



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

INOVACE FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY S BATERIOVÉ ÚLOŽIŠTĚ

INNOVATION OF A PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM WITH BATTERY STORAGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ivana Pallová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

BRNO 2022

Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Elektrotechnická výroba a management**

Ústav elektrotechnologie

Studentka: Bc. Ivana Pallová

ID: 173719

Ročník: 2

Akademický rok: 2021/22

NÁZEV TÉMATU:

Inovace fotovoltaické elektrárny o bateriové úložiště

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s principem fotovoltaického děje a proveďte analýzu a rozbor používaných FV technologií pro výrobu FV článků. Teorii zpracujte tak, aby obsahovala rozbor technologií pro akumulátorové úložiště podle parametrů jednotlivých typů akumulátorů. Zaměřte se na vyhodnocení trhu v ČR (výhody, dotace, podmínky, legislativa). V praktické části inovujte FV elektrárnu v Olomouckém kraji o bateriové úložiště. Navrhněte více variant FV systému a proveďte multikriteriální analýzu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 7.2.2022

Termín odevzdání: 25.5.2022

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřená na inovaci stávající fotovoltaické elektrárny o bateriové úložiště. V rámci teoretické části jsou představeny jednotlivé části fotovoltaické elektrárny, popsán princip fungování fotovoltaického článku a jednotlivé typy těchto článků. Dále se práce zabývá popisem stávající fotovoltaické elektrárny a jejich použitých komponentů. Následně je navržen bateriový systém a další možnosti inovace s možností dotace i bez ní. V závěrečné části je vyhodnoceno nejvýhodnější řešení dle provedených simulací.

Klíčová slova

Fotovoltaický systém, solární panely, fotovoltaický článek, obnovitelné zdroje, střídač

Abstract

This diploma thesis is focused on the Innovation of the existing power plant with battery storage. In the theoretical part, the individual parts of the photovoltaic power plant are introduced, the principle of operation of the photovoltaic cell and the individual types of these cells are described. The work also deals with the description of the existing photovoltaic power plant and their components. Subsequently, a battery system and other possibilities of Innovation with the possibility of a subsidy and without it are designed. In the final part, the most advantageous solution is evaluated according to the performed simulations.

Keywords

Photovoltaic systems, solar panels, photovoltaic cell, renewable resources, inverter

Bibliografická citace

PALLOVÁ, Ivana. *Inovace fotovoltaické elektrárny o bateriové úložiště*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/142738>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie. Vedoucí práce Jiří Vaněk

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	<i>Bc. Ivana Pallová</i>
VUT ID studenta:	<i>173719</i>
Typ práce:	<i>Diplomová práce</i>
Akademický rok:	<i>2021/22</i>
Téma závěrečné práce:	<i>Inovace fotovoltaické elektrárny o bateriové úložiště</i>

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 24.května 2022

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Vaňkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: 24. května 2022

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	10
ÚVOD	11
1. ENERGIE SLUNCE	12
1.1 PŘÍMÉ A DIFUZNÍ ZÁŘENÍ.....	13
2. FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK.....	15
2.1 FOTOVOLTAICKÝ JEV	15
2.2 VÝVOJ FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ.....	16
2.2.1 Články první generace	17
2.2.2 Články druhé generace	17
2.2.3 Články třetí generace	17
2.2.4 Články čtvrté generace.....	17
2.3 TYPY FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ	18
2.3.1 Křemíkové monokrystalické články.....	18
2.3.2 Křemíkové polykrystalické články.....	19
2.3.3 Amorfni články.....	19
2.3.4 CIGS články.....	20
2.3.5 Perovskitové články	20
2.3.6 Nové trendy.....	21
3. ČÁSTI FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	22
3.1 FOTOVOLTAICKÉ PANELE.....	22
3.1.1 Konstrukce	22
3.1.2 Voltampérová charakteristika.....	23
3.2 STŘÍDAČ.....	26
3.2.1 Ostrovní	26
3.2.2 Síťový	26
3.2.3 Hybridní.....	26
3.2.4 Rozdělení střídačů dle zapojení	27
4. BATERIE.....	28
4.1 OLOVĚNÉ BATERIE	28
4.2 NIKL-KADMIOVÉ BATERIE	29
4.3 LITHIOVÉ BATERIE	29
4.3.1 NMC baterie.....	30
4.3.2 LFP baterie	30
4.3.3 LTO baterie.....	31
4.4 VIRTUÁLNÍ BATERIE.....	31
5. LEGISLATIVA	32
5.1 PROVOZNÍ PODPORA.....	32
5.1.1 Výkupní cena.....	32
5.1.2 Zelený bonus	33

5.1.3	Podmínky pro získání možnosti podpory.....	34
5.1.4	Opravy a rekonstrukce.....	34
5.1.5	Daně.....	35
5.1.6	Odpisy.....	35
5.1.7	Daň z přidané hodnoty.....	35
5.1.8	Zdravotní pojištění.....	35
5.1.9	Sociální pojištění.....	35
5.1.10	Ostatní.....	36
5.2	NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM.....	36
5.2.1	Oblast A – ZATEPLENÍ.....	36
5.2.2	Oblast B – NOVOSTAVBA.....	37
5.2.3	Oblast C – ZDROJE ENERGIE.....	37
5.2.4	Oblast D – ADAPTAČNÍ A MITIGAČNÍ OPATŘENÍ.....	39
5.2.5	Oblast E – PROJEKTOVÁ PODPORA.....	39
6.	STÁVAJÍCÍ FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA	40
6.1	ZHODNOCENÍ FVE	42
7.	SIMULACE FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	44
7.1	STÁVAJÍCÍ FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA.....	44
7.1.1	Spotřeba.....	44
7.1.2	3D Návrh.....	45
7.1.3	Hospodárnost.....	47
7.2	STÁVAJÍCÍ FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA S BATERIOVÝM ÚLOŽIŠTĚM	48
7.3	FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA 15,75 kWp	49
7.4	FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA 9,77 kWp	51
7.5	FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA 9,77kWp A ELEKTROMOBIL.....	53
7.6	ZHODNOCENÍ.....	54
8.	ZÁVĚR.....	56
	LITERATURA.....	57
	SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	60
	SEZNAM PŘÍLOH.....	61

SEZNAM OBRÁZKŮ

1-1	Mapa trvání slunečního svitu v ČR [2].....	12
1-2	Roční souhrn globálního slunečního záření v ČR [kWh/m ²] [2].....	13
1-3	Přímé a difúzní záření v ČR [2].....	14
2-1	Princip funkce fotovoltaického článku [5]	15
2-2	Základní princip fotovoltaického jevu [1]	16
2-3	Schématické znázornění Czochralského metody [1].....	18
2-4	Struktura křemíkového článku [8].....	19
2-5	Porovnání monokrystalického, polykrystalického a amorfního (thin film) článku [4].....	20
3-1	Konstrukce fotovoltaického panelu [15]	22
3-2	Voltampérová charakteristika fotovoltaického článku [1]	23
3-3	Vliv teploty na výkon fotovoltaického článku [1].....	25
3-4	Vliv intenzity slunečního záření na výkon fotovoltaického článku [1]	25
3-5	A) Centrální střídač B) Řetězcové (stringové) střídače C) Modulové střídače [21].....	27
4-1	Napětí a proud při nabíjení lithiové baterie [21]	30
5-1	Tabulka stanovující výši podpory pro podoblast C.3[31]	38
6-1	Pohled na fotovoltaickou elektrárnu.....	40
6-2	Pohled na fotovoltaické panely	40
6-3	Pohled na střídače.....	41
7-1	Průměrná spotřeba domácnosti	45
7-2	3D návrh fotovoltaické elektrárny v programu PV*SOL	46
7-3	Vliv stínění okolních objektů fotovoltaické elektrárny	46
7-4	Znázornění toku energie pro existující FVE.....	47
7-5	Znázornění toku energie pro existující FVE s baterií	48
7-6	Návratnost investice pro stávající FVE s baterií	49
7-7	3D návrh FVE s instalovaným výkonem 15,75 kWp	50
7-8	Tok energie pro FVE 15,75 kWp	51
7-9	3D návrh FVE s instalovaným výkonem 9,77 kWp	52
7-10	Zobrazení návratnosti investice bez dotace	54

SEZNAM TABULEK

Tabulka 6.1 Přehled jednotlivých sestav fotovoltaické elektrárny.....	41
Tabulka 6.2 Výroba FVE za jednotlivé měsíce v kWh.....	42
Tabulka 6.3 Výnos z FVE za jednotlivé měsíce v Kč.....	43
Tabulka 7.1 Skutečná roční spotřeba v kWh	44
Tabulka 7.2 Výsledky simulace stávající FVE	47
Tabulka 7.3 Výsledky simulace stávající FVE s bateriovým úložištěm	48
Tabulka 7.4 Výsledky simulace FVE 15,75kWp s bateriovým úložištěm.....	50
Tabulka 7.5 Výsledky simulace FVE 9,77kWp s bateriovým úložištěm.....	52
Tabulka 7.6 Výsledky simulace FVE 9,77kWp s baterií a elektromobilem	53
Tabulka 7.7 Energetické vyhodnocení provedených simulací.....	54
Tabulka 7.8 Ekonomické vyhodnocení provedených simulací.....	55

ÚVOD

V dnešní době se klade veliký důraz na získávání elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Jedním z důvodů je, že neobnovitelných zdrojů není nekonečná zásoba. Také se zde v posledních letech klade důraz na ochranu klimatu a snížení vypouštění emisí při výrobě elektrické energie právě z neobnovitelných zdrojů jako je například uhlí. To má za následek snižování podílu tepelných elektráren na výrobě elektrické energie a je nutné tento úbytek vyplnit z jiných zdrojů. Zejména protože je společnost stále více závislá na elektrické energii a její spotřeba má stále rostoucí tendenci.

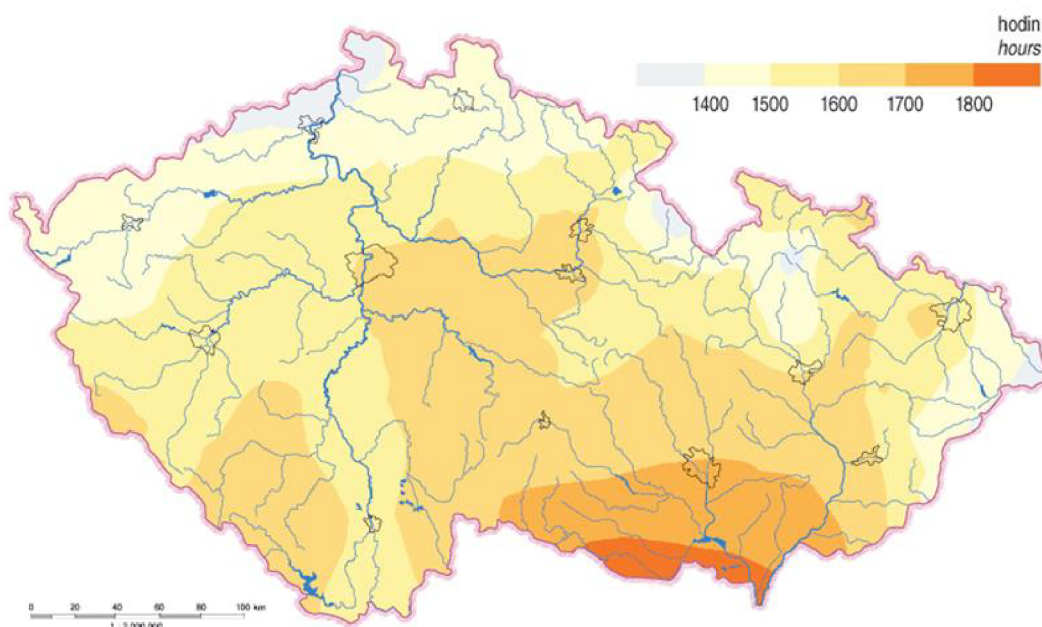
Důležitá je tedy nejen výstavba nových elektráren, ale i inovace již stávajících. A to nejen o doplnění již existující fotovoltaické elektrárny na rodinném domě o možnost akumulace elektrické energie pomocí bateriového úložiště, které umožní čerpat elektrickou energii i v případě, kdy nebude svítit slunce a elektrárna nebude vyrábět elektrickou energii, ale i výměna stávajících komponent za nové (fotovoltaické panely, střídače) a v případě právě rodinných domů i možnost získat dotaci nová zelená úsporám. Díky těmto dotacím je velice patrná snaha o více ekologické a soběstačné domy.

V rámci této diplomové práce se tedy nejdříve seznámíme s teorií ohledně fotovoltaických elektráren a jejich jednotlivých částí. Následně je představena a popsána již existující fotovoltaická elektrárna a navrženy možnosti ohledně její inovace a to jak celkové tak i pouze přidáním bateriového systému pro akumulaci elektrické energie. V poslední části je zhodnocení těchto simulací a jejich porovnání mezi sebou.

1. ENERGIE SLUNCE

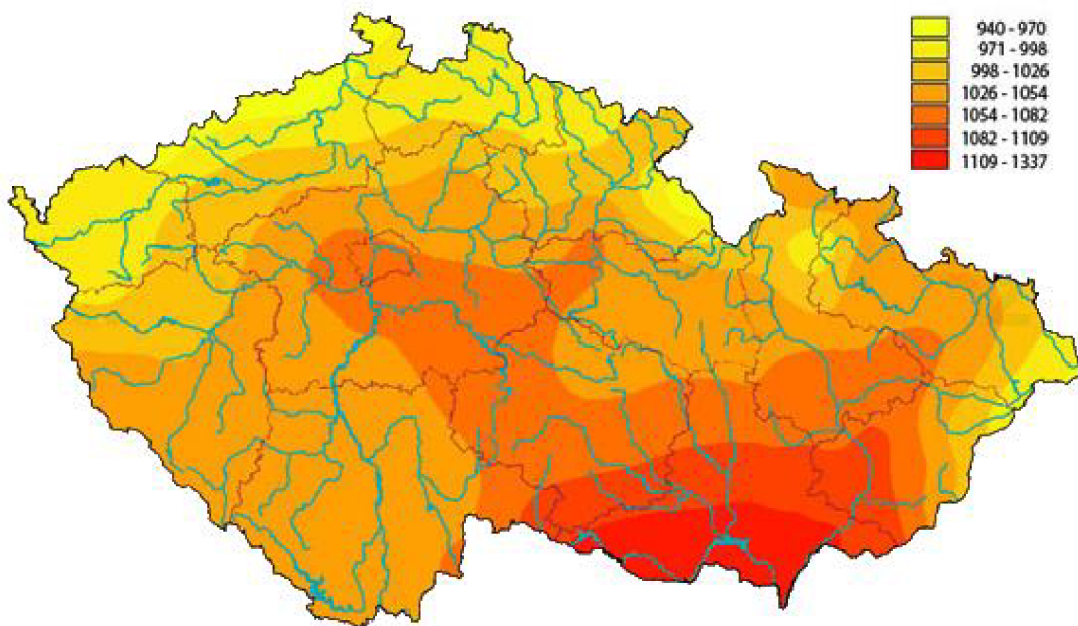
Energie ze slunečního záření je jednou z nejdostupnějších na Zemi i když je ovlivněná ročním obdobím, počasím a samozřejmě i geografickou polohou. Z hlediska využití je nejpodstatnějším faktorem intenzita záření a počet hodin slunečního svitu. V rámci České republiky mohou hodnoty v některých oblastech dosahovat až 1140 kWh/m². Pro porovnání roční objem záření v nejvíce slunných oblastech Země přesahuje hodnoty 2200 kWh/m². [1]

V rámci České republiky je využití sluneční energie poměrně dobré, jelikož doba slunečního svitu je v rozmezí od 1400 do 1700 hodin za rok. Rozdělení doby slunečního svitu na území České republiky je viditelné na Obrázku 1-1. [2][3]



Obrázek 1-1 Mapa trvání slunečního svitu v ČR [2]

Jak moc je daná lokalita vhodná je však nejlépe patrné z Obrázku 1-2 prezentujícím globální sluneční záření a vychází z dlouhodobého meteorologického měření. V České republice dopadne na jeden m² přibližně 950 – 1340 kWh, přičemž největší část sluneční energie dopadá v období letních měsíců. [2][3]

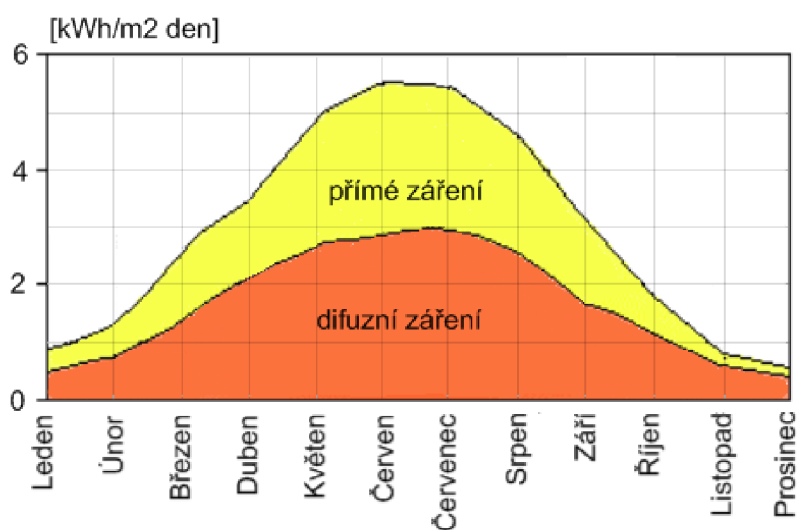


Obrázek 1-2 Roční souhrn globálního slunečního záření v ČR [kWh/m^2] [2]

Informace o ročním souhrnu globálního slunečního záření je důležitá pro zhodnocení energetické bilance a výpočet návratnosti investice. Protože když je známo kolik slunečního záření ročně dopadá na m^2 fotovoltaického systému a konverzní účinnost fotovoltaického panelu (přibližně 14 %), víme že z této plochy dostaneme přibližně 133-188 kWh elektrické energie ročně. [2][3]

1.1 Přímé a difuzní záření

Pokud je jasná obloha bez mraků dopadá na Zemi největší část slunečního záření bez změny směru. Toto záření nazýváme jako přímé. Když se přímé záření rozptýlí v mracích a na částech v atmosféře vzniká záření difuzní, které jde ze všech směrů a je závislé na geografických a klimatických podmínkách. Součet těchto dvou slunečních záření na horizontálním zemském povrchu se označuje jako globální sluneční záření (Obrázek 1-3). Zde je viditelné, že podíl difuzního záření je v letních měsících přibližně stejný jako přímé záření. Ovšem v zimních měsících je jeho podíl větší. [2][4]



Obrázek 1-3 Přímé a difúzní záření v ČR [2]

Fotovoltaické panely složené z polykrystalických nebo monokrystalických fotovoltaických článků k dosažení maximální výtěžnosti potřebují především přímé záření tzn. přímé sluneční světlo. Tenkovrstvé fotovoltaické panely, které jsou vyrobené na bázi amorfního křemíku, dokáží zužitkovat i záření difúzní. Z toho důvodu pak v celoročním souhrnu vyrobí tyto panely přibližně o 10 % více energie než panely z monokrystalických nebo polykrystalických křemíkových článků. Zejména kvůli vyšší potřebě elektrické energie právě v období zimních měsíců mají tenkovrstvé články velikou výhodu. [2][4]

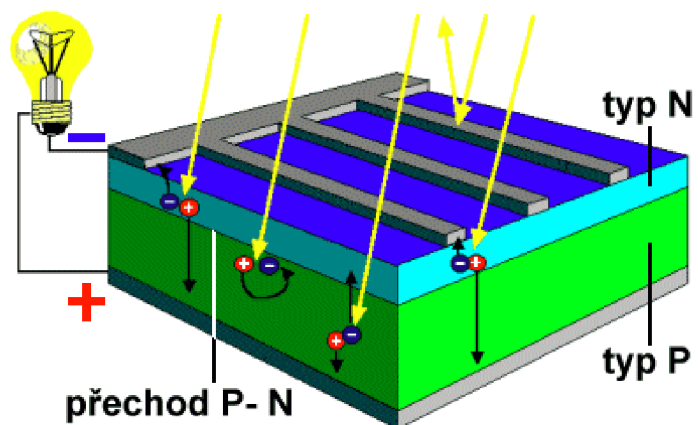
2. FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK

Základním prvkem ve fotovoltaice je fotovoltaický článek, což je v podstatě polovodičová dioda schopná přeměňovat světlo na elektrickou energii. Jde o tenký plátek křemíku, který je dopován dalšími prvky. Tento článek je pak schopen přeměnit dopadající sluneční záření na elektrický proud prostřednictvím fotovoltaického jevu. [2]

2.1 Fotovoltaický jev

V roce 1893 byl Alexandrem Edmondem Becquerelem objeven fotovoltaický jev, který umožnil využití světla (jeho částic - fotonů) k přeměně na elektrickou energii.

Tedy základem solárního článku je křemíková destička s vodivostí typu P (s příměsí bóru). Na této destičce se při výrobě vytvoří tenká vrstva polovodiče typu N. Tyto dvě vrstvy jsou od sebe oddělené tzv. P-N přechodem. Osvětlením tohoto článku vzniká v polovodiči vnitřní fotoelektrický jev a z krystalové mřížky se začínají uvolňovat elektrony. Na přechodu P-N se vytváří elektrické napětí. Pro křemíkové články má velikost přibližně 0,5 V. V článku se energie dopadajícího světla mění na elektrickou energii. Když připojíme k článku nějaký spotřebič, kladné a záporné náboje se začnou vyrovnávat a obvodem začíná procházet elektrický proud (Obrázek 2-1). [5][6]



Obrázek 2-1 Princip funkce fotovoltaického článku [5]

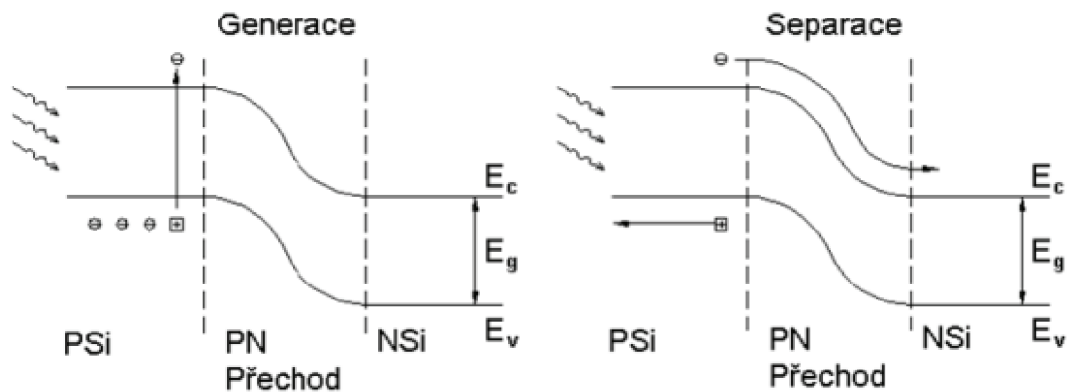
Vysvětlení tohoto jevu na úrovni elektronů spočívá v absorpci způsobenou interakcí světla (fotonů) s částicemi hmoty (jádra a elektrony). Mohou nastat následující případy:

- Interakce částice s mřížkou – využití nízkoenergetických fotonů
- Interakce s volnými elektrony – dochází ke zvýšení teploty (fototermální systémy)
- Interakce s vázanými elektrony – vznikají volné nosiče náboje

Zásadním aspektem pro funkci fotovoltaického článku je, aby foton ze slunečního záření uvolnil v látce elektron a vznikl tak pár elektron – díra. U kovů ale dochází k okamžité rekombinaci, které je třeba zamezit a vzniklý náboj z článku odvézt. K tomuto účelu se využívá polovodičů, ve kterých jsou díry a elektrony separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu.

Jak bylo řečeno již na začátku, fotovoltaický článek lze popsat jako velkoplošnou diodu s jedním PN přechodem a musí být splněny následující podmínky, aby mohla probíhat fotovoltaická přeměna.

- Foton musí být pohlcen
- Foton musí excitovat elektron do vyššího vodivostního pásu
- Vzniklá dvojice elektron-díra musí být separována aby se zabránilo opětovnému spojení
- Oddělené náboje jsou odvedeny ke spotřebiči



PSi – polovodičový křemík typu P, NSi – polovodičový křemík typu N, E_c – energie vodivostního pásu, E_v – energie valenčního pásu

Obrázek 2-2 Základní princip fotovoltaického jevu [1]

Nosiče jsou generovány v ozářené části PN přechodu a následně difundují směrem k PN přechodu. Nosiče generované mimo oblasti přechodu PN musí k tomuto místo se silným elektrickým polem difundovat. Jestliže zrekombinují dříve, aniž by dosáhly oblasti přechodu PN, neuplatní se při generaci fotovoltaického napětí. [1]

2.2 Vývoj fotovoltaických článků

V následujících letech lze předpokládat, že vzhledem k snižování cen vstupního materiálu, snižování energetické náročnosti, dalšímu zdokonalování technologie a vysoké spolehlivosti a životnosti modulů, zůstane krystalický křemík nejdůležitějším materiálem pro výrobu fotovoltaických článků. S tím bude pokračovat i vývoj tenkovrstvých technologií.

Zároveň probíhá vývoj dalších technologií fotovoltaických článků a modulů, jako jsou:

- organické články
- články využívající kvantových jevů v kvantových tečkách nebo kvantových jámách
- články s vícenásobnými pásy
- Grätzlovy články (na bázi nanočástic TiO_2)

Tyto technologie jsou považovány za velmi perspektivní z hlediska budoucích možností realizace. Jelikož jsou však stále ještě ve fázi výzkumu nebo vývoje nelze předpokládat výrazné rozšíření těchto technologií. V rámci dlouhodobého vývoje lze dělit fotovoltaické články následovně. [1]

2.2.1 Články první generace

Články jsou tvořené nejčastěji z desek monokrystalického křemíku, které společně tvoří PN přechod. Tyto články se prodávají dodnes již od sedmdesátých let. Proto mohou být označovány za nejrozšířenější na trhu. Mezi jejich vlastnosti patří velmi dobrá životnost při zachování účinnosti. Nevýhodou je, že pro jejich výrobu je potřeba velké množství vysoce čistého křemíku a proto jsou drahé. [1][7]

2.2.2 Články druhé generace

Výrazné snížení množství čistého křemíku oproti článkům první generace a zároveň se začínají používat i jiné prvky než křemík. Nejčastěji se polykrystalický křemík nahrazuje amorfním křemíkem s podstatně tenčí vrstvou a to až 1000 krát. Snížením množství křemíku došlo k poklesu výrobních nákladů, ale je negativně ovlivněna účinnost panelu. Tenký profil přináší menší hmotnost a zlepšení mechanických vlastností. . [1][7]

2.2.3 Články třetí generace

U těchto článků je snaha o maximální využití energie dopadajícího slunečního záření, nejvíce ve formě několikanásobných přechodů tenkých vrstev. Je zde také snaha o použití jiné metody pro oddělování nábojů než jsou PN přechody. Fotogalvanické články nebo použití nanostruktur ve formě uhlíkových tyčinek a trubiček. Záměrně je zde pak možno ovlivňovat optické a elektrické vlastnosti pro co nejefektivnější využití. [1][7]

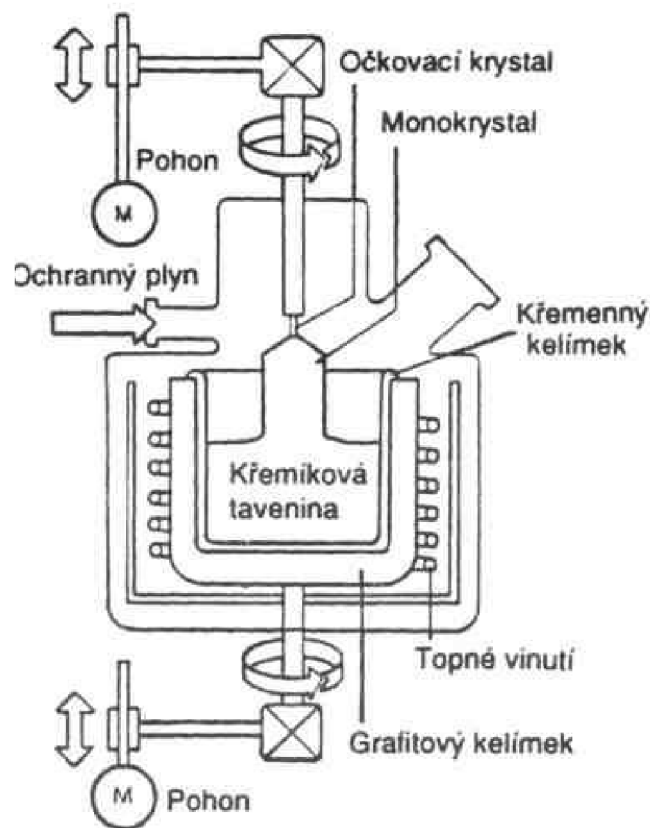
2.2.4 Články čtvrté generace

Tímto vývojovým stupněm rozumíme vícevrstvé profily, které plně využívají širokého slunečního spektra. Vrstvení profilů je založeno na principu naladění vrstev na různé vlnové délky záření, které se často mění. Při dopadu slunečního záření na vrstvu, která ho nedokáže využít, následně dochází k propuštění k vrstvě, jejíž vlnová délka odpovídá vhodnému využití. [1]

2.3 Typy fotovoltaických článků

2.3.1 Křemíkové monokrystalické články

Jedná se o základní a nejstarší typ fotovoltaických článků. Vyrábí se z polykrystalického křemíku pomocí Czochralského metody (Obrázek 2-3) tj. pomalým tažením zárodku krystalu z taveniny velmi čistého křemíku. Tyče monokrystalického křemíku se rozřezou speciální drátovou pilou, což je několik větších paralelně napnutých drátů. Nařezané plátky jsou silné přibližně 0,25 – 0,35 mm. Nyní je ale možné vyrábět i články s tloušťkou pouze 0,1 mm. Polovodičový PN přechod se na destičkách vytvoří přidávkem fosforu, který vytvoří vrstvu s vodivostí typu N.



Obrázek 2-3 Schématické znázornění Czochralského metody [1]

Jedná se o velice energeticky i technicky náročnou technologii a proto se hledaly levnější alternativy. Například rovnou táhnout z taveniny monokrystalický pásek, který se dá následně rozřezat na solární články mnohem jednodušeji. A tedy ze stejného množství křemíku je možné vyrobit dvojnásobnou plochu fotovoltaických článků. Účinnost u takového typu je však nižší než u článku vyrobeného řezáním z velkých tyčí monokrystalického křemíku. [8]

Výhodou těchto typů je velice dobrá odolnost proti povětrnostním podmínkám, trvanlivost a uvedená účinnost (16 – 19 %). Jak už ale vyplývá z popisu výroby jsou tyto články velice drahé. [9]

2.3.2 Křemíkové polykrystalické články

Nejběžnější typ článku v dnešní době. Vyrábí se pomocí odlévání čistého křemíku do vhodných forem a nařezáním vzniklých tyčí na tenké plátky. Odlévání je oproti tažení výrazně jednodušší metoda a je možné také připravit bloky se čtvercovým či obdélníkovým průřezem.

Články vyrobené tímto způsobem mají o něco horší elektrické vlastnosti (účinnost a nižší proud) z důvodu, že na styku jednotlivých krystalických zrn je vyšší odpor. [8] Účinnost těchto článků se pohybuje okolo 14 – 16 %, což je méně než u monokrystalických. Jejich výhodou ale je, že jsou ideální pro nízké sluneční světlo a proto jsou u nás nejčastěji používané. Mezi jejich další přednosti patří cena a také jejich životnost. [9]



Obrázek 2-4 Struktura křemíkového článku [8]

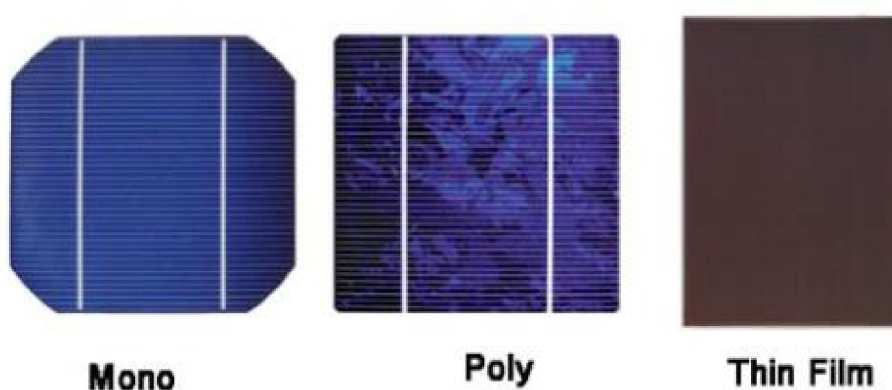
2.3.3 Amorfní články

Články z amorfního křemíku mají oproti monokrystalickým a polykrystalickým článkům výhodu, že spotřeba materiálu na jejich výrobu je podstatně nižší. Ve výsledku jsou tedy tyto články i levnější. Výroba je založena na rozkladu vhodných sloučenin křemíku ve vodíkové atmosféře. Touto metodou je možné připravit velmi tenké vrstvy křemíku na podkladu ze skla nebo fólie. Takto nanesená vrstva křemíku nemá pravidelnou strukturu a obsahuje určité množství vodíku. Větší absorpce slunečního záření umožňuje podstatně tenčí vrstvy (90 % slunečního záření pohltí už vrstva o tloušťce 1 μ m). Díky tomu je

možné připravovat velice tenké a ohebné fotovoltaické články a moduly, jež se dají používat jako krycí fólie na střechy.

Ovšem oproti krystalickému křemíku má tento materiál mnohem méně pravidelnou strukturu s větším množstvím poruch. Některé atomy křemíku nemají možnost vytvořit vazby. Tímto vznikají nenasyčené vazby vytvářející energetické hladiny uvnitř pseudozakázaného pásu. Snížená účinnost je pak způsobena vlivem těchto rekombinačních center. [8]

Rozdíl mezi monokrystalickým, polykrystalickým a amorfním článkem je i dobře viditelný. O čemž je možné se přesvědčit na Obrázku 2-5.



Obrázek 2-5 Porovnání monokrystalického, polykrystalického a amorfního (thin film) článku [4]

2.3.4 CIGS články

Pevné křemíkové panely jsou zatím standardem, ale vyvíjí se i alternativní technologie jako je jejich ohebná verze CIGS (měď-indium-galium-selen). U těchto článků se na rozdíl od křemíku zachytí až 95% veškerého dopadajícího záření na materiál již v prvních mikrometrech. Tyto články jsou vyráběny pomocí metody nízkoteplotního odpařování na polymerovém filmu. Jejich účinnost se již dostala na hodnotu 21,38% a jejich efektivita se jeví i po několika měsících jako stabilní. [10][12]

2.3.5 Perovskitové články

Perovskit se na Zemi vyskytuje v podobě tvrdého minerálu. V roce 2009, když byla představena technologie s jeho využitím, byla účinnost těchto článků pouhá 4 procenta. Za čtyři roky se podařilo účinnost navýšit na 15 procent, což stále byla skoro poloviční

hodnota, které bylo potřeba dosáhnout, pokud se chtělo mluvit o srovnání s křemíkovými panely. Oproti křemíkovým článkům má tu výhodu, že stačí nanést pouze slabou vrstvu perovskitu, kdy se tato vrstva nastříká a následně se provede žihání. Tento materiál díky vysokému absorpčnímu koeficientu absorbuje celé viditelné sluneční spektrum a v kombinaci s křemíkovými články umožňují vznik tandemových (hybridních) panelů.

Nyní již účinnost těch to článků dosáhla rozmezí 20-29% což je výrazně lepší oproti křemíkovým článkům kde se udává účinnost 15-20%. Vzhledem k jejich méně nákladné výrobě jsou nejen cenově dostupnější, ale i lehčí, dají se ohýbat, mohou být i průhledné a mohou být nainstalovány na nepřeborné množství různých objektů a materiálů. Předpokládá se, že do roku 2050 by tyto články mohly vytvářet až polovinu světové elektřiny. [13][14]

2.3.6 Nové trendy

Novým trendem v rámci vývoje fotovoltaických článků je využívání polovodičových organických materiálů, které jsou na bázi uhlíku namísto křemíku. Těmito materiály mohou být například organické molekuly plastů, jež vynikají tím jak jsou tenké (v řádech nanometrů), ohebností, pružností a velice nízkými náklady na výrobu. Díky extrémně levné produkci organických solárních panelů se může jejich cena stát pouhou setinou ceny klasických křemíkových panelů. Tato technologie má samozřejmě podstatný háček a tím je nízká efektivita konverze světla na elektřinu a to pouze v řádech jednotek procent. Vzhledem k tomu, že výzkum v této oblasti stále pokračuje je možné, že fotovoltaika na bázi organických polymerů může být používána například při instalaci do oken, jelikož může být průhledná. [17]

Nová technologie článků udává nové standardy pro jednovrstvé oboustranné solární články s potenciální účinností přes 26%. Základem této nové technologie je tzv. TOPCon (Tunnel Oxide Passivating Contact). Kombinuje výhody velice nízkých rekombinačních ztrát s účinným transportem nosičů náboje. Tedy zatímco standardní průmyslové články mají P-N přechod na přední straně, u této nové technologie se P-N přechod nachází na zadní straně a to jako celopovrchový kontakt TOPCon.

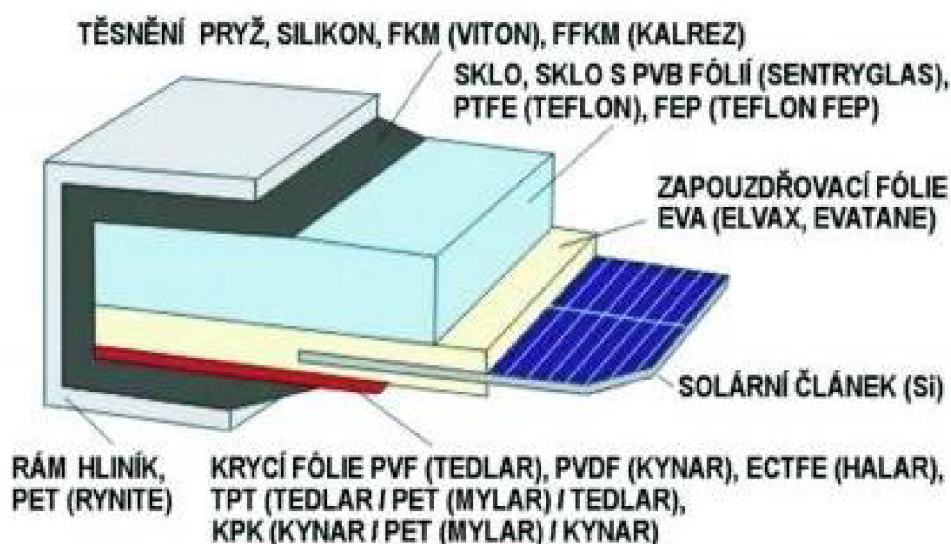
Další možností jsou tandemové solární články u kterých byl zaznamenán podobný úspěch při vyvinutí prototypu na bázi perovskitových polovodičů v kombinaci s polovodiči vyrobenými z mědi, india, gallia a selenu, tedy CIGS. Základní solární článek CIGS, který je pod perovskitovým článkem absorbuje dopadající světlo v blízkosti infračerveného spektra, které prochází perovskitovým článkem a sluneční světlo se přeměňuje v elektřinu. Účinnost tohoto článku dosáhla hodnot vyšších než 35%. [10] [11]

3. ČÁSTI FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

3.1 Fotovoltaické panely

3.1.1 Konstrukce

Hlavní součást fotovoltaických elektráren je tvořena fotovoltaickými panely. Ty tvoří jednotlivé články, které jsou mezi sebou propojeny v sérioparalelní kombinaci, aby poskytovaly žádané stejnosměrné napětí a výkon při definovaném osvětlení. Jejich maximální výkon závisí hlavně na velikosti celkové plochy panelů. Nejběžnější konstrukce (Obrázek 3-1) panelů je vyráběna následovně. Na přední straně panelu je temperované (kalené) sklo, které je velmi odolné vůči nárazu a odolá i celkem velkým kroupám. Na sklo se pokládá plastová etylvinylacetátová fólie (EVA) a na ní se poskládají propojené fotovoltaické články. Přes tyto propojené články se opět pokládá plastová EVA fólie. Zadní stěnu většinou tvoří laminátová kompozice PFV-PET-PFV (polyvinylidenfluorid-polyetylentereftalát-polyvinylidenfluorid). Následně se vyčerpá vzduch mezi těmito vrstvami a proběhne zahřátí panelu nad teplotu tání EVA fólie. Ta se díky tomuto teplotnímu zpracování rozteče a zalije fotovoltaické články v prostoru mezi zadní laminátovou stěnou a předním sklem panelu. Finálním krokem je zarámování panelů a zatmelení pomocí silikonového tmelu do hliníkových profilů a opatření krabicí s výstupními kontakty. Tyto hotové panely jsou tak utěsněny proti vodě či jiným nečistotám. Fotovoltaické články jsou zapouzdřeny v měkké hmotě, aby v případě mechanického namáhání například silným větrem nepopraskaly.[15]



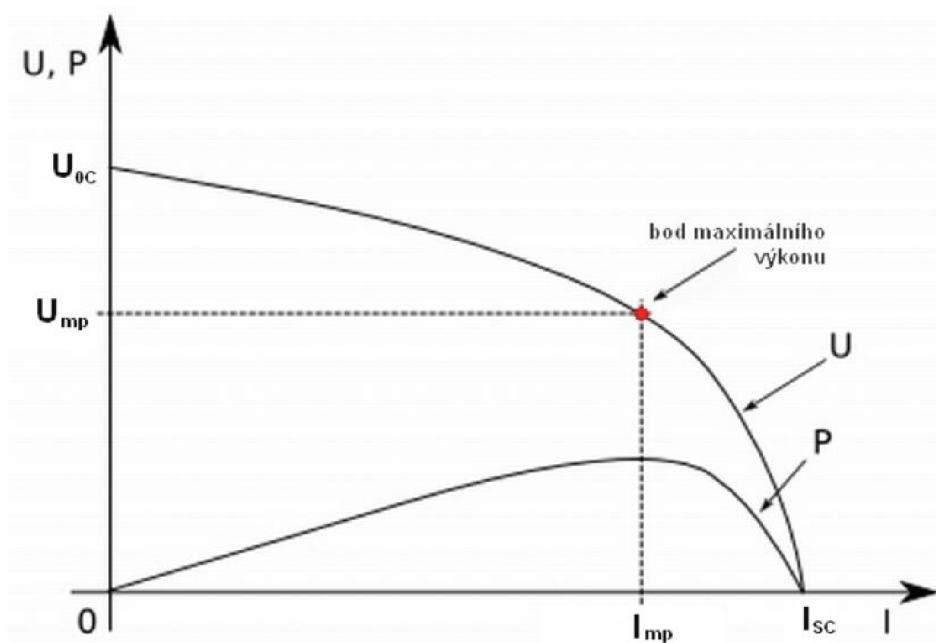
Obrázek 3-1 Konstrukce fotovoltaického panelu [15]

Fotovoltaické panely na bázi tenkých vrstev amorfního křemíku je možné zapouzdřit do plastů (například teflon). Mohou být flexibilní a díky své mobilitě a skladnosti lze tyto panely využít pro práci v terénu. Avšak jak již bylo zmíněno, účinnost těchto panelů je nižší. Tedy pro stejný výkon jako panely na bázi krystalického křemíku potřebují větší plochu. [15]

Životnost fotovoltaických panelů se obvykle pohybuje v rozmezí 25-35 let. Jak lze předpokládat panel v průběhu času ztrácí na své účinnosti. Jedná se ale o velmi malou ztrátu o cca 0,3 % ročně, což významně neovlivní výnosy z fotovoltaické elektrárny. Obvykle je po dvanácti letech provozu garantována účinnost 90 % (panel starý 25 let by měl mít účinnost stále nad 80 %). Fotovoltaické panely jsou zařízení vcelku bezúdržbové i když je vhodné provádět kontrolu znečištění panelů. V případě, že je panel znečištěn nebo zakryt (například vrstvou sněhu) je výrazně snížen aktuální výnos celého systému. [4]

3.1.2 Voltampérová charakteristika

Voltampérová charakteristika je základní informací pro činnost solárních článků. Jak je vidět na Obrázku 3-2 jsou hraničními veličinami na této charakteristice napětí naprázdno (U_{0C}) a proud nakrátko (I_{SC}). Maximální napětí na článku představuje právě napětí na prázdko, kterého je možno dosáhnout, když ke článku není připojen žádný spotřebič. Proud nakrátko pak představuje maximální (zkratový) proud, který může článek dodávat při dané intenzitě slunečního záření. [1]



Obrázek 3-2 Voltampérová charakteristika fotovoltaického článku [1]

Výkon solárního článku je určen jako součin napětí a proudu. Každý článek má svůj pracovní bod na charakteristice, kde je jeho výkon nejvyšší. Tento bod je označován jako MPP o určitém napětí U_{mp} a proudu I_{mp} . Výkon určitého článku P závisí na ozáření, spektru světla a teplotě článku. Je dán vztahem

$$P = U_{mp} \cdot I_{mp} , \quad (3.1)$$

Mezi charakteristické provozní hodnoty fotovoltaického článku patří činitel plnění FF a účinnost η . Činitel plnění je charakterizován jako podíl maximálního výkonu v bodu MPP a maximálního výkonu definovaného pomocí maximálního napětí a maximálního proudu. Můžeme tedy napsat rovnici

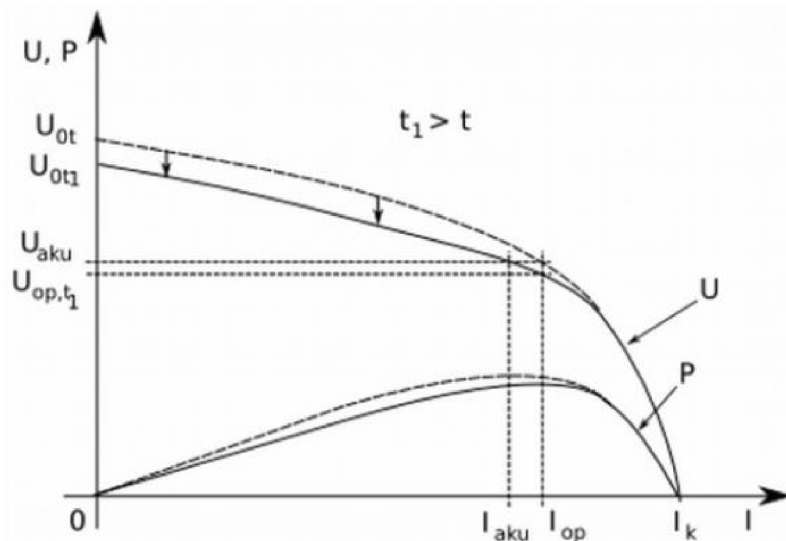
$$FF = \frac{U_{mp} \cdot I_{mp}}{U_{oc} \cdot I_{sc}} , \quad (3.2)$$

Pro účinnost solárního článku můžeme napsat rovnici (3.2). Z této rovnice je patrné, že účinnost je definována jako podíl maximálního výkonu článku v bodu MPP a výkonu dopadajícího slunečního záření (P_{in}).

$$\eta = \frac{U_{mp} \cdot I_{mp}}{P_{in}} , \quad (3.3)$$

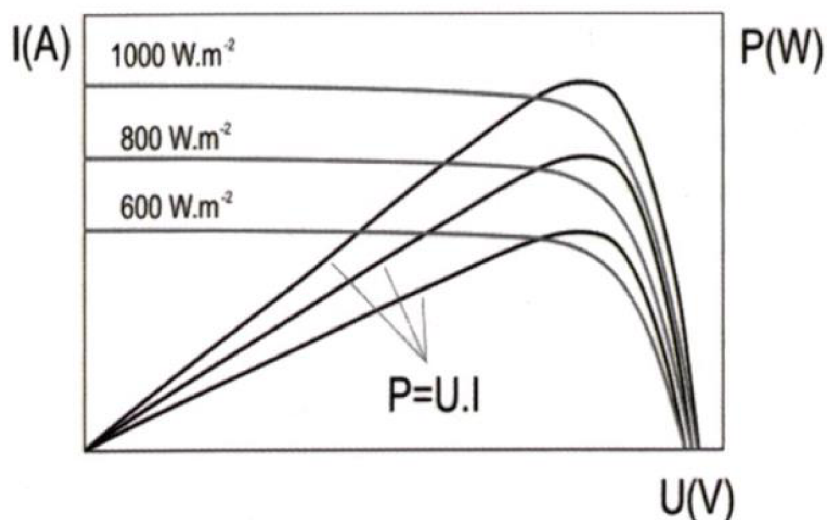
Výše uvedené charakteristické ukazatele jsou určovány za standardních testovacích podmínek, tzn. při standardní testovací teplotě $STC = 25^{\circ}C$, intenzitě slunečního záření $I = 1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ a definované vzduchové hmotě (Air Mass) $AM = 1,5$. Na průběh charakteristiky má vliv zejména hodnota intenzity slunečního záření a teplota.

Významné je, že vlivem zvýšené teploty poklesne napětí naprázdno. Při déle trvající sluneční intenzitě či zhoršených podmínkách chlazení článku, dochází ke zvýšení povrchové teploty. Při vysokých teplotách následně dochází ke změně elektrických vlastností článku. Což vede ke snížení zatěžovací charakteristiky směrem k nižšímu napětí Obrázek 3-3. [1]



Obrázek 3-3 Vliv teploty na výkon fotovoltaického článku [1]

Účinnost fotovoltaických článků je také závislá na na intenzitě dopadajícího záření a na velikosti sériového a paralelního odporu. Jestliže bude malý sériový odpor R_s , potom účinnost článků s rostoucí intenzitou záření poroste, dosahuje maxima a až při velkých intenzitách záření začíná klesat. V případě velkého sériového odporu účinnost článků s rostoucí intenzitou záření klesá (tento efekt můžeme pozorovat zejména u tenkovrstvých fotovoltaických článků). Možné průběhy závislosti účinnosti fotovoltaických článků na intenzitě slunečního záření jsou vidět na obrázku 3-4. [1]



Obrázek 3-4 Vliv intenzity slunečního záření na výkon fotovoltaického článku [1]

3.2 Střídač

Vzhledem k tomu, že výstupem fotovoltaického panelu je stejnosměrný proud, je nutný jeho převod na střídavý proud, aby bylo možné fotovoltaickou elektrárnu připojit do elektrické rozvodné sítě. Tuto přeměnu zajišťuje právě střídač (invertor). Pro malé elektrárny zajišťuje nejen funkci přeměny proudu a napětí, ale také funkci ochrannou, kdy monitoruje frekvenci a napětí sítě a v případě výpadku či nedodržení kvalitativních požadavků elektrárnu od sítě odpojí. Dnes již každý střídač obsahuje zařízení pro sledování bodu maximálního výkonu. Tedy funkci aktivního hledání optimálního pracovního bodu pomocí změny vstupního odporu střídače pro získání co nejlepšího výkonu fotovoltaického panelu. Připojení energie z panelů do sítě bývá plně automatizováno. V této době se maximální účinnost invertorů pohybuje okolo 96 %. [1] [16]

3.2.1 Ostrovní

Tyto střídače využívají stejnosměrnou energii z akumulátorů a přeměňují ji na obvykle využívanou střídavou síť (230/400 V a 50Hz). Výstupní napětí má obvykle sinusový tvar, ale v případě jednofázových střídačů se používá i levnější řešení, které má méně vhodný obdélníkový tvar. Ostrovní střídače se využívají na místech, kde je soustava oddělena od distribuční sítě nebo v místech bez zavedené elektřiny. Mezi výhody těchto střídačů patří životnost a jejich přetížitelnost (až o 200 % po dobu desítek sekund). [18]

3.2.2 Síťový

Síťové střídače vždy dodávají vyrobenou elektřinu do stávající, která proudí do domu z veřejné sítě. Tedy jsme stále připojeni do sítě a odebíráme se z ní alespoň minimální část pro spotřebu. Občas tedy nastává situace, kdy i v případě dostatečného množství energie vyrobené z fotovoltaické elektrárny se určitá část pro spotřebu odebírá ze sítě. Nevýhodou také je, že pokud nastane situace kdy vypadne veřejná síť bude napájeno z fotovoltaického systému pouze omezené množství spotřebičů v domě. To je dáno samotnou konstrukcí těchto zařízení, protože nejsou zkonstruována na větší zátěže či krátkodobá přetížení. [19]

3.2.3 Hybridní

Jedná se o inteligentní hybridní střídače s důrazem na využití v oblasti obnovitelných zdrojů pro domácnosti a to především s využitím fotovoltaických instalací. Z fotovoltaických panelů je elektřina získávána pouze přes den s výkonovou špičkou kolem poledne. Výroba energie velmi kolísá a nebývá v souladu s aktuální spotřebou v domácnosti. Je tedy potřeba vyrovnaní rozdílu, kdy se přes den vyrábí elektřina, kterou je potřeba krátkodobě uskladnit, aby bylo možné její využití ve večerních hodinách.

Základní funkcí je tedy možnost výběru energie z obnovitelného zdroje a změna orientace toku z/do distribuční soustavy, uložení v bateriích nebo přímá spotřeba. Na

rozdílem od ostrovních střídačů se v tomto případě ukládá pouze když je to nezbytné, tedy když je vyšší výroba než spotřeba. Pomocí tohoto systému je možné si zvolit, zda se bude vyráběná energie rovnou ukládat do akumulátorů nebo bude řízeně spotřebována.

Tento systém je možný díky využití různých zdrojů energie zároveň a možnosti kombinace s využitím energie uložené v akumulátorech. Tedy možnost pracovat současně v síťovém i ostrovním režimu. Hybridní střídač je tedy schopen plynule regulovat množství energie odebírané ze sítě či z baterií.[20]

3.2.4 Rozdělení střídačů dle zapojení

Modulové střídače

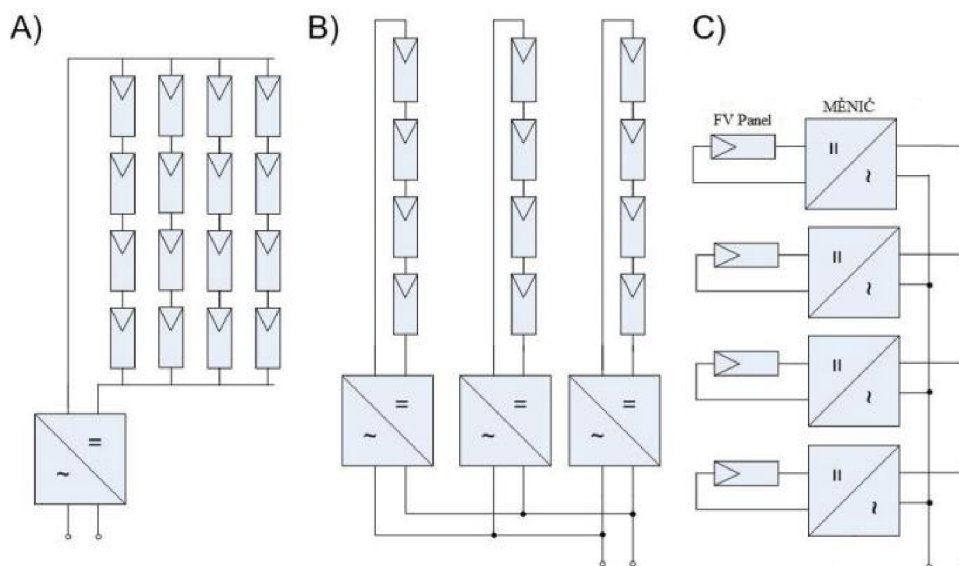
S tímto zapojením se setkáme jen ojediněle a to hlavně u malých systému. Střídač je připojen pouze k jednomu fotovoltaickému modulu.

Řetězcové (stringové)

Využívá se u středně velkých elektrárn, kde je každý střídač připojen k několika fotovoltaickým panelům, které jsou vzájemně propojené do série (nebo i paralelně).

Centrální střídače

Toto zapojení se používá pro velké elektrárny, kde jsou na střídače připojeny stovky či tisíce fotovoltaických panelů. [21]



Obrázek 3-5 A) Centrální střídač B) Řetězcové (stringové) střídače C) Modulové střídače [21]

4. BATERIE

Stále častěji využívají budovy možnosti akumulace elektrické energie, kterou si ve většině případech sama vyrábí pomocí vybudované fotovoltaické elektrárny na střeše. I když ve většině případů není vyrobená elektrická energie schopná pokrýt veškerou spotřebu budovy jsou zde podstatné důvody pro instalaci zásobníků elektrické energie. Jako například vyšší energetická soběstačnost či snaha o pokrytí odběrových špiček.

Vždy je nutné zhodnocení zda se investování do bateriového úložiště vyplatí a jaké konkrétně jsou požadavky. Do těchto požadavků je zahrnuto následující.

- Ekonomika provozu
- Uspořená energie
- Kapacita baterie
- Cyklická životnost
- Kalendářní životnost

Nad každým z těchto bodů je dobré se zamyslet. Například v rámci uspořené energie, jelikož je nejčastější kombinace bateriového úložiště s fotovoltaickou elektrárnou, je nutné počítat zisk jako rozdíl ceny nedodané elektřiny z rozvodné soustavy, nákladů na provoz fotovoltaické elektrárny a ceny, kterou je možnost získat odprodejem vyrobené energie. U volby kapacity baterie je větší množství variant. V případě pokrytí částečné spotřeby energie ze sítě, není potřeba volit kapacitu baterie příliš vysokou, jako by tomu bylo u naprosté závislosti na energii uložené v bateriích. Kalendářní životnost je podstatná u záložních systémů, protože baterie pozvolna degradují i když nejsou využívány. [22]

4.1 Olověné baterie

Pro první systémy napájení budov se využívaly trakční olověné baterie, ze kterých se postupně vyvinuly speciální baterie pro hluboké vybíjení. Díky úpravám dosahují tyto baterie životnosti okolo tisíce plných cyklů a 10 let kalendářní životnosti. Aby byla zvýšena životnost je nutné velmi snížit hloubku vybíjení, čímž klesá i užitečná kapacita systému. Optimální hloubka vybití pro tento typ akumulátorů je přibližně 50 %.

Zjednodušeně se dá říct, že olověná baterie je tvořena dvěma elektrodami ponořenými do zředěné kyseliny sírové.

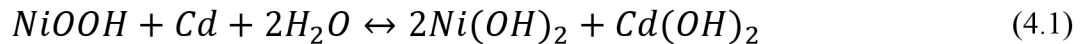
U těchto baterií je nutností umístit je do dobře odvětrávaného prostoru, jelikož v dostatečné koncentraci vyprodukovaného vodíku a kyslíku může dojít k následnému výbuchu. Nyní se ovšem olověné baterie dostávají do pozadí a více se využívá lithiových. [21]

4.2 Nikl-kadmiové baterie

Tyto baterie se vyrábí již od počátku 20. století, kdy se používaly podobně jako olověné baterie zejména v železniční dopravě. Velikou výhodou u těchto baterií je jejich dlouhá životnost, skladovatelnost, rychlé vybíjení a nabíjení, možnost pracovat při nízkých teplotách, téměř konstantní vybíjecí napětí a robustní konstrukce. Za nevýhodu u těchto baterií je možné považovat nízkou hustotu energie, ale především skutečnost, že podléhají přísným ekologickým normám (kadmium patří mezi toxické kovy), díky čemuž je možnost jejich využití jen u specifických případů a na povolení. [22][26]

Aktivní materiál na kladné elektrodě je $NiOOH$ (oxihydroxid niklu) a na záporné elektrodě houbovitě kadmium Cd . Jako elektrolyt je roztok hydroxidu draselného KOH . Při vybíjení se mění oxihydroxid na hydroxid nikelnatý $Ni(OH)_2$ a kadmium na hydroxid kademný $Cd(OH)_2$. U nabíjení probíhá reakce opačně, přičemž na kladné elektrodě se vyvíjí kyslík a na záporné vodík.

Souhrnná rovnice má následující tvar



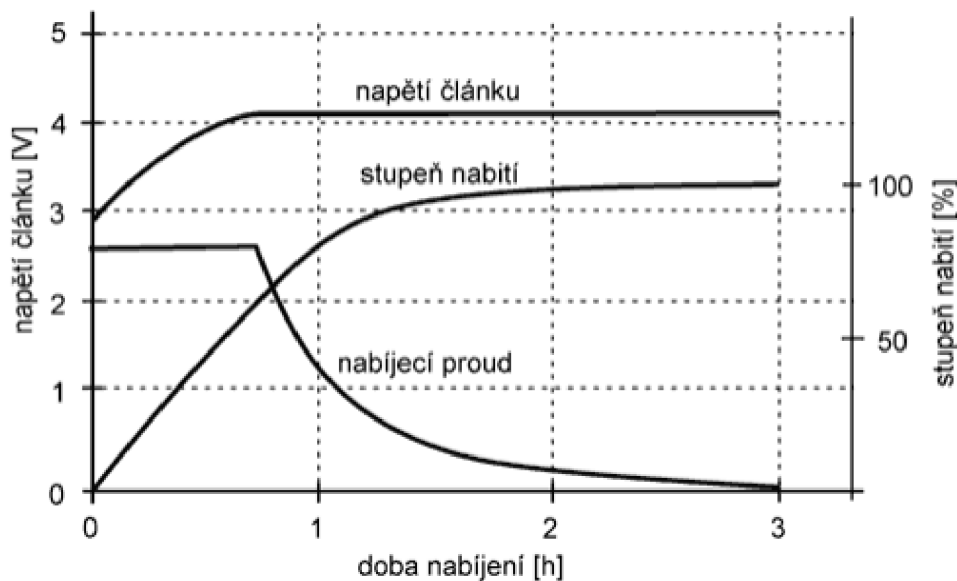
Šipka vlevo značí nabíjení a vpravo vybíjení. Aktivní materiál obou elektrod není rozpustný ve vodě a díky tomu mají obě elektrody dlouhou životnost, jelikož aktivního materiálu neubývá. Avšak v rámci údržby je nutné elektrolyt pravidelně doplňovat. Nikl-kadmiové články jsou používány v pomocných energetických zdrojích, elektrických systémech řízených střel, v satelitech a mnoha dalších aplikacích.

Dosažení nejlepších parametrů je při teplotě okolí 0-30°C. Samovybíjení představuje kolem 2 % kapacity denně a je teplotně závislé. Doba života dosahuje až tisíce cyklů při úbytku kapacity zhruba 25 %. Hodnota napětí plně nabitého článku je kolem 1,35 V a článek se pokládá za vybitý v případě, že klesne napětí pod 1,0 – 1,1 V (kapacita klesne víc než o 50 %) – nutnost článek nabít aby nedošlo k jeho poškození. [26]

4.3 Lithiové baterie

Jelikož je typů těchto baterií velké množství je nutné pro potřeby akumulace v budovách vybírat dle určitých parametrů – nízká cena za efektivně uloženou kWh, vysoká kalendářní i cyklická životnost. Mezi výhody těchto baterií patří jejich bezúdržbovost, dokonalá hermetičnost, tím pádem i možnost nabíjení v uzavřených prostorech. Nejčastější nabíjení lithiových akumulátorů je ze zdroje konstantního napětí při omezení nabíjecího proudu. [21][22]

Průběh nabíjení a vybíjení lithiové baterie jde vidět na Obrázku 4-1 .



Obrázek 4-1 Napětí a proud při nabíjení lithiové baterie [21]

4.3.1 NMC baterie

Lithium Nikl Mangan Kobalt Di-Oxid (LiNiMnCoO_2). Tento článek je používán hlavně v elektromobilitě v podobě cylindrických či prismatických článků, které se využívají pro sérioparalelní řazení do větších baterií. Vzhledem k velkým možnostem použití může být označena jako jedna z nejpoužívanějších typů baterií. Cyklická životnost je v rozsahu mezi 1000 a 4000 cykly. Navýšení počtu cyklů je možné pokud se sníží zatížení baterie. Pracovní napětí se pohybuje od 3 V do 4,2 V. Provozní výhoda této baterie je postupně klesající křivka napětí, díky čemuž má kontrolní elektronika systémů založených na této chemii přehled o celém systému a neobjeví se skoky v odhadu kapacity systému. [21][22]

4.3.2 LFP baterie

Lithium Železo Fosfát (LiFePO_4). V současné době velmi využívaný typ baterie jejíž cyklická životnost přesahuje 2000 cyklů. Když jsou vytvořeny vhodné provozní podmínky (teplota cca 20 °C, nabíjecí/vybíjecí proudy do 0,5 C a mírně nižší hloubka cyklu) dosáhne baterie vyšší životnosti a pro kvalitně vyrobené baterie je možnost dosažení až 5000 cyklů bez výrazného poklesu kapacity.

Katoda u těchto baterií je vyrobená právě z lithium železo fosfátu a jako u většiny lithiových baterií je anoda tvořena uhlíkem. Při vhodné konstrukci a kapacitě článku 20 Ah je trvalý vybíjecí proud 60A a krátkodobé zatížení může dosahovat až 200 A. Jejich jmenovité napětí je okolo 3,3 V.

Tyto baterie jsou velmi využívány pro levnější bateriové systémy. Jejich vysoká rozšířenost je dána vhodným poměrem mezi cenou a jejich cyklickou životností, vysokou bezpečností a nízkou toxicitou. [21][22]

4.3.3 LTO baterie

Lithium Titanát (Li_2TiO_3). Tyto baterie pracují s velmi vysokými proudy které jsou schopny dodat/pojmout i když za cenu určitých ztrát a nutnosti chladit v případě dlouhodobého využívání tohoto režimu, což má za následek snížení efektivity. I přes toto značné zatížené je cyklická životnost až 7000 cyklů. Na hodnotu přes 10 000 cyklů je možné se dostat při sníženém zatížení. V případě jejich využití pouze na 10 % kapacity je možné dosáhnout životnosti přes milion cyklů.

Jmenovité napětí je 2,4 V. Vzhledem k tomuto a schopnosti nabíjení při nízkých teplotách jsou tyto baterie často využívány u majáků, vysílaček atd. Tento typ baterie je velice drahý a proto se používá ve speciálních aplikacích, jež vyžadují vysoké proudy, jako vyrovnávací baterie. [21][22]

4.4 Virtuální baterie

Poslední dobou více viditelná možnost uložení elektrické energie. Jedná se o možnost odebrat ze sítě energii, která tam byla předtím uložena. Využití takovéto baterie je na první pohled velice výhodné. V případě vyrobení většího množství elektrické energie než je spotřeba (například v letních měsících) se přebytky pošlou do sítě, kde budou uloženy. Až bude třeba je možné tuto část energie čerpat. Tato služba je samozřejmě zpoplatněná dle aktuálního ceníku provozovatele sítě. [23]

5. LEGISLATIVA

Fotovoltaická elektrárna je zařazena jako výrobná elektrické energie dle zákona č.458/2000 Sb. V případě, že se provozovatel fotovoltaické elektrárny rozhodne ji připojit do distribuční sítě, musí zažádat o licenci, kterou vydá Energetický regulační úřad. Žadatel o licenci může být fyzická i právnická osoba. Nově od roku 2016 lze provozovat fotovoltaické elektrárny do výkonu 10kW bez licence. Tyto zdroje jsou považovány za mikrozdroje a je možné je vystavět bez stavebního povolení a licence. Elektrárny s výkonem do 20 kW lze vystavět bez povolení a ohlášení stavby, ale je podmínka mít licenci. Mezi hlavní předpisy upravující provozování fotovoltaické elektrárny patří tyto zákony. [24][25]

Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).

Tento zákon upravuje podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.

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.

5.1 Provozní podpora

Tento druh podpory byl pro fotovoltaické elektrárny uvedené do provozu od 1.1.2014 zrušen a nové výrobní tedy již nemají na tuto podporu nárok. [28]

V České republice jsou definované dva druhy podpory.

- Výkupní cena
- Zelený bonus

Oba druhy podpory výrobci vždy hradí provozovatel regionální distribuční soustavy nebo provozovatel přenosové soustavy dle toho, ke které soustavě je připojen. [25]

5.1.1 Výkupní cena

V případě podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů formou výkupních cen má provozovatel regionální distribuční soustavy nebo provozovatel přenosové soustavy povinnost od výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů vykoupit veškerý objem vyrobené elektřiny z daného zdroje. Všechna elektrická energie vyrobená z

fotovoltaického systému je dodávána do distribuční soustavy.

Výkup vyrobené elektřiny je realizován za výkupní cenu stanovenou Energetickým regulačním úřadem platnou v roce uvedení výroby do provozu a je uplatňována po dobu její životnosti. Životnost nové výroby se předpokládá na 20 let. Zákon hovoří i o každoročním navyšování výkupní ceny o index cen průmyslových výrobců (průmyslová inflace) o 2 – 4 %. To znamená že výkupní cena platná v roce uvedení výroby elektřiny do provozu bude každým rokem navyšována maximálně o 4 % avšak minimálně o 2 % .

To znamená nutnost zajistit propojení mezi fotovoltaickou elektrárnou a elektroměrovým rozvaděčem, nebo pilířkem na hranici pozemku. Do elektroměrového rozvaděče dodá provozovatel regionální distribuční soustavy svůj elektroměr, na základě kterého bude prováděno měření dodané energie do sítě a fakturace výnosů.

Shrnutí tohoto druhu podpory:

- zákonem garantovaná výše podpory výroby po celou dobu její životnosti
- zákonem garantované každoroční navyšování ceny o průmyslovou inflaci
- komplikovanější připojení (nutné propojení výroby s elektroměrovým rozvaděčem)
- vhodné pro větší výroby [25]

5.1.2 Zelený bonus

U podpory touto formou si musí výrobce sám aktivně hledat svého odběratele, kterému svou produkci prodá. Může se jednat přímo o konečného spotřebitele nebo obchodníka s elektřinou. V tomto případě se cena skládá z položky, za kterou výrobce svou elektřinu prodá svému odběrateli a z takzvaného zeleného bonusu. To je jistá prémie za to, že elektrická energie byla vyrobena z obnovitelného zdroje a vyplácí ji regionální provozovatel distribuční soustavy. Zelený bonus je stejně jako výkupní cena uplatňován po dobu životnosti výroby, tedy 20 let a jeho výše je stanovena Energetickým regulačním úřadem. Výše zeleného bonusu je garantována po dobu jednoho roku.

Pro malé instalace je výkup formou zelených bonusů výhodný v tom, že výrobce může být zároveň i odběratelem a vyrobenou elektřinu spotřebovat sám. Ani v takovém případě nezaniká nárok na vyplacení zeleného bonusu. Výrobce tedy ušetří za nenakoupenou elektřinu od svého dodavatele a ještě k tomu je mu vyplácena tato prémie.

Pokud je odběratelem vyrobené elektrické energie sám výrobce, je připojení výroby méně komplikované než u podpory formou výkupních cen, nebo při prodeji obchodníkovi s elektrickou energií, protože se připojuje přímo do rozvodů daného objektu.

Měření vyrobené elektrické energie, na základě kterého se fakturuje zelený bonus, se provádí nezávislým cejchovaným elektroměrem v místě výroby. Ta se tedy nemusí propojit s elektroměrovým rozvaděčem na hranici vlastnictví. V případě že vlastní spotřeba objektu nedosahuje výkonu výroby, bývají provozovatelé distribuční soustavy většinou ochotni přebytky vykupovat i když to není jejich povinností a proto při připojení

výrobní do distribuční sítě vymění stávající elektroměr za čtyřkvadrantní, který je schopen měřit dodávku i odběr.

Shrnutí tohoto druhu podpory:

- výše podpory je garantovaná jeden rok
- možnost pro výrobce vyrobenou elektřinu sám spotřebovat
- levnější a snadnější instalace
- vhodné pro rodinné domy, nebo při prodeji elektřiny obchodníkovi s elektřinou [25]

5.1.3 Podmínky pro získání možnosti podpory

Pro získání podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů je nutné splnit určité legislativní požadavky, jako:

- Získání licence na výrobu elektřiny - vlastnictví licence na výrobu elektřiny a současně smlouvy o dodávce elektřiny je nezbytnou podmínkou pro dodávku elektřiny do elektrizační soustavy. Tuto licenci na výrobu elektřiny uděluje odbor licencí Energetického regulačního úřadu.
- Nahlášení výběru způsobu podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů - výběr se nahláší Energetickému regulačnímu úřadu vyplněním výkazu. [25]

5.1.4 Opravy a rekonstrukce

V zákonu 165/2012 Sb. § 12 odst. 1 písm. b) se uvádí, že jako nové uvedení do provozu, které rozhoduje o výši podpory, se považuje rekonstrukce technologické části existující výrobní, či ukončení modernizace, která vede ke zvýšení technologické a ekologické úrovně výrobní na úroveň s nově zřizovanými výrobními. Při běžné výměně či opravě panelů a střídačů, kdy zůstává zachován licencovaný výkon elektrárny by to nemělo být posuzováno jako modernizace. Avšak i v případě, kdy nedochází ke změně podmínek pro udělení licence by provozovatel měl o těchto výměnách informovat Energetický regulační úřad. Ten pak rozhoduje, zda se zahájí správní řízení/provedení kontroly, při kterém posoudí zda byly licenční podmínky zachovány či nikoliv.

Při opravách kdy se jedná o výměnu zařízení za stejný díl a tedy nedochází ke změně zapojení či technologie není nutné vypracování nové revizní zprávy. Je ovšem nutné mít na zřeteli, že i když výměna daného zařízení nemá za následek technické zhodnocení či navýšení výkonu fotovoltaické elektrárny má provozovatel povinnost podle energetického zákona veškeré změny, které zasahují do technických předpokladů držitele licence, doložit na Energetický regulační úřad na odbor licencí.[28]

5.1.5 Daně

Provozování fotovoltaické elektrárny je podnikáním dle zvláštního předpisu, jímž je Energetický zákon č.91/2005 sb.. Pro tuto činnost je nutné vlastnit „licenci pro podnikání v energetických odvětvích“, která opravňuje podnikání v tomto oboru a nahrazuje živnostenský list. Licenci vydává Energetický regulační úřad, jehož prostřednictvím je přiděleno Identifikační číslo organizace (IČO).

Provozování sluneční elektrárny generuje příjmy z podnikání a jiné samostatně výdělečné činnosti a ty jsou předmětem daně z příjmu, tedy je třeba každý rok ve zadané lhůtě podat daňové přiznání a zaplatit určenou daň. Daňové přiznání a platbu daně by měl provozovatel provést nejpozději k 31.3. následujícího kalendářního roku. Pro příjmy z podnikání dle zvláštního předpisu je v daňovém přiznání vyhrazena zvláštní příloha.[24]

5.1.6 Odpisy

Fotovoltaická elektrárna jako celek patří do odpisové skupiny č.4 – Stavby elektráren (díla energetická výrobní) SKP 2302 s dobou odpisu 20 let.

5.1.7 Daň z přidané hodnoty

U fotovoltaických instalací na rodinných domech, bytových domech, panelových domech a podobně platí § 48 zákona o dani z přidané hodnoty. Platí zde tedy snížená 14% sazba DPH a to jak na montážní práce, tak na samotné technické prostředky fotovoltaické elektrárny.

Kromě daňového přiznání musí poplatník podat přehled příjmů Okresní správě sociálního zabezpečení a na svoji zdravotní pojišťovnu.

5.1.8 Zdravotní pojištění

Zde se rozlišuje, zda provozování FVE je pro OSVČ příjmem hlavním nebo vedlejším. U OSVČ s hlavním příjmem z FVE se zdravotní pojištění platí v minimální výši určené pro daný rok.

- Při provozu FVE jako hlavní zdroj příjmu - musí provozovatel elektrárny platit buď minimální pojistné, nebo pojistné vypočítané podle určeného vzorce. Měsíční zálohy pojistného se pak stanoví jako 1/12 ročního pojistného.
- Při provozu FVE jako vedlejší zdroj příjmu - provozovatelé platí jenom pojistné podle určeného vzorce, minimální pojistné se na tyto provozovatele nevztahuje.

5.1.9 Sociální pojištění

U sociálního pojištění je to jako u zdravotního pojištění, také se rozlišuje, zda je fotovoltaická elektrárna provozována buď jako hlavní, nebo vedlejší příjmem.

- Při provozu FVE jako hlavní zdroj příjmu se platí minimální pojistné, případně pojistné vypočítané podle určeného vzorce, podle toho, která částka je vyšší. Měsíční zálohy pojistného se pak stanoví jako 1/12 ročního pojistného.

- Při provozu FVE jako vedlejší zdroj příjmů se platí pouze pojistné podle určeného vzorce, a to pouze tehdy, pokud v daném roce podnikatelův základ daně (příjmy - výdaje) dosáhl alespoň částku stanovenou pro daný rok. Jinak se sociální pojistné platit nemusí.

5.1.10 Ostatní

Po získání licence na výrobu elektřiny by se měl podnikatel zaregistrovat u těchto institucí:

- finanční úřad, do 30 dnů
- OSSZ, do 8 dnů
- zdravotní pojišťovna, do 8 dnů [24]

5.2 Nová zelená úsporám

Jedná se o nejvíce efektivní a nejdéle trvající dotační program určený pro energetické úspory bytových a rodinných domů. Tento program odstartoval již v roce 2014 a v roce 2021 přechází do další etapy a rozšiřuje se o další oblasti.

Hlavním cílem je snížit energetickou náročnost obytných domů, renovace a výstavba nízkoenergetických bytových a rodinných domů, kde se klade stále větší důraz na využití obnovitelných zdrojů energie. Základní možnosti podpory jsou tedy doplněné o opatření, která mají za cíl jednak připravit objekty na probíhající změnu klimatu a také motivovat veřejnost pro realizaci energeticky úsporných opatření. Do nově podporovaných opatření spadá hospodaření s dešťovou vodou, výstavba infrastruktury pro elektromobilitu, výměna neekologických zdrojů energie na vytápění a energetické úspory u výstavby a rekonstrukce bytových domů.

Nová zelená úsporám od roku 2021 tedy přispívá k naplnění základních mezinárodních dohod jako je Rámcová úmluva OSN o změně klimatu a Pařížská dohoda z roku 2020. Hlavním cílem programu je snižování emisí skleníkových plynů a jiných znečišťujících látek do ovzduší. Dále se snaží zvýšit informovanost veřejnosti v oblasti energetických úspor a motivovat k úsporným způsobům bydlení. [29]

Nyní následuje rozdělení dotací pro rodinné domy do jednotlivých oblastí.

5.2.1 Oblast A – ZATEPLENÍ

Tato oblast podpory se zaměřuje na podporu výměny výplní stavebních otvorů a zateplení obvodových nebo vnitřních konstrukcí budovy za pomoci tepelněizolačních materiálů, které se následně stanou součástí stavební konstrukce.

Po uskutečnění úsporných opatření se dle energetických parametrů budovy tato oblast podpory dělí na další podoblasti, které jsou dále upraveny příslušnými podmínkami pro stanovení výše podpory.

5.2.2 Oblast B – NOVOSTAVBA

V rámci této oblasti jsou podporovány výstavby či nákup nového rodinného domu, který bude mít velmi nízkou energetickou náročnost. Tato podpora se nevztahuje na objekty určené pro rekreaci a to ani za předpokladu, že budou využívány jako trvalé bydlení s přiděleným popisným nebo evidenčním číslem.

Podle energetických parametrů, kterých budova dosáhla se oblast podpory dělí na další podoblasti se specifickými podmínkami pro ně určené.

5.2.3 Oblast C – ZDROJE ENERGIE

Tato oblast podporuje pouze uskutečněná opatření v dokončených rodinných domech a budovách přesně definovaných. Opatření uvedená a započítaná v průkazu energetické náročnosti budovy pro stavební řízení či opatření, která jsou již realizována a uhrazena dříve než po řádném dokončení rodinného domu nejsou podporována.

Každá podoblast má své specifické podmínky a pokud ty nestanoví jinak, tak nelze podporu z této oblasti čerpat, jestliže se již čerpá podpora z oblasti B. Podpora pro instalaci solárního systému nebo zdroje tepla je možná v případě, že využívá alespoň 50 % energie z obnovitelných zdrojů a nedochází ke zhoršení celkové průměrné účinnosti za rok.

Podoblast podpory C.1 – výměna zdrojů tepla

Podpora se vztahuje na nákup a instalaci nového hlavního zdroje tepla pro vytápění s možnou přípravou teplé vody včetně příslušenství a jeho následné zapojení do topné soustavy výměnou za stávající zdroj tepla pro vytápění v následujících případech:

- Kotel na pevná paliva, který je nižší než 3. třídy dle ČSN EN 303-5:2013 za některý ze zdrojů dle příslušné tabulky. Žádost o podporu musí být podána nejpozději do dne, který předchází dni zákazu provozu těchto kotlů dle příslušného zákona o ochraně ovzduší.
- Kotel na topné oleje za některý ze zdrojů dle příslušné tabulky
- Lokální topidla na pevná paliva, která slouží společně jako hlavní zdroj tepla na vytápění, za některý ze zdrojů dle příslušné tabulky
- Elektrické vytápění za systém s tepelným čerpadlem s elektrickým pohonem

Všechny tyto případy mají stanovené další specifické podmínky, které je nutné splnit pro dosažení podpory.

Podoblast podpory C.2 – příprava teplé vody

Tato podpora je poskytována pro pořízení a instalaci nového systému pro ohřev vody včetně příslušenství a zapojení. O podporu lze zažádat u systémů pro solární ohřev vody a využití tepelného čerpadla s elektrickým pohonem pro ohřev vody.

O podporu nelze zažádat v případě, pokud již byla nebo je poskytována:

- Podpora ve stejné podoblasti C.2

- Podpora na tepelné čerpadlo s ohřevem vody
- Podpora na jiný solární systém s ohřevem vody, včetně fotovoltaických s využitím přebytků na ohřev vody
- VZT jednotku se zpětným získáváním tepla s využitím tepelného čerpadla, s ohřevem vody

Podoblast podpory C.3 – fotovoltaické systémy

Podpora je poskytována na pořízení a instalaci nového fotovoltaického systému propojeného s vnitřními elektrickými rozvody a distribuční soustavou, který je určený pro výrobu elektrické energie s přednostním využitím této vyrobené elektrické energie v budově či energetickém společenství do něhož je tato budova zapojena.

Systémy které nejsou propojené s distribuční soustavou, mohou být podporovány pouze v případě kdy rodinný dům není připojen k distribuční soustavě.

Pro ověření zda jsou splněny základní zásady – hospodárnost, účelnost, efektivnost – může žadatel využít výpočetní nástroj, který mu poskytne odhad úspor a ekonomické návratnosti pro optimalizaci návrhu.

Maximální výše podpory je stanovaná jako součet jednotkových výší podpory za určité části systému, které budou instalovány, maximálně však do výše 200 000 Kč na jeden rodinný dům. Určení výše podpory je vidět níže na Obrázku 5-1.

Instalované části systému FVE	Výše podpory [Kč]
Minimální instalace o výkonu 2 kWp	40 000
Minimální instalace o výkonu 2 kWp s hybridním měničem (<i>dle definice v kap. 12</i>)	60 000
Minimální instalace o výkonu 2 kWp s efektivním využitím tepelného čerpadla	100 000
Za 1 kWp instalovaného výkonu nad 2 kWp	10 000
Za 1 kWh el. akumulčního systému s akumulátory na bázi lithia	10 000

Obrázek 5-1 Tabulka stanovující výši podpory pro podoblast C.3[31]

I tuto podoblast podpory specifikují další podmínky, jejichž přesné znění je přístupné na stránkách Nová zelená úsporám.

Jednou z podmínek je maximální instalovaný výkon fotovoltaické elektrárny (10kWp). Forma této podpory je také možná pouze pro nové systémy. Nevztahuje se tedy na rozšíření nebo úpravy stávajících systému či pořízení bateriového úložiště pro tento systém. Fotovoltaická elektrárna musí být umístěna na rodinném domě či jiné stavbě doplňující rodinný dům, nebo na speciální konstrukci, která neomezuje růst okolní vegetace ani její údržbu. V případě použití bateriového systému je podporován minimálně

jednonásobek a maximální hodnota podporované kapacity je dvojnásobek podporovaného instalovaného výkonu fotovoltaických modulů v kWh. Olověné akumulátory nejsou podporovány.

Podoblast podpory C.4 – větrání

Podpora je poskytována na pořízení a instalaci nového řízeného větrání se zpětným získáváním tepla a to včetně jejich příslušenství a zapojení. Následující systémy mohou získat podporu:

- Centrální systémy řízeného větrání se zpětným získáváním tepla
- Decentrální systémy řízeného větrání se zpětným získáváním tepla [31]

Podoblast podpory C.5 – využití tepla z odpadní vody

Podpora je poskytována na pořízení a instalaci nového systému pro využití tepla z odpadní vody a to včetně jejich příslušenství a zapojení. Podporu mohou získat následující systémy:

- Centrální systémy pro využití tepla z odpadní vody
- Decentrální systémy pro využití tepla z odpadní vody

5.2.4 Oblast D – ADAPTAČNÍ A MITIGAČNÍ OPATŘENÍ

V rámci této oblasti jsou podporovány adaptační a mitigační opatření pomáhající ke snížení dopadů změny klimatu. Jsou zde čtyři hlavní podoblasti a to konkrétně instalace stínící techniky, zelená střecha, dešťovka a ekomobilita.

5.2.5 Oblast E – PROJEKTOVÁ PODPORA

Forma této podpory se poskytuje pro vypracování odborného posudku pro podání žádosti, zajištění odborného technického dozoru a provedení průvzdušnosti obálky budovy. O tuto podporu lze požádat pouze současně s podáním žádosti z oblasti podpory A, B a pro vybraná opatření z oblasti C a D.

6. STÁVAJÍCÍ FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA

Existující fotovoltaická elektrárna je umístěná na střeše rodinného domu v obci Libivá v Olomouckém kraji.



Obrázek 6-1 Pohled na fotovoltaickou elektrárnu



Obrázek 6-2 Pohled na fotovoltaické panely

Tato fotovoltaická elektrárna o výkonu 11,86 kWp byla uvedena do provozu koncem roku 2012 kdy byla připojena na energetickou síť a měření ČEZ Distribuce a.s. na tzv. zelený bonus. Na sedlové střeše je ve třech sestavách umístěných celkem 50 panelů orientovaných na jižní stranu.

Jedná se polykrystalické panely a to konkrétně

- 14 solárních panelů AIDE SOLAR XZST 230Wp
- 36 solárních panelů AXITECH AC 240 P 156-60 240Wp

Tabulka 6.1 Přehled jednotlivých sestav fotovoltaické elektrárny

Označení sestavy	Počet	Typ	Počet větví	Typ střídače	Max. AC výkon (W)	U _{mpp} (V)	I _{mpp} (A)	Počet střídačů
	FV	panelu				DC	DC	
1	14 ks	AIDE SOLAR 230 Wp	2	SMA SB 3000TL	3000	260	17	1
2	18 ks	AXITECH AC 240 P 240Wp	2	KP40G	4000	332	19	1
3	18ks	AXITECH AC 240 P 240Wp	2	SMA SB 4.0	4000	332	19	1

Sestava 1:

1 x sestava pro střídač SMA SB 3000TL-20 - 2 větve po 7 ks FV panelů AIDE SOLAR XZST 230Wp zapojených do série a ke střídači paralelně. Plocha panelů je 22,72 m².

Sestava 2:

1 x sestava pro střídač Omron KP 40 G - 2 větve po 9 ks FV panelů AXITECH AC 240 P 156-60 s výkonem 240Wp zapojených do série a ke střídači paralelně celkem 18ks na střídač. Plocha panelů je 29,29 m².

Sestava 3:

1 x sestava pro střídač SMA SB 4.0-1VA-40 - 2 větve po 9 ks FV panelů AXITECH AC 240 P 156-60 s výkonem 240Wp zapojených do série a ke střídači paralelně celkem 18ks na střídač. Plocha panelů je 29,29 m².



Obrázek 6-3 Pohled na střídače

Střídače této fotovoltaické elektrárny zajišťují přímou dodávku vyrobené elektřiny v automatickém režimu nafázováním na místní síť. Je použit jeden měnič řady SMA SB 3000TL-20, dále jeden SMA SB 4.0-1VA-40 a také jeden měnič Omron KP40G. Fotovoltaická elektrárna je také vybavena centrální bezpečnostní ochranou U-F guard – podpěťová, nadpěťová, podfrekvenční a nadfrekvenční ochrana a dalšími jistíci prvky.

6.1 Zhodnocení FVE

V následující části jsou zobrazená data od počátku uvedení fotovoltaické elektrárny do provozu. Hlavní výhodou u této fotovoltaické elektrárny je čerpání zeleného bonusu, díky kterému provozovatel obdrží určenou finanční částku za každou vyrobenou kWh a její dodání do distribuční sítě. Není tedy nutné třeba jen část vyrobené energie spotřebovávat.

Tabulka 6.2 Výroba FVE za jednotlivé měsíce v kWh

Měsíc	Rok									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Leden	-	131	239	249	203	79	165	233	272	111
Únor	-	385	446	619	468	552	696	724	630	453
Březen	-	958	1389	1116	834	1186	803	1196	1298	1057
Duben	-	1273	1476	1644	1324	1225	1650	1573	1789	1291
Květen	-	1391	1477	1388	1660	1666	1801	1355	1453	1212
Červen	-	1416	1583	1529	1572	1801	1398	1712	1291	1615
Červenec	-	1868	1635	1766	1533	1458	898	1536	1494	1605
Srpen	-	1649	1289	1607	1531	1635	1031	1483	1362	1280
Září	-	996	1155	1078	1408	851	1038	1231	1193	1295
Říjen	-	886	561	611	468	587	1040	926	514	682
Listopad	-	367	150	441	295	289	439	302	249	325
Prosinec	138	173	241	183	282	203	174	281	184	171
Suma	138	11493	11641	12231	11578	11532	11133	12552	11729	11097

V Tabulka 6.2 vidíme výrobu stávající fotovoltaické elektrárny od roku uvedení do provozu což se uskutečnilo v prosinci roku 2012. Je možné zde pozorovat odchylky, kdy například v lednu 2013 nebo 2017 byly panely zapadané sněhem a tím se výrazně snížila hodnota vyrobených kWh. V červenci roku 2018 byl porouchaný střídač a proto tento měsíc bylo také vyrobeno méně oproti jiným rokům. Další výkyvy ve výrobě fotovoltaické elektrárny jsou ve většině případů způsobené počtem slunečných dnů, ale také se na tom podílí fakt, že se část vyrobené energie použije na vlastní spotřebu rodinného domu.

Jak bylo zmíněno výše, je zde čerpána provozní podpora ve formě zeleného bonusu. Díky této podpoře se zkrátila doba návratnosti fotovoltaické elektrárny, která se nyní již

řadí mezi výdělečné. Jednotlivé výnosy jsou uvedené v následující tabulce (Tabulka 6.3). Pro jejich výpočet se vynásobila výroba v určitém měsíci se stanovených výkupním tarifem pro daný rok. Celkově se již pomocí těchto výnosů dosáhlo částky téměř 630 tisíc Kč.

Tabulka 6.3 Výnos z FVE za jednotlivé měsíce v Kč

Měsíc	Rok									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Leden	-	751	1389	1466	1212	482	1008	1372	1628	718
Únor	-	2208	2591	3645	2793	3368	4251	4262	3770	2930
Březen	-	5493	8070	6571	4978	7237	4905	7041	7767	6838
Duben	-	7299	8576	9680	7903	7475	10078	9260	10705	8351
Květen	-	7976	8581	8173	9909	10166	11001	7977	8695	7840
Červen	-	8119	9197	9003	9383	10990	8539	10079	7725	10447
Červenec	-	10711	9499	10398	9150	8897	5485	9042	8940	10383
Srpen	-	9455	7489	9462	9139	9977	6297	8730	8150	8280
Září	-	5711	6711	6347	8404	5193	6340	7247	7139	8377
Říjen	-	5080	3259	3598	2793	3582	6352	5451	3076	4412
Listopad	-	2104	872	2597	1761	1763	2681	1778	1490	2102
Prosinec	701	992	1400	1078	1683	1239	1063	1654	1101	1106
Suma	701	65901	67634	72016	69109	70368	68000	73894	70186	71786

Kvůli nastalé situaci, kdy se ceny elektřiny několikanásobně zvyšují je vhodné přistoupit k inovaci fotovoltaické elektrárny a to v tomto případě o bateriové úložiště. Což je i cíl stanovený provozovatelem. Pro větší variabilitu se ovšem budeme zabývat nejen připojením bateriového úložiště, ale i výměnou všech fotovoltaických panelů za výkonější případně také návrhem systému tak, aby bylo možné čerpat dotaci Nová zelená úsporám.

7. SIMULACE FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

Pro návrh a simulaci fotovoltaické elektrárny použijeme program PV*SOL od firmy Valentine Software. Tato společnost je jeden z předních poskytovatelů plánovacího softwaru pro simulaci, návrh, výnosy a prognózy nejen pro fotovoltaické systémy.

V rámci programu PV*SOL je možné simulovat typy fotovoltaických systémů od malých, kdy je na střeše domu jen pár modulů až po velké solární systémy. Nalezneme zde přes 21 900 typů fotovoltaických panelů, 5 500 střídačů, 2 600 bateriových systémů i velké množství elektromobilů.

Jako jeden z prvních údajů určujeme typ systému, jestli chceme navrhovat pouze fotovoltaickou elektrárnu připojenou do sítě, s bateriovým úložištěm, elektromobily nebo třeba ostrovní fotovoltaický systém se záložním generátorem. Důležité také je nastavení klimatických podmínek a polohy kde bude fotovoltaický systém realizován.

V dalším kroku je velice důležité definovat spotřebu daného objektu. Zde se mohou použít již předdefinované profily nebo si tyto údaje může nastavit sám uživatel dle vlastní potřeby.

Dále se vytváří 3D návrh, kde se již na vytvořený objekt jako je například rodinný dům již umisťují fotovoltaické panely. Zde je důležité vytvořit co nejpřesnější model, protože se zde vypočítává i vliv zastínění fotovoltaické elektrárny, což je způsobeno například vysokou budovou v okolí či vzrostlými stromy. V této části se již navrhuje i vhodné střídače pro daný systém.

Výběr bateriového úložiště nebo elektromobilu následuje po vytvoření 3D návrhu. I zde je možné vybrat buď z databáze nebo si vytvořit vlastní položky. Jako poslední krok se zadává finanční část projektu například cena panelů, dotace nebo výše výkupního tarifu. Následně se vytvoří ekonomická a energetická analýza. [30]

7.1 Stávající fotovoltaická elektrárna

Nejdříve je nutné nasimulovat existující fotovoltaickou elektrárnu a to podle výše zmíněných kroků.

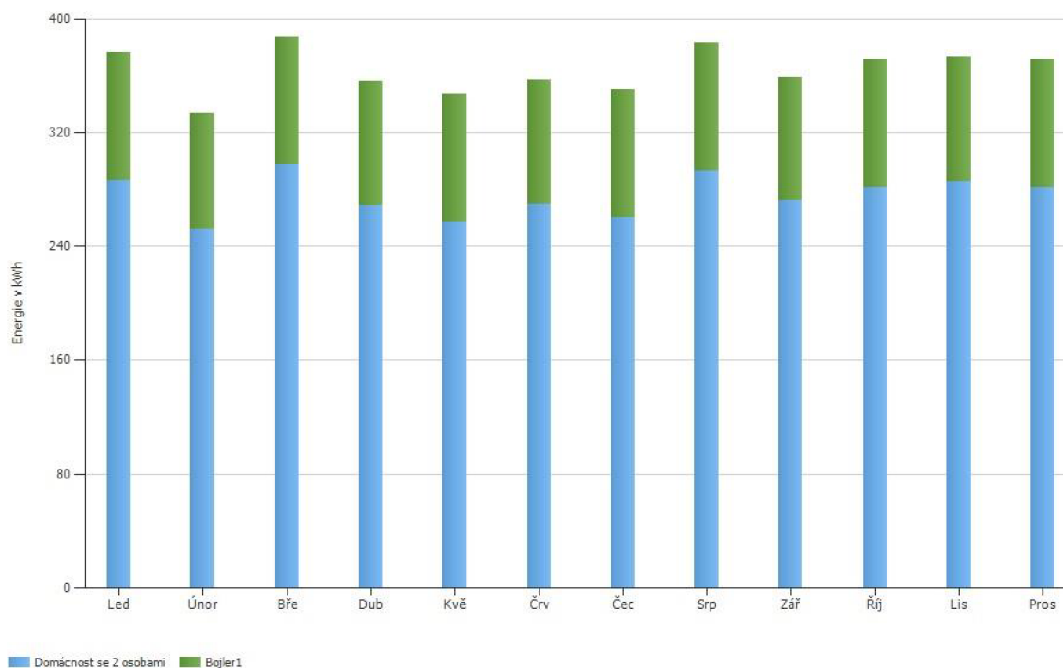
7.1.1 Spotřeba

Pro simulaci spotřeby v zadaném objektu se zvolil již předdefinovaný profil pro domácnost se 2 osobami. Tento profil byl následně doplněn o elektrický bojler o objemu 120l jehož roční spotřeba vychází na 1061 kWh. Celková spotřeba pro simulaci byla nastavena dle průměrné roční spotřeby za poslední roky.

Tabulka 7.1 Skutečná roční spotřeba v kWh

Rok	2018	2019	2020	2021
Spotřeba	4325	5562	3509	3769

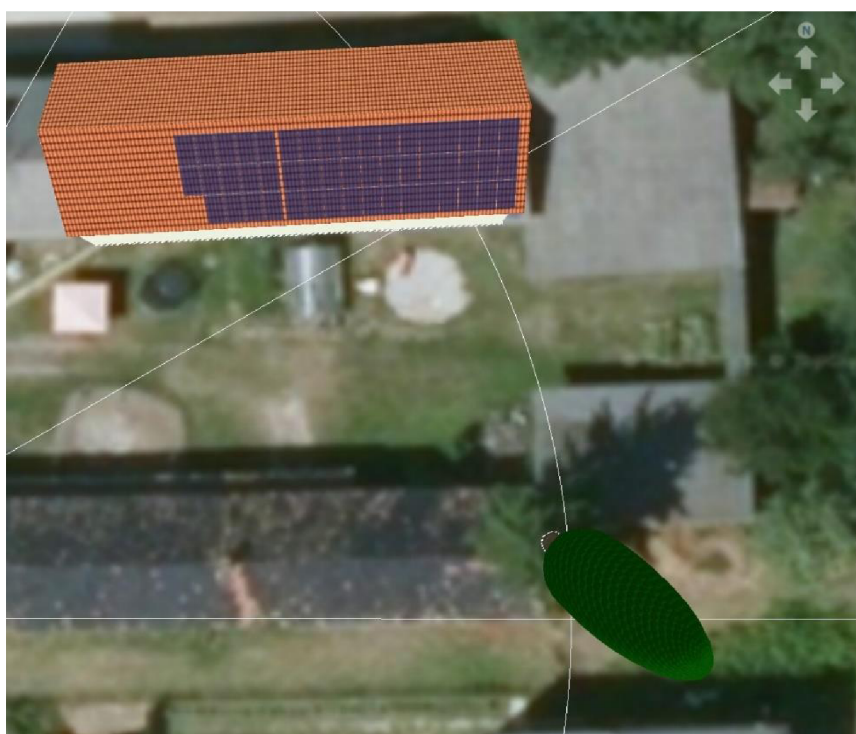
V Tabulka 7.1 vidíme hodnoty skutečné spotřeby od roku 2018. V rámci simulace je nastavená hodnota 4 365kWh což přibližně odpovídá. Avšak v následujících letech se předpokládá nárůst roční spotřeby z důvodu navýšení počtu osob v domácnosti a to o dvě dospělé osoby a dvě děti.



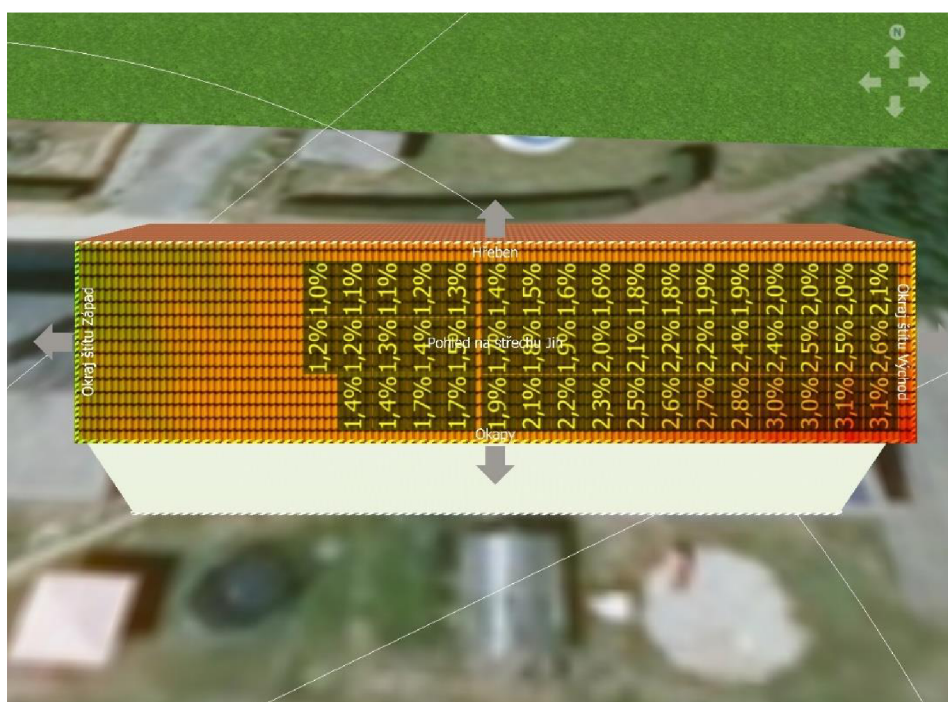
Obrázek 7-1 Průměrná spotřeba domácnosti

7.1.2 3D Návrh

Pro vytváření návrhu ve 3D je důležité vytvořit i objekty, které mohou na fotovoltaickou elektrárnu vrhat stín a tím snižovat její účinnost. Jelikož je budova rodinného domu vysoká téměř 9 metrů nachází se v její blízkosti pouze jeden objekt, který vrhá stín na plochu fotovoltaických panelů. Na Obrázku 7-3 je ukázané vypočtené zastínění smrkem, který dosahuje výšky přibližně 24,5 metru. V budoucnu se však předpokládá buď jeho úplné pokácení nebo výrazné ořezání.



Obrázek 7-2 3D návrh fotovoltaické elektrárny v programu PV*SOL



Obrázek 7-3 Vliv stínění okolních objektů fotovoltaické elektrárny

7.1.3 Hospodárnost

Do této záložky byl vyplněn pouze výkupní tarif, který pro daný rok činil 6,469 Kč. Investiční náklady byly ponechány na nulové hodnotě vzhledem k tomu, že jsme pouze simulovali existující elektrárnu, ale nepočítáme zde se žádnými náklady a to ani na její údržbu.

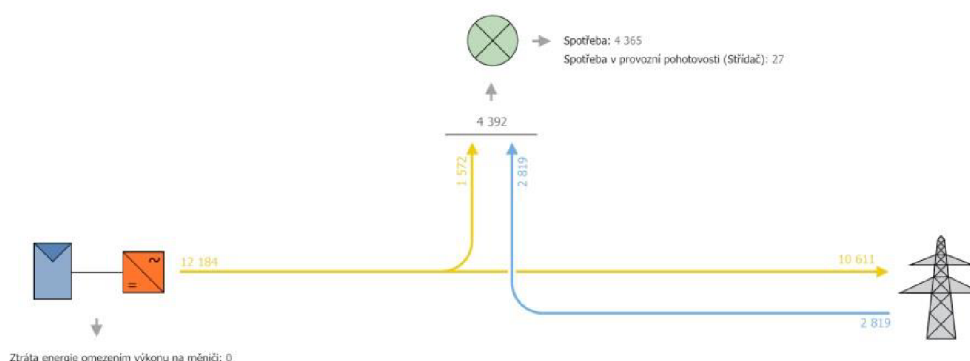
Tabulka 7.2 Výsledky simulace stávající FVE

Instalovaný výkon	11,86 kWp
Roční výnos	12 184 kWh
Napájení sítě	10 611 kWh
Podíl vlastní spotřeby	12,70%
Stupeň soběstačnosti	35,80%
Roční výnos	68 645,40 Kč
Doba návratnosti	-
Náklady	-

Výsledky dosažené pomocí simulace vidíme v Tabulka 7.2, které se liší od skutečných výsledků. Jeden z důvodů proč tato situace nastala je, že do simulace se nastavila průměrná spotřeba rodinného domu i když ve skutečnosti byla nižší. Hodnota napájení sítě a ročního výnosu také nesouhlasí s reálnými hodnotami, které můžeme vidět v Tabulka 6.2 a Tabulka 6.3 v posledním řádku pro rok 2020. Jelikož se do této simulace nepřidávala žádná nová komponenta, zůstávají poslední dva řádky tabulky nevyplněné.

Je nutné podotknout, že výsledky simulace se nebudou přesně shodovat a reálnými hodnotami, jelikož zde působí více faktorů – počasí, poruchy, vyšší či nižší spotřeba v domácnosti atd.

Na obrázku 7-4 je zobrazen simulovaný tok energie, kde fotovoltaická elektrárna vyrobí 12 184 kWh z nichž jde 1 572 kWh na vlastní spotřebu a zbytek, tedy 10 611 kWh je posílán do sítě.



Obrázek 7-4 Znárodnění toku energie pro existující FVE

7.2 Stávající fotovoltaická elektrárna s bateriovým úložištěm

V rámci této simulace zůstává stejný instalovaný výkon (11,86kWp) i použité panely a střídače. Tedy 14x solární panely AIDE SOLAR XZST 230Wp a 36x solární panely AXITEC AC 240 P 156-60S 240Wp a k nim příslušné střídače. Výkupní tarif také zůstává stejný jako pro rok 2020 (6,469 Kč/kWh).

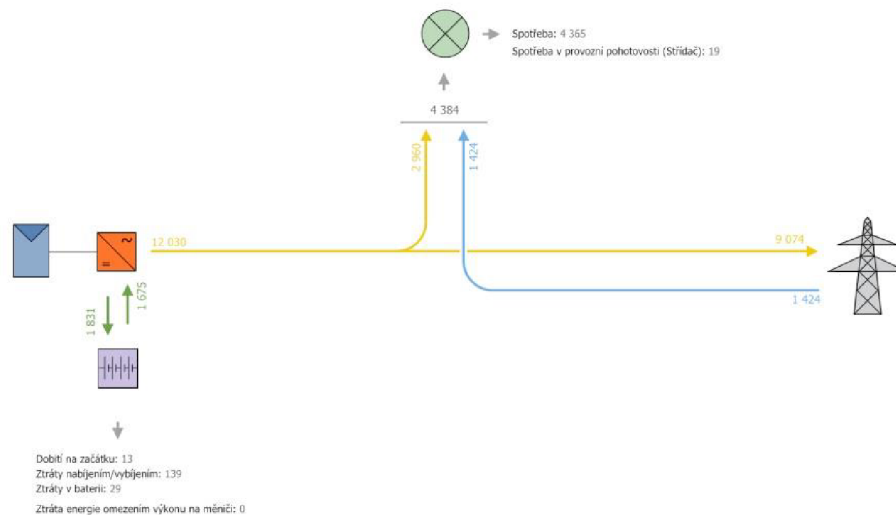
Přidané bateriové uložení je od výrobce BYD Company Ltd. A jedná se o typ B-Box Premium HVS 12,8, který bude připojen k DC straně. Obsahuje celkem 5 baterií Lithium-železo-fosfát (LiFePo) o energii 12,8kWh.

Tabulka 7.3 Výsledky simulace stávající FVE s bateriovým úložištěm

Instalovaný výkon	11,86 kWp
Roční výnos	12 030 kWh
Napájení sítě	9 074 kWh
Podíl vlastní spotřeby	24,50%
Stupeň soběstačnosti	67,50%
Roční výnos	58 699,50 Kč
Doba návratnosti	2,5 roku
Náklady	180 000 Kč

Jak lze vidět v Tabulka 7.3 tak se roční výnos snížil o 154 kWh. Přidáním baterie se samozřejmě zvýšil stupeň soběstačnosti a to téměř o polovinu původní hodnoty. S tím se stejně zvýšil i podíl vlastní spotřeby. Stále zde čerpáme podporu zelený bonus, která nám vynesne necelých 60 tisíc Kč.

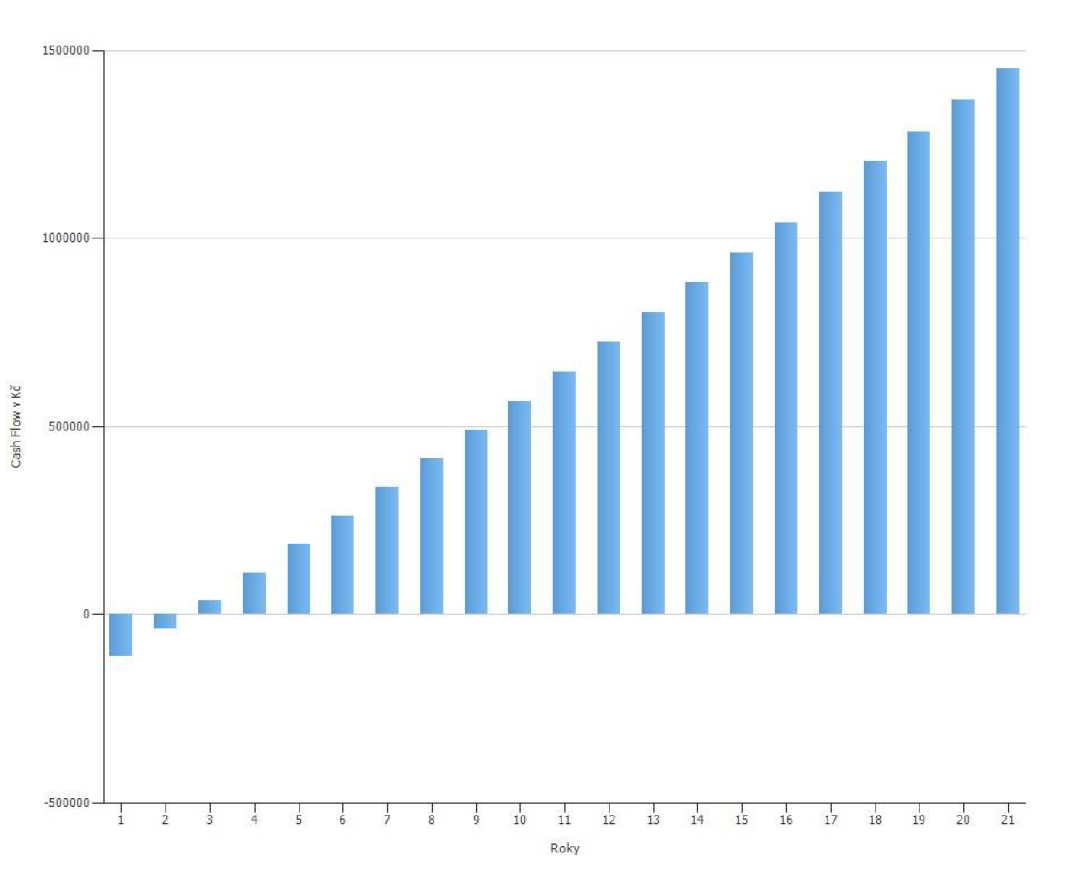
Náklady na pořízení tohoto bateriového systému činí 180 000 Kč a doba návratnosti této investice je 2,5 roku.



Obrázek 7-5 Znárodnění toku energie pro existující FVE s baterií

Na obrázku 7-5 vidíme tok energie kdy fotovoltaická elektrárna vyrobí 12 030 kWh, které se následně rozdělují a 2 960 kWh je spotřebováno v domácnosti a zbytek energie je dodáván do sítě.

Na obrázku 7-6 vidíme grafické znázornění návratnosti investice do bateriového úložiště. To je velmi příznivé vzhledem k tomu, že je zde stále možnost čerpání podpory formou zeleného bonusu.



Obrázek 7-6 Návratnost investice pro stávající FVE s baterií

7.3 Fotovoltaická elektrárna 15,75 kWp

Pro simulaci této fotovoltaické elektrárny, která má instalovaný výkon 15,75 kWp byly použité monokrystalické panely od výrobce Suntech Power typu STP315S-20/Wfh. Jelikož se na střeše rodinného domu nachází hliníkové profily, tak v rámci ušetření nákladů na odstranění této konstrukce byly vybrány panely, které odpovídají rozměrům původních fotovoltaických panelů. Při omezeném výběru takovýchto panelů stále zůstal požadavek vybrat ty s nejvyšším výkonem.

Návrh obsahuje 2x hybridní třífázový střídač typu GW6,5K-ET od výrobce GoodWe Solar Inverter, přičemž na jedné větvi je 13 modulů zapojených do série a na druhé větvi se nachází 12 modulů zapojených do série. Jako bateriový systém je použit dvakrát STORION SMILE B3, který obsahuje 6 baterií o energii 16,5 kWh.



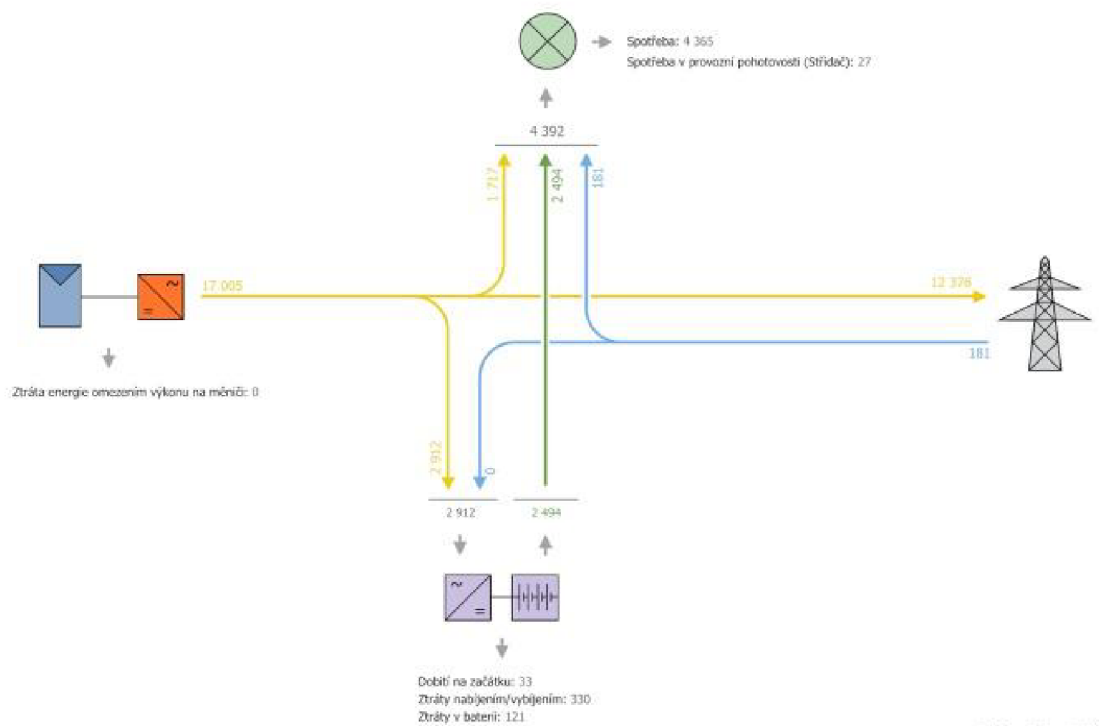
Obrázek 7-7 3D návrh FVE s instalovaným výkonem 15,75 kWp

Tabulka 7.4 Výsledky simulace FVE 15,75kWp s bateriovým úložištěm

Instalovaný výkon	15,75 kWp
Roční výnos	17 005 kWh
Podíl vlastní spotřeby	27,10%
Stupeň soběstačnosti	95,90%
Roční výnos	-
Doba návratnosti	> 20 roků
Náklady	541 350 Kč

Z Tabulka 7.4 je patrné, že při takovémto instalovaném výkonu bylo sice dosaženo stupně soběstačnosti skoro 96%, ale většina vyrobené energie zůstává nevyužitá. V případě tohoto návrhu fotovoltaické elektrárny je jednak ztracen nárok na čerpání zeleného bonusu, jelikož šlo o kompletní výměnu komponentů za výkonější a tedy nedodržení podmínek udělené licence. Zároveň ale není nárok ani na dotaci Nová zelená úsporám z důvodu, že tato dotace se poskytuje pouze pro fotovoltaické elektrárny s maximálním instalovaným výkonem 10 kWp.

Zároveň z posledních řádků tabulky je patrná velmi vysoká finanční náročnost, jejíž doba návratnosti přesahuje dvacet let.



Obrázek 7-8 Tok energie pro FVE 15,75 kWp

Z obrázku 7-8 jde vidět, že tento systém vyrábí velké množství elektrické energie, kterou není možnost spotřebovat.

7.4 Fotovoltaická elektrárna 9,77 kWp

Zde se využije nastavení pro předchozí simulaci a to konkrétně v rámci vybraných solárních panelů. Na střechu rodinného domu se tentokrát umístí pouze 31 fotovoltaických modulů o instalovaném výkonu 9,77 kWp. Tyto panely jsou monokrystalické o výkonu 315 W od výrobce Suntech Power a to konkrétně typ STP315S-20/Wfh. Střídač je nyní použit pouze jeden třífázový a hybridní - GoodWe 10K-ET. Jako bateriový systém je použit STORION SMILE B3, který obsahuje 5 baterií o energií 13,7 kWh.



Obrázek 7-9 3D návrh FVE s instalovaným výkonem 9,77 kWp

Tabulka 7.5 Výsledky simulace FVE 9,77kWp s bateriovým úložištěm

Instalovaný výkon	9,77
Roční výnos	10 614 kWh
Podíl vlastní spotřeby	38,80%
Stupeň soběstačnosti	85,70%
Roční výnos	-
Doba návratnosti	13,7 roků
Náklady	303 708 Kč
Dotace	130 000 Kč
Doba návratnosti s dotací	8,4 roky

V rámci zhodnocení Tabulka 7.5 se tato varianta jeví jako mnohem více výhodná z důvodu, že zde při dodržení všech podmínek vzniká nárok na dotaci Nová zelená úsporám. Stupeň soběstačnosti dosahuje téměř 86 % a podíl vlastní spotřeby je necelých 39 %. V případě, že by nebyla uznaná dotace pohybovaly by se náklady na tento systém okolo 300 000 Kč a tato investice by se zhodnotila až za 13,7 roků. Ovšem při dosažení dotace se náklady snižují na 170 000 Kč a doba návratnosti se tím pádem zkracuje na 8,4 roku.

7.5 Fotovoltaická elektrárna 9,77kWp a elektromobil

Tato simulace si ponechává vstupní hodnoty ze stejné simulace bez nabíjecí stanice pro elektromobil, který tam bude dodán v rámci tohoto návrhu. Tedy monokrystalické panely o výkonu 315 W od výrobce Suntech Power a to konkrétně typ STP315S-20/Wfh. Střídač je nyní použit pouze jeden třífázový a hybridní - GoodWe 10K-ET. Jako bateriový systém je použit STORION SMILE B3, který obsahuje 5 baterií o energii 13,7 kWh. Rozložení fotovoltaických panelů na střeše zůstává nezměněné.

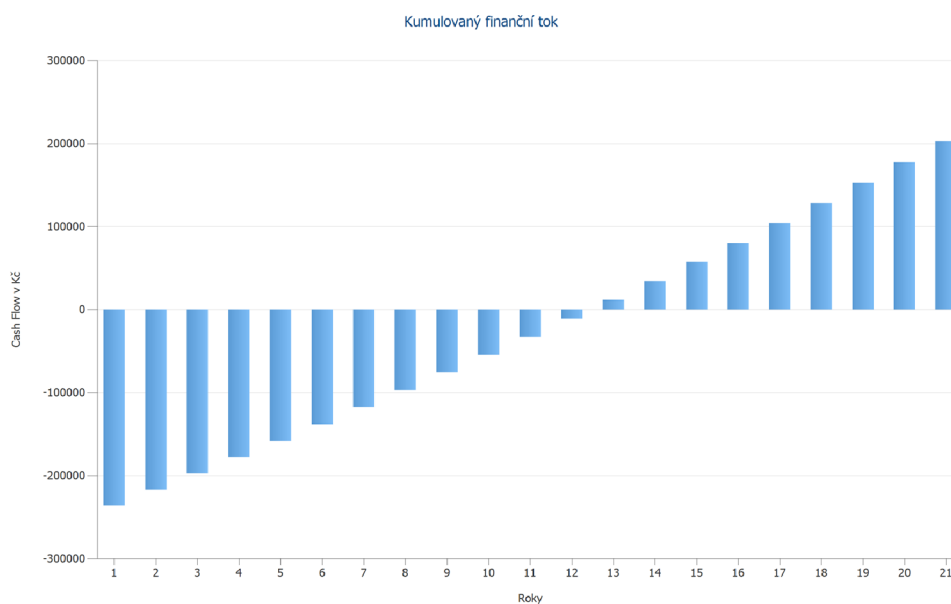
Tabulka 7.6 Výsledky simulace FVE 9,77kWp s baterií a elektromobilem

Instalovaný výkon	9,77 kWp
Roční výnos	10 614 kWh
Podíl vlastní spotřeby	44,70%
Stupeň soběstačnosti	55,60%
Roční výnos	-
Doba návratnosti	12 roků
Náklady	303 708 Kč
Dotace	180 000 Kč
Doba návratnosti s dotací	5,4 roky

Dotáční program Nová zelená úsporám se vztahuje i na elektromobilu a díky kombinaci těchto úspor při splněných platných podmínkách může být uznán nárok na kombinační bonus.

Z těchto výsledků simulace plyne, že přidáním dobíjecí stanice pro elektromobil se podíl vlastní spotřeby zvýšil na 44,7 %. Stejně tak i stupeň soběstačnosti. Výše nákladů se podstatně snižuje a s tím se snižuje i doba návratnosti investice.

Na obrázku 7-10 je znázorněné jak by vypadala návratnost investice do inovace fotovoltaické elektrárny v případě, že by nebyly splněné podmínky pro získání dotace Nová zelená úsporám.



Obrázek 7-10 Zobrazení návratnosti investice bez dotace

7.6 Zhodnocení

Nedílnou součástí jakékoliv simulace nebo návrhu je jeho následné zhodnocení a určení zda je tento návrh vhodný nebo ne a případně jaké změny bude potřeba aplikovat do následných návrhů a simulací.

Tabulka 7.7 Energetické vyhodnocení provedených simulací

	roční výnos	soběstačnost	vlastní spotřeba
11,86kWp FVE s baterií	12 030 kWh	67,50%	24,50%
15,75kWp FVE	17 005 kWh	95,90%	27,10%
9,77kWp FVE	10 614 kWh	85,70%	38,80%
9,77kWp FVE + elektromobil	10 614 kWh	55,60%	44,70%

Vyhodnotit nejlepší navržený fotovoltaický systém jde podle různých kritérií viz Tabulka 7.7, kde se může porovnávat jaká je soběstačnost celého systému či jaký je roční výnos.

Nebo podle ekonomických kritérií, která jsou zahrnuta v Tabulka 7.8. Jako jsou náklady na pořízení daných komponentů, návratnost této investice nebo zda jsou podporovány dotace.

Tabulka 7.8 Ekonomické vyhodnocení provedených simulací

	náklady	návratnost	dotace	zelený bonus
11,86kWp FVE s baterií	180 000 Kč	2,5 roku	ne	ano
15,75kWp FVE	541 000 Kč	>20 roků	ne	ne
9,77kWp FVE	170 000 Kč	8,4 roku	ano	ne
9,77kWp FVE + elektromobil	123 000 Kč	5,4 roku	ano	ne

Dle ekonomických ukazatelů se zdá že nejlépe vychází zrealizovat pouze doplnění bateriového úložiště u stávající fotovoltaické elektrárny. Tím, že tam je nárok na podporu ve formě zeleného bonusu se návratnost investice do baterií velice zkracuje a to na necelé tři roky. Dalším v pořadí by byla možnost realizace fotovoltaické elektrárny s instalovaným výkonem 9,77 kWp, která zahrnuje i dobíjecí stanici pro elektromobil. Náklady na tento systém by díky dotaci byly nejnižší a následně návratnost by zde byla pouhých 5,4 roků. Nejméně výhodné z hlediska nákladů a návratnosti je varianta s instalovaným výkonem 15,75 kWp. U této varianty není ani možnost využít dotace Zelená úsporám, jelikož její instalovaný výkon nespĺňuje její podmínky.

Pokud budeme hodnotit pouze energetické vyhodnocení s tím, že cílem bylo dosáhnout nejvyššího stupně soběstačnosti, vyjde simulace FVE s instalovaným výkonem 15,75 kWp jako nejvhodnější varianta, která má však z ekonomického hlediska nejvyšší náklady a dobu návratnosti přesahující 20 let. Nejnižší soběstačnost má v tomto případě návrh s instalovaným výkonem 9,77 kWp s elektromobilem.

Je velice důležité nehodnotit pouze podle jednoho parametru, ale vždy se podívat na všechny výsledky jako na celek.

Pokud tedy návrhy vyhodnotíme s tím, že zahrneme všechny výsledky simulací, jako nejvýhodnější návrh je stávající fotovoltaická elektrárna doplněná o bateriové úložiště. I když jsou náklady na realizaci 180 000 Kč podpora formou zeleného bonusu je velice výhodná. Oproti stávající míře soběstačnosti, která je 35,8 % se s přidáním bateriového úložiště soběstačnost téměř zdvojnásobila (67,5%).

8. ZÁVĚR

V rámci této diplomové práce jsme se nejdříve seznámili obecně s energií ze slunce a následně s různými typy fotovoltaických článků a principem jejich funkčnosti. Dále jsme pokračovali kapitolou o hlavních částech fotovoltaické elektrárny jako jsou fotovoltaické panely a střídače, které jsem si ještě rozdělili na síťové, ostrovní a hybridní.

Dále jsem se věnovala popisu možností bateriového úložiště, kde jsou nejvíce rozšířené právě lithium-železo-fosfátové baterie a to hlavně z důvodu, že mají dobrou životnost, nejsou toxické a řadí se mezi nejlépe dostupné. Jejich využívání je navíc podporované i dotací Nová zelená úsporám v jejichž podmínkách jsou vypsané nepodporované baterie jako jsou například olověné.

V další části jsem se zabývala legislativou a to zejména podporou ve formě zeleného bonusu a následně formou dotace Nová zelená úsporám. Seznámení s touto částí bylo podstatné pro další pokračování v diplomové práci.

V praktické části jsem se věnovala popisu existující fotovoltaické elektrárny pro kterou jsem následně v programu PV*SOL vytvářela simulace. Z tohoto důvodu bylo důležité seznámit s podporou ve formě zeleného bonusu, jelikož fotovoltaická elektrárna byla uvedena do provozu koncem roku 2012 a tedy splnila veškeré podmínky pro formu této podpory.

V případě inovace celé fotovoltaické elektrárny na nové technologie (panely, střídače) by podpora formou zeleného bonusu zanikla. Kdyby se ovšem snížil její stávající instalovaný výkon pod 10 kWp vznikl by nárok na zažádání o dotaci Nová zelená úsporám.

Z vytvořených simulací, které jsem v práci představila se jeví jako nejvýhodnější řešení pouze přidat bateriové úložiště k existující fotovoltaické elektrárně a to zejména vzhledem k nároku na zelený bonus. Vlivem toho je tato možnost velice výhodná, jelikož elektrárna stále vyrábí velké množství elektrické energie, která jde do sítě.

V případě, že by bylo nutné stávající systém inovovat, například kvůli poruše, jeví se jako nejlepší možnost snížení instalovaného výkonu pod 10 kWp právě kvůli možnosti obdržet na tento systém dotaci.

Pro možnost tohoto systému ke kterému by se ještě doplnila dobíjecí stanice pro elektromobil vychází dotace ještě mnohem lépe. Ovšem je to s výhledem do budoucnosti, protože ceny některých elektromobilů jsou stále příliš vysoké.

Nejméně výhodná je varianta, kde se stávající fotovoltaické panely měnily za nové s vyšším výkonem. Tímto způsobem se dosáhlo instalovaného výkonu 15,75 kWp. Náklady jsou velmi vysoké, nárok na zelený bonus zaniká a pro dotaci Nová zelená úsporám nejsou splněné podmínky.

LITERATURA

- [1] MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. Obnovitelné zdroje elektrické energie. *MPO Efekt* [online]. Praha, 2011 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/cvut-2-oze.pdf>
- [2] Teorie fotovoltaiky. *ISOF ENERGY* [online]. [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <http://www.isofenergy.cz/fotovoltaika.aspx>
- [3] Teorie fotovoltaiky. *ISOF ENERGY* [online]. [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <http://www.isofenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>
- [4] *Fotovoltaičné systémy pro výrobu elektřiny* [online]. [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/fotovoltaične-systemy/uvod-do-fv-systemu/>
- [5] *Solární (fotovoltaičné) články* [online]. [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [6] *Fotovoltaička a fotoelektrický jev* [online]. [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <http://www.solarniliga.cz/fotovoltaička-a-fotovoltaičky-jev/>
- [7] PETERA, Jiří a Jan HEŘMAN. FOTOVOLTAIKA. In: Docplayer [online]. [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4831759-Fotovoltaička-mgr-jiri-petera-mgr-janherman.html>
- [8] *Konstrukce a výroba fotovoltaičných článků a panelů* [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/91/03.html#3-1>
- [9] *Znáte všechny druhy solárních panelů* [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: <https://www.elektrocentrally.cz/blog/znate-vsechny-typy-solarnich-panelu/>
- [10] *Švýcarští vědci vyvinuli flexibilní křemikové solární články s účinností přes 21%* [online]. 13.09.2021 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.solarninovinky.cz/svycarsti-vedci-vyvinuli-flexibilni-kremikove-solarni-clanky-s-ucinnosti-pres-21/>
- [11] *Vědci pokořili novou hranici účinnosti solárních článků* [online]. 23.08.2021 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.solarninovinky.cz/vedci-pokorili-novou-hranici-ucinnosti-solarnich-clanku/>
- [12] *Technologie solárních článků CIGS* [online]. [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://cz.dsnsolar.com/info/cigs-solar-cell-technology-32913863.html>
- [13] *Fotovoltaičné panely na principu perovskitu. Co může nová technologie nabídnout?* [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/fotovoltaične-panely-na-principu-perovskitu-co-muze-nova-technologie-nabidnout>
- [14] *Fotovoltaičné panely nové generace na bázi perovskitu se již letos začnou tisknout v Polsku* [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.solarninovinky.cz/fotovoltaične-panely-nove-generace-na-bazi-perovskitu-se-jiz-letos-zacnou-tisknout-v-polsku/>

- [15] Fotovoltaické články a panely jako prostředek k využití solární energie. *AGROjournal* [online]. 2016 [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/fotovoltaiicke-clanky-a-panely-jako-prostredek-k-vyuziti-solarni-energie-169>
- [16] Fotovoltaická elektrárna. *Isofen Energy* [online]. [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/fotovoltaiicka-elektrarna.aspx>
- [17] Fotovoltaické články a panely. *Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ* [online]. [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/slunecni-elektrarny-podrobne/fotovoltaiicke-clanky-a-panely/vyklad>
- [18] Střídač. *Wikipedia* [online]. [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99%C3%ADda%C4%8D>
- [19] Čemu se vyhnout při nákupu FV systému. *Energie pro život* [online]. [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <http://www.energieprozivot.eu/133-cemu-se-vyhnut-pri-nakupu-fv-systemu>
- [20] Hybridní měnič. *Wikipedia* [online]. [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hybridn%C3%AD_m%C4%9Bni%C4%8D
- [21] VANĚK, Jiří a Petr KŘIVÍK. *Obnovitelné zdroje energie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2014.
- [22] HRZINA, Pavel. Akumulace elektriny v budovách: základní parametry a technologie. TZB - info [online]. 2020, 27.2.2020 [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektriny/20292-akumulace-elektriny-vbudovach-zakladni-parametry-a-technologie>
- [23] Čemu se vyhnout při nákupu FV systému. *Energie pro život* [online]. [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <https://www.energieprozivot.eu/134-cemu-se-vyhnut-pri-nakupu-fv-systemu-ii>
- [24] Fotovoltaika - zákony a předpisy. *ISOF ENERGY* [online]. [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <http://www.elektrozestechy.cz/Zakony-fotovoltaiika.aspx>
- [25] Fotovoltaika – výkupní ceny. *ISOF ENERGY* [online]. [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <http://www.elektrozestechy.cz/Vykupni-ceny-fotovoltaiika.aspx>
- [26] VANĚK, Jiří, Petr KŘIVÍK a Vítězslav NOVÁK. *Alternativní zdroje energie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006.
- [27] MARTÍNEK, Lukáš. *Nabíječ lithiových akumulátorů* [online]. Plzeň, 2016 [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/23097/1/BP_Martinek_Lukas_30_5_2016_portal.pdf. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Ing. Marek Stejskal.
- [28] *Solární asociace* [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.solarniasociace.cz/cs/pro-verejnost/caste-dotazy>
- [29] *Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz>

- [30] *Valentin Software* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://valentin-software.com/produkte/pvsol-premium/>
- [31] *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory programu Nová zelená úsporám a rámci Národního plánu budovy* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: https://novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2022/04/06/1649251550_NZ%C3%9A%20RD%20-%20Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%C5%BEadatele_01-04-2022.pdf

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

EVA	etylvinylacetát
PFV	polyvinylidenfluorid
PET	polyetyléntereftalá
U_{0c}	napětí naprázdno
I_{sc}	proud nakrátko
U_{mp}	napětí pro maximální výkon článku
I_{mp}	proud pro maximální výkon článku
MPP	bod maximálního výkonu
FF	činitel plnění
η	účinnost
STC	standardní testovací teplota
AM	Air Mass
FVE	fotovoltaická elektrárna

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A – PARAMETRY PANELU AIDE SOLAR

PŘÍLOHA B – PARAMETRY PANELU AXITEC

PŘÍLOHA C – PARAMETRY PANELU SUNTECH

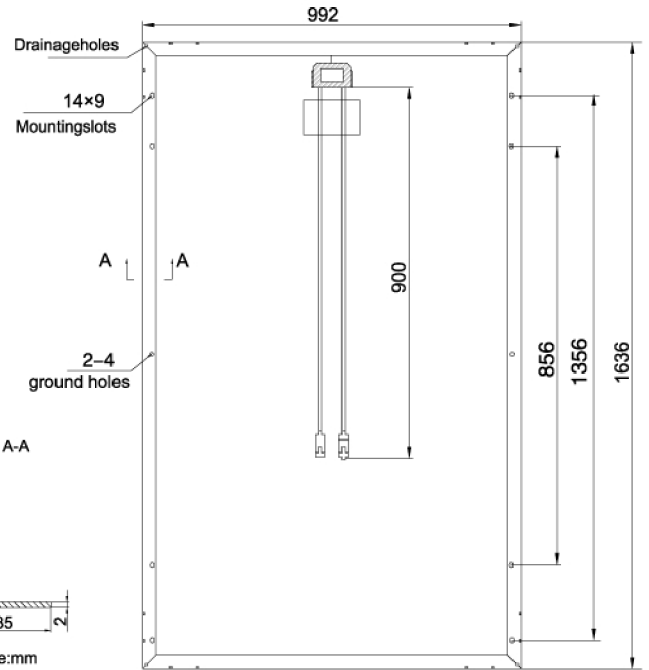
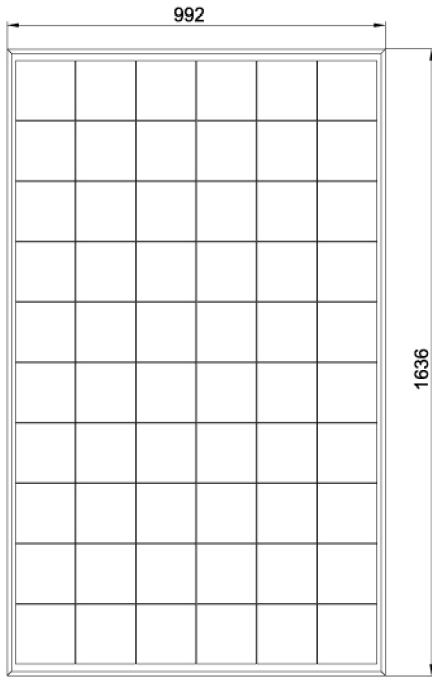
PŘÍLOHA D – SIMULACE STÁVÁJÍCÍ FVE S BATERIOVÝM ÚLOŽIŠTĚM

Dokumentace pro všechny vytvořené simulace je uložena na přiloženém CD.

XZST-220W
to XZST-230W



Specifications



Dimensions(HxWxD)	Number of cells	Cell Size	Weight
1636×992×45 mm	60 pcs (6×10)	Polycrystalline 156×156 mm	18 kg

Characteristics

Model	XZST-220W	XZST-230W
Open Circuit Voltage (Voc)	36.30	36.30
Maximum Power Voltage (Vmp)	29.20	29.40
Short Circuit Current (Isc)	7.97	8.34
Maximum Power Current (Imp)	7.53	7.82
Maximum Power (Pm)	220 W	230 W

STC:Irradiance 1000W/m² Module temperature25°C AM=1.5

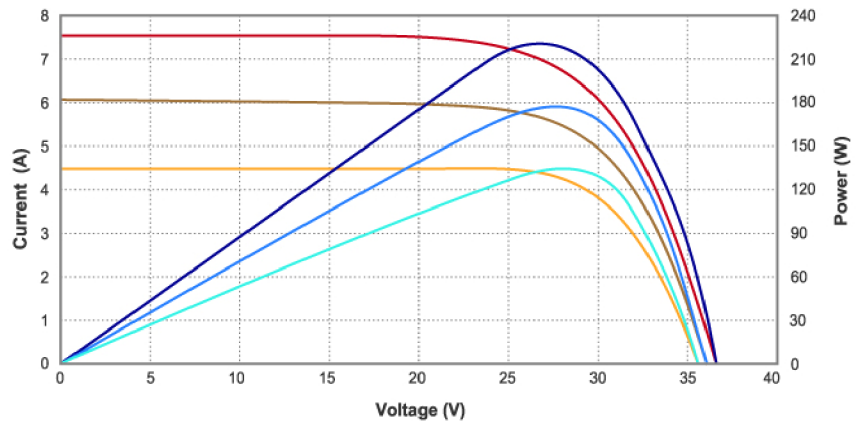
Temperature and Coefficients

NOCT	48 ± 2 °C
Coefficient Current TK	0.10% °C
Coefficient Voltage TK	-0.37% °C
Coefficient Power TK	-0.45% °C

Limits

Working Temperature	-40 ~ 85 °C
Max System Voltage	1000 (DC)

CurrentPower v.s. Voltage Characteristics



— STC IV Data — 800W/m² IV Data — 600W/m² IV Data — STC PV Data — 800W/m² PV Data — 600W/m² PV Data



AC-230P/156-60S
 AC-235P/156-60S
 AC-240P/156-60S

www.axitecsolar.com








AXITEC
 high quality german solar company

AXIpower

60 cell / polycrystalline photovoltaic modules

High performance photovoltaic modules
 Made in Asia

The advantages:

- 
10 years manufacturer guarantee
- 
Guaranteed positive power tolerance from 0-5 Wp by individual measurement
- 
Maximum 5400 Pa snow load
- 
100 % electroluminescence inspection
- 
High stability due to AXITEC-Soft-Grip-Seam aluminium frame construction
- 
High quality junction box (30 A) and connector systems
- 
Sorting by Impv

Exclusive linear AXITEC high performance guarantee!

- 15 years manufacturer's guarantee on 90 % of the nominal performance
- 25 years manufacturer's guarantee on 85 % of the nominal performance

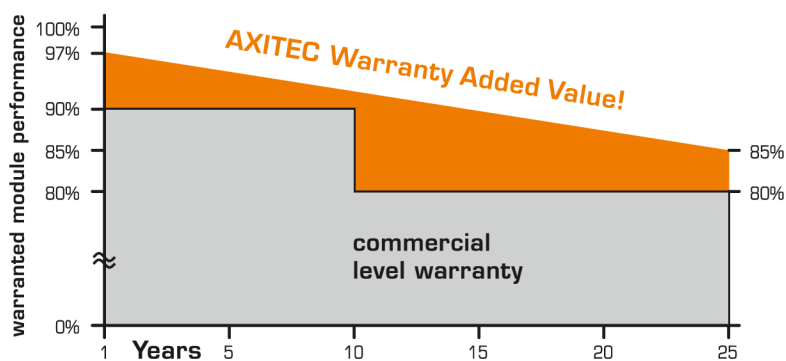


Fig. similar 60P156GB120206A



Management system TÜV-certified
 DIN ISO 9001:2008, Reg.-No. 12 100 34403



Qualified, IEC 61215
 Safety tested, IEC 61730
 Periodic inspection



Full Member of PV CYCLE

Distributed by:



Qualified, IEC 61215
Safety tested, IEC 61730
Periodic inspection



Electrical data (at standard conditions (STC) solarisation 1000 watt/m², spectrum AM 1.5 at a cell temperature of 25° C)

Type	Nominal output P _{mpp}	Nominal voltage U _{mpp}	Nominal current I _{mpp}	Short circuit current I _{sc}	Open circuit voltage U _{oc}	Module conversion efficiency
AC-230P/156-60S	230 Wp	30,00 V	7,67 A	8,34 A	36,80 V	14,14 %
AC-235P/156-60S	235 Wp	30,10 V	7,81 A	8,44 A	36,80 V	14,45 %
AC-240P/156-60S	240 Wp	30,25 V	7,98 A	8,50 A	37,20 V	14,75 %

Design

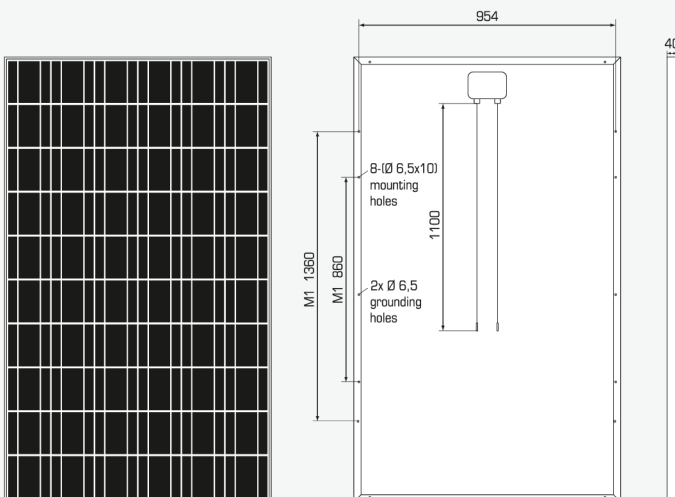
Frontside	3,2 mm hardened, low-reflection white glass
Cells	60 polycrystalline high efficiency cells 156 mm x 156 mm (6")
Backside	Composite film
Frame	40 mm silver anodized aluminium frame

Mechanical data

L x W x H	1640 x 992 x 40 mm
Weight	20,0 kg with frame

Power connection

Socket	Protection Class IP65 (3 bypass diodes)
Wire	approx. 1,1 m, 4 mm ²
Plug-in system	Plug/socket IP67, MC4 mateable



All dimensions in mm

Limit values

System voltage	1000 VDC
NOCT (nominal operating cell temperature)*	45°C +/-2K
Max. load-carrying capacity	5400 N/m ²
Reverse current feed IR	16,0 A

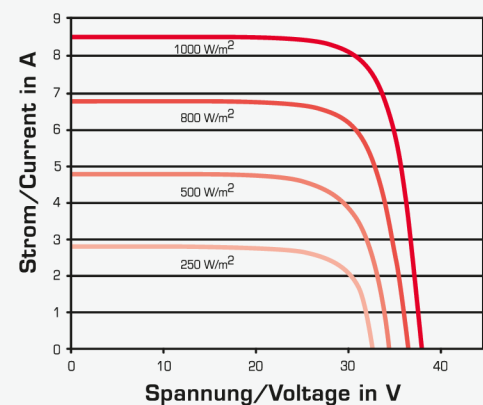
(No external voltages greater than V_o may be applied to the module)

* NOCT, irradiance 800W/m²; AM 1,5; wind speed 1m/s; Temperature 20°C

Temperature coefficients

Voltage U _{oc}	-0,33 %/K
Current I _{sc}	0,06 %/K
Output P _{mpp}	-0,44 %/K

I-U characteristic curve at 1000-800-500-250 W/m²



Example for AC-235P/156-60S

HyPro STP315S - 20/Wfh

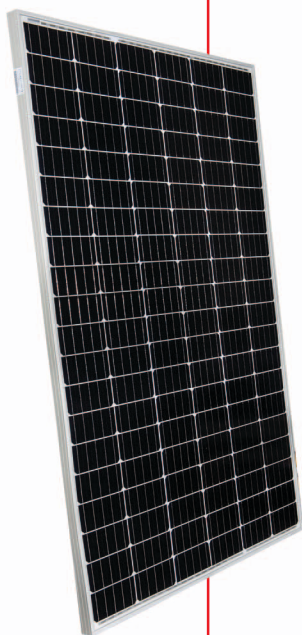
STP310S - 20/Wfh

STP305S - 20/Wfh



315 Watt

MONO HALF CELL SOLAR MODULE



Features



High power output
Compared to normal module, the power output can increase 5W-10W



High PID resistant
Advanced cell technology and qualified materials lead to high resistance to PID



Excellent weak light performance
More power output in weak light condition, such as haze, cloudy, and morning



Lower hot spots
Reduce the hot spots and minimize panel degradation



Extended wind and snow load tests
Module certified to withstand extreme wind (3800 Pascal) and snow loads (5400 Pascal) *



High system voltage compatible
Maximum 1500 V DC system voltage reduces total system cost

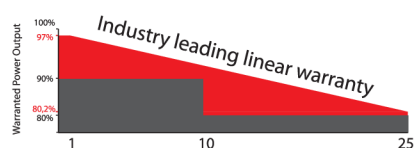
Certifications and standards:
IEC 61215, IEC 61730, conformity to CE



Trust Suntech to Deliver Reliable Performance Over Time

- World-class manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Unrivaled manufacturing capacity and world-class technology
- Rigorous quality control meeting the highest international standards: ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 and ISO17025: 2005
- Regular independently checked production process from international accredited institute/company
- Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing testing: IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2-68)***
- Long-term reliability tests
- 2 x 100% EL inspection ensuring defect-free modules

Industry-leading Warranty based on nominal power



- 97% in the first year, thereafter, for years two (2) through twenty-five (25), 0.7% maximum decrease from MODULE's nominal power output per year, ending with the 80.2% in the 25th year after the defined WARRANTY STARTING DATE****
- 12-year product warranty
- 25-year linear performance warranty

Special Cell Design



The unique cell design leads to reduced electrodes resistance and smaller current, thus enables higher fill factor and decrement of CTM losses. Meanwhile, it can reduce losses of mismatch and cell wear, and increase total reflection.

IP68 Rated Junction Box



The Suntech IP68 rated junction box ensures an outstanding waterproof level, supports installations in all orientations and reduces stress on the cables. High reliable performance, low resistance connectors ensure maximum output for the highest energy production.

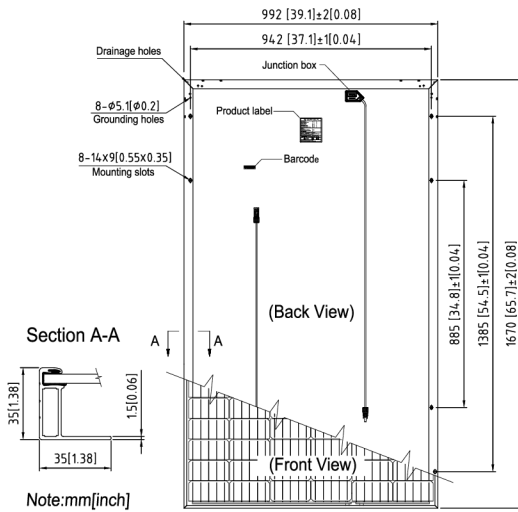
* Please refer to Suntech Standard Module Installation Manual for details. **WEEE only for EU market.

*** Please refer to Suntech Product Near-coast Installation Manual for details. **** Please refer to Suntech Product Warranty for details.

HyPro STP315S - 20/Wfh

STP310S - 20/Wfh

STP305S - 20/Wfh



Electrical Characteristics

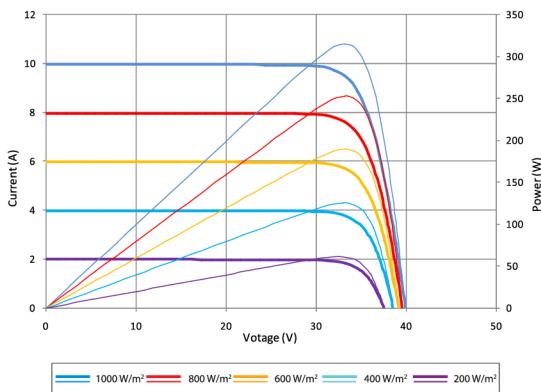
STC	STP315S-20/Wfh	STP310S-20/Wfh	STP305S-20/Wfh
Maximum Power at STC (Pmax)	315 W	310 W	305 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	33.1 V	32.9 V	32.7 V
Optimum Operating Current (Imp)	9.52 A	9.43 A	9.33 A
Open Circuit Voltage (Voc)	39.9 V	39.7 V	39.5 V
Short Circuit Current (Isc)	9.96 A	9.88 A	9.80 A
Module Efficiency	19.0%	18.7%	18.4%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C		
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)		
Maximum Series Fuse Rating	20 A		
Power Tolerance	0/+5 W		

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5; Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

NOCT	STP315S-20/Wfh	STP310S-20/Wfh	STP305S-20/Wfh
Maximum Power at NOCT (Pmax)	232.5 W	228.9 W	225.3 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.4 V	30.2 V	29.9 V
Optimum Operating Current (Imp)	7.66 A	7.59 A	7.53 A
Open Circuit Voltage (Voc)	36.8 V	36.6 V	36.4 V
Short Circuit Current (Isc)	8.06 A	8.00 A	7.93 A

NOCT: Irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, AM=1.5, wind speed 1 m/s; Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (315S)



Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.40 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.060 %/°C

Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon 6 inches Half Cell
No. of Cells	120 (6 × 20)
Dimensions	1670 × 992 × 35mm (65.7 × 39.1 × 1.4 inches)
Weight	18.5 kgs (40.8 lbs.)
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	4.0 mm ² (0.006 inches ²), symmetrical lengths (-) 1200mm (47.24 inches) and (+) 1200 mm (47.24 inches)
Connectors	MC4 compatible

Dealer information



Packing Configuration

Container	20' GP	40' HC
Pieces per pallet	30	30
Pallets per container	6	26
Pieces per container	180	780

Information on how to install and operate this product is available in the installation instruction. All values indicated in this data sheet are subject to change without prior announcement. The specifications may vary slightly. All specifications are in accordance with standard EN 50380. Color differences of the modules relative to the figures as well as discolorations of/in the modules which do not impair their proper functioning are possible and do not constitute a deviation from the specification.

Název projektu: stávající FVE s bateriovým úložištěm

24.05.2022

Váš FV systém

Adresa instalace



Přehled projektu



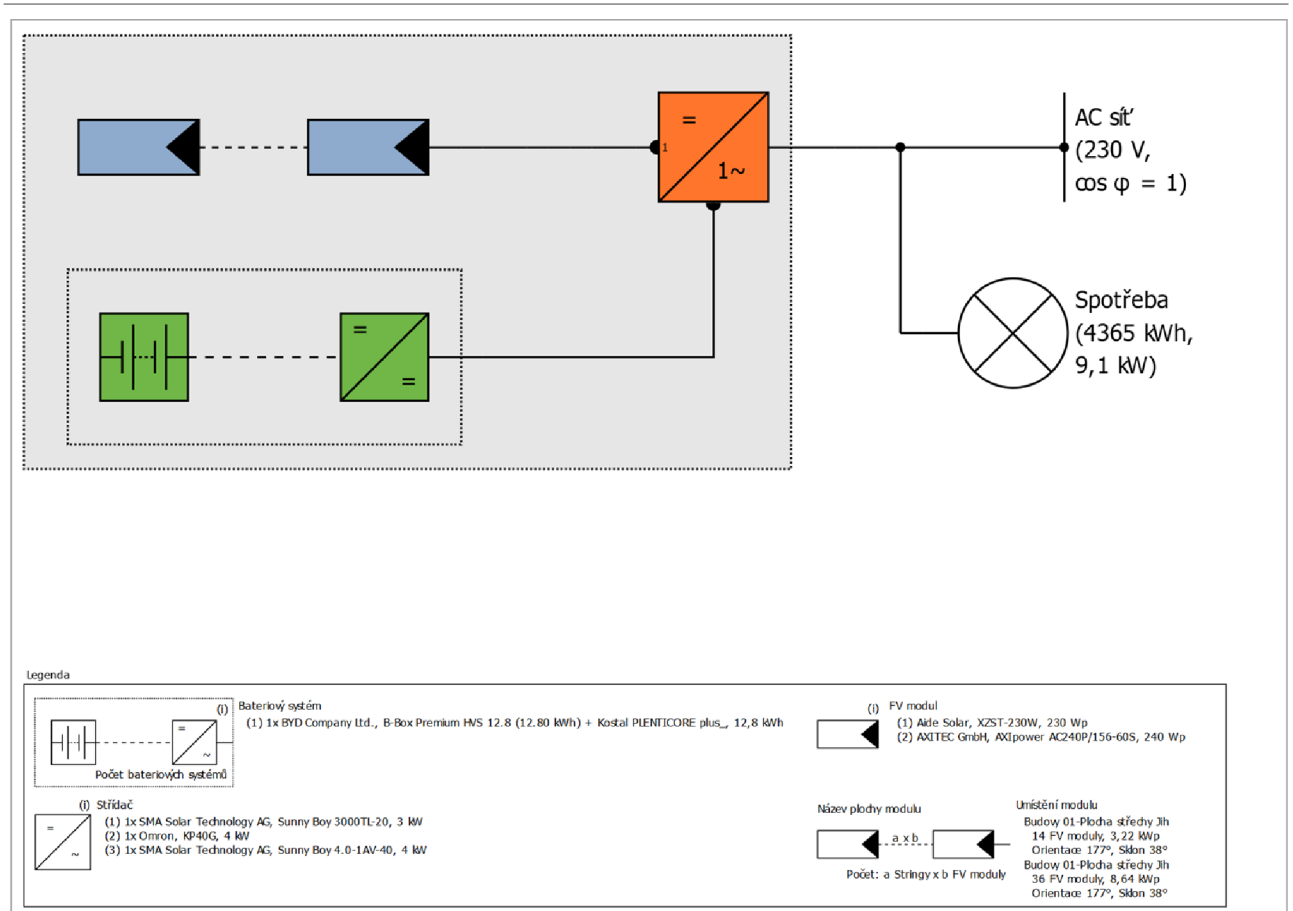
Obrázek: Obrazový přehled, 3D Návrh

FV systém

3D, Fotovoltaický systém s elektrickými spotřebiči a akumulátorovými systémy připojený k rozvodné síti

Klimatická data	Libivá, CZE (1996 - 2015)
Zdroj hodnot	Meteonorm 8.1(i)
Instalovaný výkon	11,86 kWp
Plocha FV modulů	81,3 m ²
Počet FV modulů	50
Počet měničů	3
Počet bateriových systémů	1

stávající FVE s bateriovým úložištěm



Obrázek: Schéma zapojení

Prognóza výnosů

Prognóza výnosů

Instalovaný výkon	11,86 kWp
Spec. Roční výnos	1 023,76 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	80,38 %
Snížení výnosu zastíněním	5,0 %/Rok
Energetický výnos FVS (AC síť) s baterií	12 004 kWh/Rok
Přímá vlastní spotřeba	2 945 kWh/Rok
Ztráta energie omezením výkonu v místě připojení	0 kWh/Rok
Dodávka/napájení síť	9 063 kWh/Rok
Podíl vlastní spotřeby	24,4 %
Snížení emisí CO ₂	5 553 kg/rok
Stupeň soběstačnosti	67,2 %

Hospodárnost

Váš zisk

Celkové investiční náklady	180 000,00 Kč
Vnitřní míra návratnosti (IRR)	40,32 %
Doba amortizace	2,5 Roky
Vlastní výrobní náklady elektrické energie	0,7152 Kč/kWh
Energetická bilance / Princip napájení	Napájení přebytkem

Výsledky byly zjištěny matematickým modelovým výpočtem firmy Valentin Software GmbH (algoritmy PV*SOL). Skutečné výnosy solární elektrárny se mohou lišit z důvodu výkyvů počasí, stupně účinnosti modulů a měničů a také jiných faktorů.

Konstrukce zařízení

Přehled

Data zařízení

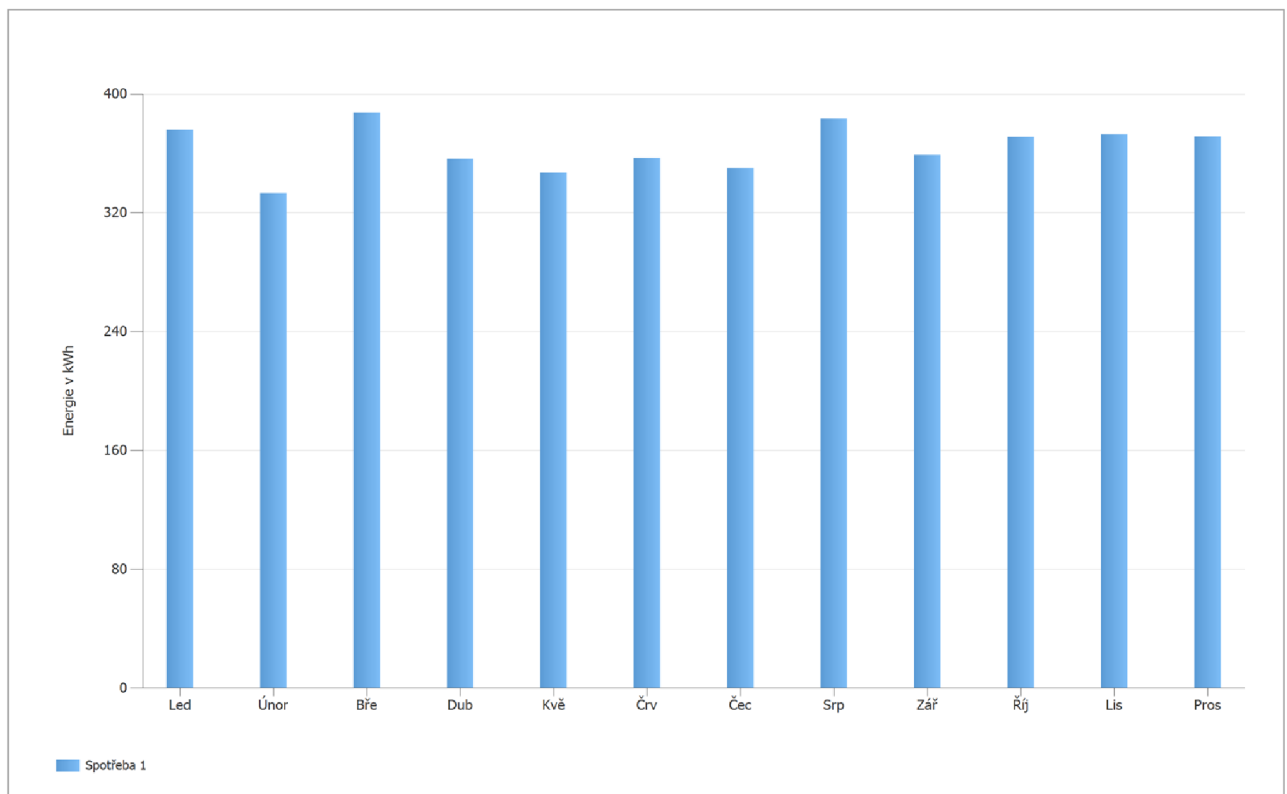
Druh zařízení	3D, Fotovoltaický systém s elektrickými spotřebiči a akumulátorovými systémy připojený k rozvodné síti
---------------	--

Klimatická data

Lokalita	Libivá, CZE (1996 - 2015)
Zdroj hodnot	Meteonorm 8.1(i)
Řešení dat	1 h
Použité simulační modely:	
- Difúzní záření na vodorovné rovině	Hofmann
- Intenzita záření na skloněnou plochu	Hay & Davies

Spotřeba

Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby	4365 kWh
Domácnost se 2 osobami	3304 kWh
Bojler1	1061 kWh
Špičkové zatížení	9,1 kW



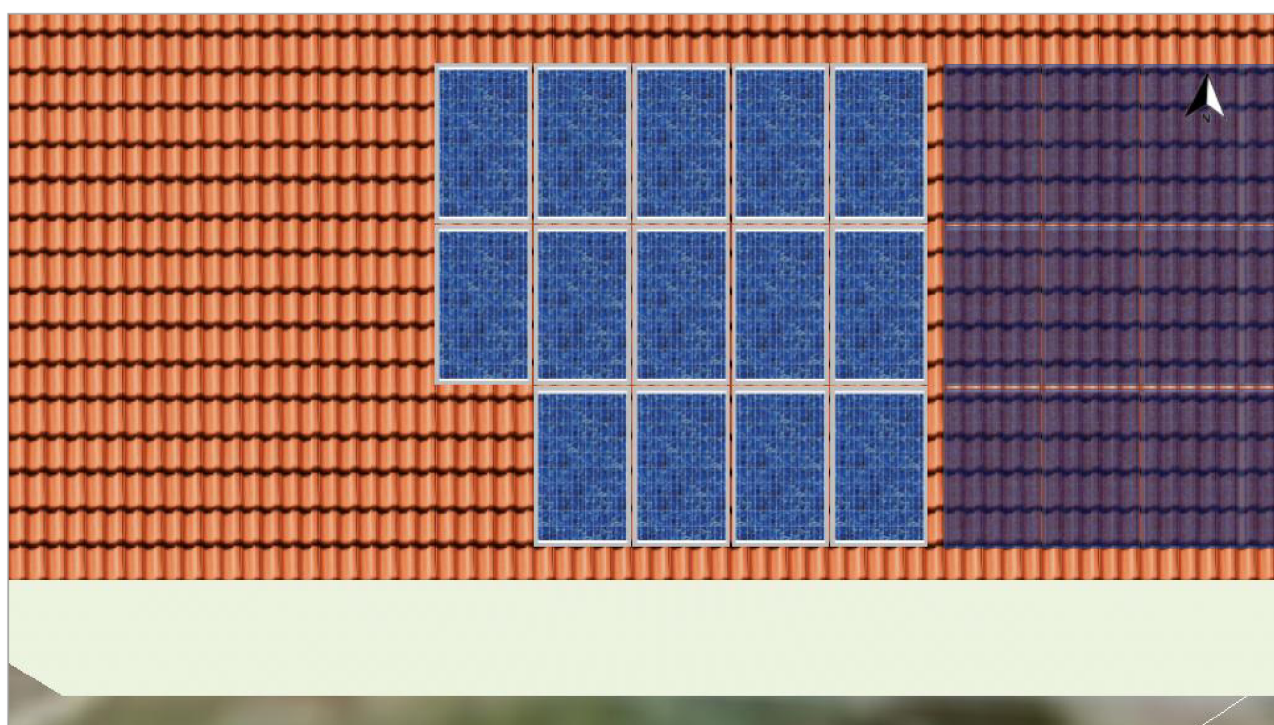
Obrázek: Spotřeba

Plochy modulů

1. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jih

FV generátor, 1. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jih

Jméno	Budovy 01-Plocha střechy Jih
FV moduly	14 x XZST-230W (v1)
Výrobce	Aide Solar
Sklon	38 °
Orientace	Jih 177 °
Situace při vestavbě	Souběžně se střechou – dobře větráno zezadu
Plocha FV modulů	22,7 m ²



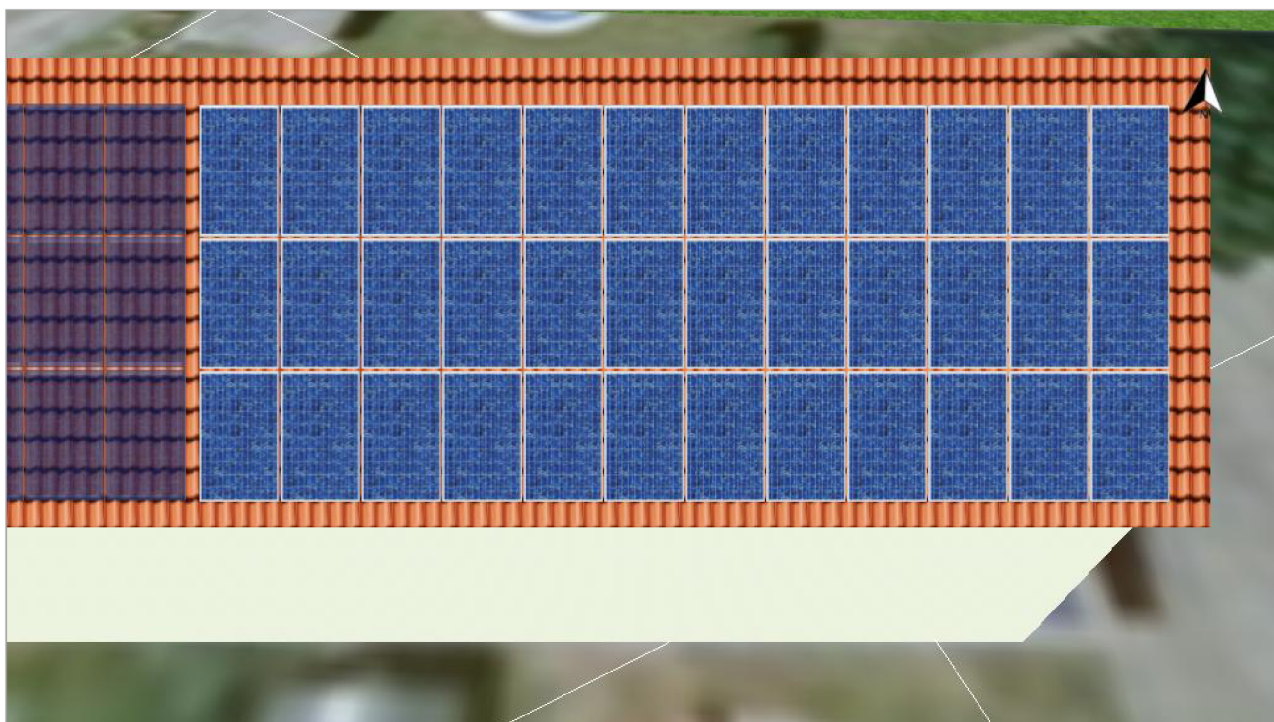
Obrázek: 1. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jih

stávající FVE s bateriovým úložištěm

2. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jih

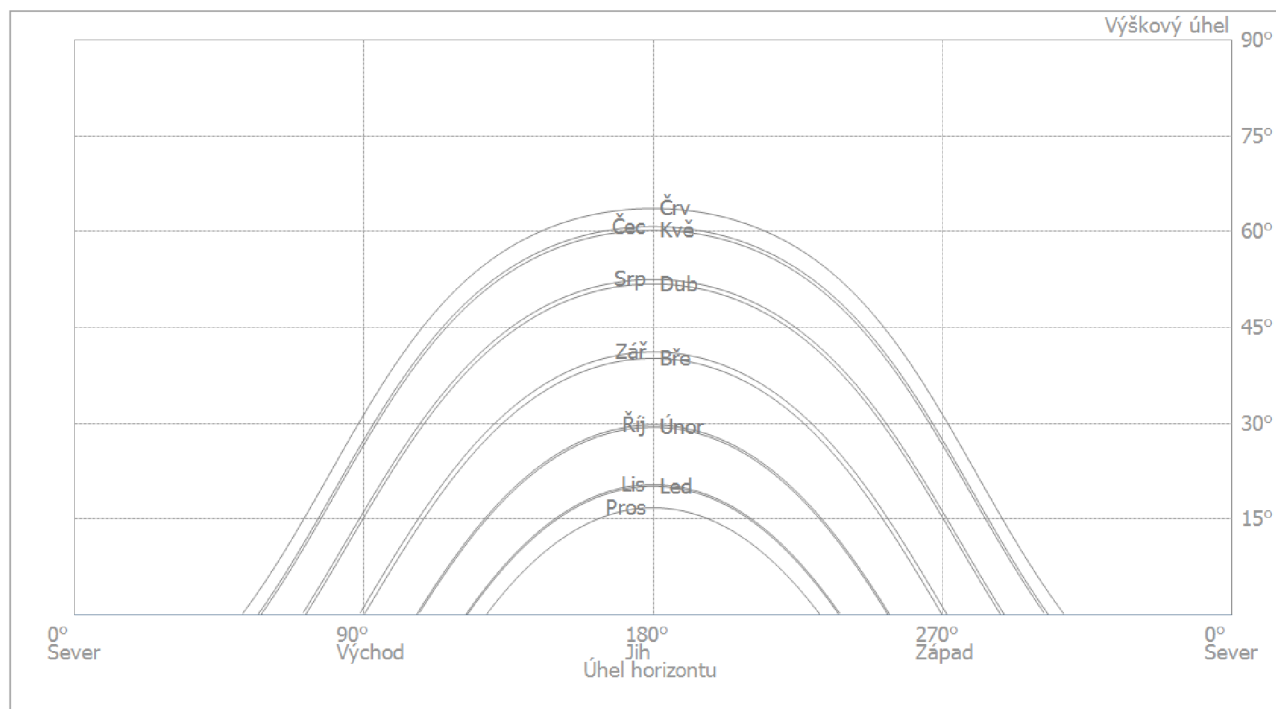
FV generátor, 2. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jih

Jméno	Budovy 01-Plocha střechy Jih
FV moduly	36 x AXIpower AC240P/156-60S (v1)
Výrobce	AXITEC GmbH
Sklon	38 °
Orientace	Jih 177 °
Situace při vestavbě	Souběžně se střechou – dobře větráno zezadu
Plocha FV modulů	58,6 m ²



Obrázek: 2. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jih

Linie horizontu, 3D Návrh



Obrázek: Horizont (3D Návrh)

Konfigurace měniče

Konfigurace 1

Umístění modulu	Budovy 01-Plocha střechy Jih
Střídač 1	
Model	Sunny Boy 3000TL-20 (v2)
Výrobce	SMA Solar Technology AG
Počet	1
Faktor dimenzování střídače	107,3 %
Konfigurace	MPP 1: 2 x 7

Konfigurace 2

Umístění modulu	Budovy 01-Plocha střechy Jih
Střídač 1	
Model	KP40G (v5)
Výrobce	Omron
Počet	1
Faktor dimenzování střídače	108 %
Konfigurace	MPP 1: 1 x 9 MPP 2: 1 x 9
Střídač 2	
Model	Sunny Boy 4.0-1AV-40 (v2)
Výrobce	SMA Solar Technology AG
Počet	1
Faktor dimenzování střídače	108 %
Konfigurace	MPP 1: 1 x 9 MPP 2: 1 x 9

AC síť

AC síť

Počet fází	3
Síťové napětí mezi fází a nulovým vodičem	230 V
Účinník (cos phi)	+/- 1

Bateriové systémy

Bateriový systém

Model	B-Box Premium HVS 12.8 (12.80 kWh) + Kostal PLENTICORE plus_ (v1)
Výrobce	BYD Company Ltd.
Počet	1
Bateriový měnič	
Typ připojení	Připojení DC meziobvodu
Jmenovitý výkon	6,5 kW
Baterie	
Výrobce	BYD Company Ltd.
Model	HVS (v1)
Počet	5
Energie baterie	12,8 kWh
Typ akumulátoru	Lithium-železo-fosfát (LiFePo)

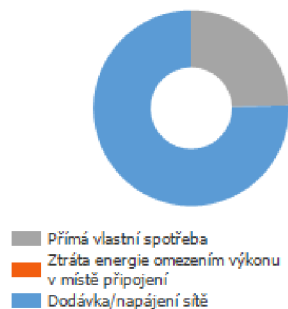
Výsledky simulace

Výsledky Celkové zařízení

FV systém

Instalovaný výkon	11,86 kWp
Spec. Roční výnos	1 023,76 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	80,38 %
Snížení výnosu zastíněním	5,0 %/Rok
Energetický výnos FVS (AC síť) s baterií	12 004 kWh/Rok
Přímá vlastní spotřeba	2 945 kWh/Rok
Ztráta energie omezením výkonu v místě připojení	0 kWh/Rok
Dodávka/napájení sítě	9 063 kWh/Rok
Podíl vlastní spotřeby	24,4 %
Snížení emisí CO ₂	5 553 kg/rok

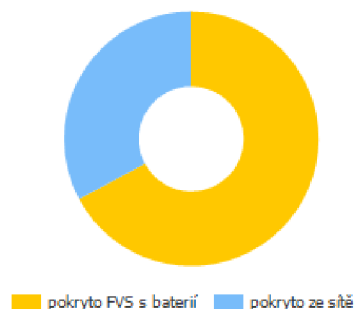
Energetický výnos FVS (AC síť) s baterií



Spotřebiče

Spotřebiče	4 365 kWh/Rok
Spotřeba v provozní pohotovosti (Střídač)	19 kWh/Rok
Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby	4 384 kWh/Rok
pokryto FVS s baterií	2 945 kWh/Rok
pokryto ze sítě	1 439 kWh/Rok
Podíl pokrytí solární energií	67,2 %

Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby



Bateriový systém

Dobití na začátku	13 kWh
Nabíjení baterie (FV systém)	1 838 kWh/Rok
Energie baterie k pokrytí spotřeby	1 681 kWh/Rok
Ztráty nabíjením/vybíjením	139 kWh/Rok
Ztráty v baterii	30 kWh/Rok
Cyklické zatížení	2,9 %
Životnost	>20 Roky

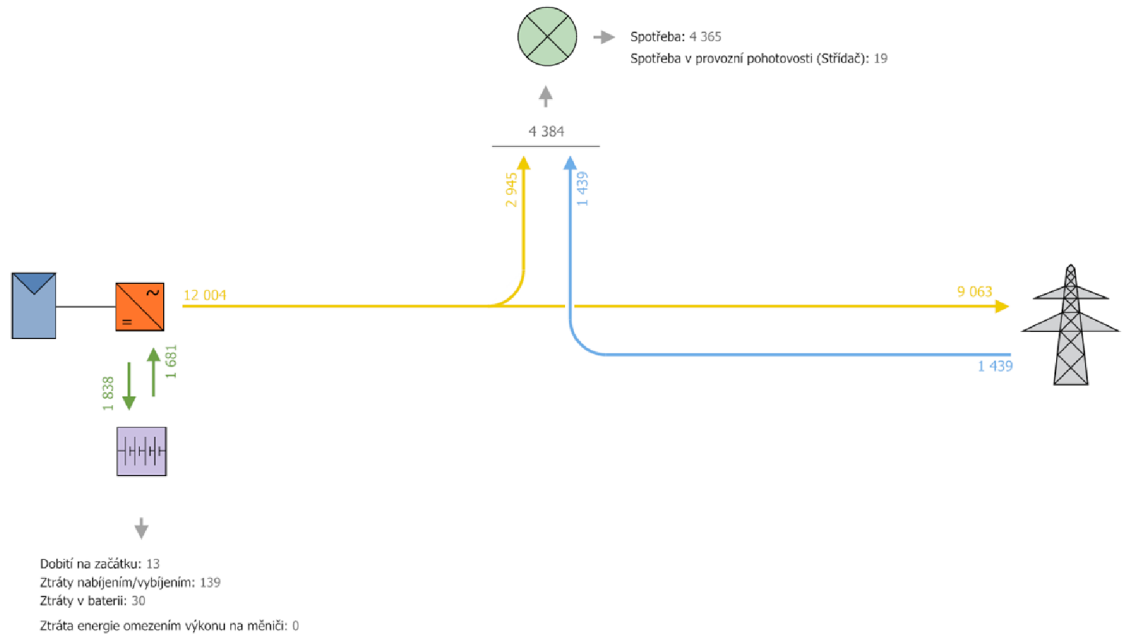
Stupeň soběstačnosti

Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby	4 384 kWh/Rok
pokryto ze sítě	1 439 kWh/Rok
Stupeň soběstačnosti	67,2 %

stávající FVE s bateriovým úložištěm

Graf toků energie

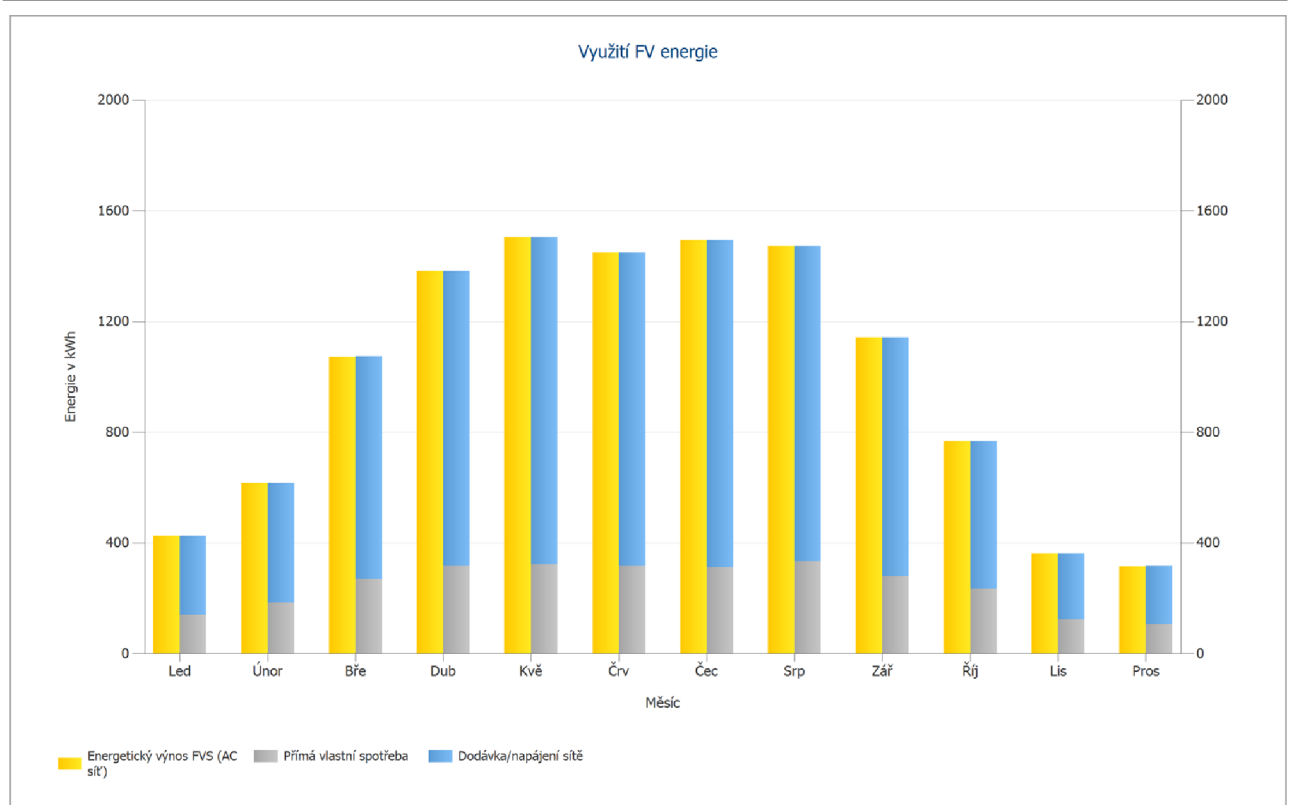
Projekt: stávající FVE s bateriovým úložištěm



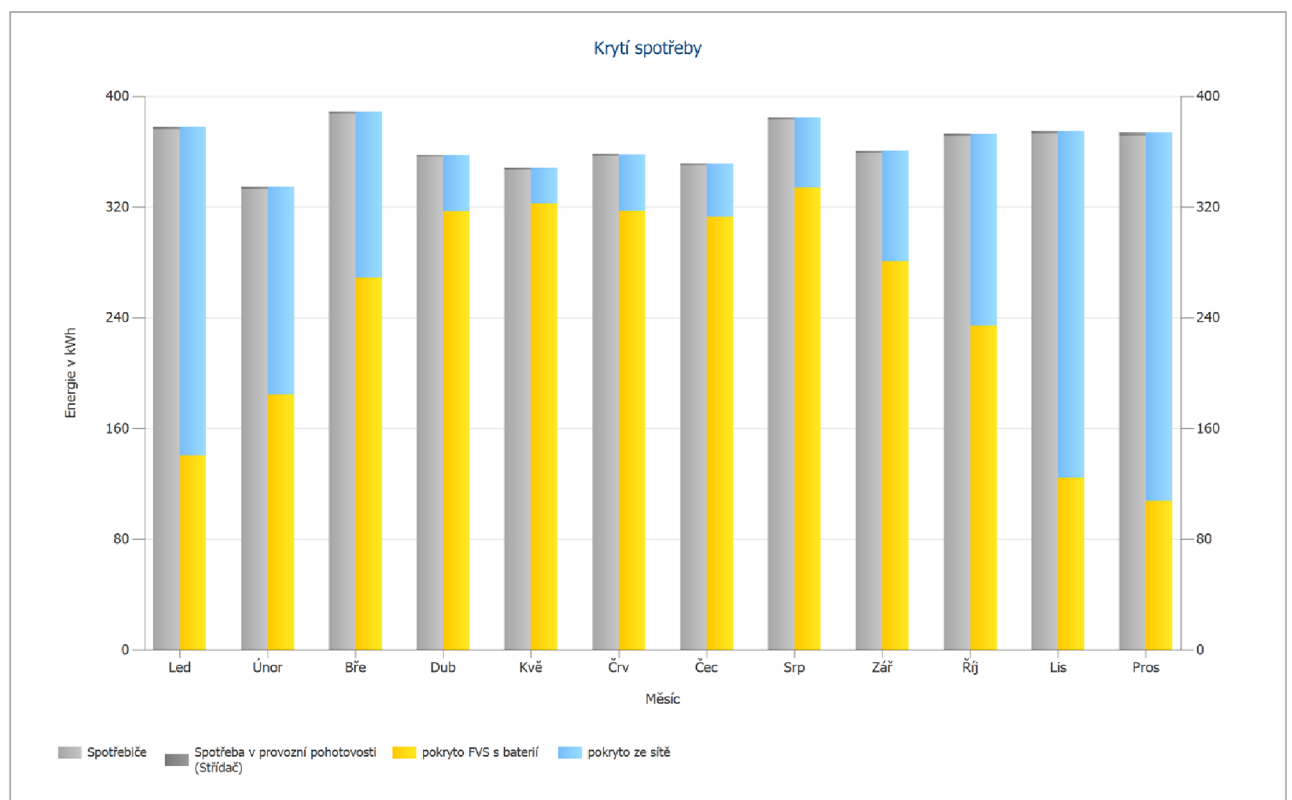
Všechny hodnoty v kWh
Vzhledem k zaokrouhlování mohou vzniknout malé odchylky v součtech
created with PV*SOL

Obrázek: Tok energie

stávající FVE s bateriovým úložištěm

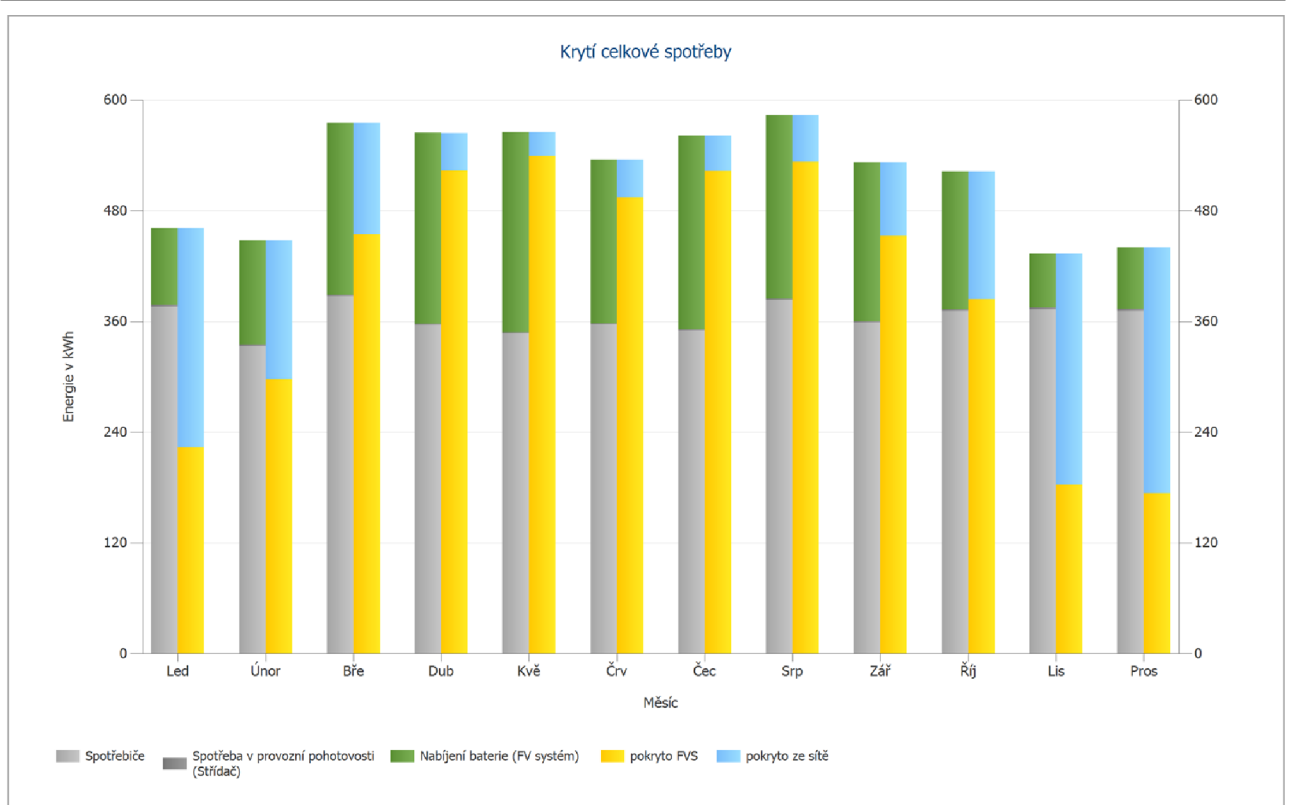


Obrázek: Využití FV energie



Obrázek: Krytí spotřeby

stávající FVE s bateriovým úložištěm



Obrázek: Krytí celkové spotřeby

Analýza ziskovosti

Přehled

Data zařízení

Síťové napájení v prvním roce (včetně degradace modulů)	9 063 kWh/Rok
Instalovaný výkon	11,9 kWp
Uvedení zařízení do provozu	21.05.2022
Sledované období	20 Roky
Úroky kapitálu	0 %

Hospodářské ukazatele

Vnitřní míra návratnosti (IRR)	40,32 %
Kumulovaný finanční tok	1 447 454,30 Kč
Doba amortizace	2,5 Roky
Vlastní výrobní náklady elektrické energie	0,7152 Kč/kWh

Přehled plateb

specifické investiční náklady	15 177,07 Kč/kWp
Investiční náklady	180 000,00 Kč
Jednorázové platby	0,00 Kč
Podpory/Dotace	0,00 Kč
Roční náklady	0,00 Kč/Rok
Ostatní výnosy nebo úspory	0,00 Kč/Rok

Odměna za úspory

Celkové odměny v prvním roce	58 627,87 Kč/Rok
Úspory v prvním roce	14 775,81 Kč/Rok

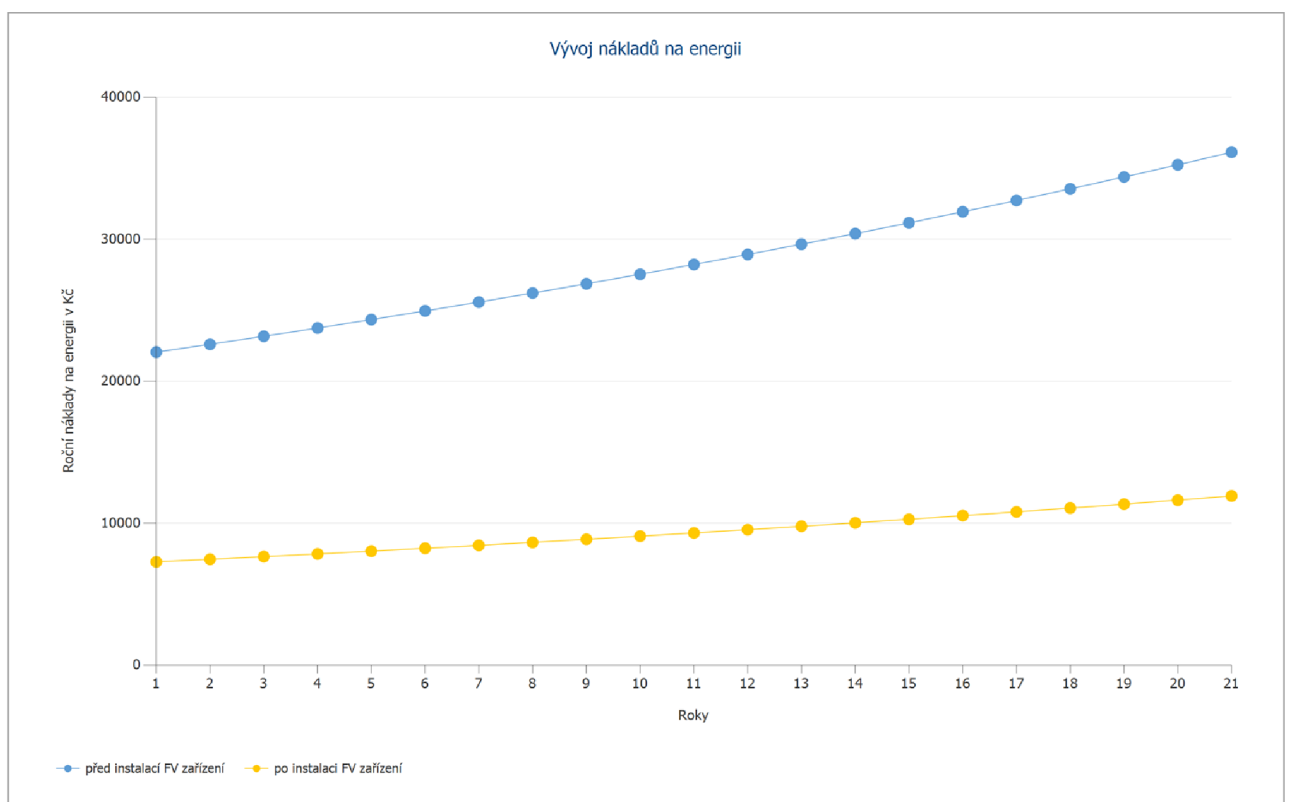
ČEZ (Example)

Cena elektřiny	5,05 Kč/kWh
Základní cena	5,05 Kč/Měsíc
Koeficient změny cen elektřiny	2.5 %/Rok

Výnosy z prodané elektřiny

Cena za přímo prodaný proud	6,47 Kč/kWh
Výnosy z prodané elektřiny	58 627,87 Kč/Rok

stávající FVE s bateriovým úložištěm



Obrázek: Vývoj nákladů na energii

Cash flow

Cash flow

	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5
Investice	-180 000,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	53 693,55 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč
Úspora energie	14 324,30 Kč	15 145,20 Kč	15 523,83 Kč	15 911,93 Kč	16 309,73 Kč
Roční finanční tok	-111 982,15 Kč	73 773,07 Kč	74 151,70 Kč	74 539,81 Kč	74 937,60 Kč
Kumulovaný finanční tok	-111 982,15 Kč	-38 209,07 Kč	35 942,63 Kč	110 482,43 Kč	185 420,03 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	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč
Úspora energie	16 717,47 Kč	17 135,40 Kč	17 563,79 Kč	18 002,89 Kč	18 452,96 Kč
Roční finanční tok	75 345,34 Kč	75 763,27 Kč	76 191,67 Kč	76 630,76 Kč	77 080,83 Kč
Kumulovaný finanční tok	260 765,37 Kč	336 528,64 Kč	412 720,31 Kč	489 351,07 Kč	566 431,90 Kč

Cash flow

	Rok 11	Rok 12	Rok 13	Rok 14	Rok 15
Investice	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč
Úspora energie	18 914,29 Kč	19 387,14 Kč	19 871,82 Kč	20 368,61 Kč	20 877,83 Kč
Roční finanční tok	77 542,16 Kč	78 015,02 Kč	78 499,69 Kč	78 996,48 Kč	79 505,70 Kč
Kumulovaný finanční tok	643 974,06 Kč	721 989,08 Kč	800 488,77 Kč	879 485,25 Kč	958 990,96 Kč

Cash flow

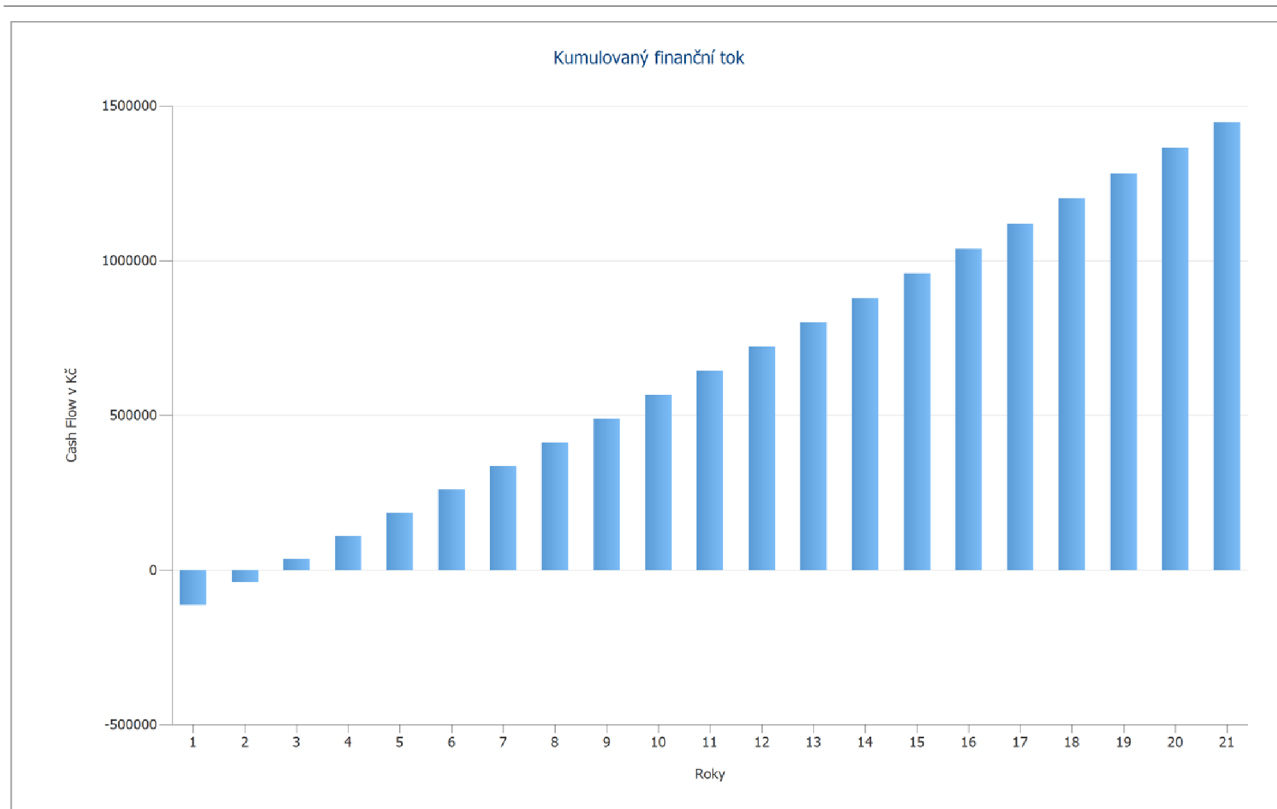
	Rok 16	Rok 17	Rok 18	Rok 19	Rok 20
Investice	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč	58 627,87 Kč
Úspora energie	21 399,77 Kč	21 934,77 Kč	22 483,13 Kč	23 045,22 Kč	23 621,34 Kč
Roční finanční tok	80 027,64 Kč	80 562,65 Kč	81 111,01 Kč	81 673,09 Kč	82 249,22 Kč
Kumulovaný finanční tok	1 039 018,60 Kč	1 119 581,24 Kč	1 200 692,25 Kč	1 282 365,34 Kč	1 364 614,56 Kč

Cash flow

	Rok 21
Investice	0,00 Kč
Výkupní tarif	58 627,87 Kč
Úspora energie	24 211,87 Kč
Roční finanční tok	82 839,75 Kč
Kumulovaný finanční tok	1 447 454,30 Kč

Procenta degradace a zvyšování cen se používají měsíčně za celé období sledování. To se děje již v prvním roce.

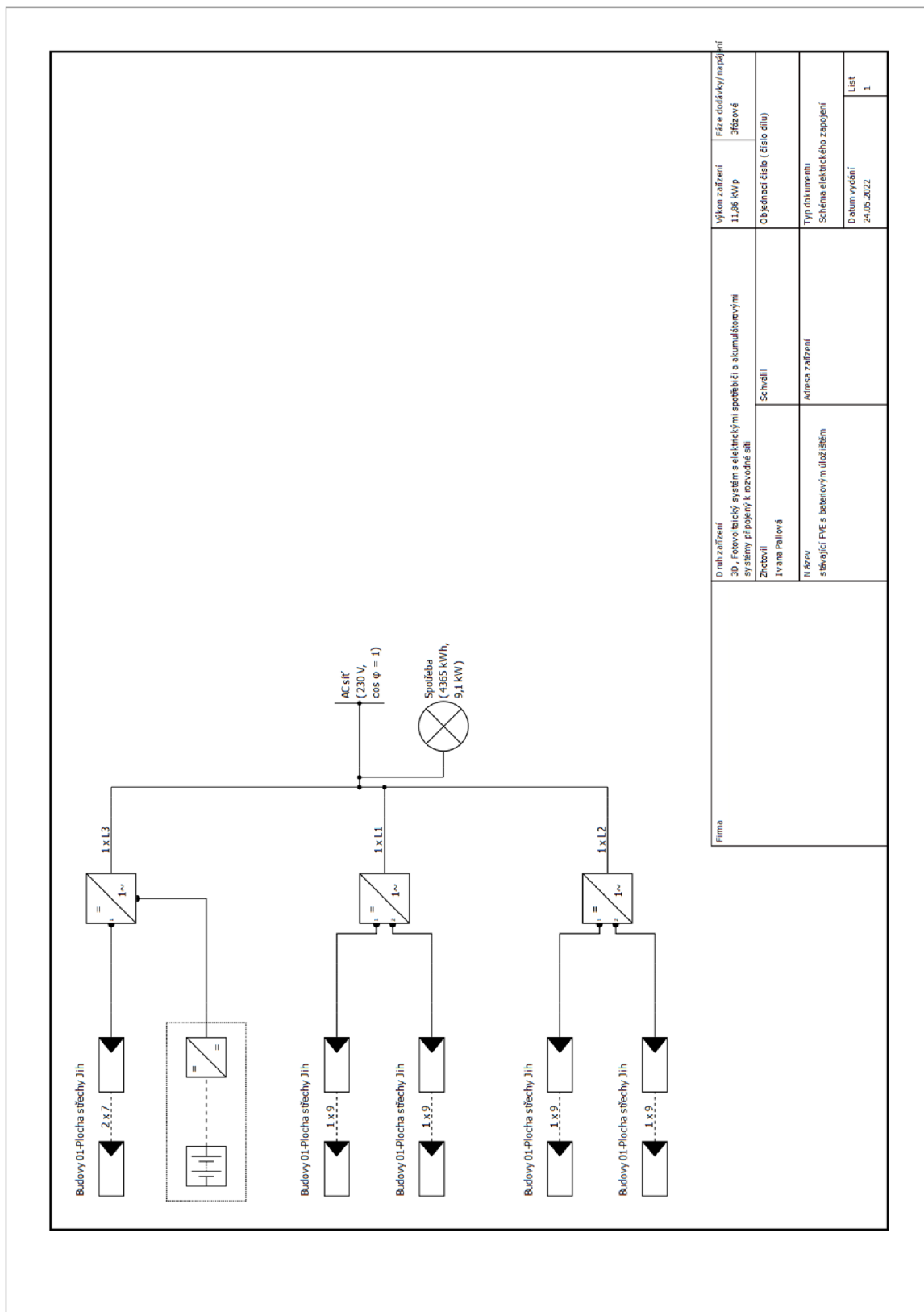
stávající FVE s bateriovým úložištěm



Obrázek: Kumulovaný finanční tok

Výkresy a kusovníky

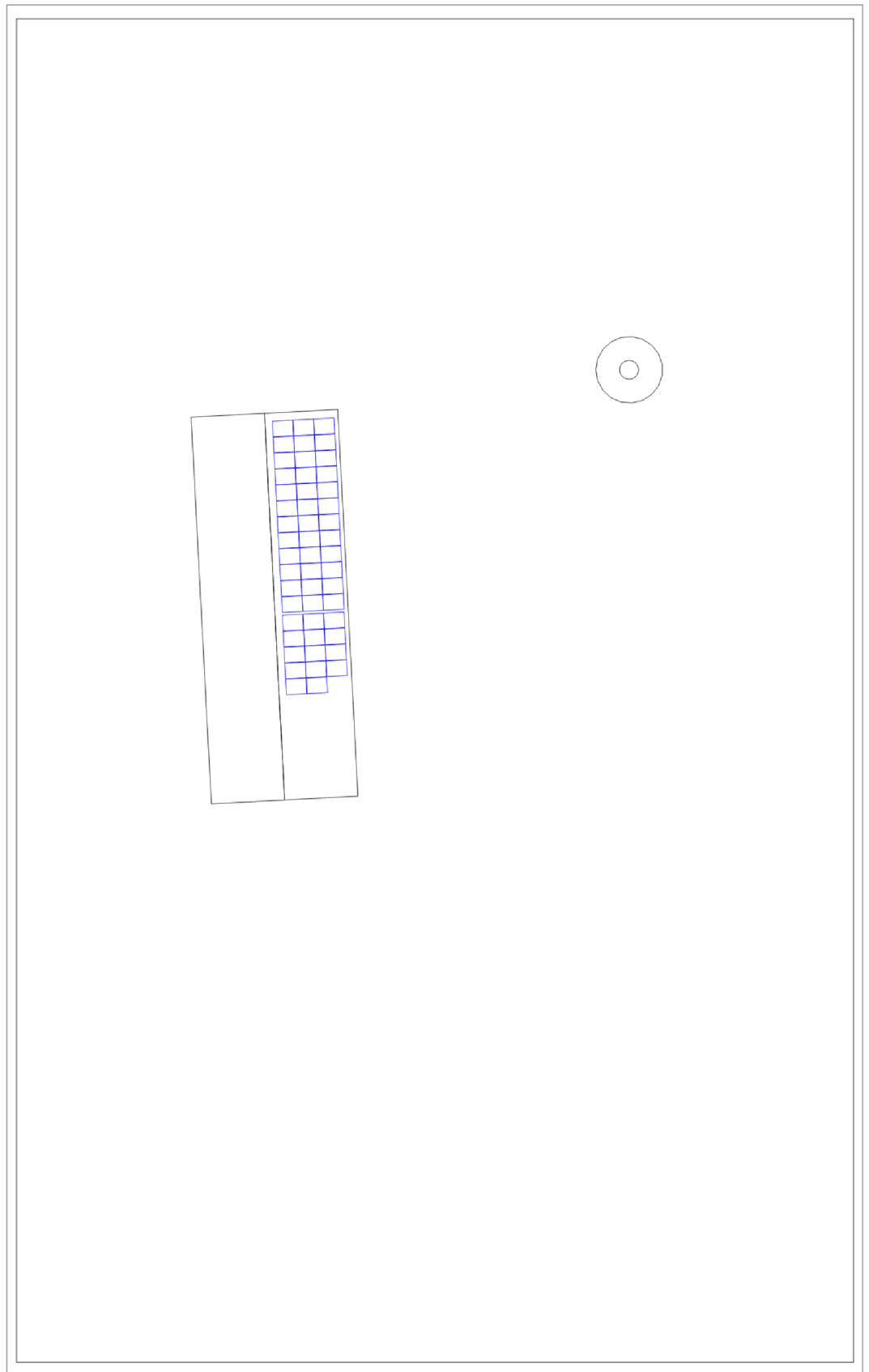
Schéma elektrického zapojení



Druh zařízení 3D Fotovoltaický systém s elektrickými spotřebiči a akumulátory systém připojený k rozvodné síti Zhotovitel Tvorná Pálková	Schválil Adresa zařízení	Výkon zařízení 11,86 kWp	Počet článků/na pájení žřezové
		Objednávací číslo (číslo dílu)	
Firma		Typ dokumentu Schéma elektrického zapojení	
Adresa zařízení stavějící FVE s bateriovým úložištěm		Datum vydání 24.05.2022	List 1

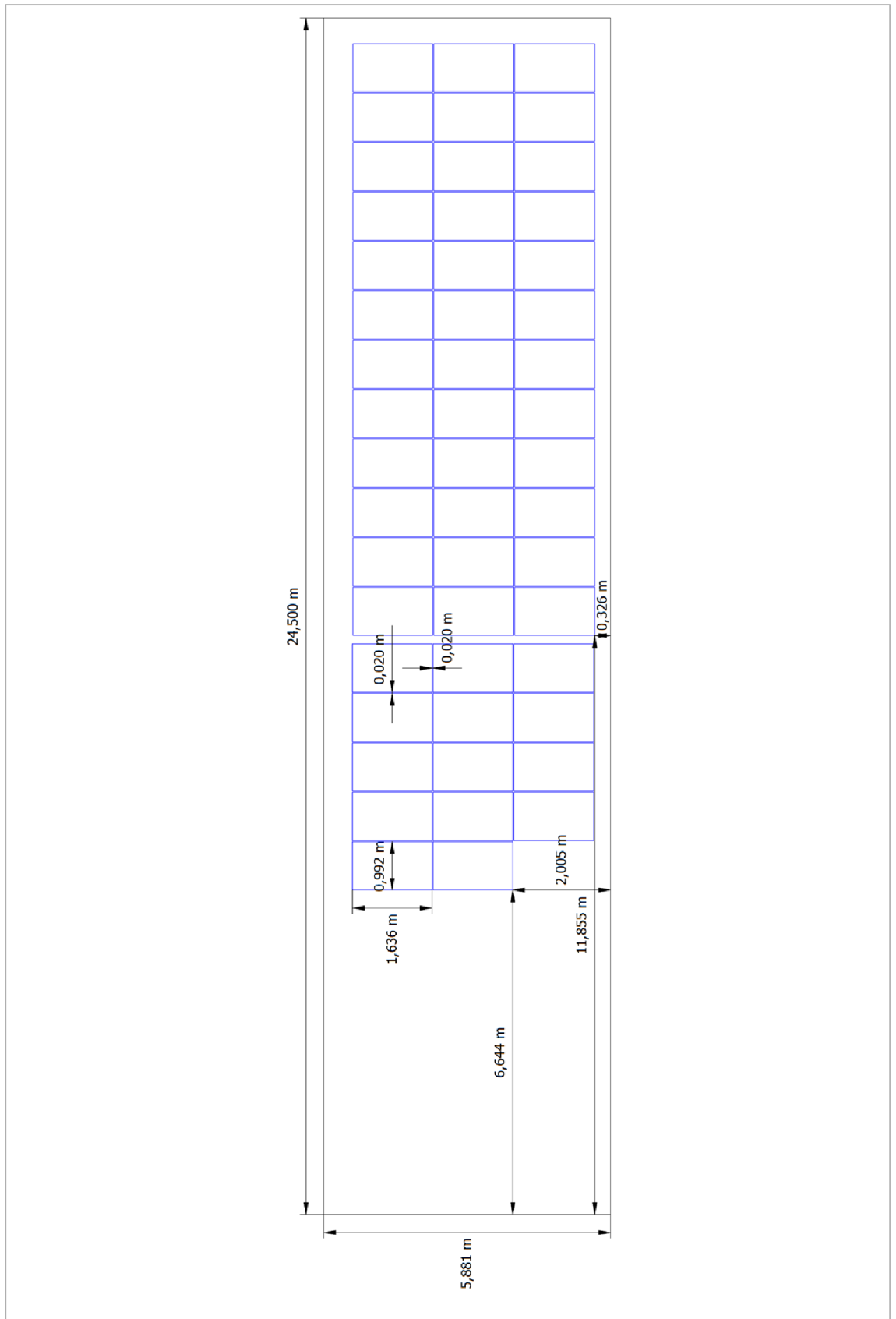
Obrázek: Schéma elektrického zapojení

Přehledový plán



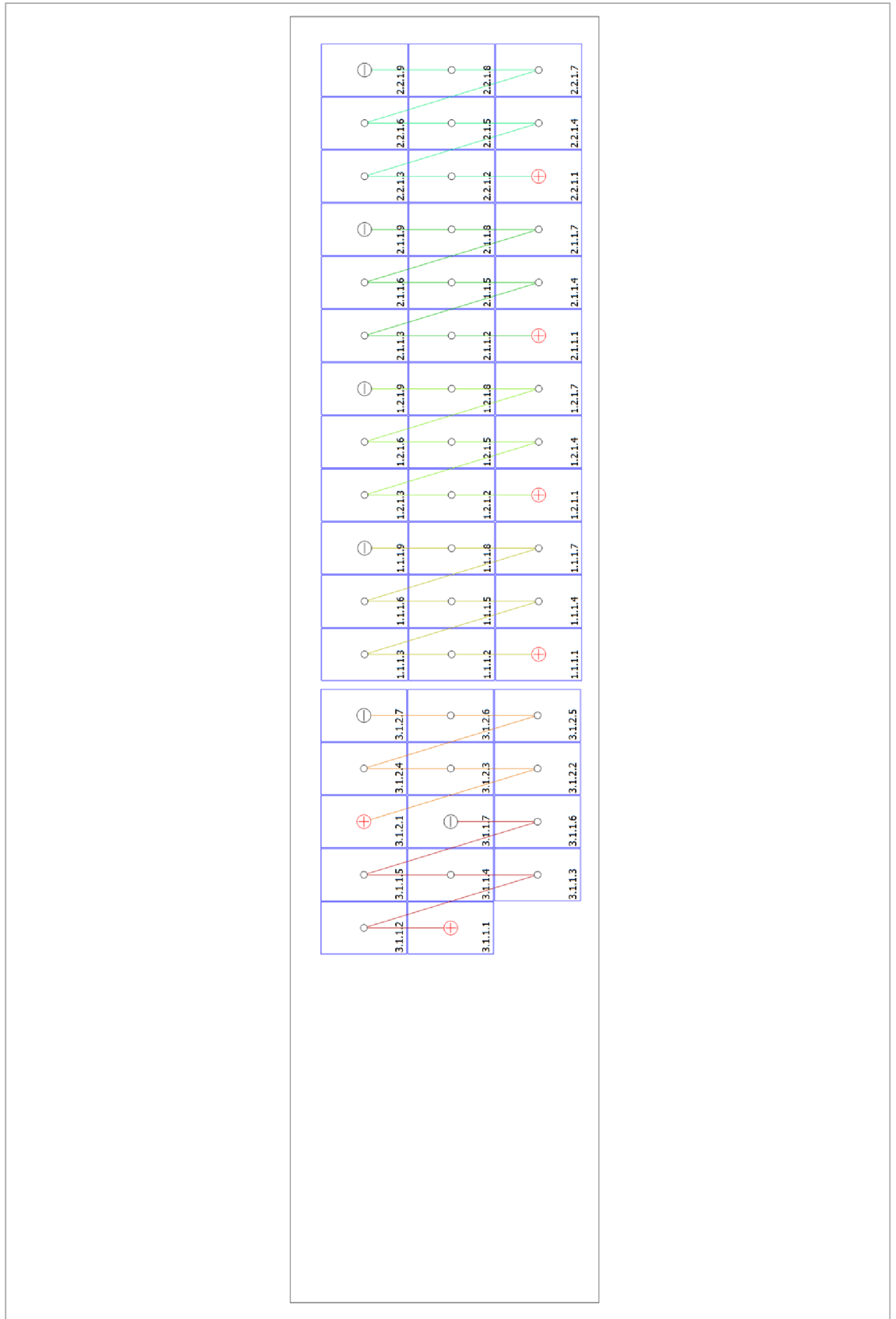
Obrázek: Přehledový plán

Rozměrový výkres



Obrázek: Budovy 01-Plocha střechy Jih

Plán stringů



Obrázek: Budovy 01-Plocha střechy Jih

Kusovník

Kusovník

#	Typ	Číslo položky	Výrobce	Jméno	Množství	Jednotka
1	FV modul		Aide Solar	XZST-230W	14	Kus
2	FV modul		AXITEC GmbH	AXIpower AC240P/156-60S	36	Kus
3	Střídač		SMA Solar Technology AG	Sunny Boy 3000TL-20	1	Kus
4	Střídač		Omron	KP40G	1	Kus
5	Střídač		SMA Solar Technology AG	Sunny Boy 4.0-1AV- 40	1	Kus
6	Bateriový systém		BYD Company Ltd.	B-Box Premium HVS 12.8 (12.80 kWh) + Kostal PLENTICORE plus_	1	Kus