 545,53 Kč
2018/4	0,745	0,471	1,216	3 041,84 Kč
2018/5	0,420	0,387	0,807	2 351,00 Kč
2018/6	0,447	0,549	0,996	2 905,27 Kč
2018/7	0,342	0,368	0,710	1 929,33 Kč
2018/8	0,286	0,436	0,722	2 199,83 Kč
2018/9	0,523	0,523	1,045	2 750,12 Kč
2018/10	0,588	0,456	1,044	2 811,12 Kč
2018/11	0,835	0,666	1,500	4 607,85 Kč
2018/12	1,067	0,693	1,760	4 141,10 Kč
celkem	7,653	6,604	14,257	40 165,87 Kč

PRŮMĚRNÉ FAKTURACE E-ON

Fakturační období	Spotřeba ve NT [MWh]	Spotřeba ve VT [MWh]	Spotřeba celková (NT + VT) [MWh]	Fakturovaná částka [Kč]
2015 - 2018	1,005	0,839	1,843	4 537,85 Kč
2016 - 2018	0,903	0,664	1,567	4 488,48 Kč
2017 - 2018	0,882	0,554	1,436	4 084,67 Kč
2018 - 2018	0,702	0,487	1,189	3 034,39 Kč
2019 - 2018	0,436	0,400	0,836	2 345,24 Kč
2020 - 2018	0,473	0,544	1,017	2 898,15 Kč
2021 - 2018	0,287	0,361	0,648	1 924,60 Kč
2022 - 2018	0,285	0,430	0,715	2 194,44 Kč
2023 - 2018	0,475	0,512	0,987	2 743,38 Kč
2024 - 2018	0,685	0,628	1,313	3 553,10 Kč
2025 - 2018	0,862	0,640	1,501	4 212,80 Kč
2026 - 2018	1,119	0,786	1,905	4 671,94 Kč
celkem	8,114	6,845	14,958	40 689,03 Kč