

## FOTOVOLTINIŲ SISTEMŲ, KAIP VERSLO OBJEKTO, TEORINIAI ASPEKTAI PASAULINĖJE RINKOJE

Ignas MIKULSKAS\*, Ieva MEIDUTĖ-KAVALIAUSKIENĖ

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,*

*Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*

*\*El. paštas ignas.mikulskas@stud.vilniustech.lt*

Gauta 2023 m. sausio 28 d.; priimta 2023 m. balandžio 13 d.

**Santrauka.** Atsinaujinančių šaltinių energetikoje dėl klasikinių išteklių kainų šuolio ir technologinės pažangos įvyko dideli pokyčiai. Šie pokyčiai turėjo įtakos fotovoltinių sistemų, kaip alternatyvaus energetikos šaltinio, kurio įrengimo savikaina per pastarąjį dešimtmetį atpigė 70 %, augimui. Įvertinus fotovoltinių sistemų teikiamą ekonominę naudą, šio straipsnio tikslas yra sistemškai išanalizuoti svarbiausius fotovoltinių sistemų verslo diegimo aspektus ir nustatyti svarbiausius šio verslo plėtros veiksnius, įvertinant technologijos tobulėjimo potencialą, valstybių paramą elektrinių plėtrai ir verslo specifiškumą. Šiame straipsnyje bus analizuojamos ne tik teorinės išvalgos, bet valstybės paramos schemų efektyvumas, skatinant gyventojus drauge su valstybe prisiimti riziką ir investuoti į fotovoltines sistemas, įvertinant valstybės paramos ir pridėtinės vertės mokesčio poveikį biudžetui.

**Reikšminiai žodžiai:** atsinaujinanti energetika, technologijos, verslas, valstybės parama, fotovoltinės sistemos.

### Įvadas

Fotovoltinės sistemos – tai inovatyvi technologija, leidžianti saulės spinduliuojamą energiją paversti mūsų elektros tinkle panaudojama elektros energija. Kinija įsipareigojo iki 2030 m. arba anksčiau pasiekti didžiausią anglies dioksido išmetimo tašką ir pradėti naudoti 20 proc. daugiau neiškastinio kuro (Lu et al., 2016). 2017 m. buvo pagaminta iki 6,49 103 TWh elektros energijos, iš kurios 71,82 % (4,66 103 TWh) sudarė iškastinio kuro generacija, o saulės energija – tik 1,49 % (96,70 TWh) (National Bureau of Statistics of China, 2017). Siekiant tvaraus vystymosi, labai svarbu didinti atsinaujinančios energijos, kurią sudaro saulės, vėjo ir hidroenergija, naudojimą. Europos Komisija jau išskėlė planus, jog iki 2030 m. Europa siekia pasiekti 32 % atsinaujinančios energijos vartojimą (Jäger-Waldau et al., 2020). 2022 m. politiniai įvykiai, tokie kaip brangstantys iškastiniai išteklių dėl karo tarp Rusijos ir Ukrainos, intensyvus pasaulinis elektromobilių technologijų vystymas, privertė vyriausybes įžvelgti fotovoltinių sistemų teikiamą naudą ir potencialią investicinę naudą. Fotovoltinės sistemos – tai puikus būdas pasigaminti autonomiškai namų ūkiui reikalingą elektros energiją, prisidėti prie bendros šalies elektros generacijos.

Saulės elektrinės taip pat gali būti panaudojamos kaip pagrindiniai elektros šaltiniai namuose, taip gyventojus paversdamos nepriklausomais nuo elektros tinklų tiekiamos energijos (Hoppmann et al., 2013). Fotovoltinės sistemos padeda spręsti elektros energijos tiekimo problemas mažiau išvystytuose regionuose, kuriuose elektros tinklai nepasiekia dalies potencialių vartotojų, vien Indijoje tokių potencialių vartotojų yra daugiau kaip 300 milijonų (Singh, 2016). Fotovoltinių sistemų populiarumą pasaulinėje rinkoje stipriai paveikė ir fotovoltinių sistemų įrangos tobulėjimas, per dešimtmetį leidęs fotovoltinių sistemų įrengimo savikainą sumažinti daugiau nei 70 % (Hirth, 2015). Įrangos savikainos kritimas sutrumpino investicijos į fotovoltines sistemas atsipirkimo laiką (Pillai, 2015). Išaugęs fotovoltinių sistemų populiarumas taip pat sukūrė potencialią nišą verslui – gaminant, perparduodant ir įrengiant fotovoltinių sistemų įrangą. Prie saulės elektrinių populiarumo ir investicijos atsiperkamumo prisideda ir valstybių skiriamos subsidijos elektrinėms įsirengti fiziniams bei juridiniams asmenims. Kompensuodamos 1/3 dalį saulės elektrinės kainos, valstybės didina bendrą šalies generaciją, o teoriškai valstybei tai yra pigiai subsidijuojama prekė, nes paramai skirtas lėšas valstybė susigrąžina saulės elektrinių kainos PVM forma.

*Tyrimo tikslas:* įvertinti pagrindinius fotovoltinių sistemų verslui svarbius teorinius aspektus.

Pagal keliamą problemą buvo iškelti šie *uždaviniai:*

- Įvertinti esamą situaciją fotovoltinių sistemų verslo pasaulinėje rinkoje.
- Įvertinus esamas valstybines paramas skirtingose šalyse, apžvelgti bendrąsias paramos sistemų tendencijas ir jų poveikį verslo plėtrai.
- Įvardinti ir analizuoti fotovoltinių sistemų įrengimo verslo plėtros teorinius aspektus.

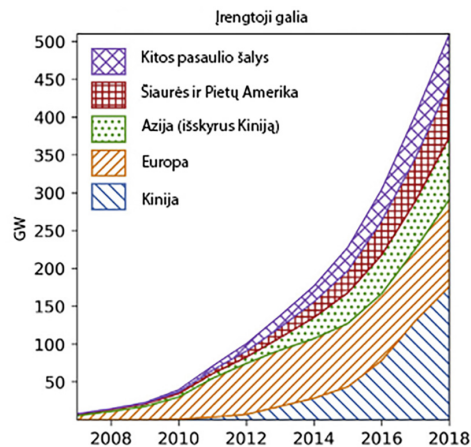
## 1. Fotovoltinių sistemų technologijos pritaikymas ir populiarumas pasaulyje ir Lietuvoje

### 1.1. Fotovoltinių sistemų rinka pasaulyje

Fotovoltinė sistema – tai tokios įrangos komplektas, kurio pagrindiniai elementai yra fotovoltiniai moduliai ir įtampas keitikliai ir yra skirti versti saulės šviesos sukauptą energiją elektros energija. Saulės elektrinės gali būti montuojamos ant šlaitinių, sutapdintų stogų bei žemės. Taip pat populiarėja sprendimai modulius tvirtinti prie sienų, iš fotovoltinių elementų statyti statinius, pavėsines, saulės moduliais dengti stogus. Šiai technologijai tobulėjant atsiranda galimybė turėti nuo elektros tinklų nepriklausomus namus, paversti namo paviršius – sieną, stogą, lauko erdvę – funkcionalia, generuojančia elektrą erdve. Fotovoltinė sistema padeda energijos vartotojams tapti mažiau priklausomiems nuo globalių elektros energijos tinklų, taip įgauti daugiau nepriklausomybės nuo rinkos kainos svyravimų ir autonomiškumo. Kadangi saulės generuojama elektra turi paros generavimo periodiškumą, tenka spręsti pagamintos, bet nepanaudotos energijos klausimą. Tam yra sukurta perteklinės elektros pasaugojimo paslauga. Statistiškai pasaulyje yra nusistovėjęs apie 8 Eur ct/kWh elektros tinklų pasaugojimo mokestis, kurį sumoka saulės elektrinę įsirengęs gaminantis vartotojas. Šiuo atžvilgiu Lietuvoje kol kas saulės elektrinės atsipirkimą galima vadinti greitesniu, lyginant visų šalių atžvilgiu – 1 kWh pasaugojimo kaina Lietuvoje yra 0,479 Eur ct/kWh.

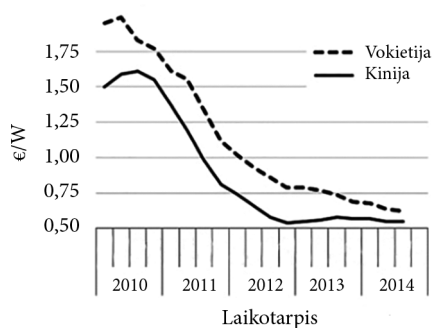
Saulės elektrinių rinka pasaulyje nuo 2006 m. auga fenomenaliu greičiu. 2006 m. saulės elektrinių įrengtoji galia pasaulyje buvo tik 6 GW ir per dešimtetį paaugo iki 291 GW, o 2022 m. balandžio mėnesį buvo pasiekta net 1 TW įrengtoji galia. Vien per 2021 m. pasaulyje buvo įrengta 168 GW saulės elektrinių galios (Comello et al., 2018) ir planuojama, jog per 2022 m. pasaulyje bus įrengta dar apie 200 GW galios elektrinių. Toks saulės elektros generacijos augimas rodo stipriai augantį saulės elektrinių populiarumą pasaulyje bei spartų technologinių tobulėjimą (Bürer & Wüstenhagen, 2009). Didžiausia šiuo metu saulės generuojanti galia yra įrengta Kinijoje,

nors aktyviausiu saulės energetikos vystymu nuo pat saulės elektrinių išradimo pasižymėjo Europa, kurios įrengtą generuojančią galią Kinija pajėgė aplenksti tik 2015 m. (Louwen & van Sark, 2020). Šios įrengtosios generuojančios galios kitimas metuose pateiktas 1 pav.



1 paveikslas. Įrengtosios generuojančios galios palyginimas pagal metus ir žemynus (Louwen & van Sark, 2020)

Saulės elektrinių technologija tapo panaudojama ir prieinama fiziniams bei juridiniams gaminiams vartotojams 2006 m. Tuo metu saulės moduliai buvo gaminami polikristalinės sudėties, tai buvo gana mažo efektyvumo technologija, kuriai buvo reikalingas pakankamai didelis plotas, norint sukurti generaciją, reikalingą namų suvartojamam kiekiui kWh sugeneruoti. Statistiškai saulės elektrinių modulių kaina už 1 W generuojamos galios augo iki 2010 m., kol pavyko pradėti mažinti saulės modulių savikainą bei buvo pradėti gaminti monokristaliniai moduliai, kurie ir šiandien pripažįstami efektyviausia technologija. 2010 m. buvo pasiektas saulės modulių kainos pikas už 1 W generuojamos galios – tai 1,57 Eur/W. Vos per 2 metus pavyko šios technologijos modulių savikainą atpiginti iki 0,51 Eur/W kainos – 2 pav. Per trumpą laiką tarpą vien saulės modulių savikainą pavyko sumažinti daugiau nei 3 kartus, taip gerokai pagerinant technologijos prieinamumą kasdienoje (Dobrotkova et al., 2018). 2022 m. Kinijoje gaminamų modulių kainos siekia apie 0,34 Eur/W, o tai rodo, jog technologija nuo 2010 m. atpigo beveik 78 %. Polisisilicono kainos mažėjimas, technologinė pažanga, didėjantis Kinijos įmonių skverbimasis į rinką, mažėjančios gamybos sąnaudos ir didėjančios investicijos į pramonę prisidėjo prie vidutinių saulės kolektorių gamybos sąnaudų ir kainų mažėjimo 2005–2012 m. Europos gamintojų modulių kainos yra bent 0,2–0,3 Eur/W didesnės, taip pat Europoje yra gamintojų, kurių kainos yra gerokai didesnės, ir šis kartos skirtumas gali paversti Europoje pagaminamų modulių kainas nekonkurencingomis, lyginant su Kinijos rinkos diktuojamomis kainomis.



2 paveikslas. Saulės modulių, pagamintų Kinijoje ir Vokietijoje, kainų kitimas 2010–2014 m.

## 1.2. Valstybės skatinimas įsirengti saulės elektrines pasaulyje

Pasaulyje valstybės taiko įvairias strategijas, siekdamos skatinti saulės elektrinių įrengimą, taip didindamos šalies elektros generacijos pajėgumus. Supirkimo tarifai (FIT), kvotos su parduodamais žaliaisiais sertifikatais (TGC), aukcionų ir (arba) konkursų schemas, mažų palūkanų paskolos, investicinės subsidijos, grynoji apskaita ir fiskalinės paskatos – tai populiariausios priemonės, kurios taikomos visame pasaulyje atsinaujinančios energijos technologijoms populiarinti. Populiariausia paramos strategija yra FIT, vėliau – kvotos su TGC. Investicinės subsidijos yra dar viena efektyvi atsinaujinančios energetikos skatinimo priemonė. FIT – tai lengvatiniai tarifai už kiekvieną pagamintą atsinaujinančios energijos kWh ir įpareigojimas komunalinėms įmonėms ją supirkti (Lesser & Su, 2008). Žalieji sertifikatai, vadinami kvotomis su TGC, išduodami už kiekvieną atsinaujinančios elektros energijos MWh. Jie leidžia gamintojams uždirbti daugiau pinigų, nei jie uždirbtų parduodami elektros energiją FIT būdu – tai yra populiarus skatinimo priemonė didelių atsinaujinančių išteklių elektrinėms plėtoti. Elektros skirstytojai privalo atsakyti tam tikro skaičiaus TGC, sudarantį tam tikrą jų metinio suvartojimo procentinę dalį, todėl atsiranda TGC (kvotų) paklausa. Neatsiradusi TGC paklausa gali būti nuostolinga elektros skirstytojui (Tu et al., 2020). FIT – populiariausia skatinimo priemonė, taikoma 26 Šiaurės Amerikos valstybėse ir 61 pasaulio valstybėje. Investicinės subsidijos skiriamos atsižvelgiant į pajėgumų kW, o ne į gamybos apimtį, tai yra efektyvi, tačiau valstybei sunkiai puoselėjama skatinimo priemonė. Prekybai, aktyvių buitinių vartotojų pagamintos elektros energijos naudojimas yra paprastas ir standartizuotas protokolas, kuris kitaip dar vadinamas grynąja apskaita (angl. *Net-metering*). Kai taikoma grynoji apskaita, pagamintos ir į tinklą patiektos energijos vertė yra lygi vartotojų suvartotos energijos vertei. Taigi, nepriklausomai nuo to, kada energija suvartojama ar pagaminama, per visą atsiskaitymo ciklą suvartotą

elektros energiją galima kompensuoti saulės elektrinės pagaminta energija. Komunalinių paslaugų teikėjo tinkle laikinai saugoma papildoma elektros energija. Šiam tikslui pasiekti paprastai naudojamas dvikryptis energijos skaitiklis, galintis matuoti energijos srautą abiem kryptimis. Šiuo apskaitos principu tinklas veikia kaip praktiškai neribota energijos kaupimo sistema, kuri nedaro dvigubo poveikio vartotojo elektros energijos kainai. Tai yra populiarus fotovoltinių elektrinių apskaitos būdas Šiaurės Amerikoje (Darghouth et al., 2011). 1 lentelėje pavaizduotas finansinių paskatų strategijų taikymas Europos valstybėse. Lentelėje matoma, jog supirkimo tarifai (FIT) ir finansinės subsidijos yra populiariausios, dažniausiai taikomos paskatų strategijos. Tai yra efektyviausios skatinimo strategijos, suteikiančios daugiausiai naudos gaminančiam vartotojui. Finansiškai supirkimo tarifai (FIT) ir finansinės subsidijos yra brangiausios paskatų strategijos – supirkimo tarifai valstybėms gali tapti per brangia finansavimo priemone atsiradus dideliems elektros kainų svyravimams, o finansinės subsidijos reikalauja papildomai skiriamų biudžeto lėšų, kurių valstybės gali pritrūkti. Dėl šių priežasčių matome šalis, tokias kaip Rumunija, Lenkija, Belgija, atsisakiusias supirkimo tarifų (FIT) mechanizmo. Lentelėje matome, jog kvotos su žaliaisiais sertifikatais (TGC) yra mažiau populiarūs, tačiau dar vis taikoma paskatų strategija, tačiau šios strategijos populiarumas mažėja – tai yra seniausia strategija, kurią vis labiau išstumia nauji paskatų būdai. Grynoji apskaita – kol kas nepopuliari paskatų strategija, tačiau dalis valstybių bus priverstos supirkimo tarifus (FIT) pakeisti į grynąją apskaitą dėl finansiškai teisingesnės apskaitos valstybės atžvilgiu.

1 lentelė. Valstybių taikomos finansinės paskatų strategijos

| Fotovoltinių sistemų finansavimo strategijos Europoje |                         |                  |                       |   |
|---|-------------------------|------------------|-----------------------|---|
| Šalis   | Supirkimo tarifai (FIT) | Grynoji apskaita | Finansinės subsidijos | Kvotos su žaliaisiais sertifikatais (TGC) |
| Bulgarija   | X                       |                  |                       |   |
| Čekijos Respublika                                    | X                       |                  | X                     |   |
| Estija  | X                       |                  | X                     |   |
| Vengrija  | X                       | X                | X                     |   |
| Latvija   | X                       |                  |                       |   |
| Lietuva   | X                       |                  | X                     |   |
| Lenkija   |                         | X                |                       | X   |
| Rumunija  |                         | X                | X                     | X   |
| Slovėnija   | X                       |                  |                       |   |
| Austrija  | X                       |                  | X                     | X   |
| Belgija   |                         | X                | X                     | X   |
| Danija  | X                       | X                |                       | X   |

1 lentelės pabaiga

| Fotovoltinių sistemų finansavimo strategijos Europoje |                         |                  |                       |   |
|---|-------------------------|------------------|-----------------------|---|
| Šalis   | Supirkimo tarifai (FIT) | Grynoji apskaita | Finansinės subsidijos | Kvotos su žaliaisiais sertifikatais (TGC) |
| Vokietija   | X                       |                  |                       |   |
| Graikija  | X                       |                  | X                     |   |
| Suomija   |                         |                  | X                     |   |
| Liuksemburgas   | X                       |                  | X                     |   |
| Malta   |                         |                  | X                     |   |
| Airija  | X                       |                  | X                     | X   |
| Italija   | X                       | X                |                       |   |
| Olandija  | X                       |                  |                       | X   |
| Portugalija   | X                       |                  | X                     |   |
| Slovakija   | X                       |                  |                       |   |
| Ispanija  | X                       |                  | X                     |   |
| Švedija   | X                       |                  | X                     | X   |
| Jungtinė Karalystė                                    |                         |                  | X                     | X   |

Subsidijos suteikiamos už įrengtą atsinaujinančios energetikos šaltinio galią, o ne už pagamintą žaliąją energiją, todėl ši investicija gali būti neorientuota į rezultatą – atitinkamą generaciją. Investicinės subsidijos dažnai pasitelkiamos fizinių asmenų bei verslo – ši subsidija sutrumpina atsinaujinančio energijos šaltinio atsipirkimo terminą, sumažindama įrengimo kaštus, tai ypač vilioja privatų kapitalą (Dusonchet & Telaretti, 2015). Investicinių subsidijų suteikimas gali tapti sudėtinga užduotimi valstybei, tačiau ši parama taip pat valstybei kainuoja mažiau nei subsidijuojama suma. Valstybė, suteikdama investicinę subsidiją, skatina privatų kapitalą investuoti į atsinaujinančius energijos šaltinius, taip siekdama naudoti valstybei, didinant elektros generavimo išteklius, tačiau suteikiama subsidijos lėšų suma yra valstybės susigrąžinama kaip pridėtinės vertės mokestis išsirengus elektrinę (Dufó-López & Bernal-Agustín, 2015). Valstybė susiduria su problema, jog susigrąžinamą PVM ir išmokamas subsidijų lėšas reguliuoja skirtingos valstybinės institucijos, todėl lėšos valstybės biudžete atsinaujinančių energetikos šaltinių įrengimui skatinti turi būti skiriamos atskiru nutarimu, šio sprendimo netapatinant su susigrąžinamu PVM. Šiuo metu Lietuvoje saulės elektrinių parama užsiima Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūra. Skiriamos subsidijos fiziniams bei juridiniams asmenims, taip pat skatinamas atsinaujinančių energijos išteklių įrengimas ant daugiabučių stogų. Fiziniams bei juridiniams asmenims skiriama 323 Eur be PVM, daugiabučiams namams – 363,91 Eur be PVM už kW. Pagal

atliktus skaičiavimus, siekiant anglies dioksido emisiją sumažinti 1 tona, valstybė turi subsidijuoti nuo 411 iki 1944 Eur (Abrell et al., 2019).

### 1.3. Saulės elektrinių įrengimo rizikos

Namų ūkiai ne tik kaip vartotojai, bet ir kaip investuotojai atlieka svarbų vaidmenį mūsų ekonomikos pastangose mažinti anglies dioksido emisiją. Ant gyvenamųjų namų įrengtos saulės elektrinės yra vienas perspektyviausių anglies dioksido išmetimo mažinimo būdų vis labiau decentralizuotoje energetikos sistemoje. Namų saulės fotovoltinių sistemų savininkai dabar susiduria su rizikingesne investavimo aplinka dėl neseniai daugelyje šalių atliktų reguliavimo pakeitimų. Tai, jog neseniai keliose šalyse įgyvendinti politikos pakeitimai, turintys įtakos investicijų į saulės energijos šaltinius pelningumui, rodo, jog politinių pokyčių rizika investuotojams yra reikšminga. Vyriausybės palaipsniui keičia paramos ir kompensavimo politiką, kuri garantuoja ilgalaike, saugias išmokas gaminantiems vartotojams (del Río & Mir-Artigues, 2012). Vyriausybės yra linkusios didinti supirkimo tarifus, pasaugojimo mokestį ar net keisti gaminančių vartotojų apskaitos sistemas (Lüthi & Wüstenhagen, 2012). Šis atsinaujinančių energetikos šaltinių apmokestinimo neapibrėžtumas yra svarbus faktorius, stabdantis potencialius investuotojus į saulės elektrinių įsirengimą. Atlikus rinkos tyrimą Šveicarijoje buvo pastebėta, jog dėl politinių neapibrėžtumų, gyventojams neturint tikslios informacijos, kada bus įgyvendintos subsidijavimo priemonės – tikimybė namų ūkiams investuoti į saulės elektrines sumažėja 15 %, lyginant su išankstinio subsidijavimo sistema. Politinės rizikos mažinimas ir stabilūs, laike fiksuotų gaminančių vartotojų apskaitos sistemos dažnai yra sėkmingesnė saulės elektrinių plėtojimo paskatinimo priemonė nei tiesioginis subsidijavimas. Šio politinio neapibrėžtumo poveikį galėtų atsverti finansinių subsidijų padidinimas nuo 20 % iki 30 %. Namų ūkiai, norintys artimiausiu metu įsigyti saulės energijos sistemą, paprastai visiškai nesupranta politinės rizikos, todėl ši rizikos forma jiems paprastai nerūpi. Tačiau, esant vienodoms sąlygoms, kai politinė rizika yra akivaizdi, tikimybė, kad namų ūkis nuspręs investuoti į saulės fotovoltinę sistemą, sumažėja 2,5 proc. (Petrovich et al., 2021). Tokiais atvejais namų ūkiai rečiau įsirengia saulės fotovoltines sistemas, o tai rodo, kad akivaizdi politinė rizika kai kuriuos žmones labiau atgraso nuo visiško investavimo į saulės energiją. Tačiau yra investuotojų, kurie yra užtikrinti saulės elektrinių teikiama nauda ir politinės rizikos neakcentuoja, todėl yra linkę prisiimti didesnę riziką.



#### 1.4. Saulės elektrinių verslo modeliai ir verslo plėtros planai

Verslo modelis suprantamas ir analizuojamas kaip šiuolaikinė verslo įmonių, kurios siekia tapti labiau integruotos į pasaulinę rinką, konkurencingumo didinimo priemonė rinkoje. Mokslininkai ir praktikai sutaria dėl vieno: verslo modelis bendrąja prasme yra logika, kuria vadovaudamasi įmonė sukuria ir pateikia vertę vartotojui, uždirba iš to pinigų ir prisideda prie visuomenės gerovės kūrimo (Baden-Fuller & Morgan, 2010; Karneyeva & Wüstenhagen, 2017). Verslo modelis – tai kompleksinis uždavinys, kurio metu atliekama išsami rinkos analizė, konkurencinių įmonių veiklos analizė ir atsižvelgiant į rezultatus yra formuojama įmonės strategija bei planuojami rezultatui pasiekti reikalingi įrankiai – verslo strategija, technologijos kompetencijos (atestacijos), veiklai reikalingas kapitalas, tiekimas, darbo jėga ar žmogiškieji išteklių. Įmonei pradėdant vykdyti fotovoltinių sistemų įrengimo verslą svarbu pasirinkti tinkamą veiklos vykdymo strategiją. Strategijos pasirinkimas lemia, kiek investicinio kapitalo, žmogiškųjų išteklių, atestacijos ir dokumentacijos bus reikalinga veiklos pradžiai.

Galime suformuluoti 4 pagrindinius veiklos modelius:

##### 1. Gamyba:

- Individualių saulės elektrinių įrengimas. Projektų įgyvendinimas organizuojant tik montavimo darbus.
- Saulės parkų įrengimas

##### 2. Tiekimas:

- Saulės elektrinių įrangos tiekimas. Projektų organizavimas tik parduodant įrangą.

##### 3. Tiekimas ir gamyba:

- Saulės elektrinių įrangos tiekimas ir įrengimas. Projektų įgyvendinimas parduodant įrangą bei organizuojant montavimo darbus.

##### 4. Tarpininkavimas:

- Saulės parkų įrengimas ir galios pardavimai.

Gamyba – projektų įgyvendinimas organizuojant tik montavimo darbus. Tai paprasčiausias modelis, vykdant saulės elektrinių įrengimo veiklą. Šiai veiklos kryptčiai pradėti reikalingos palyginti mažesnės pradinės investicijos – reikalinga turėti pritaikytą transportą, įrankius ir kvalifikuotus darbuotojus. Dažniausiai šis verslo modelis veikia bendradarbiaujant su didelėmis įmonėmis, vystančiomis savo projektus. Toks didelių įmonių projektų įgyvendinimas atliekamas subrangos statusu. Subrangos įmonei reikalingi mažesni vadybiniai resursai. Įmonės vadybininkas turi bendrauti su rangovinėmis įmonėmis, sutarti dėl projektų perdavimo, planuoti įrengimo pajėgumus, organizuoti projektų įgyvendinimą bei

pasirūpinti žmogiškaisiais ištekliais. Subrangos įmonės vadybinis krūvis palyginti mažas, nes nereikia bendrauti su klientais, atlikti vizitų, konsultacijų, užsiimti projektavimu ir galutinės sutarties su klientu sudarymu. Taip pat subrangos įmonė susiduria tik su smulkiais tiekimo grandinės problemomis, įmonė privalo užtikrinti tik smulkiųjų komponentų bei konstrukcijų tiekimą projektams – didžiųjų, brangiai kainuojančių komponentų tiekimas užtikrinamas iš užsakovo pusės.

Tiekimas – projektų organizavimas tik parduodant įrangą. Tai mažesnes laiko sąnaudas turinti veikla, tačiau ši veikla reikalauja didelių apyvartinių lėšų. Šis verslo modelis yra panašus į bendrą pirkimo–pardavimo verslo modelį. Verslas privalo susirasti patikimus tiekėjus, iš kurių perkami tiek stambieji, tiek smulkieji fotovoltinių sistemų komponentai. Šie komponentai sandėliuojami verslo sandėlyje, todėl reikalingos investicijos ir į didelės talpos sandėlius. Fotovoltinių sistemų komponentai yra užsakomi dideliais kiekiais – nuo dėžių iki jūrinių konteinerių. Įrangą užsisakant mažesniais kiekiais – auga kainos, todėl pelno marža krenta. Turint per mažą pelno maržą pelnas gali tapti nuostolingas, todėl bendroje praktikoje nepopuliaru įrangą įsigyti mažais kiekiais. Šiam verslo modeliui taip pat reikalingi pardavimo kanalai. Populiariausi pardavimų kanalai – internetiniai puslapiai, bendradarbiavimas su projektų vystytojais, pardavėjo prekinio įvaizdžio formavimas. Dažniausiai įrangos pardavimo verslas reikalauja didelių vadybinių resursų bendraujant su klientais, atsakant į klientų techninius klausimus bei derantis dėl pardavimo kainų.

Gamyba ir tiekimas – projektų įgyvendinimas parduodant įrangą bei organizuojant montavimo darbus. Šis verslo modelis sujungia įrangos pardavimo ir fotovoltinių sistemų įrengimo darbus. Šis verslo modelis yra populiariausias, tačiau naujai atidarytai įmonei jis gali būti sunkiai įgyvendinamas – reikalingos investicijos įrangai tiekti ir montavimo pajėgumams įrengti bei palaikyti. Ši verslo strategija taikoma naujų įmonių, turinčių didelį pradinį investicinį kapitalą, arba didelių, ilgai rinkoje dirbančių įmonių. Šio verslo pelnas yra didžiausias – vystant savo projektus, galima parduoti įrangą bei paslaugas savo norima, dažnai aukšta rinkos atžvilgiu, kaina. Taip pat galima patogiai planuoti įrangos tiekimą bei panaudojimą realizuojant projektus. Įrangą įsigyjant geromis kainomis, galima pasiekti didelę pelno maržą. Dėl tarpininkų visiškai nereguliuojamos kainodaros galima turėti didelį pelną tiek iš parduodamos įrangos, tiek iš jų įrengimo.

Tarpininkavimas – saulės parkų įrengimas ir saulės parkų galios pardavimai. Sudėtingiausias saulės elektrinių įrengimo verslo modelis, reikalaujantis didelių finansinių investicijų ir didelių vadybinių resursų organizuojant saulės parko įrengimą bei sukurto galingumo

pardavimą. Saulės parkų prekė – nutolusios saulės elektrinės pardavimas galutiniam vartotojui. Šiuo verslo modeliu klientas negauna jokios įrangos, kuri būtų montuojama ant jo stogo, todėl tai supaprastina išsigijimo procesą, taip pat nereikia rūpintis nei įranga, nei įrengimu. Šis produktas tampa sudėtinga užduotimi saulės parko vystytojams, nes generuojami pajėgumai turi būti suderinti su ESO (energijos skirstymo operatorius) ir VERT (valstybinė energetikos reguliavimo tarnyba), taip suorganizuojant saulės parko kliento suvartotos elektros perskaičiavimą kliento naudai, pagal išsipirktą saulės parko elektrinės galingumą. Saulės parkų plėtra taip pat susiduria su problema, jog didžioji dalis valstybių nėra tinkamai išvysčiusios savo elektros tinklo – tokiu atveju sudėtinga gauti leidimą statyti saulės parką bei prijungimo sąlygas, leidžiančias saulės parką prijungti prie vietinės transformatorinės. Atsižvelgiant į kylančias problemas, saulės parko vystymo teritorija turi būti pasirinkta pagal galimus įrengti pajėgumus. Dažnu atveju rasti tokį žemės sklypą yra sudėtinga, kai kuriose šalyse šiuos kriterijus atitinkančių sklypų net nebeįmanoma nupirkti. Kitas saulės parko vystymo etapas – saulės parko įrengimas ir pardavimas reikalauja didelių vadybinių resursų atliekant klientų paiešką, pasiūlymų siuntimą ir sutarčių pasirašymą, tuo pat metu yra reikalingi didžiuliai

žmogiškieji išteklių, reikalingi saulės parkui įrengti. Šis etapas yra kritinis – būtina saulės parką įrengti pagal klientams prižadėtus terminus, kitu atveju atsiranda rizika prarasti klientus, pradėti mokėti delspinigius dėl vėlavimo (Vyas et al., 2022). Įrengimo terminui užsitęsus ilgą laiką, investuojanti įmonė gali nebeturėti apyvartinių lėšų parko įrengimui tęsti bei delspinigiams mokėti – tai gali priversti investicinį projektą bankrutuoti.

Pagal verslo strategijų palyginimą (2 lentelė) matome, jog, augant verslo masteliui, taip pat auga ir rizika bei verslo veiklai reikalingos investicijos. Rizikingiausia ir daugiausiai investicijų reikalaujanti veikla – saulės parkų vystymas, reikalaujantis didelių finansinių investicijų į įrangą, infrastruktūrą, vadybą, rangą. Vidutinio pelningumo verslo strategija – įrangos pardavimai bei montavimo darbai. Naudojantis šia strategija verslo palaikymui užtenka ir nedidelių finansinių investicijų – nuo 100 tūkst. Eur. Tai yra 10 kartų mažesnės investicijos, nei vystant saulės parkus. Paprasčiausios ir mažiausią pelningumą turinčios sritys – pardavimas ir montavimas kaip atskiri verslai. Dėl nedidelės pelno maržos prekybos verslas reikalauja pardavimų dideliais kiekiais, tačiau įranga yra stambiagabaritė, todėl veiklai vykdyti reikalingos didelės sandėliavimo patalpos ir keltuvai. Montavimo verslas yra priklausomas nuo žmogiškųjų

2 lentelė. Verslo strategijų palyginimas

| Verslo strategija                               | Investicijos   | Vadybiniai resursai  | Žmogiškieji išteklių  | Atestacija   | Pelningumas   |
|---|--|--|---|--|---|
| Atliekant tik montavimo darbus                  | Reikalingos mažos investicijos (apie 10 tūkst. Eur)  | Maži vadybiniai resursai – įrengimo darbų organizavimas. Gamybos darbų planavimas  | Nedideli žmogiškieji išteklių – minimalus žmonių kiekis   | Reikalinga įmonės ir darbuotojų atestacija   | Mažas pelningumas, uždirbama tarpininkaujant tarp pardavėjo ir kliento  |
| Parduodant tik įrangą                           | Reikalingos didelės investicijos (100 tūkst. Eur)  | Dideli vadybiniai resursai – reikalingas klientų konsultavimas, įrangos pardavimas tiesioginiam klientui   | Reikalingi vidutinio dydžio žmogiškieji išteklių, priklausantys nuo įmonės dydžio                         | Atestacija nereikalinga  | Pelningumas dažnai mažas, tačiau yra galimybė pelno maržą didinti derybomis su tiekėjais  |
| Parduodant įrangą ir atliekant montavimo darbus | Reikalingos didelės investicijos (100 tūkst. Eur ir daugiau)                                       | Reikalingi dideli vadybiniai resursai  | Reikalingi dideli žmogiškieji išteklių – vadybininkai, montuotojai  | Reikalinga įmonės ir darbuotojų atestacija   | Vidutinis pelningumas. Pelnas uždirbamas parduodant tiek įrangą, tiek įrengimo darbus   |
| Saulės parkų vystymas                           | Reikalingos labai didelės investicijos (1 mln. Eur), dažniausiai naudojamas investicinis kapitalas | Reikalingi dideli vadybiniai resursai organizuojant saulės parko dokumentaciją, įrangos tiekimą bei pardavimą. Teisinės kompetencijos, didelių projektų valdymo kompetencijos. Dokumentacijos vedimo ir specialybinės energetikos žinios | Reikalingi dideli žmogiškieji išteklių. Reikalingi dideli montavimo pajėgumai, didelis kiekis vadybininkų | Reikalinga įmonės ir darbuotojų atestacija. Reikalingi papildomi projektavimo suderinimai su valstybės reguliavimo tarnyba | Didelis pelningumas, išpardavus parko pajėgumus. Tačiau kyla didelė rizika, jog projekto neįgyvendinus laiku, galima prarasti pelną |

išteklių, reikalauja darbuotojų atestacijos. Ši verslo strategija taip pat yra atsakinga už kokybiškai atliktą darbą bei teisingai įrengtą įrangą, todėl kyla papildomos žalos atlyginimo ar remonto atlikimo rizikos

## Išvados

1. Saulės energetika perspektyvi energetikos rūšis, individualų vartotoją galinti paversti gamintoju. Vystydamos paramos sistemas šalys tikisi stipriai išauginti gaminančių vartotojų – fizinių asmenų generuojamos elektros kiekį. Lygiagrečiai vystant saulės parkų įrengimą bei juridinių asmenų skatinimą įsirengti atsinaujinčius energijos išteklius ir taip sumažinti gamyboje naudojamą iškastinio kuro energiją tikimasi pasiekti 32 % atsinaujinančių šaltinių elektros suvartojimą Europoje iki 2030 m.
2. Motyvuoti gyventojus prisidėti savo investicijomis prie saulės elektros generavimo reikalingos valstybinės paskatos – supirkimo tarifai (FIT), grynoji apskaita, finansinės subsidijos bei kvotos su žaliaisiais sertifikatais. Efektyviausios priemonės – supirkimo tarifai (FIT) ir finansinės subsidijos. Šios valstybinės paskatos yra palyginti brangios, tačiau atsižvelgiant į fotovoltinės sistemos įrengimo kaštų PVM dydį – galėtų tapti nemokamos valstybei. Fotovoltinių sistemų įrengimo verslas yra priklausomas nuo valstybės skiriamų paskatų, todėl atsižvelgiant į pasauliniu mastu keliamus tikslus atsinaujinančios energetikos plėtrai – valstybės ir toliau turės skatinti atsinaujinančių energetikos šaltinių įrengimą.
3. Susiklosčiusi palanki saulės elektros gamybos rinkoje situacija – atpigusios saulės modulių technologijos, skiriama valstybės parama, išaugusi elektros kaina rinkoje, vartotojų, t. y. gyventojų, noras investuoti – sudaro palankias sąlygas konkurencinio verslo plėtrai sektoriuje.
4. Išskirtos 4 sėkmingos verslo strategijos. Gamyba – fotovoltinių sistemų įrengimas, saulės parkų įrengimas. Tiekimas – fotovoltinių sistemų komponentų tiekimas ir pardavimas. Tiekimas ir gamyba – fotovoltinių sistemų komponentų tiekimas ir jų panaudojimas įrengiant fotovoltines sistemas. Tarpininkavimas – tai saulės parkų įrengimas ir galingumų pardavimai fiziniams bei juridiniams asmenims. Šių verslo modelių rinkinys sudaro sveiką ir palaikančiąją ekosistemą fotovoltinių sistemų įrengimo verslo plėtrai.

## Literatūra

Abrell, J., Kosch, M., & Rausch, S. (2019). Carbon abatement with renewables: Evaluating wind and solar subsidies in Germany and Spain. *Journal of Public Economics*, 169, 172–202. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2018.11.007>

- Baden-Fuller, C., & Morgan, M. S. (2010). Business models as models. *Long Range Planning*, 43(2–3), 156–171. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2010.02.005>
- Bürer, M. J., & Wüstenhagen, R. (2009). Which renewable energy policy is a venture capitalist's best friend? Empirical evidence from a survey of international cleantech investors. *Energy Policy*, 37(12), 4997–5006. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.06.071>
- Comello, S., Reichelstein, S., & Sahoo, A. (2018). The road ahead for solar PV power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 744–756. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.098>
- Darghouth, N. R., Barbose, G., & Wiser, R. (2011). The impact of rate design and net metering on the bill savings from distributed PV for residential customers in California. *Energy Policy*, 39(9), 5243–5253. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.05.040>
- del Río, P., & Mir-Artigues, P. (2012). Support for solar PV deployment in Spain: Some policy lessons. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 5557–5566. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.011>
- Dobrotkova, Z., Surana, K., & Audinet, P. (2018). The price of solar energy: Comparing competitive auctions for utility-scale solar PV in developing countries. *Energy Policy*, 118, 133–148. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.03.036>
- Dufo-López, R., & Bernal-Agustín, J. L. (2015). A comparative assessment of net metering and net billing policies. Study cases for Spain. *Energy*, 84, 684–694. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.031>
- Dusonchet, L., & Telaretti, E. (2015). Comparative economic analysis of support policies for solar PV in the most representative EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 986–998. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.054>
- Hirth, L. (2015). Market value of solar power: Is photovoltaics cost-competitive? *IET Renewable Power Generation*, 9, 37–45. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2014.0101>
- Hoppmann, J., Peters, M., Schneider, M., & Hoffmann, V. H. (2013). The two faces of market support—How deployment policies affect technological exploration and exploitation in the solar photovoltaic industry. *Research Policy*, 42(4), 989–1003. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.01.002>
- Jäger-Waldau, A., Kougias, I., Taylor, N., & Thiel, C. (2020). How photovoltaics can contribute to GHG emission reductions of 55% in the EU by 2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 126, 109836. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109836>
- Karneyeva, Y., & Wüstenhagen, R. (2017). Solar feed-in tariffs in a post-grid parity world: The role of risk, investor diversity and business models. *Energy Policy*, 106, 445–456. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.005>
- Lesser, J. A., & Su, X. (2008). Design of an economically efficient feed-in tariff structure for renewable energy development. *Energy Policy*, 36(3), 981–990. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.11.007>
- Louwen, A., & van Sark, W. (2020). Chapter 5 - Photovoltaic solar energy. In *Technological learning in the transition to a low-carbon energy system* (pp. 65–86). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818762-3.00005-4>

- Lu, X., Mcelroy, M. B., Peng, W., Liu, S., Nielsen, C. P., & Wang, H. (2016). Challenges faced by China compared with the US in developing wind power. *Nature Energy*, 1(6), 16061. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.61>
- Lüthi, S., & Wüstenhagen, R. (2012). The price of policy risk – Empirical insights from choice experiments with European photovoltaic project developers. *Energy Economics*, 34(4), 1001–1011. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.08.007>
- National Bureau of Statistics of China. (2017). *China statistical yearbook 2017*. China Statistical Press.
- Petrovich, B., Carattini, S., & Wüstenhagen, R. (2021). The price of risk in residential solar investments. *Ecological Economics*, 180, 106856. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106856>
- Pillai, U. (2015). Drivers of cost reduction in solar photovoltaics. *Energy Economics*, 50, 286–293. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.05.015>
- Singh, K. (2016). Business innovation and diffusion of off-grid solar technologies in India. *Energy for Sustainable Development*, 30, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2015.10.011>
- Tu, Q., Mo, J., Betz, R., Cui, L., Fan, Y., & Liu, Y. (2020). Achieving grid parity of solar PV power in China- The role of Tradable Green Certificate. *Energy Policy*, 144, 111681. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111681>
- Vyas, B. K., Adhwaryu, A., & Bhaskar, K. (2022). Planning and developing large solar power plants: A case study of 750 MW Rewa Solar Park in India. *Cleaner Engineering and Technology*, 6, 100396. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100396>

## THEORETICAL ASPECTS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS AS A BUSINESS OBJECT IN THE GLOBAL MARKET

Ignas MIKULSKAS,  
Ieva MEIDUTĖ-KAVALIAUSKIENĖ

**Abstract.** Big changes have taken place in renewable energy, due to the price jump of classic resources and technological progress. These changes have influenced the growth of photovoltaic systems as an alternative energy source, the cost of installation of which has fallen by 70% over the past decade. The evaluating economic benefits provided by photovoltaic systems, the purpose of this article is to systematically analyze the most important aspects of the implementation for the business of photovoltaic systems and to determine the most important factors for the development of this business, assessing the potential for technology improvement, the development of state-supported power plants and the specifics of the business. This article will analyze not only theoretical insights, but the effectiveness of state capital schemes, encouraging residents to take risks together with the state and invest in photovoltaic systems, assessing the impact of state support and value added tax.

**Keywords:** renewable energy, technologies, business, state support, photovoltaic systems.