ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra lesnické a dřevařské ekonomiky

Posouzení ekonomické efektivnosti malé solární elektrárny na rodinném domě

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Vilém Jarský, Ph.D.

Bakalant: Jaroslav Novák

© 2023/2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma "**Posouzení ekonomické efektivnosti malé solární elektrárny na rodinném domě**" vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které byly v práci použity a které jsem uvedl na konci bakalářské práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Dále jsem si vědom, že na tuto bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si také vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 27.3.2024 ……

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu prof. Ing. Vilému Jarskému Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, cenné rady a informace, poskytnuté v průběhu zpracování bakalářské práce.

Posouzení ekonomické efektivnosti malé solární elektrárny na rodinném domě

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá posouzením ekonomické efektivnosti malé solární elektrárny na rodinném domě. Hlavním cílem práce je vyhodnocení konkrétního projektu instalace malé solární/fotovoltaické elektrárny z hlediska ekonomické efektivnosti a budou porovnány predikované hodnoty uvedené v dokumentaci přiložené dodavatelskou firmou s údaji vlastního měření skutečného výkonu solární elektrárny prostřednictvím instalovaného proudového měniče Solax X3 Hybrid.

Klíčová slova:

solární energie; fotovoltaické systémy; ekonomická efektivnost; energetická nezávislost

Assessment of the economic efficiency of a small solar power plant on a family home

Abstract

This bachelor's thesis deals with the assessment of the economic efficiency of a small solar power plant on a family home. The main objective of the work is the evaluation of a specific project for the installation of a small solar/photovoltaic power plant from the point of view of economic efficiency, and the predicted values indicated in the documentation attached by the supplier company will be compared with the data of the actual measurement of the actual performance of the solar power plant through the installed current converter Solax X3 Hybrid.

Keywords:

solar energy; photovoltaic systems; economic efficiency; energy independence

Obsah

1 Úvod 1

2 Význam obnovitelných zdrojů 2

2.1 Využití obnovitelných zdrojů v Evropě 3

2.2 Využití obnovitelných zdrojů v České republice 5

2.3 Využití sluneční energie 6

3 Technologie a alternativy malé solární elektrárny 8

3.1 Technologie fotovoltaických systémů. 8

3.2 Typy fotovoltaických systémů 16

4 Podpora obnovitelných zdrojů v ČR 19

4.1 Právní rámec v ČR 19

4.2 Dotační tituly na obnovitelnou energii v ČR 20

5 Cíle práce 22

6 Metodika práce 22

7 Realizace malé solární elektrárny a její metodika 23

7.1 Lokalita a volba hybridního fotovoltaického systému 23

7.2 Použité technologie 24

7.3 Popis ekonomického hodnocení 28

8 Výsledky 29

8.1 Náklady 29

8.2 Výsledky měření 30

9 Diskuse 34

10 Závěr a přínos práce 36

11 Seznam použitých zdrojů 38

1 Úvod

Získávání energie ze slunce je moderním trendem, který nejen šetří životní prostředí, ale také výrazně snižuje náklady za výrobu a dodávku elektrické energie. Vzhledem k dostupnosti komponentů solární elektrárny, objevují se solární panely na střechách firem a rodinných domů stále častěji. Česká republika přechod na fotovoltaiku výrazně podporuje, a to především dotací „Nová zelená úsporám“ může jednotlivému žadateli ušetřit přes 200 000 Kč, v bytových domech s desítkami bytů jsou pak dotace v řádech milionů. Investice do domácí fotovoltaické elektrárny představuje krok k zajištění energetické nezávislosti, finanční úspory a podporu udržitelného rozvoje. Ačkoliv výběr správného typu systému a jeho instalace vyžaduje pečlivé plánování a zvážení mnoha faktorů, dlouhodobé výhody, jak ekonomické, tak ekologické, jsou nezpochybnitelné. V době rostoucího povědomí o důležitosti obnovitelných zdrojů energie a snahy o minimalizaci dopadu

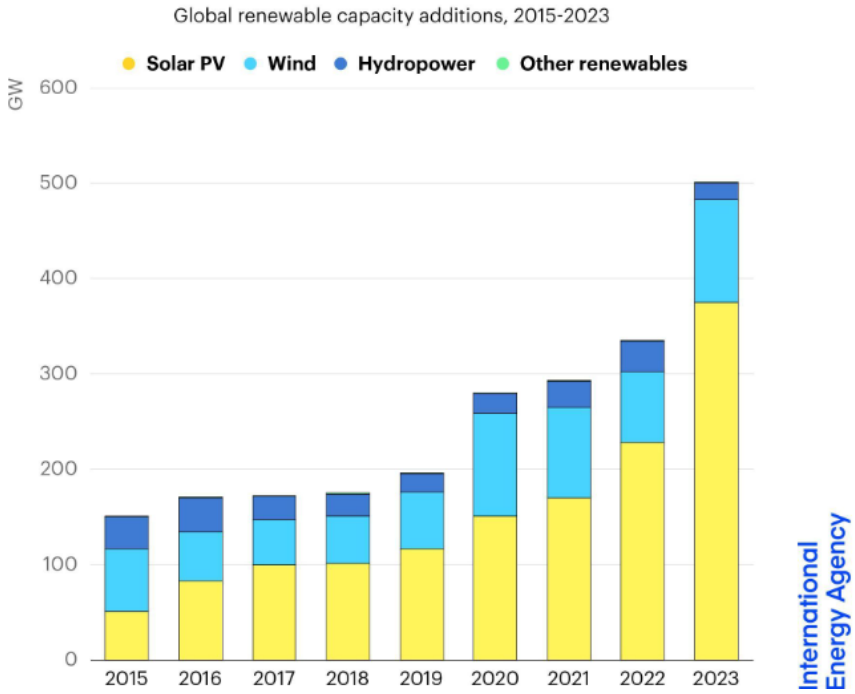
Teoretická část práce bude popisovat globální význam obnovitelných zdrojů, jejich potencionální využití v rámci Evropy a České republiky. Dále se bude zabývat zkoumáním sluneční energie, její transformací na tepelnou a elektrickou energii. Poté budou charakterizovány alternativy malých fotovoltaických elektráren, dostupné technologie a posuzována jejich vhodnost pro instalaci na rodinný dům.

Praktická část bude zaměřena především na vyhodnocení konkrétního projektu instalace mé vlastní malé solární elektrárny o výkonu 9,9 kWp (výkon fotovoltaických panelů za plného slunce) a to z hlediska ekonomické efektivnosti a návratnosti investice. Budou porovnány predikované hodnoty vyrobené elektrické energie uvedené v dokumentaci přiložené dodavatelskou firmou s údaji vlastního měření skutečného výkonu solární elektrárny prostřednictvím instalovaného proudového měniče Solax X3 Hybrid.

2 Význam obnovitelných zdrojů

Obnovitelné zdroje energie, jako jsou solární, větrná, vodní a bioenergie, mají specifická využití a přínosy. Solární energie je široce využívána pro fotovoltaické systémy a ohřev vody, větrná energie pro výrobu elektřiny ve velkém měřítku, vodní energie poskytuje stabilní a spolehlivý zdroj energie, zatímco bioenergie využívá organický materiál pro výrobu elektřiny a tepla. Tyto zdroje pomáhají snižovat emise, podporují energetickou nezávislost a vytvářejí pracovní místa v oblasti čistých technologií.

Graf 1: globální obnovitelné zdroje energie, 2015-2023



Zdroj: https://www.solarpowereurope.org/news/iea-report-shines-spotlight-on-solar-s-pivotal-role-in-global-energy-transition

Solární fotovoltaická kapacita tvořila úžasných tři čtvrtiny z 510 GW obnovitelné energie přidané globálně v roce 2023, což svět přibližuje k ambicióznímu cíli COP28 ztrojnásobit globální kapacitu obnovitelných zdrojů do roku 2030. Zpráva také zdůrazňuje bezprecedentní nárůst kapacity solárních PV, což je významný krok směrem k cílům COP28. Celkově má světová kapacita výroby obnovitelné elektřiny expandovat na 7300 GW v období 2023-2028, přičemž solární PV a vítr mají tvořit 95 % této expanze, přičemž předčí uhlí a stanou se největším zdrojem globální elektřiny již na počátku roku 2025. (SOLAR POWER EUROPE)

Zpráva "Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2023" od Mezinárodní agentury pro obnovitelnou energii (IRENA) zdůrazňuje klíčový význam obnovitelných zdrojů energie, které přímý dopad na snižování emisí skleníkových plynů a posílení energetické bezpečnosti. Rozvoj solární energie přispívá k diverzifikaci energetického mixu a podporuje ekonomický růst tím, že poskytuje nové příležitosti pro investice a inovace. Dále přispívá k tvorbě pracovních míst a přechodu na udržitelnou energetiku. V roce 2022 bylo v tomto sektoru po celém světě zaměstnáno odhadem 13,7 milionu lidí, což ukazuje na velký potenciál růstu pracovních míst v nadcházejících letech. Zpráva také vyzývá k rozšíření vzdělávacích programů a vytvoření komplexních politických rámců pro inkluzivní a spravedlivý energetický přechod.

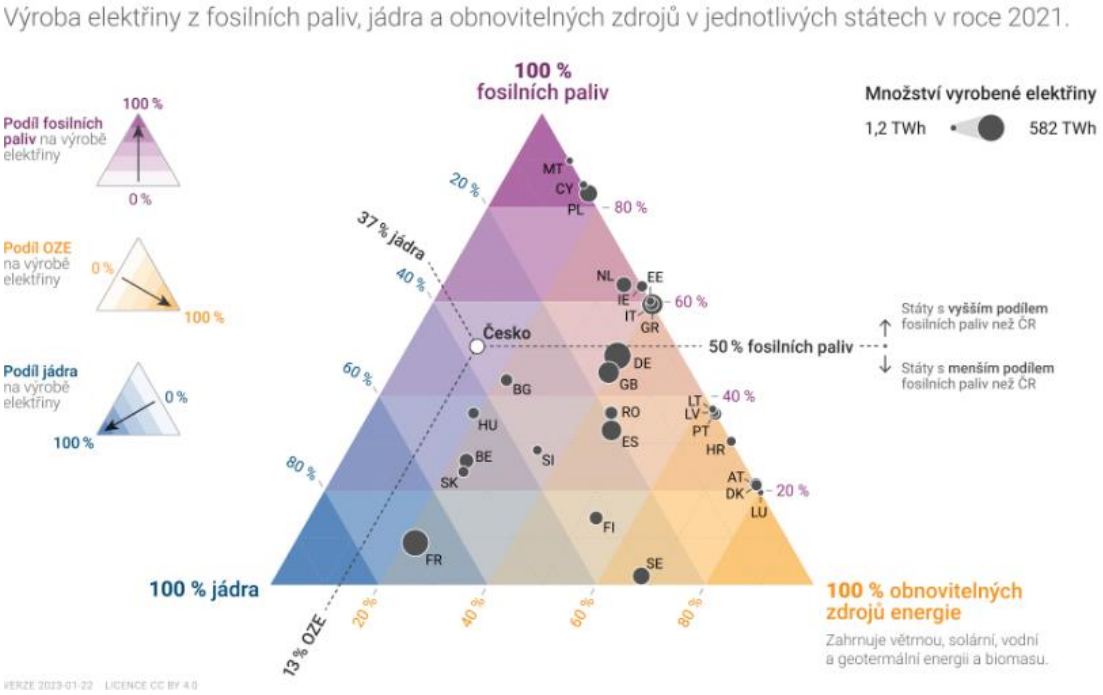
2.1 Využití obnovitelných zdrojů v Evropě

Dle vyjádření organizace (EMBER), je stále nejvýznamnějším zdrojem elektřiny v EU jaderná energie s téměř čtvrtinovým podílem, tento zdroj je nicméně dlouhodobě na mírném ústupu. Ještě v roce 2000 pocházela z jádra třetina elektřiny Unie. V posledních dvou dekádách také EU snížila na polovinu svou spotřebu uhlí. Tyto zdroje jsou postupně nahrazovány zdroji obnovitelnými, jež dnes dodávají o něco více než třetinu elektřiny v EU (nejrychleji roste produkce z větrných elektráren). Zároveň se však dlouhodobě zvyšuje i závislost na zemním plynu, který nyní pokrývá přibližně pětinu spotřeby elektřiny Unie. V roce 2020 se poprvé v historii stalo, že obnovitelné zdroje energie vyprodukovaly více elektřiny než fosilní paliva v EU, což signalizuje klíčový milník v energetické transformaci Evropy. V tomto roce obnovitelné zdroje pokryly 38 % celkové spotřeby elektřiny, zatímco výroba z fosilních paliv klesla. Růst v oblasti větrné a solární energie měl významný podíl na tomto úspěchu. Přechod od uhlí k čisté energii však stále neprobíhá dostatečně rychle pro dosažení cíle snížení skleníkových plynů o 55 % do roku 2030 a klimatické neutrality do roku 2050. Výroba elektřiny ve státech Evropské unie a ve Velké Británii v roce 2021 podle podílu jaderných, fosilních a obnovitelných zdrojů. V Česku se na výrobě elektřiny podílely z 50 % fosilní paliva, z 37 % jaderná energie a 13 % vyrobily obnovitelné zdroje.

Analýzou udržitelnosti obnovitelných zdrojů energie v Evropě se ve své publikaci zabývají autoři BIGERNA a kol. (2015), kde poskytují komplexní přehled o politických, ekonomických a technologických aspektech, které formují současný a budoucí vývoj v oblasti obnovitelné energie na kontinentu. zkoumají různé formy obnovitelné energie, včetně solární, s důrazem na jejich potenciál, výzvy a dopad na udržitelný rozvoj.

Technickým a ekonomickým hodnocením fotovoltaických systémů v kontextu různých evropských zemí se ve své práci zabývají autoři BERTOLINI a kol. (2013). Jejich studie přináší komplexní pohled na různé aspekty, které ovlivňují ekonomickou efektivitu solárních instalací, včetně výrobních nákladů, výkonnosti, cen energie, státních dotací a regulací. Klíčovým zjištěním je, že pro dosažení optimální ekonomické návratnosti je nezbytné pečlivé zhodnocení všech těchto faktorů, přičemž zvláštní důraz je kladen na dlouhodobý vývoj cen energie a potenciální změny v energetické politice a legislativě. Tato analýza zdůrazňuje, jaký vliv mohou mít regionální specifika na výběr a návrh solárních systémů, což je zásadní pro plánování a implementaci solárních projektů na rodinných domech. BORTOLINI a jeho tým poukazují na význam porovnání různých přístupů k solární energii v různých evropských zemích, čímž nabízejí cenný komparativní pohled, který může být užitečný pro rozhodování o implementaci solárních technologií ve specifických lokálních podmínkách. Efektivita běžných fotovoltaických panelů se obvykle pohybuje od 15 % do 20 %. Studie také naznačuje, že úspěšná integrace solárních systémů vyžaduje nejen technickou a ekonomickou vhodnost, ale také kompatibilitu s místními energetickými politikami a tržními podmínkami.

Obrázek 1: Podíl zdrojů na výrobě elektřiny v EU a Británii



Zdroj: https://faktaoklimatu.cz/infografiky/elektrina-mix-eu?q=pod%C3%ADl

2.2 Využití obnovitelných zdrojů v České republice

Potenciál a využití různých forem obnovitelných zdrojů v českém energetickém sektoru ve své publikace analyzuje autor Motlík (2007). Ve své práci poskytuje ucelený pohled na solární, větrnou, vodní energii a na energii z biomasy. Zdůrazňuje jejich význam pro energetickou bezpečnost, ekonomiku a životní prostředí. Analyzuje technologické, legislativní a ekonomické aspekty jejich rozvoje v kontextu české i evropské energetické politiky, což představuje klíčový zdroj pro pochopení a implementaci strategií v oblasti obnovitelných zdrojů v ČR.

Perspektivy obnovitelných zdrojů energie v ČR se zaměřují na integraci solární, větrné, vodní a biomasy do energetického mixu. Růst v tomto sektoru je podporován státní politikou a legislativou, směřující k plnění cílů EU v oblasti udržitelné energie. Investice do modernizace a inovací jsou klíčové pro zvýšení efektivity a snížení nákladů. Rozvoj obnovitelných zdrojů je nezbytný pro snižování emisí a závislosti na dovozu fosilních paliv, přičemž regionální podpora a veřejné povědomí hrají významnou roli v akceptaci a využívání těchto zdrojů.

Při analýze potenciálu obnovitelných zdrojů energie v ČR je třeba zohlednit několik klíčových faktorů:

- **Geografický a klimatický potenciál**: ČR má omezený potenciál pro větrnou energii, nicméně sluneční záření a biomasa nabízejí významné možnosti. Hydroenergetický potenciál je většinou již využíván.
- **Legislativní a politický rámec**: ČR se snaží splnit cíle EU týkající se podílu obnovitelných zdrojů v energetickém mixu. Podpůrné mechanismy a regulace jsou klíčové pro rozvoj sektoru.
- **Technologický vývoj a inovace**: Investice do výzkumu a vývoje mohou zvýšit efektivitu a snížit náklady na obnovitelné zdroje.
- **Ekonomické faktory**: Náklady na obnovitelné zdroje klesají, což zvyšuje jejich konkurenceschopnost oproti fosilním palivům.
- **Společenská akceptace**: Veřejná podpora a informovanost jsou klíčové pro úspěšnou implementaci projektů obnovitelných zdrojů.

V dokumentu "Rozvoj obnovitelných zdrojů do roku 2030", který byl zpracován společností (Deloitte Advisory 2023) se diskutuje o potenciálu a významech rozvoje obnovitelných zdrojů energie (OZE) v České republice. Zdůrazňuje se, že solární a větrná energetika jsou nejen nejlevnější zdroje elektřiny, ale také klíčové pro energetickou bezpečnost a ekonomickou konkurenceschopnost země. Dokument uvádí, že do roku 2030 je možné v ČR vystavět značný výkon nových fotovoltaických a větrných zdrojů, což by mělo významné ekonomické a sociální přínosy, včetně tvorby pracovních míst a zvýšení příjmů. Navrhuje se také řada opatření pro urychlení výstavby (OZE), včetně odstraňování legislativních a administrativních bariér. Potenciály jednotlivých druhů obnovitelných zdrojů energie (OZE) a jejich ekonomický přínos se liší v závislosti na typu zdroje. Solární energie nabízí vysokou efektivitu a snadnou instalaci, což přispívá k rychlému návratu investic a tvorbě pracovních míst v oblasti instalace a údržby. Větrná energie, s vyššími počátečními náklady, poskytuje stabilní výrobu elektřiny v oblastech s příznivými větrnými podmínkami. Biomasa a bioenergie přináší využití lokálních zdrojů a mohou podporovat regionální ekonomiku, zatímco vodní energie, kde je využitelný potenciál, nabízí dlouhodobou udržitelnost a energetickou bezpečnost. Ekonomický přínos těchto zdrojů zahrnuje tvorbu zelených pracovních míst, stimulaci inovací a příspěvek k redukci emisí.

2.3 Využití sluneční energie

Fotovoltaický jev, klíčový pro fungování solárních panelů, má své kořeny v historickém objevu fotoelektrického jevu francouzským fyzikem Alexandrem Edmontem Becquerelem v roce 1839. Tento jev, přeměňující sluneční záření na elektrickou energii, byl dále rozpracován Angličany Williamem Gryllsem Adamsem a Richardem Evansem Dayem, kteří poprvé popsali fotovoltaický jev mezi selenem a platinou. Přelom v praktickém využití přinesl Charles Fritts, který v roce 1883 vytvořil první solární článek, jehož instalace na střechu budovy v New Yorku o rok později představovala významný milník, přestože vysoká cena bránila širšímu rozšíření.

Další klíčový přínos k porozumění a vysvětlení fotovoltaického jevu představuje práce Alberta Einsteina, který za svou teorii světelných kvant získal Nobelovu cenu v roce 1921. Rozvoj solárních technologií pokračoval vývojem křemíkových fotovoltaických článků v USA v roce 1954 a následným využitím solárních panelů v kosmickém programu, což zdůrazňovalo jejich potenciál.

Významným mezníkem pro širší aplikaci solární energie byla energetická krize 70. let, která přispěla k celosvětovému uznání potřeby rozvoje obnovitelných zdrojů energie. Komerční využívání solárních panelů se pak začalo rozvíjet v 90. letech 20. století a zásadní pokrok byl učiněn ve druhém desetiletí 21. století, kdy podpora vlád a EU vedla k masivnímu rozšíření fotovoltaických elektráren, které se staly výkonnějšími, účinnějšími a dostupnějšími. Podle údajů IRENA se náklady na výrobu solární energie v roce 2020 snížily o 82 % ve srovnání s rokem 2010, což vedlo k rostoucí poptávce po solárních elektrárnách. Odhaduje se, že fotovoltaika by mohla do roku 2030 pokrývat 10-15 % poptávky po energii v Evropě, přičemž se očekává další pokles cen a zvýšení efektivity díky technologickému pokroku a masové produkci. (MOBIS)

Solární energie získávaná ze slunečního záření, je základním stavebním kamenem pro mnoho energetických procesů na Zemi. Přímé využití solární energie pro výrobu elektrické nebo tepelné energie ji řadí mezi obnovitelné zdroje Na rozdíl od fosilních paliv, které jsou také produktem dlouhodobého hromadění sluneční energie ve formě organického materiálu. Větrná a vodní energie, jako další formy obnovitelných zdrojů, jsou také nepřímo odvozeny ze sluneční energie.

Na využití sluneční energie lze pohlížet podle způsobu její transformace:

- Pasivní využití sluneční energie využívá skleníkový efekt pro vytápění bez potřeby speciálních zařízení, což je ideální pro nízkoenergetické a pasivní domy.
- Aktivní využití zahrnuje solární kolektory pro ohřev vody a fotovoltaické panely pro výrobu elektřiny, přičemž každý z těchto systémů má specifické výhody a aplikace.

Volba mezi fotovoltaickým a fototermickým systémem závisí na specifických potřebách uživatele a aplikaci. Fotovoltaické systémy přeměňují sluneční energii přímo na elektřinu, což je vhodné pro široké spektrum použití včetně napájení domácností, zařízení, a dokonce i pro zpětné nabíjení do sítě. Na druhou stranu, fototermické systémy jsou efektivnější v přeměně sluneční energie na teplo a jsou ideální pro aplikace jako ohřev vody nebo podpora vytápění. Volba fotovoltaického systému může být preferovaná pro jeho univerzálnost, možnost využití vyrobené elektřiny pro různé účely a potenciál pro finanční úspory a dotace.

3 Technologie a alternativy malé solární elektrárny

3.1 Technologie fotovoltaických systémů.

Historii solární energie a její roli v řešení současných problémů moderního života zdůrazňuje ve své práci HENRY (2021), význam solární energie jako klíčového řešení energetických, environmentálních a ekonomických výzev, s nimiž se společnost dnes potýká. Zabývá se historickým vývojem solárních technologií a poskytuje návody, jak lze vyrobit vlastní solární panel, což přináší praktický pohled na využití solární energie.

Studie AKINYELE a kol. (2016), poskytuje podrobný přehled a srovnání různých fotovoltaických technologií s ohledem na jejich výkon, náklady a prostorové požadavky, což jsou klíčové faktory pro rozhodování o instalaci solárních panelů na rodinných domech. Výzkum zdůrazňuje, že monokrystalické solární panely, ačkoli jsou cenově dražší, nabízejí vyšší efektivitu přeměny sluneční energie na elektrickou energii, což je výhodné zejména v oblastech s omezeným prostorem pro instalaci. Na druhé straně, polykrystalické panely jsou finančně dostupnější, a přestože mají nižší účinnost než monokrystalické panely, mohou být vhodnější volbou pro domácnosti s omezenějším rozpočtem nebo pro ty, kde je dostatek prostoru pro instalaci většího počtu panelů. Tuto publikaci svou prací doplňuje autorka ARCHER (2014), která dále hovoří o fotovoltaice jako o čistém zdroji elektrické energie, zahrnující technologický vývoj a pokrok. Ve své práci se také věnuje různým aspektům fotovoltaických technologií a jejich potenciálu pro generování udržitelné energie Oba výzkumy tak poukazují na nutnost vyváženého přístupu, kde je třeba zohlednit jak individuální energetické potřeby domácnosti, tak i specifické fyzické a finanční omezení.

Zkoumáním metod a technik pro zvýšení účinnosti fotovoltaických modulů se ve svých publikacích zabývají MARGARIDO (2022) a ZAKARIA (2015). Jejich studie poskytuje cenný přehled o aktuálních výzkumných trendech a technologických inovacích v oblasti fotovoltaiky, což je nezbytné pro navrhování a realizaci solárních elektráren s maximální možnou efektivitou. Svým přístupem může autor posloužit jako významný zdroj informací pro rozvoj strategií vedoucích k optimalizaci solárních instalací na rodinných domech, což přispěje k lepšímu pochopení faktorů, které ovlivňují výkon a návratnost investic do solárních technologií. Podobný přístup má ve své studii AMIN (2011), který se zabývá analýzou potenciálu nízkonákladových, vysokoúčinných solárních fotovoltaických technologií. V knize jsou diskutovány inovativní přístupy a materiály, které mohou přispět k výraznému snížení nákladů na

solární systémy při současném zvýšení jejich účinnosti. Ve svém další studii AMIN (2013) se autor zaměřuje na výzkum a vývoj v oblasti ultratenkých solárních článků z kadmia telluridu (CdTe), které představují jednu z nadějných cest k dosažení vysoké účinnosti při nižších výrobních nákladech. Tato práce poskytuje cenný vhled do budoucího vývoje v oblasti solárních fotovoltaických systémů, což je klíčové pro porozumění možnostem snížení celkových nákladů a zvýšení přístupnosti solární energie pro širokou veřejnost.

Dalším zdrojem užitečných informací týkající se inovací v oblasti solárních technologiích a jejich vlivu na zvyšování energetické efektivnosti solárních panelů je publikace, kde se autor TSAKALAKOS (2010) ve své práci zaměřuje na uplatnění nanotechnologie v solárních fotovoltaických systémech, což je oblast s velkým potenciálem pro zvýšení účinnosti a snížení nákladů na výrobu solární energie. V této práci poskytuje komplexní přehled o nejnovějších výzkumech a vývoji v oblasti nanomateriálů a nanostruktur používaných ve fotovoltaice, včetně jejich výroby, charakterizace a aplikací. Zvýšením účinnosti solárních systémů se zabývají také autoři LUGUE a ANDREEV (2007), kteří ve své práci představují jednu z cest ke zvýšení účinnosti solárních systémů tím, že koncentrují sluneční světlo na malou oblast s vysokovýkonnými solárními články. Poskytují podrobný přehled o principu fungování, designu, materiálech a výzvách spojených s implementací koncentračních fotovoltaických systémů. Fotovoltaickým technologiím založeným na kvantových tečkách, což představuje novou generaci solárních technologií s potenciálem pro dosažení výrazně vyšších účinností, než tradiční solární články se ve své publikace detailně věnuje BOLÍVAR (2018), který poskytuje hluboký pohled na principy fungování, výrobu a aplikace kvantových teček v oblasti fotovoltaiky. Hovoří o výzvách a překážkách, které je třeba překonat pro jejich komerční využití. Dále zdůrazňuje potenciál kvantových tečkových fotovoltaických systémů pro zlepšení výkonu a snížení nákladů na solární energii.

Komplexní přehled technických a inženýrských aspektů designu a implementace fotovoltaických systémů poskytují ve své publikaci autoři MESSENGER a ABTAHI (2003), kde se detailně věnují základním principům solární energie, optimalizaci systémových konfigurací a nejnovějším technologickým trendům v oblasti fotovoltaiky. Kniha slouží jako základní průvodce pro inženýry, designéry a výzkumníky zabývající se využitím solární energie a je ceněna pro svůj přínos k lepšímu pochopení komplexních výzev spojených s vývojem udržitelných energetických řešení. Tomuto tématu se věnuje také DUNLOP (2012), který podrobně zkoumá komplexní aspekty návrhu, instalace a provozu fotovoltaických systémů.

Svou prací poskytuje ucelený přehled o technologiích, normách a praxi v oblasti solární energie.

Modelováním fotovoltaických systémů se podrobně zabývají autoři CASTANEL a SILVESTRE (2002), tito se ve své práci zaměřují na matematické modely a simulace, které umožňují předpovídat chování a výkonnost fotovoltaických instalací v různých podmínkách. Tímto tématem se také zabývá autorka MÜLLER (2018), která navíc zkoumá teoretické základy a praktické aplikace pro optimalizaci výkonu solárních panelů. Dále se zaměřuje na inovativní metody a algoritmy pro simulaci a vývoj efektivnějších fotovoltaických systémů.

Výkonnost fotovoltaických instalací však závisí také na optimalizaci umístění a orientace solárních panelů, tomuto se ve své práci věnuje autor WILSON (2022), také se zabývá různými způsoby montáže solárních panelů. Nabízí cenné návody pro ty, kdo se rozhodují postavit vlastní solární systém, a zdůrazňuje význam správného výběru a instalace montážních stylů v kontextu specifických podmínek a potřeb. Studie autorky SUDHAKAR (2013) zkoumá ve své práci vliv prachu na výkonnost solárních fotovoltaických panelů a poskytuje důležité poznatky o tom, jak akumulace prachu může ovlivnit schopnost solárních panelů generovat elektrickou energii. Tato práce přináší cenné informace o potřebě údržby a čištění panelů pro zachování jejich optimálního výkonu, což je klíčové pro zajištění ekonomické efektivnosti solárních instalací na rodinných domech. Zjištění z této studie podtrhují význam pravidelné údržby a mohou být použita k podpoře argumentace o nákladech spojených s provozem a údržbou solárních elektráren.

Ve svém díle o solárních hybridních systémech autoři AKTAS a KIRCICEK (2021) poukazují na významný potenciál těchto systémů pro rodinné domy. Hybridní solární systémy, které kombinují solární panely s dalšími zdroji energie, jako jsou větrné turbíny nebo dieselové generátory, poskytují větší flexibilitu a spolehlivost v porovnání s tradičními solárními systémy. Tato kombinace může být zvláště užitečná v oblastech, kde je přístup k síti omezený nebo kde jsou povětrnostní podmínky nepravidelné, což může ovlivnit konzistenci výroby solární energie. Hybridní systémy nabízejí zlepšení v oblasti energetické nezávislosti a mohou snížit spolehnutí na síťovou elektřinu, což je výhodné zejména v případě výpadků elektrického proudu nebo nestability sítě. Výběr a návrh těchto systémů vyžaduje detailní plánování, aby se zohlednily specifické energetické potřeby domácnosti a místní podmínky, což může zahrnovat analýzu spotřeby energie, dostupnosti obnovitelných zdrojů a finančních možností.

Klíčové aspekty a technické nuance off-grid solárních systémů, s důrazem na jejich aplikaci v rodinných domech podrobně popisuje CRESS (2022), který zdůrazňuje, že tyto systémy, které fungují nezávisle na tradiční elektrické síti, jsou zvláště vhodné pro lokality, kde není možný přístup k síťové elektřině, jako jsou odlehlé nebo izolované oblasti. Jedním z klíčových prvků pro úspěšnou implementaci off-grid solárního systému je vytvoření robustního a spolehlivého systému bateriového úložiště, který je schopen uchovat dostatečné množství energie pro pokrytí potřeb domácnosti během období, kdy není dostupné sluneční světlo. Autor dále podrobně popisuje, jak důležité je pečlivé plánování a správné dimenzování jednotlivých komponent systému, včetně solárních panelů, invertorů a baterií, s ohledem na specifické energetické potřeby a životní styl obyvatel domu. Důraz je zde kladen na význam pravidelné údržby a monitorování systému, aby bylo zajištěno jeho dlouhodobé efektivní fungování a minimalizace rizika výpadků.

Hlubší pohled na to, jak instalace solárních panelů na rodinných domech přesahuje čistě technické a ekonomické faktory, a místo toho ovlivňuje každodenní život a kulturní hodnoty prezentují ve svém díle autoři VANNINI a TAGGART (2015). Autoři se zaměřují na to, jak solární energie může podporovat koncept "zpomaleného" života, který reflektuje větší uvědomění si a respekt k přírodním zdrojům. Podle autorů je adopce solární energie často motivována touhou po větší energetické nezávislosti a udržitelném životním stylu, což se stává důležitým aspektem identit domácností, které se rozhodnou pro tuto technologii. Solární panely obvykle vyžadují minimální údržbu a mají dlouhou životnost, často až 25 let nebo déle. Pravidelná kontrola a čištění mohou pomoci udržet jejich optimální výkon. Studie také poukazuje na to, jak solární energie mění vnímání domácností o spotřebě a výrobě energie, vedoucí k většímu povědomí o energetické efektivitě a environmentální odpovědnosti. Tento přístup k energetice je prezentován jako klíčový prvek v budování udržitelnější budoucnosti a podporuje ideu, že solární technologie nejsou jen o snížení nákladů na energii, ale také o podporu změn v kulturních a sociálních normách směrem k udržitelnosti. Studie svým obsahem poskytuje cenný vhled do toho, jak solární technologie mohou přispět k širší sociální a kulturní transformaci, což je aspekt, který je často opomíjen. Jak vhodně využít solární energii, zkoumají ve své práci také autoři KARELLAS a kol. (2018), kteří se zkoumají technologie solárního chlazení, které představují inovativní využití solární energie k regulaci teploty v budovách. Diskutují o různých systémech solárního chlazení, jejich efektivitě a potenciálu snížit energetickou náročnost pro chlazení, což je zásadní přínos pro integraci udržitelných řešení do moderních staveb.

Off-Grid a On-Grid systémy ve své práci podrobně zkoumá SHIMBA (2024), který poskytuje podrobný náhled pro pochopení jak izolovaných, tak připojených solárních systémů, posuzuje výhody a omezení obou systémů s důrazem na jejich aplikaci, účinnost a ekonomickou návratnost. Svou analýzou umožňuje hlubší porozumění faktorům ovlivňujícím výběr mezi izolovaným a připojeným modelem solárního systému. Další publikace autorů GREEN (2023) a SPANFELNER (2018) se věnují Off-Grid systémům určených pro izolované provozy mimo hlavní elektrickou síť. Důraz je kladen na praktické aspekty a překonávání výzev spojených s vytvářením systémů schopných zajistit energetickou samostatnost. Pojednávají o klíčových komponentách systémů, jejich správném dimenzování a integraci s ohledem na specifické potřeby a lokální podmínky.

Detailní analýzou nejnovějších trendů a vývoje v technologii solárních fotovoltaických systémů se zabývají autoři GUL a kol. (2016). Ve své práci se zaměřují na klíčové faktory, které přispívají k rychlému pokroku v této oblasti, včetně technologických inovací, výzkumu nových materiálů a optimalizace výrobních procesů. Výzkum rovněž zdůrazňuje význam státní podpory a politických opatření pro podporu výzkumu, vývoje a nasazení solárních fotovoltaických technologií. Autoři poukazují na to, jak investice do výzkumu a vývoje vedly k výraznému snížení nákladů na solární energii, čímž se otevírají nové možnosti pro její využití v různých aplikacích a geografických oblastech. S tím souvisí rostoucí trend k dekarbonizaci energetického sektoru a přechodu k udržitelnějším zdrojům energie.

Na globální úrovni lze zmínit proces solární desalinace vody, tímto se ve své publikaci zabývají GIRMA a ASSEFY (2015), kde zdůrazňují význam využití solární energie pro výrobu pitné vody z mořské nebo brakické vody, což je zásadní pro oblasti s nedostatkem čerstvé vody. Autoři se dále věnují různým metodám solární desalinace a poukazují na rostoucí atraktivitu solární energie v tomto kontextu.

Pohled na solární fotovoltaické systémy z hlediska jejich dopadu na životní prostředí ve své práci komplexně analyzuje autorka PAPADOPOULOU (2013), kde především klade důraz na jejich environmentální aspekty. Ve své práci se zaměřuje na technologie, materiály a výrobní procesy používané v průmyslových fotovoltaických systémech a jejich potenciální dopady na životní prostředí. Dále se autorka věnuje i možnostem minimalizace těchto dopadů prostřednictvím inovací a efektivnějšího využívání zdrojů.

Ve své publikaci autor Boxwell (2023), podrobně zkoumá následující typy fotovoltaických technologií, které jsou svou charakteristikou vhodné pro domácí využití:

- **Monokrystalické solární panely**: Tyto panely jsou vyrobeny z jednoho, kontinuálně rostoucího krystalu křemíku, což jim dává jejich charakteristický vzhled s jednotnými tmavými buňkami. Monokrystalické panely jsou známé svou vysokou účinností a dlouhou životností, ale bývají dražší ve srovnání s jinými typy panelů.

Obrázek 2: Monokrystalické solární panely

Zdroj: https://www.wattcontrol.cz/panely/

- **Polykrystalické solární panely**: Tyto panely jsou vyrobeny z více křemíkových krystalů, které jsou slité dohromady. Mají typicky modrý odstín a jsou méně účinné než monokrystalické panely, ale nabízejí lepší poměr cena/výkon.

Obrázek 3: Polykrystalické solární panely

Zdroj: https://www.wattcontrol.cz/panely/

- **Tenkovrstvé solární panely**: vyrábějí se pokládáním jedné nebo více tenkých vrstev fotovoltaického materiálu. Tyto panely jsou méně účinné než krystalické křemíkové panely, ale mají výhodu ve větší flexibilitě a nižších výrobních nákladech.

Obrázek 4: Tenkovrstvý solární panel

Zdroj: https://www.wattcontrol.cz/panely/

- **Koncentrační Fotovoltaické (CPV) Systémy**: CPV systémy používají optické soustavy, jako jsou čočky nebo zrcadla, k soustředění velkého množství slunečního záření na malou plochu vysoce účinných solárních buněk. Tyto systémy jsou efektivní ve velmi slunných oblastech a mohou dosahovat vysokých úrovní účinnosti, ale vyžadují sofistikované sledovací systémy a jsou obecně nákladnější.

Obrázek 5: Tenkovrstvý solární panel

Zdroj: https://physicsworld.com/a/sunny-superpower-solar-cells-close-in-on-50-efficiency/

Mezi inovativní fotovoltaické produkty, se řadí solární střešní krytina, která kombinuje funkce tradiční střešní krytiny s výrobou solární energie a jsou navrženy tak, aby se esteticky integrovaly do střechy domu, zatímco produkují elektřinu. Jsou vhodnou alternativou pro majitele domů, kteří chtějí využívat solární energii, aniž by narušili vzhled svého domova.

Obrázek 6: Solární střešní krytina

Zdroj: https://www.electricrate.com/solar-energy/roof-shingles/

3.2 Typy fotovoltaických systémů

Klasifikace poskytující přehled o typech fotovoltaických systémů, jejich výhodách a nevýhodách, které je třeba zvážit při rozhodování o instalaci systémů pro rodinný dům.

FV systémy připojené na síť (on-grid):

Tyto systémy jsou připojeny k elektrické síti a poskytují energii pro domácnost. Veškerá přebytečná sluneční energie je odeslána zpět do sítě a připsána na účet majitele.

Výhody: Efektivní využití vyrobené energie, možnost prodeje přebytečné energie zpět do sítě.

Nevýhody: Závislost na stávající elektrické síti, nedostupnost energie během výpadků elektrického proudu, pokud není k dispozici bateriové úložiště.

Obrázek 7: FV systémy připojené na síť (on-grid)

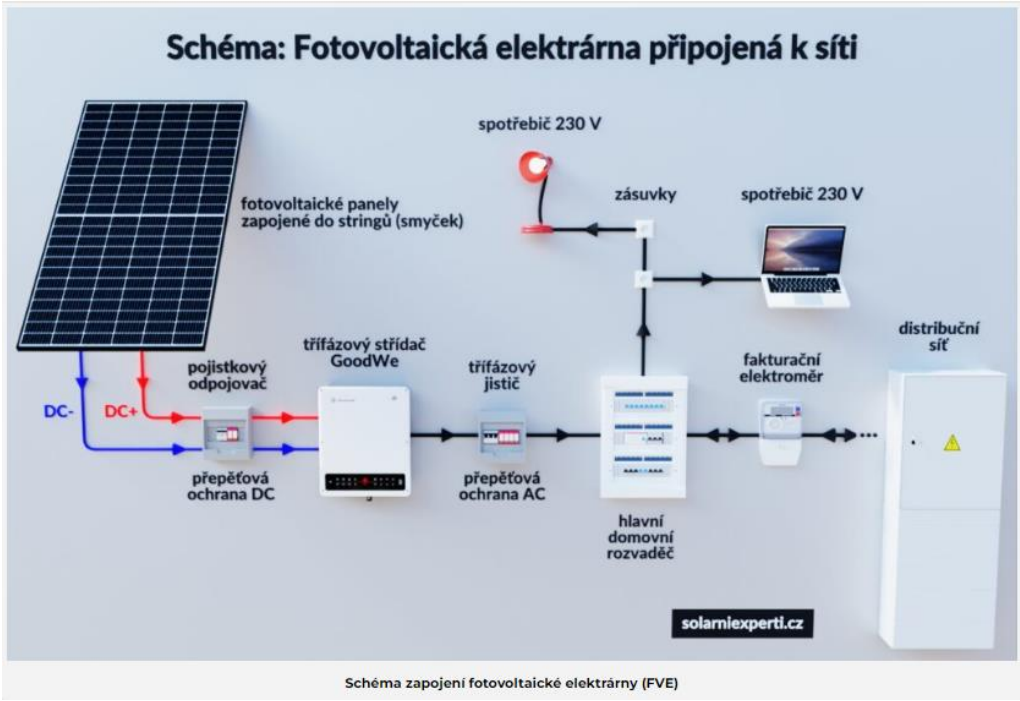


Schéma zapojení fotovoltaické elektrárny (FVE)

Zdroj: https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-stresni-fotovoltaicka-elektrarna/

FV systémy bez sítě (off-grid):

Nejsou připojeny k síti a vyžadují bateriové úložiště pro uchování přebytečné solární energie. Používají se v oblastech bez přístupu k elektrické síti nebo pro úplnou energetickou nezávislost.

Výhody: Absolutní nezávislost na elektrické síti, vhodné pro odlehlé oblasti.

Nevýhody: Nutnost větších investic do baterií, omezená kapacita úložiště, nutnost správy a údržby baterií.

Obrázek 8: FV systémy bez sítě (off-grid)

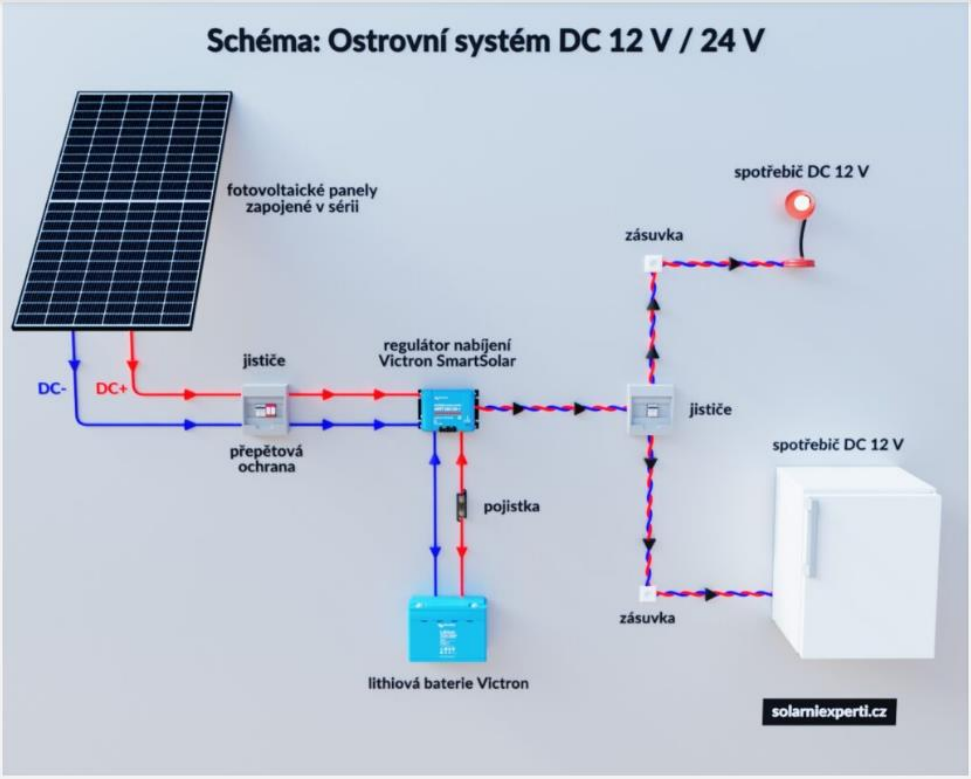


Schéma zapojení ostrovního systému 12 V / 24 V

Zdroj: https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-stresni-fotovoltaicka-elektrarna/

Hybridní fotovoltaické systémy:

Kombinují vlastnosti on-grid a off-grid systémů, což umožňuje využívat solární energii, když je k dispozici, a v případě potřeby přepínat na napájení ze sítě.

Výhody: Flexibilita využití solární energie a síťového napájení, optimalizace energetického využití.

Nevýhody: Vyšší počáteční náklady kvůli potřebě komplexního systému, včetně baterií a speciálního střídače.

Obrázek 9: Hybridní FV systémy

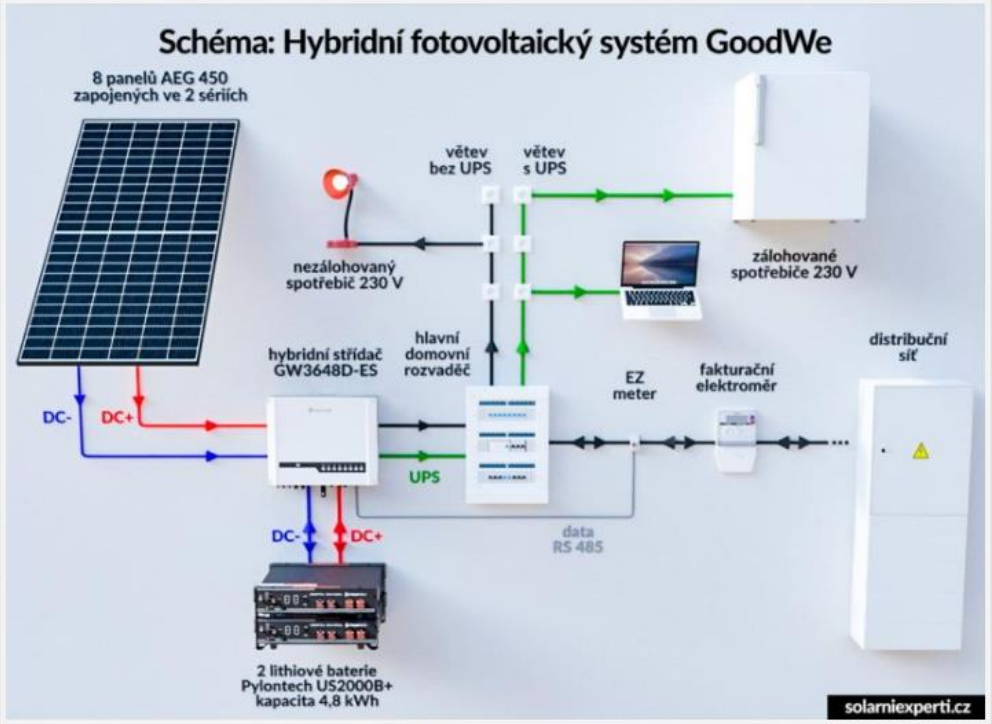


Schéma zapojení hybridní solární elektrárny GoodWe EM

Zdroj: https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-stresni-fotovoltaicka-elektrarna/

4 Podpora obnovitelných zdrojů v ČR

4.1 Právní rámec v ČR

Zákon definuje obnovitelné zdroje energie jako obnovitelné nefosilní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření (termální a fotovoltaická), geotermální energie, energie okolního prostředí, energie z přílivu nebo vln a jiná energie z oceánů, energie vody, energie biomasy a paliv z ní vyráběných, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu (zákon č.382/2021 § 2 odst. 1 písmena a)).

- **Zákon č. 382/2021 Sb.**, kterým se mění zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. Tato novela upravila některé aspekty podpory pro obnovitelné zdroje energie, přičemž se zaměřila na aktualizaci podmínek pro výkupní ceny a zelené bonusy, s cílem lépe reflektovat současné tržní podmínky a technologický vývoj v oblasti obnovitelných zdrojů.
- **Zákon č. 180/2005 Sb.** o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Upravuje způsob podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.
- **Vyhláška č. 150/2007 Sb.,** o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen
- **Vyhláška č. 51/2006 Sb.,** stanovující podmínky pro připojení zařízení k elektrizační soustavě. Tato vyhláška stanoví podmínky připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst konečných zákazníků k elektrizační soustavě, způsob výpočtu podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu, podmínky dodávek elektřiny a způsob výpočtu náhrady škody při neoprávněném odběru elektřiny.
- **Vyhláška č. 426/2005 Sb.,** o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích. Tato vyhláška stanoví členění licencí pro účely regulace, vzory žádostí k udělení, změně a zrušení licence, náležitosti prohlášení odpovědného zástupce, způsob určení vymezeného území a provozovny, prokázání vlastnického nebo užívacího práva k užívání energetického zařízení, podrobnosti o finančních a technických předpokladech a způsobu jejich prokazování pro jednotlivé druhy licencí, podrobnosti prokazování odborné způsobilosti.
- **Vyhláška č. 364/2007 Sb.,** kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů.

4.2 Dotační tituly na obnovitelnou energii v ČR

Obecně

Jak ve svém dokumentu uvádí (HNUTÍ DUHA 2020), v ČR existuje několik podpůrných mechanismů pro obnovitelné zdroje energie. Důležitými dotačními tituly jsou programy Nová zelená úsporám, Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost, které podporují projekty solární energie a fotovoltaiky, či dotace z regionálních programů. Tyto programy nabízí podporu jak pro podniky, tak pro domácnosti v realizaci projektů využívajících obnovitelné zdroje.

Obecní výroba elektřiny z OZE v ČR zahrnuje převážně fotovoltaické projekty, které tvoří většinu obecních instalací, obvykle na veřejných budovách jako školy. Existují i větrné a bioplynové projekty, ale jsou méně časté. Distribuce vyrobené elektřiny do obecní sítě je komplikovaná kvůli vlastnictví distribučních sítí velkými energetickými společnostmi. Malé vodní elektrárny a inovativní projekty kombinující různé OZE naznačují další potenciál pro rozvoj. Tato situace ukazuje na potřebu podpory a regulací pro zvýšení lokální produkce a využití OZE.

Domácnosti

Na webových stránkách (MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU 2023) informuje, jak jsou dotovaná energeticky úsporná opatření pro domácnosti. Patří sem zejména zateplení obálky budovy, výměna oken, instalace fotovoltaických a fototermických systémů a dalších moderních zdrojů vytápění, tedy například tepelných čerpadel.

Program Nová zelená úsporám je zaměřen na podporu snižování energetické náročnosti rodinných a bytových domů. Podporovány jsou dílčí i komplexní renovace rezidenčních budov. Dotaci můžete čerpat na výstavbu či nákup nového rodinného domu s velmi nízkou energetickou náročností, výměnu neekologických kotlů a kamen, environmentálně šetrné způsoby vytápění, tepelná čerpadla, přípravu teplé vody, zpětné získávání tepla z odpadní vody a instalaci obnovitelných zdrojů energie a systémů řízeného větrání s rekuperací. Čerpat příspěvek je ale také možné na efektivní zachytávání a využití dešťové a odpadní vody, výstavbu zelených střech a spolu se zateplením také na instalaci stínicí techniky. Nově program poskytuje podporu i na pořízení a instalaci dobíjecí stanice pro elektromobily a u bytových domů

i výsadbu komunitní zeleně. Výše podpory může v závislosti na provedených opatřeních dosáhnout až 50 % z celkových nákladů.

Oprav dům po babičce v Nové zelené úsporám je nový dotační program, který nabídne domácnostem zálohové financování komplexních renovací nemovitostí s cílem výrazně si snížit výdaje za bydlení, přičemž je možné získat finanční podporu až jeden milion korun. Úspěšní žadatelé zároveň získají možnost čerpat zvýhodněný úvěr ze stavebních spořitelen. Kromě komplexního zateplení obvodových stěn, střechy, stropů a podlah, je možné žádat o podporu dalších úsporných opatření – instalace fotovoltaiky, výměna zdroje tepla, příprava teplé vody a solární ohřev, řízené větrání s rekuperací, dešťová a odpadní voda, zelená střecha nebo dobíjecí bod pro automobil.

Program PANEL poskytuje formou zvýhodněných úvěrů vlastníkům bytových domů podporu snižování energetické náročnosti těchto budov, opravy jejich poruch, opravy a modernizaci společných prostor a bytových jader. Konkrétně lze úvěr čerpat například na provedení dodatečné tepelné izolace obvodového pláště, zateplení střechy či vybraných vnitřních konstrukcí. Podporována je ale i instalace termosolárních panelů sloužících k přípravě tepla nebo teplé vody nebo kupříkladu na opravu či výměnu vstupních dveří. Žádosti do programu se přijímají kontinuálně a výše úvěru je možné čerpat až do 90 % způsobilých výdajů.

Nízkopříjmové domácnosti, senioři a lidé pobírající příspěvek na bydlení

Program Nová zelená úsporám Light cílí na nízkopříjmové domácnosti (senioři a lidé pobírající dávky na bydlení) jakožto nejvíce ohrožené skupině energetickou chudobou. Oproti „tradiční“ Nové zelené úsporám může být žadatelům podpora vyplacena předem, a příjemci podpory tak nemusí vynakládat žádné vstupní investice. Výše dotace může přitom dosáhnout až 100 % přímých realizačních výdajů, na jeden rodinný dům takto můžete získat až 240 tisíc korun. Konkrétní podporovaná opatření, představují zateplení fasády, stropu, střechy a podlahy, výměna oken a vchodových dveří jako i solárních systémů na ohřev vody, provedených po 12. září 2022.

Operační program Životní prostředí (2021-2027) OPŽP poskytuje dotace pro domácnosti s nižšími příjmy, jako jsou senioři nebo osoby pobírající příspěvek na bydlení. Slouží na financování výměny nevyhovujících spalovacích zdrojů na tuhá paliva, tedy kotlů na pevná paliva nesplňující 3., 4. a 5. emisní třídu za nový ekologický zdroj, jako například tepelná čerpadla a kotle na biomasu a pořizování domovních předávacích stanic. Jako v případě NZÚ Light jsou finanční prostředky vyplaceny předem.

5 Cíle práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je analýza a vyhodnocení ekonomické efektivnosti a dalších ukazatelů v rámci konkrétní instalace malé solární elektrárny o maximálním výkonu 9,9 kWp, na střeše rodinného domu. Bude provedena charakteristika technologií a alternativ vhodných pro rodinný dům s výhodami a nevýhodami jejich instalací. Cílem této práce je také seznámit čtenáře s možností využití podpor obnovitelných zdrojů v ČR. Vymezení zákona a dotačních titulů na obnovitelnou energii jak v obecné rovině, tak i na poli fyzických osob. V závěrečné části práci jsou popsány výsledky a jejich porovnání s predikovanými hodnotami firmy, která provedla instalaci na střeše rodinného domu.

6 Metodika práce

Práce má charakter studie. Z hlediska ekonomické efektivnosti je vyhodnocen konkrétní projekt instalace malé solární/fotovoltaické elektrárny. V práci jsou porovnávány hodnoty dokumentace přiložené dodavatelskou firmou s údaji vlastního měření skutečného výkonu elektrárny. Ve sledovaném období od 1.3.2023 do 29.2.2024 jsem zaznamenával množství elektrické energie vyrobené fotovoltaickou elektrárnou, spotřebované v domácnosti a odeslané do virtuální baterie společnosti ČEZ. Měření bylo prováděno prostřednictvím instalovaného proudového měniče Solax X3 Hybrid. K výpočtům návratnosti instalace je využito různých ekonomických nástrojů, díky kterým bylo možné pracovat s klesající účinností fotovoltaických panelů, vývojem ceny elektřiny a úrokovou sazbou.

Výrobce poskytuje záruku na fotovoltaické panely 12 let na funkčnost a 25 let na výkon s lineárním poklesem výkonu přibližně 0,55 % ročně. Na baterii je záruka 18 let a střídač 10 let. Z toho důvodu je bakalářská práce zpracována na období 10 let provozu domácí fotovoltaické elektrárny.

7 Realizace malé solární elektrárny a její metodika

7.1 Lokalita a volba hybridního fotovoltaického systému

Výběr lokality je klíčový pro optimalizaci výkonu a efektivity fotovoltaické elektrárny. Faktory jako jsou intenzita slunečního záření, orientace plochy, sklon a stínění mají přímý vliv na množství vyrobené elektřiny. Zohlednění lokálních klimatických podmínek, jako jsou průměrné hodnoty slunečního záření a teplota, pomáhá optimalizovat návrh systému. Také přístup k infrastruktuře a distribuční síti je důležitý pro efektivní propojení s elektrickou sítí a minimalizaci ztrát při distribuci energie.

Zvolený systém na adrese Žitovlice 103, okr. Nymburk, má instalovaný výkon 9,9 kWp, obsahuje 22 ks fotovoltaických panelů o ploše 47,8 m^2. Hybridní měnič třífázový SolaX X3 Hybrid G4 10.0 kW (v2) a bateriový systém od výrobce SolaX Power, obsahují 2 akumulátory (LiFePo) s celkovou kapacitou 11,5 kWh.

Obrázek 10: Modelace návrhu instalace fotovoltaických panelů.

Zdroj: Vlastní

K instalaci deseti fotovoltaických panelů o celkovém výkonu 4,5 kWp, byla zvolena část střechy s orientací na jihovýchod 124°, kdy sklon střechy svírá úhel 30°. Dalších dvanáct fotovoltaických panelů o celkovém výkonu 5,4 kWp, bylo instalováno s orientací na jihozápad 214°, se stejným sklonem střechy. Jak je patrné z (obr. 10), na jihozápadní stranu by v případě budoucí potřeby o navýšení výkonu systému, bylo možné připojit další čtyři fotovoltaické panely.

Při výběru z možných fotovoltaických systémů, byl zvolen hybridní systém. Tento bude maximálně vyhovovat potřebám moderní domácnosti v kontextu energetické efektivity a udržitelnosti.

Jak již bylo zmíněno Hybridní fotovoltaické systémy kombinují výhody on-grid a off-grid systémů, čímž poskytují flexibilní a spolehlivé řešení pro výrobu a využití solární energie. Klíčovým prvkem hybridních systémů je jejich schopnost pracovat jak v režimu propojeném se sítí, tak v izolovaném režimu, což zvyšuje bezpečnost dodávek energie i v případě výpadku elektrické sítě.

Výhodou hybridního fotovoltaického systému je především energetická nezávislost a spolehlivost, hybridní systémy poskytují energetickou nezávislost tím, že umožňují skladování přebytečné energie do baterií pro její využití v době, kdy slunce nesvítí, nebo při výpadku sítě. Díky inteligentnímu řízení a možnosti skladování energie mohou hybridní systémy maximalizovat využití vyrobené solární energie. Nespornou výhodou tohoto systému, je také flexibilita a scalabilita, což znamená, že systém lze snadno rozšířit přidáním dalších solárních panelů nebo baterií podle rostoucích energetických potřeb domácnosti.

Volba hybridního fotovoltaického systému pro rodinný dům je strategickým rozhodnutím, které přináší výhody v oblastech energetické nezávislosti, účinnosti a podpory udržitelného rozvoje. Vzhledem k rychlému technologickému pokroku a stále příznivějším ekonomickým podmínkám pro solární energii je nyní ideální doba pro investice do hybridního fotovoltaického systému.

7.2 Použité technologie

Monokrystalický solární panel 450Wp je fotovoltaický panel zapsaný na seznamu způsobilých zařízení v rámci projektu Nová zelená úsporám, tj. je způsobilý pro dotace. Na samotný panel výrobce poskytuje záruku 12 let a na trvalý výstupní výkon panelu záruku 30 let. Účinnost tohoto fotovoltaického panelu je až 20,85 %, tato část energie se přemění na elektřinu a zbytek se odrazí nebo přemění na teplo. Panel je vyroben technologií half-cut nebo half-cell, která spočívá v rozdělení solárních článků na polovinu pomocí laseru. To vede k vyšší účinnosti, vyšší tepelné odolnosti, snížení rizika vzniku mikrotrhlin, ale zejména k odolnosti vůči zastínění. Pokud je část panelu zastíněna, nemá to vliv na celý panel, ale pouze na části, které jsou přímo zastíněny.

Obrázek 2: Monokrystalické solární panely

Zdroj: https://www.wattcontrol.cz/panely/

X3-HYBRID-G4-10.0kW (obr. 10) je vysoce efektivní hybridní solární střídač navržený pro pokročilé solární fotovoltaické systémy, bezproblémovou integraci solární energie a úložiště s chytrými nabíječkami EV. Střídač zaručuje trvanlivost a kompatibilitu, i v prostředí s nízkými teplotami. Nabízí až 150% předimenzování výkonu z fotovoltaických panelů, což zvyšuje efektivitu systému tím, že maximalizuje využití výkonu měniče, zvláště v proměnlivých podmínkách oslunění, dále až 110% přetížení AC výstupu a vysokou účinnost při nabíjení a vybíjení až 97,5 %. Další předností tohoto střídače je integrace Wifi přijímače, který umožňuje jeho dálkové řízení, včetně upgradu. Díky integrované funkci sledování stínu, podpoře vysokovýkonných solárních panelů a možnosti skladování přebytečné energie z fotovoltaických panelů do baterie, je tento střídač ideální volbou pro domácnosti hledající optimalizaci své solární energie s přidanou výhodou bezpečnosti díky IP65 ochraně a inteligentnímu řízení zátěže i pří použití vysoce výkonných spotřebičů.

Obrázek 11: hybridní solární střídač

Zdroj: https://www.solaxpower.com

Bateriový systém je složen ze dvou modulů. První modul baterie Solax Triple Power T58 Master s kapacitou 5,8 kWh, využívá technologii LFP, což je druh akumulátoru s pevným elektrolytem, konkrétně lithium-iontového, který používá jako katodového materiálu LiFePO4. To zajišťuje bezpečnější instalace s širšími teplotními tolerancemi. Tento model lze instalovat v sérii s dalšími bateriemi až do celkové kapacity 23 kWh. Díky desetileté záruce, hloubce vybití 90 %, představuje flexibilní a vysoce výkonné řešení pro ukládání energie. Baterie podporuje až 6 kW nabíjení nebo vybíjení.

Druhý modul baterie Solax Triple Power T58 Slave s kapacitou 5,8 kWh v porovnání s variantou Master, neobsahuje integrovanou jednotku Battery Management Systém, která je ovládací jednotkou systému řídící nabíjení, vybíjení a celkovou správu baterie. Varianta Slave je bez obsahu BMS jednotky a pro svůj provoz vyžaduje připojení k Master baterii. Master baterie tedy koordinuje celý systém, zatímco Slave baterie pouze rozšiřují kapacitu úložiště. Konkrétně na (obr. 12) vlevo baterie Master s řídící jednotkou a na pravé straně baterie Slave.

Obrázek 12: Bateriový systém Solax Triple Power T58 Master a Slave

Zdroj: https://www.solaxpower.com

WallBox Pulsar PLP1 22 kW je praktická a inteligentní nabíjecí stanice pro Váš elektromobil či Plug-in hybrid. Pulsar je nejkompaktnější WallBoxem na trhu a vyznačuje se nejpokročilejší technologií, která poskytuje maximální rychlost nabíjení vozidla. Přizpůsobí se jakékoli instalaci – soukromé garáži i rezidentním či firemním potřebám. Pomocí platformy myWallbox můžete sledovat spotřebu energie, zobrazit historii nabíjení a plánovat nabíjecí relace. Můžete dokonce nastavit konfiguraci WallBoxu pomocí aplikace tak, aby se nabíjelo v nejvýhodnější době dne – v nízkém tarifu. Uživatelé si mohou v mobilní aplikaci myWallbox zvolit své preference jediným kliknutím. Na výběr mají ze dvou režimů. Režim Full-Green rozpozná, kdy je ve vaší domácnosti k dispozici dostatek přebytečné zelené energie, aby splnila minimální požadavky potřebné k nabíjení vašeho elektromobilu**.** Režim Eco v reálném čase rozpozná zelenou energii, která se jinde v domácnosti nevyužívá a tuto v kombinaci s energií ze sítě použije k rychlému a efektivnímu nabíjení elektromobilu. Tímto je spotřeba energie z rozvodné sítě snížena na minimum. Na WallBox a instalaci je výrobcem poskytována záruka 2 roky.

Obrázek 13: Inteligentní nabíjecí stanice WallBox Pulsar PLP1 22 kW.

Zdroj: https://www.solaxpower.com

7.3 Popis ekonomického hodnocení

Ekonomické hodnocení při výpočtu návratnosti fotovoltaické elektrárny je klíčové pro rozhodnutí o investici do sluneční energie. Zde jsou vybrané faktory, které se zohledňují:

1. **Celková cena FVE**: To zahrnuje náklady na instalaci panelů, měničů, baterií a dalších součástí.
2. **Instalovaný výkon FVE**: Tento parametr udává, kolik energie může FVE vygenerovat.
3. **Místo instalace**: Sklon střechy a orientace panelů ovlivňují výkon FVE.
4. **Výkupní cena elektřiny**: Jakou cenu dostanete za elektřinu, kterou FVE vyrobíte a dodáte do sítě.
5. **Roční navýšení výkupní ceny elektřiny z FVE**: Některé smlouvy umožňují postupné zvyšování ceny elektřiny.
6. **Navýšení ceny elektřiny ze sítě o inflaci**: Inflace může ovlivnit cenu elektřiny, kterou kupujete ze sítě.
7. **Spotřeba elektřiny z vlastní výroby**: Kolik elektřiny spotřebujete přímo z FVE a to včetně energie, kterou si ukládáte do vlastní baterie.
8. **Snížení výkonu FVE ročně vlivem stárnutí panelů**: Panelům se s časem snižuje účinnost.

8 Výsledky

8.1 Náklady

Na základě projektové dokumentace dodavatelská firma nainstalovala hybridní fotovoltaický systém. Instalovaný maximální výkon je 9,9 kWp. Systém obsahuje 22 ks fotovoltaických panelů o ploše 47,8 m^2, hybridní měnič třífázový SolaX X3 Hybrid G4 10.0 kW (v2), bateriový systém SolaX Power, obsahující 2 akumulátory (LiFePo) s celkovou kapacitou 11,5 kWh a WallBox SOLAX EV CHARGER G2, X3-EVC11kW za částku 480 000,- Kč včetně DPH 15 %.

Tabulka 1: Náklady na pořízení FVE

označení dodávky	**cena včetně DPH**
Solax X3 Hybrid 10-D - (SVT30597) + Baterie Tripple Power 11,6 kWh	200 905 Kč
A Solar JAM72S20 450 /MR – SVT30250	112 585 Kč
WallBox SOLAX EV CHARGER G2, X3-EVC11kW	60 000 Kč
Usazení rozvaděčů, montáž FVE panelů, připojení periferií	34 500 Kč
Nosný systém FVE panelů	26 450 Kč
Plastová rozvodnice nástěnná. IP 54	16 399 Kč
Projektová dokumentace, odborný posudek	10 000 Kč
Pomocný materiál, spotřební materiál, spojovací a kotvící materiál	6 270 Kč
Výchozí revize elektro a protokol předání	5 750 Kč
Úpravy stávajícího rozvaděče objektu – (jistič B32A/3, propojovací materiál)	4 082 Kč
Uvedení do provozu, prvotní zaregulování, funkční a komplexní zkoušky, zaškolení	2 875 Kč
Konektory MC4	184 Kč
celkem	**480 000 Kč**

Zdroj: Vlastní

Na instalovaný fotovoltaický systém pro výrobu elektrické energie s dobíjecí stanicí pro elektromobily, byla v roce 2023 vyřízena státní dotace v rámci programu „nová zelená úsporám“, kdy Státní fond životního prostředí financoval projekt částkou 245 000,- Kč. Z vlastních zdrojů bylo na pořízení fotovoltaického systém s dobíjecí stanicí pro elektromobily použito 225 000,- Kč.

8.2 Výsledky měření

K měření výkonu byl použit střídač Solax X3 Hybrid 10-D, který ve sledovaném období od 1.3.2023 do 29.2.2024 zaznamenával množství elektrické energie vyrobené fotovoltaickou elektrárnou, spotřebované v domácnosti a odeslané do virtuální baterie společnosti ČEZ. Tabulka (tab. 2) a (tab. 3) porovnává hodnoty predikované dodavatelkou firmou se skutečně naměřenými hodnotami ve sledovaném období.

Tabulka 2: měření výkonu fotovoltaického elektrárny

		fotovoltaická elektrárna (kWh)	odesláno do virtuální baterie (kWh)	spotřeba domácnosti (kWh)
leden	predikce	300	20	900
	realita	363	7	1296
únor	predikce	400	30	700
	realita	271	114	952
březen	predikce	500	140	350
	realita	533	283	364
duben	predikce	600	550	150
	realita	793	325	22
květen	predikce	650	650	10
	realita	614	1041	5
červen	predikce	600	800	10
	realita	418	1143	3
červenec	predikce	600	850	10
	realita	533	1020	5
srpen	predikce	550	750	10
	realita	516	743	9
září	predikce	550	600	10
	realita	395	912	4
říjen	predikce	450	400	200
	realita	410	272	258
listopad	predikce	250	70	500
	realita	255	32	1108
prosinec	predikce	200	30	700
	realita	205	16	1252
Celkem	**predikce**	**5650**	**4890**	**3550**
	realita	**5204**	**5908**	**5278**

Zdroj: Vlastní

Tabulka 3: Porovnání predikovaného výkonu FVE s reálně naměřenými hodnotami

	realita	predikce
fotovoltaickou elektrárnou vyrobeno	**11 112 KWh**	**10 540 KWh**
spotřeba domácnosti	**5 204 KWh**	**5 650 KWh**
odesláno do virtuální baterie ČEZ	**5 908 KWh**	**4 890 KWh**
virtuální baterie odebráno	**5 278 KWh**	**3 550 KWh**
zůstatek ve virtuální baterii	**630 KWh**	**1 340 KWh**

Zdroj: Vlastní

Kalkulace předpokládané návratnosti fotovoltaického systému

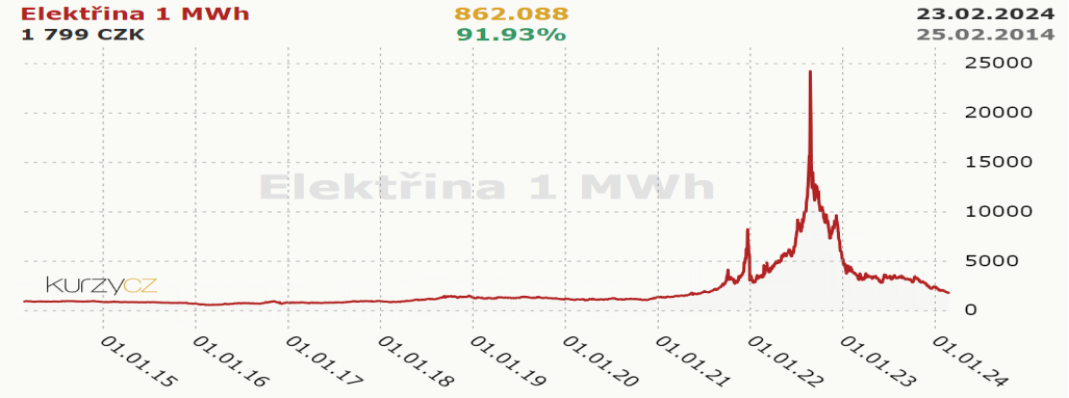
Pro vzorový příklad byl vybrán rodinný dům, jehož roční spotřeba dosáhla hodnoty 10 482 kWh. Domácí fotovoltaickou elektrárnou se podařilo ve sledovaném období vyrobit 11 121 kWh. Z toho přímá spotřeba domácnosti byla 5 204 kWh, 5 278 kWh bylo exportováno z virtuální baterie, ve které zůstalo uloženo 630 kWh. Tato zůstává ve prospěch společnosti ČEZ bez nároku čerpání nebo proplacení. V případě nepořízení FVE by byla stanovena částka 5,55 Kč za každou odebranou kWh. Cena za distribuci elektřiny je v obou případech shodná. Od 1. září 2022 je měsíční poplatek za službu "Elektřina pro soláry" od ČEZ stanoven na 423,5 Kč včetně DPH, ročně 5082 Kč bez ohledu na množství energie, která se z virtuální baterie exportuje. Bez virtuální baterie, je však také stanoven měsíční poplatek za dodávku elektřiny, měsíčně 154,88 Kč včetně DPH, ročně tedy 1858,56 Kč. Provedeným výpočtem byly po instalaci FVE ve sledovaném období od 1.3.2023 do 29.2.2024 sníženy náklady domácnosti za elektřinu o 57 075 Kč.

Tabulka 4: Finanční úspora po instalaci FVE v období od 1.3.2023 do 29.2.2024

	spotřeba (kWh)	spotřeba z FVE (kWh)	spotřeba z virtuální baterie (kWh)	spotřeba Kč/kWh	distribuce Kč/ kWh	poplatek za virtuální baterii	poplatek za dodávku elektřiny	celkem	úspora
FVE	10482	5204	5278	0,00 Kč	0,40 Kč	5 082 Kč	0 Kč	7 193 Kč	57 033 Kč
bez FVE	10482	0	0	5,55 Kč	0,40 Kč	0 Kč	1 859 Kč	64 226 Kč	0 Kč

Zdroj: Vlastní

Graf 2: Vývoj ceny elektřiny v ČR 2014-2024



Zdroj: https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/historie

Výpočet návratnosti domácí fotovoltaické elektrárny

Tabulka 5: Predikovaná návratnosti FVE

Cash flow

Cash flow

	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5
Investice	-244 530,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	20 989,77 Kč	23 968,86 Kč	23 731,54 Kč	23 496,58 Kč	23 263,94 Kč
Úspora energie	29 479,75 Kč	31 119,49 Kč	31 427,61 Kč	31 738,77 Kč	32 053,01 Kč
Roční finanční tok	-194 060,48 Kč	55 088,35 Kč	55 159,15 Kč	55 235,35 Kč	55 316,95 Kč
Kumulovaný finanční tok	-194 060,48 Kč	-138 972,13 Kč	-83 812,98 Kč	-28 577,63 Kč	26 739,31 Kč

Cash flow

	Rok 6	Rok 7	Rok 8	Rok 9	Rok 10
Investice	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	23 033,60 Kč	22 805,54 Kč	22 579,75 Kč	22 356,19 Kč	22 134,84 Kč
Úspora energie	32 370,38 Kč	32 690,86 Kč	33 014,55 Kč	33 341,41 Kč	33 671,54 Kč
Roční finanční tok	55 403,98 Kč	55 496,40 Kč	55 594,30 Kč	55 697,59 Kč	55 806,38 Kč
Kumulovaný finanční tok	82 143,29 Kč	137 639,69 Kč	193 233,99 Kč	248 931,59 Kč	304 737,97 Kč

Zdroj: Vlastní

Tabulka 6: Výpočet návratnosti dle vlastního měření výkonu FVE

	rok 1	rok 2	rok 3	rok 4	rok 5
investice	-240 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
úspora energie	57 034 Kč	58 307 Kč	59 606 Kč	60 931 Kč	62 283 Kč
roční finanční tok	-182 966 Kč	58 307 Kč	59 606 Kč	60 931 Kč	62 283 Kč
kumulovaný finanční tok	-182 966 Kč	-124 659 Kč	-65 053 Kč	-4 122 Kč	58 161 Kč

	rok 6	rok 7	rok 8	rok 9	rok 10
investice	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
úspora energie	63 663 Kč	65 071 Kč	66 508 Kč	67 974 Kč	69 470 Kč
roční finanční tok	63 663 Kč	65 071 Kč	66 508 Kč	67 974 Kč	69 470 Kč
kumulovaný finanční tok	121 824 Kč	172 620 Kč	188 468 Kč	169 397 Kč	115 437 Kč

Zdroj: Vlastní

Z výše uvedené tabulky je patrné, že investice dosahuje kladného kumulované finančního toku již pátým rokem od instalace FVE, což odpovídá předpokládané návratnosti.

Blízkou vazbou na návratnost FVE má vnitřní výnosové procento IRR. Toto nám poskytuje informaci o tom, jaká musí být maximálně diskontní sazba, aby se investice vložená do projektu vrátila. Pro potřeby této práce, za předpokladu, že všechny ostatní proměnné zůstanou konstantní, výsledkem je nejvyšší možné RPSN, se kterým je výhodné využít úvěr na FVE, aniž by investice byla ztrátová.

K výpočtu vnitřního výnosového procenta využijeme následující vzorec, který bude vložen jako funkce do MS Excel (tab.7).

$$\sum_{n=1}^{N} \frac{CF_n}{(1+IRR)^n} - investiční\ náklady = 0$$

Tabulka 7: Výpočet čisté současné hodnoty a vnitřního výnosového procenta

Rok	Náklady	Přínosy	SH - nižší úroková míra 5%		SH - vyšší úroková míra 28%	
			Přínosy	Náklady	Přínosy	Náklady
1	-240 000 Kč	57 034 Kč	54 318 Kč	-228 571 Kč	44 558 Kč	-200 000 Kč
2	0 Kč	58 307 Kč	52 886 Kč	0 Kč	35 588 Kč	0 Kč
3	0 Kč	59 606 Kč	51 490 Kč	0 Kč	28 422 Kč	0 Kč
4	0 Kč	60 931 Kč	50 128 Kč	0 Kč	22 699 Kč	0 Kč
5	0 Kč	62 283 Kč	48 800 Kč	0 Kč	18 127 Kč	0 Kč
6	0 Kč	63 663 Kč	47 506 Kč	0 Kč	14 475 Kč	0 Kč
7	0 Kč	65 071 Kč	46 245 Kč	0 Kč	11 559 Kč	0 Kč
8	0 Kč	66 508 Kč	45 015 Kč	0 Kč	9 230 Kč	0 Kč
9	0 Kč	67 974 Kč	43 817 Kč	0 Kč	7 370 Kč	0 Kč
10	0 Kč	69 470 Kč	42 649 Kč	0 Kč	5 884 Kč	0 Kč
Suma	-240 000 Kč	630 847 Kč	482 854 Kč	-228 571 Kč	197 911 Kč	-200 000 Kč
Čistá současná hodnota			254 283 Kč		-2 089 Kč	
Vnitřní výnosové procento			27,8%			

Zdroj: Vlastní

9 Diskuse

Připojení domácí fotovoltaické elektrárny do veřejné sítě předcházela žádost dodavateli elektrické energie, a to konkrétně společnosti ČEZ Distribuce s.r.o., která po ověření stavu distribuční soustavy, povolila připojení fotovoltaické elektrárny, včetně odesílání přebytků vyrobené elektrické energie do distribuční soustavy.

Dále bylo nutné s firmou ČEZ, a.s. sjednat produkt „Elektřina pro soláry“, která funguje na principu výkupu. Přebytečná energie od vás putuje do distribuční soustavy, a ve vyúčtování vám odečte částku za elektřinu, kterou ze sítě zase spotřebujete, když vám vlastní výroba nestačí. Aby bylo možné zaznamenávat množství odeslané elektrické energie do virtuální baterie, došlo ze strany společnosti ČEZ, a.s. k výměně elektroměru, který tuto funkcionalitu podporuje.

Vývoj ceny elektřiny v České republice za posledních 10 let ukazuje průběžné poklesy a vzestupy, ale dlouhodobě trend spíše směřuje ke zdražování. Tento vývoj je ovlivněn mnoha faktory, včetně nákladů na emisní povolenky, investice do modernizace výrobních zařízení a stoupajících mzdových nákladů. Z krátkodobého hlediska cena elektřiny nepředvídatelná. Trendem období 10 let, je jistý vzestup, který dle dodavatele FVE dosahuje hodnoty 2 % ročně. Pro dosažení výsledků této práce bylo pracováno s tím, že tato predikce setrvá i v následujících letech. Úspora za elektřinu je velmi individuální, odvíjí od toho, jak se uživatel naučí s fotovoltaikou pracovat a maximálně využít její potenciál. Zejména provoz energeticky náročnějších spotřebičů plánovat na čas, kdy FVE přímo vyrábí elektrickou energii.

V počáteční fázi projektu byla pořizovací investice zákazníka po přiznání státní dotace vypočtena na 244 530,- Kč. To se v konečné fakturaci, velice dobře přiblížilo skutečné částce 240 000,- Kč. Pochvalu také zaslouží odhad výkonu fotovoltaické elektrárny na rodinném domě. Predikována výroba byla 10 540 kWh ročně a skutečná výroba činila 11 112 kWh za rok. Co se však výrazně změnilo v průběhu roku 2022 až 2023 byla výkupní cena přebytků odesílaných do veřejné sítě. Předpokládalo se, že přebytky budou v rámci výkupního tarifu prodávány za 5 Kč za každou odeslanou kWh. V době uzavření smlouvy s firmou ČEZ v roce 2023, byl však výkupní tarif snížen na pouhou 1 Kč za kWh.

Z tohoto důvodu bylo nutné změnit strategii využívání vyrobené elektřiny, aby byla v co nejvyšší míře využita v rodinném domě. Rodinný dům má instalované podlahové vytápění, které je přípojeno na dva tepelné zdroje. První z nich je krbová vložka s výměníkem, druhým zdrojem elektrokotel o výkonu 12 kWh, který nebyl

z důvodu vysoké ceny elektrické energie využíván. Nyní se však tato volba nabízela, bylo dostatek vyrobené energie, která pokryla spotřebu elektrokotle. Nebylo dosaženo zisku z výkupu přebytečné energie viz. (tab.6), podařilo se však zvýšit tepelný komfort domácnosti a vymazat náklady na nákup krbového dřeva, které sloužilo jako palivo pro krbová kamna vytápějící domácnost.

K porovnání návratnosti byla oslovena také společnost Solaring, která za předpokladu instalovaného výkonu 10 kWp, baterie 10,5 kWh a roční spotřeby domu 10 000KWh, vypočítala návratnost investice na 5 let.

10 Závěr a přínos práce

Návratnost investice do domácí fotovoltaické elektrárny se může výrazně lišit v závislosti na řadě faktorů, včetně geografické polohy, místního slunečního záření, velikosti a typu instalovaného systému, výše a struktury spotřeby elektřiny v domácnosti, cen elektřiny a dostupných vládních či regionálních pobídkách a dotacích. Obecně platí, že solární systémy mají tendenci poskytovat lepší návratnost v oblastech s vysokým slunečním zářením a vyššími cenami elektřiny. Výhody solárních systémů zahrnují nejen přímé úspory na účtech za elektřinu, ale také případný příjem z prodeje přebytečné vyrobené energie do sítě a zvýšení hodnoty nemovitosti. Návratnost investice se obvykle pohybuje v rozmezí několika let, typicky 5 až 15 let, v závislosti na výše uvedených faktorech. V posledních letech se náklady na fotovoltaické systémy snížily, což spolu s rostoucími cenami elektřiny a lepší podporou v podobě dotací a pobídek zvyšuje finanční atraktivitu solárních systémů pro domácnosti. Pro konkrétní výpočet návratnosti je důležité zvážit všechny relevantní náklady a příjmy, včetně počáteční investice, úspor na účtech za elektřinu, možných výnosů z prodeje energie, údržby systému a jeho očekávané životnosti. Je také vhodné se poradit s odborníkem, který může poskytnout přizpůsobené informace a doporučení na základě specifických podmínek vaší domácnosti a lokality.

Rychlý rozvoj a nasazení solární energie přináší novou výzvu. Potřebu efektivní recyklace fotovoltaických modulů. Jak se počet vyřazených solárních panelů zvyšuje, stává se důležitým zajistit, aby recyklační procesy byly účinné a ekonomické. To vyžaduje spolupráci mezi účastníky solárního průmyslu a souvisejícími odvětvími, investice do technologií pro recyklaci a výzkum opětovného využití recyklovaných materiálů. V současné době není v České republice vyřešena otázka recyklace vysloužilých fotovoltaických panelů. Panely je sice možné odevzdat ve sběrných dvorech, později jsou však sváženy do Německa, kde je komplexně řešena materiálová návratnost.

Já osobně věřím, že využívání fotovoltaických energetických systémů má světlou budoucnost, jelikož tato technologie představuje klíčový prvek v globálním úsilí o dosažení udržitelné energetiky a boj proti změně klimatu. Efektivita fotovoltaických panelů neustále roste a náklady na jejich výrobu klesají, což z nich činí stále přitažlivější řešení pro individuální uživatele i pro energetický sektor obecně. FVE umožňují decentralizaci výroby energie a poskytují jednotlivcům i komunitám možnost stát se energeticky soběstačnými. S rostoucím zájmem vlád, firem a veřejnosti o obnovitelné zdroje energie se očekává, že fotovoltaika bude hrát stále větší roli v

energetické budoucnosti. Věřím, že tato bakalářská práce obsahuje mnoho relevantních informací a díky skutečně naměřeným hodnotám a výpočtům může pomoci při rozhodování, zda si domácí fotovoltaickou elektrárnu pořídit, či nikoliv.

11 Seznam použitých zdrojů

Odborné publikace:

AMIN, N., 2011, Potential Low Cost, High Efficiency Solar Photovoltaic Technology, LAP Lambert Academic Publishing, 196 s.

AMIN, N., 2013, High Efficiency Ultra Thin Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells, LAP Lambert Academic Publishing, 148 s.

AKINYELE, D.O., RAYUDU, R.K., TAN, R. H. G., (2016). Comparative study of photovoltaic technologies based on performance, cost and space requirement: Strategy for selection and application. International Journal of Green Energy. 13(13) 1352-1368

AKTAS, A., KIRCICEK, Y., (2021). Solar hybrid systems. Academic Press. 370 s.

ARCHER, M.D., 2014, Clean Electricity from Photovoltaics: Second Edition, Imperial College Press, 708 s.

BIGERNA, S., MICHELI, S., BOLLINO, C.A., 2015, The Sustainability of Renewable Energy in Europe, Springer, 137 s.

BOLÍVAR, N., 2018, Quantum Dot Photovoltaics, Arcler Press, 246 s.

BORTOLINI, M., GAMBERI, M., GRAZIANI, A., MORA, C., REGATTIERI, A. 2013: Multi-parameter analysis for the technical and economic assessment of photovoltaic systems in the main European Union countries. Energy Conversion and Management. 74 117-128.

BOXWELL M., 2023 Solar Electricity Handbook - 2023 Edition: A simple, practical guide to solar energy – designing and installing solar photovoltaic systems, Greenstream Publishing, 247 s.

CASTANER, L., SILVESTRE, S., 2002, Modelling Photovoltaic Systems Using, Wiley, 384 s.

CRESS, P. 2022: The Off Grid Solar Power Bible. Independently published. 157 s.

DUNLOP, J.P., 2012, Photovoltaic Systems, Atp, 502 s.

GIRMA, M., ASSEFY, A., 2015, Performance Analysis of Solar Powered Solar Still, LAP Lambert Academic Publishing, 52 s.

GREEN, R.,2023, Off Grid Solar Power: Learning, Designing and Building Photovoltaic Solar Power System, Robin Green, 182 s.

GUL, M., KOTAK, Y., MUNEER, T. 2016: Review on recent trend of solar photovoltaic technology. Sage Publications, Inc. 34 (4) 485-526.

HENRY, S., 2021, Solar Energy - History and Ways of Combating Modern Life Concerns: Everything From History to Making Your Own Solar Panel, Independently Published, 60 s.

KARELLAS, S., ROUMPEDAKIS, T.C., TZOUGANATOS, N.,2018, Solar Cooling Technologies, CRC Press, 449 s.

LUQUE, A., ANDREEV, V., 2007, Concentrator Photovoltaics, Springer, 346 s.

MARGARIDO, G.N., 2022, Study for increasing efficiency in photovoltaic modules, Our Knowledge Publishing, 136 s.

MESSENGER R.A., ABTAHI, A., 2003, Photovoltaic Systems Engineering, Second Edition, CRC Press, 480 s.

MOTLÍK, J., 2007: Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice. ČEZ, Praha, 181 s.

MÜLLER, M.F., 2018, Photovoltaic Modeling Handbook, Wiley-Scrivener, 300 s.

PAPADOPOULOU, E., 2013, Photovoltaic Industrial Systems: An Environmental Approach, Springer, 161 s.

SHIMBA, M., 2024, Solar Energy: A Guide to Off-Grid and On-Grid Solar Systems, Independently Published, 490 s.

SPANFELNER, R., 2018, How to Build the Perfect Off-Grid Home: Let The Sun Rain Down On Your Solar, Abuzz Press, 196 s.

SUDHAKAR, K., 2013, Studies on Dust effect on the performance of Solar Photovolatic panel, LAP Lambert Academic Publishing, 88 s.

TSAKALAKOS, L., 2010, Nanotechnology for Photovoltaics, CRC Press, 458 s.

VANNINI, P., TAGGART, J., 2015: Solar energy, bad weather days, and the temporalities of slower homes. Cultural Geographies. 22 (4) 637-657.

WILSON, R., 2022, DIY Solar Power: Different Solar Panel Mounting Styles, Roberts Wilson, 118 s.

ZAKARIA, H.A., 2015, Increasing The Efficiency of Photovoltaic Systems, LAP Lambert Academic Publishing, 224 s.

Legislativní zdroje:

Zákon č. 382/2021 Sb., kterým se mění zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony.

Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Vyhláška č. 150/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen.

Vyhláška č. 364/2007 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů.

Vyhláška č. 51/2006 Sb., stanovující podmínky pro připojení zařízení k elektrizační soustavě.

Vyhláška č. 426/2005 Sb., o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích.

Internetové zdroje:

SOLAR POWER EUROPE: Význam obnovitelných zdrojů [Online] ©2024. [Citace: 13.02.2024] Dostupné z: <https://www.solarpowereurope.org/news/iea-report-shines-spotlight-on-solar-s-pivotal-role-in-global-energy-transition>

IRENA: Renewable energy and jobs: Annual review 2023 [Online] ©2023. [Citace: 13.02.2024] Dostupné z: <https://www.irena.org/Publications/2023/Sep/Renewable-energy-and-jobs-Annual-review-2023>

EMBER: Využití obnovitelných zdrojů v Evropě [Online] ©2021. [Citace: 15.02.2024] Dostupné z: <https://ember-climate.org/insights/research/eu-power-sector-2020/>

DELOITTE ADVISORY: Rozvoj obnovitelných zdrojů do roku 2030 [Online] ©2023. [Citace: 18.02.2024] Dostupné z:

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/energy-resources/Rozvoj-obnovitelnych-zdroju-do-roku-2030-kveten-2023.pdf>

MOBIS: Historie fotovoltaiky [Online] [Citace: 21.02.2024] Dostupné z: <https://mobis.cz/fotovoltaicke-elektrarny/historie-fotovoltaiky>

HNUTÍ DUHA: Obecní obnovitelné zdroje energie [Online] ©2020 [Citace: 23.02.2024] Dostupné z: <https://hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2021/01/obecni_obnovitelne_zdroje_energie.pdf>

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU: Přehled dotačních programů [Online] ©2023. [Citace: 12.02.2024] Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/dotace-na-uspory-energie/prehled-dotacnich-programu-na-podporu-energeticke-ucinnosti--271831/>