

# TRAJNOSTNI IZZIVI INVESTIRANJA V SAMOOSKRBNE SONČNE ELEKTRARNE

DRAGO PAPLER

Biotehniški center Naklo, Naklo, Slovenija.

E-pošta: drago.papler@bc-naklo.si

**Povzetek** Slovenija je šele ob nakupu dodatnih emisijskih kuponov dosegla zavezo 25 % deleža obnovljivih virov v končni porabi energije do leta 2020, do leta 2030 ima cilj 27 % delež, EU-27 pa 32 % delež. V 20-letnem obdobju izgradnje sončnih elektrarn v Sloveniji so se bili razviti modeli subvencioniranja z odkupnimi cenami proizvedene električne energije iz sončnih elektrarn v obliki zagotovljenega odkupa ali obratovalne podpore, ki so bili v preteklosti zelo donosni. Izplačila subvencij za obnovljivo električno energijo so preseglja načrtovane količine. S spremenjeno politiko znižanja subvencij so se vlaganja v naložbe začela zmanjševati. Po letu 2017 se je začela spodbujati lastna poraba in samooskrba električne energije, ki je imela dobro promocijsko podporo. Osrednji del je ekonomska analiza upravičenosti vlaganj v izgradnjo sončne elektrarne glede na normalne in spremenjene pogoje z vidika potencialnih tveganj in dodatnih koristi pri uporabi električne energije iz samooskrbne sončne elektrarne. Analizirani so bili ekonomski kazalniki učinkovitosti naložbe z vidika investitorja kot so doba vračanja naložbe, neto sedanja vrednost, interna stopnja donosnosti v normalnih pogojih in v primeru tveganj in negotovosti ter z upoštevanjem dodatnih družbenih koristi povprečne cene emisijskih kuponov za Cost Benefit analizo.

## Ključne besede:

sončna elektrarna, proizvodnja, tveganja, koristi, emisije CO<sub>2</sub>, ekonomska analiza.

# SUSTAINABILITY CHALLENGES OF INVESTING IN SELF-SUPPLY SOLAR POWER PLANTS

DRAGO PAPLER

Biotechnical Centre Naklo, Naklo, Slovenija.

E-mail: drago.papler@bc-naklo.si

**Abstract** Slovenia has only achieved its commitment of 25% share of renewables in final energy consumption by 2020, with a target of 27% by 2030 and 32% for the EU-27, by purchasing additional emission allowances. During the 20-year period of solar power plant construction in Slovenia, feed-in tariff subsidy models have been developed for the electricity generated from solar power plants, in the form of guaranteed feed-in or operating support, which have been very profitable in the past. The disbursement of subsidies for renewable electricity has exceeded the planned volumes. With the changed policy of subsidy reductions, investments started to decrease. After 2017, self-consumption and self-supply of electricity started to be promoted and had good promotional support. The main focus of this section is an economic analysis of the viability of investing in the construction of a solar power plant under normal and changed conditions, in terms of the potential risks and additional benefits of using electricity from a self-sustaining solar power plant. Economic indicators of investment performance from the investor's point of view, such as payback periods, net present value, internal rates of return under normal conditions and in the case of risks and uncertainties, and taking into account the additional social benefits of the average price of emission allowances were analysed for the Cost Benefit Analysis.

**Keywords:**

solar  
power  
plant,  
production,  
risk,  
benefits,  
CO<sub>2</sub>  
emissions,  
economic  
analysis.

## **1 Uvod**

Sončna energija je vodilna tehnologija obnovljivih virov energije, saj je neizčrpna in brez emisij. Vendar sta zanesljivost in ekonomska upravičenost tega vira energije zaradi odvisnosti od lokacije, visokih stroškov in nestalnosti vprašljiva (Rashid, Safdarnejad, Ellingwood, Powell, 2019). Sončna energija s fotovoltaiiko ustvarja edinstveno strukturo proizvodnje, uporabe, upravljanja in ekonomike. Program spodbud, osredotočen na obnovo obstoječih stavb, novogradnje in obsežno uporabo fotovoltaike, integrirane v stavbe, bo ustvaril privlačne predloge za razvoj lokalnih in državnih poslovnih nepremičnin (Smit in drugi, 1996). Plavajoča fotovoltaiika je nastajajoča tehnologija, ki je od leta 2016 doživela rast na trgu obnovljivih virov energije. Tehničen izboljšave bodo skupaj s spodbudami do leta 2024 spodbudile več kot 31-odstotno rast te tehnologije. Elektrarne se lahko običajno namestijo na vodna telesa/pregradne rezervoarje ali pa se izvedejo kot večnamenski sistemi za hkratno pridelavo hrane (Gojian in drugi, 2021).

Med najpogostejšimi obnovljivimi viri energije je sončna energija. Slovenija je imela cilj, da do leta 2020 doseže 25-odstotni delež obnovljivih virov energije(OVE), do leta 2030 pa 27-odstotni delež OVE. S tem bo pripomogla tudi k zmanjševanju onesnaževanja ozračja z emisijami toplogrednih plinov.

Za pospešitev uvajanja večjega deleža obnovljivih virov energije za prehod na čisto energijo s postopnim opuščanjem fosilnih goriv bo potrebno izboljšati okolje za izkoriščanje proizvodnih in priložnosti. 28. februarja 2020 je bil objavljen Nacionalni energetske in podnebni načrt, ki upošteva cilje in zaveze, ki si jih je Slovenija zadala do leta 2030 (Vlada RS, 2020).

Izgradnja sončnih elektrarn se je v Sloveniji začela s prvo izgradnjo sončne elektrarne ApE moči 1,1 kW na Litijski cesti v Ljubljani in priključitvijo na distribucijsko omrežje Elektra Ljubljana 23. junija 2001. Pilotni projekt prve sončne elektrarne investitorja Agencije za prestrukturiranje energetike(ApE) je omogočil pridobitev mnogih informacij in izkušenj na področju rabe sončne energije, delovanje zaščit ter možnost za on-line spremljanje obratovanja in podobno. Služila je predvsem v promocijske, demonstracijske, raziskovalne in izobraževalne namene. Po 15-letnem podpornem obdobju je sončna elektrarna ApE leta 2016 izstopila iz sistema zagotovljenega odkupa po višji ceni. Od leta 2016 služi za lastno oskrbo ApE, viški električne energije pa se v skladu s pogodbo, po tržni komercialni ceni, podajajo

dobavitelju električne energije. Po 20 letih je sončna elektrarna še vedno v obratovanju, po grobi oceni pa proizvaja približno četrtno manj električne energije kot na začetku.

Vlada Republike Slovenije je 22. marca 2019 izdala prenovljeno Uredbo o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Ur. list RS št. 17/2019) in jo dopolnila 24. decembra 2020 (Ur. list RS št. 197/2020) skladno z zavezami iz koalicijske pogodbe in evropsko zakonodajo. Uredba določa pogoje za samooskrbo z električno energijo, pridobljeno iz obnovljivih virov energije, način obračuna, postopek priključitve, način poročanja o izvajanju ukrepa in način izračuna proizvedene električne energije z napravo za samooskrbo. S tem so dani pogoji za razvoj mikroomrežij s samooskrbnimi proizvodnimi viri.

Priložnost za elektroenergetski trg je prepoznala Skupina GEN-I, ki je postavila in 15. februarja 2019 dala v obratovanje prvo skupinsko samooskrbno sončno elektrarno instalirane moči 36,7 kW na večstanovanjskem bloku Jesenicah (SioINET.2021). Ko so se stanovalci in celotna skupnost povezali je nastala uspešna zgodba tudi na področju zmanjševanja emisij toplogrednih plinov.

Konec leta 2020 je bilo v Sloveniji skupno nameščenih 11.990 sončnih elektrarn v skupni moči 371,5 MW, od tega 97,2 MW Podravje, Ljubljana 62,7 MW, Dolenjska 41,4 MW, Prekmurje 34,9 MW, Gorenjska 27,8 MW, Goriška 22,4 MW, Primorska 21,0 MW. Proizvedena električna energija iz sončnih elektrarn Podatki temeljijo na bazi Registra deklaracij za proizvodne naprave električne energije iz obnovljivih virov in seznama elektrarn v samooskrbi (AGEN-RS, 2022).

## 2 Metodologija

### 2.1 Metode dela

Ključne značilnosti podatkov so izražene s pomočjo metod opisne statistike. Za primerjanje in analizo količinskih podatkov proizvodnje in porabe električne energije v časovni vrsti izračunamo indeks s stalno osnovo ( $I_t$ ), verižni indeks ( $V_t$ ), povprečne vrednosti in deleže (%).

Ekonomsko vrednotenje bomo izvedli z vidika načrtovanih stroškov in prihodkov ter ekonomskih učinkov, ki jih merimo s kazalci. Ocenili bomo tveganja in odstopanja glede na spremenjene vhodne parametre (stroški, prihodki, prihranki). Primerjali bomo več modelov uporabe elektrarne za samooskrbo. V ta namen bomo uporabili primerjalno analizo, da bomo lažje utemeljili prednosti tega načina priklopa elektrarne po subvencionirani dobi prodaje električne energije.

## 2.2 Ekonomska opravičljivost naložbe

Ekonomsko upravičenost naložbe ocenjujemo z enostavnimi statičnimi metodami in dinamičnimi metodami (metode diskontiranega donosa). Enostavne metode ne upoštevajo časa z vidika časovne vrednosti denarja in finančnih stroškov uporabljenega kapitala. Zato so primerne le za hitro, grobo oceno učinkovitosti projekta.

Pri Enostavni dobi vračanja naložbe ( $EVS = t$ ) se izračuna pričakovano povrnitev začetne kapitalske naložbe ( $N$ ), z upoštevanjem letnih donosov ali letnih dobičkov od naložbe ( $d = Sd - So$ ), kjer  $So$  pomeni investicijski in operativne stroške ter  $Sd$  pomeni prihodke od kupljene električne energije, ki se prodaja oz. uporablja iz sončne elektrarne.

$$EVS = t = \frac{N}{d} = \frac{N}{Sd - So} \quad (1)$$

Pri dinamičnih metodah je temeljno merilo (kot podlaga za oblikovanje in spremljanje investicijskih odločitev) pri ocenjevanju razmerja med prihodnjim donosom (dobičkom, pozitivnim denarnim tokom) in sedanjim vložkom v določeno investicijo, načelo neto sedanje vrednosti prihodnjih donosov. Z upoštevanjem časovne dimenzije sedanjega vlaganja in prihodnjega donosa (vendar preračunanega na sedanjo vrednost) je mogoče izbrano diskontno stopnjo zelo hitro ugotoviti ali je investicija smotrna ali ne. Določena investicija je sprejemljiva, če je seštevek današnjih sedanjih vrednosti prihodnjih donosov večji od današnjega vložka sredstev.

Za odločanje o finančnih učinkih investicije so za vlagatelje pomembni pričakovani donosi, to je pričakovani dobiček, čisti – realni denarni tok, neto sedanja vrednost (*NSV*), interna stopnja donosnosti (*ISD*) ter kazalniki učinkovitosti in uspešnosti.

Neto sedanja vrednost (*NSV*) je opredeljena kot razlika med sedanjo vrednostjo prihodkov (*Sd*) in sedanjo vrednostjo odhodkov (*So*), kjer mora biti *NSV* pozitiven  $Sd > So$  z upoštevanjem časovnih dimenzij z metodo diskontiranja –  $1/(1+r)^i$ , pri čemer je  $r$  – diskontna stopnja izpeljana iz povprečne obrestne mere za dolgoročne depozite (npr. gibanje 10-letne zahtevane donosnosti evrske obveznice RS, Vlada RS, 2020) in je  $i$  – čas obdobja izkoriščanja naložbe. To pomeni, da koristi presegajo stroške povezane z naložbo.

$$SV = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(Sd - So)}{(1+r)^i} \quad (2)$$

Relativna neto sedanja vrednost (*RNSV*) kaže neto donos na enoto naložbe. *RNSV* je razmerje med sedanjo vrednostjo projekta (*NSV*) in neto sedanjo vrednostjo naložbe (*SVI*). Projekt je sprejemljiv, če je količnik večji od 0.

$$RNSV = \frac{NSV}{SVI} \quad (3)$$

Interna stopnja donosnosti naložbe (*ISD*, ang. tudi *IRR*) je tista obrestna stopnja, ki vsoto diskontiranih donosov izenači z nič. Gre torej za iskanje diskontne stopnje, kjer se izenačita vsota diskontiranih donosov in investicija.

$$0 = \sum_{i=0}^n \frac{(Sd - So)^i}{(1+r)^i} \quad (4)$$

S postopkom interpolacije se neto sedanja vrednost pri različnih diskontnih faktorjih vstavlja do rezultata v željeni okolici vrednosti nič ( $r_p$  – diskontna stopnja za pozitivno *NSD<sub>p</sub>* in  $m$  – diskontna stopnja za negativno *NSD<sub>n</sub>*).

$$ISD = r_p + (r_n - r_p) \cdot \frac{NSD_p}{NSD_p - NSD_n} \quad (5)$$

Izračunana interna stopnja donosnosti investicije mora biti večja ali enaka stroškom kapitala, to je individualni diskontni stopnji  $r$ . *ISD* pokaže donosnost projekta v primerjavi s ceno denarja, ki ga pri naložbi uporabimo. *ISD* za proučevano življenjsko dobo naložbe mora biti višja kot znašajo oportunitetni stroški uporabe lastnih denarnih sredstev.

Kot kazalniki učinkovitosti in uspešnosti naložbe so opredeljeni: enostavna doba vračanja naložbe (*EV<sub>S</sub>*), diskontirana doba vračanja naložbe (*DVS*), kazalnik ekonomičnosti naložbe (*E*), kazalnik donosnosti – rentabilnosti naložbe (*D*) in kazalnik donosnosti odhodkov (*D<sub>o</sub>*).

Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti naložbe (*E* tudi *G*) je opredeljen kot razmerje med skupnimi poslovnimi učinki (*S<sub>d</sub>*) in stroški (*S<sub>o</sub>*) sončne elektrarne.

$$E = \frac{S_d}{S_o} \quad (6)$$

Kazalnik donosnosti – rentabilnosti naložbe (*D* tudi *R*) prikazuje dobičkonosnost od vloženega kapitala in je definiran kot razmerje razlike skupnega donosa in naložbe.

$$D = \frac{S_d - S_o}{N} \cdot 100(\%) \quad (7)$$

Kazalnik donosnosti odhodkov (*D<sub>o</sub>*) prikazuje dobičkonosnost od vseh stroškov sončne elektrarne.

$$D_o = \frac{S_d - S_o}{S_o} \cdot 100(\%) \quad (8)$$

### **3 Subvencionirana proizvodnja električne energije**

V podporni shemi je bilo konec leta 2020 3.839 elektrarn s skupno nazivno močjo 409 MW, kar predstavlja 11 % instaliranih zmogljivosti v Republiki Sloveniji. Število naprav v podporni shemi se je glede na enako obdobje leta 2019 zmanjšalo za 19 in za približno 25 MW nazivne moči, kar je posledica izstopov iz podporne sheme. Posamezna naprava je lahko v podporno shemo vključena 15 let (OVE naprave) oz. 10 let (SPTE naprave).

Proizvodnja v okviru podporne sheme iz obnovljivih virov energije (OVE) in v soproizvodnji toplote in elektrike z visokim izkoristkom (SPTE) je leta 2020 znašala 962,2 GWh za kar je bilo izplačano 124,7 milijonov EUR izplačil brez DDV preko zagotovljenih odkupnih cen in finančnih pomoči za tekoče poslovanje (obratovalna podpora).

V sončnih elektrarnah je bilo proizvedeno 269,3 GWh (28 %) električne energije za kar je bilo izplačanih 64,3 milijona EUR oziroma 51,5 % vseh izplačil za OVE/SPTE (tabela 1).



**Tabela 1: Subvencionirana proizvodnja električne energije iz sončnih elektrarn 2004-2020**

Vir: Ministrstvo za infrastrukturo – Direktorat za energijo; lastni izračuni

Leto	Količina proizvedene električne energije (kWh)			Izplačana sredstva za podpore (EUR)		
	2004	768	602.365.223	0,0001	284	26.459.935
2005	31.995	543.349.057	0,0059	11.972	22.787.070	0,0525
2006	191.401	646.206.752	0,03	68.193	18.888.661	0,36
2007	426.023	716.890.312	0,06	143.933	18.829.795	0,76
2008	1.166.569	962.379.569	0,12	401.509	25.367.467	1,58
2009	2.528.978	934.180.728	0,27	885.315	22.736.787	3,89
2010	10.305.110	995.508.825	1,04	3.615.833	48.588.433	7,44
2011	50.046.485	943.253.658	5,31	17.169.629	69.505.462	24,70
2012	121.390.580	653.969.326	18,56	38.239.960	89.777.431	42,59
2013	219.480.539	802.889.094	27,34	59.232.271	118.515.291	49,98
2014	244.645.457	905.915.727	27,01	62.575.129	130.833.782	47,83
2015	265.994.586	980.813.234	27,12	68.101.165	147.094.948	46,30
2016	259.639.718	1.003.509.530	25,87	66.789.512	146.191.366	45,69
2017	279.055.273	944.877.485	29,53	70.928.209	143.521.983	49,42
2018	249.550.561	937.895.703	26,61	62.820.663	135.115.985	46,49
2019	261.393.370	947.481.039	27,59	61.916.431	123.006.884	50,34
2020	269.281.227	962.218.034	27,99	64.306.968	124.668.373	51,58

Od leta 2004, ko je bila uvedena politika subvencioniranja obnovljivih virov in soproizvodnje toplote in elektrike so se količine proizvedene električne energije iz sončnih elektrarn povečevale eksponentno do leta 2013. Zaradi zniževanja odkupnih cen je izgradnja sončnih elektrarn zastala do leta 2017, ko je bil uveljavljen nov model samooskrbnih sončnih elektrarn. Od takrat so izplačila vseh sredstev za podpore presegla polovico.

## **4 Ekonomska analiza učinkov izgradnje sončne elektrarne**

### **4.1 Naložba**

V fotovoltaičnem sistemu se sončna energija neposredno pretvori v električno energijo v obliki enosmerne napetosti (DC). Enosmerna napetost se običajno nadalje pretvori v izmenično napetost (AC) za prenos in distribucijo energije. V majhnih fotovoltaičnih sistemih se lahko baterije za enosmerni tok uporabljajo za namene shranjevanja (Zubair, Awan, 2021).

Velikost sončne elektrarne je omejena z velikostjo in primernostjo strehe (naklon in lega), zato je maksimalna površina, ki jo fotovoltaični moduli lahko pokrijejo 230 m<sup>2</sup>. Priključna moč sončne elektrarne znaša 34,92 kW. Naklon strehe 35°, število modulov 120; Luxor Solar P60/275 W, razsmernik KACO Powador 36.0 TL3. Specifična letna proizvodnja: 1.031 kWh/kW. Letna proizvedena električna energija: 36.003 kWh.

### **4.2 Dejavniki koristnosti naložbe**

Naložba je glede na porabo električne energije smiselna. Pri sončni elektrarni je potrebno biti pozoren na različne dejavnike kot so:

- sončno obsevanje zelo niha,
- ekstremni vremenski pojavi (lahko uničijo fotovoltaične celice),
- življenjska doba elektrarne naj bi znašala 25-30 let, življenjska doba razsmernikov pa 15 let,
- nihanja v ceni električne energije,
- vzdrževanje je lahko zahtevno,
- moč modulov zaradi starosti upada za 1 % na leto do 20. leta obratovanja, ko znaša 80 %; kasneje ostane na tej stopnji.

### **4.3 Poslovni model in predpostavke**

Naložbe sončnih elektrarn so zastale s prenehanjem subvencioniranja odkupne cene. Razvojno in ekonomično alternativo pri izgradnji sončnih elektrarn predstavlja interni priklop sončne elektrarne. S tem je dosežena samooskrba z električno energijo lastnega objekta na katerem je nameščena sončna elektrarna, viške energije

pa oddaja v distribucijsko omrežje. V poslovnem modelu je predpostavka, da so potrebe po električni energije na letni ravni večje ali enake proizvodnji električne energije iz sončne elektrarne. V kolikor investitor ne uspe dosegati povprečne letne porabe, je treba elektrarno zasnovati in dimenzionirati na ustrezno manjšo moč ali dolgoročno načrtovati povečano uporabo naprav na električno energijo za hlajenje in ogrevanje ter polnjene električnih vozil in električnih baterij.

#### **4.4 Prihodki**

Proizvodnja sončne elektrarne je odvisna od števila ur sončnega obsevanja oziroma specifične letne proizvodnje in izkoristka sončnih modulov. Sončna elektrarna z močjo 35 kW ima glede na sončno obsevanje 1030 kWh/kW obratovalnih ur. Na prihodke poleg proizvodnje vpliva še prihranek samooskrbne sončne elektrarne, upoštevamo ceno električne energije 0,16 EUR/kWh (SI-STAT, SURS, 2021). Pri Cost Benefit analizo (CBA) upoštevamo v skladu z Uredbo o okoljski dajatvi za onesnaževanje zraka z emisijo ogljikovega dioksida (Ur. list RS št. 48/18 in 168/20) vrednost emisijskih kuponov CO<sub>2</sub> v skladu s Sklepom o povprečni ceni emisijskih kuponov v letu 2020, ki znaša 24,31 EUR, za leto 2021 pa 52,89 EUR.

#### **4.5 Ekonomski kazalniki**

Denarni tok oz. donos od investicije je odvisen od prilivov in odlivov denarja v življenjskem ciklu projekta. Stroški fotovoltaičnih panelov so se v zadnjem desetletju z uvedbo vzhodnih proizvajalcev na trg zmanjšali za 80 %. Stroški namestitve fotovoltaičnih panelov so se znižali (Zubair, Awan, 2021). Vhodni finančni podatki za izgradnjo samooskrbne sončne elektrarne moči 35 kW so v tabeli 2.

Tabla 2: Podatki za izgradnjo samooskrbne sončne elektrarne moči 35 kW

Vir: Lastni izračuni

Elementi	Normalno stanje	Tveganje: +10 % N, +10 % So, -10 % Sd	CBA
Naložba - $N$ (EUR)	51.000	56.100	51.000
Letni prihodki (EUR)	5.768	5.191	6.345
Letni odhodki (EUR)	520	572	520
Letni donos - $d$ (EUR)	5.248	4.619	5.825
Celotni prihodki - $Sd$ (EUR)	127.473	114.726	140.231
Celotni stroški - $So$ (EUR)	70.000	76.400	70.000
Proizvodnja - $Q$ (kWh)	36.050	32.445	36.050

Enostavna doba vračanja sredstev ( $EVS$ ) je v normalnih pogojih 9,72 let, pri tveganjih z 10 % povečano naložbo, z 10 % povečanimi stroški in z 10 % manjšo proizvodnjo oz. prihodki 12,14 let ter pri Cost Benefit analizi ( $CBA$ ) z upoštevanjem emisijskih kuponov (pri ceni 31,40 EUR/t) 8,75 let. Neto sedanja vrednost ( $NSV$ ) je v normalnem stanju 30.572 EUR, pri tveganjih 14.994 EUR in pri  $CBA$  40.099 EUR. Relativna neto sedanja vrednost ( $RNSV$ ) kaže normalnih pogojih 0,60 % donos na enoto naložbe, pri tveganjih 0,27 % donos na enoto naložbe pri  $CBA$  0,79 % donos na enoto naložbe.

Interna stopnja donosnosti ( $ISD$ ) v normalnih pogojih je 7,59 %, pri tveganjih se zniža za 2,69 odstotne točke na 4,90 %, pri  $CBA$  pa se od normalnega stanja poveča za 1,39 odstotne točke na 8,98 %.

Kazalnik ekonomičnosti ( $E$ ) je v normalnih pogojih 1,47, pri tveganjih 1,21 in pri  $CBA$  1,62. Kazalnik donosnosti naložbe ( $D$ ) je v normalnih pogojih 59,9 %, pri tveganjih 26,7 % in pri  $CBA$  78 %. Kazalnik donosnosti vseh odhodkov ( $D\theta$ ) je v normalnih pogojih 47,3 %, pri tveganjih 21,2 % in pri  $CBA$  62,1 % (tabela 3).

Tabla 3: Ekonomski kazalniki za samooskrbno sončno elektrarno moči 35 kW

Vir: Lastni izračuni

Elementi	Normalno stanje	Tveganje: +10 % N, +10 % So, -10 % Sd	CBA 1, Cena CO <sub>2</sub> 31,4 €/t
Enostavna doba vračanja sredstev – <i>EVS</i> (let)	9,72	12,14	8,75
Neto sedanja vrednost – <i>SV</i> (EUR)	30.572	14.994	40.099
Finančna diskontna stopnja – <i>r</i> (%) za NSV	2,5	2,5	2,5
Relativna neto sedanja vrednost – <i>RNS</i> (%)	0,60	0,27	0,79
Interna stopnja donosnosti – <i>ISD</i> (%)	7,59	4,90	8,98
Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnost – <i>E</i>	1,47	1,21	1,62
Kazalnik donosnosti ali rentabilnost naložb – <i>D</i> (%)	59,9	26,7	78,6
Kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vseh sredstev – <i>Do</i> (%)	47,3	21,2	62,1

Rashid in drugi (2019) ugotavljajo, da ekonomska analiza študije kaže, da je za hibridni sistem s pretvorbo sončne energije v električno energije na ravni elektrarne potreben 56,94-odstotni dobropis obnovljive energije, da se izravna z izravnanimi stroški električne energije na zemeljski plin. Davek na ogljik v višini 146,2 USD na tono povzroči, da hibridna enota na ravni elektrarne doseže prag rentabilnosti elektrarne na zemeljski plin.

V tabeli 4 so bile upoštevane koristi s hipotetično predpostavko o vključitvi projekcije cen kuponov za emisije CO<sub>2</sub>, ki so od leta 2020 začele naraščati od 24,34 EUR/t do 52,89 EUR/t (2021) do 80 EUR/t (2022).

**Tabla 4: Cost Benefit analiza s hipotetično predpostavko o vključitvi projekcije cen emisijskih kuponov za obnovljivo energijo po cenah 24,31 EUR/t (2020), 52,89 EUR/t (2021), 80 EUR/t (10.1.2022)**

Vir: Lastni izračuni

Elementi	CBA 2, CO <sub>2</sub> 24,31 €/t	CBA 3, CO <sub>2</sub> 52,89 €/t	CBA 4, CO <sub>2</sub> 80 €/t
Enostavna doba vračanja sredstev – <i>EVS</i> (let)	8,96	8,20	7,59
Neto sedanja vrednost – <i>SV</i> (EUR)	37.948	46.620	54.846
Finančna diskontna stopnja – <i>r</i> (%) za NSV	2,5	2,5	2,5
Relativna neto sedanja vrednost – <i>RNS</i> (%)	0,74	0,91	1,08
Interna stopnja donosnosti – <i>ISD</i> (%)	8,68	9,80	10,70
Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnost – <i>E</i>	1,59	1,72	1,85
Kazalnik donosnosti ali rentabilnost naložb – <i>D</i> (%)	74,4	91,4	107,5
Kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vseh sredstev – <i>Do</i> (%)	58,7	72,1	84,9

Interna stopnja donosnosti pri ceni emisijskih kuponov za leto 2020 (24,31 EUR/t) je 8,68 % in se povečuje pri ceni emisijskih kuponov za leto 2021 (52,89 EUR/t) za 1,12 odstotne točke na 9,80 % in pri ceni emisijskih kuponov na trgu v začetku leta 2022 (80 EUR/t) za nadaljnje 0,90 odstotne točke na 10,70 %.

## 5 Družbeni vidiki fotovoltaike

### 5.1 Oskrba z električno energijo

V letu 2020 se je nadaljevala strma rast izgradnje majhnih sončnih elektrarn za samooskrbo. Postavili so 3947 novih sončnih elektrarn v skupni moči 55 MW, kar je po številu skoraj 60 % več kot leta 2019, po moči pa skoraj 80 % več. Poleg tega je bilo postavljenih in na električno omrežje priključenih 14 sončnih elektrarn, ki so uspele na razpisu Agencije za energijo RS in so vključene v sistem odkupnih cen. Njihova skupna moč znaša 3,2 MW. Uspešno je bil zaključen en razpis za projekte proizvodnih elektrarn na obnovljive vire energije (OVE) za vstop v podporno shemo, na katerem so zbrali 37 projektov na OVE. Med njimi je bilo 25 projektov sončnih elektrarn v skupni moči 10 MW. Povprečna ponujena prodajna cena električne energije iz sončnih elektrarn je znašala 72,59 EUR/MWh, kar je 4 % nižje

kot v letu 2019. Prvič po letu 2016 se je znižala referenčna cena električne energije in je leta 2020 za nove priklopljene sončne elektrarne znašala 60,50 EUR/MWh.

## 5.2 Okoljski dejavniki

Sončna energija je potencial za zmanjšanje vrzeli med potrebami po energiji in njeno dobavo ter razpoložljivostjo. Zelena lastnost in neizčrpnost sta dve osnovni lastnosti, ki sta naravno podedovani za sončno energijo, zaradi česar je najprimernejša za njeno maksimalno izkoriščanje (Sharma, Puri, 2020).

Sončno obsevanje na vodoravno površino je v letu 2020, po podatkih Laboratorija za fotovoltaike in optoelektroniko znašalo 1329 kWh/m<sup>2</sup>, kar je največ v zadnjih osmih letih. Letna rast povprečne vrednosti sončnega obsevanja na vodoravno površino je znašala 5,7 Wh/m<sup>2</sup>.

Sončne elektrarne so leta 2020 proizvedle 289,5 GWh električne energije. Delež proizvedene električne energije iz sončnih elektrarn je leta 2020 znašal 1,8 % in sicer pri precej veliki skupni proizvodnji električne energije 16 TWh oz. 2,2 % brez upoštevanja hrvaškega deleža električne energije iz Nuklearne elektrarne Krško. Delež fotovoltaike med obnovljivimi viri energije je bil 65,6 %.

Letni prihranek emisij CO<sub>2</sub> pri proizvodnji električne energije je bil 70 kt ekvivalenta CO<sub>2</sub>.

Sistem trgovanja z emisijami (EU ETS – Emissions Trading System) je Evropska unija kot prva na svetu uvedla leta 2005. Slovenskim podjetjem je bilo v letu 2020 brezplačno razdeljenih za 1.611.271 emisijskih kuponov, porabila pa so jih 6.095.593, kar pomeni, da so v zrak spustila več kot šest milijonov ton ogljikovega dioksida in drugih toplogrednih plinov. Manjkajoče kupone so morala kupiti na trgu. Nekaj časa se je kupovanje kuponov podjetje izplačalo, saj je zaradi gospodarske krize po letu 2008 na trgu nastal precejšen presežek kuponov. Ker je bilo lažje kupiti kupone za presežno vrednost izpustov, ti niso več spodbujali podjetij k ukrepom za zmanjševane izpustov. Z reformo evropskega sistema trgovanja z emisijami v letu 2019 s katero je bil uveden mehanizem rezerve za stabilnost trga, je bilo določeno tudi, da se od leta 2021 delež emisijskih kuponov, ki jih da EU na trg, letno znižuje za 2,2 %. Ta mehanizem odzemanja presežnih emisijskih kuponov s trga je začel vplivati na ceno kuponov. 1. januarja 2020 je bila cena emisijskega kupona CO<sub>2</sub>

15 EUR/t, 8. januarja 2021 35 EU/t, 10. januarja 2022 pa 80 EUR/t (RTV SLO, 2022). Rashid in drugi (2019) ugotavljajo, da je davek na ogljik morda najboljši način za izvajanje politike, ki je naklonjena vključevanju več obnovljive energije v proizvodne vire in omrežje. Davek na ogljik prinaša nov vir prihodkov, ki se lahko nadalje uporabi ta spodbujanje uporabe obnovljive energije, medtem ko dobropis za obnovljivo energijo ustvarja pritisk na gospodarstvo države, saj mora subvencionirati obnovljivo energijo.

### **5.3 Fotovoltaična industrija in raziskave**

Fotovoltaika in z njo povezana industrija v Sloveniji se razvija, med vodilnimi podjetji sta Bisol Group d.o.o. in ETI Elektroelement d.d. Podjetje Metrel d.o.o. proizvaja in uspešno trži merilne naprave na področju fotovoltaike. Opazna je rast podjetij na področju inštalacij in vzdrževanja sončnih elektrarn, kjer po oceni največji tržni delež obvladuje podjetje GEN-I d.o.o. Na področju fotovoltaike deluje do 30 podjetij.

Število zaposlenih na področju fotovoltaike v Slovenije je 200 do 300. Zaposlovanje se zaradi živahne rasti sončnih elektrarn povečuje. Na področju fotovoltaike deluje do 30 raziskovalcev, večja raziskovalna ekipa 20 zaposlenih je na Univerzi v Ljubljani, nekaj manjših skupin oz. posameznih raziskovalcev pa je na različnih fakultetah univerz v Ljubljani, v Mariboru in v Novi Gorici.

Letni promet je do 100 milijonov EUR, letno se za raziskave nameni 0,1 do 10 % delež letnega prometa (PVportal, 2022).

### **5.4 Evropske zaveze deleža OVE**

Leta 2017 je Slovenija dosegla 21,66-odstotni delež energije iz obnovljivih virov (OVE) v bruto porabi končne energije in leta 2018 21,38-odstotni delež OVE, s čimer je zaostala za svojim ciljem. Delež energije OVE je bil leta 2019 21,97-odstoten (tabela 5), leta 2020 pa 24,1-odstoten.



Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov energije (UL EU, 2018) je Slovenijo zavezala k doseganju 25-odstotnega deleža OVE v bruto končni rabi energije za leto 2020. Ker je Slovenija dosegla 0,9 odstotne točke nižji OVE delež, je na podlagi sporazuma s Česko izvedla statistični prenos 465 GWh energije iz obnovljivih virov energije. Zato je Slovenija namenila približno 5 milijonov EUR sredstev. Z upoštevanjem statističnega prenosa OVE je tako delež energije iz OVE v bruto končni porabi energije v Sloveniji v letu 2020 znašal 25 %. V sektorju ogrevanja in hlajenja je ta delež znašal 32,1 %, v sektorju električne energije 35,1 %, v sektorju transporta pa 10,9 %, s čimer je bil dosežen tudi sektorski cilj za transport 10 % (SURS, 2022).

**Tabla 5: Energetski kazalnik delež OVE v končni porabi energije (%)**

Vir: SI-STAT, SURS (2022)

Leto	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ogrevanje in hlajenje	26,40	29,54	36,15	35,56	34,64	32,34	32,13	32,14
Električna energija	28,65	32,20	32,72	32,06	32,43	32,31	32,63	35,09
Transport	0,83	3,12	2,24	1,60	2,57	5,48	7,98	10,91
Skupni delež	19,81	21,08	22,88	21,97	21,66	21,38	21,97	25,00

## 6 Zaključek

Fotovoltaika postaja vse bolj dostopna čista, trajnostna in za vzdrževanje enostavna energetska tehnologija. Primarne koristi fotovoltaike, integrirane v stavbe, ki proizvajajo električno energijo iz sončne svetlobe na lokaciji, so edinstvene (Smith in drugi, 1996).

Investicija v sončno elektrarno je smiselna in ekonomsko upravičena ob upoštevanju pravilne izbire tehničnih, ekonomskih in okoljskih parametrov. Preverili smo ključne pogoje, ki vplivajo na donosnost sončnih projektov, tveganja, omejitve in finančne predpostavke. Pri analizi smo ugotovili, da so najbolj razširjeni tarifni modeli z zagotovljeno ceno in obratovalno podporo (angl. Feed-in Tarif), net metering in samooskrba. Najvišjo donose dosegajo sončne elektrarne zgrajene pred leti z zagotovljeni odkupom električne energije in elektrarne z internim priklopom po shemi PX3. Novejša oblika so samooskrbne sončne elektrarne, ki so zanimive za

investitorje, ki porabijo večje količine električne energije. Z izračuni smo preverili ekonomske učinke sončne elektrarne v normalnih pogojih in v pogojih tveganj. Interna stopnja v normalnih pogojih je 7,53 %

Prihodnje prebivalstvo EU bo moralo za razvoj trajnostnega sistema zmanjšati svoj ekološki odtis. Razvoj zelo obsežne namestitve fotovoltaičnega Sistema bi vplival na lokalno ekologijo EU in oviral njeno ekološko vzdržnost. Rešitev za to težavo je uvoz sončne energije z Bližnjega vzhoda (Zubair, Awan, 2021) in gradnja fotovoltaičnih sistemov na stavbe. Sharma in Puri (2020) ugotavljata, da se je uporaba sončne energije povečala tako na podeželju kot v mestih, od domačih potreb po energiji, sonaravnega kmetovanja, sonaravnih ograj in gradbene avtomatizacije/instalacije. Med vsemi razpoložljivimi obnovljivimi viri energije naj bi bila sončna energija najbolj bogat vir na Zemlji, saj naj bi se njen delež do leta 2060 povečal za več kot 60 %.

Namreč zaradi pričakovanega prehoda na elektromobilnost, uporabe toplotnih črpalk itd. je pričakovati, da se bo potreba po električni energiji v prihodnje povečevala. Po podatkih mednarodne agencije za energijo IEA naj bi se poraba električne energije do leta 2040 povečala za več kot 70 %. Na rast cen električne energije v letih 2020–2030 naj bi vplivale naraščajoče cene plina zaradi večjega povpraševanja in s tem večjega onesnaževanja s CO<sub>2</sub>, kar bo vplivalo na ceno emisijskih kuponov CO<sub>2</sub>.

## Literatura

- AGEN-RS (2022). Register deklaracij za proizvodne naprave. Dostopno: <https://www.agen-rs.si/izvajalci/ove-ure/obnovljivi-viri-in-soproizvodnja/register-deklaracij-za-proizvodne-naprave> (17.2.2022)
- Gojian Shiiva, Sharon H., Ebadi Hossein, Kant Karunesh, Scavo Fausto Bontempo, Tina Giuseppe Marco (2021). Recent technical advancement, economics and environmental impacts of floating photovoltaic solar energy conversion systems. *Journal of Cleaner Production* 278 (2021) 124285. Dostopno: [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro) (18.2.2022)
- MOP (2021). Sklep o povprečni ceni emisijskih kuponov v letu 2020. Dostopno: <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Podnebne-spremembe/Sklep-o-povprecni-ceni-emisijskih-kuponov.pdf> (27.1.2021)
- MOP (2022). Sklep o povprečni ceni emisijskih kuponov v letu 2021. Dostopno: [https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Podnebne-spremembe/sklep\\_o\\_povprecni\\_ceni\\_emisijskih\\_kuponov\\_2021.pdf](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Podnebne-spremembe/sklep_o_povprecni_ceni_emisijskih_kuponov_2021.pdf) (21.1.2022)

- MZI (2022). Subvencionirana proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov in v sproizvodnji z visokim izkoristkom, Slovenija, letno. Dostopno: <https://www.energetika-portal.si/statistika/statisticna-podrocja/subvencije-v-energetiki/> (17.2.2022)
- PVportal (2022). Pregled fotovoltaičnega trga v Sloveniji. Poročilo za leto 2020. Dostopno: [http://pv.fe.uni-lj.si/files/Pregled\\_fotovoltaičnega\\_trga\\_v\\_Sloveniji\\_2020.pdf](http://pv.fe.uni-lj.si/files/Pregled_fotovoltaičnega_trga_v_Sloveniji_2020.pdf) (17.2.2022)
- Rashid Khalid, Safdarnejad Seyed Mostafa, Ellingwood Kevin, Powell Kody M. (2019). Techno-economic evaluation of different hybridization schemes for a solar thermal/gas power plant. *Energy* 181 (2019) 91-106.
- RTV SLO (2022). Kaj so emisijski kuponi in zakaj se dražijo? Dostopno: <https://www.rtvsl.si/okolje/kaj-so-emisijski-kuponi-in-zakaj-se-drazijo/608842> (18.1.2022)
- Sharma Neetan, Puri Vinod. (2020). Solar Energy Fundamental Methodologies and its Economics: A Review. *Iete Journal of Research*. Dostopno: <https://doi.org/10.1080/03772063.2020.1822762>
- SiolNET (2021). Uspešnica, ki so jo skupaj spisali stanovalci bloka na Jesenicah. Dostopno: <https://siol.net/novice/slovenija/uspesnica-ki-so-jo-skupaj-spisali-stanovalci-bloka-na-jesenicah-552031> (14.5.2021)
- SI-STAT, SURS (2021). Cene električne energije za gospodinjске odjemalce (EUR/kWh), Slovenija, četrletno. Dostopno: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1817515S.px/table/tableViewLayout2/> (7.7.2021)
- SI-STAT, SURS (2022). Podatkovna baza SI-STAT, Energetski kazalniki, Slovenija, letno. Dostopno: [https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/Data/1817902S.px/table/tableViewLayout2/\(11.1.2022](https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/Data/1817902S.px/table/tableViewLayout2/(11.1.2022)
- Smith Eileen M., Arch M., Founder & CEO. (1996). The Advent of the Headrick Solar-Voltaic Dome Power Station rld renewable energy. 100 Headrick Solar-Voltaic Dome Power Stations By 2000 Program. A Three-World Powers Photovoltaic Competition of Discovery & Sharing, United States – European Commision – Japan. *World renewable energy congress IV – June 15-21-1996*.
- SURS (2022). Slovenija dosegla zastavljeni cilj za 2020 na področju rabe energije iz obnovljivih virov. Dostopno: <https://www.stat.si/statweb/News/Index/10057> (11.1.2022)
- UL EU (2018). Uradni list Evropske unije. Direktiva (EU) 2018/2001 Evropskega parlamenta in sveta z dne 11. decembra 2018 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov (prenovitev ), Priloga 1: Nacionalni splošni cilji za delež energije iz obnovljivih virov v bruto končni rabi energije v letu 2020. Dostopno: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=DE> (11.1.2022)
- UL RS (2018). Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje zraka z emisijo ogljikovega dioksida (Ur. list RS št. 48/2018 in št.168/2020).
- UL RS (2019). Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Ur. list RS št. 17/2019).
- UL RS (2020). Uredba o spremembah Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Ur. list RS 197/2020)
- Vlada RS (2020). Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije (NEPN 5.0). Dostopno: [https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn\\_5.0\\_final\\_feb-2020.pdf](https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn_5.0_final_feb-2020.pdf) (28.2.2020)
- Vlada RS (2020). Osnutek proračunskega načrta 2021. Dostopno: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/economy-finance/2021\\_dbp\\_si\\_si.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/economy-finance/2021_dbp_si_si.pdf) (31.10.2020)
- Zubair Muhammad Zubair, Awan Ahmed Bilal (2021). Economic viability of solar energy export from the Middle East and North Africa to Europe and South Asia. *Environment, Development and Sustainability* (2021) 23:17986-18007. Dostopno: <http://doi.org/10.1007/s10668-021-01424-x> (18.2.2022)

