

Návrh fotovoltaické elektrárny pro vybraný průmyslový objekt

Ondřej Martinec

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav bezpečnostního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Ondřej Martinec**
Osobní číslo: **A18245**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Návrh fotovoltaické elektrárny pro vybraný průmyslový objekt**
Téma práce anglicky: **Design of a Photovoltaic Power Plant for a Selected Industrial Building**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Porovnejte různé typy fotovoltaických panelů.
3. Provedte vlastní návrh fotovoltaické elektrárny.
4. Vyberte vhodné komponenty pro realizaci fotovoltaické elektrárny.
5. Vytvořte finanční rozvahu pro realizaci fotovoltaické elektrárny.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Brno: Vutium, 2000, xxiv, 1198, [28] s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 8021418699.
2. LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie. 2., dopl. vyd. Praha: Ilsa, 2010, 165 s. ISBN 9788090431157.
3. MCEVOY, A. J., T. MARKVART a Luis CASTAÑER, ed. Practical handbook of photovoltaics: fundamentals and applications. 2nd ed. Waltham, MA: Academic Press, ©2012., 1 online zdroj (xxiv, 1244 pages). ISBN 9780123859341.
4. GREEN, Martin A. Third generation photovoltaics: advanced solar energy conversion. Berlin: Springer, [2006], xi, 160 s. Springer series in photonics. ISBN 3540265627.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Martínek, Ph.D.**
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce: **17. ledna 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2022**

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Jan Valouch, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. ledna 2022

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Náplní této bakalářské práce je návrh fotovoltaické elektrárny na průmyslový objekt. Práce je rozdělena na dvě základní části. První část je teoretická a zaměřuje se na všeobecnou problematiku fotovoltaických článků. Je zde popsán přenos energie od slunce, přes fotovoltaickou elektrárnu, až do běžné domácnosti. Také je zde zmíněna technologie, principy, které fotovoltaické panely využívají. Druhá část práce je praktická část. V ní jsou provedeny typy návrhů elektrárny a jejich následné vyhodnocení. Dále je definováno, jaké technologie jsou využity pro realizování fotovoltaické elektrárny. Závěrem je zmíněna finanční rozvaha navrhované elektrárny.

Klíčová slova: fotovoltaický panel, fotovoltaická elektrárna, sluneční energie, akumulace energie, obnovitelný zdroj energie

ABSTRACT

The content of this bachelor thesis is the design of photovoltaic power plants for an industrial building. The work is divided to two basic parts, the theoretical part and the practical part. The first part is theoretical and it's focuses on the general issues of photovoltaic cells. There is a description of the energy transfer from the sun, through the photovoltaic power plant, to the ordinary household. There is also a reference to technology, the principles that photovoltaic panels use. The second part of the work is the practical part. It carries out the types of power plant designs and their subsequent evaluation. It is further defined what technologies are used to implement the photovoltaic power plant. Finally, the financial balance sheet of the proposed power plant is mentioned.

Keywords: photovoltaic panel, photovoltaic power plant, solar energy, energy storage, renewable energy source

Poděkování:

Za zpracování této práce jsem vděčný hned několika osobám. Rád bych tak vyjádřil vděk panu Karlovi, panu Zdeňkovi za jejich praktické rady a doporučení, které mi mnohdy pomohli podívat se na danou problematiku z více perspektiv.

Dále bych chtěl velmi poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Tomáši Martínkovi, Ph.D. za jeho čas, velmi vstřícnou a častou zpětnou vazbu. Díky jeho předmětným připomínkám nabyla tato práce o mnoho více užitečných informací.

Na závěr bych chtěl tradičně poděkovat rodině, která mi byla ve všem nápomocná.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 SLUNEČNÍ ENERGIE	10
1.1 SLUNCE	10
1.2 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	10
1.2.1 Fotony	10
1.2.2 Fakty o slunečním záření	12
1.2.3 Vlivy ovlivňující dopad slunečního záření na Zemi	12
1.2.4 Dělení slunečního záření	14
1.2.5 Přímé a difúzní záření	15
2 FOTOVOLTAIKA	17
2.1 HISTORIE FOTOVOLTAIKY	17
2.2 FOTOELEKTRICKÝ JEV	17
2.2.1 Popis fotoelektrického jevu.....	18
3 POHLED NA FVE A ENERGETIKU V ČR	20
3.1 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ V ČR.....	20
3.1.1 Historie FVE v ČR.....	21
3.1.2 Podíl výroby energie	21
4 FOTOVOLTAICKÉ PANELE A TECHNOLOGIE	22
4.1 ÚVOD DO FOTOVOLTAICKÝCH PANELEŮ.....	22
4.1.1 Solární kolektor ≠ fotovoltaický panel.....	22
4.1.2 Jednotka Wp.....	22
4.2 SOLÁRNÍ ČLÁNEK	23
4.2.1 Výkon solárního článku	23
4.2.2 Životnost solárních článků	25
4.3 DĚLENÍ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ	26
4.4 DĚLENÍ FV PANELEŮ.....	26
4.4.1 Polykrystalické panely	26
4.4.2 Monokrystalické panely	27
4.4.3 Amorfnní (tenkovrstvé) panely	28
4.5 FOTOVOLTAICKÝ PANELE.....	29
4.5.1 Konstrukce FV panelu.....	30
4.5.2 Bifaciální panel	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 POPIS OBJEKTU	34
5.1 ROZMĚRY BUDOVY.....	34
5.2 STŘECHA A JEJÍ SOUČÁSTI	34
5.3 DEFINOVÁNÍ ASPEKTŮ, OVLIVŇUJÍCÍCH PROJEKTOVÁNÍ FVE.....	35
5.3.1 Plášť budovy	35
5.3.2 Střecha budovy.....	36
5.4 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE OBJEKTU	37
6 NÁVRH FVE NA PRŮMYSLOVÝ OBJEKT	38

6.1	POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ A KOMPONENTŮ	38
6.1.1	Fotovoltaické panely	38
6.1.2	Střídače.....	39
6.2	VÝBĚR TECHNOLOGIÍ A KOMPONENTŮ	39
6.3	NÁVRH FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	40
6.3.1	Varianta FVE – V/Z	41
6.3.2	Varianta FVE – JIH.....	42
6.3.3	Vyhodnocení, porovnání variant FVE	43
6.4	BESS	44
6.5	MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ VÝKONU	44
6.6	ÚDRŽBA FVE	45
7	BEZPEČNOSTNÍ A POŽÁRNÍ ŘEŠENÍ	47
7.1	BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ	47
7.2	POŽÁRNÍ ŘEŠENÍ.....	47
7.3	OCHRANA PŘED BLESKEM	47
8	DOPAD SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA ŘEŠENOU OBLAST	48
8.1	ORIENTACE V/Z	48
8.1.1	Výsledky simulace u návrhu V/Z.....	48
8.1.2	Předpoklad vyrobené energie	50
8.2	ORIENTACE NA JIH.....	51
8.2.1	Výsledky simulace u návrhu na jih	51
8.2.2	Předpoklad vyrobené energie	53
9	FINANČNÍ ROZVAHA.....	55
9.1	DOBA NÁVRATNOSTI	56
9.2	DOTACE	58
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	61
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM TABULEK.....	69
	SEZNAM PŘÍLOH.....	70

ÚVOD

Elektrická energie je v dnešní době pro velkou část lidské populace nedílnou součástí jejich životů. Její využití je velmi široké, a proto je pro většinu lidí velmi důležitá a přínosná. Její využití se dá nalézt v zdravotnictví, dopravě, v domácnosti a v dalších mnoha jiných odvětvích. Za jejím vznikem stojí zdroje elektrické energie, které se mohou svým způsobem získávání energie lišit. Jelikož se v dnešní době klade důraz na dekarbonizaci a snižování produkovaní emisí, jsou obnovitelné zdroje v tomto případě ideální volbou. Z důvodu zhoršování kvality ovzduší, zeslabování ozonové vrstvy, napomáhání průběhu skleníkového efektu je opravdu na místě, aby vznikala různá opatření, která by měla toto dění přinejmenším nezhoršovat. V posledních 10 letech můžeme díky prudkému zhoršování výše zmíněných faktorů pozorovat klimatické změny, které v určitých oblastech byly nezvyklé. V České republice mají však za rok 2021 hnědouhelné elektrárny podíl 30 % z celkové výroby elektrické energie v ČR, což není stále zanedbatelné číslo. [1] Uhelná komise doporučila, aby v roce 2038 byla ukončena výroba elektrické energie za pomoci uhlí. [1] Takže se předpokládá, že většina elektrické energie bude dodávána z obnovitelných zdrojů a jaderné energetiky. Tím pádem bude zapotřebí, aby pořád tento značný podíl uhelných elektráren na trhu doplnili a postupně nahradili i jiné technologie.

Jedním z několika řešení by mohli být právě fotovoltaické elektrárny (dále jen FVE). Tyto elektrárny jsou při jejich provozu zcela bezemisní a nevydávají hlasité rušivé zvuky. Není potřeba je komplikovaně a často udržovat. Pokud se zaměříme na FVE umístěné na polích a loukách, tak často není potřeba téměř zasahovat do terénu, tím pádem nenaruší okolní životní prostředí. Po jejich odstranění není potřeba nikterak závažně upravovat krajinu do původního stavu. Umístování fotovoltaických (dále jen FV) panelů na ornou půdu je ale velmi diskutovaná problematika, která má ve společnosti mnoho rozdílných názorů. Naopak umístování FVE na střechy průmyslových hal, domů je ideálně využitý prostor, který dává do budoucna určitě velký smysl.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SLUNEČNÍ ENERGIE

Jako nejvýznamnější příjem energie na Zemi je energie ze Slunce (kromě energie ze zemského jádra). Díky slunečnímu záření se na Zemi změni například teplota a díky změnám teplot a změně tlaků vznikají poryvy větrů. Větrné elektrárny jsou také jeden z dalších způsobů získávání elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

1.1 Slunce

Slunce je jeden z hlavních zdrojů energie pro naši Sluneční soustavu. Je to hvězda, která je složena ze žhavého plazmatu. Nejvíce zastoupený chemický prvek je zde vodík (92 %). Dále to je helium (7,8 %), které se vytváří při slučování vodíku, za pomoci vysokých teplot a velkého tlaku. [2] Vyzařovaná energie ze slunce vzniká při termonukleárních reakcích v jeho jádru. Díky této termonukleární reakci Slunce hřeje a svítí. Za každou vteřinu se 700 milionů tun vodíku přemění na héliový popel. [2]

1.2 Sluneční záření

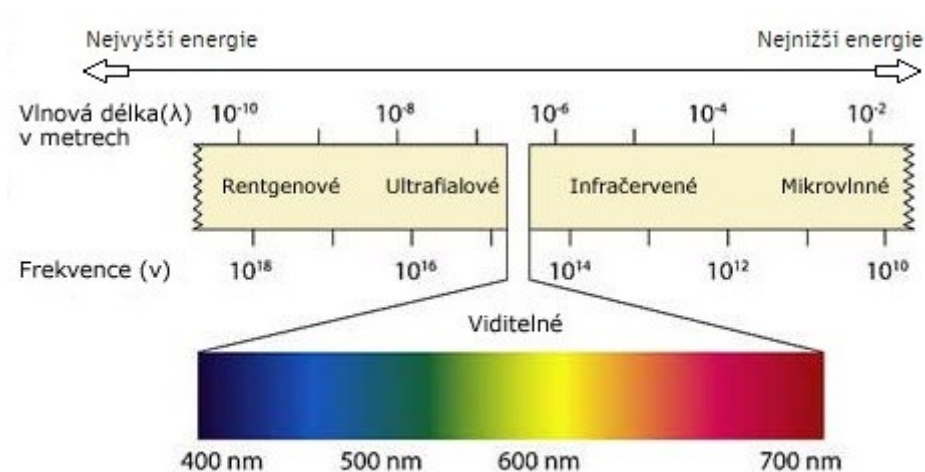
Sluneční záření je mimo atmosféru Země téměř neměnné a je závislé převážně na vzdálenosti Země-Slunce. Toto ozáření mimo naši atmosféru se označuje jako solární konstanta a její hodnota je 1353 W/m^2 . Jedná se o intenzitu záření dopadajícího na plochu 1 m^2 kolmo ke slunečním paprskům, ve střední vzdálenosti Země – Slunce.[8] Abychom lépe porozuměli slunečnímu záření, vznik tohoto záření je stručně vysvětlen v následujícím odstavci.

1.2.1 Fotony

Sluneční záření se skládá z fotonů. Tyto fotony jsou vyslané viditelným povrchem Slunce. Tato sluneční „vrstva“ se nazývá fotosféra. Než se ale do fotosféry foton z jádra Slunce dostane, je to dlouhý proces. Trvá to zhruba dva miliony roků, než se po chaotickém přemísťování a drobení fotonů, dostanou fotony na povrch Slunce. Během tohoto procesu se postupně mění záření rentgenové v záření rentgenové měkké, ultrafialové a nakonec v záření světelné.[5]

Celé to vzniká tak, že ve slunečním jádře volně poletují elektrony. Tyto volné elektrony jsou zachycovány atomy vodíku. Ve chvíli, kdy je elektron zachycen, má atom vodíku o jeden elektron více (vznikne záporný ion). Elektron při spojení se s atomem vodíku emituje foton a odevzdá svou pohybovou energii fotonu, který při spojení vznikne. Pohybová energie

elektronu se vyzáří jako foton světla. Elektrony se ve Slunci přemísťují různými rychlostmi, takže mají různou pohybovou energii. Z toho plyne, že všechny vysílané fotony nemají stejnou energii. Fotony, které vidíme jako modré nebo fialové, mají vyšší energetickou hodnotu. Oproti tomu fotony s menší energií jsou zabarvené do žluté nebo zelené a nejmenší energetickou hodnotu mají červené fotony. Spektrum slunečního záření je tedy znázorněním toho, kolik elektronů má jakou rychlost, vlnovou délku či frekvenci.



Obrázek č.1 Spektrum slunečního záření [46]

Na obrázku č.1 je vidět závislost frekvence fotonu na jeho energii. Čím menší vlnová délka je, tím narůstá frekvence fotonu a také jeho energie. Jak již bylo zmíněno, modré a fialové fotony mají největší energii a směrem doprava energie fotonu klesá. Pomocí Planckova vzorce se vyjadřuje, jak je energie fotonu závislá na frekvenci fotonu.

$$E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (1)$$

kde: E = energie fotonu

h = Planckova konstanta

c = rychlost světla

λ = vlnová délka fotonu

f = frekvence fotonu

Planckova konstanta má hodnotu $h = (6,6256 \pm 0,0005) \cdot 10^{-34}$ J.s

1.2.2 Fakty o slunečním záření

Celková celosvětová spotřeba energie lidstvem je asi 13,7 TW/rok (uvedeno k roku 2019). To je opravdu malý zlomek toho, co Slunce na Zemi neustále dodává. Slunce za jeden rok dodá zhruba 180 000 TW čisté, „nevyčerpatelné“ energie. [5]

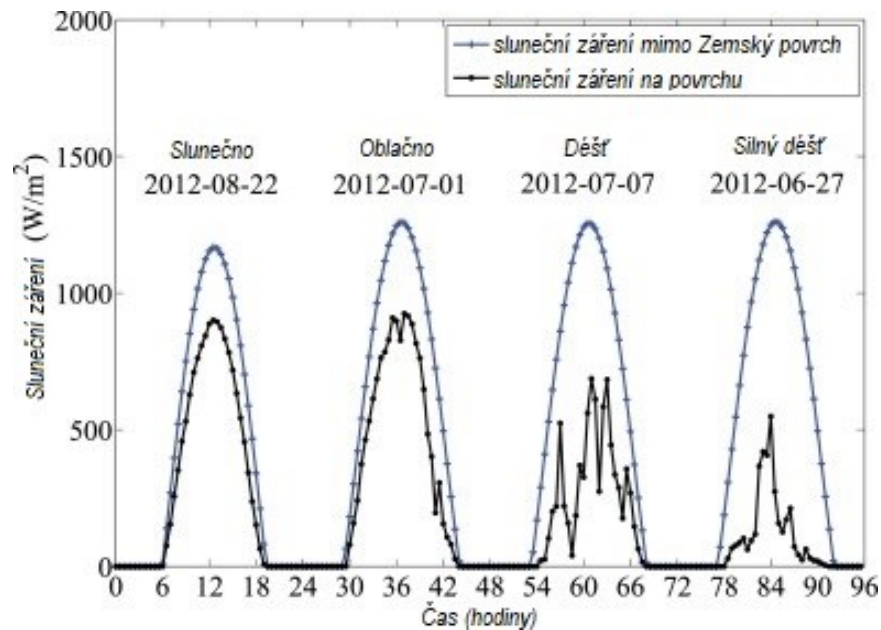
Na 1 m² postavený kolmo k dopadajícím paprskům (nad zemskou atmosférou) dopadá v daný moment zhruba 1,4 kW sluneční energie. Jde o malou část celkového slunečního výkonu. [5]

Doba, za kterou se dostane světlo ze Slunce na Zem je zhruba 8 min 20 s. Tato informace se dá zjistit, zda-li známe střední vzdálenost Země – Slunce (150 mil. km) a rychlost světla (300 tis. km). Tyto dva údaje mezi sebou podělíme a dostaneme 500 sekund. Což činí zhruba 8 min a 20 sekund.

1.2.3 Vlivy ovlivňující dopad slunečního záření na Zemi

U slunečního záření je velmi důležité, pod jakým úhlem sluneční paprsky na Zem dopadají, na jakém místě se na planetě nacházíme nebo to, jaké klimatické faktory toto sluneční záření zeslabují. Faktorů ovlivňujících dopad paprsku na povrch Země je mnohem více. Z procentuálního hlediska jsou ale výše zmíněné nejvlivnější.

Intenzita ozáření závisí z velké části na meteorologických podmínkách. Pokud bychom chtěli vědět, jaké rozdíly zde nastávají, budeme vycházet z grafu na obrázku č.2. Zde můžeme vidět intenzitu slunečního záření při různých podmínkách počasí. Pokud se podíváme na první dva průběhy z levé strany grafu, je vidět, že u slunečného a oblačného dne nejsou rozdíly mezi sebou až tak enormní. Musíme brát také v potaz fakt, že při měření oblačného dne byla ale intenzita mimozemského záření silnější (měřeno 1. července). Při deštivém počasí přesáhla křivka hladinu 500 W/m² 3x na krátkou chvíli. Výnosnost tedy během deštivého dne velmi ovlivní dopad energie na povrch. Na poslední křivce je zobrazen den, kdy byl silný déšť. Můžeme si zde všimnout, že během dne byla hladina 500 W/ m² dosažena pouze jednou a na malou chvíli. Sníh, déšť apod. jsou značnými filtry slunečního záření. Neboli, intenzita záření se zmenšuje při jeho pohlcování. Intenzita ozáření se pak zmenšuje při rozptylu na molekulách vzduchu. Čím je dráha paprsku delší, tím výraznější změny na kvalitě a intenzitě záření nastanou.



Obrázek č.2 Vliv klimatických změn na intenzitu
slunečního záření [47]

Úhel dopadu, pod kterým foton/sluneční paprsek na Zemi dopadá, také velmi ovlivňuje celkovou energii, jež se dostane na povrch. S úhlem dopadu souvisí i trvání slunečního svitu. Jelikož je dráha Slunce na obloze v létě delší než v zimě, je tím pádem delší doba slunečního svitu. Za to je z velké části zodpovědný i sklon zemské osy rotace ($23,5^\circ$) vůči Slunci. [8] Pokud sluneční paprsek nedopadá kolmo, je zapotřebí větší plochy, abychom získali stejné množství energie, jako při kolmém dopadu na povrch země. [8]

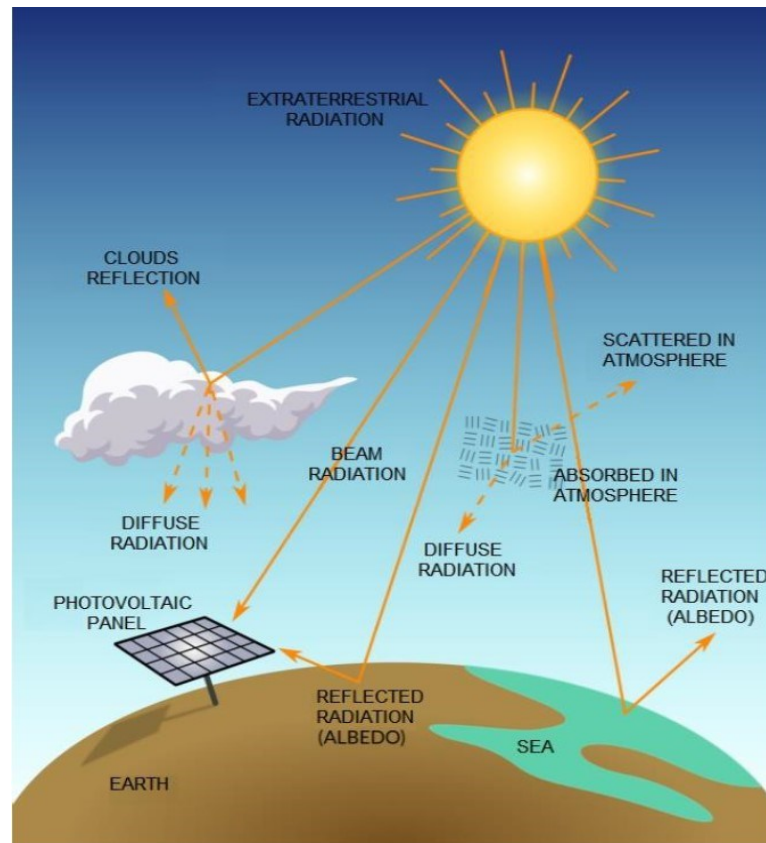
Pokud bychom se zaměřili na energetickou výnosnost během dne, minimální příjem je logicky v noci. Slabší příjem energie ze Slunce je v ranních hodinách. O něco více se získá při večerních hodinách. Velká výnosnost je v odpoledních hodinách a největší energetický zisk je během poledne. Jelikož se úhel naklonění Země vůči Slunci během poledne přibližuje co nejvíce pravému úhlu, tak Sluneční paprsek proniká přes co nejkratší vzdálenost v zemské atmosféře, a díky tomu se paprsek rozptýlí přes atmosféru v co nejmenším množství.

1.2.4 Dělení slunečního záření

Sluneční záření má několik typů, které můžeme rozlišovat.

- Globální záření (Global irradiance):
 - Jde o součet složek přímého slunečního záření a difúzního/rozptýleného slunečního záření. Jeho intenzita roste s výškou Slunce nad obzorem a s poklesem znečištění atmosféry. [3]
- Difúzní/nepřímé horizontální záření (Diffuse horizontal irradiance):
 - Jedná se o všesměrové záření dopadající na zemský povrch, které je rozptýleno díky zemské atmosféře. To znamená, že je závislé na klimatických podmínkách a v případě, že nejsou podmínky přívětivé, nastává tak úbytek energie získané ze Slunce. Pokud bychom brali v potaz podíl difúzního záření v létě, tak je podíl tohoto záření zhruba 50 % z globálního záření. V zimě je tento podíl podstatně větší. [4]
- Přímé (normální) záření (Direct normal irradiance):
 - Zde jde o typ záření dopadající kolmo na Zemi a není zde počítáno s různými pozemskými vlivy, jako jsou třeba mraky, nečistoty, smog apod. Jedná se v podstatě o sluneční záření nad atmosférou.

Kromě elektromagnetického záření emitují ze Slunce i hmotné částice. Jejich rychlost se ale kvůli jejich hmotnosti nerovná rychlosti světla. Jedná se často o elektricky nabitě částice jádra lehkých prvků, protony nebo elektrony. Tok těchto prvků ze Slunce se říká Sluneční vítr. Tok těchto částic je životu nebezpečný, ale díky magnetickému poli Země a atmosféře jsme před tímto jevem chráněni. Elektricky nabitě částice, které na Zemi nalétávají, nemohou projít napříč magnetickým polem, ale musí kroužit kolem zemských siločar magnetického pole. Pouze u oblastí magnetických pólů (severní a jižní) pronikají tyto nabitě částice blízko zemskému povrchu. V oblasti těchto pólů se dostávají tyto částice blízko k povrchu a vytváří řídké plazma, jenž způsobuje tzv. polární záři.

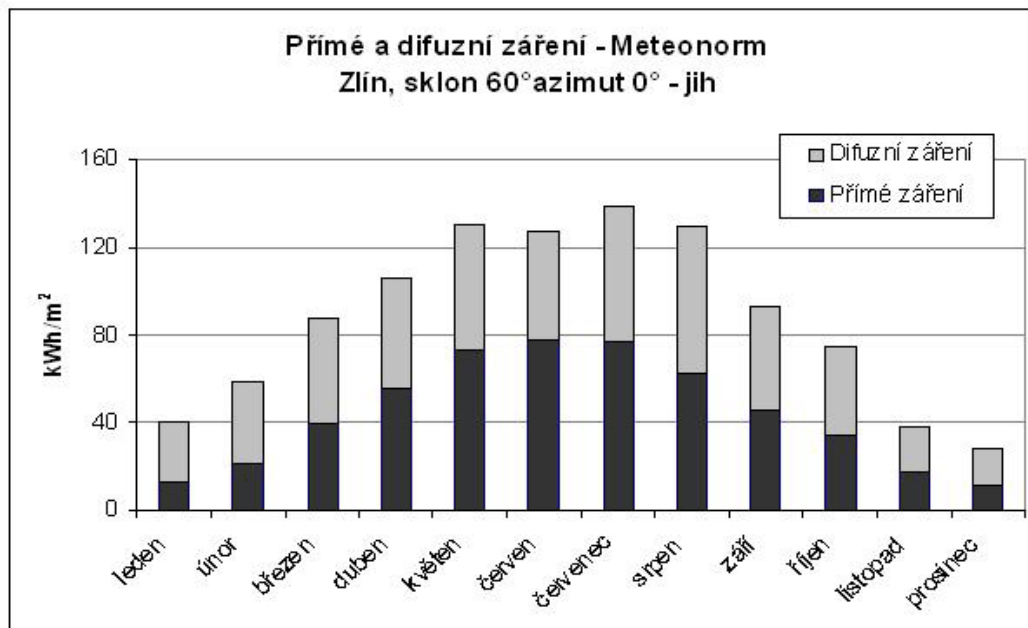


Obrázek č.3 Typy záření dopadající na zemský povrch [48]

Na obrázku č.3 jsou zobrazeny typy slunečního záření. Jak bylo zmíněno v přechodících odstavcích, difúzní záření může být útlum zapříčiněný mraky, smogem nebo nečistotami. Takže při zataženém počasí převládá difúzní záření. Při zataženém počasí se pohybuje intenzita ozáření Sluncem mezi $50\text{-}300\text{ W/m}^2$. U polojasné oblohy se intenzita ozáření pohybuje mezi $300\text{-}600\text{ W/m}^2$ a u jasné oblohy šplhají hodnoty mezi 600 až 1000 W/m^2 . [8] Detailněji je zobrazeno v tabulce č.1. Při slunečném počasí převládá přímé záření, které se může ještě proměnit v například odražené záření (reflected radiation).

1.2.5 Přímé a difúzní záření

Z hlediska fotovoltaiky platí, že FV panely složené z monokrystalických nebo polykrystalických FV článků potřebují k dosažení maximální výtěžnosti zejména přímé záření.



Obrázek č.4 Poměr přímého a difúzního záření během jednotlivých měsíců v roce [10]

Na obrázku č.4 je graficky znázorněn poměr přímého a difúzního záření naměřeného na FVE umístěné na budově Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Z grafu můžeme vidět jak nízká výnosnost/výkon záření dopadá na naše zeměpisné pásmo v zimních obdobích. Je to téměř 3x nižší výnosnost, než v letním období. Dále je zde i převaha difúzního záření. [10]

Tabulka 1. Konkrétní výkon a difúzní rozdíl při rozdílných klimatických podmínkách

	Záření [W/m²]	Difúzní podíl [v %]
Modré nebe	800-1000	10
Zamlžené nebe	600-900	až 50
Mlhavý podzimní den	100-300	100
Zamračený zimní den	50	100
Celoroční průměr	600	50-60

Jak je vypsáno v tabulce č.1, podíl difúzního záření je v celoročním průměru zhruba 50-60 % a výkon záření okolo 600 W/m². Při mlhavých a zamračených dnech je tato hodnota díky téměř 100 % difúznímu podílu minimální, do 300 W/m². [11]

2 FOTOVOLTAIKA

Jelikož se lidstvo už od pradávna snažilo využít sluneční záření ve svůj prospěch, vývoj a postup získávání energie ze Slunce není ničím novým. Už v roce 1883 na Světové výstavě v Paříži bylo předvedeno zařízení, ve kterém se díky odražení světla (zrcadlům) do absorberu ohřívala voda, ze které se následně stávala pára a ta poháněla parní stroj, který poháněl stroj na tisk novin. [11]

2.1 Historie fotovoltaiky

Vůbec poprvé byl fotovoltaický jev pozorován v roce 1876 dvojicí William Grylls Adams a Richrad Evans Day. Touto dvojicí bylo zjištěno, že osvětlení P-N přechodu mezi selenem a platinou má fotovoltaický jev. [12] Jejich demonstrace tohoto jevu poukazovala na to, že lze vyrábět elektřinu bez pohyblivých částic. Oba také zjistili, že infračervené nebo ultrafialové paprsky mají malý nebo žádný účinek nebo také to, že intenzita působení závisí na intenzitě osvětlení. [13]

Objev fotovoltaického jevu je ovšem velmi často přisuzováno francouzskému vědci Alexandru Edmondu Becquerelovi. Becquerel v roce 1839 (ve svých 19 letech) experimentoval v laboratoři s platinovými elektrodami, které byly postříbřeny. Jakmile na elektrody dopadlo světlo, generovaly napětí a proud. První využití v průmyslu přišlo v roce 1954. [13]

2.2 Fotoelektrický jev

Jak už bylo zmíněno v kapitole 1.2.1, sluneční záření je složeno z fotonů a díky fotonům a polovodičům má význam vytvořit fotovoltaický článek, který bude vytvářet elektrickou energii.

$$E_f = W_f + E_{MAX} \quad (2)$$

kde: E_f = energie dopadajícího fotonu

W_f = minimální energie potřebná k uvolnění elektronu/výstupní práce

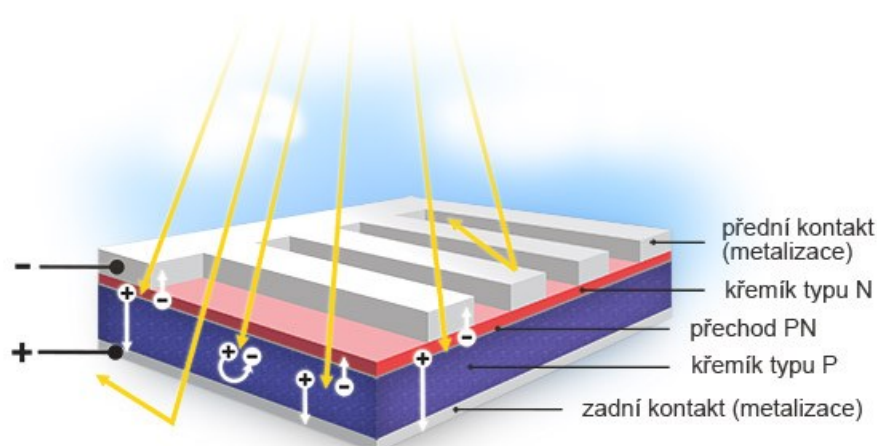
E_{MAX} = maximální možná energie uvolněného elektronu

Tuto rovnici fotoelektrického jevu můžeme chápat tak, že pro uvolnění elektronu z krystalové mřížky atomů (křemíku) je potřeba určitá síla/energie. Foton, který dopadá na polovodič, předá svoji energii jednomu elektronu v kovu/polovodiči. Určité množství této energie se spotřebuje na uvolnění elektronu z kovu, ve vzorci označeno jako výstupní práce W_f , zbytek energie se přemění na kinetickou energii uvolněného elektronu E_{MAX} . [15] Energie uvolněného elektronu není závislá na intenzitě záření, ale je závislá na frekvenci dopadajícího záření.

2.2.1 Popis fotoelektrického jevu

Když foton vyzářený ze Slunce dopadne při dostatečné energii na povrch polovodiče (nejčastěji křemík), vyrazí z obalu atomu jeden elektron z valenční vrstvy. Po vytlačení valenčního elektronu z atomu křemíku po sobě zanechá tzv. díru (kladný náboj). Jelikož se kladně nabitá díra i elektron v polovodiči pohybují a navzájem přitahují, zapříčiní to vznik napětí a proudu. Aby bylo dosaženo pohybu elektronů v polovodiči, je potřeba, aby byla dosažena prahová energie atomů. To je minimální energie, při které dopadající fotony předávají elektronům výstupní energii. Pokud je elektronu předána energie větší než je energie potřebná k jeho uvolnění, pak fotoelektronu (fotoelektron je čistě běžný elektron, který byl pouze emitován z jádra obalu při fotoelektrickém jevu) zůstane část energie jako kinetická energie. Je-li v polovodičovém materiálu vytvořen P-N přechod, fotoelektrony se pohybují jedním směrem, se stejnou polaritou.

Plocha, kde se vzájemně dotýkají polovodiče typu N a P se nazývá P-N přechod. Mezi P-N přechodem, pronikají volné elektrony z oblasti N do oblasti P a tím vzniká okolo P-N přechodu hraniční vrstva, který se nazývá závěrná vrstva. Po připojení vnějšího napětí, může být P-N přechod zapojen v propustném, nebo závěrném směru. [14]



Obrázek č.5 P-N přechod [49]

Obrázek č.5 znázorňuje fotovoltaický jev na fotovoltaickém článku. Když je tento článek vystaven slunečnímu světlu, je schopen vyrábět elektrickou energii pro vnější elektrický obvod, který je připojen ke svorkám FV článku. FV panel obsahuje dvě vrstvy různých polovodičových materiálů umístěných ve vzájemném kontaktu tak, aby indukovali elektrické pole. První vrstva, která je typu N (na obrázku č.5 červená), má nadbytek elektronů a je záporně nabitá. Druhá vrstva typu P (na obrázku č.5 fialová) má množství děr a je kladně nabitá. Jelikož se prozatím pro výrobu polovodičových materiálů (tudíž i fotovoltaických panelů) využívá převážně křemík, je popsán princip funkčnosti s tímto prvkem.

Protože křemík typu N má přebytek elektronů a křemík typu P má přebytečné díry, kontakt těchto vrstev dohromady vytváří P-N přechod na jejich místě „dotyku“, čímž se vytváří elektrické pole. Při tomto kontaktu se přebytečné elektrony přesouvají ze strany polovodiče typu N na stranu polovodiče typu P. Zadní a přední metalizované kontakty slouží jako svorky panelu, na kterých je díky rozdílnému potenciálu při slunečním svitu měřitelný elektrický proud.

3 POHLED NA FVE A ENERGETIKU V ČR

Celkový trend dnešní doby v Evropské unii je snižování vyprodukovaných emisí CO₂. Tento trend se dotýká nejenom energetiky ale celého průmyslu, od automobilů až ke spotřebičům, které sice nemusí vždy produkovat CO₂, ale pomáhají úspoře energie, která musí vždy přijít z nějakého zdroje. Tímto zdrojem mohou být právě i zmíněné FVE.

3.1 Sluneční záření v ČR

Izokřivky na obrázku č.6 zobrazují, jaké jsou průměrné roční hodnoty solární energie, dopadající na 1m² plochy země, který odpovídá zeměpisné šířce v ČR. Můžeme vidět, že roční výnosnost získané energie ze slunce, nabývá nejvyšších hodnot na jižních částech republiky. Zejména v Jihomoravském kraji jsou tyto hodnoty relativně vysoké, oproti zbylým částem republiky. Naopak, kvůli délce slunečního svitu, ale i kvůli dalším klimatickým podmínkám jsou nižší hodnoty v horských oblastech. Nejmenší hodnoty jsou tak v Krušných a Orlických horách nebo také v Krkonoších viz. obrázek.



Obrázek č.6. Mapa slunečního záření na území ČR [50]

3.1.1 Historie FVE v ČR

U nás v ČR se fotovoltaika razantněji rozmohla až okolo let 2008, 2009, 2010 a to díky dotační politice. Na začátku roku 2010 bylo v ČR nainstalováno zhruba 460 MWp. Z toho 410 MWp se nainstalovalo v roce 2009. [17]

3.1.2 Podíl výroby energie

I přes to, že máme v ČR podobné sluneční podmínky, jako sousední Německo, podíl celkové výroby elektrické energie přes fotovoltaické elektrárny je u Německa znatelně větší. V roce 2020 byl podíl obnovitelných zdrojů energie přes 43,6 % a o rok později 40,6 % oproti neobnovitelným zdrojům. Solární elektrárny na tom měli podíl 9-10 %. [18] V ČR jsou takové bilance kvůli energii z jaderných elektráren rozdílné. Co se týče celkové produkce obnovitelných zdrojů u nás, tak v průměru se za poslední 4 roky pohybujeme okolo 6 %. U fotovoltaických/slunečních elektráren budeme v budoucích letech sledovat rostoucí podíl na výrobě energie. To opět díky dotacím, které stát zpřístupnil. Nicméně z tabulky č.2 můžeme vyčíst, že FVE mají na celkové výrobě podíl 2,27 %. To je v porovnání se sousedním Německem 4x nižší hodnota. [19]

Tabulka 2. Národní energetický mix jednotlivých zdrojů energie [19]

Zdroje energie	2017	2018	2019	2020
Obnovitelné zdroje – Celkem	7,60 %	6,17 %	3,90 %	6,75 %
- Sluneční	2,14 %	2,07 %	1,66 %	2,27 %
- Vodní	1,43 %	0,77 %	0,44 %	0,65 %
- Biomasa	3,58 %	3,11 %	1,81 %	3,40 %
Fosilní zdroje – Celkem	57,40 %	56,95 %	57,01 %	52,50 %
- Hnědé uhlí	43,77 %	44,63 %	46,18 %	40,00 %
- Černé uhlí	5,38 %	4,18 %	2,84 %	2,66 %
- Zemní plyn	5,45 %	5,80 %	7,74 %	9,61 %
Jaderné zdroje – Celkem	35,01 %	36,88 %	39,09 %	40,75 %

4 FOTOVOLTAICKÉ PANELE A TECHNOLOGIE

V této části práce jsou popsány základní dělení panelů. Pro FVE je to hlavní stavební kámen, a proto je zde zmíněno, jak jsou konstruovány, nebo z čeho se skládají. Tento typ elektrárny je téměř bezúdržbový. Výhoda tohoto typu elektrárny je, že pouze přijímají energii z jiného zdroje a vyrábějí elektrickou energii, bez jakýchkoliv podpůrných látek nebo paliv.

4.1 Úvod do fotovoltaických panelů

Tato technologie je využívána pro přeměnu sluneční energie na energii elektrickou. Je to hlavní „stavební kámen“ fotovoltaické elektrárny a to jak pozemní, tak střešní. Po objevení fotoelektrického jevu byl následně tento jev podrobněji popsán A. Einsteinem v roce 1905. FV články se jako zdroj elektrické energie začaly používat až v roce 1954. V tomto roce poprvé Bell Labs v New Jersey demonstroval funkčnost jeho vynalezeného FV panelu. Díky solárnímu panelu, který jim vyráběl elektrinu, napájeli malou hračku a frekvenční měnič. Účinnost těchto panelů byla okolo 6 %. [16]

4.1.1 Solární kolektor ≠ fotovoltaický panel

Je určitě důležité zmínit, že fotovoltaický panel není totéž, co solární kolektor. Osobě, která se neorientuje v technickém odvětví, by se mohlo jevit, že se jedná o tutéž věc. V obou případech se sice jedná o stejný princip, získávání energie ze slunečního záření, ale z funkčního a konstrukčního hlediska se jedná o poměrně odlišné technologie.

Solární kolektor má za úkol přeměňovat přijímané sluneční světlo na teplo. Teplo má následně, např. v domácnosti několik způsobů využití. Sluneční kolektor ohřeje vodu do zásobníku a následně se tato ohřátá voda může využít v domácnosti pro vytápění místností, ohřev teplé užitkové vody apod. Takže se jedná o krátkodobé ukládání energie.

Jedná se zde opět o příjem energie ze slunce, ale hlavní rozdíl je ten, že energie u FV článků se nepřeměňuje v teplo, ale v elektrickou energii pomocí fotovoltaických článků. Následně, pro dlouhodobé uchování energie se může energie uchovávat v bateriích.

4.1.2 Jednotka Wp

Výkon fotovoltaických panelů (článků) je udáván v jednotkách Wp. (Watt peak – špičková hodnota). Jedná se o jednotku špičkového výkonu fotovoltaické elektrárny při standartních

testovacích podmínkách označovaných jako STC (standart test condition). Podmínky jsou následující: [27]

- Energie dopadá na fotovoltaický panel kolmo a má hodnotu $E = 1 \text{ kW/m}^2$.
- Průzračnost atmosféry $A_m = 1,5$.
- Teplota článků $T = 25^\circ\text{C}$.

Jde tedy o výkon fotovoltaického panelu, který je ideálně umístěný, při definovaném slunečním zářením za určité teploty.

Výkon jednoho panelu se pohybuje v dnešní době v rozmezí 200–600 W_p . Výkony u střešních FVE na rodinných domech se pohybují běžně okolo 4-10 kW_p . U FVE umístěných na průmyslových halách a střechách mohou výkony dosahovat stovek kW_p až jednotek MW_p . Výkony u FVE umístěných na polích/loukách/parcelách mají obvykle výkony od stovek kW_p až do desítek MW_p . (vždy je rozhodující prostor, kde bude FVE umístěná a finance investora, od toho se odvíjí výkon FVE).

4.2 Solární článek

Jedná se o plochou elektronickou součástku. Do jisté míry bychom mohli funkční princip solárního článku přirovnat k baterii. Na rozdíl od motorů nebo různých generátorů zde probíhá přeměna energie bez mechanických pohyblivých dílů, tudíž zde nedochází k opotřebení nebo nutnosti výměny jednotlivých součástí, které podléhají dlouhodobému zatěžování. Není tedy u článků potřeba pravidelná údržba. Jako další výhody se mohou považovat: nulové emise CO_2 , absence hluku nebo vibrací, funkčnost bez jakékoliv pohonné látky. Počet výhod této technologie je opravdu velký. Je také důležité zmínit opačný fakt. Výroba těchto článků je energeticky velmi náročná a tím pádem, aby články nahradili energii spotřebovanou k jejich vlastní výrobě, musí vyrábět elektřinu 1-5 let (v závislosti na typu článku). [8]

4.2.1 Výkon solárního článku

Každý solární článek má pracovní bod, v němž dosahuje svého výkonového maxima. Tento bod se označuje jako MPP-maximum power point (bod maximálního výkonu). Výkon solárního článku se vypočítá jako součin proudu a napětí. Pokud je článek v režimu nakrátko nebo naprázdno, neodevzdává článek žádný výkon. [8] U solárních článků, které mají rozměry např. 15x15 cm, je výkon článků 5,49 W a při napětí 0,67 V je proud téměř 10 A. Cena

jednoho článku je 0,25-0,35 US \$. Na obrázku č. 7 jsou zobrazeny hodnoty panelu, které produkuje při STC měření. [28]

TECHNICAL DATA AND DESIGN		TEMPERATURE COEFFICIENTS AND SOLDERABILITY	
Dimension	156.75mm*156.75mm±0.25	TkUoc (%/K)	-0.302
Thickness	190±30 μm	Tklsc (%/K)	+0.048
Front	5 Busbars	TkPMAx (%/K)	-0.38
Back	5 Busbars	Peel Strength Minimum	>1.4N/mm

ELECTRICAL PARAMETERS at STC					
No.	Efficiency (%)	Pmp (W)	Uoc (V)	Isc (A)	FF (%)
1	22.5	5.49	0.673	9.821	83.06
2	22.4	5.47	0.672	9.811	82.93
3	22.3	5.44	0.671	9.784	82.81
4	22.2	5.42	0.670	9.776	82.70
5	22.1	5.39	0.669	9.747	82.61
6	22	5.37	0.668	9.740	82.52
7	21.9	5.35	0.667	9.734	82.43
8	21.8	5.32	0.666	9.709	82.32
9	21.7	5.3	0.665	9.703	82.20
10	21.6	5.27	0.663	9.683	82.05

Obrázek č.7 Naměřené hodnoty výrobcem při ideálních podmínkách (STC) [28]

Z naměřených hodnot obrázku č.7 je vidět, že napětí článku se mění opravdu téměř bez povšimnutí, zatím co u proudu je pokles ztelnější. Důležitým faktorem v celkovém chování solárního článku je faktor FF – fill factor (faktor plnění). Tento faktor je měřítkem kvality solárního článku. Pro křemíkový fotovoltaický článek je faktor plnění zhruba 80 %. Tento faktor plnění je dostupný výkon v bodě maximálního výkonu (v obrázku jako Pmp) dělený napětím naprázdno (Uoc) a zkratovým proudem (Isc). Běžné faktory plnění se pohybují v rozmezí 50 % až 80 %. V tomto případě je faktor plnění vyšší. Například solární článek GaAs může mít FF blížící se 89 %. Výpočet pro faktor plnění je definován jako podíl výkonu článku v bodě maxima ku napětí naprázdno a proudu nakrátko. Znázorněno v rovnici č.3. [29]

$$FF = \frac{P_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (3)$$

kde: FF = faktor plnění

P_{mp} = dostupný výkon v bodě maximálního výkonu

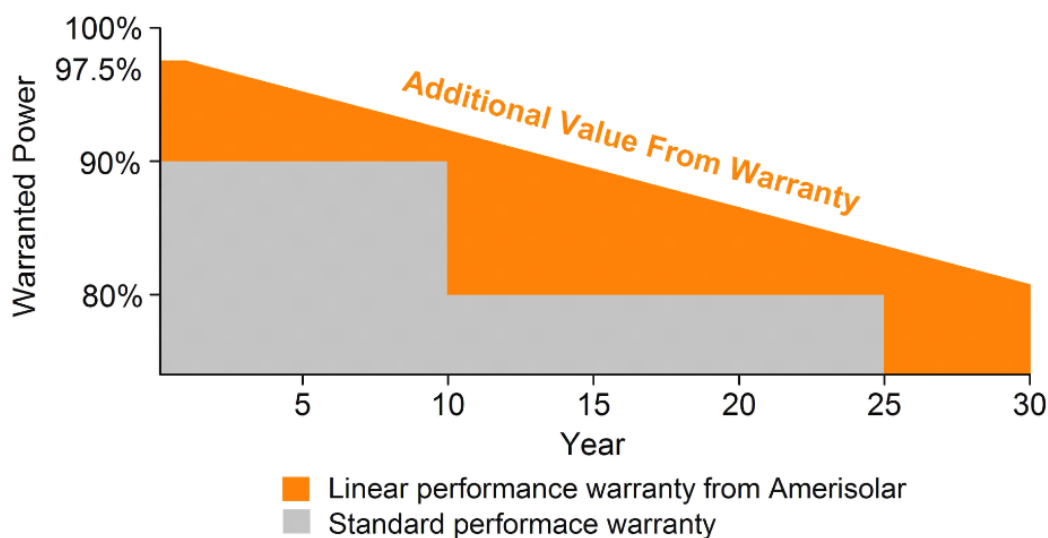
V_{oc} = napětí naprázdno

I_{sc} = proud nakrátko

Skutečný vyrobený výkon je ovšem závislý na různých vlivech. Nejvýznamnější z nich jsou: intenzita ozáření, spektrum světla a teplota článku. Při rostoucím ozáření článku roste i výkon a proud. Naopak při rostoucí teplotě a napětí, výkon klesá. Např. při nárůstu teploty o 10° se výkon článku sníží o 4 %. Pokud se zvýší teplota o 25° , pokles výkonu je už 10 %. U spektra světla je zásadní faktor spektrální složení světla. FV článek totiž využívá energii různých vlnových délek, a to s rozdílnou účinností. [8]

4.2.2 Životnost solárních článků

Životnost, kterou ve většině případů výrobci udávají, je u solárních článků (tedy i u solárních panelů) 20-30 let. Po tuto dobu je zaručeno, že pokles výkonu nespadne pod hranici 80 % oproti jeho udávanému maximálnímu výkonu. [20] Některé zdroje udávají, že životnost panelů je až 50 let. Takže je majitel FVE schopný vyrábět elektřinu i několik let po vypršení jejich záruční lhůty, jejich účinnost/výstupní výkon už bude ale značně nižší. [26]



Obrázek č.8 Graf degradace výstupního výkonu za určité období [20]

4.3 Dělení solárních článků

Solární panel se skládá ze stovek solárních článků. Tento článek nemusí být ale vždy stejný. Solární článek bychom mohli rozdělit do 4 typů. [21]

- Klasické články: Jedná se o nejběžnější typy článků, které jsou dnes využívány u zhruba 85-90 % instalovaných panelů. Jejich tloušťka je 0,2 – 0,3 mm. Jejich účinnost se pohybuje mezi 14-30 %. [21][22]
- Tenkovrstvé články: Složené z amorfního křemíku (na skleněný substrát je napařen křemík). Jejich hloubka se pohybuje okolo 200 μm . Nejlevnější varianta. Mají široké využití. Lze je umístit na okna, světlíky, střešní tašky a využívají se převážně v oblasti malých výkonů. Navzdory své flexibilitě (lze je ohýbat) je jejich účinnost pouze kolem 7–10 %. Jejich značným problémem je dlouhodobá stabilita, účinnost klesá rychleji než např. u ostatních článků. Postupným vývojem se ale podařilo vyvinout lepší ohebné články typu CIGS (tedy (Cu, In, Ga, Se₂) využívající měď, indium, galium a selen), kde jejich maximální účinnosti je 21,38 %. [22][23]
- Články MIS: Jedná se o články s vrstvou MIS (Metal Insulator Semiconductor), neboli kov izolátor polovodič. Tento článek je citlivý na sluneční záření i ze zadní strany (až 14 %), takže při oboustranném ozáření je účinnost asi 22 %. [24]
- Články z PN sloučenin: Jedná se o články na bázi jiných polovodičů. (GaAs, Inp) Zde se pohybují účinnosti článků 25 % a výše. Vyznačují se svou odolností vůči okolním vlivům, jako je třeba kosmické záření, vysoká teplota atd. Jejich cena je mnohem vyšší než u ostatních článků. [21][24]

4.4 Dělení FV panelů

V kapitole 2.2.1. je zmíněno, že křemík je v této době stále majoritně zastoupen při výstavbách FVE. Jelikož je křemík také doposud asi nejvíce prozkoumaný a využívaný polovodič, nejenom u FVE, tak z tohoto důvodu jsou níže zmíněny druhy fotovoltaických panelů, které jsou právě na bázi křemíku. Jeho dostupnost je snadná, ve velkých množstvích, ale výroba naopak energeticky náročná, a proto se v praxi velmi často pracuje s odpadovým křemíkem z polovodičového průmyslu.

4.4.1 Polykrystalické panely

Tyto panely jsou vyráběny z polykrystalického křemíku odléváním čistého křemíku do různých podob a tvarů. Způsob této výroby se nazývá Siemensova metoda. Jedná se o

paralelní spojení několika monokrystalických článků. Způsob této výroby je levnější a snazší než metoda tažení krystalu. [30]

Výhoda u tohoto typu panelu je, že finálně upravený křemík je levnější a může se vyrábět ve větších rozměrech. Jejich využití a další výhodou je, že lépe zachytí světelný paprsek i z ostřejších úhlů. Takže pokud prostor pro umístění FVE nedisponuje ideálními podmínkami pro umístění a správné naklonění vůči slunci, jsou polykrystalické panely vhodnou volbou. Díky velkému množství různě orientovaných křemíkových krystalů v panelu, lépe zpracují rozptýlené, difúzní světlo, tudíž se hodí pro využití u oblastí s horšími klimatickými podmínkami. Také jsou vhodné tam, kde je kratší/nerovnoměrná doba slunečního svitu (např. Severské země, kde se Slunce přes den pohybuje spíše okolo horizontu). [24] [32]

Panely jsou charakteristické svou modrou barvou a čtvercovými dlaždicemi. Oproti monokrystalickému panelu má polykrystalický menší účinnost (14-16 %) [31]



Obrázek č.9 Polykrystalické panely [51]

4.4.2 Monokrystalické panely

Zde je způsob výroby oproti polykrystalickým panelům rozdílný. V tomto případě se panely vyrábějí řezáním tenkých plátků s pravidelnou mřížkou, často označované jako wafery. Skládají se z jediného krystalu. Způsob metody výroby je nazýván jako Czochralského tažení monokrystalu z taveniny. P-N přechod je zde vytvořen za pomoci přídavku fosforu, který na povrchu vytvoří vrstvu s vodivostí N.

Nevýhoda této metody je v řezání křemíkového ingotu na tenké destičky. Při řezání ingotu na destičky totiž dochází ke ztrátám materiálu.

Jejich výhodou je velmi dobrá odolnost vůči povětrnostním podmínkám. Oproti ostatním panelům, monokrystalické články pomaleji degradují. Je vhodné tento panel využít u FVE, kde jsou ideální prostorové i klimatické podmínky. Pokud budou panely umístěny v ideálním úhlu vůči slunci a převažuje záření přímé nad difúzním, má ze všech tří panelů (polykrystalický, monokrystalický, amorfni panel) nejvyšší výstupní výkon. [31]

Většinou bývají tyto panely zbarveny do černa. Jejich účinnost je ze všech tří (polykrystalický, monokrystalický, amorfni panel) nejvyšší (17-22 %). To stejné platí ale také u ceny panelu, ta je zde také nejvyšší. [31]



Obrázek č.10. Monokrystalické panely [52]

4.4.3 Amorfni (tenkovrstvé) panely

Tenkovrstvé panely jsou, jak už z názvu vyplývá, rozměrově menší, obzvláště co se tloušťky týče. Tudíž je i oproti předchozím panelům i zdatně lehčí. Jedná se o tenký film nekystalické formy křemíku, který se může nanášet na sklo, plast a další materiály. Je zde opravdu široká škála možností, kde se článek dá aplikovat. Nejsou vyráběny po jednotlivých článkách, ale jako celé moduly najednou.

Jsou využívány převážně pro generování energie u malých výkonů. Tyto panely mají poměrně rychlou degradaci článku, takže během několika let klesá jejich účinnost v jednotkách procent. To je vůči jejich celkové účinnosti (7-10 %) poměrně velký úbytek.

Cena je ovšem ze všech zmíněných nejnižší a díky tomu má tato metoda poměrně velký potenciál do budoucna. Např. společnost Tesla dlouhodobě vyvíjí střešní solární tašky o jmenovitém výkonu 71,67 W. [33]



Obrázek č.11 Detailní porovnání tenkovrstvého (vlevo), monokrystalického (uprostřed), polykrystalického (vpravo) panelu [53]

4.5 Fotovoltaický panel

Fotovoltaický panel (modul) je složen z desítek, stovek až tisíců solárních článků. Tento počet už závisí na druhu využití. Jaké jsou prostory pro umístění FV panelu, jaký je potřeba výkon FV panelu apod. U FV panelů, které jsou použity u fotovoltaických elektráren je dělení podle velikosti zhruba takto (od nejmenšího po největší):

- Solární článek: je článek, který má pouze jen několik cm na šířku. Rozměry jsou ovlivněny výrobcem, ale např. u panelu od firmy Amerisolar má monokrystalický článek rozměry 166x83 mm. [20]
- Solární modul (panel): je brán jako pole několika článků umístěných těsně vedle sebe. Články jsou spojeny dohromady a zapojeny do série. Při zapojení do série teče všemi články stejný proud. Pokud je ale jeden ze článků osvětlený méně než zbytek článků, dodává modul pouze proud, který je dodáván od nejhůře osvětleného článku. [8] Pokud bude i jeden článek kompletně zastíněn, zapříčiní nulový proud na panelu

a také nulový výkon i přes to, že ostatní panely jsou ideálně osvětleny. Modul je složen z desítek, stovek článků (to je dáno velikostí a výrobcem). Např. 1 FV panel od výrobce Amerisolar (430-450 W_p) má 144 článků. [20]

- String: Aby nemusel mít každý panel své vlastní připojení do střídače, jsou panely zapojeny do stringu. String je sériové propojení určitého počtu fotovoltaických panelů do sebe a tento počet panelů je dán parametry střídače. Každý střídač má definováno, jaký výkon se může připojit na jeden MPPT vstup.
- Blok panelů: Jedná se o seskupení několika panelů těsně vedle sebe. Tento způsob umístění panelů se využívá kvůli lepšímu využití plochy, na které je FVE postavena. Takto umístěné panely jsou často umístěny jeden za druhým na nosných konstrukcích. Není ovšem nutnost takto panely umisťovat.

4.5.1 Konstrukce FV panelu

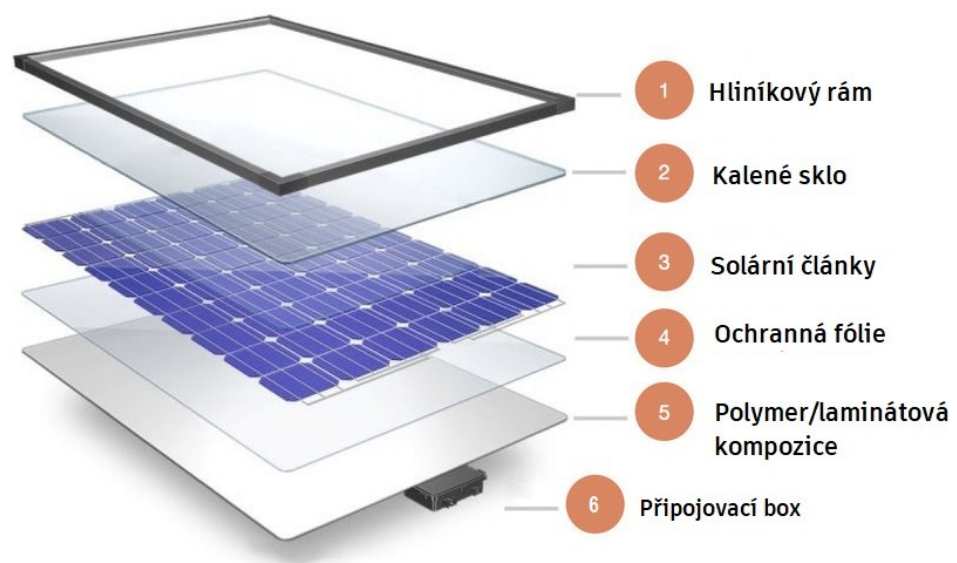
Aby byl solární článek chráněn od okolních nežádoucích vlivů je umístěn ve fotovoltaickém panelu/modulu. Modul a jeho konstrukce by měl zabránit vniknutí dešťové vody, poničení kroupy, sněhem, pískem atd. Fotovoltaické panely se skládají z několika vrstev. Jejich vnitřní zapojení provedeno pomocí sérioparalelní kombinace článků.

Jako první a nejtěžší část článku je kalené sklo. Tvrzené sklo je odolné vůči kroupám, poletujícím větvím, a i určitým nárazům. V dnešní době se na většinu tvrzených skel aplikuje antireflexní vrstva, která minimalizuje odraz paprsku, a tím napomůže k propuštění většího množství fotonů. Skla, která se jeví jako tmavší, jsou zpravidla účinnější díky těmto antireflexním vrstvám. Na vnitřní stranu skla se následně pokládá slabá vrstva plastové EVA (etylenvinylacelátová) fólie.

Následuje vrstva solárních článků. Propojení článků z přední i zadní strany je provedeno pomocí kovového pásku. Ten spojuje přední kontakt článku se zadním kontaktem.

Další vrstva je opět EVA fólie. Při výrobě se z vrstev odsává vzduch a panel se zahřeje na teplotu tání EVA fólie. Tím se EVA fólie rozteče a zalije tak solární články.[34]

Zadní stěnu tvoří v mnoha případech laminátové kompozice (polymery). Tato vrstva slouží jako ochranná stěna. V případě, že je panel oboustranný je zmiňovaný laminát průhledný a zadní kontakty PV článku nejsou celoplošné. Tento typ oboustranný FV panelů je označován jako bifaciální.[34]



Obrázek č.12 Vrstvové rozdělení FV panelu [54]

Jak bylo zmíněno výše na začátku 4. kapitoly, panely jsou takřka bezúdržbové zařízení. Čistě bezúdržbové by byly tehdy, kdyby se nemuseli kontrolovat a případně čistit. Čistota horní strany panelu je značně důležitá podmínka pro vyrábění maximálního výkonu panelu. Tento výkon může právě narušit déšť, pyl, prach, sníh, zaschlé kapky vody, listí apod. Ačkoliv je povrch skla upraven tak aby se na něm neusazovala voda a jiné nečistoty, často si ani tato úprava povrchu neporadí s nežádoucími vlivy.

4.5.2 Bifaciální panel

Jedná se o panel, který přijímá a vyrábí energii za pomoci přední a zadní strany modulu. Oboustranné panely mají stejnou strukturu na obou stranách. Jelikož v mnoha případech je i energie odražená od země stále dostatečně silná, aby zvládla popohánět solární panel, využívají se proto bifaciální panely. Výnosnost zadní strany panelu neprodukuje

takové množství energie, jako přední strana, a to z důvodu nižší vlnové délky fotonu který je odražen. Tento foton totiž nemá vždy dostatek energie, aby dorazil až k P-N přechodu. Další výhodou bifaciálních panelů je ta, že tyto panely mají nižší pracovní teplotu a tím pádem vyšší účinnost. Jejich pořizovací cena je přitom často podobná jako běžné panely nebo dokonce i stejná. Tudíž se z hlediska vyššího výkonu mnohdy vyplatí.[17][34]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 POPIS OBJEKTU

Jedná se o průmyslovou halu, která má v přízemní a také v prvním patře kancelářské prostory. Dále se zde nachází sklad. Tato hala je umístěna na oploceném pozemku, na který je přístup pouze přes automatickou závoru a v nočních hodinách také elektricky poháněnou vyjíždějící bránu. Na pozemku se nenachází další stavení nebo jakékoliv budovy. Nejbližší budovy se nacházejí zhruba 40 a 65 m daleko a jsou zhruba podobně vysoké, takže nehrozí, že by mohli střechu řešené haly jakkoliv zastínit.



Obrázek č.13 Pohled na prostorové uspořádání střechy

5.1 Rozměry budovy

Budova má na délku zhruba 100 m. Z toho 10 m délky zaujímá střecha skladních prostorů, rozměry této střechy jsou 10 x 30 m. Šíře střechy haly je přibližně 51 m. Dle vyměření podle katastru nemovitostí je plocha hlavní střechy přibližně 4616 m² a plocha střechy skladů 335 m². Celková plocha střešních prostorů je 4951 m². Celková výška budovy činí 8,5 m a výška střechy skladových prostorů je o 2 metry nižší než samotná budova.

5.2 Střecha a její součásti

Co se týče přístupu na střechu, jsou zde 2 možné přístupy, oba umístěné na bočních stranách haly. První z nich se nachází naproti vjezdové bráně, na západní straně. Na obrázku

č.13 zobrazeno na levém spodním rohu haly. Druhý přístup na střechu se na obrázku č.13 nachází v pravém horním rohu budovy na východní straně. Jak bylo zmíněno výše, u východní části se nachází přístřešek pro skladní prostory. Kvůli tomu je zde umístěn ještě jeden žebřík, který umožňuje přístup na tuto stříšku. Střecha nad skladními prostory má obdélníkový tvar, který je na svém severním konci zkosený směrem k budově. Dále se na jižní straně budovy nalézají užší přístřešek, který je na obrázku vidět jako bílý úzký pruh. Je umístěn zhruba ve stejné výšce jako zmíněná střecha skladních prostorů. Její rozměry jsou 40 x 3 m, což dělá 120 m² plochy.

5.3 Definování aspektů, ovlivňujících projektování FVE

5.3.1 Plášť budovy

V této kapitole je definováno, kde a co ovlivní následné projektování FVE. Pokud se nejprve zaměříme na „plášť“ budovy, můžeme automaticky usoudit a zároveň vyloučit z výběru stranu, kde jsou umístěny kancelářské prostory s okny. Jedná se o severní stranu budovy. Tato strana budovy je umístěna směrem k hlavní cestě a nebylo by vkusné umístit FVE na tuto stranu budovy, která reprezentuje danou budovu (firmu). Co se týče výroby energie, tak je tato strana osvětlena jen při ranních hodinách, tudíž by její umístění na severní části nedávalo smysl. Východní a západní strany/stěny budovy jsou vhodnější pro umístění FVE, ale i přesto je délka svitu na těchto stranách poměrně krátká. Co se týče západní strany budovy, je vůči východní vhodnější pro umístění panelů kvůli své celistvosti. Naopak je zde ale kratší doba slunečního svitu. Na východní straně je délka slunečního svitu delší (od ranních hodin do odpoledních), ale je zde členitost stěn, stříšek, žebříků apod. Jako nejvhodnější stěna pro umístění FVE, resp. fotovoltaických panelů se jeví jižní strana budovy. Jedná se o stranu, která není vidět od příjezdové cesty. Ve stěně nejsou umístěny žádné vstupní nebo vchodové dveře, nenalézají se zde okna a ani jiné prvky omezující umístění panelů. Délka slunečního svitu je zde ze všech stran nejdelší. Ve všech případech samozřejmě záleží, jaké roční období je bráno v potaz. Pokud se ale zaměříme na letní období, kdy je slunce nejbližší azimutu a délka svitu je tedy nejdelší, je tato strana nejvhodnější pro umístění fotovoltaických panelů. Jak již bylo zmíněno 5.2, nachází se na této stěně úzká 3 m široká stříška, na kterou je také možné umístit FV panely a zvýšit tak celkový výkon FVE.

5.3.2 Střecha budovy

Jako hlavní a největší část FVE na tomto objektu je plochá, mírně nakloněná střecha budovy. Značnou část střechy zaujímají čtyři střešní okna/sedlové světlíky. Dále se jedná o zařízení vzduchotechniky. Je zde několik výdechů, větracích komínů apod., nicméně je tu ale 5 hliníkových konstrukcí, na kterých je umístěna technologie vzduchotechniky, o rozměrech, které nejsou zanedbatelné. Také je zde konstrukce ozdobného oblouku, která zaujímá přibližně 40 m². Jsou zde umístěny jímací tyče, které jsou umístěné v blízkosti technologií na střeše. V kapitole 5.2 je zmíněno, že se na bočních stranách nalézají žebříky. Ve všech případech se jedná o žebřík s ochrannou klecí. Na obrázku č.13 je vidět zhruba v 1/4 budovy, mezi vzduchotechnikou a světlíky příčka vysoká zhruba 60 cm. Možné také spatřit na obrázku č.14. Příčka je umístěna po celé délce budovy a je široká 20 cm. Jako poslední faktor, který by mohl značně ovlivnit návrh FVE je zalomení střechy přibližně uprostřed budovy. Jde o zlom střechy, kde se nacházejí i odtokové žlaby. Po celé ploše střešních prostorů jsou umístěny bleskosvody. Dle podkladů byla vypočtena výměra celkové a využitelné plochy střechy. Po součtu všech objektů umístěných na střeše haly nelze využít 1100 m². Pokud vezmeme výměru z kapitoly 5.1, to činí 4616 m² a odečteme od ní 1100 m², získáme hodnotu 3516 m², což je využitelná plocha pro umístění FV technologie.



Obrázek č.14 Technologie umístěné na střeše objektu

5.4 Spotřeba elektrické energie objektu

Je důležité zmínit, že v objektu se nachází kancelářské prostory, dílna pro servis vlastních technologií, několik malých kuchyňek, klimatizované místnosti, dvě dobíjecí stanice pro elektromobily, světelné poutače apod. Všechny tyto prostory a prvky s tím spojené spotřebují elektrickou energii v rozmezí 5–9 MWh za měsíc. Cenu, kterou společnost platí za 1 kWh je 4-5 Kč. (spotové tržní ceny – float). V tabulce č.3 je vidět, že nejvíce energie je spotřebováno v zimních obdobích, kdy jsou místnosti vytápěny. Kvůli kratší délce slunečního svitu během zimy se více využívá vnitřní osvětlení. Je důležité zmínit, že během období, které je vypsáno v tabulce, se změnil dodavatel a nastalo celorepublikové zdražování energií. Tyto změny ideálně demonstrují měsíce srpen, leden a březen. Za 9 měsíců společnost zaplatila 423 346 Kč za elektrickou energii a spotřebovala 65,264 MWh. Údaje v tabulce č.3 byly získány z faktur za elektřinu.

Tabulka 3. Spotřeba a cena za energie za určité období v podniku

Rok	Měsíc	Výkon [MWh]	Cena [Kč]
2021	Srpen	6,238	56 300
2021	Září	5,792	44 475
2021	Říjen	6,518	46 364
2021	Listopad	7,459	40 325
2021	Prosinec	8,844	43 397
2022	Leden	7,273	46 230
2022	Únor	8,325	41 972
2022	Březen	7,86	65 427
2022	Duben	6,955	38 856
Celkový výkon		65,264 MWh	
Celková cena		423 346 Kč	

6 NÁVRH FVE NA PRŮMYSLOVÝ OBJEKT

Každá pozemní a střešní fotovoltaická elektrárna potřebuje řadu komponentů, aby správně pracovala. Jako nejdůležitější prvek toho všeho je FV panel. Pokud chceme elektřinu využít i v našich elektrických sítích, musíme stejnosměrné napětí, které panely dodávají, převést na střídavé. Cíl této kapitoly je samotný návrh FVE a výběr technologií.

6.1 Porovnání technologií a komponentů

6.1.1 Fotovoltaické panely

Všeobecně při výběru různých technologií hrají majoritní roli specifikace produktu. Pro návrh FVE byly vybrány čtyři typy panelů (tabulka č.4). V tomto případě je ale vidět, že rozdíly mezi vybranými panely jsou skutečně malé.

Všechny typy panelů, kromě panelů HT-SAAE, jsou panely bifaciální. Pro FVE na průmyslovou halu byly zvoleny právě monokrystalické panely, které kvůli vyšší účinnosti budou vhodnější varianta. Výhoda polykrystalických panelů je jejich všestrannost při horších světelných podmínkách a špatnému úhlu osvětlení. Jelikož je ale na střeše haly dostatek prostoru, můžeme si úhel a směr natočení zvolit. Další velmi důležitý fakt, polykrystalické panely jsou méně dostupné kvůli menší poptávce.

Tabulka 4. Výběr ze čtyř FV panelů

Typ panelů	AMERISOLAR AS-7M144-BHC -540 Wp	LONGI LR5-540M-72HPH	HT – SAAE: HT72-18x(PD)-F	Canadian Solar CS6W-540 MB-AG
Max. Výkon [Wp]	540	540	540	540
Napětí naprázdno [V]	49,6	49,5	49,4	49,2
Proud nakrátko [A]	13,86	13,85	14,36	13,90
Napětí max. výkonu [V]	41,4	41,65	41,0	41,3
Proud max. výkonu [A]	13,05	12,97	13,18	13,08
Účinnost [%]	20,89	21,1	20,8	21
Váha [kg]	29	32,3	28,5	32,2
Rozměry [mm]	2279x1134x35	2256x1133x35	2285x1134x30	2266x1134x35
Teplotní koefic. Pmax [%/°C]	-0,36	-0,35	-0,33	-0,34
Záruka v letech	30	30	25	30

- Panel Amerisolar nabízí vysokou odolnost vůči vnějším vlivům a garantuje 80 % výkonu po 30 letech.
- Panel Longi nabízí nejlepší účinnost na naopak nejmenší panel, co se rozměrů týče. Po 30 letech provozu zaručují 84,95 % ze slibovaného výkonu - 540 Wp.
- Panel HT SAAE je ze všech nejlehčí, nejvyšší a má také nejmenší úbytek výkonu závislý na zvyšování teploty.
- Panel CanadianSolar nabízí dobré parametry, ale není zde nic, čím by se tolik odlišoval od ostatních.

Informace jsou čerpány z technické specifikace jednotlivých výrobců.[36], [37], [38], [39]

6.1.2 Střídače

Do výběru byly zvoleny 4 třífázové střídače o výkonu 100 kVA. Oproti předchozí kapitole zde jsou data specifikací o něco rozdílnější. Výběr střídačů zobrazen níže v tabulce č.5 [40], [41], [42], [43]

Tabulka 5. Výběr ze čtyř třífázových střídačů

Výrobce a typ	SolarEdge-SE100K	Sungrow-SG110CX	GoodWe HT-GW100K-HT	SMA-Sunny highpower peak 3
AC výkon jmenovitý [VA]	100	100	100	100
DC výkon max. [kW]	150	110	110	150
DC napětí pracovní [V]	750	585	600	400
DC proud max. [A]	48,5x3	26x9	45x12	180
Frekvence [Hz]	50/60	50/45-55/55-65	50/60	50/60
DC napětí max. [V]	1000	1100	1100	1000
AC proud max. [A]	145	158,8	167	151
Účinnost [%]	98	98,5	98,3	98,6
Počet MPPT	12	9	10	1
Záruka v letech	12	5	5	5

6.2 Výběr technologií a komponentů

Pro návrh a případnou realizaci FVE by byl zvolen fotovoltaický panel LR5 od výrobce Longi. Jeho nízká degradace výkonu je asi nejvíce odlišující se parametr od ostatních.

Stejně jako Amerisolar má vyšší odolnost vůči okolním jevům, a to díky dvojitému, tvrzenému sklu. Zároveň má ze všech panelů nejlepší účinnost. Pokud se na tento výběr panelů podíváme ještě jednou, vidíme, že specifikace daných panelů jsou podobné. Proto bude velkou rolí při reálném výběru hrát cenová nabídka od prodejce, způsob a cena dopravy (celkově logistika) a také osobní zkušenosti.

Co se střídačů týče, velmi lákavý údaj je 12 let záruky střídače SolarEdge nebo také 12 MPPT trackerů. Velmi přínosné jsou i maximální možné výkony, které se mohou připojit na DC vstupu. Přes to vše byl zde ale vybrán střídač od výrobce GoodWe. Má velmi vysoký připojovací proud na DC straně a hned po SolarEdge má druhý největší počet MPPT vstupů. Je možno poté připojit na vstup panely vysokých výkonů, a to ve velkém počtu díky 10 MPPT vstupům. To jsou vlastně hlavní důvody a výhody, kvůli kterým byl zvolen tento střídač.

Další potřebné zařízení pro FVE jsou vypsány níže:

- Transformátor 630 kVA pro FVE (v případě BESS bude přidán druhý transformátor pro baterii)
- Kabely: NN, VN, datové
- Rozvaděče: NN, VN, datové
- Konstrukce hliníkové
- (Optimizery)
- (Bateriové moduly: 200 kWh)

6.3 Návrh fotovoltaické elektrárny

Hlavní záměr této kapitoly je porovnání dvou návrhů FVE s rozdílným směrem umístění a naklonění panelů. Návrh číslo 1 je FVE s panely orientovanými směrem na východ/západ. Další výkres – návrh číslo 2 je FVE s panely natočenými směrem na jih.

Jelikož jsou po střeše místa, která budou po většině dne stínit panelům, jsou zde dodrženy odstup, aby nebyly panely zastíněné. Jedná se o zastínění na jižní straně budovy, dále zhruba v 1/4 od severní části a také za zařízeními vzduchotechniky. Dodrženy bezpečný odstup je také u míst, kde je přístup na střechu (žebříky). Minimální manipulační plocha okolo střešních žebříků je 3 m². Aby byla možná průchodnost od jednoho konce střechy na druhý, jsou na krajích budovy dodrženy odstup panelů od hrany střechy. Uprostřed střechy je vytvořena ulička, kde je zlom střechy kvůli odtoku dešťové vody. Z této uličky je následně

přístup k většině řad FVE. Další důležitý odstup je také u střešních sedlových světlíků. Pro přístup ke každému z nich je zajištěna ulička a částečně i okolo světlíků. Na střeše se také nachází různé technologie jako např. skříň klimatizace, větrací komínky, stojany s bezdrátovými technologiemi nebo konstrukce pro světelný oblouk. Další důležité prvky, které jsou potřeba brát v potaz, jsou jímací tyče a bleskosvody.

6.3.1 Varianta FVE – V/Z

Tento typ návrhu bude mít, jak bylo již zmíněno, panely umístěné směrem na východ a také na západ. To znamená, že blok skládající se ze dvou panelů umístěných nad sebou bude nakloněný směrem 15° na východ a druhý blok panelů bude nakloněn též o 15° vůči vodorovné rovině, ale na opačnou stranu, na západ.

Výřez z výkresu přílohy č.1 zobrazuje, jaké je rozmístění panelů na střeše budovy. Jak je vidět na obrázku č. 15, rozestup mezi dvěma bloky (jeden blok na východ, druhý blok na západ) je 10 cm a rozestup dvojice bloků mezi další dvojicí je 30 cm. V jednom bloku není uvažováno s mezerami mezi panely.

V prostřední uličce je vyznačeno, že se zde nachází 35 řad. Součástí FVE je také přístřešek, který je umístěn na jihovýchodní části střechy. Zde budou panely umístěny těsně vedle sebe z důvodu největšího využití plochy této stříšky.

Ve výkresu přílohy č.1 je vidět, že celkový výkon tohoto návrhu je 492 480 Wp. Je zde umístěno 425 bloků panelů o výkonu 459 kWp a také panely, které jsou umístěny samostatně, nikoliv v bloku. Těchto panelů je 62 s výkonem 33 400 Wp. V kapitole 6.2 byly vybrány panely s výkonem 540 Wp, tudíž výpočet je prosté vynásobení počtu panelů jmenovitým výkonem. Tedy: $(425 \times 2 + 62) \times 540 = 492,480 \text{ kWp}$



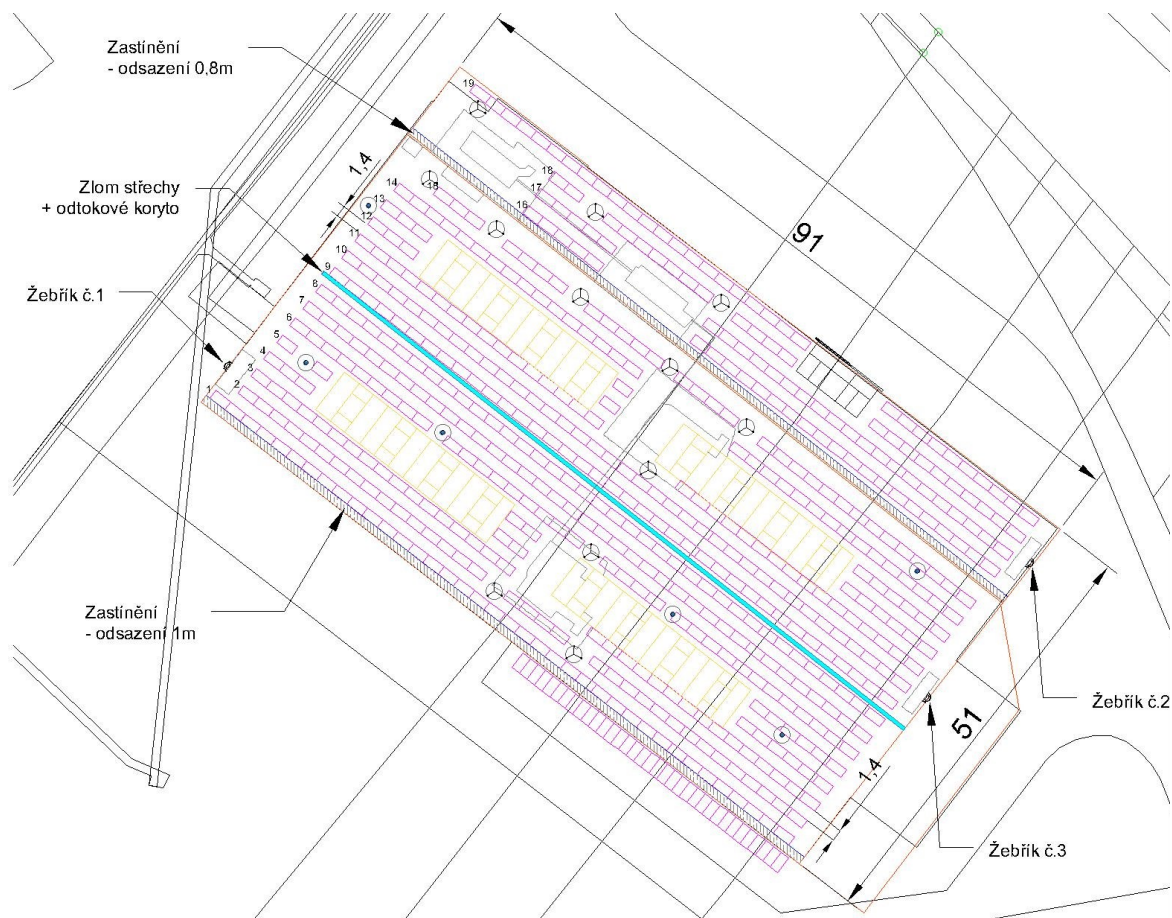
Obrázek č.15 Výřez výkresu FVE – V/Z

6.3.2 Varianta FVE – JIH

Začneme již zmíněným maximálním využitím plochy stříšky na jihovýchodní straně se panely ponechaly. Dále se při návrhu, zobrazeném v příloze č.2 nebo také zobrazeném na obrázku č. 16 postupovalo odlišně.

Jelikož je u panelů s orientací na jih také velmi důležité dodržet u jednotlivých řad dostatečný rozestup, byly jednotlivé řady navrženy tak, aby si navzájem nestínily. Je potřeba počítat s tím, že výška slunce na obloze se v průběhu ročních období mění, a tím pádem je důležité stanovit dostatečně širokou uličku mezi řadami. S tím ale také souvisí opačný problém. Jelikož se vytvoří zbytečně široké uličky mezi jednotlivými řadami, vzniká spousta nevyužitého prostoru a díky tomu se přichází o určité nezanedbatelné množství instalovaného výkonu. Dle výpočtu bylo stanoveno, že vzdálenost 1,4 metrů mezi jednotlivými řadami by měla být dostačující (výška horní části panelu – 1,42 m, úhel světla 30°, výška nejnižšího bodu panelu další řady – 0,8 m). Jedná se o určitý kompromis mezi

letním a zimním obdobím, kde pro letní období by stačila ulička 1,1m široká a pro zimní období by byla potřeba ulička 1,7m široká.



Obrázek č.16 Výřez výkresu FVE – jih

Výsledek návrhu FVE (příloha č.2) je 19 řad panelů směřovaných na jih (525 panelů) a 35 panelů na V/Z umístěných na stříšce. Po součtu se výkon FVE dostane na hodnotu 302,4 kWp. Tedy: $(525 + 35) \times 540 = 302,400 \text{ kWp}$

6.3.3 Vyhodnocení, porovnání variant FVE

Z obou návrhů byly tedy získány instalované výkony, které jsou možné na FV umístit. I když se na první pohled zdá lepší varianta s panely orientovanými na V/Z, má i svá negativa.

Logicky, čím nižší počet instalovaných panelů FVE, tím nižší pořizovací cena. Druhá výhoda „jižních“ panelů je jejich rentabilita během celého roku. V kapitole 8.2.1 je popsáno, že panely umístěné směrem na jih vyrábějí větší množství energie i v období horších světelných a klimatických podmínek.

Výhody panelů orientovaných na V/Z jsou následující. Jako první výhodou, ačkoliv nesouvisející se samotnou FVE je doba jejího maximálního výkonu a cena prodeje elektřiny. FVE s panely na V/Z totiž produkuje největší výkon v ranních a večerních hodinách. Oproti tomu FVE s panely na jih vyrábí nejvíce elektřiny během poledne. Zde nastává nevýhoda jižní orientace, a naopak výhoda orientace V/Z. Pokud se podíváme na graf denního trhu elektřiny v ČR (např. [zde](#)), je z grafu zřejmé, že elektřina je nejlevnější v poledních hodinách a při maximálních výkonech panelů směřovaných na V/Z je cena za den obvykle nejvyšší. Pokud se tedy elektřina okamžitě dodává do distribuční sítě a prodává distributorům, prodává se větší množství energie při vyšší ceně na trhu. Jako další velká výhoda je využitelnost plochy a s tím související vyšší instalovaný výkon FVE. Tuto výhodu ideálně demonstrují vytvořené návrhy FVE viz. příloha č. 1 a 2.

Pokud by se uvažovalo o výstavbě FVE na střechu, roli ve výběru hrají i finance. Nicméně pro výstavbu by bylo doporučeno zvolit elektrárnu, která bude mít panely orientované směrem na V/Z.

6.4 BESS

Pokud by bylo uvažováno o bateriovém systému zvaném BESS (Battery Energy Storage System), cena za tento systém by byla téměř 3 mil. Kč. Záleží na nabídce prodejce/výrobce těchto bateriových modulů. Pokud by se BESS přidala k FVE, uvažovalo by se s bateriovým modulem kapacity 200 kWh.

6.5 Možnosti zvýšení výkonu

Pokud nastávají situace, kdy jsme limitováni prostorem, na kterém je FVE umístěna, můžeme navýšit výkon i jinými způsoby než jen přidáváním panelů.

- Trackery: Jako velmi zajímavé se jeví systémy sledující sluneční záření. Tracker umožňuje otáčet panel okolo své osy nebo také po svislé ose. Díky tomu, že se otáčí do ideální polohy vůči slunci, může vyrobit panel až o 1/3 více energie ročně. Jelikož je ale díky silnějšímu slunečnímu záření vystavován po delší dobu dne, zkracuje se jeho životnost.
- Optimizéry: Velmi užitečná technologie, která řeší zásadní problematiku FVE. Pokud se zastíní byť jen jediný panel ve stringu, ovlivní tak ostatní panely v daném stringu. Optimizér plní funkci hledání optimální bodu výkonu a díky tomu umožňuje ostatním panelům vyrábět maximum energie.

- Zrcadla: Jednoduchým principem zrcadlo odráží sluneční záření směrem k panelům a navyšují tak jejich příjem získaných fotonů.
- Změna barvy/charakteru podloží: Přínosný a zajímavý fakt, který může být v mnoha případech i ta nejlevnější varianta. Z interních zdrojů (firmy, pod kterou spadá průmyslová hala, která je řešena v této bakalářské práci) byla obdržena tato tabulka pro míru odrazivosti neboli albeda.

Tabulka 6. Hodnoty Albedo pro různé povrchy

Typ povrchu	Albedo
Zelené pole (tráva)	10–25 %
Beton	20–40 %
Bílý beton	60–80 %
Bílý štěrk	27 %
Bílá střešní krytina	56 %
Šedá střešní membrána	62 %
Bílá střešní membrána	80 %
Písek	20–40 %
Bílý písek	60 %
Sníh	45–95 %
Voda	8 %

6.6 Údržba FVE

Jak už bylo zmíněno v kapitole 4. nebo i v kapitole 4.5.1, solární moduly jsou téměř bezúdržbové. Jestli se ale dlouhodobě udržují na panelech nečistoty, je jejich očištění nutné. Z toho důvodu by se měla provádět každé 1-2 roky vizuální prohlídka panelů, vedení střídačů a ostatních náležitostí. Dle zkušeností a doporučení je sklon 20° dostatečný pro to, aby se na panelech neudržoval sníh ve velkých množstvích – sníh sklouzne po panelu na zem.

Při vizuální kontrole panelů je nutné kontrolovat, zda se na panelech neusazují na spodní části kovového rámu nečistoty, které mají tloušťku vrstvy už v jednotkách cm. Pokud se zde navrství nečistoty ve velkém množství a usadí se na okrajích rámu, z pravidla následuje tento problém. Nahromaděné nečistoty se začnou měnit v průběhu určité doby na „zaschlé bahno“, to se díky běžným dešťům zavlažuje a zde nastává zásadní problém.

Z nečistot se začne tvořit mech, který se postupně dostane až pod ochranné sklo, rozroste se natolik, že nadzvedne termální sklo i o několik milimetrů a poškodí tak technologie které se pod sklem nacházejí.



Obrázek č.17 Znázornění údržby FV panelů [7]

Důležité je také zmínit, že míra znečištění, a tím pádem následná frekventovanost pravidelných kontrol (čištění) závisí na lokaci FVE. Pokud je elektrárna například umístěná pár set metrů od dřevovýroby, bude zde vyšší výskyt polétavého prachu, než tomu bude u elektrárny umístěné na konci malé vesnice bez jakéhokoliv výrobního průmyslu. Při kontrole akumulátorů (BESS) je důležité kontrolovat napětí jednotlivých článků,

7 BEZPEČNOSTNÍ A POŽÁRNÍ ŘEŠENÍ

7.1 Bezpečnostní řešení

Areál je kompletně oplocen 2 m vysokým plotem bez ostnatého drátu, bez otřesového kabelu. Vstup do areálu je umožněn přes automatickou závoru a při nočních hodinách je areál zastřežen elektricky poháněnou posuvnou bránou. Na každém rohu objektu je umístěna kamera. Vchodové dveře budovy jsou zabezpečeny přístupovým systémem ACS a také pokryty CCTV kamerou. Přístup do střešních prostorů není nijak omezen. Pokud by došlo k překonání vjezdové brány a závory, tak riziko, že by pachatel chtěl ukrást majetek na pozemku firmy je malý. Ve venkovních prostorách se nachází pouze poutače, dekorativní stojany nebo stožáry s vlajkami. V případě, že by pachatel vylezl na střechu a chtěl odcizit jakoukoliv věc z FVE, narazí na problém. Většina zařízení na elektrárně se mohou odpojit pouze za beznapěťového stavu. Tudiž hrozí buď poškození majetku nebo zdraví pachatele.

7.2 Požární řešení

Hala má nehořlavé stavební konstrukce a také nesnadno hořlavou střešní hydroizolační PVC fólii. Kabely NN, kterými budou propojené FV panely musí být uloženy do plechových profilovaných lišt, drátěných košů nebo lze využít kabeláž klasifikace B2ca s1 d0. Rozvodná skříň FVE společně se střídači na napětí by měla tvořit samostatný požární úsek, který bude umístěn zcela mimo otevřené plochy oken a vrat. Jelikož jsou panely umístěny na střeše, nepotřebují stálou obsluhu a nedochází zde ke zvýšení unikajících osob, stavba FVE vyhovuje těmto požadavkům.

Pokud by bylo v záměru úprava povrchu za účelem zvýšení intenzity odrazu slunečního záření od povrchu, nesmí se zde použít výrobky třídy reakce na oheň E nebo F. Výrobky této třídy jsou schopny odolávat pouze malému plamenu po kratší nebo delší časový interval bez významného rozšíření plamene.

7.3 Ochrana před bleskem

Ochrana proti blesku je zde zajištěna pomocí jímacích tyčí, které fungují podobně jako Faradayova klec. Jímací tyče jsou rozmístěny v blízkosti zařízení vzduchotechniky. Nyní se zde nachází 12 jímacích tyčí. Jímací tyče by měli být natolik vysoké, aby nepropadla blesková koule a aby naopak nestínily panelům. Pro budoucí návržení by bylo vhodné doplnit minimálně další 4 jímací tyče do prostoru budoucí FVE

8 DOPAD SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA ŘEŠENOU OBLAST

Pomocí fotovoltaického geografického informačního systému se může dohledat roční výroba FVE, sluneční ozáření apod. Díky tomuto nástroji můžeme porovnat a také zjistit, jaký náklon panelů, jejich orientaci nebo azimut určit, aby byla výroba energie co nejvyšší. [35]

8.1 Orientace V/Z

Z návrhu FVE s panely orientovanými směrem V/Z bylo zjištěno, že výkon elektrárny bude 492 480 Wp. Tento výkon je vhodné rozdělit na polovinu, protože je polovina panelů nakloněná na východ a polovina na západ. Po zadání výkonu 246,24 kWp byly následně zadány tyto parametry do systému [35]:

- Ztráta systému: 14 % -jedná se o přednastavenou hodnotu.

Existuje několik příčin této ztráty, jako jsou ztráty v kabelech, výkonových střídačích, sníh, píle, nečistoty na modulech apod.

- Montážní plocha: Střecha/integrovaná budova

Pokud je např. FV panel umístěný na prostorách střechy, je proudění vzduchu pod panelem menší, tím pádem se moduly mohou zahřívat ztrácet tak účinnosti/výkonu. Když jsou panely umístěné tzv. napevno na pozemních FVE, lépe se mezi moduly pohybuje vzduch a nedochází k takovému zahřívání.

- Sklon: 15°

Tento parametr si určuje projektant FVE. Dle doporučení zde byla zadána tato hodnota.

- Azimut: -90 a +90

Zde hodnoty -90 a +90 určují to, že budou panely nakloněny směrem na východ/západ.

8.1.1 Výsledky simulace u návrhu V/Z

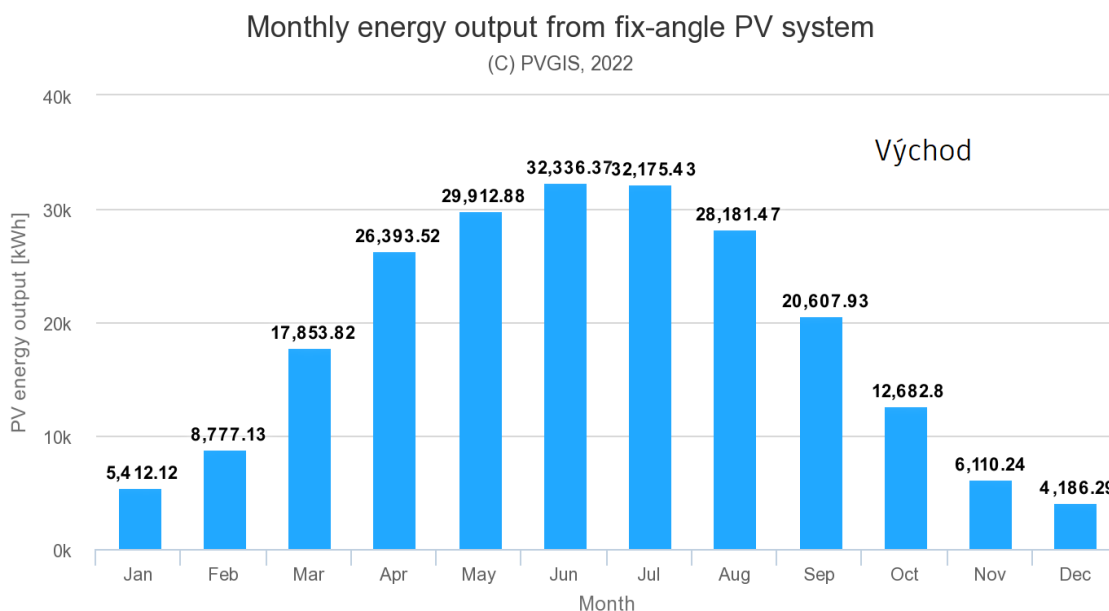
Simulace na obrázku č.15 vypsala rozdílné hodnoty mezi orientací na východ a na západ. U orientace panelů na západ je vyšší míra ztrát. Ztráty jsou ovšem vyšší pouze o 0,22 % oproti orientaci na východ. Pokud se bude brát v potaz fakt, že rozdíl mezi jedním a druhým panelem při orientaci V/Z je 30° (15+15), tak úbytek výkonu, který ovlivňuje také úhel dopadu, se téměř neliší.

Roční produkce nakloněných panelů na západ vychází 224 358 kWh. Panely nakloněné na východ vyrobí za rok 224 630 kWh. Díky simulaci PVGIS [35] bylo zjištěno, že roční produkce bude u panelů orientovaných na V/Z 448 998 kWh. (součet obou hodnot).

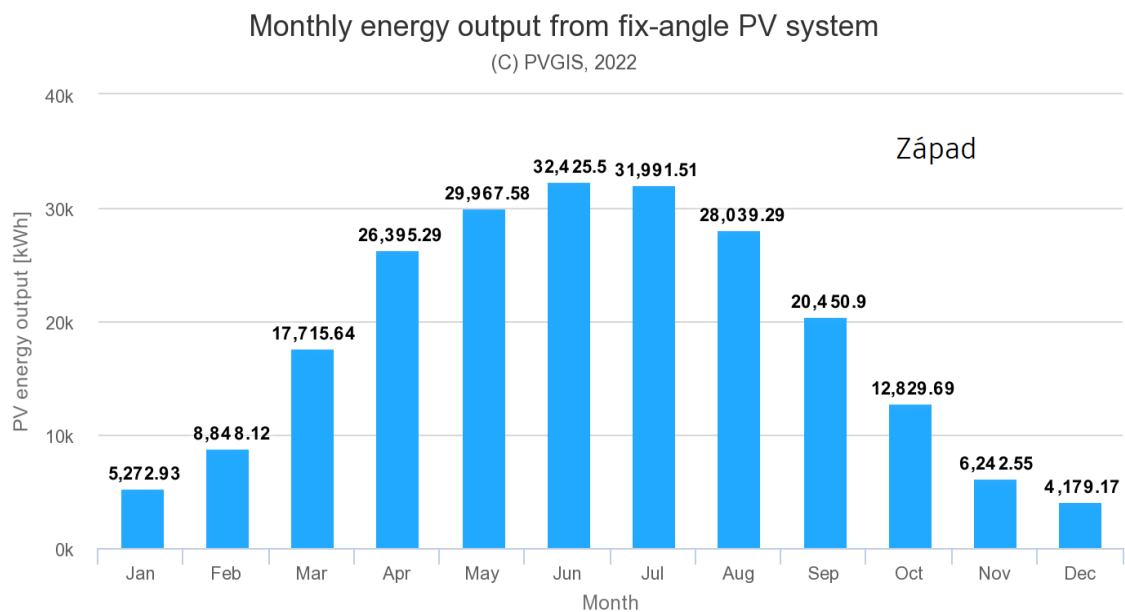
Výstupy simulace :	Východ	Výstupy simulace :	Západ
Úhel sklonu [°]:	15	Úhel sklonu [°]:	15
Úhel azimutu [°]:	-90	Úhel azimutu [°]:	90
Roční produkce FV energie [kWh]:	224630	Roční produkce FV energie [kWh]:	224358,17
Roční ozáření v letadle [kWh/m ²]:	1197,62	Roční ozáření v letadle [kWh/m ²]:	1199,59
Meziroční variabilita [kWh]:	9051,48	Meziroční variabilita [kWh]:	7718,09
Změny ve výstupu kvůli :		Změny ve výstupu kvůli :	
Úhel dopadu [%]:	-3,99	Úhel dopadu [%]:	-4,08
Spektrální efekty [%]:	1,34	Spektrální efekty [%]:	1,34
Teplota a nízké ozáření [%]:	-8,97	Teplota a nízké ozáření [%]:	-9,14
Celková ztráta [%]:	-23,83	Celková ztráta [%]:	-24,05

Obrázek č.18 Výsledná data simulace panelů orientovaných směrem V/Z [35]

Z obrázků č.19 a 20 můžeme vyčíst, že neproduktivnější měsíce v roce jsou červen a červenec. Při těchto měsících by měla být měsíční produkce elektrické energie nad hladinou 30 000 kWh. Celková roční produkce je sice u orientace východ vyšší (oproti západu), avšak to neplatí u všech měsíců. Je to v podstatě půl na půl. Výnosnější měsíce pro západní orientaci jsou listopad, srpen, červen, květen, duben, únor.



Obrázek č.19 Grafické znázornění produkce energie u panelů orientovaných směrem na východ [35]



Obrázek č.20 Graf produkce energie u panelů orientovaných směrem na západ [35]

8.1.2 Předpoklad vyrobené energie

V tabulce č.4 je jako finální výstup předpokládaný výkon, který elektrárna s nakloněním na V/Z vyprodukuje za období své garantované záruky. Při degradaci výkonu panelu 0,5 % za rok klesne hodnota za 30 let na hodnotu 82,5 % sho původního, garantovaného výkonu. Když se tyto údaje přenesou do vyrobené energie, můžeme vidět, že z původních 435 MWh klesne produkce na 370 MWh.

Tabulka 7. Předpokládaná výroba energie v průběhu 30 let

Rok výroby FVE	Výkon FVE [kWh]	Pokles výkonů panelů [%]	Roční výroba [kWh]	Předpokládaný výkon FVE [kWh]
1	492 480	97	448 988	435518,36
2	492 480	96,5	448 988	433273,42
3	492 480	96	448 988	431028,48
4	492 480	95,5	448 988	428783,54
5	492 480	95	448 988	426538,6
6	492 480	94,5	448 988	424293,66
7	492 480	94	448 988	422048,72
8	492 480	93,5	448 988	419803,78
9	492 480	93	448 988	417558,84
10	492 480	92,5	448 988	415313,9
11	492 480	92	448 988	413068,96
12	492 480	91,5	448 988	410824,02

13	492 480	91	448 988	408579,08
14	492 480	90,5	448 988	406334,14
15	492 480	90	448 988	404089,2
16	492 480	89,5	448 988	401844,26
17	492 480	89	448 988	399599,32
18	492 480	88,5	448 988	397354,38
19	492 480	88	448 988	395109,44
20	492 480	87,5	448 988	392864,5
21	492 480	87	448 988	390619,56
22	492 480	86,5	448 988	388374,62
23	492 480	86	448 988	386129,68
24	492 480	85,5	448 988	383884,74
25	492 480	85	448 988	381639,8
26	492 480	84,5	448 988	379394,86
27	492 480	84	448 988	377149,92
28	492 480	83,5	448 988	374904,98
29	492 480	83	448 988	372660,04
30	492 480	82,5	448 988	370415,1

8.2 Orientace na jih

U varianty FVE s panely orientovanými směrem na jih bylo zjištěno, že výkon elektrárny dosahuje hodnoty 302,4 kWp. Pro simulaci s touto orientací byly zadány tyto parametry: [35]

- Ztráta systému: opět 14 % -jedná se o přednastavenou hodnotu.
- Montážní plocha: opět Střecha/integrovaná budova
- Sklon: 25°
- Azimut: 0

8.2.1 Výsledky simulace u návrhu na jih

V obrázku č.21 jsou opět dvě tabulky hodnot. Nyní se ale jedná o jiné srovnání. Levá tabulka označená jako Jih – 492,4 kWp demonstruje, jaká je roční vyprodukovaná energie, při stejném výkonu panelů jako u orientace V/Z. Zde roční produkce dosahuje téměř 530 MWh oproti 449 MWh, viz. kapitola 8.1.1.

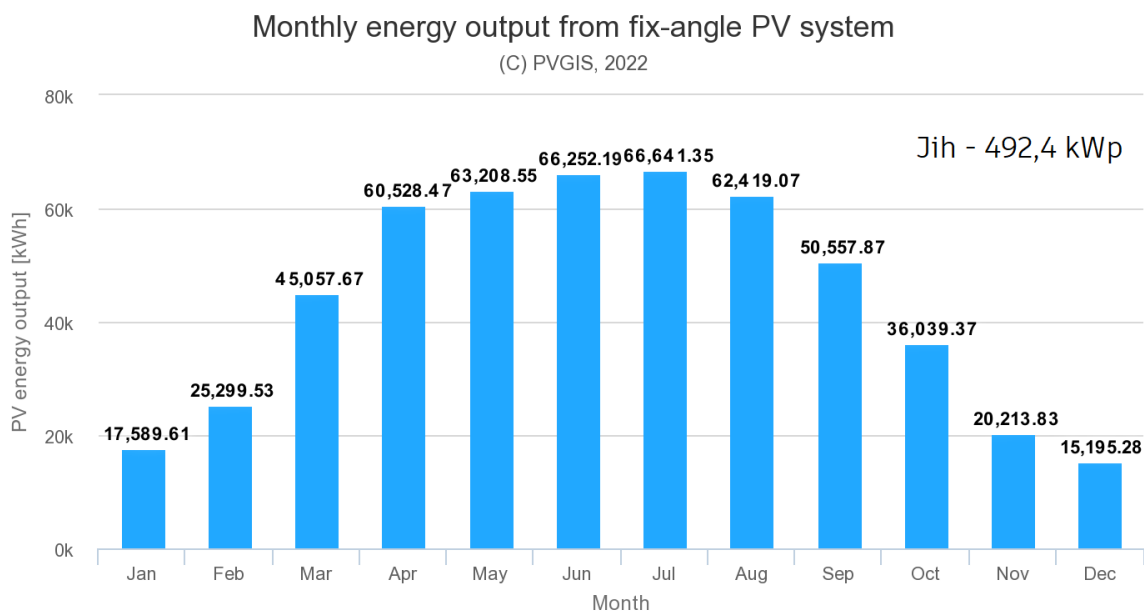
Pokud se ale zaměříme na reálný výkon (pravá tabulka), který se vměstnal na střechu, hodnota je znatelně nižší. V příloze č.2 jsou umístěny panely disponující výkon 302,4 kWp. Ve srovnání s obrázkem č. 15 je zde ale téměř o 0,7% menší ztráta výkonu.

Největší rozdíl nastává u řádku „Úhel dopadu“, kde je u jižního naklonění ztráta -3,1 % a u naklonění V/Z je hodnota téměř o procento vyšší.

Výstupy simulace :	Jih - 492,4 kWp	Výstupy simulace :	Jih - 302,4 kWp
Úhel sklonu [°]:	25	Úhel sklonu [°]:	25
Úhel azimutu [°]:	0	Úhel azimutu [°]:	0
Roční produkce FV energie [kWh]:	529002,77	Roční produkce FV energie [kWh]:	325185,18
Roční ozáření v letadle [kWh/m ²]:	1400,9	Roční ozáření v letadle [kWh/m ²]:	1402,3
Meziroční variabilita [kWh]:	22879,05	Meziroční variabilita [kWh]:	14057,78
Změny ve výstupu kvůli :		Změny ve výstupu kvůli :	
Úhel dopadu [%]:	-3.09	Úhel dopadu [%]:	-3.1
Spektrální efekty [%]:	1.47	Spektrální efekty [%]:	1.47
Teplota a nízké ozáření [%]:	-9.33	Teplota a nízké ozáření [%]:	-9.32
Celková ztráta [%]:	-23.31	Celková ztráta [%]:	-23.32

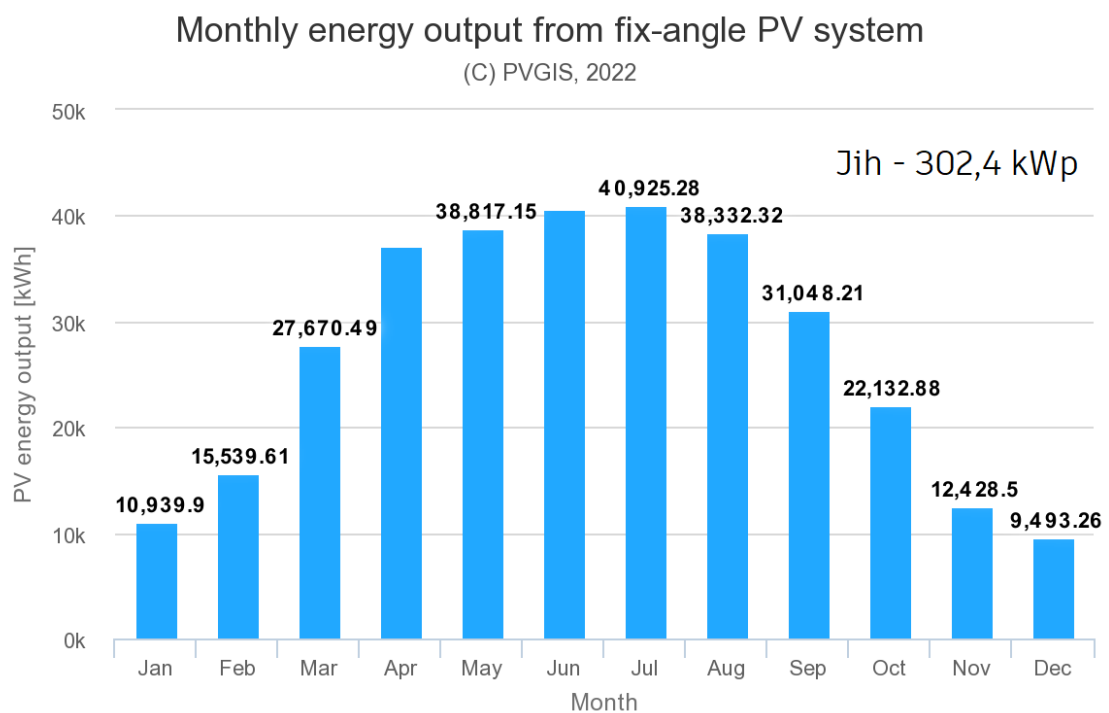
Obrázek č.21 Výsledná data simulace panelů orientovaných směrem V/Z [35]

Díky grafu v obrázku č.22 se dá posoudit, že pokud by nastala situace, kdy bude projektovaná FVE limitovaná maximálním připojovacím výkonem na DS, ale prostory pro umístění FVE jsou větší, než je potřeba, je vhodné zde uvažovat o orientaci směrem na jih. Bude-li mít totiž FVE s orientací panelů na jih stejný DC výkon, jako FVE s panely orientovanými na V/Z, celoroční produkce energie bude značně vyšší u panelů umístěných směrem na jih. Není to ale hlavní faktor, který by stanovoval, zda takto umístit FVE. Těchto faktorů je více, nejčastěji se rozhoduje podle toho, kde bude FVE umístěna. Pokud je tento prostor dlouhá, široká parcela, je vhodné umístit panely nakloněné na jih. Pokud má parcela naopak spíše své rozložení na výšku, bude lepší volba orientace na V/Z.



Obrázek č.22 Graf množství vyrobené energie při 492,4 kWp FVE (stejně jak V/Z)

Obrázek č.23 zobrazuje data, která jen potvrzují, že umístění na V/Z je vhodnější řešení pro vyšší energetický i finanční zisk. Zatím co u panelů nakloněných na jih (o výkonu 302,4 kWp) se měsíční produkce vyšplhá v červnu lehce na 40 000 kWh, při sečtení červnových hodnot u panelů nakloněných na V/Z dostáváme o jednu třetinu vyšší hodnotu, přibližně 64 700 kWh. Na druhou stranu, pokud se podíváme na měsíce zimních období, oba typy naklonění se od sebe téměř neliší. V některých případech dokonce jižní orientace předčí orientaci V/Z. (listopad, prosinec, leden)



Obrázek č.23 Grafické znázornění měsíční produkce energie u panelů orientovaných směrem na jih (výkon 302,4 kWp) [35]

8.2.2 Předpoklad vyrobené energie

V tabulce č.5 je jako finální výstup předpokládán výkon, který elektrárna s nakloněním na jih vyprodukuje za období své třicetileté, garantované záruky. Jelikož se jedná o tytéž panely, jako u předchozího návrhu FVE, garantovaný výkon po 30 letech by měl klesnout na hodnotu 82,5 % svého původního, garantovaného výkonu. V tomto případě můžeme vidět, že z původních 315 MWh klesne produkce na 268 MWh.

Tabulka 8. Předpokládaná výroba energie v průběhu 30 let

Rok výroby FVE	Výkon FVE [kWh]	Degradace panelů a výkonu [%]	Roční výroba [kWh]	Předpokládaný výkon FVE [kWh]
1	302 400	97	325 185	315429,45
2	302 400	96,5	325 185	313803,525
3	302 400	96	325 185	312177,6
4	302 400	95,5	325 185	310551,675
5	302 400	95	325 185	308925,75
6	302 400	94,5	325 185	307299,825
7	302 400	94	325 185	305673,9
8	302 400	93,5	325 185	304047,975
9	302 400	93	325 185	302422,05
10	302 400	92,5	325 185	300796,125
11	302 400	92	325 185	299170,2
12	302 400	91,5	325 185	297544,275
13	302 400	91	325 185	295918,35
14	302 400	90,5	325 185	294292,425
15	302 400	90	325 185	292666,5
16	302 400	89,5	325 185	291040,575
17	302 400	89	325 185	289414,65
18	302 400	88,5	325 185	287788,725
19	302 400	88	325 185	286162,8
20	302 400	87,5	325 185	284536,875
21	302 400	87	325 185	282910,95
22	302 400	86,5	325 185	281285,025
23	302 400	86	325 185	279659,1
24	302 400	85,5	325 185	278033,175
25	302 400	85	325 185	276407,25
26	302 400	84,5	325 185	274781,325
27	302 400	84	325 185	273155,4
28	302 400	83,5	325 185	271529,475
29	302 400	83	325 185	269903,55
30	302 400	82,5	325 185	268277,625

9 FINANČNÍ ROZVAHA

Pro výpočet orientační ceny za FVE je zapotřebí si z prvopočátku stanovit, jestli se bude uvažovat s umístěním bateriového systému, a to hned ze 2 důvodů. Prvním důvodem je cena. Dle propočtů by se celková cena za instalovanou baterii měla pohybovat okolo 3,5 mil. Kč. Druhý důvod je výše dotace, která je následně větší, pokud BESS bude součástí FVE.

V následujících odstavcích jsou zmíněny a případně popsány dílčí části, bez kterých bych se FVE neobešla. Nejsou zde zmíněny všechny dílčí prvky. Ve většině případů se ale jedná o nejdražší a nejzásadnější prvky pro daný úsek.

- AC část: NN kabely AYKY, rozvaděč NN, datový rozvaděč (slouží pro monitoring a komunikaci), rozvaděč AXY pro dispečerské řízení, zemnicí kabel FeZn, montáž zařízení
- DC část: solární kabely 1x6mm², montáž kabelů, DC konektory
- Chráničky: chránička, trubky, montáž chrániček a trubek
- Konstrukce: hliníkové střešní konstrukce, doprava, montáž konstrukcí
- Střídače: třífázové střídače, montáž střídačů, podružné materiály
- FV panely: FV panely, optimizery, montáž panelů, zapojení panelů, zapojení optimizérů, doprava
- Stavební práce: výkopy, protipožární ucpávky a prostupy, činnost odborného technického dozoru, BOZP
- Bateriový systém: bateriové moduly, vlastní transformátor, rozvaděče pro střídač a transformátor, řídicí a komunikační systémy, betonování a přípravy pro umístění kontejneru, doprava

Tabulka 9. Celková orientační kalkulace FVE s panely na V/Z

Úsek	Cena [Kč]	DPH 21 %	Cena s DPH [Kč]
AC část	597 524	125 480	723 003
DC část	77 645	16 305	93 950
Chráničky	51 239	10 760	61 999
Konstrukce	1 111 363	233 386	1 344 749
Střídače, FV panely	5 873 321	1 233 397	7 106 718
Stavební práce	214 810	45 110	259 920
Bateriový systém	2 948 226	619 128	3 567 354
Celkem	10 874 127 Kč	2 283 567 Kč	13 157 694 Kč

Tabulka zmíněná výše zobrazuje celkovou orientační kalkulaci elektrárny s panely orientované směrem na V/Z. Pokud bychom uvažovali o elektrárně bez připojení bateriového systému, cena by byla lehce pod 10 mil. Kč. Elektrárna s BESS by stála více než 13 mil. Kč, v obou případech se jedná o cenu včetně DPH.

U druhého návrhu, elektrárny s panely nakloněné na jih, je cena za celkový návrh zhruba 10 mil. Kč i s bateriemi. Při umístění baterií se bude počítat se stejnou kapacitou (206,28 kWh) jako u předchozí kalkulace. Cena bez nich se jinak dostane pod 7 mil. Kč, zhruba 6,6 mil Kč včetně DPH.

Tabulka 10. Celková orientační kalkulace FVE s umístěné na jih

Úsek	Cena [Kč]	DPH 21 % [Kč]	Cena s DPH [Kč]
AC část	575 438	120 842	696 279
DC část	75 711	15 899	91 610
Chráničky	44 619	9 370	53 989
Konstrukce	682 416	143 307	825 723
Střídače, FV panely	3 882 046	815 230	4 697 276
Stavební práce	214 810	45 110	259 920
Bateriový systém	2 948 226	619 128	3 567 354
Celkem	8 423 266	1 768 886	10 192 152

9.1 Doba návratnosti

Z obdržených hodnot tabulky č. 4 se zjistilo, jaké bude přibližné množství vyrobené energie za 30 let provozu FVE. V následující tabulce č. 8 se díky předchozím hodnotám zjistilo, kolik peněz by vydělala elektrárna za 30 let svého provozu. Jelikož je nyní cena za 1 kWh přibližně 4 Kč, kvůli postupnému zdražování (inlace, růst cen energií apod.) bylo stanoveno, že každých 10 let, se zvedne cena za 1 kWh o 1 Kč.

Tabulka 11. Výnosnost FVE v průběhu 30 let (naklonění V/Z)

Rok výroby FVE	Předpokládaný výkon FVE [kWh]	Cena za 1 kWh [Kč]	Výnos za vyrobenou energii [Kč]	Výnosnost celkem [Kč]	Finanční bilance [Kč]
1	435518,36	4	1 742 073	1 742 073	-11 415 621
2	433273,42	4	1 733 094	3 475 167	-9 682 527
3	431028,48	4	1 724 114	5 199 281	-7 958 413
4	428783,54	4	1 715 134	6 914 415	-6 243 279

5	426538,6	4	1 706 154	8 620 570	-4 537 124
6	424293,66	4	1 697 175	10 317 744	-2 839 950
7	422048,72	4	1 688 195	12 005 939	-1 151 755
8	419803,78	4	1 679 215	13 685 154	527 460
9	417558,84	4	1 670 235	15 355 390	2 197 696
10	415313,9	4	1 661 256	17 016 645	3 858 951
11	413068,96	5	2 065 345	19 081 990	5 924 296
12	410824,02	5	2 054 120	21 136 110	7 978 416
13	408579,08	5	2 042 895	23 179 006	10 021 312
14	406334,14	5	2 031 671	25 210 676	12 052 982
15	404089,2	5	2 020 446	27 231 122	14 073 428
16	401844,26	5	2 009 221	29 240 344	16 082 650
17	399599,32	5	1 997 997	31 238 340	18 080 646
18	397354,38	5	1 986 772	33 225 112	20 067 418
19	395109,44	5	1 975 547	35 200 659	22 042 965
20	392864,5	5	1 964 323	37 164 982	24 007 288
21	390619,56	6	2 343 717	39 508 699	26 351 005
22	388374,62	6	2 330 248	41 838 947	28 681 253
23	386129,68	6	2 316 778	44 155 725	30 998 031
24	383884,74	6	2 303 308	46 459 033	33 301 339
25	381639,8	6	2 289 839	48 748 872	35 591 178
26	379394,86	6	2 276 369	51 025 241	37 867 547
27	377149,92	6	2 262 900	53 288 141	40 130 447
28	374904,98	6	2 249 430	55 537 571	42 379 877
29	372660,04	6	2 235 960	57 773 531	44 615 837
30	370415,1	6	2 222 491	59 996 022	46 838 328

Zelenou barvou je zvýrazněn rok výroby, kdy dojde k navrácení vstupních investic, které byly potřeba pro vystavení FVE. U návrhu s výkonem 492,48 kWp je návratnost zhruba po 8 letech vlastní výroby, viz. tabulka č. 8.

U elektrárny s výkonem 302,4 kWp, což je elektrárna s jižními panely, je návratnost 9 let, znázorněné v tabulce č.9. Také je zde částka 33 mil Kč, kterou by se mělo získat po 30 letech svého provozu. Částka to je velmi zajímavá, nicméně v předchozí tabulce č.8 může 30 letech své výroby FVE vydělat 46,838 mil Kč. To je o 29 % více.

Tabulka 12. Výnosnost FVE v průběhu 30 let (naklonění V/Z)

Rok výroby FVE	Předpokládaný výkon FVE [kWh]	Cena za 1 kWh [Kč]	Výnos za vyrobenou energii [Kč]	Výnosnost celkem [Kč]	Doba návratnosti [Kč]
1	315429,45	4	1 261 718	1 261 718	-8 930 434
2	313803,525	4	1 255 214	2 516 932	-7 675 220
3	312177,6	4	1 248 710	3 765 642	-6 426 510
4	310551,675	4	1 242 207	5 007 849	-5 184 303
5	308925,75	4	1 235 703	6 243 552	-3 948 600
6	307299,825	4	1 229 199	7 472 751	-2 719 401
7	305673,9	4	1 222 696	8 695 447	-1 496 705
8	304047,975	4	1 216 192	9 911 639	-280 513
9	302422,05	4	1 209 688	11 121 327	929 175
10	300796,125	4	1 203 185	12 324 512	2 132 360
11	299170,2	5	1 495 851	13 820 363	3 628 211
12	297544,275	5	1 487 721	15 308 084	5 115 932
13	295918,35	5	1 479 592	16 787 676	6 595 524
14	294292,425	5	1 471 462	18 259 138	8 066 986
15	292666,5	5	1 463 333	19 722 470	9 530 318
16	291040,575	5	1 455 203	21 177 673	10 985 521
17	289414,65	5	1 447 073	22 624 746	12 432 594
18	287788,725	5	1 438 944	24 063 690	13 871 538
19	286162,8	5	1 430 814	25 494 504	15 302 352
20	284536,875	5	1 422 684	26 917 188	16 725 036
21	282910,95	6	1 697 466	28 614 654	18 422 502
22	281285,025	6	1 687 710	30 302 364	20 110 212
23	279659,1	6	1 677 955	31 980 319	21 788 167
24	278033,175	6	1 668 199	33 648 518	23 456 366
25	276407,25	6	1 658 444	35 306 961	25 114 809
26	274781,325	6	1 648 688	36 955 649	26 763 497
27	273155,4	6	1 638 932	38 594 582	28 402 430
28	271529,475	6	1 629 177	40 223 759	30 031 607
29	269903,55	6	1 619 421	41 843 180	31 651 028
30	268277,625	6	1 609 666	43 452 846	33 260 694

9.2 Dotace

Pokud bude žádáno o dotaci FVE do výkonu 1 MWp, musí se naplnit určité podmínky pro její získání. Žadatel musí prokázat vlastnická práva nemovitosti nebo práva k užívání nemovitosti. Dotace na baterii musí sloužit výhradně pro potřeby využití vyrobené elektrické energie. Podnikatelské subjekty žádající o podporu nesmí být ze 100 % veřejným subjektem (netýká se státní organizace Správa železnic) a subjektů provozujících zařízení v The

European Union Emission Trading System na území ČR. Jako poslední podmínka je mít uzavřena dvě po sobě jdoucí zdaňovací období.

Dle tabulky veřejně dostupné na webovém portálu: Státní fond životního prostředí ČR, byla získána přibližná hodnota dotace, které by se dosáhlo, pokud by se jednalo o FVE s výkonem 492,48 kWp (FVE – V/Z). Na základě toho byla vytvořena příloha č. 3, zobrazující porovnání výše dotace FVE bez nebo s bateriovým systémem. [44]

V případě, že by byla plánována FVE s výkonem 492,480 kWp společně s BESS o kapacitě 200 kWh, bude výše dotace téměř 6 mil Kč. (5 949 017 Kč). Pokud by se uvažovalo s FVE o téhož výkonu 492,480 kWp ale bez bateriového systému, bude výše dotace o 2 176 000 Kč nižší. Výše dotace bude 3 772 652 Kč.

ZÁVĚR

Hlavní záměr práce bylo zjistit, jaké jsou pro daný průmyslový objekt nejvhodnější varianty návrhu FVE. Jelikož je často při navrhování těchto elektráren problém se značnou členitostí terénu, klimatickými podmínkami, nebo okolními vlivy jako jsou stromy, vysoké budovy atd., je důležité, aby osoba zpracující návrh FVE brala všechny tyto aspekty v potaz. Několik těchto rušivých elementů je v textu popsáno.

Obsah této práce by mohl posloužit hned k několika účelům. V teoretické části se zde můžeme seznámit s problematikou přenosu energie od Slunce k Zemi, dále s principem FV článku a FV modulu. Můžou se tak získat nové znalosti o fotovoltaických systémech a s tím spojenou problematikou. Jsou zde popsány vlastnosti konkrétních typů panelů a také jejich porovnání. Díky tomu by se mohl následně lépe orientovat při začátcích práce nebo studia s FV systémy. V praktické části je dále popsáno a kategorizováno, jaké panely jsou na dnešních elektrárnách využívány. Je totiž důležité vědět, jaké mají určité panely přednosti a vlastnosti. Znalost těchto parametrů je přínosná z důvodu, aby byla následně při navrhování zvolena vhodná technologie, která bude pro FVE optimální a bude nejvýhodnější a tím pádem nejvýnosnější pro případného zákazníka.

V praktické části byly tyto znalosti o FV technologiích využity a aplikovány pro návrh elektrárny na průmyslový objekt. Jako první bod, který je opravdu zásadní pro navrhování FVE je podrobné seznámení se s terénem, budovou, objektem. Další částí bylo zvolení právě technologií, které jsou pro daný objekt vhodné. Společně s tím byly zvoleny konkrétní výrobky, které se aktuálně na trhu nacházejí. Také se zde zmínily další součásti elektrárny, bez kterých by se její chod neobešel, tentokrát už bez konkrétních výrobců. Jako jedna z nejdůležitějších činností je samotný návrh FVE. Pomocí simulace PVGIS byly provedeny zjištění, kolik energie by při námi zadaném výkonu mohlo být vygenerováno, nad řešenou oblastí. Byly zde provedeny simulace FVE jak pro variantu V/Z tak pro jih.

Jako poslední bod práce je finanční rozvaha a předurčení doby návratnosti pro průmyslový objekt, na který bude elektrárna umístěna. Proběhly kalkulace pro obě varianty návrhu FVE. U elektrárny s výkonem 492,48 kWp (V/Z) se celková cena pohybuje okolo 13 mil. Kč i s bateriovým systémem. U elektrárny výkonu 302,4 kWp se cena za výstavu a realizaci bude pohybovat okolo 10 mil. Kč. Návratnost u obou návrhů je v rozmezí 8-9 let od začátku své výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČESKÁ TISKOVÁ KANCELÁŘ. Více než třetina elektřiny vyrobené v Česku pochází i v létě stále z uhlí. In: oEnergetice.cz [online]. 5.8.2021 [cit.12.3.2022]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/vice-nez-tretina-elektriny-vyrobene-v-cesku-pochazi-i-v-lete-stale-z-uhli>
- [2] HVĚZDÁRNA BARONA ARTURA KRAUSE. Informace o Slunci [online]. © 2022 [cit. 12.2.2022]. Dostupné z: <https://www.astropardubice.cz/slunce/>
- [3] Český meteorologický slovník. [online]. © 2017 [cit.19.3.2022]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/4722>
- [4] CZECH NATURE ENERGY. Fotovoltaické systémy pro výrobu elektřiny [online]. © 2022 [cit.12.2.2022]. Dostupné z: <https://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>
- [5] KLECZEK, Josip. Slunce a jeho energie. In: oze.tzb-info.cz [online]. 27.4.2007 [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/1948-slunce-a-jeho-energie>
- [6] ODBOR TERMOMECHANIKY A TECHNIKY PROSTŘEDÍ, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ, VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Planckův vyzařovací zákon. [online]. © 2022 [cit. 30.3.2022]. Dostupné z: <https://eu.fme.vutbr.cz/file/vomm/0202.htm>
- [7] Znázornění údržby FV panelů. In: sstsolar.com [online]. © 2020 [cit.25.5.2022]. Dostupné z: <https://www.sstsolar.com/product/module-washing-service-quote/>
- [8] HENZE, Andreas. Elektrický proud ze slunce: fotovoltaika v praxi: technika, přehled trhu, návody ke stavbě. Ostrava: HEL. 2000. ISBN 80-86167-12-7.
- [9] RUDA, Aleš. Klimatografie a hydrogeografie pro učitele. [online]. Brno: Masarykova univerzita. 2014 [cit. 3.4.2022] Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/es-tud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/index.html
- [10] EKOWATT. Přímé a difuzní záření [online]. © 2008 [cit. 6.4.2022]. Dostupné z: <https://fotovoltaika.ekowatt.cz/prime-difuzni-zareni.php>

- [11] HEINZ, Ladener, SPÄTE, Frank. Solární zařízení, 2003. 1. vydání. Praha: Grada Publishing a.s., ISBN 80-247-0362-9.
- [12] WIKIPEDIA. Williamse Grylls Adams. [online] © 2022 [cit. 11.4.2022]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/William_Grylls_Adams
- [13] ZHANG, Tiantian a Ruzhu WANG. Photovoltaic Effect. [online] © 2022 [cit. 12.4.2022]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/photovoltaic-effect>
- [14] BEŠTA, Martin. PN přechod. [online] © 2022 [cit. 13.4.2022]. Dostupné z: <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T1.4-PN-p%C5%99echod.pdf>
- [15] KUSALA, Jaroslav. Fotoelektrický jev. [online] © 2005 [cit. 15.4.2022]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/einstein/f3.htm>
- [16] APS PHYSICS, This Month in Physics History. April 25, 1954: Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell. In: aps.org [online] 25.4.2009 [cit. 19.4.2022]. Dostupné z: <https://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>
- [17] LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie. 2., dopl. vyd. Praha: Ilsa, 2010. ISBN 978-80-904311-5-7. str.
- [18] TRABMA, Daniel. Trapná chvílka německé energetické politiky. Emise loni rostly, podíl zelené energie klesl. In: ekonomickydenik.cz [online] 10.1.2022 [cit. 24.3.2022]. Dostupné z: <https://ekonomickydenik.cz/trapna-chvilka-nemecke-energeticke-politiky-emise-loni-rostly-podil-zelene-energie-klesl/>
- [19] OTE. Statistika. [online] © 2018 [cit. 25.3.2022]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>
- [20] AMERISOLAR. AS-6M144-HC430W~450 W MONOCRYSTALLINEMODULE. [online]. © 2020 [cit. 27.3.2022]. Dostupné z: https://www.weamerisolar.eu/wp-content/uploads/2020/07/AS-6M144-HC_Module_Specification_2108-1048-40mm.pdf
- [21] ČVUT. Fotovoltaické elektrárny. [online] 19.3.2018 [cit. 29.3.2022]. Dostupné z: <http://energetika.cvut.cz/wp-content/uploads/2018/06/OZE-p5.pdf>
- [22] ŠURKALA, Milan. Ohebné křemíkové solární články CIGS dosahují už 21,4% účinnosti. In: svehardware.cz [online] 10.9.2021 [cit. 4.4.2022]. Dostupné z: <https://www.svehardware.cz/ohebne-kremikove-solarni-clanky-cigs-dosahuji-uz-21-4-ucinnosti/55912>

- [23] TWI GLOBAL. What are solar cells? (including types, efficiency and developments). [online] © 2022 [cit. 5.4.2022]. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-are-solar-cells>
- [24] STAŇKOVÁ, Mária. Fotovoltaické solární systémy. [online] © 2022 [cit. 7.4.2022]. Dostupné z: <https://adoc.pub/4-fotovoltaicke-solarni-systemy-as-ke-studiu-2-hodiny-cil-po.html>
- [26] BECHNÍK, Bronislav. ecyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti. In: oze.tzb-info.cz [online] 26.9.2011 [cit. 10.4.2022]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti>
- [27] EON. Co označuje jednotka kWp? [online]. © 2022 [cit. 22.4.2022]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/solarni-energie/co-oznacuje-jednotka-kwp/>
- [28] MADE IN CHINA. G1 158.75 mm N Type Topcon Solar Cell [online]. © 2022 [cit. 24.4.2022]. Dostupné z: <https://dsnewenergy.en.made-in-china.com/product/wFJtl-gRUazYq/China-G1-158-75mm-N-Type-Topcon-Solar-Cell.html>
- [29] PV EDUCATION. Fill Factor. [online] © 2022 [cit. 29.4.2022]. Dostupné z: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/fill-factor>
- [30] NOVÁK, Petr. Hodnocení FVE ve firemním areálu. Brno, 2020. Diplomová práce. Vysoké učení technické, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie. Vedoucí práce Jiří Vaněk.
- [31] ELEKTROCENTRALY. Znáte všechny typy solárních panelů? [online] © 2022 [cit. 24.2.2022]. Dostupné z: <https://www.elektrocentrally.cz/blog/znate-vsechny-typy-solarnich-panelu/>
- [32] BOHEMIA CIVIL ENGINEERING. 3 typy fotovoltaických panelů – jaké jsou jejich výhody? In: bce.cz [online]. 13.10.2019 [cit. 30.4.2022]. Dostupné z: <https://www.bce.cz/3-typy-fotovolatickych-panelu/>
- [33] ŠURKALA, Milan. Účinnost solárních tašek Tesly se zvýšila o 22 %. In: svethardware.cz [online] 4.12.2021 [cit. 8.5.2022]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/ucinost-solarnich-tasek-tesly-se-zvysila-o-22/56549>
- [34] POULEK, Vladislav a Martin LIBRA. Konstrukce a výroba fotovoltaických článků a panelů. In: odbornecasopisy. [online] 4/2010 [cit. 10.5.2022]. Dostupné z:

[http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/konstrukce-a-vyroba-fotovoltai-
kych-clanku-a-panelu--10310](http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/konstrukce-a-vyroba-fotovoltai-
kych-clanku-a-panelu--10310)

[35] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM [online]. © 2022 [cit.10.5.2022]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP

[36] AMERISOLAR. Advanced performance & proven advantages. [online] © 2021 [cit. 10.5.2022]. Dostupné z: [http://www.weamerisolar.com/d/file/english/pro-
duct/pro2/2021/06-25/4565e8db586cbd30788d81b69901b001.pdf](http://www.weamerisolar.com/d/file/english/pro-
duct/pro2/2021/06-25/4565e8db586cbd30788d81b69901b001.pdf)

[37] LONGI. Hi – MO 5. [online] © 2022 [cit. 11.5.2022]. Dostupné z: [https://tienda-
solar.es/en/index.php?controller=attachment&id_attachment=537](https://tienda-
solar.es/en/index.php?controller=attachment&id_attachment=537)

[38] MULTIWAY. HT72-18X. [online] © 2022 [cit. 12.5.2022]. Dostupné z: https://www.ht-saae.com.au/wp-content/uploads/2022/02/HT72-18X-EN_2022v1.pdf

[39] CANADIAN SOLAR. BiHiKu6. [online] © 2021 [cit. 12.5.2022]. Dostupné z: [https://wcdnet.com.br/wp-content/uploads/2021/12/Datasheet-Canadian-540-Wp-Mo-
nocristalino-Bifacial-1.pdf](https://wcdnet.com.br/wp-content/uploads/2021/12/Datasheet-Canadian-540-Wp-Mo-
nocristalino-Bifacial-1.pdf)

[40] SOLAR EDGE. Třífázový měnič se synergickou technologií pro Evropu. [online] © 2021 [cit. 18.5.2022]. Dostupné z: [https://www.memodo.cz/media/pdf/d2/82/95/technicky-
list_solaredge_se50k-se66-6k-se90k_se100k_cz_41e90c3a5fc5c2386f5d36280326809f.pdf](https://www.memodo.cz/media/pdf/d2/82/95/technicky-
list_solaredge_se50k-se66-6k-se90k_se100k_cz_41e90c3a5fc5c2386f5d36280326809f.pdf)

[41] SUNGROW. SG110CX Multi-MPPT String Inverter for 1000 Vdc System. [online] © 2019 [cit. 20.5.2022]. Dostupné z: [https://www.memodo.cz/media/pdf/72/22/db/data-
sheet_sungrow_sg110cx_en_a4656dfcd7c59a91c0ff037800645650.pdf](https://www.memodo.cz/media/pdf/72/22/db/data-
sheet_sungrow_sg110cx_en_a4656dfcd7c59a91c0ff037800645650.pdf)

[42] MEMODO. GoodWe HT – GW100K-HT. [online] © 2022 [cit. 20.5.2022]. Dostupné z: [https://www.memodo.cz/media/pdf/72/22/db/datasheet_sun-
grow_sg110cx_en_a4656dfcd7c59a91c0ff037800645650.pdf](https://www.memodo.cz/media/pdf/72/22/db/datasheet_sun-
grow_sg110cx_en_a4656dfcd7c59a91c0ff037800645650.pdf)

[43] SMA SOLAR. Sunny Highpower Peak 3. [online] © 2022 [cit. 21.5.2022]. Dostupné z: [https://www.memodo.cz/media/pdf/40/e2/0d/shp-20-data-
sheet_en_562d9f3f748c684f5179bcda3554cf4a.pdf](https://www.memodo.cz/media/pdf/40/e2/0d/shp-20-data-
sheet_en_562d9f3f748c684f5179bcda3554cf4a.pdf)

[44] STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Výpočet maxi-
mální dotace RES+. [online] © 2021 [cit. 25.5.2022]. Dostupné z: [https://www.sfzp.cz/do-
kumenty/detail/?id=2469](https://www.sfzp.cz/do-
kumenty/detail/?id=2469)

- [45] DOTACE PRO PODNIKATELE. Fotovoltaické systémy. [online] © 2022 [cit. 25.5.2022]. Dostupné z: <https://www.dotacepropodnikatele.cz/dotace/fotovoltaicke-systemy>
- [46] Spektrum slunečního záření. In: svethardware.cz [online]. 13.7.2017 [cit. 1.3.2022]. Dostupné z: <http://www.netcam.cz/encyklopedie-ip-zabezpeceni/img/svetelne-spektrum.jpg>
- [47] Vliv klimatických změn na intenzitu slunečního záření. In: sciencedirect.com [online]. © 2022 [cit. 25.3.2022]. Dostupné z: <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0378778814008226-gr1.sml>
- [48] Representation of Solar Radiation Components. In: scielo.br [online]. © 2019 [cit. 5.3.2022]. Dostupné z: <https://minio.scielo.br/documentstore/1678-4324/VSQdPY4VyZ6CJLKqyzmN78G/938b6616fb9ef6e7df66e51ea16a92f0d6888075.jpg>
- [49] PN přechod. In: solartec.cz [online]. © 2016 [cit. 14.4.2022]. Dostupné z: <https://www.solartec.eu/rodinne-domy-a-strechy/fotovoltaika/princip-fotovoltaiky>
- [50] Mapa slunečního záření na území ČR. In: mojееlektrarna.cz [online]. © 2013 [cit. 24.4.2022]. Dostupné z: <http://mojееlektrarna.cz/energie-ze-slunce.html#prettyPhoto>
- [51] Polykrystalické panely. In: solarniexperti.cz [online]. © 2022 [cit. 30.4.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/fotovoltaicky-panel-ibc-poly-sol-260cs/>
- [52] Monokrystalické panely. In: wattcontrol.cz [online]. © 2022 [cit. 1.5.2022]. Dostupné z: <https://www.wattcontrol.cz/wp-content/uploads/2019/09/cropped-monokrystal.jpg>
- [53] Detailní porovnání tenkovrstvého, monokrystalického, polykrystalického panelu. In: solarmatic.com [online]. © 2022 [cit. 12.5.2022]. Dostupné z: <https://solarmatic.com.au/how-to-choose-the-best-solar-panels/>
- [54] Vrstvové rozdělení FV panelu. In: urbanenergysolar.com [online]. © 2018 [cit. 17.5.2022]. Dostupné z: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5ab9310e9d5abb3cec7eefc/1524608018356-N6QSONCU20WX8V6187FV/Pan- nel.jpg?format=1000w>

[55] Znárodnění údržby FV panelů. In: sstsolar.com [online]. © 2020 [cit.25.5.2022]. Dostupné z:

<https://www.sstsolar.com/product/module-washing-service-quote/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AC	Střídavé
ACS	Acess Control System
BESS	Battery Energy Storage System
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CCTV	Closed Circuit Television
ČR	Česká republika
DC	Stejnoseměrné
DPH	Daň z přidané hodnoty
DS	Distribuční síť
EVA	Etilenvinylacelát
FF	Faktor plnění
FV	Fotovoltaické
FVE	Fotovoltaická elektrárna
Kč	Koruna česká
MIS	Metal Insulator Semiconductor
MPP	Maximum Power Point
MPPT	Maximum Power Point Tracking
NN	Nízké napětí
P-N	Positive-Negative
PVC	Polyvinylchlorid
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
STC	Standart Test Condition
VN	Vysoké napětí
V/Z	Východ/Západ

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č.1 Spektrum slunečního záření [46].....	11
Obrázek č.2 Vliv klimatických změn na intenzitu slunečního záření [47].....	13
Obrázek č.3 Typy záření dopadající na zemský povrch [48].....	15
Obrázek č.4 Poměr přímého a difúzního záření během jednotlivých měsíců v roce [10]	16
Obrázek č.5 P-N přechod [49]	19
Obrázek č.6. Mapa slunečního záření na území ČR [50]	20
Obrázek č.7 Naměřené hodnoty výrobcem při ideálních podmínkách (STC) [28]	24
Obrázek č.8 Graf degradace výstupního výkonu za určité období [20]	25
Obrázek č.9 Polykrystalické panely [51]	27
Obrázek č.10. Monokrystalické panely [52].....	28
Obrázek č.11 Detailní porovnání tenkovrstvého (vlevo), monokrystalického (uprostřed), polykrystalického (vpravo) panelu [53].....	29
Obrázek č.12 Vrstvové rozdělení FV panelu [54]	31
Obrázek č.13 Pohled na prostorové uspořádání střechy	34
Obrázek č.14 Technologie umístěné na střeše objektu.....	36
Obrázek č.15 Výřez výkresu FVE – V/Z.....	42
Obrázek č.16 Výřez výkresu FVE – jih.....	43
Obrázek č.17 Znázornění údržby FV panelů	46
Obrázek č.18 Výsledná data simulace panelů orientovaných směrem V/Z [35].....	49
Obrázek č.19 Grafické znázornění produkce energie u panelů orientovaných směrem na východ [35].....	49
Obrázek č.20 Graf produkce energie u panelů orientovaných směrem na západ [35]	50
Obrázek č.21 Výsledná data simulace panelů orientovaných směrem V/Z [35].....	52
Obrázek č.22 Graf množství vyrobené energie při 492,4 kWp FVE (stejně jak V/Z) [35]	52
Obrázek č.23 Grafické znázornění měsíční produkce energie u panelů orientovaných směrem na jih (výkon 302,4 kWp) [35]	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Konkrétní výkon a difúzní rozdíl při rozdílných klimatických podmínkách	16
Tabulka 2. Národní energetický mix jednotlivých zdrojů energie [19].....	21
Tabulka 3. Spotřeba a cena za energie za určité období v podniku.....	37
Tabulka 4. Výběr ze čtyř FV panelů.....	38
Tabulka 5. Výběr ze čtyř třífázových střídačů.....	39
Tabulka 6. Hodnoty Albedo pro různé povrchy	45
Tabulka 7. Předpokládaná výroba energie v průběhu 30 let.....	50
Tabulka 8. Předpokládaná výroba energie v průběhu 30 let.....	54
Tabulka 9. Celková orientační kalkulace FVE s panely na V/Z.....	55
Tabulka 10. Celková orientační kalkulace FVE s umístěné na jih	56
Tabulka 11. Výnosnost FVE v průběhu 30 let (naklonění V/Z).....	56
Tabulka 12. Výnosnost FVE v průběhu 30 let (naklonění V/Z).....	58










SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Výkres – návrh FVE s orientací na V/Z
- P2 Výkres – návrh FVE s orientací na jih
- P3 Stanovení max. dotace pro FVE do 1 MWp

PŘÍLOHA P I: VÝKRES – NÁVRH FVE S ORIENTACÍ NA V/Z



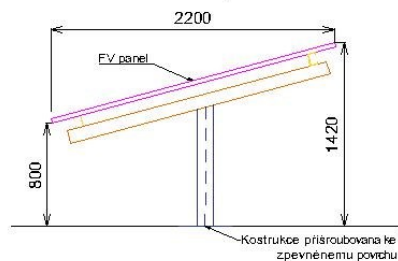
Legenda:

-  Hranice parcely
-  Ohrazení průmyslové haly
-  Ohrazení vzduchotechniky
-  Prostor omezující umístění FVE
-  Žebřík s ochrannou klecí
-  Jímací tyč
-  Bleskosvod
-  Sedlový světlík
-  Blok fotovoltaických panelů s orientací V/Z

FVE = blok panelů (2 x 1) - 425 x = 459 kWp
 + samostatné panely (1 x 1) - 62 x = 33 480 Wp

Celkový výkon FVE s orientací na V/Z = 492 480 Wp
 (Výkon 1 FV panelu - 540 Wp)

Konstrukce panelu



Návrh FVE s orientací - V/Z	Vypracoval:	O.Martínek
	Typ výkresu:	Návrh FVE
Situace FVE na průmysl. objektu	Datum:	5/2022
	Formát:	A4
	Měřítko:	Výkres č. 1 : 750 01

PŘÍLOHA P 2: VÝKRES – NÁVRH FVE S ORIENTACÍ NA JIH



Legenda:

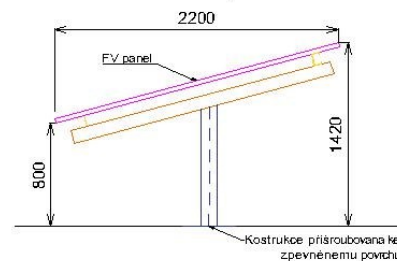
- Hranice parcely
- Ohraničení průmyslové haly
- Ohraničení vzduchotechniky
- Prostor omezující umístění FVE
- Žebřík s ochrannou klecí
- Jímací tyč
- Bleskosvod
- Sedlový světlík
- Blok fotovoltaických panelů s orientací – jih

FVE = FV panely orientované na jih - 525 x = 283,5 kWp
 FV panely orientované na VZ - 35 x = 18,9 kWp

Celkový výkon FVE s orientací na jih (+ 35 x VZ)
 = 302 400 Wp

(Výkon 1 FV panelu = 540 Wp)

Konstrukce panelu



Návrh FVE s orientací - jih	Vypracoval:	O.Martinec
	Typ výkresu:	Návrh FVE
	Datum:	5/2022
Situace FVE na průmysl. objektu	Formát:	A4
	Měřítko:	Výkres č.
	1 : 750	01

PŘÍLOHA P 3: STANOVENÍ MAX. DOTACE PRO FVE DO 1 MWp

Stanovení maximální dotace pro FVE do 1 MWp

Pozemní instalace FVE - doplňte výkon v kW

Střešní instalace FVE - doplňte výkon v kW

Kapacita akumulace - doplňte kapacitu v kWh

Maximální dotace dle technických parametrů FVE [Kč] 5 949 017

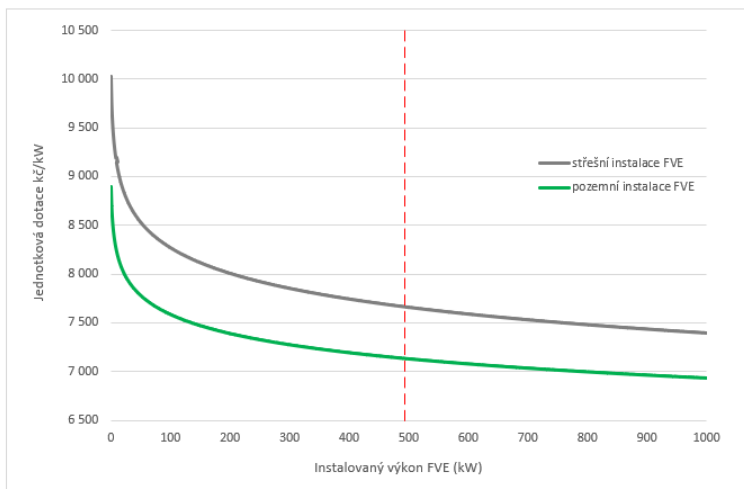
zvolte velikost podniku

zvolte místo realizace

odhad celkových nákladů investice v Kč 15 131 736

Upravte hodnotu celkových investičních nákladů v Kč dle vašeho rozpočtu

Výše dotace zohledňující místo realizace a velikosti podniku [Kč] 5 949 017



S baterií 200 kWh

Stanovení maximální dotace pro FVE do 1 MWp

Pozemní instalace FVE - doplňte výkon v kW

Střešní instalace FVE - doplňte výkon v kW

Kapacita akumulace - doplňte kapacitu v kWh

Maximální dotace dle technických parametrů FVE [Kč] 3 772 652

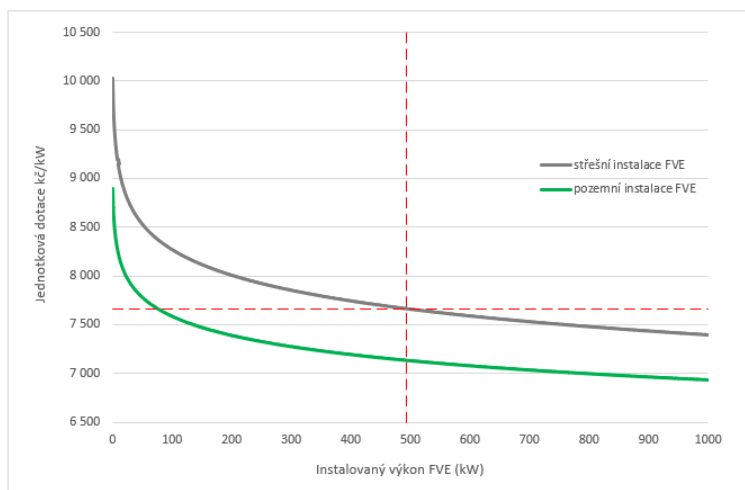
zvolte velikost podniku

zvolte místo realizace

odhad celkových nákladů investice v Kč 10 779 006

Upravte hodnotu celkových investičních nákladů v Kč dle vašeho rozpočtu

Výše dotace zohledňující místo realizace a velikosti podniku [Kč] 3 772 652



Bez baterie