



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra elektrotechnologie**

Porovnání současného stavu FV v České republice a Kazachstánu

**Comparison of current state of PV in the Czech Republic and
Kazakhstan**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika

Vedoucí práce: Ing. Pavel Hrzina, Ph.D.

Diana Doskumbayeva

Praha 2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Diana Doskumbayeva**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Obor: Aplikovaná elektrotechnika

Název tématu: **Porovnání současného stavu FV v České republice a Kazachstánu**

Pokyny pro vypracování:

1. Porovnejte klimatické podmínky mezi oběma státy z hlediska provozu FV elektráren.
2. Porovnejte technické podmínky a legislativní rozdíly pro provoz FVE
3. Proveďte rešerši současného stavu fotovoltaiky v obou státech.
4. Vypracujte případové studie pro instalace FVE v obou státech.

Seznam odborné literatury:

- [1] webové stránky PV GIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>)
[2] zákony a normy platné pro provoz FVE v obou zemích.

Vedoucí: Ing. Pavel Hrzina, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2016/2017

L.S.

Ing. Karel Dušek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 8. 3. 2016

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

Chtěla bych poděkovat Ing. Pavlu Hrzinovi Ph.D. za odborné vedení, za velkou pomoc a trpělivost při zpracování této práce. Všem pedagogickému sboru ČVUT FEL za získané poznatky během studia rodině za jejich podporu.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou a porovnáním současného stavu FV v ČR a Kazachstánu. V první části jsou popsány klimatické podmínky každého státu a oblasti, které jsou důležité pro stavbu fotovoltaických elektráren. Druhá část je věnována legislativě a technickým podmínkám pro legální využití solárních systémů. Současný stav fotovoltaiky v obou státech je popsán v třetí kapitole. Poslední kapitola ukazuje případové studie pro instalace FVE v obou státech.

Klíčová slova

Solární panely, fotovoltaická elektrárna, energetický zákon, Kazachstán, Česká republika

Abstract

This bachelor thesis focuses on the analysis and comparison of actual state photovoltaics in Czech Republic and Kazakhstan. The first part describes climate of both countries and the regions favorable for the photovoltaic electricity-plants. The conditions of the actual photoelectric electricity plants are described in the third part of this paper. The last part presents the research on installation of solar panels in both countries.

Keywords

Solar panels, photovoltaic power plant, energetic law, Kazakhstan, Czech Republic

Obsah

Kapitola 1	5
1 Úvod.....	5
Kapitola 2	6
2 Porovnání klimatických podmínek mezi oběma státy z hlediska provozu FV elektráren.....	6
2.1 Přírodní podmínky ČR a KZ	6
2.2 Severní KZ	9
2.3 Východní KZ.....	9
2.4 Centrální KZ.....	10
2.5 Jižní KZ	10
2.6 Západní KZ	12
2.7 Česká republika.....	12
Kapitola 3	18
3 Porovnání technických podmínek a legislativní rozdíly pro provoz FVE.....	18
3.1 Legislativa ČR.....	18
3.2 Licence ČR.....	21
3.3 Bez licence ČR.....	21
3.4 Legislativa KZ.....	21
3.5 Technické podmínky ČR.....	23
3.6 Technické podmínky KZ.....	24
Kapitola 4	25
4 Rešerší současného stavu fotovoltaiky v obou státech.....	25
4.1 Česká republika.....	25
4.2 Kazachstán.....	26
Kapitola 5	27
5 Případové studie pro instalace FVE v obou státech.....	27
5.1 FVE na střeše rodinném domku v ČR	27
5.2 FVE na střeše rodinném domku v ČR.....	32
5.3 FVE ve volném terénu v ČR.....	36
5.4 FVE ve volném terénu v KZ.....	39
Kapitola 6	42
6 Závěr	42
Kapitola 7	43
7 Přílohy.....	43
7.1 Seznam použitých zdrojů	43
7.2 Seznam použitých symbolů a zkratk.....	45
7.3 Seznam obrázků	46
7.4 Seznam tabulek	46
7.5 Seznam grafů.....	46

Kapitola 1

1 Úvod

Obvykle se výroba elektrické energie provádí pomocí jaderných a tepelných elektráren. V současné době nabírají obrátky i obnovitelné zdroje energie. V bakalářské práci je popsán současný stav jednoho z mnoha typů obnovitelných zdrojů energie - fotovoltaiky. S její pomocí získáváme elektřinu ze slunečního záření. V rámci svého tématu jsem si vybrala dvě země Českou republiku a Kazachstán.

Moje práce je rozdělena do čtyř částí, v každé části jsou popsány a porovnány výše uvedené země.

První část se věnuje analýze přírodních a klimatických podmínek, příznivých pro stavby solárních panelů. Bere se do úvahy, kolik hodin slunečního záření dopadá na region a kolik elektřiny bude solární panel produkovat ve vybraných oblastech, srážky, teplota, terén atd. Na základě těchto důležitých podmínek bude vybrána nejvýhodnější oblast pro FVE.

Druhá část je věnována technickým podmínkám a legislativě v oblasti fotovoltaiky. Také jsou popsány ceny na tarify nebo dotace na provoz FVE.

Jaký je v současné době instalovaný výkon v ČR a KZ, je řečeno ve třetí části.

V případové studii mám za úkol instalovat ve výhodné oblasti pro FVE jednu solární elektrárnu na střeše rodinného domu a druhou na volný terén. Dále bylo pak úkolem vypočítat, kolik roční energie bude vyrábět každá elektrárna, a které součásti potřebujeme pro její realizaci. Pak spočítáme průměrné náklady na kompletní řešení FVE, včetně dotací či tarifů, které jsou popsány v legislativě.

Kapitola 2

2 Porovnání klimatických podmínek mezi oběma státy z hlediska provozu FV elektráren.

2.1 Přírodní podmínky ČR a KZ

Jedna z podmínek pro dosažení vysoké účinnosti FV elektráren je vhodné podnebí. Kazachstán a Česká republika leží v mírných klimatických pásmech severní polokoule, ale mají různé podtypy tohoto mírného pásma. Kazachstán se nachází ve vnitrozemském podnebí mírného pásma. To je charakterizováno velkými rozdíly teplot mezi létem a zimou. Podnebí různých oblastí ČR se navzájem liší, a to v důsledku rozdílné nadmořské výšky, směru proudění větru, oblačnosti a dalších lokálních podmínek.

Kazachstán je největší stát ve Střední Asii (má ve 35 krát větší plochu než Česko), proto u KZ rozdíl průměrného ročního úhrnu dopadající energie mezi severem a jihem je 650 kWh/m^2 (na severu 1100 kWh/m^2 na jihu 1750 kWh/m^2), což je velký rozdíl oproti rozdílu energie (150 kWh/m^2), která dopadá na ČR.[1]

Roční množství slunečních hodin v Česku se pohybuje v rozmezí 1331-1844 hodin podle Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) a v uvedených podmínkách, instalací 1 kW fotovoltaického systému s monokrystalickými články křemíku, lze za rok získat v průměru 800-1100 kWh elektrické energie (CZECH, 2010). Kazachstán má od 700 do 1000 hodin více než ČR a může se vytvořit příslušně více energie.

Znečištění atmosféry má vliv na sluneční záření a jeho intenzitu. Intenzita slunečního záření dopadající na plochu pod vrstvou atmosféry se skládá z přímého záření, difuzního a odraženého záření:

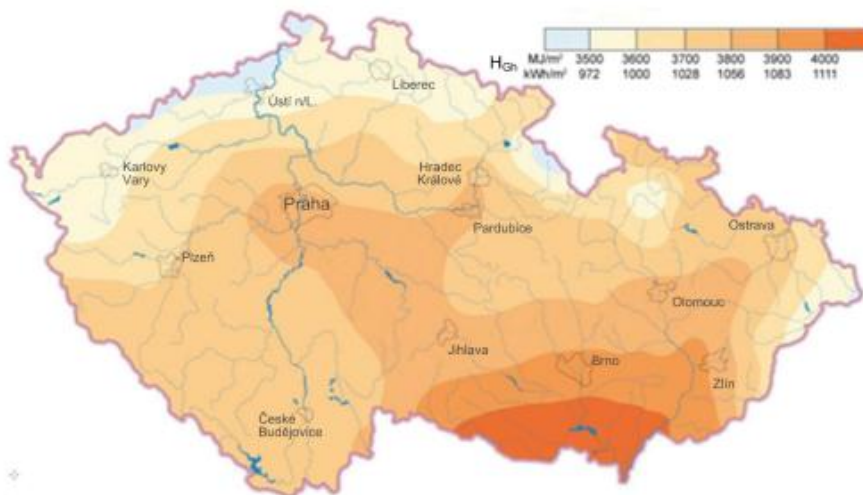
$$G = G_B + G_D + G_R$$

- **Přímé záření** - paprsky světla, které nejsou ani odražené, ani rozptýlené (G_B).
- **Difuzní záření** - sluneční záření, které se odrazilo od částecek obsažených v atmosféře (vodní kapky, prach...) a změnilo směr. Vlnová délka tohoto záření zůstává stejná jako před odrazem. Množství difuzního záření závisí na oblačnosti a znečištění atmosféry. Tyto jevy naopak zmenšují množství přímého záření (G_D).
- **Odražené záření** - (albedo) je záření odražené od okolních předmětů (G_R).
- **Celkové nebo globální záření** - přímé + difuzní + odražené (G). [4]

V severním bodě KZ je přímé záření 34 %, v jižním 72 %. Spektrum záření v ČR je zhruba ze 40 % tvořeno difuzním světlem a zbytek tvoří světlo přímé.[3]

Regiony KZ	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	za rok
jižní	195	268	389	521	678	714	763	686	525	330	198	141	5408
západní	123	212	358	486	682	700	695	586	406	238	115	80	4681
severní	113	201	385	482	653	691	624	523	343	209	109	75	4408
východní	142	230	418	536	687	716	702	582	436	245	143	107	4944
centrální	164	262	437	548	697	753	725	631	461	267	160	118	5223

Tabulka 2.1: Globální sluneční záření na vodorovnou rovinu na území Kazachstánu [MJ/m^2] [3]



Obrázek 2.1: Roční dávky globálního ozáření na vodorovnou rovinu na území ČR dle ČHMÚ (2007)

Údaje ukazují, že Kazachstán má nejmenší celkové ozáření na severu státu kolem $4408 \text{ MJ}/\text{m}^2$, ale největší záření v Česku nedosahuje tohoto bodu. V ČR je rozdíl mezi maximálním globální zářením a minimálním kolem $500 \text{ MJ}/\text{m}^2$, zatímco v KZ je rozdíl dvakrát větší.

Údaje z PVGIS- CMSAF

- Technologie: FV krystalický křemík
- Jmenovitý výkon: FV 1 kWp
- Optimální azimut a sklon
- Montážní poloha: volné stání

Kazachstán			
kraj	město	Em [kW]	Hm [kW/m ²]
Severokazašský	Petropavlovsk	1040	1340
Akmolský	Kokšetau	1050	1360
Kostanajský	Kostanaj	1090	1420
Pavlodarský	Pavlodar	1160	1500
Hlavní město	Astana	1150	1490
Karagandský	Karaganda	1150	1490
Východokazašský	Ust'-Kamenogorsk	1150	1490
Almatynský	Taldykorgan	1310	1750
Žambylský	Taraz	1330	1790
Jíhokazašský	Šymkent	1370	1850
Kyzylordský	Kyzyl-Orda	1470	1960
Samosprávné město	Almaty	1240	1660
Akt'ubinský	Aktobe	1140	1490
Západokazašský	Uralsk	1130	1490
Mangystauský	Aktau	1290	1730
Atyrauský	Atyrau	1300	1730

Tabulka 2.2: E_m a H_m pro každý kraj v KZ [2]

Česká republika			
kraj	město	Em [kW]	Hm [kW/m ²]
Karlovarský	Karlovy Vary	895	1160
Plzeňský	Plzeň	947	1240
Ústecký	Ústí n.L.	932	1220
Liberecký	Liberec	913	1190
Královéhradecký	Hradec Králové	992	1300
Pardubický	Pardubice	972	1270
Olomoucký	Olomouc	998	1300
Moravskoslezský	Ostrava	960	1250
Zlínský	Zlín	1010	1310
Jíhomoravský	Brno	1020	1330
Jihočeský	České Budějovice	983	1280
Praha + Střední čechy		952	1250

Tabulka 2.3: E_m a H_m pro každý kraj v ČR [2]

E_m - průměrná roční výroba elektřiny z daného systému [kWh]

H_m – průměrný součet ročního globálního záření na metr čtvereční obdržený modulem daného systému s

optimálním azimutem a sklonem [kWh/m²]

2.2 Severní KZ

Severokazašský, Akmolský, Kostanažský, Pavlodarský kraje a Astana

Severní Kazachstán je nejchladnější kraj, kde klima je převážně ostře kontinentální a zima na severu státu je studená a dlouhá. Letní počasí je mírně teplé, průměrná nejchladnější teplota je v lednu kolem $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, a nejteplejší měsíc je červenec s průměrnou teplotou $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Každou zimu jsou mrazy kolem 2—3 týdnů a teplota dosahuje $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, tudíž dosahují prakticky minimálního bodu pro solární panely. Celkové přímé a difuzní sluneční záření na horizontální povrch s aktuálními podmínkami v červnu je 691 MJ / m^2 (tabulka 2.1), ve srovnání s jinými regiony je však toto číslo nízké. Roční srážky se pohybují asi od 250 mm do 425 mm, $\frac{3}{4}$ z nich v teplém ročním období. Kvůli velkým srážkám ve Severokazašské, Akmolské a Pavlodarské oblasti, FVE nebude dosahovat vysoké efektivity. Podle online kalkulačky PVGIS-CMSAF (tabulka 2.2), je vidět, že mají nejmenší potenciál 1330-1360 kWh/m² v těchto krajích. Kromě toho tam roční rychlost větru dosahuje kolem $\approx 6-7\text{ m/s}$, což je lepší podmínka pro stavbu větrné elektrárny než solární, takže s.r.o. “Samruk Green Energy“ využila tuto výhodu a postavila elektrárnu s výkonem 45 MWh za rok ve městě Jerejmentau (Akmolský kraj). Ze všech severních oblastí se dá dobrý výkon využít jenom na jihu Kostanažského kraje.

Reliéf kraje je příhodný pro stavbu FVE (obrázek 2. 4). V severní části se rozložila step a směrem k centrální části se plocha stává více vrchovinou, někde bývají i hory.

2.3 Východní KZ

Východokazašská oblast

Poloha regionu východního Kazachstánu je v centrální části Eurasie. Oblast leží na severovýchodě od Balchaše a Alakolských jezer. Západní část se nachází na Kazašské pahorkatině a na východní části se usadili hory Altaje a Tarbagataje, které způsobují její hlavní klimatické rysy. Obecně lze říci, že klima je ostře kontinentální s velkými sezónními a denními teplotními změnami. Léto je teplé a mírně suché, zatímco zima je studená a zasněžená. Ve vysokohorských oblastech bývá více srážek než v rovinách a nízkých horách (250 mm). Na návětrné svahy hor spadne 500 mm srážek a víc, a v horních Altajích - až do 1600 mm. Minimální teplota v lednu, podle města Úst`-Kamenogorsk, rozmezí od $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nicméně při arktickém proudění, teplota může zřídka klesnout až na $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pravidelný jevem v zimě je sněhové bouře. V červenci jsou maximální teploty v rozmezí $+32\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+37\text{ }^{\circ}\text{C}$. V nepřítomnosti deště, letní teplota může dosáhnout hodnoty $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo $+47\text{ }^{\circ}\text{C}$, což může způsobit požár.

Pro stavbu FVE jsou podmínky negativní, například reliéf (větší plochu zabírají hory, obrázek 2.4), hojné srážky, sníh, bouře a teplotní meze. PVGIS taky ukazuje jednu z nejnižších hodnot 1490 kWh vygenerované energie na 1 m² za rok.

2.4 Centrální KZ

Karagandinský kraj

Tato oblast zabírá nejvíce vysokou část Kazašské pahorkatiny (obrázek 2.4). Reliéf je komplikovaný pahorkatinami, říčními údolími, suchými vodními toky, soutěsky s přístupem na podzemní vody, povodími, jezerními pánvemi, stepními talířky. Charakteristickým rysem území jsou výstupy z pevné horniny ve formě skal, kamenná pole, které jsou velmi chaoticky rozházené po reliéfu.

Podnebí na severu a v regionálním centru Karagandě je stejné s Akmolským, Severokazašským krajem. Čím víc se přibližujeme k jihu státu, tím více klesá množství srážek do 200 mm v průběhu roku, stoupá letní průměrná teplota do +28 °C a klesá zimní -15°C, narůstá volatilita, stoupá nedostatek vláhy.

Dobré podmínky pro FVE jsou na jihu Turgajské plošiny a Kazašské pahorkatiny kvůli polopoušti severního pásma, která dostává větší intenzitu záření. Tabulka 2.1 ukazuje, že v červnu má centrální region největší globální záření 753 MJ/m², a zastává druhé místo celkového záření za rok mezi ostatní regiony.

Velká plocha oblasti je zasažena průmyslem, jako například těžba uhlí, která trvá více než 130 let. Největší produkce uhlí v porovnání s ostatní kraje je v Karagandě a její okolí. Konec doby výroby není přesně určen, a proto není výhodné stavět FVE.

2.5 Jižní KZ

Almatynský, Žambýlský, Jihokazašský, Kyzlordský kraje a Almaty

Průměrná roční doba slunečního svitu na jihu Kazachstánu vychází na více než 3000 hodin. Celkové sluneční záření je jedno z největších mezi ostatními oblastmi (5408 MJ/m² tabulka 2.1). Průměrný výkon slunečního záření na zeměpisné šířce Almatynské oblasti je 5,8 kW denního světla. To umožní na 1m² plochy solárního kolektoru s ohledem na jeho účinnost (cca 50%) v létě dosáhnout asi 3,5 kWh tepelné energie za den, v závislosti na regionu. Na jaře a na podzim toto číslo klesá na 1,5 kWh, to je obrovský potenciál, který může být použit pro zpracovatelský průmysl ve venkovských oblastech.

Od jihu centrálního Kazachstánu se začíná rozšiřovat polopoušť a poušť „Betpak dala“ směrem do jižní hranice republiky (obrázek 2.4). V údajových klimatických podmínkách můžeme využít off-grid systémy pro vesnice a malé města, a to způsobí zlepšení zemědělského sektoru. Pro lepší účinnost generované

energie můžeme taky použít koncentrátory, protože jsou vhodné do vysokých teplot a pro přímé slunce. Na jihu a na východě Kazachstánu se prostírají horské hřebeny: Zajlijský Alatau, Džungarský Alatau (Tjan Shan), Altaj a Saur Tarbagataj. V horách a okolí hodně padají srážky (500-1000 mm), ale na ostatní ploše padají do 130 mm za rok. Občas se v některých letech po dobu 2 až 3 měsíců nenasávají srážky. Mluvíme tedy o “suchém” dešti, kdy se déšť před dosažením zemského povrchu odpařuje

Klimatické podmínky v Kyzylordké a Žambylské oblasti jsou nejpříznivější v celém státu. Důkazem je největší průměrná roční výroba elektřiny z krystalického křemíku (tabulka 2.2), která je rovna 1470 kWh. Nevýhodou je, že v létě jsou tu poměrně vysoké teploty.

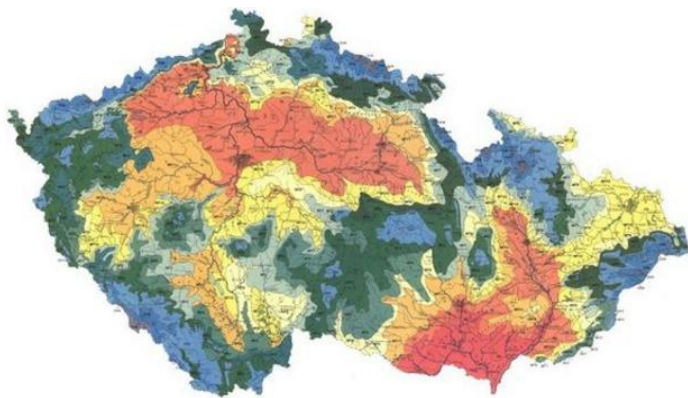
2.6 Západní KZ

Akt'ubinský, Západokazašský, Mangystauský a Atyrauský kraj

Západní Kazachstán je soustředěn především na Východoevropské rovině, na které se nachází Prikaspická nízkost (obrázek 2.4). Ta obklopuje severní část Kaspického moře a její reliéf je jednotvárný. Zde jsou většinou rozmístěny ploché hlinité roviny, pískové masivy, někde existují malé pahorkatiny. Na severu oblasti (Aktubinský kraj) se nachází jižní výběžky Uralu a ve středu úseku Mugalzharcké hory. Ostatní část oblasti je rovina s lesy. Blíž k jihu převládá polopoušť a poušť.

Klima západního Kazachstánu je vysoce kontinentální, zvyšuje se od severozápadu k jihovýchodu. Vysoká kontinentalita se projevuje v ostrých teplotních kontrastech dne a noci, v zimě a v létě, v rychlém přechodu ze zimy do léta. Roční srážky v rozmezí od 300 mm v severovýchodní oblasti až 120 mm na jihu. Klimatické podmínky jižního poloostrova (Mangzstauska oblast) se vyznačují velmi suchým a velmi teplým letním obdobím (40 - 50 ° C tepla) a mírně chladnými zimami. Sněhová pokrývka je nestabilní a sníh nepadá každou zimou, avšak stále foukají silné větry, často tu zuří prašné bouře.

2.7 Česká republika



Obrázek 2.2: Mapa podnebních oblastí ČR

1200 mm (ČHMÚ). Směrem k státním hranicím se začínají srážky zvětšovat (kromě jižní Moravy a Opavska, kde směrem k hranicím naopak srážek ubývá), a na těchto vlhčích místech naprší od 700 mm do 1000 mm ročně, v nejvyšších horách i víc. Nejvíce srážek v Česku připadá na letní měsíce (červen nebo červenec), nejméně naopak na zimní měsíce (leden nebo únor). V zimních měsících se více srážek vyskytuje především na horách.

Průměrná roční teplota se v Česku pohybuje mezi 5,5 °C až 9 °C. Pokud neuvažujeme údaje o teplotě v hornaté části země, rozdíl mezi teplotami v nížinách bude kolem 2 °C. Nejteplejší měsíc je červenec a teplota stoupá nad 20 °C. Leden je nejchladnější měsíc a síla vlny mrazů je od -10 °C až do -30 °C.

Podnebí České republiky je mírné a je charakterizováno prouděním západního větru a poměrně hojnými srážkami. Dochází k mísení přímořského a kontinentálního podnebí. Přímořský vliv se projevuje hlavně v Čechách, na Moravě a ve Slezsku přibývá kontinentálních podnebních vlivů (obrázek 2.2). Velký vliv na podnebí má nadmořská výška a rozmanitý reliéf.

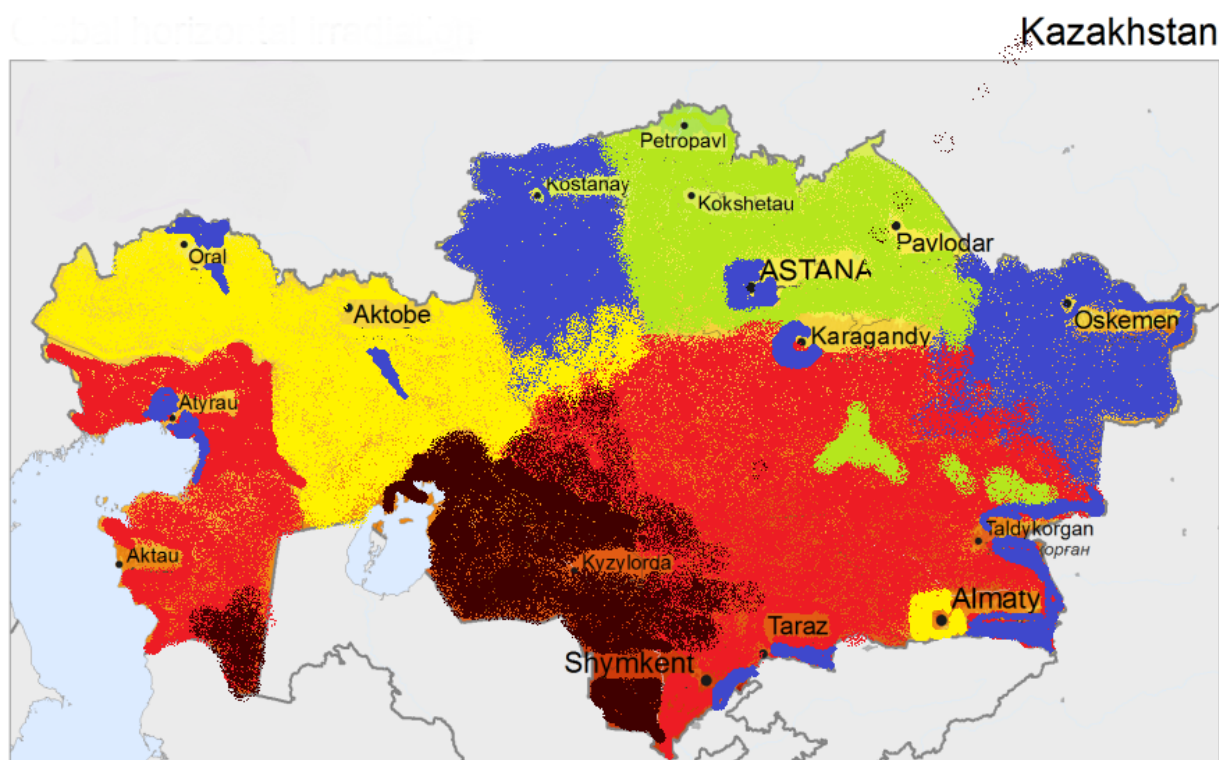
Srážky v ČR padají za rok od 400 mm do

Globální sluneční záření na vodorovnou rovinu (tabulka 2.2) dosahuje svého minima na Ústeckém kraji. Karlovarský kraj má taky ve svém centrálním městě malou hodnotu průměrného ročního globálního záření (tabulka 2.3). Největší roční dávka ozáření je na Jihomoravském kraji (obrázek 2.1). Ostatní lokality mají v průměru méně slunečního svitu, a to o více než 100 hodin.(ČHMÚ).

Na

základě podnebních charakteristik (teplota vzduchu, srážky, záření) byly stanoveny tzv. podnebné oblasti. Na území ČR se nacházejí 3 základní podnebné oblasti: chladné, mírně teplé a teplé. Chladné oblasti jsou většinou hory nebo hornatiny (modrá barva). Na okrajích státu jsou kolem pohoří (Krkonoše, Jeseníky, Krušné, Jizerské hory atd.). Mírně teplé oblasti jsou vrchoviny až pahorkatiny (zelená a žlutá barva). Například na jihovýchodní části České vysočiny se nachází Českomoravská, Brněnská a Dražanská vrchovina. Teplé oblasti jsou nížiny (červená barva). Například Polabí, dolní Povltaví a dolní Pohoří, Hornomoravský úval, Dolnomoravský úval a Dyjsko-svratecký úval (obrázek 2.2).

Hodnocení plochy Kazachstánu pro FVE

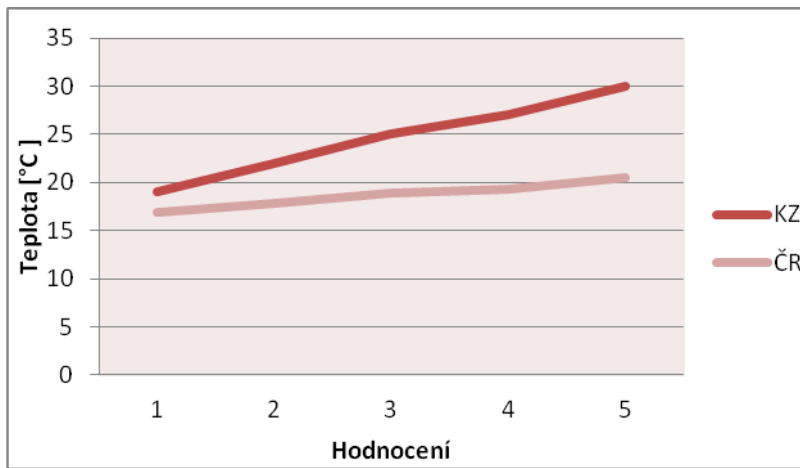


Obrázek 2.3: Hodnocení každé oblasti Kazachstánu pro vhodnou stavbu FVE

- **Hnědý** = výborný
- **Červený** = chvalitebný
- **Žlutý** = dobrý
- **Zelený** = dostatečný
- **Modrý** = nedostatečný

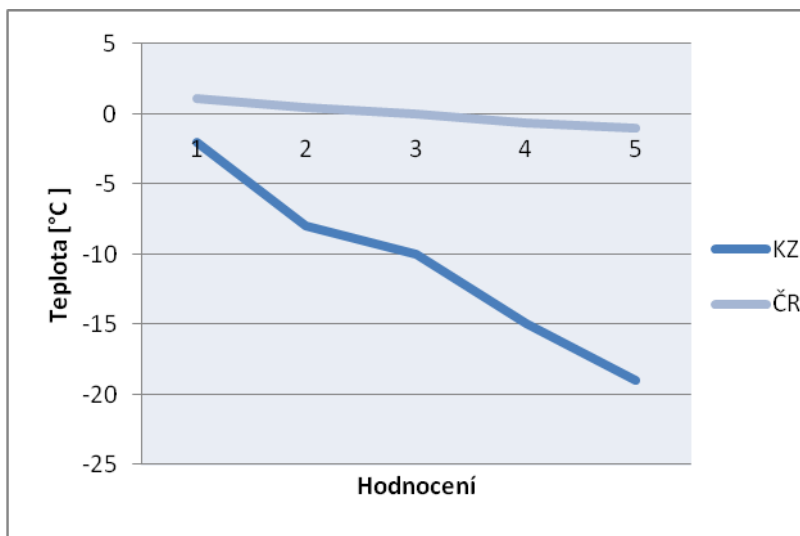
Kraj	Zimní teplota	Letní teplota	Reliéf	Intenzita	Hustota obyvatelů	Srážky
Severokazašský	5	1	1	5	3	5
Akmolský	5	2	2	5	2	5
Kostanažský	5	1	2	5	4	5
Pavlodarský	5	1	1	5	3	4
Hlavní město Astana	5	1	2	5	5	5
Karagandský	4	2	3	2	1	4
Východokazašský	5	2	5	3	2	5
Almatynský	2	3	5	1	3	1
Žambylský	1	3	5	1	3	2
Jíhokazašský	1	5	3	1	4	2
Kyzylordský	1	4	1	1	1	1
Almaty	1	2	5	2	5	>5
Akt'ubinský	4	2	2	4	1	5
Západokazašský	3	3	1	4	2	5
Mangystauský	2	4	1	4	1	1
Atyrauský	3	3	1	4	2	3

Tabulka 2.4: Hodnocení každé oblasti Kazachstánu pro výhodnou stavbu FVE



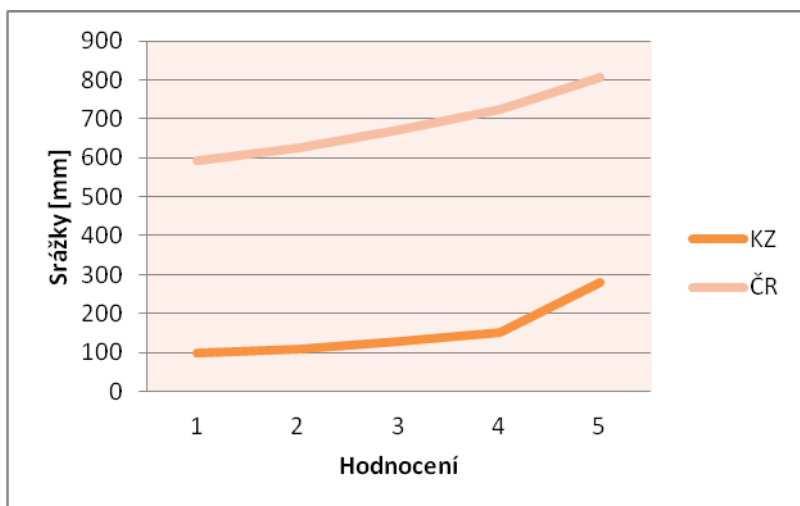
V létě Počáteční bod kolem 20 °C (průměrná pracovní teplota). Hodnoty spočteny jako průměr v nejteplejší měsíc (červenec) a zhodnoceny od 1 do 5.

Graf 2.1: Hodnocení letní teploty ČR a KZ



V zimě Počáteční bod je 1 °C. Hodnoty spočteny jako průměr v nejchladnější měsíc (leden) a zhodnoceny od 1 do 5.

Graf 2.2: Hodnocení zimní teploty ČR a KZ



Hodnocení srážek Počáteční bod od 100 mm (nejmenší množství v KZ). Hodnoty spočteny bez uvažování srážek v horní místnosti a zhodnoceny od 1 do 5.

Graf 2.3: Hodnocení srážek ČR a KZ

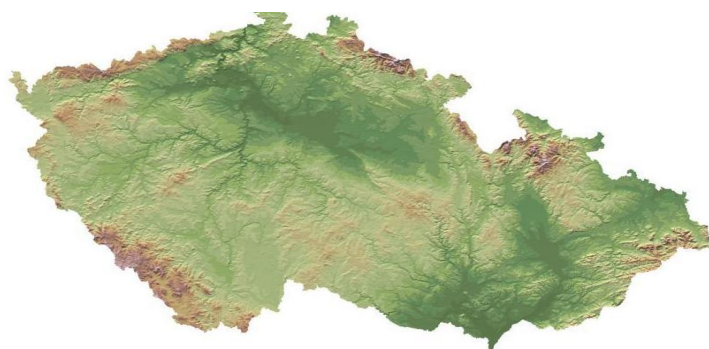


Obrázek 2.4: Hodnocení reliéfu KZ

KZ

Tmavě zelená barva - nížina. Zelená barva-rovina, step a lesy. Žlutá barva – polopoušť, poušť a suchá step. Oranžová barva-pahorkatiny, vrchoviny, hornatiny a nízké pohoří. Hnědá barva-vysoké hory.

Hodno-
cení
reliéfu



Obrázek 2.5: Hodnocení reliéfu ČR

ČR

Zelená barva- rovina a nížina. Světle hnědá barva- pahorkatina, vrchovina a hornatina. Tmavě hnědá barva-hory.

Z hlediska provozu FV elektráren musíme brát v úvahu několik podmínek. Nejdůležitější jsou intenzita záření, reliéf, srážky a teplota okolí. Když se na určité ploše nachází veliký počet obyvatelů, tak stavba FVE není příliš výhodná. Hory jsou nejhorší reliéf pro stavbu solárních panelů kvůli srážkám, teplotě a nepřístupnosti (obrázky 2.4 a 2.5 je ukázaný reliéf každé země). Roviny, step, polopoušť nebo poušť jsou nejvýhodnější pro FVE, jestliže k tomu ještě mají optimální okolní teplotu pro fotovoltaiku a průměrné množství srážek. Povolená teplota okolí pro panel je od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Grafy 2.1 a 2.2 ukazují srovnání letní a zimní teploty v ČR a KZ. Průměrná teplota v červenci v Kazachstánu je od $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$ na severu do $+31\text{ }^{\circ}\text{C}$ na jihu, když v ČR má více ustálenou teplotu od $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Čím vyšší teplota tím menší účinnost solárního panelu i naopak, čím nižší teplota tím menší účinnost panelu. Taky zimní okolní teplota v lednu v ČR má rozdíl se severním a jižním bodem $\approx 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, když v tomto období v KZ na severu dosahuje do $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ a na jihu $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Velký vliv spolu s teplotou mají srážky. Ty taky zmenšují efektivitu FV panelu

svým odražením slunečního záření v případě sněhu, znečištění panelu atd. V Česku je velké množství srážek ve srovnání s KZ na 500 mm ročně (graf 2.3).

Z obrázku 2.3 tedy docházíme k závěru, že nejlepší oblast pro stavbu FVE v Kazachstánu je Kyzylrodská, která splňuje všechny podmínky, kromě vysoké teploty v létě. Centrální, jižní oblasti a kousek západního kraje mají příznivé klimatické a geografické podmínky. Pro Českou republiku je nejlepší část území pro FVE Morava, kvůli intenzitě záření, reliéfu a podnebí.

Kapitola 3

3 Porovnání technických podmínek a legislativní rozdíly pro provoz FVE

3.1 Legislativa ČR

Primární zákony byly schváleny v roce 2000, a to zákon **č. 406/2000 Sb.** o hospodaření s energií a zákon **č. 458/2000 Sb.** o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích[10]. Byl vyhlášen program Slunce do škol (Státní fond životního prostředí) s instalovaným výkonem 100 kW. Slunce do škol umožňuje školákům pozorovat, jak probíhá v praxi vyrábění energie pomocí fotovoltaických článků, které jsou umístěny na střechách škol. Později byly Energetickým regulačním úřadem přijaty vyhlášené výkupní ceny pro jednotlivé kategorie OZE.

Důležitým krokem pro vývoj OZE byl vstup do Evropské Unie v roce 2001, díky čemuž byl povinen přijat energetickou směrnici Evropského parlamentu a Rady **č.77/2001/ES** o „Podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů v podmínkách jednotného trhu s elektřinou“. Jenom v roce 2005 byl schválen zákon českou vládou s pozdějšími předpisy a stanoven s novým názvem „Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) a byl uveden ve Sbírce zákonů **č. 66** pod **č. 180/2005 Sb.** s vyhláškou ERÚ **č. 475/2005 Sb.** Tento zákon nařizuje splnit k roku 2010 indikativní cíl 8 % vyrobené energie z obnovitelných zdrojů. K té době ČR podle údajů z ERÚ dosáhla 8,3% ($\approx 5854,5$ MWh) energie z OZE. V tomto jim pomohlo zvyšování garantovaných výkupních cen v roce 2006 u fotovoltaických elektráren za 1kWh do 13,20 Kč bez rozlišení výkonu, a dobu výkupu na 15 let. To vedlo k velkému skoku zdražení elektrické energie (tabulka 3.1) s pozměňovacím návrhem o pětiprocentním meziročním poklesu výkupních cen.

Po dvou letech byly schváleny dvě vyhlášky podle ERÚ. První byla **č.150/2007 Sb.** o způsobu regulace cen a postupech pro regulaci cen. V této vyhlášce bylo stanoveno, že výkupní ceny a zelené bonusy jsou uplatňovány po dobu životnosti vyrobené elektřiny. Druhá byla **č. 364/2007 Sb.** (nová verze vyhlášky **č. 475/2005 Sb.**) ve které byla změněna předpokládaná doba životnosti nové výroby do 20 let. Tohle umožnilo zvětšit ekonomickou návratnost investic.

V roce 2008 začal růst objem instalovaných solárních FV, a to kvůli plánovanému poklesu výkupních cen a zvyšování částek na podporu obnovitelných zdrojů. Pak Čína zvýšila výrobu solárního křemíku, a tím způsobila pokles cen ve fotovoltaické technologii. Instalovaný výkon na konci roku 2008 představoval 65,74

MW (graf 4.1) a za rok výkon dosáhl 464,6 MW. Tato skutečnost byla důvodem solárního boomu. Po této situaci Česko schválilo zákon č. 137/2010 Sb., díky kterému došlo ke snížení výkupních cen FVE o více než 5%. V roce 2010 se předpovídal nárůst cen o 11,2 %. Aby se tomu předešlo, byl přijat zákon od 01. 01. 2011 č. 402/2010 Sb. pro omezení počtu FVE a byla uvalena daň. Všechny elektrárny, které mají instalovaný výkon vyšší než 30 kW, založené v letech 2009 a 2010, museli z výnosů solární energie platit solární daň 26 % po dobu 3 let [5].

Pro nově instalované zdroje uvedené do provozu od roku 2014 ERÚ zastavila finanční podporu FVE podle zákona č. 310/2013 Sb. Solární daň klesla do 10 % a trvá stejnou dobu jako právo na dotace. Od 15. 10. 2015 program Nová zelená úsporá podporuje rodinné domy s fotovoltaikou. Žadatelé o podporu musí splňovat tyto podmínky:

- V rodinném domě musí více než 50 % plochy činit obytný prostor
- Rodinný dům nesmí mít více než 3 samostatné bytové jednotky, a ne více než dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkrovní
- FVE bude umístěna na rodinném domku, nikoli např. na zahradě
- Instalovaný výkon FVE nepřesáhne 10 kWp
- Minimální účinnost panelů je 10 % (tenkovrstvé) a 15 % (mono a polykrystalické) [7].

Druhy dotace:

1. Solární fotovoltaický systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem, neboli „boiler napájený fotovoltaikou“. Dotace 35 000 Kč + 5 000 Kč (náklady na vypracování dokumentace a posudků)
2. Fotovoltaická elektrárna připojená k síti a se zásobníkem teplé vody. Dotace 55 000 Kč + 5 000 Kč (náklady na vypracování dokumentace a posudků)
3. Malá fotovoltaická elektrárna připojená k síti, vybavená bateriemi s využitelnou roční výrobou minimální 1700 kWh. Dotace 70 000 Kč + 5 000 Kč (náklady na vypracování dokumentace a posudků)
4. Větší fotovoltaická elektrárna připojená k síti, vybavená bateriemi s využitelnou roční výrobou minimální 3000 kWh. Dotace 100 000 Kč + 5 000 Kč (náklady na vypracování dokumentace a posudků) [8]

Datum uvedení do provozu vyrobené elektřiny s využitím slunečního záření	Výkupní ceny elektřiny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
Do 31.12.2005	7 273	6 343
Od 1.1.2006 – do 31.12.2007	15 260	14 330

Od 1.1.2008 – do 31.12.2008	14 882	13 952
Od 1.1.2009 – do 31.12.2009		
Od 0 - do30 kWh instalovaného výkonu	13 964	13 414
Od 30 kWh instalovaného výkonu	13 862	12 932
Od 1.1.2010 – do 31.12.2010		
Od 0 - do30 kWh instalovaného výkonu	13 005	12 455
Od 30 kWh instalovaného výkonu	12 903	11 973
Od 1.1.2011 – do 31.12.2011		
Od 0 - do30 kWh instalovaného výkonu	7 803	7 253
Od 30 - do 100 kWh instalovaného výkonu	6 141	5 211
Od 100 kWh instalovaného výkonu	5 723	4 793
Od 1.1.2012 – do 31.12.2012		
Od 0 - do30 kWh instalovaného výkonu	6 284	5 734
Od 1.1.2013 – do 30.6.2013		
Od 5 - do30 kWh instalovaného výkonu	2 830	2 280
Od 1.7.2013 – do 31.12.2013		
Od 0 - do 5 kWh instalovaného výkonu	2 990	2 440
Od 5 - do 30 kWh instalovaného výkonu	2 430	1 880

Tabulka 3.1: Chronologie výkupních cen a zelených bonusů [5]

- Výkupní cena jedná z možností podpory OZE. Vykupující má povinnost koupit celý objem vyrobené energie od výrobce dodanou do elektrizační soustavy za cenu stanovenou podle ERÚ.
- Zelený bonus jedná z možností podpory OZE. Výrobce elektřiny může využívat energii pro své vlastní potřeby a neutracenou část nabízet k prodeji. Pak musí výrobce najít sám odběratele elektrické energie a s ním se dohodnout o ceně. Nevýhodou je, že tato cena není fixována na dobu 20 let, oproti výkupní ceně[5][16].

3.2 Licence ČR

Podmínka pro podnikání v energetickém směru v ČR zavazuje fyzické či právnické osoby nebo odpovědného zástupce získat licence na výrobu, prodej a rozvod elektrické energie podle zákona č. 458/2000 Sb. a v ustanoveních § 3 až 10 a v § 98a a v vyhlášce Energetického regulačního úřadu č. 426/2005 Sb., o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích, ve znění vyhlášky č.363/2007 Sb., a vyhlášky č.358/2009 Sb.[13].

- Výroba energie nad 10 kW připojena k DS
- Výroba a prodej elektřiny za tržní cenu i bez připojení k DS
- Instalovaný výkon do 1MW (v současnosti u FVE nad 100 kW) je nutné požádat o autorizaci Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO)
- Pokud je instalovaný výkon méně než 20 kWp, od žadatelů o licenci se nevyžaduje odborná způsobilost. V opačném případě musí mít úplné střední/vysokoškolské (v závislosti na podmínkách) odborné vzdělání a určitou dobu praxe v energetickém oboru.
- Je nutné, aby žadatel o licenci dosáhl 18 let a plnou způsobilost k právním úkonům.
- Podmínku bezúhonnosti ve smyslu energetického zákona nesplňuje ten, kdo byl odsouzen
- Finanční podpora pro stavbu a provoz FVE do 5 let (neprokazuje se, pokud je instalovaný výkon nižší než 200 kW)

3.3 Bez licence ČR

- Paralelní provoz FVE s DS nízkého napětí se jmenovitým střídavým fázovým proudem do 16 A na fázi včetně a instalovaným výkonem do 10 kW včetně (tzv.mikrozdroj)
- výstavbu FVE pro vlastní spotřebu (všechna vyrobená elektřina bude používána osobně)
- ostrovní systémy (spotřeba elektřiny v místě výroby) do 1MW
- výkonu do 100 kW bez autorizace MPO [14]

3.4 Legislativa KZ

Legislativa Kazašské republiky v oblasti podpory pro využívání obnovitelných zdrojů energie je na základě Ústavy Republiky Kazachstán. Otázky týkající se přenosu a spotřeby elektřiny a tepla se řídí zákonem **№ 588-II** o elektřině. Některé otázky v oblasti využívání energie z obnovitelných zdrojů jsou upraveny jinými právními předpisy, jako je například **№ 422-II** územní kodex, **№ 481-II** vodní a zákon **№ 272-I** o

přirozených monopolech. V červenci roku 2009 byl přijat prezidentem zákon **№ 165-IV ZRK** o podpoře obnovitelných zdrojů energie.

Státní regulace v oblasti podpory využívání obnovitelných zdrojů energie na elektřinu nebo tepelné energie zahrnuje:

- 1) přijetí a provádění plánu (programu) zpracovaných vysídlených objekty na využívání obnovitelných zdrojů energie;
- 2) licence;
- 3) zavedení programů pro rozvoj cíle o podíle obnovitelných zdrojů energie v celkové výrobě elektřiny;
- 4) vytváření podmínek pro výcvik personálu a výzkumu v oblasti využívání obnovitelných zdrojů energie;
- 5) technické předpisy;
- 6) přijetí normativních právních aktů v oblasti výzkumu využívání obnovitelných zdrojů energie[18].

Nová zařízení pro využití obnovitelných zdrojů energie, jakož i rekonstruované objekty bez ohledu na termín uvedení do provozu, jsou připojeny k nejbližšímu bodu na elektrickou síť podle příslušných napěťových parametrů.

Dříve byli regionální elektroenergetické společnosti, do kterých sítě byly přímo připojeny objekty používající OZE, nuceni kupovat celý objem elektřiny přímo od kvalifikovaných firem, které vyrábějí elektrickou energii využitím obnovitelných zdrojů energie. Pak od 12. ledna 2014 elektřinu začala kupovat Centrum finančního vypořádání ("CFV"). V souladu se zákonem o obnovitelných zdrojích energie, smlouva o koulování a prodeji elektřiny s CFV musí být na 15 let.

Dodavatel je oprávněn dle svého rozhodnutí prodávat elektřinu jednou z následujících možností:

1. CFV fixní sazbou v platnosti ke dni uzavření kupní smlouvy mezi dodavatelem a CFV, valorizována v souladu s postupem stanoveným vládou Republiky Kazachstán;
2. Spotřebitelům za výhodné ceny podle podepsaných dvoustranných dohod.
Dodavatelé, kteří prodávají elektřinu za výhodné ceny, nemůžou přejít na první možnost.

Pak bude CFV prodávat získanou energii takzvaným "podmíněným odběratelům". Podmínění odběratelé jsou:

- Energetické organizace využívající uhlí, zemní plyn, ropné produkty a jaderné palivo;
- Účastníci trhu s elektřinou, kteří si koupí elektrickou energii z vnější strany Kazašské republiky;
- Vodní elektrárny se zařízením, které se nachází ve stejném hydraulickém komplexu s celkovou kapacitou více než 35 megawattů.

V souladu s rozhodnutím vlády Kazašské republiky od 12. června roku 2014 o "O schvalování fixních tarifů" podle vládního nařízení № 645, schválila pevně stanovené tarify pro dodávky elektrické energie vyrobené pomocí objektů na využití obnovitelných zdrojů. Tarif pro solární elektrárny ve výši 34.61 tenge za 1 kWh bez DPH (3.8 Kč se sazbou pro dané období). Kvůli tomu aby docházelo k podpoře státních výrobců, byl fixní tarif stanoven za 1kWh 70 tenge (7.6 Kč se sazbou pro dané období) pro solární panely na bázi Kazachstánské křemíku při objemu výroby elektrické energie do 37 MW [6]. Tarif může být revidován jednou za tři roky. Kromě toho publikované tarify vstupují v platnost za rok po jeho vyhlášení. To znamená, že de facto nová sazba za elektřinu v Kazachstánu se objeví jednou za čtyři roky.

Další důležitou změnou je zavedení pojmu cílená pomoc. Za účelem podpory využívání obnovitelných zdrojů energie je kompenzováno 50 % ze státních nákladů na jednotlivé uživatele, který nemají připojení k síti, na nákup obnovitelných zařízení na výrobu energie až do 5 kW. Obecně platí, že toto opatření podpoří uživatele žijících ve venkovských oblastech a na farmách.

Od roku 2012 výroba, přenos a rozvod elektřiny a tepla, jakož i provoz elektráren, energetických sítí a rozveden a využití obnovitelných zdrojů energie nejsou licencované činnosti. Avšak nákup elektřiny pro další prodej vyžaduje licenci.

Daňový řád nestanoví zvláštní daňový režim nebo jiné výhody pro činnosti související s využíváním energie z obnovitelných zdrojů. Nicméně od 1. ledna 2014, jsou výzkum a vývoj v oblasti obnovitelných zdrojů energie zahrnuté v seznamu činností v souladu s cíli pro vytvoření speciální ekonomické zóny "parku inovačních technologií". Proto jsou organizacím zapojené do příslušných aktivit na území zvláštních ekonomických zón poskytnuty některé daňové výhody za určitých podmínek.

Porušení právních předpisů Kazašské republiky v oblasti podpory obnovitelných zdrojů energie s sebou nese zodpovědnost stanovenou právními předpisy Kazašské republiky.

Vzhledem k tomu, že Kazachstán se začal rozvíjet v solární energii nedávno, má legislativní historii několikrát menší než v České republice. V obou zemích byly přijaty zákony na podporu obnovitelných zdrojů energie, v České republice to bylo o 5 let dříve. Zákony v odvětví energetiky schváleny podle specifického regulačního úřadu a potvrzené regulace na úrovni státu, jsou stejné v ČR a v Kazachstánu. Co se týče tarifů a dotací, Česká republika v současné době teprve podporuje instalaci na střeše rodinného domu. Podpora v KZ je poskytována v tarifech speciálně přidělených pozemku pro OZE. Příští rozdíl mezi KZ a ČR je v licenci. Kazachstán nevyžaduje žádnou licenci pro výrobu elektřiny, zatímco v Česku jí požaduje nad 10kW.

3.5 Technické podmínky ČR

Podmínky pro zjednodušený proces připojení mikrozdroje (§ 16 vyhl. č. 16/2016 Sb.):

1. vztahuje se pouze na připojení k distribuční soustavě z hladiny nízkého napětí (v již existujícím odběrném místě)
2. maximální instalovaný výkon mikrozdroje 10 kW
3. v místě odběru není připojena jiná výrobná
4. Hodnota rezervovaného výkonu je vždy rovna 0
5. hodnota impedance proudové smyčky v místě připojení k distribuční síti, jejíž změření zajišťuje na své náklady žadatel, musí být menší než:

- $0,47 \Omega$ pro mikrozdroje do 16 A na fázi (odpovídá celkovému instalovanému výkonu nejvýše 10 kW při 3fázovém připojení nebo 3,7 kW při 1fázovém připojení)

nebo

- $0,75 \Omega$ pro mikrozdroje do 10 A na fázi (odpovídá celkovému instalovanému výkonu nejvýše 6,9 kW při 3fázovém připojení nebo 2,3 kW při 1fázovém připojení) [19].

Podmínky pro standardní proces připojení mikrozdroje

Standardní připojení je možné v případě, že výrobce požaduje nenulovanou hodnotu rezervovaného výkonu, nebo před instalací mikrozdroje v odběrném místě naměřeny hodnoty impedance, které překračují výše povolené mezní hodnoty [19].

V případě, že je instalovaný výkon vyšší než 10 kW, technické podmínky by se měly řídit podle Pravidel provozování distribučních soustav každého distributora. Pro ČEZ a E.ON jsou pravidla stejná [12].

U PREDistribuce se podmínky na provoz a připojení k DS liší [11].

Každý distributor určuje volbu konkrétního způsobu připojení (napětíovou hladinu, vlastní trafostanice či samostatný vývod).

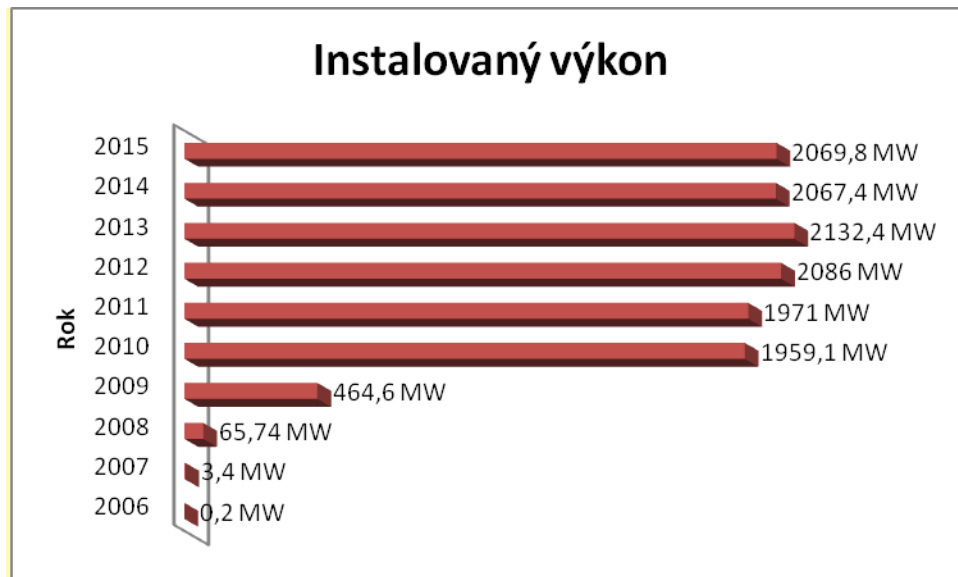
3.6 Technické podmínky KZ

Technické podmínky pro připojení energie z obnovitelných zdrojů energie do rozvodných sítí vydaných pro přenos energie vydává energetická společnost v souvislosti s výkonem elektrárny, vyvinuli speciální organizaci projektu a obsahuje schéma zapojení zařízení pro využití obnovitelných zdrojů energie do elektrizační soustavy. Většina z technických pravidel jsou podobné jako v Rusku.

Kapitola 4

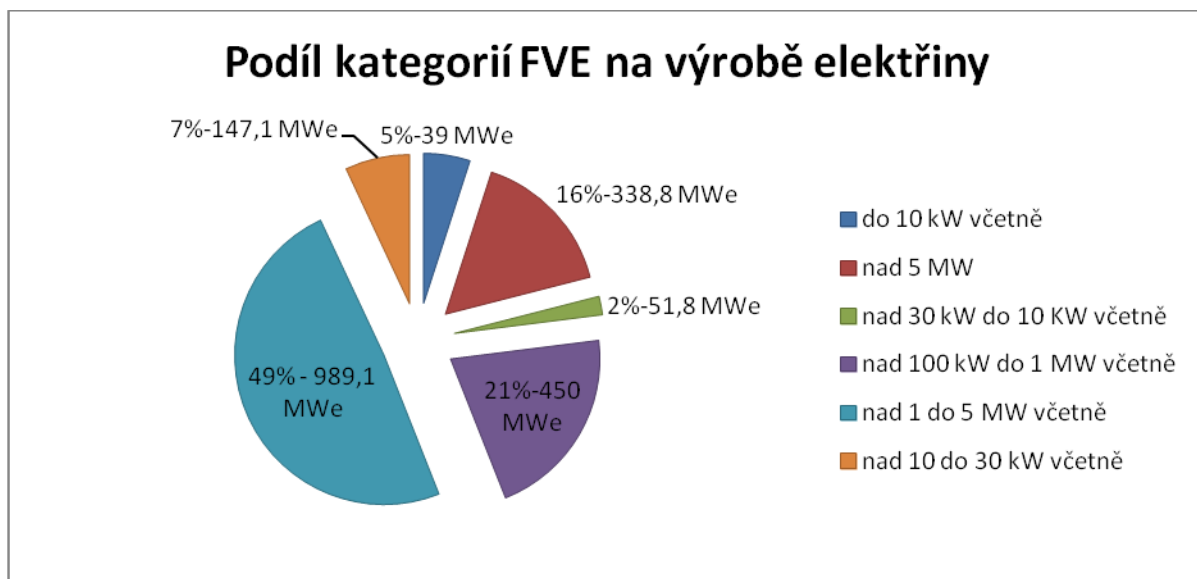
4 Rešerší současného stavu fotovoltaiky v obou státech

4.1 Česká republika



Graf 4.1: Historie instalovaného výkonu v ČR [15]

Velký skok instalovaného výkonu byl v roce 2010 díky solárnímu boomeru (graf). Většinou byli stanoveny fotovoltaické elektrárny na principu on-grid systému vyšší jak 1MW. První historický meziroční pokles instalovaného výkonu FVE byl na konci roku 2014 a v roce 2015 zůstala situace stejná (graf 2-1). To způsobilo zastavení podpory solárních elektráren.



Graf 4.2: Podíl kategorií FVE na výrobě elektřiny[17]

V ČR je počet solárních elektráren vyšší než 26 000 zaznamenaných firem s různými výkony. Ve většině převládají FV elektrárny s instalovaným výkonem od 1 do 5 MW. Na konci roku 2015 jejich instalovaný výkon byl 981,1 MWp (graf 2-2) což je 49% z ostatních kategorií. Elektrárny s výkonem nad 5 MW jsou taky dost rozšířeny v ČR a teď v provozu jsou 40 FVE. Největší solární elektrárny: FVE Ralsko 55,7 MW, FVE CZECH VEPŘEK 35 MW a FVE Ševětín 30 MW.

4.2 Kazachstán

Momentálně má Kazachstán jenom dvě fotovoltaické elektrárny. První elektrárna "Otrar" pracuje od roku 2012 v Žambylské oblasti s instalovaným výkonem 7 MW. Náklady na výstavbu elektrárny byly ve výši 1,33 milionu dolarů soukromých investic. Druhá elektrárna "Burnoe Solar-1" byla spuštěna v minulém roku s instalovaným výkonem více než 40 MW, který se pak zvýší do 50 MW. Bude představena na mezinárodní výstavě "EXPO-2017", která se bude konat v Kazachstánu. Celkové množství vyprodukované energie z FVE – 55,51 MW. Podíl výroby elektrické energie z firem, které se zaměřují na využívání obnovitelných zdrojů energie na celkové výrobě elektřiny v zemi je 1%.

V České republice je ve srovnání s Kazachstánem rychlejší vývoj FVE. Počátek rychlého rozvoje pro ČR byl vstup do Evropské unie, zatímco v KZ se začali se zaměřovat na OZE jenom posledních pár let. I přesto Kazachstán vytváří příznivé podmínky pro státní a zahraniční investory. Podle státních plánů Kazachstán do roku 2020 plánuje dosáhnout asi 3 % podílu OZE na spotřebě energie, zatímco Česko 16 %.

Kapitola 5

5 Případové studie pro instalace FVE v obou státech

5.1 FVE na střeše rodinném domku v ČR

Rozmístění: Velká nad Veličkou 155, Hodonín okres, Jihomoravský kraj, Česká republika

GPS souřadnice: 48°52'57.4"N 17°31'14.2"E



Typ připojení: Grid-on

Materiál panelu: Krystalický křemík

Orientace: Jih

Odhadované systémové ztráty: 10%

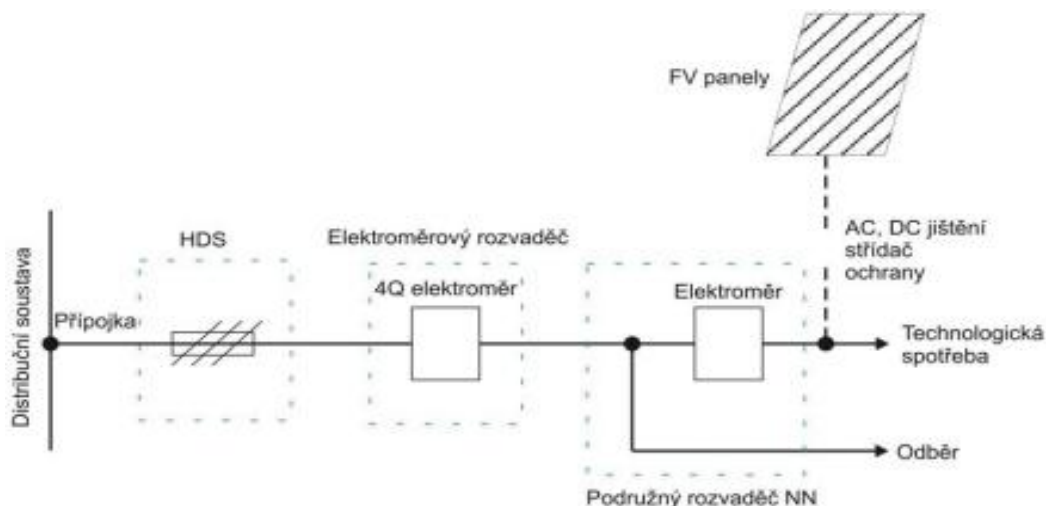
Sklon: 50°

Předpokládaná plocha střechy : 50 m²

Obrázek 5.1: FVE na rodinném domku

Použila jsem systém Grid-on pro připojení k síti, pomocí kterého můžu veškerou vyrobenou elektřinu použít a dal zpracovávat. Výhody tohoto systému jsou :

- Není třeba baterie. Na místo ní je zdarma síť, která bere svou přebytečnou energii a kompenzuje nedostatek, pokud je to nutné;
- Síťové měniče jsou levnější než akumulátor;
- FVE nevyžaduje stálý dozor, ani odborného pracovníka na údržbu. Pravidelná údržba je většinou zaručena smluvně, externí firmou (revize...)
- Snadné připojení na straně AC.



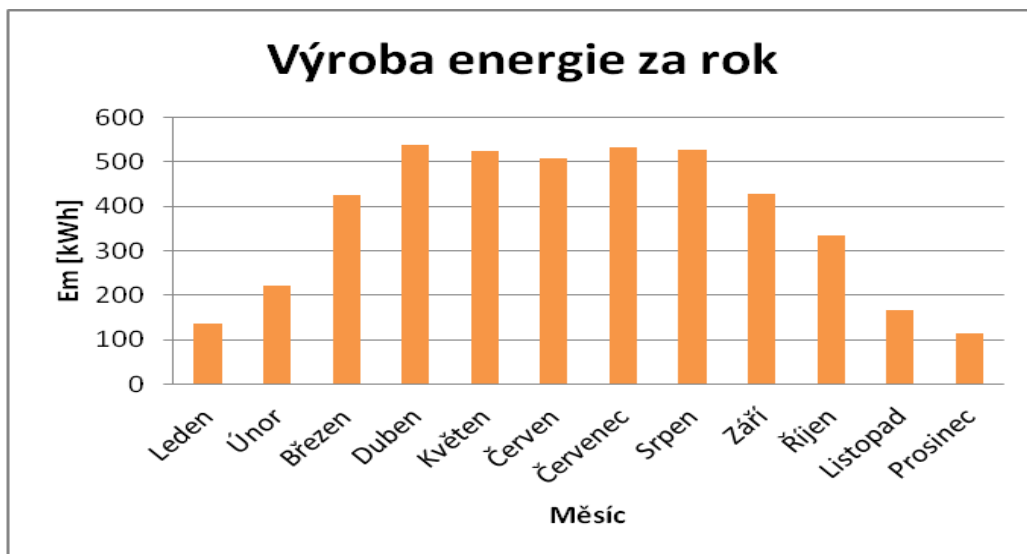
Obrázek 5.2: schéma zapojení energie pro vlastní spotřebu a zůstatek jako dodávka do distribuční sítě [9]

Hodnocení solární výroby elektřiny podle PVGIS, FVE o výkonu **4,5 kW_p**

Fixed system: inclination=50°, orientation=0°				
Měsíc	Ed	Em	Hd	Hm
Leden	4,4	136	1,15	35,7
Únor	7,97	223	2,14	59,8
Březen	13,7	425	3,82	119
Duben	17,9	538	5,23	157
Květen	16,9	525	5,05	157
Červen	16,9	507	5,1	153
Červenec	17,2	533	5,23	162
Srpen	17	528	5,15	160
Září	14,2	427	4,18	125
Říjen	10,8	334	3,04	94,2
Listopad	5,57	167	1,51	45,2
Prosinec	3,63	113	0,95	29,6
Roční průměr	12,2	371	3,55	108
Celkem za rok	4460		1300	

- E_d - průměrná výroba elektřiny denně daného systému [kWh]
- E_m - průměrná roční výroba elektřiny z daného systému [kWh]
- H_d - průměrný součet globálního záření denně na metr čtvereční obdržený modulem daného systému [kWh/m^2]
- H_m - průměrný součet ročního globálního záření na metr čtvereční obdržený modulem daného systému s optimálním azimutem a sklonem [kWh/m^2]

Tabulka 5.1: Výroba roční energie v ČR



Graf 5.1: Výroba roční energie v ČR

Vybrala jsem si panely firmy **Amerisolar AS-6P30 255W_p**, z polykrystalického křemíku s technické parametry:

Podle instalovaného výkonu FVE 4,5 kW_p musíme instalovat na střechu 18 panelů tohoto typu orientovaných na jih.

Výkon	255 Wp
Jmenovité napětí	35,5 V
Napětí naprázdno	38,1 V
Jmenovitý proud	8,37 A
Proud nakrátko	8,83 A
Účinnost modulu	15,67 %
Toleranci výkonu	+ - 3 Wp
Maximální napětí systému	1000 V DC
Provozní rozsah teplot	-40 °C do +85 °C
Připojovací konektory	MC4
Rozměry	(1640 x 992 x 40) mm
Hmotnost	18,5 kg
Počet článků	60 (6x10)
Celková plocha FVE	29,3 m ²
Záruka výkonu 91,2% jmenovitého výkonu	12 let
Záruka výkonu 80,6% jmenovitého výkonu.	30 let

Konstrukce

Pro fixace fotovoltaických modulů na střeše domu používáme **nosnou konstrukci**. Vybereme materiál pro nosnou konstrukci ze slitiny hliníku nebo oceli s ochranou proti korozi. V našem případě namontujeme statickou konstrukci.

Kabely

Nejlepší způsob, jak se vyhnout zbytečným ztrátám je používání vhodných **elektrických kabelů** a jejich správné napojení na přístroje. Pro venkovní instalaci se doporučuje použít speciální kabel pro solární panely. Na rozdíl od běžných kabelů, kabel pro solární panely má speciální dvouvrstvou izolaci, která ji chrání před měděnými vodiči všech typů vlivů na životní prostředí (děšť, sníh, ultrafialové záření, změny teploty). Průřez kabelu by měl být zvolen v závislosti na jeho délce a solární energie, a na minimalizaci ztrát. Kabel by měl být co možná nejkratší.

Střídač

Hlavním úkolem střídače u FVE je převést stejnosměrný proud, které vyrábí solární články, na střídavý proud nízkého napětí (230V) a připojit do rozvodné sítě. V našem případě použijeme třífázový stringový solární střídač pro paralelní provoz se sítě typu **SMA SunnyTriPower 5000TL**, který je výhodný u systému mezi 5 kWp a 12 kWp. Technické parametry střídače:

Jmenovitý výkon (při 230 V, 50 Hz)	5000 W
Max.účinnost/ evrop.účinnost měniče	98% /97.1%
Jmenovitá síťová frekvence / jmenovité síťové napětí:	50/230 V
Topologie	beztransformátorová, MPPT optimalizace
Max. vstupní proud (vstup A / vstup B)	11 A / 10 A
Max. výstupní proud	7,3 A
Rozsah síťové frekvence AC	50 Hz, -5 Hz ... +5 Hz
Rozsah jmenovitého AC napětí	160 V – 280 V
Základní výrobová záruka:	5 let
Možnost rozšíření záruky:	10 let, 15let, 20 let
Rozměry	480 x 730 x 240 mm

Výhody tohoto typu střídače:

- Maximální systém sledování účinnosti OptiTracGlobal Peak
- Systém řízení aktivní teploty OptiCool
- Přenos dat přes Bluetooth ®
- Připojení přes SMA WebConnect na Sunny Portal
- Multifunkční relé
- Spínací DC zařízení - Integrovaný ESS DC odpínače

Umístíme měnič uvnitř domu do míst, kde okolní teplota nepřesahuje 30° C

Čtyřkvadrantní elektroměr

Měření spotřebované a vyrobené energie – montáž a uvedení do provozu – majitel distribuční soustavy (ČEZ, EON, PRE)

Wattrouter

To je programovatelný regulátor pro optimalizaci své vlastní energie vyrobené pomocí fotovoltaických elektráren. Je to inteligentní systém řízení spotřeby a distribuce energie v domě. Zvolila jsem typ WATTrouter M MAX, který může omezit přenos energie ze solárních panelů do sítě při určité zadané uživatelské úrovni. Aplikace WattRouter maximalizuje využití energie generované tím, že pracuje paralelně se sítí solárních panelů.

WattRouter se skládá ze dvou funkčních částí: skutečný proudový snímač a regulátor. Proudový senzor detekuje směr a velikost AC, který jde přes počítač. Pokud regulátor zjistí, že v současné době je přebytek energie, připojte sekundární zátěž. Algoritmus lze naprogramovat a připojit k zátěži. Regulátor se bude vždy snažit, aby se zabránilo přenosu energie do sítě. Je také možné regulovat spotřebu nebo generace na dané úrovni[20].

Ochrana proti přepětí

Ochrana proti přepětí musí být nastavena na AC a DC strany pro bezpečný provoz FVE. Na DC straně svodiče přepětí vyhovuje maximálnímu napětí řetězci modulů naprázdno. V našem případě je maximální napětí systému 1 000 V (tab. panelu). Podle normy ČR při instalaci FV elektráren na střeše budov ještě musíme počítat s ochranou proti blesku, tedy s tzv. hromosvody. Musí být dodržena přeskoková vzdálenost hromosvodné soustavy od FV systému.

Na AC straně musí být instalována ochrana proti přepětí z napájecí sítě.

Průměrné náklady na FVE (s DPH 21%)

Průměrná cena za solární elektrárnu 4,5 kWp je kolem 250 000 Kč

Panely (18 ks)	106 000 Kč
Střídač	51 000 Kč
Wattrouter	14 000 Kč
Konstrukce	15 000 Kč
kabeláž a konektory	20 000 Kč
montáž fve	20 000 Kč
projektová dokumentace	3 000 Kč





revize	2 000 Kč
jištění	2 000 Kč
přepěťová ochrana DC/AC	2 000 Kč

Dnes existují dotace pro majitele rodinných domů, které používají FVE pro vlastní spotřebu (viz legislativa). V našem případě použijeme dotace pro FVE připojení k síti a se zásobníkem teplé vody => Částka 55 000 Kč + 5 000 Kč na projekt a energetický posudek.

Podle průměrných údajů z PVGIS-u (tabulka) při instalovaném výkonu 4,5 kWp je odhadovaná roční produkce rodinného domku cca 4 500 kWh. Předpokládáme, že kolem 50% (2 000 kWh) z ročního výkonu z celkové produkce solární elektrárny použijeme pro vlastní spotřebu a ostatní část elektřiny budeme dodávat do E.ON distribuce se sazbou 80 haléřů za kWh. Za každý roční prodej 2 500 kWh energie budeme dostávat 3 125 Kč. Předpokládaná doba prodeje je stanovena na 20 let dle doby životnosti solárního panelu.

Konečná cena za FVE(s dotace a výnosů z prodeje elektřiny) je průměrně 127 000 Kč

$$250\,000\text{ Kč} - 60\,000\text{ Kč} - (3\,125\text{ Kč} * 20) \approx 127\,000\text{ Kč}$$


Náklady FVE

Dotace

Roční výnos s
prodeje
energie

Doba
životnosti
FV

5.2 FVE na střeše rodinném domku v ČR

Rozmístění: Horasan ata ulice, město Žanakorgan, Kyzylordský kraj, Kazachstán

GPS souřadnice: 43°55'08.2"N 67°16'20.8"E



Typ připojení: Grid-on

Materiál panelu: Krystalický křemík

Orientace: Jih

Odhadované systémové ztráty: 10%

Sklon: 50°

Předpokládaná plocha střechy : 50 m²

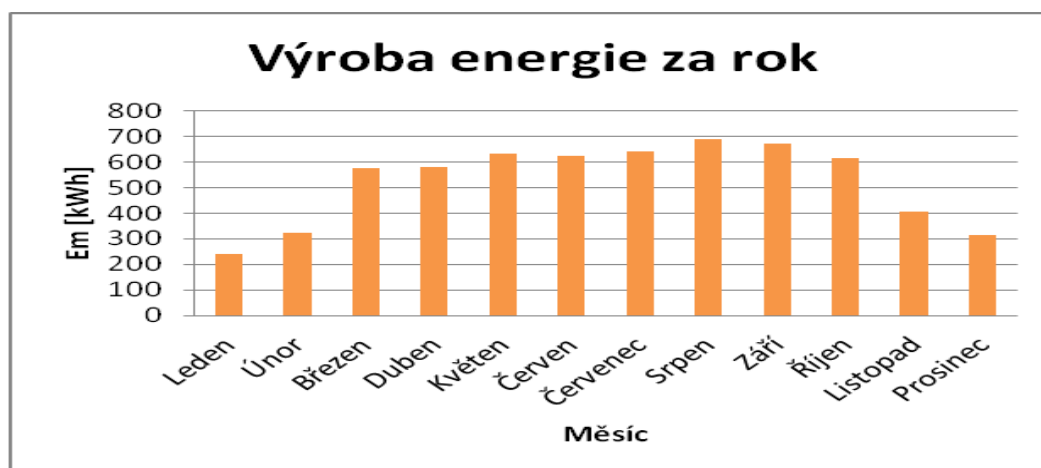
Obrázek 5.3: FVE na rodinném domku

Hodnocení solární výroby elektřiny podle PVGIS, FVE o výkonu **4,5 kW_p**

Fixed system: inclination=50°, orientation=0°				
Měsíc	Ed	Em	Hd	Hm
Leden	7,8	242	2,13	66
Únor	11,6	325	3,28	91,9
Březen	18,6	576	5,47	169
Duben	19,3	579	5,87	176
Květen	20,4	631	6,32	196
Červen	20,8	625	6,61	198
Červenec	20,7	643	6,6	205
Srpen	22,2	688	7,06	213
Září	22,5	674	6,92	208
Říjen	19,8	615	5,84	181
Listopad	13,5	405	3,76	113
Prosinec	10,1	314	2,76	85,4
Roční průměr	17,3	526	5,23	159
Celkem za rok	6320		1910	

- E_d - průměrná výroba elektřiny daného systému denně [kWh]
- E_m - průměrná roční výroba elektřiny z daného systému [kWh]
- H_d - průměrný denně součet globálního záření na metr čtvereční obdržené modulů daného systému [kWh/m²]
- H_m - průměrný součet ročního globálního záření na metr čtvereční obdržený modulem daného systému s optimálním azimutem a sklonem [kWh/m²]

Tabulka 5.2: Výroba roční energie v KZ



Graf 5.2: Výroba roční energie v KZ

Zvolila jsem typ solárního panelu **CHN250-36P** z polykrystalického křemíku. Technické vlastnosti panelu:

Podle instalovaného výkonu FVE 4,5 kW_p musíme instalovat na střechu 18 panelů tohoto typu orientovaných na jih.

Výkon	250 W _p
Jmenovité napětí	30,6 V
Jmenovitý proud	8.17 A
Napětí naprázdno	36.3 V
Proud nakrátko	8.71 A
Účinnost modulu	17 %
Připojovací konektory	MC4
Optimální teplota (bez ztrát)	+ 45 °C

Maximální napětí systému	1 000 V
Provozní rozsah teplot	-50 °C do +90 °C
Rozměry	(1640 x 992 x 40) mm
Hmotnost	22 kg
Počet článků	60 (6x10)
Celková plocha FVE	30 m ²
Výrobce	Čína

Střídač typu Good We GW4600-DS. Technické údaje:

Jmenovitý výkon (při 230 V, 50 Hz)	5000 W
Max.účinnost/ evrop.účinnost měniče	97.8 %
Jmenovitá síťová frekvence / jmenovité síťové napětí:	50/230 V
Topologie	MPPT optimalizace
Max.vstupní proud od FVP	2 x 15 A
Max. výstupní proud	25 A
Jmenovitý výstupní proud	22 A
Rozsah síťové frekvence AC	49.0 Hz ... 50 Hz
Rozsah pracovních napětí	125 V – 280 V
Rozměry	390 x 417 x 165 mm
Výstupní průběh	Sinusovka

Wattrouter je stejný jako na střeše v ČR (viz.)

Náklady na FVE

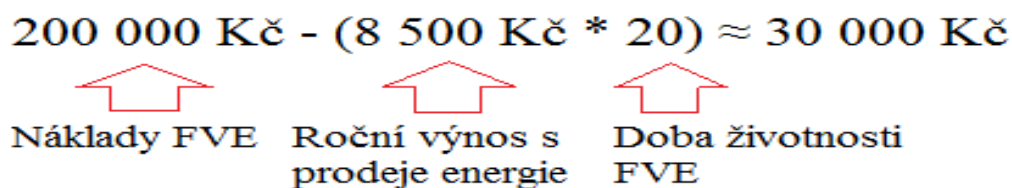
Průměrná cena za solární elektrárnu s instalovaným výkonem **4,5 kWp** je kolem 200 000 Kč.

Panely (18 ks)	87 000 Kč
Střídač	43 000 Kč
Wattrouter	13 00 Kč
Konstrukce	12 000 Kč
kabeláž a konektory	15 000 Kč
montáž fave	15 000 Kč
projektová dokumentace	Neuvedeno
Revize	2 000 Kč
Jištění	2 000 Kč
přepět'ová ochrana DC/AC	2 000 Kč

Podle průměrných údajů z PVGIS-u (tabulka) při instalovaném výkonu 4,5 kWp je odhadovaná roční produkce rodinného domku cca 6 400 kWh. Předpokládáme, že kolem 50% (3 000 kWh) z ročního výkonu z celkové produkce solární elektrárny použijeme pro vlastní spotřebu a ostatní část elektřiny budeme dodávat do distribuční soustavy se sazbou 2,5 Kč za kWh podle tarifu (cena je odlišná od ceny uvedené, viz legislativa kvůli inflaci národní měny). Za každý roční prodej 3 400 kWh energie budeme dostávat 8 500 Kč. Předpokládaná doba prodeje 20 let, podle doby životnosti solárního panelu.

Konečná cena za FVE(s tarifem a výnosů z prodeji elektřiny) je průměrné 30 000 Kč

$$200\ 000\ \text{Kč} - (8\ 500\ \text{Kč} * 20) \approx 30\ 000\ \text{Kč}$$


Náklady FVE Roční výnos s prodeje energie Doba životnosti FVE

Rozdíl mezi Kazachstánem a Českou republikou v instalaci elektrárny je ve výsledném ročním množství vyrobené energie z daného systému při stejném instalovaném výkonu 4,5 kWp. V Kazachstánu se z instalované FVE o výkonu 4,5 kWp dostane o 1 800 kWh více energie. Náklady na elektrárnu v Kazachstánu jsou menší než v Česku. Tohle je v důsledku sousedství s Čínou a dovozními podmínkami pro jejich výrobky, a levnější práce pro instalace panelů. S ohledem na konečnou cenu, včetně tarifu či dotace, Kazachstán má vyšší návrat investic než Česko.

Všechny ceny a výpočty jsou pouze orientační.

5.3 FVE ve volném terénu v ČR

Rozmístění: Brumovice, Břeclav, Jihomoravský kraj, Česká republika.



GPS: 48°57'37.0"N 16°53'59.0"E

Orientace: Jih

Typ připojení: Grid-on

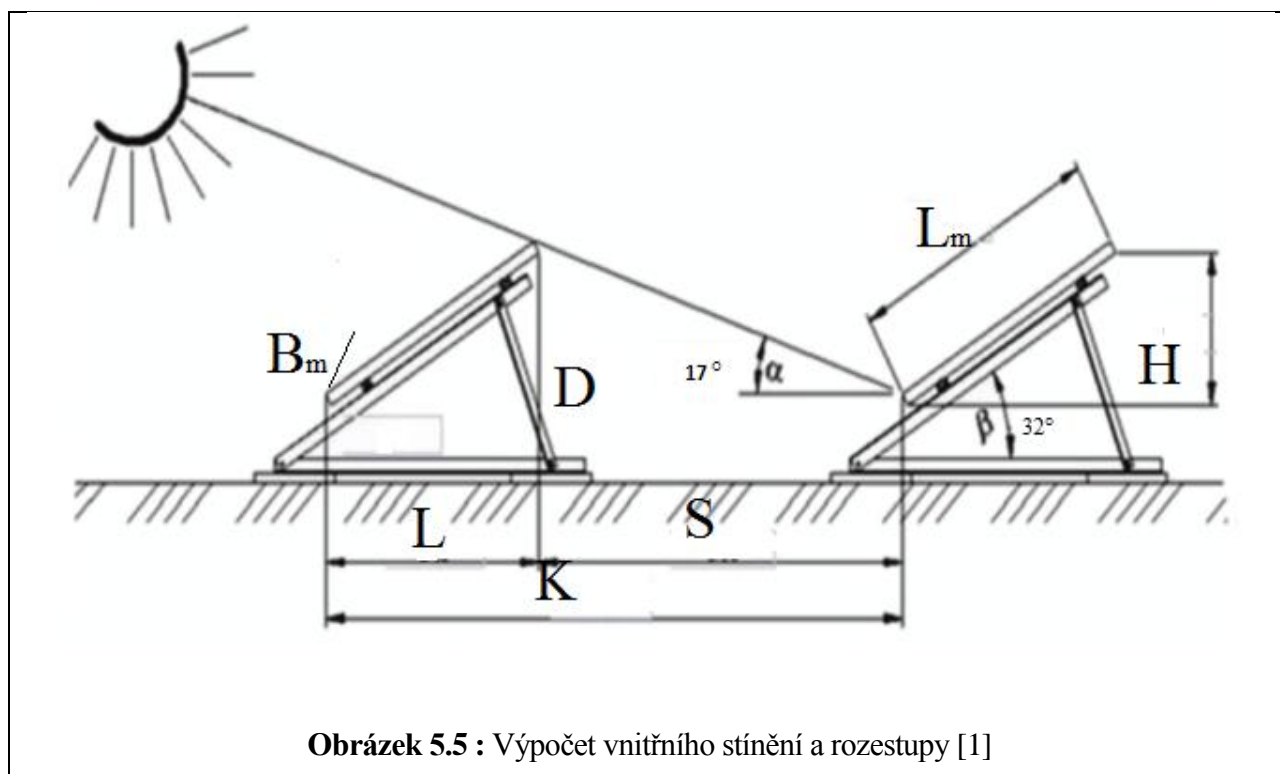
Materiál panelu: Krystalický křemík

Odhadované systémové ztráty: 10 %

Pozice: volné stání

Obrázek 5.4: FVE ve volném terénu

Vnitřní stínění, které nastává, stíní-li navzájem jednotlivé řady panelů. Vnitřní stínění vede k poklesu výkonu FV polí. K vnitřním stíněním dochází převážně v zimních měsících s nízkým sluncem, pokud nejsou navrženy značné rozestupy mezi řadami [1].



Návrhový úhel $\alpha = 17^\circ$

Délka jednoho panelu $L_m = 0.992$ m

Jižně orientace ve sklonu $\beta = 32^\circ$

Šířka jednoho panelu $B_m = 1.64$ m

Panely jsou uloženy horizontálně. V jednom sloupci jsou umístěny tři panely ($L_m \cdot 3$).

$$S = \frac{H}{\tan\alpha} = \frac{Lm * \sin\beta}{\tan\alpha} = \frac{0.992 * 3 * 0.53}{0.306} \quad \text{- rozestup mezi řadami}$$

$$= 5.154 \text{ m}$$

$$H = Lm * \sin\beta = 0.992 * 3 * 0.53 = 1.577 \text{ m} \quad \text{- délka do svislé roviny}$$

$$L = Lm * \cos\beta = 2.976 * 0.848 = 2.524 \text{ m} \quad \text{- délka do vodorovné roviny}$$

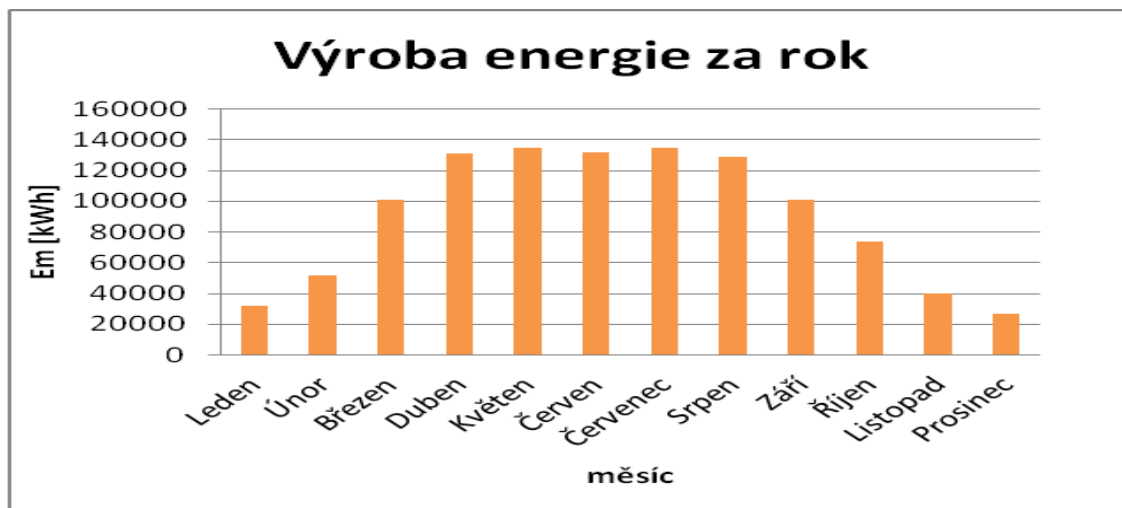
$$K = S + L = 7.679 \text{ m}$$

Hodnocení solární výroby elektřiny podle PVGIS, FVE o výkonu **1MW_p**

Fixed system: inclination=32°, orientation=0°				
Měsíc	Ed	Em	Hd	Hm
Leden	1030	31900	1,16	36
Únor	1850	51900	2,13	59,6
Březen	3250	101000	3,87	120
Duben	4360	131000	5,43	163
Květen	4340	135000	5,55	172
Červen	4390	132000	5,7	171
Červenec	4370	135000	5,72	177
Srpen	4170	129000	5,4	167
Září	3370	101000	4,24	127
Říjen	2370	73600	2,87	89
Listopad	1340	40200	1,56	46,9
Prosinec	863	26700	0,98	30,3
Roční průměr	2980	90600	3,72	113
Celkem za rok	1090000		1360	

- E_d - průměrná výroba elektřiny daného systému denně [kWh]
- E_m - průměrná roční výroba elektřiny z daného systému [kWh]
- H_d - průměrný denně součet globálního záření na metr čtvereční obdržené modulů daného systému [kWh/m²]
- H_m - průměrný součet ročního globálního záření na metr čtvereční obdržený modulem daného systému s optimálním azimutem a sklonem [kWh/m²]
-

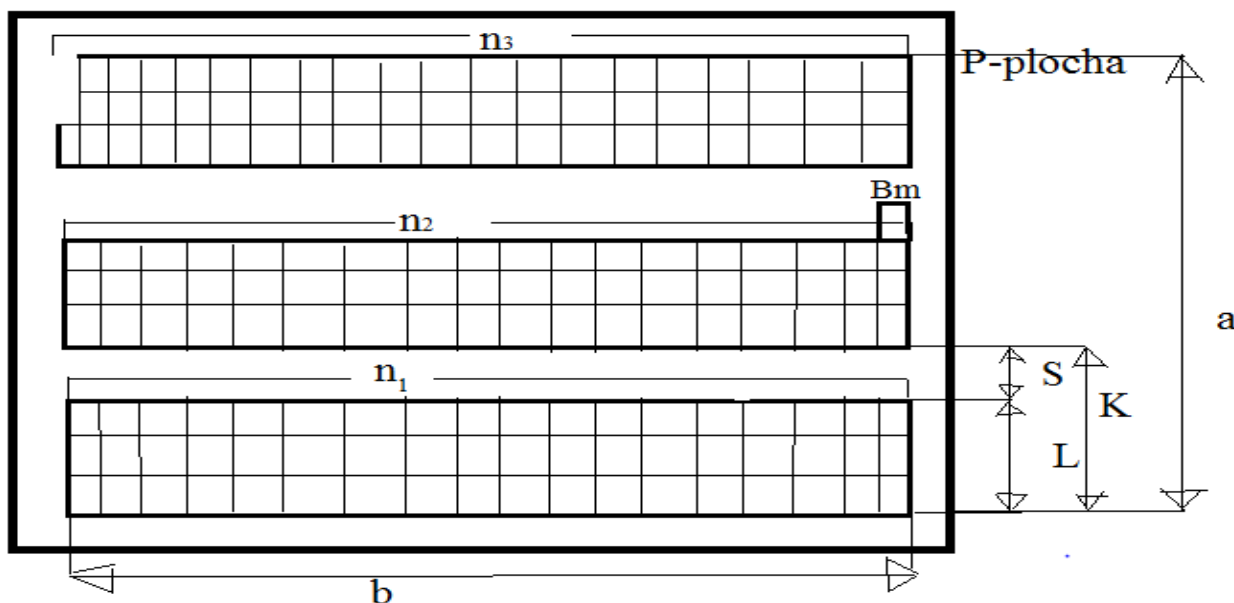
Tabulka 5.3: Výroba roční energie v ČR



Graf 5.3: Výroba roční energie v ČR

Pro instalování výkonu 1MWp potřebujeme 3 922 ks panelu typu **Amerisolar AS-6P30 255W_p** (viz střecha ČR), které za rok vyrobí 1 090 000 kWh energie.

FVE je tvořena třemi řadami lavic, kdy každá lavice má tři řady FV modulů (3922/3/3=436).



Obrázek 5.6: Výpočet potřebné plochy pro instalace FVE

$$P = a * b = (2 * K + L) * (Bm * 436) = 17.882 * 715.04 = 12787 \text{ m}^2, \text{ kde } b = n * Bm$$

n – počet panelů v spodním řádku

B_m – délka 1 panelu

Náklady na FVE s instalovaným výkonem 1 MWp

Položka	Náklady na 1 Wp
Pozemek	9,00 Kč
Transformátor	1,5 Kč
Zázemí pro obsluhu	0,3 Kč
Mechanické konstrukce	6,00 Kč
Kabeláž a elektrické rozvody	5,00 Kč
FV panely	20,00 Kč
Měniče	5,00 Kč
Stavební práce	9,00 Kč
Zabezpečovací zařízení	2,00 Kč
Základní pojištění	0,3 Kč
Celkem	58 Kč

Celkové náklady na fotovoltaickou elektrárnu podle tabulky jsou přibližně 58 mil. Kč. Cena se může pohybovat od 40 mil. do 60 mil. korun.

Podle průměrných údajů z PVGIS-u (tabulka) při instalovaném výkonu 1 MWp je odhadovaná roční produkce elektrárny cca 1 090 000 kWh. Celou energii budeme dodávat do distribuční soustavy s sazbou 0,80 haléřů za 1 kWh. Roční zisk od prodeje je 872 000 Kč. Po 20 letech bude zisk 17 500 000 Kč, což kompenzuje 30% náklady na FVE

5.4 FVE ve volném terénu v KZ

Rozmístění: město Žanadarija, Kyzylordský kraj, Kazachstán

GPS: 44°41'17.2"N 64°42'59.3"E

Orientace: Jih

Typ připojení: Grid-on

Materiál panelu: Krystalický křemík

Odhadované systémové ztráty: 10%

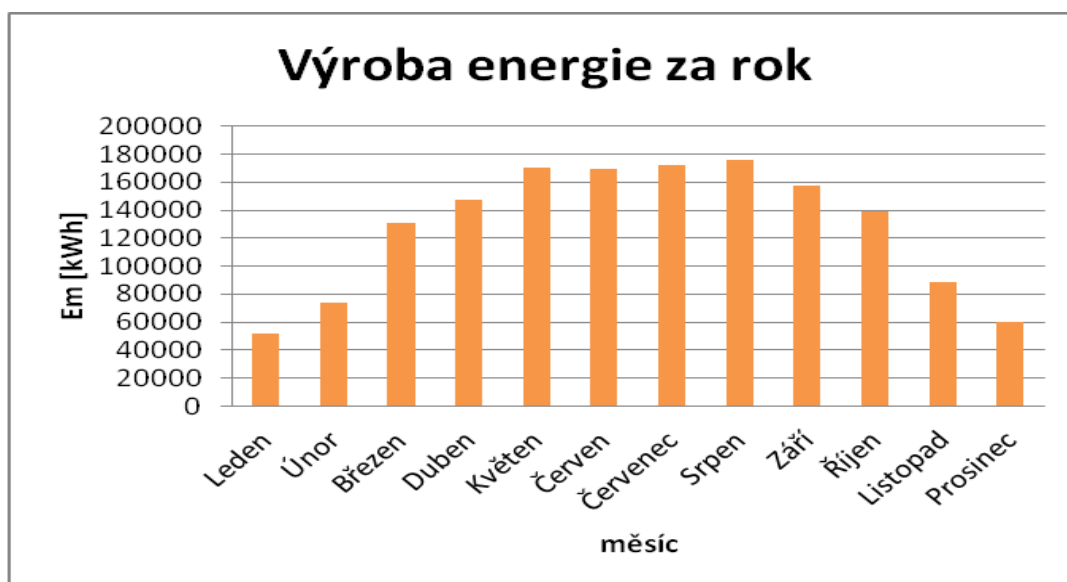
Pozice: volné stání

Hodnocení solární výroby elektřiny podle PVGIS, FVE o výkonu 1MW_p

Fixed system: inclination=32°, orientation=0°				
Měsíc	Ed	Em	Hd	Hm
Leden	1670	51900	1,88	58,2
Únor	2640	74000	3,06	85,6
Březen	4220	131000	5,17	160
Duben	4890	147000	6,25	188
Květen	5470	170000	7,21	223
Červen	5650	169000	7,62	229
Červenec	5550	172000	7,52	233
Srpen	5670	176000	7,62	236
Září	5250	157000	6,77	203
Říjen	4480	139000	5,48	170
Listopad	2950	88400	3,43	103
Prosinec	1940	60100	2,18	67,6
Roční průměr	4210	128000	5,36	163
Celkem za rok	1530000		1960	

- E_d - průměrná výroba elektřiny daného systému denně [kWh]
- E_m - průměrná roční výroba elektřiny z daného systému [kWh]
- H_d - průměrný denně součet globálního záření na metr čtvereční obdržené modulů daného systému [kWh/m^2]
- H_m - průměrný součet ročního globálního záření na metr čtvereční obdržený modulem daného systému s optimálním azimutem a sklonem [kWh/m^2]

Tabulka 5.4: Výroba roční energie v KZ



Graf 5.4: Výroba roční energie v KZ

Pro instalovaný výkon 1 MWp potřebujeme 4 000 ks panelu typu **CHN250-36P 250Wp** (viz. střecha KZ), které za rok vyrobí 1 530 000 kWh energie.

FVE je tvořena třemi řadami lavic, kdy každá lavice má tři řady FV modulů ($4\,000/3/3=445$).

Výpočet rozstupů je stejný jako v ČR (stejný návrhový úhel, jižně orientace sklonu, délka a šířka).

Plocha FVE v KZ

$$P = a * b = (2 * K + L) * (B_m * 445) = 17.882 * 729.8 = 13\,051\,m^2, \text{ kde } b = n * B_m$$

n – počet panelů v spodním řádku

B_m – délka 1 panelu

Náklady na FVE s instalovaným výkonem 1 MWp

Položka	Náklady na 1 Wp
Pozemek	6,00 Kč
Transformátor	1,5 Kč
Zázemí pro obsluhu	0,3 Kč
Mechanické konstrukce	5,00 Kč
Kabeláž a elektrické rozvody	4,00 Kč
FV panely	18,00 Kč
Měniče	5,00 Kč
Stavební práce	7,00 Kč
Zabezpečovací zařízení	2,00 Kč
Základní pojištění	0,3 Kč
Celkem	50 Kč

Celkové náklady na fotovoltaickou elektrárnu podle tabulky jsou přibližně 50 mil. Kč. Cena se může pohybovat od 35 mil. do 60 mil. korun.

Podle průměrných údajů z PVGIS-u (tabulka) při instalovaném výkonu 1 MWp je odhadovaná roční produkce elektrárny cca 1 530 000 kWh. Celou energii budeme dodávat do distribuční soustavy s sazbou 2,5 Kč za 1 kWh. Roční zisk od prodeje je 3 825 000 Kč. Po 20 letech bude zisk 76 500 000 Kč, což kompenzuje 100% náklady na FVE a se ziskem v 25 000 000 Kč.

Kapitola 6

6 Závěr

V bakalářské práci bylo provedeno porovnání současného stavu FV v České republice a Kazachstánu. V první části byli popsány klimatické podmínky a hodnocení oblasti pro vhodnou stavbu FVE. V Kazachstánu je nejvýhodnější oblastí Kyzylrodská a v Česku Jihomoravský kraj. Hodnocení bylo provedeno na základě okolních teplot v zimě a v letě, srážek, reliéfu a počtu obyvatelů v každé oblasti.

Co se legislativy týče, v obou státech byly schváleny zákony pro podporu obnovitelných zdrojů energie. V Česku byl tento zákon zrušen v roce 2014, zatímco v Kazachstánu ještě podpora platí. V ČR je pro stavbu FVE požadována licence s instalovaným výkonem vyšším než 10 kWp. V Kazachstánu je licence potřeba jenom při kupování energie. V poslední části byly sestaveny dva případy pro instalaci FV elektrárny. První případ je na střeše rodinného domku, druhý případ je ve volném terénu ve výhodných oblastech států. V prvním případě by náklady na FVE vyšly levněji v Kazachstánu než v Česku. V druhém případě by se u FVE s instalovaným výkonem 1 MWp v ČR v průběhu 20 let vrátilo jenom 30 % ze všech nákladů na elektrárnu. V případě Kazachstánu je tato situace lepší. Elektrárna kompenzuje celou částku nákladů a k tomu ještě v průběhu 20 let navyšuje částku.

Kapitola 7

7 Přílohy

7.1 Seznam použitých zdrojů

[1] STANĚK, Kamil. *Fotovoltaika pro budovy*. Praha: Grada pro Katedru konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze, 2012. ISBN 978-80-247-4278-6.

[2] *PV GIS* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.

[3] *Sluneční záření Kazachstán* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://vestnik.kazntu.kz/files/newspapers/100/3388/3388.pdf>.

[4] *Definice záření* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: http://pasan.feld.cvut.cz/a1b13svs/2015_svs1a.pdf.

[5] *Výkupní ceny ČR* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/nakupy/275131-jak-to-bylo-a-je-s-fotovoltaikou-v-cesku>

[6] *Tarify KZ* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.rfc.kegoc.kz/v-kazaxstane-utverzhdeny-tarify-na-zelenuyu-elektroenergiyu/>

[7] *Dotace ČR* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/13476-prispevek-na-fotovoltaiku-pro-rodinne-domy-v-nove-zelene-usporam>

[8] *Podmínky dotace ČR* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.solarniexpert.cz/zakladni-pravidla-ziskani-dotace-nova-zelena-usporam/>

[9] *Schéma vlastní spotřeby* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: https://k315.feld.cvut.cz/CD_MPO/CVUT-2-OZE.pdf

[10] *Zákony ČR* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/poze/casto-kladene-dotazy#1>

- [11] *PREdistribuce* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/Files/legislativa/ppds-priloha-4/>
- [12] *EONdistribuce* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: https://www.eon-distribuce.cz/dokumenty-ke-stazeni/elektrina-2/predpisy/pravidla-provozovani-distribucni-soustavy/ppds-2014-pravidla-provozovani-distribucni-soustavy-ppds/PPDS_2014.pdf
- [13] *Licence ČR* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/udeleni-licence>
- [14] *Licence ČR* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2014121903/caft-jiz-nyni-muzete-provozovat-fotovoltaickou-elektarnu-bez-licence#.V0ajtriLTIV>
- [15] *Instalovaný výkon ČR* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/12162-fotovoltaika-v-ceske-republice-v-roce-2014>
- [16] *Zelený bonus a výkupní ceny* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.fotovoltaika-solarni-elektarny.cz/otazky-a-odpovedi.html>
- [17] *Graf inst.výkonu ČR* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=100617
- [18] *Zákony KZ* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.kazee.kz/userfiles/ufiles/magazine/30445263.pdf>
- [19] *Mikrozdroje* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-zakazniky/potrebuji-vyresit/mikrozdroj.html>
- [20] *Wattrouter* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: http://www.solarcontrols.cz/cz/wattrouter_m.html

7.2 Seznam použitých symbolů a zkratk

FV	Fotovoltaika
FVE	Fotovoltaická elektrárna
KZ	Kazachstán
ČR	Česká republika
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
OZE	Obnovitelné zdroje energie
ERÚ	Energetický regulační úřad
MPO	Ministerstva průmyslu a obchodu
CFV	Centrum Finančního Vyspořádání
E_d	Průměrná denně výroba elektřiny daného systému
E_m	Průměrná roční výroba elektřiny z daného systému
H_d	Průměrný denně součet globálního záření na metr čtvereční obdržené modulů daného systému
H_m	Průměrný součet ročního globálního záření na metr čtvereční obdržené modulů daného systému s optimálním azimutem a sklonem
L_m	Délka jednoho panelu
B_m	Šířka jednoho panelu

7.3 Seznam obrázků

Obrázek 2.1- Roční dávky globálního ozáření na vodorovnou rovinu na území ČR

Obrázek 2.2 - Mapa podnebních oblastí ČR

Obrázek 2.3 - Hodnocení každé oblasti Kazachstánu pro výhodnou stavbu FVE

Obrázek 2.4 - Hodnocení reliéfu KZ

Obrázek 2.5 - Hodnocení reliéfu ČR

Obrázek 5.1 - FVE na rodinném domku

Obrázek 5.2 - Schéma zapojení energie pro vlastní spotřebu a zůstatek jako dodávka do distribuční sítě

Obrázek 5.4 - FVE ve volném terénu

Obrázek 5.5 - Výpočet vnitřního stínění a rozestupy

Obrázek 5.5 - Výpočet potřebné plochy pro instalace FVE

7.4 Seznam tabulek

Tabulka 2.1 - Globální sluneční záření na vodorovnou rovinu na území Kazachstánu

Tabulka 2.2 - E_m a H_m pro každý kraj v KZ

Tabulka 2.3 - E_m a H_m pro každý kraj v ČR

Tabulka 2.4 - Hodnocení každé oblasti Kazachstánu pro výhodnou stavbu FVE

Tabulka 3.1 - Chronologie výkupních cen a zelených bonusů

Tabulka 5.1 - Výroba roční energie v ČR pro 4,5 kWp

Tabulka 5.2 - Výroba roční energie v KZ pro 4,5 kWp

Tabulka 5.3 - Výroba roční energie v ČR pro 1 MWp

Tabulka 5.4 - Výroba roční energie v KZ pro 1 MWp

7.5 Seznam grafů

Graf 2.1 - Hodnocení letní teploty ČR a KZ

Graf 2.2 - Hodnocení zimní teploty ČR a KZ

Graf 2.3 - Hodnocení srážek ČR a KZ

Graf 4.1: Historie instalovaného výkonu v ČR

Graf 4.2: Podíl kategorií FVE na výrobě elektřiny

Graf 5.1: Výroba roční energie v ČR pro 4,5 kWp

Graf 5.2: Výroba roční energie v KZ pro 4,5 kWp

Graf 5.3: Výroba roční energie v ČR pro 1 MWp

Graf 5.4: Výroba roční energie v KZ pro 1 MWp