

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**EKONOMSKA ANALIZA INVESTICIJ V AGROVOLTAIKO IN
NJEN LOKACIJSKI POTENCIAL V SLOVENIJI**

Ljubljana, oktober 2023

MATIC TROBEC

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisan Trobec Matic študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Ekonomska analiza investicij v agrovoltaiko in njen lokacijski potencial v Sloveniji, pripravljene ga v sodelovanju s svetovalko red. prof. dr. Nevenko Hrovatin

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel/-a, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil/-a;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi;
11. da sem preveril verodostojnost informacij, ki izhajajo iz zapisov na podlagi uporabe orodij umetne inteligence.

V Ljubljani, dne 05.10.2023

Podpis študenta:

KAZALO

UVOD	1
1 EVROPSKA ENERGETSKA POLITIKA	2
1.1 Evropski Zeleni dogovor	3
1.2 Zakonodajni paket Pripravljeni na 55.....	3
1.3 Strategija REPowerEU.....	4
2 ZAKONODAJNI OKVIR OBNOVLJIVIH VIROV V SLOVENIJI.....	6
2.1 Nacionalni energetske in podnebni načrt	6
2.1.1 Energetske in okoljske cilje v Sloveniji	6
2.1.2 Posodobitev Nacionalnega energetskega in podnebne načrta	7
2.2 Zakon za pospeševanje proizvodnje iz obnovljivih virov.....	8
3 AGROVOLTAIČNA TEHNOLOGIJA.....	10
3.1 Definicija agrovoltaične tehnologije.....	10
3.1.1 Fotovoltaika	11
3.1.2 Pozitivni učinki agrovoltaike.....	12
3.2 Zgodovina agrovoltaike.....	14
3.3 Vrste agrovoltaičnih sistemov	15
3.3.1 Nemški standard DIN SPEC 91434	17
3.3.2 Izbira ustreznih kmetijskih pridelkov	19
3.4 Trenutni izzivi za projekte agrovoltaike.....	21
3.4.1 Regulatorne in administrativne ovire	22
3.4.2 Tehnične ovire	22
4 OBLIKE SPODBUJANJA OBNOVLJIVIH VIROV	23
4.1 Sistem podpor.....	23
4.2 Sistem neto meritev za samooskrbne sončne elektrarne.....	25
5 ANALIZA LOKACIJSKIH POTENCIALOV V SLOVENIJI.....	26
5.1 Pregled površin kmetijske pridelave.....	28
5.2 Sončno obsevanje Slovenije.....	29
5.3 Umeščanje v prostor z obzirom na Naturo 2000.....	32
6 EKONOMSKA ANALIZA INVESTICIJ V AGROVOLTAIKO.....	37
6.1 Metode ocenjevanja ekonomske upravičenosti investicij.....	38

6.1.1	Neto sedanja vrednost	38
6.1.2	Notranja stopnja donosa	39
6.1.3	Tehtano povprečje stroškov kapitala (WACC)	40
6.2	Tehnični podatki referenčne agrovoltaične elektrarne	42
6.3	Stroškovna primerjava referenčne agrovoltaične elektrarne s klasično	43
6.3.1	Investicijski izdatki agrovoltaične elektrarne v primerjavi s klasično	43
6.3.2	Poslovni odhodki agrovoltaične elektrarne v primerjavi s klasično	44
7	ANALIZA REZULTATOV	45
7.1	Investicijski izdatki in poslovni odhodki za agrovoltaično elektrarno	46
7.2	Denarni tok agrovoltaične elektrarne	48
7.3	Analiza občutljivosti	49
SKLEP	50	
LITERATURA IN VIRI	52	
PRILOGE	59	

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava slovenskih in EU ciljev med leti 2020 in 2030	7
Tabela 2: Kategorizacija in načini rabe zemljišč po standardu DIN SPEC 91434	18
Tabela 3: Opravljene študije o donosnosti kmetijskih pridelkov ob uporabi agrovoltaike	21
Tabela 4: Pridelava kmetijskih pridelkov, sadja in grozdja v letih 2021 in 2022 v RS	29
Tabela 5: Povprečna letna osončenost in površina po regijah v RS v letu 2016	30
Tabela 6: Primerjava investicijskih izdatkov v skupnem deležu celotne investicije	47
Tabela 7: Primerjava poslovnih odhodkov v skupnem deležu za prvo leto proizvodnje	47
Tabela 8: Občutljivost NPV projekta na višino prodajne cene električne energije	49

KAZALO SLIK

Slika 1: Delež proizvedene elektrike v EU do leta 2022 v odstotkih	5
Slika 2: Količina padavin in globalno sončno sevanje v Nemčiji od leta 1991	13
Slika 3: Objava strokovnih publikacij od leta 1981 do 2019 na temo agrovoltaike	15
Slika 4: Osnovne tri tehnično različne vrste agrovoltaičnih sistemov	16
Slika 5: Klasifikacija agrovoltaičnih sistemov po Fraunhofer ISE	17
Slika 6: Odnos med intenzivnostjo sončne svetlobe in hitrostjo fotosinteze	20
Slika 7: Pokrovnost tal po metodologiji CLC 2018	27
Slika 8: Spremembe vsote površin kategorij po krovnosti in rabe tal v RS (CLC 2018) ...	28

Slika 9: Povprečno letno sončno obsevanje [kWh/m ²] med leti 1993 in 2003 v RS	30
Slika 10: Slovenske vinorodne dežele in okoliši	31
Slika 11: Slovenske vinorodne dežele Primorske regije	33
Slika 12: Jugozahodni del Slovenije s pokritostjo območij Nature 2000.....	34
Slika 13: Jugozahodni del Slovenije s pokritostjo EPO, NV, ZO in Nature 2000	35
Slika 14: Primerjava vinogradniških površin z varstvenimi območji Goriških Brd.....	35
Slika 15: Primerjava vinogradniških površin z varstvenimi območji Slovenske Istre	36
Slika 16: Medsebojna odvisnost neto sedanje vrednosti z diskontno stopnjo.....	40
Slika 17: Osnovni tehnični parametri agrovoltaičnega sistema	43
Slika 18: Primerjava investicijskih izdatkov v EUR na kWp.....	44
Slika 19: Primerjava poslovnih odhodkov v EUR na kWp.....	45
Slika 20: Letna proizvodnja električne energije popravljena za degradacijski faktor.....	49
Slika 21: Vpliv spremembe prodajne cene električne energije na NPV projekta	50

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Primerjava investicijskih izdatkov agrovoltaične in klasične sončne elektrarne..	1
Priloga 2: Primerjava poslovnih odhodkov agrovoltaične in klasične sončne elektrarne	2
Priloga 3: Analiza investicije v agrovoltaično tehnologijo v okolju Slovenske Istre	3

SEZNAM KRATIC

angl. – angleško

nem. – nemško

AGEN – Agencija za energijo

BDP – Bruto domači proizvod

CAGR – (angl. compound annual growth rate); Sestavljena letna stopnja rasti

CAPEX – (angl. capital expenditure); Investicijski izdatki

CF – (angl. cash flow); Denarni tok

CLC – (angl. corine land cover); Prostorski in podatkovni sloj apliciran na nivoju EU

DIN – (nem. deutsch industrie Norm); Nemški nacionalni inštitut za standardizacijo

EK – Emisijski kuponi

EPO – Ekološko pomembno območje

ETS – (angl. emissions trading system); Sistem EU za trgovanje z emisijami

EU – (angl. European union); Evropska unija

EEX – (angl. European energy exchange); Evropska borza z električno energijo

FiT – (angl. feed in tariff); Sistem podpornih shem za odkup električne energije

NECP – (angl. National energy and climate plan); Nacionalni energetske in podnebni načrt

NEPN – Nacionalni energetske in podnebni načrt Republike Slovenije

NEPP – Celovito nacionalno energetske in podnebno poročilo

NPV – (angl. net present value); Neto sedanja vrednost
NV – Naravne vrednote
OVE – Obnovljivi viri energije
OPEX – (angl. operational expenditure); Poslovni odhodki
RIK – Raziskave, inovacije in konkurenčnost
RISS – Raziskovalna in inovacijska strategija Slovenije
RS – Republika Slovenija
SPTE – Sočasna proizvodnja toplote in električne energije
TGP – Toplogredni plini
URE – Učinkovita raba energije
ZRSVN – Zavod Republike Slovenije za varstvo narave
ZO – Zavarovana območja
WACC – (angl. weighted average cost of capital); Tehtano povprečje stroškov kapitala

UVOD

Evropska unija (v nadaljevanju EU) je svoje države članice skladno s pravnimi okvirji zavezala k doseganju ciljev na področju proizvodnje obnovljivih virov energije (v nadaljevanju OVE). Jasen cilj EU je bil, da republika Slovenija do leta 2020 doseže vsaj 25-odstotni delež OVE v celotni porabi električne energije. Slovenija teh obveznosti ni izpolnila, kljub temu pa ima pred seboj nov izziv, in sicer mora do leta 2030 na podlagi mednarodnih zavez EU doseči nov cilj. Vsaj 27 odstotkov končne porabe energije mora biti proizvedene iz obnovljivih virov energije (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2023a). Zaradi nedoseganja ciljev EU glede deleža proizvodnje iz OVE je morala Slovenija izvesti statistični prenos 465 GWh obnovljive energije iz Češke, za katero je morala plačati 5,7 mio EUR. Le tako je Slovenija dosegla svoj cilj 25-odstotnega deleža energije iz OVE v bruto končni porabi energije za leto 2020 (Ralev, 2022).

Zgoraj omenjeni cilji so za Republiko Slovenijo (v nadaljevanju RS) veljali pred vojno v Ukrajini, ki je leta 2022 spodbudila EU k čimprejšnji prekinitvi odvisnosti od fosilnih goriv iz Rusije. Prepričljivo lahko sklepamo, da bodo novi cilji na ravni EU zagotovo ostrejši, kar se bo nedvomno opazilo tudi na nacionalnih ravneh posameznih držav članic (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2023a). Vsi predstavljeni izzivi so bili povod, da je Slovenija začela s spremembo lastne zakonodaje in zakonsko dovolila implementacijo novih tehnologij v naš prostor, med katere sodi tudi agrovoltaika.

Namen magistrskega dela je predstaviti koncept agrovoltaike in preveriti ekonomsko upravičenost njenih investicij. Prav tako bo v magistrskem delu predstavljen tehnični in zakonodajni vidik investiranja v agrovoltaično tehnologijo, s pomočjo že izvedenega pilotnega projekta v Nemčiji. Glavni namen dela je zagotoviti smernice in informacije, ki bodo koristile pri oblikovanju energetske-podnebnih politik in spodbujanju investicij v OVE.

Cilj magistrskega dela je z empirično analizo preveriti ekonomsko upravičenost investiranja v OVE s tehnologijo agrovoltaike v Sloveniji. Prav tako je cilj, na podlagi pregleda ustreznih virov, identificirati vse potencialne geografske lege, ki bi bile ustrezne za to tehnologijo v slovenskem prostoru. Analiza ekonomske upravičenosti investicije bo temeljila na analizi investicije v agrovoltaično elektrarno kmetijskega proizvajalca, cilj le-te pa bo ugotoviti ekonomsko upravičenost agrovoltaičnega projekta na izbranem primeru. Z magistrskim delom želimo doseči sledeče cilje:

- pregledati domačo in tujo literaturo s področja investiranja v OVE z osredotočenostjo na agrovoltaiko;
- ugotoviti trenutno stanje investicij v OVE s poudarkom na agrovoltaiki;
- raziskati, katera geografska področja v Sloveniji bi bila najbolj primerna za agrovoltaiko;
- predstaviti zakonske okvire in zakonodajne predloge EU ter Slovenije, ki so ali bodo zavezujoče za Slovenijo glede investicij v OVE, s poudarkom na agrovoltaiki;

- na podlagi empiričnih študij ugotoviti najprimernejše kmetijske pridelke za agrovoltaično tehnologijo.

Prvo poglavje magistrskega dela povzema energetska politika EU, ter v nadaljevanju predstavlja njene ključne ukrepe za doseg evropskih zelenih ciljev. V sklopu tega poglavja je prav tako predstavljen Evropski zeleni dogovor, sveženj ukrepov Pripravljeni na 55 in strategija REPowerEU. V drugem poglavju se magistrsko delo osredotoča na nacionalni energetska podnebni načrt in v nadaljevanju podrobneje predstavi zakonodajne ureditve agrovoltaike v slovenskem prostoru.

Tretje poglavje se osredotoča na pregled relevantne literature s področja agrovoltaike ter predstavitev različnih vrst agrovoltaičnih sistemov. Poseben poudarek je namenjen iskanju najprimernejših kmetijskih pridelkov za implementacijo agrovoltaike, pri čemer se osredotočamo na sinergije med obema. V večini primerov bo teoretični del temeljil na deskriptivni znanstveni metodi raziskovanja, ki bo podprta s širokim pregledom relevantnih tujih strokovnih in znanstvenih člankov. V četrtem poglavju je predstavljena organiziranost elektroenergetskih dejavnosti v Sloveniji, s poudarkom na sisteme podpor in neto meritev.

V petem poglavju je v sklopu empirične analize izveden celovit pregled možnih območij za izrabo površin v agrovoltaične namene v Sloveniji. Predstavljena je metodologija, ki omogoča identifikacijo optimalnih območij za postavitev agrovoltaičnih sistemov. Podrobnejša predstavitev metod za oceno ekonomske upravičenosti investicij v agrovoltaike je predstavljena v šestem poglavju. Za izvedbo analize ekonomske upravičenosti investicije izhajamo iz tehničnih podatkov, pridobljenih iz pilotnega agrovoltaičnega projekta v Nemčiji. Izvedba analize na izbranem območju, temelji na optimalni geografski lokaciji z vidika sončne izpostavljenosti, ter že obstoječi poljedelski dejavnosti. Nazadnje v sedmem poglavju predstavljamo rezultate analize ekonomske upravičenosti investicije. Sklepne ugotovitve podajamo v sklepu, kateremu sledi navedba virov in literature. Vse ugotovitve iz analize so nazadnje predstavljene v prilogi magistrskega dela.

1 EVROPSKA ENERGETSKA POLITIKA

Da bi države članice EU dosegle uresničitev energetskih in podnebnih ciljev EU, so morale pripraviti 10-letni integrirani nacionalni energetska in podnebni načrt za obdobje od leta 2021 do 2030. V skladu z evropskimi smernicami, uvedenimi z Uredbo o upravljanju energetske unije in podnebnih ukrepov, Ur. l. EU, 2018/1999, je bilo potrebo končni nacionalni energetska in podnebni načrt (angl. National Energy and Climate Plan – NECP) predložiti Evropski komisiji najkasneje do konca leta 2019. Omenjeni dokument zelo podrobno opredeljuje področja, našeta v nadaljevanju. V nacionalnem načrtu je natančno opisano, kako mora posamezna država članica obravnavati spodaj našeta področja (Evropska komisija, brez datuma a):

- energetska učinkovitost države;

- upravljanje z OVE;
- zmanjševanje emisij toplogrednih plinov (v nadaljevanju TGP);
- medsebojne resorske povezave;
- vlaganje v raziskave in inovacije.

Evropska energetska strategija predvideva usklajevanje ciljev med vsemi vladnimi službami držav članic. Opredeljuje različne načine in strategije za krepitev javnih in zasebnih naložb na zgoraj omenjenih področjih. Smernice so zavezujoče za vse države EU, s čimer se ustvari skupen energetski načrt, kar pomeni, da lahko države sodelujejo pri čezmejnem povečanju učinkovitosti (Evropska komisija, brez datuma a). V nadaljevanju podrobneje predstavljamo razvoj podnebnih in energetskih ciljev, ki jih poznamo danes.

1.1 Evropski Zeleni dogovor

Leta 2019 je Evropska komisija sprejela evropski Zeleni dogovor, katerega glavni cilj je evropska podnebna nevtralnost, torej neto ničelne emisije TGP Evropske unije do leta 2050. S tem ukrepom naj bi EU dokončno uresničila svojo zavezo glede realizacije Pariškega sporazuma, ki omejuje porast globalnega segrevanja (Evropski svet Svet Evropske unije, 2023). V zakonodajo držav članic naj bi bila strategija EU prenesena z zakonodajnim svežnjem imenovanim Pripravljeni na 55 (angl. Fit for 55). Sveženj podpira preoblikovanje EU v pravično in uspešno družbo z modernim in konkurenčnim gospodarstvom napram ostalim državam sveta. Poudarja potrebo po celostnem in medsektorskem pristopu, pri katerem vsa ustrezna področja politike prispevajo h končnemu cilju, povezanim s podnebjem. Sveženj vključuje pobude na področju podnebja, okolja, energije, prometa, industrije, kmetijstva in trajnostnih financ, ki so med seboj tesno povezane (Evropski svet Svet Evropske unije, 2022a).

1.2 Zakonodajni paket Pripravljeni na 55

Sveženj ukrepov Pripravljeni na 55 vsebuje več paketnih predlogov za spremembo in posodobitev obstoječe zakonodaje EU, da bi do leta 2030 zagotovili harmonijo politik EU s podnebnimi cilji, ki sta jih predpisala Evropski parlament in Svet EU. Dolgoročni cilj je do leta 2050 doseči podnebno nevtralnost celotne EU. Omenjen paket predlogov si z ambicioznim sledenjem smernic Zelenega dogovora prizadeva zmanjšati emisije TGP v EU vsaj za 55 odstotkov (Evropski svet Svet Evropske unije, 2022b). Poudariti je potrebno, da so z oblikovanjem prvotnih predlogov pričeli že v letu 2019, trenutno pa poteka faza razprav med ključnimi akterji. Sveženj tako še ni povsem sprejet, a dokument v nastajanju vsebuje številne nove zakonodajne osnutke in politične spodbude, ki so navedeni v nadaljevanju (Evropski svet Svet Evropske unije, 2022c):

- **posodobitev sistema za trgovanje z emisijami** s ciljem, da bi Evropi uspelo zmanjšati emisije TGP za 61 odstotkov glede na izhodiščno leto 2005. Začrtan plan bi uresničili z

vključitvijo pomorskega prometa v evropsko trgovalno shemo (angl. Emissions Trading System, v nadaljevanju EU ETS) in s prenehanjem izdajanja brezplačnih emisijskih kuponov za letalski sektor;

- z **zmanjšanjem emisij držav članic** želijo zmanjšati celotne emisije TGP na nivoju EU iz 29 odstotkov na 40 odstotkov do leta 2030 (glede na izhodiščno leto 2005). Osnova za izračun ciljev temelji na nacionalnih nivojih glede na bruto domači proizvod (v nadaljevanju BDP) na prebivalca;
- **povečanje proizvodnje elektrike iz OVE** pomeni zvišanje deleža OVE iz sedanjih 32 odstotkov na 40 odstotkov do ciljnega leta 2030;
- za **izboljšanje energetske učinkovitosti** je komisija predlagala povečanje učinkovitosti pri porabi končne energije iz 32,5 na 36 odstotkov in za porabo primarne energije na 39 odstotkov. Omenjene ukrepe morajo države članice uresničevati v sektorjih prometa, industrije in javne infrastrukture;
- **zmanjšanje emisij CO₂ za avtomobilsko industrijo** je predlog, ki v praksi predstavlja ukinitve prodaje novih avtomobilov in kombiniranih vozil na notranje izgorevanje do leta 2035;
- **podnebni socialni sklad** naj bi povečal energetske učinkovitost stavbne infrastrukture in pospešil prehod na brezogljive načine ogrevanja in hlajenja. Namen je tudi spodbujanje držav članic k povečanju pomoči ranljivejšim gospodinjstvom, malim podjetjem in uporabnikom prevoza na omenjenih področjih. Od leta 2025 do 2032 bo za ta namen iz sklada dodeljenih kar 72,2 milijard EUR.

1.3 Strategija REPowerEU

Zaradi vse večje zaskrbljenosti glede zanesljivosti oskrbe z električno energijo in zaskrbljujočih okoljskih vprašanj se v svetu povečuje ozaveščenost o izrabi OVE. EU je med najbolj ranljivimi skupnostmi na svetu zaradi velike odvisnosti od uvoza energije in pomanjkanja energetskih rezerv (Gökgöz & Güvercin, 2018).

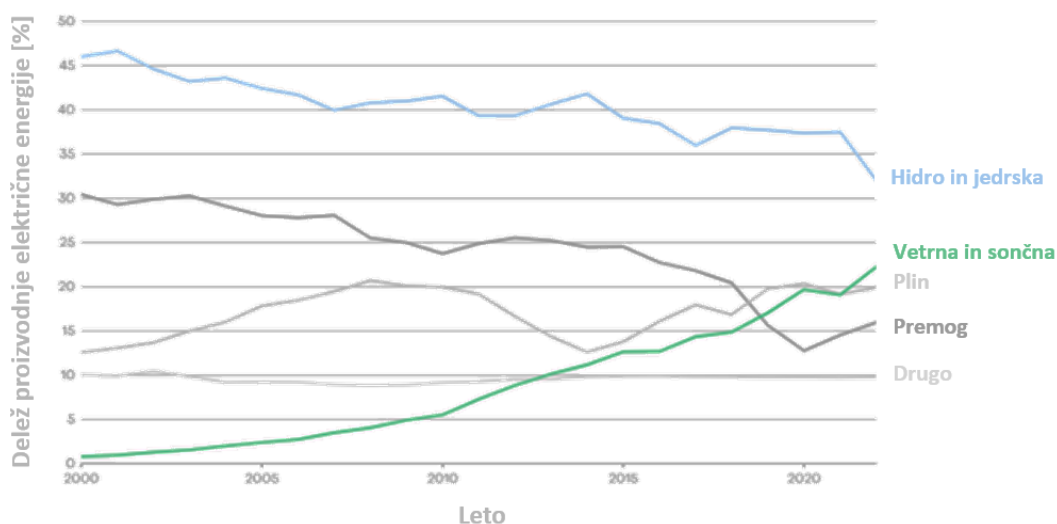
Evropske države so bile prisiljene pospešiti svoje zmogljivosti na področju OVE, potem ko je ruski napad na Ukrajino sprožil svetovno energetske krizo, z največjim vplivom na EU. Ta je posledično sprejela vrsto novih ambicioznih ukrepov, med drugimi strategijo za njeno obnovo (angl. REPowerEU). Načrt predstavlja ambicije o tem, da do konca desetletja povečamo delež OVE v končni porabi energije na 45 odstotkov (Ellerbeck, 2023). Z načrtom želi EU povečati svojo energetske neodvisnost od nezanesljivih zunanjih dobaviteljev in nestanovitnih cen fosilnih goriv ter tako postati neodvisna že pred letom 2030. Sam načrt predpisuje vrsto ukrepov, s katerimi naj bi zmanjšali previsoko odvisnost od ruskih energentov in pospešili zeleni prehod ter doprinesli k višji vzdržnosti evropskega energetskega sistema. Ključni cilji načrta REPowerEU so (Evropska komisija, brez datuma b):

- splošno varčevanje z energijo;

- osredotočenost na proizvodnjo iz OVE;
- višja diverzifikacija oskrbe z energijo.

Celoten načrt je podprt z denarnimi in pravnimi ukrepi za graditev energetskega sistema in nove infrastrukture. Novo poročilo energetske neodvisne in neprofitne organizacije Ember kaže, da je prehod EU na zeleno energijo že prinesel pomembne spremembe na stari celini. V letu 2022 naj bi sončna in vetrna energija proizvedli več kot petino (22 odstotkov) električne energije in tako prvič v zgodovini EU prehiteli proizvodnjo elektrike iz plina, ki predstavlja 20 odstotkov v celotni proizvodnji. Vse ključne tehnologije za proizvodnjo električne energije so prikazane na sliki 1, pri čemer postavka ostalo predstavlja kumulativne deleže tehnologij bioenergije, ostalih fosilnih goriv in ostalih OVE (Jones, 2023).

Slika 1: Delež proizvedene elektrike v EU do leta 2022 v odstotkih



Vir: Jones (2023).

Evropi je prav tako uspelo preprečiti ponoven porast proizvodnje električne energije na premog, saj bi s tem povzročili dodatne emisije, kar pa ni v skladu s smernicami EU. Premog je na evropskih tleh v letu 2022 proizvedel le 16 odstotkov električne energije, kar predstavlja le 1,5 odstotnih točk več kot leto prej. Države EU so se leta 2022 soočale s tako imenovano »trojno krizo« v elektroenergetskem sektorju. V času, ko je na evropskih tleh divjala vojna, si je Evropa prizadevala za prekinitev dobave ruskega zemeljskega plina, a se je istočasno soočala tudi z najnižjimi stopnjami vodnih virov in jedrske energije v zadnjih dveh desetletjih. Tako imenovana trojna elektroenergetska kriza je povzročila primanjkljaj, ki je leta 2022 znašal 7 odstotkov celotnega evropskega povpraševanja po električni energiji. Za padeč vodnih virov je bila odgovorna huda suša po vsej Evropi, izpadi francoskih jedrskih elektrarn ter zaprtje nemških jedrskih elektrarn (Ellerbeck, 2023).

2 ZAKONODAJNI OKVIR OBNOVLJIVIH VIROV V SLOVENIJI

V nadaljevanju so predstavljeni zakonodajni okviri, ki opredeljujejo osnovne zakonske zaveze in cilje v zvezi z OVE, ki posledično zadevajo tudi tehnologijo agrovoltaike.

2.1 Nacionalni energetske in podnebni načrt

S strani EU je Slovenija dobila jasna navodila glede energetske politike in posledično generirala strateški dokument imenovan Nacionalni energetske in podnebni načrt (v nadaljevanju NEPN). Sam dokument se osredotoča na določanje posebnih izvedbenih ukrepov za doseganje natančno določenih ciljev za obdobje desetih let (do leta 2030) na točno določenih področjih energetske unije. Izraz »energetska unija« se uporablja za opis ciljev in prizadevanj EU, da svojim državam članicam zagotovi dobro delujoč in kvalitetno povezan notranji energetske trg. Le-ta lahko neprestano zagotavlja dostopno, trajnostno energijo in energetske varnost, ki je še kako pomembna za krepitev notranjega gospodarstva in izpolnjevanje ciljev glede podnebnih sprememb. Za doseg omenjenih ciljev je EU sprejela več dokumentov, ki so med drugim tudi podlaga za NEPN (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2019).

Njegove glavne razsežnosti energetske politike vključujejo razogljičenje Slovenije z znižanjem emisij toplogrednih plinov ter posledično višjo stopnjo investicij v OVE. Ob tem dokument vsebuje tudi strategije za višjo energetske učinkovitost, višjo energetske samozadostnost, stabilen in uravnan notranji trg električne energije in poudarek na višji stopnji vlaganja v raziskave in razvoj. NEPN je bil pripravljen v skladu z zakonodajo EU o upravljanju energetske unije in skrbi za podnebne ukrepe Ur. l. EU, 2018/1999, Vlada Republike Slovenije ga je sprejela 27. februarja 2020 (Vlada Republike Slovenije, Celoviti nacionalni energetske in podnebni načrt, 2020).

2.1.1 Energetske in okoljske cilje v Sloveniji

Na evropski ravni so zastavljeni konkretni energetske in okoljske cilje, ki jih mora EU doseči kot celota. Glede na to izhodišče se z izvajanjem različnih matematičnih izračunov in upoštevanjem specifičnih nacionalnih pogojev vsake posamezne članice EU določi njihov prispevek k skupnim ciljem EU. Za leto 2020 je bil cilj doseči 25 odstotkov OVE v končni porabi energije, vendar pa je bila s sprejetjem NEPN postavljena ambicioznejša ciljna raven za Slovenijo, ki znaša vsaj 27 odstotkov OVE do leta 2030 (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2023a). V prihodnje se pričakuje povečanje omenjenih ciljev ravno zaradi posodobitve zakonodajnih okvirjev s strani Sveta Evropske unije. Zakonodajni predlog, imenovan Pripravljeni na 55, je dosegel dogovor o višjih ciljih, in sicer iz sedanjih 32 na 40 odstotkov deleža OVE v skupni strukturi virov energije do leta 2030. Da bi skupaj dosegle nov cilj, bodo države članice morale povečati svoje nacionalne prispevke, ki so opredeljeni v njihovih celovitih nacionalnih načrtih za energijo in podnebje in bodo posodobljeni v letih

2023 in 2024 (Evropski svet Svet Evropske unije, 2022c). V tabeli 1 so predstavljeni zgoraj omenjeni cilji za Slovenijo in EU med leti 2020 in 2030. Slovenija se je zavezala k izpolnjevanju evropskega pravnega okvirja na področju OVE.

Tabela 1: Primerjava slovenskih in EU ciljev med leti 2020 in 2030

Glavni cilji	Država	2020	2030
TGP (skupaj)	SI	brez cilja	-36 %
	EU	-20 % (glede na 1990)	-40 %
TGP (ne-ETS)	SI	4 % (glede na 2005)	vsaj -20 % (Uredba EU: -15 %)
	EU	-10 % (glede na 1990)	-30 %
OVE	SI	25 %	vsaj 27 %
	EU	20 %	32 %
URE	SI	20 %	vsaj 35 %
	EU	20 %	32,5 %
POVEZANOST	SI	brez cilja	brez cilja (2017: > 83 %)
	EU	10 %	15 %
R&D	SI	3 % BDP (od tega 1 % javnih sredstev)	3 % BDP (od tega 1 % javnih sredstev)

Vir: Ministrstvo za infrastrukturo (2020).

2.1.2 Posodobitev Nacionalnega energetskega in podnebnega načrta

Države članice EU morajo Evropski komisiji predložiti prvo posodobitev svojih strateških NEPN dokumentov do 30. junija 2024. Prvi začetni predlog za posodobitev slovenskega dokumenta je bil objavljen spomladi 2023 ob upoštevanju obsežnega dvoletnega poročila o izvajanju do sedaj sprejete strategije. V novem, posodobljenem NEPN dokumentu za obdobje do leta 2030 in s strategijo do leta 2040 se bodo določile politike, ukrepi in cilji v petih razsežnostih energetske unije, kot je bilo urejeno že do sedaj. Članice EU so obvezane izvajati NEPN aktivnosti in vsaki dve leti o tem poročati Evropski komisiji. Kot je bilo določeno z Ur. l. EU, 2018/1999, je potrebno NEPN modernizirati in izpolniti vsakih pet let glede na aktualne spremembe v gospodarskem, okoljskem in političnem okolju. Začetne aktivnosti za predlog posodobitve strateškega NEPN dokumenta so se začele izvajati spomladi leta 2023. Pri pripravi se upošteva obstoječa strategija, vse relevantne EU energetske odločitve in podnebne smernice, kot so strategije izstopa iz premoga ter še višji energetski in podnebni cilji EU do leta 2030. Ob tem bo posodobljen NEPN vseboval izpopolnjeno energetska zakonodajo na ravni EU, ki ima od prejšnje različice dodane

zakonodajne pakete, kot so Pripravljeni na 55 in REPowerEU (Evropski svet Svet Evropske unije, 2022c). Posodobljen predlog NEPN bo natančno in celostno, enako kot to že velja pri prejšnji različici, razčlenil nove cilje, politike in vse odločilne ukrepe do leta 2040 po vseh razsežnostih energetske unije (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2019).

Prvi predlog posodobitve NEPN dokumenta bo potekal z javno predstavitvijo osnutka posodobitve. Ta vključuje vsaj eno širšo javno predstavitev in minimalno pet področno usmerjenih posvetovanj s ključnimi akterji. To so predstavniki iz energetskega sektorja, gospodarstva, prometa, predstavniki civilne družbe, mladih ter akademskih področij, ki pokrivajo raziskave, razvoj in inovacije. Cilj je pripraviti jedrnato zbirno besedilo, pri čemer je namen te dejavnosti dvostranski. Primarni namen je seznanjanje odločevalcev strokovne in širše javnosti glede izvajanja NEPN aktivnosti v Sloveniji, sekundarni namen pa je potrditev pravilne usmeritve glede posodobitve NEPN s strani strokovnjakov in laične javnosti. Vse predstavitve posodobljenih izhodišč, ciljev in novih usmeritev NEPN bodo usklajene s strokovnimi podlagami in strategijo Celovitega nacionalnega energetskega in podnebnega poročila (NEPP) (Portal Energetika, brez datuma).

2.2 Zakon za pospeševanje proizvodnje iz obnovljivih virov

Zakon o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (ZUNPEOVE), Ur. l. RS, št. 78/2023, si prizadeva spodbujati zanesljivost oskrbe z električno energijo. Njegov glavni namen je spodbujanje razvoja OVE z umeščanjem naprav za izkoriščanje sončne in vetrne energije ter posledično doseči cilje podnebno nevtralne družbe (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2023b). Če želimo v EU imeti učinkovit skupen trg z električno energijo, je bistvenega pomena energetska infrastruktura na stopnji države članice. Z izboljšavo energetske infrastrukture na nivoju države se namreč poveča uravnoteženost in stabilnost energetskega sistema cele EU ter posledično omogoči vključevanje različnih proizvodnih virov v svoj sistem. Robusten in učinkovit energetski sistem je sposoben pospešenega uvajanja OVE. Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, Ur. l. EU, 2018/2001, navaja, da obnovljivi viri poleg izboljševanja oskrbe s trajnostno energijo, doprinesejo tudi k zmanjšanju neuravnovešenosti trga, omogočajo energijo po dostopnih cenah in nudijo tehnološki razvoj ter inovacije.

Zaradi ambicioznejših ciljev, ki so bili dogovorjeni v okviru zakonodajnega paketa Pripravljeni na 55 v letu 2021, ter zaradi vojne v Ukrajini, je EU še dodatno spodbujena k čim prejšnjemu prenehanju uvažanja fosilnih goriv iz Rusije. Komisija je v svojih analizah ugotovila, da so ključne ovire za postavitve OVE v državah članicah dejansko zelo podobne. Glavna ovira so dolgotrajni in kompleksni administrativni postopki za pridobitev najrazličnejših dovoljenj za postavitve naprav OVE. Območja, ki so dovoljena in se posledično spodbujajo, so predvsem na umetnih površinah, kot so strehe, območja prometne infrastrukture, smetišča, industrijska področja, degradirana ozemlja, zapuščeni rudniki itd. To je vseevropski problem, ki zahteva ukrepanje tudi v Sloveniji. Primerjava deleža OVE

med leti 2010 in 2020 kaže, da je Slovenija med najmanj ambicioznimi državami EU glede na cilje povečanja deleža OVE do leta 2030 (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2023a). To predstavlja razlog, da je potrebno spremeniti zakonodajni in strateški okvir, ki ureja spodbujanje uporabe OVE, za kar je bil leta 2023 predstavljen in sprejet novi zakon.

V skladu z zgoraj navedenim je poglobitveni cilj novega zakona pospešiti in olajšati uvedbo OVE v elektroenergetski sektor v Sloveniji. Glavni cilji zakona so predstavljeni v nadaljevanju (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2023b):

- za sončne in vetrne proizvodne naprave bo s pomočjo zakona obvezna določitev potencialnih območij s sprejetjem strateškega prostorskega akta in s sprejetjem državne uredbe o najprimernejših območjih za postavitve OVE;
- določena bodo prednostna območja za postavitve fotovoltaičnih naprav;
- na večini predpisanih prednostnih območjih je postavitve fotovoltaičnih naprav uzakonjena v skladu z uredbo o prostorskem redu;
- sončne proizvodne naprave bo potrebno postaviti na novih in, po ustreznem prehodnem obdobju, tudi na obstoječih od 1.000 do 1.700 m² velikih strehah in odprtih parkiriščih;
- v zvezi s sončnimi in vetrnimi proizvodnimi napravami bodo določene nekatere poenostavitve pri prostorskem načrtovanju, celoviti presoji vplivov na okolje in sami postavitvi objektov za OVE;
- zakon bo po novem omogočal uvajanje fotovoltaičnih ali vetrnih proizvodnih naprav na nekatera območja, na katerih je na podlagi veljavne zakonodaje prepovedano načrtovanje le-teh;
- na novo ureja inšpekcijski nadzor in določa globe v primeru oskrunitve zakonskih določil;
- zakon vključuje in bolj podrobno določa možnost uporabe istega zemljišča za več namenov, t. i. dvojno rabo zemljišča, kar je ključnega pomena za agrovoltaiko.

Zakon ZUNPEOVE, ki se nanaša na uvajanje proizvodnih naprav, ki izvirajo iz OVE, predpisuje bolj aktivno vlogo države na tem področju. Med drugim zakon vsebuje pripravo akcijskega načrta, v katerem bodo določena prednostna območja za umeščanje. Zakon tudi določa prednostna območja za postavitve sončnih in vetrnih elektrarn, kot so na primer strehe večjih zgradb, ustaljena avtomobilska parkirišča, ozemlja okoli energetskih objektov, ozemlja cestnih in železniških zemljišč, opuščene deponije in degradirani kamnolomi. Zakonsko bo tudi obvezno, da se proizvodne naprave namestijo pri gradnji novih objektov, rekonstrukcijah parkirišč in stavb, ki presegajo velikost 1.000 m². Zakon bo odstranil nekatere postopkovne obveznosti umeščanja, ob tem pa omogočil postavitve proizvodnih naprav na območjih, kjer to prej ni bilo mogoče. To bo vključevalo predvsem kmetijska zemljišča s pomočjo tako imenovane agrovoltaike, možna bo tudi postavitve na umetnih degradiranih rudarskih jezerih ob upoštevanju strogih okoljskih in prostorskih določil. Poleg tega bo zakon dovolil postavitve vetrnih elektrarn na območju gozdov, ki niso v naravovarstvenih območjih (Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, 2023a).

3 AGROVOLTAIČNA TEHNOLOGIJA

Vsakoletno povečanje števila prebivalcev na svetu ima neposreden vpliv na naraščajoče globalno povpraševanje po električni energiji in pridelavi hrane. Proizvodnja električne energije je zaradi negativnih eksternalij tesno povezana s trajnostnim razvojem (Dincer, 2000) in tudi proizvodnja elektrike iz OVE ni izjema. Te negativne in destruktivne presoje so se še posebej pojavile, ko je bilo govora o rasti kapacitet OVE na rodovitnih zemljiščih, pri čemer so se odprle burne razprave o proizvodnji hrane in električne energije (Rajagopal, Sexton, Roland-Holst, & Zilberman, 2007). Pomembna je integracija fotovoltaike v naravno okolje na način, da se optimizirajo spremembe rodovitnih zemljiščih tako, da bo to sprejeto v širši družbeni skupnosti (Scognamiglio, 2016). V okviru evropskega prehoda na OVE se bo uporaba fotovoltaičnih sistemov, nameščenih na tleh, povečala odvisno od razpoložljivosti zemljišč. V nekaterih državah lahko omejeni zemljiški viri povzročijo konkurenco med rabo zemljišč za fotovoltaiko in poljedelstvom, kar neposredno ogroža tako prehransko, kot tudi energetska varnost države (Trommsdorff in drugi, 2022). Ena primernih rešitev za odpravo nasprotujočih si mnenj glede rabe rodovitnih zemljišč je t. i. agrovoltaika, ki vsebuje kombinirano rabo rodovitnih zemljišč za kmetijstvo in proizvodnjo električne energije (Jain, Raina, Sinha, Malik, & Mathur, 2021).

Agrovoltaika bi posledično ublažila morebitni prihajajoči boj za kmetijska zemljišča s pomočjo dvojne rabe istega zemljišča. Sama tehnologija omogoča možnost namestitve velikih fotovoltaičnih sistemov na odprtem področju, hkrati pa ohranja prosto kmetijsko zemljišče za pridelavo kmetijskih pridelkov. Tako imenovana dvojna raba zemljišč za kmetijstvo in fotovoltaiko je lahko še posebej koristna za področja, ki so zaradi rodovitne zemlje in ustreznega podnebja primerna za kmetovanje ter zaradi visoke ravni sončnega sevanja odlična lokacija za nameščanje fotovoltaičnih sistemov. Sončna energija postaja poleg vetrne energije sestavni steber OVE v prihodnosti, zato je ključno, da se fotovoltaične sisteme vključi v različna področja človekove dejavnosti z dobro javno podporo (Fraunhofer ISE, 2022).

3.1 Definicija agrovoltaične tehnologije

Agrovoltaika je v teoriji opredeljena kot preoblikovana raba zemljišča, kjer sta proizvodnja električne energije iz sonca in kmetijska dejavnost neposredno povezani. Ključna značilnost agrovoltaike je delitev sončne svetlobe in ustvarjanje sinergij med fotovoltaiko in fotosintezo. Oba načina izkoriščata sončno energijo, pri čemer fotosinteza s pomočjo neposredne sončne svetlobe spremeni ogljikov dioksid in vodo v ogljikove hidrate ter kisik (Casem, 2016). Fotovoltaični sistem pa s pomočjo sončne energije pripomore k proizvodnji električne energije. Agrovoltaika je metoda oziroma način združevanja kmetijstva in proizvodnje električne energije na istem zemljišču, kar neposredno povečuje učinkovitost rabe zemljišč in prispeva k zmanjšanju evaporacije iz rastlin. Ob tem agrovoltaika pomaga določenim kmetijskim pridelkom v regijah, ki so občutljivi na posledice podnebnih

sprememb, saj zagotavlja direktno zaščito pred vremenskimi vplivi (Trommsdorff in drugi, 2022). Vseh fotovoltaičnih sistemov na kmetijskih površinah ne moremo obravnavati kot agrovoltaike. Bistvena struktura agrovoltaičnega sistema je, da sončna energija in kmetijska dejavnost vplivata druga na drugo in pri tem prihaja do medsebojnega sobivanja obeh tehnologij. Zato se nameščanje fotovoltaičnih panelov na strehe kmetijskih objektov, kjer ni neposrednega vpliva fotovoltaičnega sistema na vegetacijo oz. kmetijski pridelek, ne uvršča med agrovoltaike. Prav tako se tipična zemeljska sončna elektrarna, ki je nameščena ob kmetijskih površinah in nima neposrednega vpliva na kmetijske pridelke ne more šteti pod agrovoltaike (Macknick in drugi, 2022).

Skozi leta so se za opisovanje zgoraj omenjene tehnologije uporabljali različni termini, kot so agrofotovoltaika, agrovoltaike, agrivoltaike, agrisolar, souporaba sončne energije ali v angleščini agro-solar (Jain, Raina, Sinha, Malik, & Mathur, 2021). Mednarodna evropska organizacija Solar Power Europe je v svojih priporočilih izrecno predlagala, da se izraz »agrisolar« ne enači z agrovoltaike, ampak ga je označila kot širši pojem, ki skupaj opisuje agrovoltaike in fotovoltaike na kmetijskih površinah (Solar Power Europe, 2021). Kljub temu je panoga agrisolarja hitro rastoči sektor, ki se ne razvija samo v EU, ampak tudi globalno, saj povezuje dva ključna sektorja naše družbe – kmetijstvo in energijo. Ključno je ozaveščanje, kako lahko energetske in kmetijski sektor tesneje sodelujeta ter povečata sinergije za pospešitev energetskega in podnebne prehoda ne le v EU, temveč tudi v svetu.

3.1.1 Fotovoltaika

Beseda fotovoltaika je sestavljena iz dveh grških besed in sicer iz besede »phos«, kar v prevodu pomeni svetloba, in besede »voltaics«, kar pomeni elektrika. Splošna definicija jo opredeli kot znanstveno disciplino, ki temelji na principu pridobivanja električne energije iz sončne svetlobe s pomočjo fotovoltaičnega učinka. Ta pojav je leta 1839 prvič opazil francoski fizik Alexandre-Edmond Becquerel, ki je odkril, da nekateri materiali pod vplivom svetlobe proizvajajo majhen električni tok (Axp0 Nordic, brez datuma). Fotovoltaika sodi pod zelo mlado znanstveno in tudi gospodarsko panogo, ki je zelo pomembna za trajnostni razvoj. S trenutnimi tehnologijami za proizvodnjo električne energije zelo obremenjujemo okolje, zato je fotovoltaika še posebej pomembna, saj prispeva k trajnostni oskrbi z električno energijo brez neposrednega negativnega vpliva na okolje. Omenjena tehnologija se razvija kot obsežen, trajnostno naravnan in inovativen gospodarski sektor, ki lahko ponuja velike priložnosti za razvoj in uveljavitev inovativnih tehnologij za izkoriščanje OVE (PV portal, brez datuma).

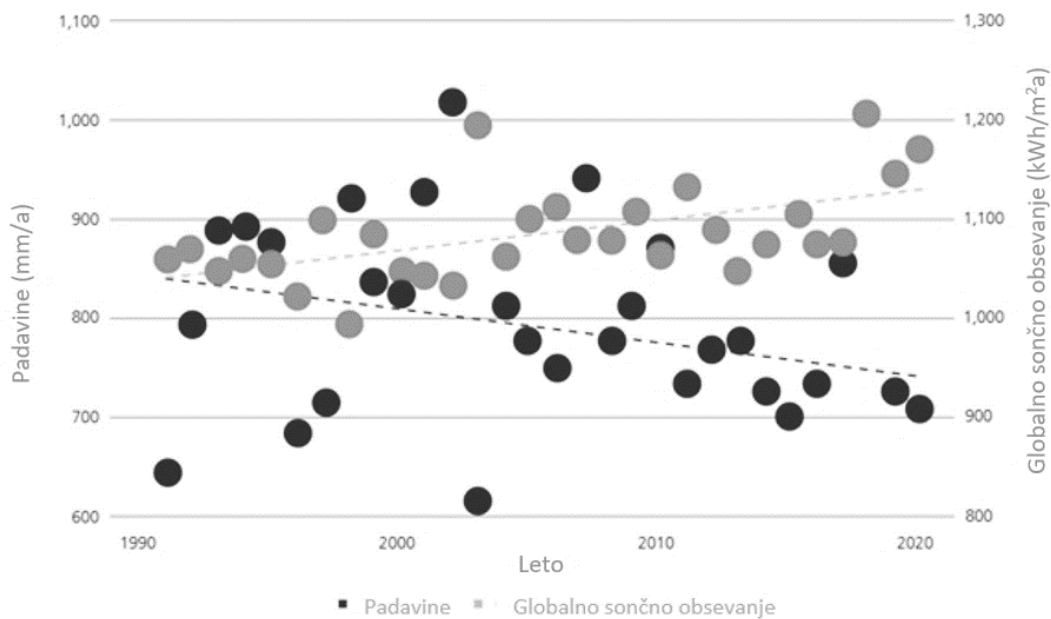
Ena najhitreje razvijajočih se panog na svetu je panoga proizvodnje fotovoltaične tehnologije, njen energetske potencial pa je skorajda neizčrpen, zato jo lahko poimenujemo tudi tehnologija prihodnosti. Po napovedih portala Statista bo fotovoltaični trg do leta 2030 dosegel vrednost 251,4 milijarde ameriških dolarjev, pri čemer se pričakuje, da bo rasel s sestavljeno stopnjo rasti (angl. compound annual growth rate – CAGR) 10,1 odstotkov od

leta 2020 do leta 2030 (Statista, 2023). Zaradi vse večjih globalnih potreb po električni energiji se nenehno razvijajo novi materiali in tehnologije, ki bi omogočile boljši izkoristek in nižje stroške proizvodnje. Trenutno je v tej panogi najpogosteje uporabljen polprevodniški material za izdelavo sončnih celic silicij. Najvišji delež lastne cene pri proizvodnji fotovoltaičnih panelov je strošek uporabe silicija (PV portal, brez datuma). Ostale glavne sestavine fotovoltaičnih sistemov so sončne celice, ki neposredno pretvarjajo svetlobno energijo v električno energijo s pomočjo fotonapetostnega pojava. Te sončne celice so povezane v enoten fotonapetostni modul. Učinkovitost pretvorbe svetlobne energije v električno energijo je odvisna od vrste sončnih celic in pogojev delovanja. Učinkovitost se lahko giblje od nekaj odstotkov do več kot 40 odstotkov pri najkvalitetnejših in najdražjih izvedbah sončnih panelov, kar je veliko višja učinkovitost kot pa na primer pri fotosintezi, katere učinkovitost se giblje okoli 6 odstotkov. Učinkovitost sončnih celic je odvisna tudi od temperature, količine sončnega sevanja in onesnaženosti atmosfere. Problem onesnažene atmosfere je, da se nečistoče, prah in trdni delci usedajo na površino panelov in neposredno blokirajo sončno svetlobo in posledično sevanje. Dobra lastnost fotovoltaičnega sistema je, da lahko proizvaja energijo tudi ob oblačnih dneh, vendar ne s tako dobro učinkovitostjo kot pri neposredni izpostavljenosti sončnim žarkom (Sampaio & González, 2017).

3.1.2 Pozitivni učinki agrovoltaike

Podatki nemške meteorološke službe Deutscher Wetterdienst spremljajo količino padavin na območju Nemčije že od leta 1880. V zadnjih 30 letih so zabeležili očitni trend zmanjševanja padavin. Ugotovili so, da se je količina padavin od leta 1991 letno zmanjševala za 0,39 odstotka, kar je privedlo do skoraj 12 odstotnega zmanjšanja povprečne količine padavin od baznega leta 1991 pa vse do danes. Ključne ugotovitve so, da so se vremenske razmere spomladi, ki so ključne za rast pridelkov, bistveno spremenile. Podatki nemških meteoroloških merilnih postaj kažejo, da se je v zadnjih 12 letih količina padavin v mesecu aprilu zmanjšala tudi do 70 odstotkov od zgodovinskega povprečja za preučevani mesec. Negativen vpliv toplega spomladanskega vremena povzroča pomanjkanje vlage v tleh na začetku poljedelskega obdobja, česar ni mogoče odpraviti v kasnejšem obdobju poleti. Analiza meteoroloških podatkov namreč tudi jasno kaže, da se je globalno sončno sevanje v istem obdobju letno povečalo za 0,28 odstotka, kar je zelo pozitivno za industrijo fotovoltaičnih celic. Na sliki 2 lahko vidimo linearno povečevanje prej omenjenega sončnega sevanja. Kombinacija vse večjega zmanjševanja količine padavin in povečevanja globalnega sevanja jasno kaže, da bo s časom agrovoltaika postajala vse bolj optimalna rešitev za večjo odpornost kmetijskih dejavnosti na vse hujše podnebne spremembe za kar se le da dobro izkoriščanje proizvodnje iz OVE (Fraunhofer ISE, 2022).

Slika 2: Količina padavin in globalno sončno sevanje v Nemčiji od leta 1991



Vir: Fraunhofer ISE (2022).

Kmetijska panoga se dandanes sooča z velikimi izzivi podnebnih sprememb, učinkovite rabe vode in, zaradi močne konkurence, posledično tudi z željo po vse večjem donosu kmetijskih proizvodov. Posledično se krepi varstvo pridelkov v kmetijstvu, čedalje večja je uporaba različnih rastlinjakov, folijskih tunelov in pripomočkov za zaščito pred točo ter zmrzaljo. Zaradi vse večjih ekstremnih vremenskih vplivov, kot so temperaturne skrajnosti, močni nalivi in toča, je proizvodnja kmetijskih izdelkov čedalje bolj izpostavljena nihanju količine kmetijskih pridelkov, kar neposredno pridelovalcem predstavlja velike ekonomske izzive (Trommsdorff in drugi, 2022).

Dvojna raba kmetijskih zemljišč za proizvodnjo zelenjave in proizvodnjo električne energije s fotovoltaike predstavlja priložnost za soočenje z zgoraj naštetimi izzivi. Pri vzgoji jagod lahko agrovoltaika zmanjša uporabo ali pa celo nadomesti plastične folije za zaščito pred uničujočo točo ali zmrzaljo ter sončnimi opeklinami na pridelkih. V sušnih območjih agrovoltaika ponuja senčenje pridelkov skozi opoldansko časovno obdobje ter tako koristi pri zmanjševanju izhlapevanja vlage z rastlin in posledično zadržuje ustrezno vlažnost prsti. Proizvedena električna energija se lahko uporablja neposredno na kmetijski enoti ter tako prispeva k zmanjšanju ogljičnega odtisa in bolj trajnostno naravnemu poljedelstvu. V kmetijski panogi prihaja do velikih sprememb, saj je industrija močno podvržena elektrifikaciji kmetijskih strojev. S proizvodnjo lastne električne energije na svojem ozemlju lahko le-ta prispeva k lažjemu prehodu na energetske bolj učinkovito kmetijstvo. Agrovoltaika lahko tako poveča produktivnost kmetijskih zemljišč s pomočjo dvojne rabe obstoječega zemljišča in prispeva k povečanju skupnega prihodka kmetov. Prav tako prispeva k raznolikosti kmetijskih prihodkov z omogočanjem prodaje električne energije, ali pa samo k zmanjšanju lastnih stroškov pri nakupu električne energije iz omrežja.

Kmetovalec lahko ponuja svoje zemljišče tudi kot storitev za najem in iz tega naslova prejema najemnino od lastnika agrovoltaičnega sistema (Trommsdorff in drugi, 2022).

Sama postavitvev in zasnova agrovoltaičnega sistema je zelo odvisna od vrste kmetijskega pridelka, načinov pridelave zelenjave in posledično uporabe kmetijskih strojev (Fraunhofer ISE, 2022). Za posameznega kmetovalca je namestitev agrovoltaičnega sistema kompleksna in dolgoročna odločitev, saj je potrebno upoštevati uporabo kmetijske mehanizacije, ustrezen izbor kmetijskega pridelka, ki je primerne za gojenje v daljšem časovnem obdobju, ter najti ustrezen način za izrabo proizvedene električne energije. Ključen izziv agrovoltaike je postavitvev in določitev razumne razporeditve sončnega sevanja med proizvodnjo električne energije in gojenjem rastlin. Najpomembnejši dejavnik pri obravnavi kmetijskih vidikov je osenčenje, ki nastane pod fotovoltaičnimi paneli. Nastala senca povzroči novo mikroklimo, ki ima neposreden vpliv na rast in razvoj pridelkov (Marrou, Guilioni, Dufour, Dupraz & Wery, 2013).

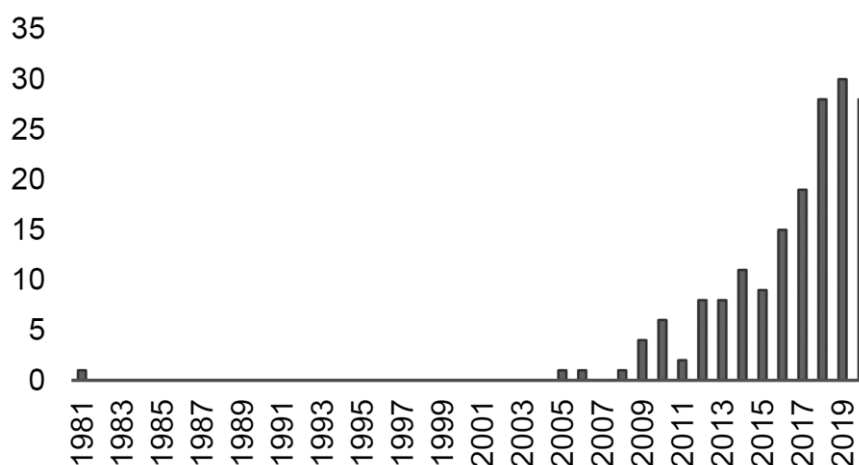
3.2 Zgodovina agrovoltaike

Koncept agrovoltaike je bil prvič predstavljen na nemškem inštitutu Fraunhofer leta 1981. Idejo dvojne rabe kmetijskega zemljišča s pomočjo sončne fotovoltaične energije in kmetijske proizvodnje sta teoretično zasnovala Adolf Goetzberger in njegov sodelavec Armin Zastrow. V znanstvenem članku v mednarodni znanstveni reviji za sončno energijo sta predlagala dvig kovinske konstrukcije in povečala razdaljo med vrstami panelov, da bi dosegla enakomerno sevanje na obdelovalni površini (Goetzberger & Zastrow, 1982), vendar je bilo potrebnih več kot deset let, da se je omenjena tehnologija dejansko prvič uporabila v nadzorovanem okolju in začela podrobno analizirati z novimi strokovnimi študijami. Ena večjih študij je bila opravljena na Japonskem, kjer je inženir Akira Nagashima v okviru prve raziskave analiziral rast pridelkov pod fotovoltaičnimi moduli. Pionir agrovoltaike Nagashima je pilotni koncept testiral leta 2004 in agrovoltaično tehnologijo promoviral pod naslovom »Delitev sončne energije«. Njegovo delo je pritegnilo zanimanje širše javnosti in posledično je bila leta 2012 ustanovljena državna podpora shema za financiranje tovrstnih tehnologij na Japonskem (Sekiyama & Nagashima, 2019). Sledilo je leto 2014, ko je Kitajska namestila prvo večjo agrovoltaično plantažo na svetu in še danes ostaja država z največjo inštalirano zmogljivostjo agrovoltaične tehnologije na planetu (Schindele in drugi, 2020). V EU je bila Francija prva evropska država, ki je pilotno testirala agrovoltaiko spomladi leta 2010 v bližini mesta Montpellier. Kasneje je tudi sistematično podprla agrovoltaiko z rednimi javnimi razpisi, ki jih je inicialno začela izvajati v letu 2017. Financiranje in razvoj panoge je v veliki meri spodbudila raziskava Christiana Dupraza na francoskem inštitutu National de la Recherche Agronomique in program Sun'Agri R&D (Sun'Agri, brez datuma). Leta 2021 se je agrovoltaika v svetu obravnavala kot tržno pripravljena tehnologija, ki je imela v letu 2021 globalno inštalirano zmogljivost več kot 14 GW. Kljub temu pa je v večini subtropskih in pol sušnih območjih agrovoltaika še vedno

neznana tehnologija, čeprav študije kažejo, da je okolijski potencial v omenjenih regijah največji (Trommsdorff in drugi, 2022).

Kot je razvidno s slike 3, se je število objavljenih člankov na temo agrovoltaike znatno povečalo od leta 2016 dalje. Toledo in Scognamiglio sta po opravljeni raziskavi v svojo analizo vključila nabor strokovnih publikacij, ki vsebujejo ključne besede, povezane s agrovoltaično tehnologijo. Do konca leta 2020 je bilo v raziskavo vključenih preko 215 strokovnih člankov in publikacij. Med letom 2020 in sredino leta 2021 je bilo objavljenih vsaj še 20 dodatnih člankov o agrovoltaiki, mednje pa ni bil vključen zbornik prve mednarodne konference o agrovoltaiki, ki je potekala med 14. in 16. oktobrom leta 2020 na spletu pod imenom AgriVoltaic 2020 (Toledo & Scognamiglio, 2021).

Slika 3: Objava strokovnih publikacij od leta 1981 do 2019 na temo agrovoltaike



Vir: Toledo & Scognamiglio, (2021).

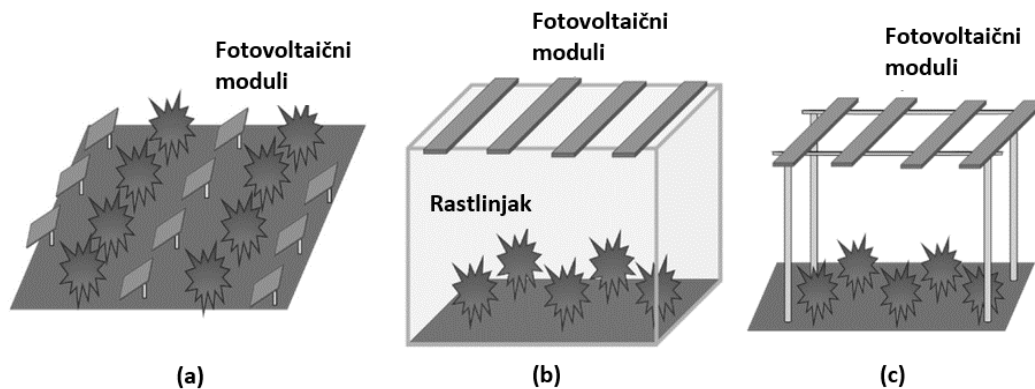
3.3 Vrste agrovoltaičnih sistemov

Pionirja agrovoltaike Sekiyama in Nagashima (2019) sta predlagala tri tipe agrovoltaičnih sistemov, ki lahko omogočajo sočasno pridelavo kmetijskih pridelkov in električne energije na istem kmetijskem zemljišču. Ti trije agrovoltaični sistemi so prikazani na sliki 4.

Prvi tip agrovoltaičnega sistema je bil predlagan v začetku osemdesetih let, kjer so zasnovali prostor med vrstami fotovoltaičnih celic za gojenje kmetijskih pridelkov (Goetzberger & Zastrow, 1982). Drugi tip je klasični sončni rastlinjak, kjer se del zgornje prozorne kritine nadomesti s sončnimi celicami. Uporaba fotovoltaičnih modulov za rastlinjake je perspektiven način za reševanje problemov zaradi pomanjkanja kmetijskih zemljišč in željo po proizvodnji električne energije, saj le-ta omogoča kontinuirano pridelavo hrane in elektrike skozi celo leto (Scognamiglio, Garde, Ratsimba, Monnier & Scotto, 2014). Tretji tip agrovoltaične tehnologije sestoji iz nosilcev s sončnimi celicami, ki so nameščene nad kmetijskimi pridelki. Ta koncept je bil prvotno izumljen leta 2004 (Nagashima & Changdao,

2005). Sama struktura sestoji iz kovinskih profilov, cevi in vzporednih vrst fotovoltaičnih panelov, ki so nameščeni nad tlemi in razporejeni v določenih intervalih, da se zagotovi dovolj sončne svetlobe za fotosintezo. Struktura je zasnovana na način, da zagotavlja zadostno sončno svetlobo za kmetijske pridelke in prav tako dovolj prostora za kmetijsko mehanizacijo (Sekiyama & Nagashima, 2019).

Slika 4: Osnovne tri tehnično različne vrste agrovoltaičnih sistemov



Vir: Sekiyama & Nagashima (2019).

Glavnina študij se je do zdaj osredotočala na tretji tip agrovoltaične tehnologije, ki sestoji iz solarnih panelov nad kmetijskimi pridelki. Najobsežnejše raziskave tretje vrste agrovoltaične tehnologije so bile izpeljane v Franciji (Marrou, Guilioni, Dufour, Dupraz & Wery, 2013), na Japonskem (Tajima & Iida, 2021) in v Združenih državah Amerike (Majumdar & Pasqualetti, 2018). Ugotovitve vseh treh študij kažejo, da se pri rastlinah, ki imajo višjo stopnjo tolerance do osenčenosti, zaradi agrovoltaike produktivnost zemljišča ne zmanjša. Ravno zaradi te ugotovitve bi lahko sprejetje agrovoltaičnih sistemov v normalno kmetijsko uporabo zahtevalo manjšo prilagoditev pri obstoječih praksah kmetijskega gojenja. Kot omenjeno je bila prva študija izvedena v mestu Montpellieru v Franciji leta 2013 (Marrou, Guilioni, Dufour, Dupraz & Wery, 2013). V nabor kmetijskega pridelka za gojenje so vzeli listnato solato s tretjim tipom sistema, ki je imel 0,8 m široke sončne panele na stebrih, nameščene na višini 4 m in nagnjene pod kotom 25°. Ista površina zemlje je bila uspešno uporabljena za proizvodnjo električne energije in listnate solate. Glavni rezultati študije so pokazali, da senčenje, ki je bilo ustvarjeno s strani sončnih panelov, ni imelo pomembnega vpliva na sam pridelek listnate solate. Sam rastni proces in hitrost se nista upočasnili zaradi sončnih panelov, opažena je bila le razlika pri rasti v obdobju mladega razvoja rastline (Sekiyama & Nagashima, 2019).

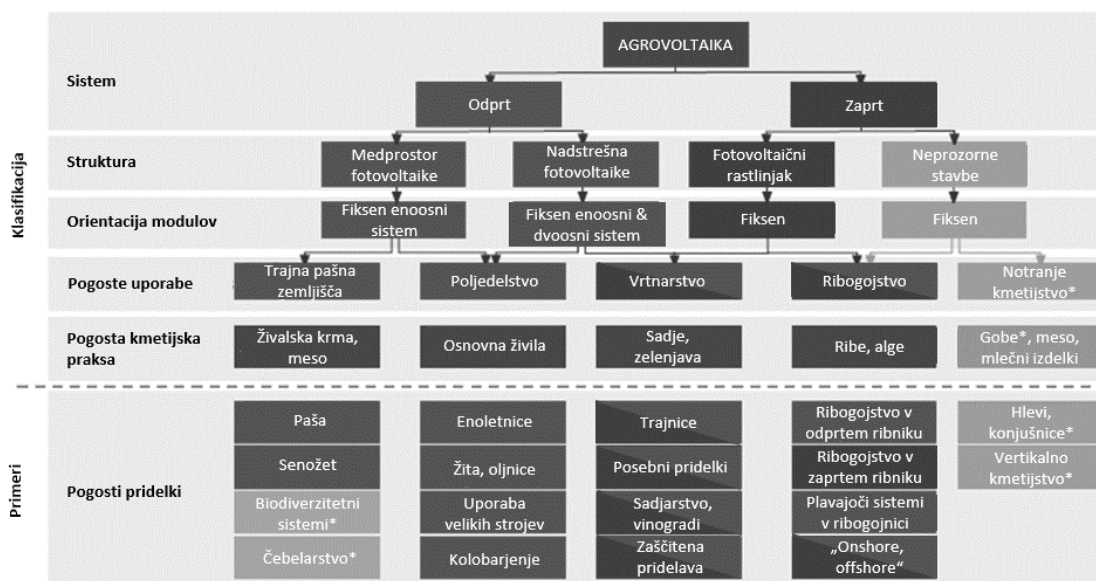
Povezovanje živinoreje in agrovoltaične elektrarne je pogost pristop, s katerim se poveča učinkovitost rabe zemljišča. Pristop omogoča rast travnate površine med in pod klasično solarno elektrarno na tleh, s čimer se oblikuje območje, primerno za pašo živine. Solarni paneli so vsaj za meter in pol dvignjeni od tal, kar omogoča pašo, živina pa ne more poškodovati solarnega sistema. Zaradi višine sistema in ozkega razmika med vrstami

sončnih panelov je možna izključno paša ovac. Sončni paneli nudijo živini zavetje in senco. Študije so ugotovile, da vegetacija pod paneli prispeva k vzdrževanju nizke temperature sončnih panelov, kar povečuje proizvodnjo električne energije (Morris Ridge Solar Energy Center, 2022).

3.3.1 Nemški standard DIN SPEC 91434

Obstoj vseh tehničnih rešitev za vključitev sončne fotovoltaike v kmetijstvo je tako raznoliko kot kmetovanje samo. V grobem jih lahko razdelimo na odprte in zaprte sisteme, kot je prikazano na sliki 5. Vsi zaprti sistemi zajemajo predvsem rastlinjake s sončnimi moduli na strehi, medtem ko se odprti agrovoltaični sistemi delijo na tiste, ki so postavljeni na tleh, in tiste ki so postavljeni nad tlemi. Fotovoltaični moduli v sistemu nad tlemi so nameščeni vsaj 2,1 metra nad obdelovalnimi tlemi, kar predpisuje nemški standard DIN SPEC 91434. Omenjeni standardi so predpisi za dimenzije in lastnosti tehničnih materialov pri izbranih tehnologijah, ki jih predvideva nemški nacionalni inštitut za standardizacijo in je odgovoren za pripravo standardov DIN (Beuth, brez datuma). Pri omenjenem sistemu nad tlemi se obdelovalne površine pod sončnimi moduli lahko uporabljajo za kmetovanje, medtem ko se pri sistemu med vrstami običajno uporablja obdelovalna površina med moduli. Najpomembnejše prednosti sistema med vrstami so nižji stroški postavitve in manjši vpliv na samo območje kmetovanja, medtem ko sistem nad tlemi učinkoviteje izkorišča obdelovalne površine in pridelkom hkrati zagotavlja boljšo zaščito pred neugodnimi vremenskimi vplivi. Na prikazani sliki 5 je podrobno prikazana klasifikacija različnih tehničnih rešitev za agrovoltaično tehnologijo (Fraunhofer ISE, 2022).

Slika 5: Klasifikacija agrovoltaičnih sistemov po Fraunhofer ISE



*Onemogočena postavitev agrovoltaike

Prerejeno po Fraunhofer ISE (2022).

Enako kot pri klasičnih sončnih fotovoltaičnih elektrarnah na tleh lahko tudi agrovoltaične sisteme zgradimo s nepremično podkonstrukcijo ali z gibljivo konstrukcijo, ki omogoča enojno ali dvoosno nagibanje panelov proti sončnim žarkom (Fraunhofer ISE, 2022).

V nadaljevanju se bomo osredotočili predvsem na agrovoltaične sisteme nad kmetijskimi površinami, ki so višji od 2,1 metra. Čeprav agrovoltaika vključuje tudi zaprte sisteme, kot so to na primer rastlinjaki s sončnimi paneli, jih v nadaljevanju ne bomo podrobno analizirali.

Fraunhoferjev inštitut za sončne energetske sisteme ISE in Univerza v Hohenheimu sta v skupnem sodelovanju z nemškim nacionalnim inštitutom za standardizacijo (v nadaljevanju DIN) in drugimi partnerji v enotnem konzorciju začela z razvojem standarda poimenovanega DIN SPEC 91434. Glavni cilj omenjenega standarda je predstaviti razlike med agrovoltaičnim sistemom in konvencionalnimi talnimi sistemi ter jasno opredeliti tehnične zahteve za kmetijsko uporabo agrovoltaike, saj je to ključni predpogoj za uspešno trženje sistemov na trgu. Standard DIN SPEC zakonodajalcem, investitorjem in regulatornim organom zagotavlja osnovo za določanje novih kriterijev kakovosti za gradnjo in delovanje agrovoltaičnih sistemov. V konzorciju je sodelovalo 15 institucij večinoma fotovoltaične panoge, ki so prisostvovali pri sestavi obravnavanega standarda. DIN SPEC se večinoma nanaša na kmetijski vidik agrovoltaike, saj ustrezni tehnični standardi za talne sončno fotovoltaične sisteme že obstajajo. V tabeli 2 so prikazana ključna področja, ki jih zajema DIN SPEC 91434 in sistem kategoriziranja agrovoltaičnih sistemov (Fraunhofer ISE, 2022).

Tabela 2: Kategorizacija in načini rabe zemljišč po standardu DIN SPEC 91434

Agrovoltaični sistemi	Kategorija	Primeri
Kategorija I: Višina z vertikalnim razmikom > 2,1 m Kmetovanje pod sončnimi paneli	1A: Trajne rastline	Jagodičevje, sadno drevje, vinogradništvo, hmelj
	1B: Letni in trajni posevki	Kmetijski pridelki, zelenjava, pašni travniki, krma za živino
	1C: Trajni pašniki za košnjo	Intenzivni pašniki, raznovrstni pašniki
	1D: Trajni pašniki z uporabo za pašo	Trajni pašniki, delni pašniki (npr. za govedo, perutnino, ovce, prašiče in koze)
Kategorija II: Višina z vertikalnim razmikom < 2,1 m Kmetovanje med sončnimi paneli	2A: Trajne rastline	Jagodičevje, sadno drevje, vinogradništvo, hmelj
	2B: Letni in trajni posevki	Kmetijski pridelki, zelenjava, pašni travniki, krma za živino
	2C: Trajni pašniki za košnjo	Intenzivni pašniki, raznovrstni pašniki
	2D: Trajni pašniki z uporabo za pašo	Trajni pašniki, delni pašniki (npr. za ovce, perutnino, prašiče in koze)

Prirejeno po Beuth (brez datuma).

Glavno načelo, ki velja za vse kategorije agrovoltaike, izhaja iz dejstva, da se zemljišča, ki naj bi se uporabljala za namene agrovoltaike, še naprej uporabljajo za kmetijske namene. Najpomembnejša merila in predvsem ključni zahtevki s strani standarda za kmetijsko pridelavo so (Fraunhofer ISE, 2022):

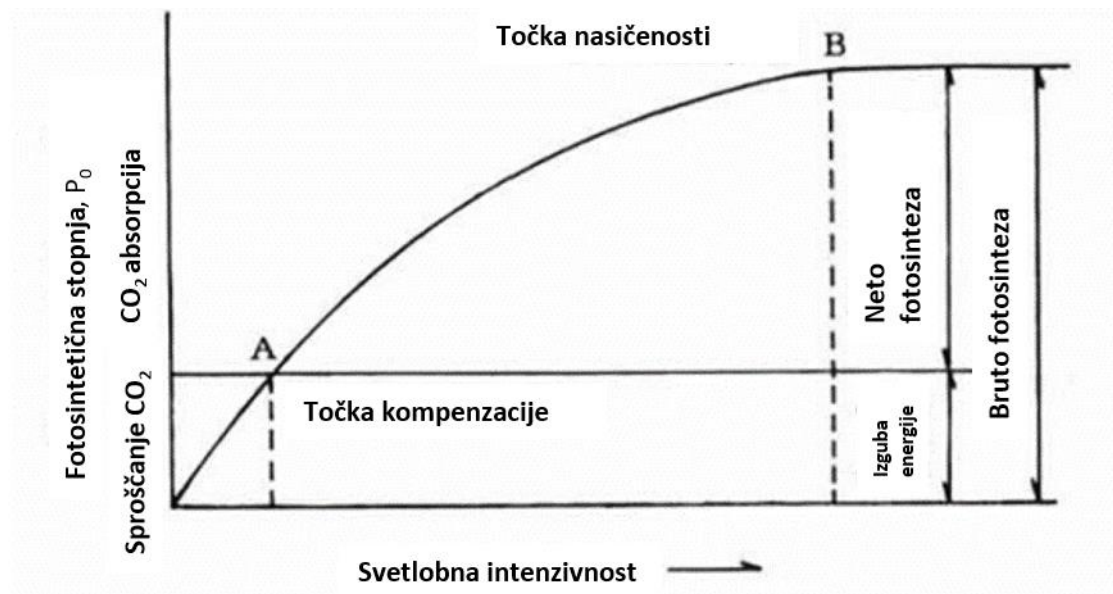
- predhodna kmetijska uporabnost zemljišča mora ostati enaka in načrtovana oblika zemljiške rabe mora biti opisana v kmetijskem načrtu;
- izguba zemljišč po namestitvi agrovoltaičnega sistema ne sme presegati 10 odstotkov celotne površine za kategorijo I in 15 odstotkov za kategorijo II;
- treba je preveriti in prilagoditi razpoložljivost svetlobe, homogenost svetlobe in razpoložljivost vode glede na potrebe kmetijskih pridelkov;
- treba je sprejeti ukrepe za preprečevanje erozije tal in morebitnih poškodb, ki bi nastale zaradi same oblike agrovoltaičnega sistema (poškodbe pri talnem sidranju ali odtekanje vode iz fotovoltaičnih modulov);
- zagotovljeno mora biti, da je kmetijski donos po izgradnji agrovoltaičnega sistema vsaj 66 odstotkov referenčnega pridelka;
- referenčni pridelek se izračuna s pomočjo povprečja donosov v zadnjih treh letih z identičnega kmetijskega zemljišča ali primerljivih podatkov razbranih iz ustreznih kmetijskih publikacij.

3.3.2 Izbira ustreznih kmetijskih pridelkov

Na podlagi trenutno precej zgodnjih raziskav so najprimernejši kmetijski pridelki tisti, ki imajo višjo stopnjo tolerance na zasenčenost. Tudi vse ostale vrste pridelkov lahko uporabimo za sajenje pod agrovoltaičnim sistemom, vendar pa lahko pričakujemo različne negativne učinke na pridelek zaradi učinkov zasenčenosti. Še posebej primerni pridelki za omenjeno tehnologijo, ki imajo visoko senčno toleranco, so vse vrste listnate zelenjave, travniška krma (mešanica trave in detelje), različne vrste koščičastega sadja, jagodičevje in druge posebne vrste pridelkov, kot so divji česen, beluši in hmelj (Fraunhofer ISE, 2022).

Skupen vsem obstoječim raziskavam, izvedenih na obravnavanem področju, je parameter imenovan »točka nasičenosti svetlobe«. Na sliki 6 lahko vidimo prej omenjeno točko, označeno s črko B. Rastline z višje lociranimi točkami nasičenosti s svetlobo zelo dobro rastejo pod intenzivno svetlobo, medtem ko rastline z nižjimi točkami nasičenosti s svetlobo razmeroma dobro rastejo pod pogoji z manj svetlobe (Smith, 1936). Vsaka rastlina ima svojo določeno mejo, kjer doseže nasičenost s svetlobo, kar v praksi pomeni, da imajo nekatere rastline oziroma družine rastlin boljšo toleranco na senco in so posledično tudi bolj primerne za uporabo v agrovoltaiki (Tazawa, 1999).

Slika 6: Odnos med intenzivnostjo sončne svetlobe in hitrostjo fotosinteze



Prirajeno po Tazawa (1999).

V nadaljevanju so predstavljene najrazličnejše raziskave, ki opredeljujejo kmetijske pridelke ob določenih stopnjah osončenosti in so primerni za gojenje v agrovoltaičnih sistemih. Z vidika kmetijske donosnosti pridelka so še posebej zanimive vse zelenolistne rastline in krmne vrste rastlin, na primer detelja, najrazličnejše vrste sadja, jagodičevja, različna zelišča in tudi začimbe. Nekatera sadna drevja in grmi jagodičevja so še posebej primerni za preučevano tehnologijo, saj lahko zatočišče pod sončnimi paneli štiti plodove, ki so še posebej občutljivi na ekstremne vremenske vplive. Stabilni kmetijski donosi, doseženi s pomočjo sončnih panelov, ki ščitijo pridelke pred evaporacijo vode, so s kmetijskega vidika pomembnejši od potencialno zmanjšanega pridelka, ki je povezan z osenčenostjo (Trommsdorff in drugi, 2022).

V tabeli 3 so prikazani rezultati različnih raziskav, ki prikazujejo spremembe donosnosti različnih kmetijskih pridelkov glede na delno zasenčenost in posledično spremembo mikro klimatskih pogojev. Iz nemške študije primera so krompir, zimska pšenica in zelena v prvem letu zmanjšali svoj donos za skoraj 20 odstotkov, v drugem letu pa je bil donos za krompir in zeleno večji za več kot 10 odstotkov (Schindele in drugi, 2020). Predstavljen rezultat s študije primera se popolno sklada s splošnim pričakovanjem, kajti senčenje lahko v obdobjih suše zelo koristi, ker zmanjšuje evaporacijo vode z rastline. Tako lahko sklepamo, da je bila v vročem obdobju evaporacija vode z rastlin manjša zaradi senčenja, kar je pozitivno prispevalo k zmanjšanju stresa rastline, to pa se je neposredno poznalo na kmetijskem donosu (Trommsdorff in drugi, 2022).

Tabela 3: Opravljene študije o donosnosti kmetijskih pridelkov ob uporabi agrovoltaike

Kmetijski pridelek	Lokacija	Stopnja osenčenosti	Sprememba kmetijskega donosa
Zimska pšenica	Heggelbach, Nemčija	35 %	~ (-) 19 %
			~ (+) 3 % (vročinsko poletje 2018)
Krompir	Heggelbach, Nemčija	35 %	~ (-) 18 %
			~ (+) 11 %
Zelena	Heggelbach, Nemčija	35 %	~ (-) 19 %
			~ (+) 12 %
Detelja	Heggelbach, Nemčija	35 %	~ (-) 5 %
			~ (-) 8 %
Paprika Chiltepin	Tucson, Arizona, ZDA	70 % – 80 %	~ (+) 150 %
Češnjev paradižnik	Tucson, Arizona, ZDA	70 % – 80 %	~ (+) 90 %
Zelena solata	Montpellier, Francija	Polovična gostota saditve	~ (-) 19 %
		Normalna gostota saditve	~ (-) 42 %
Vinogradniške trte	Piolenc, Francija	36 %	~ (+) 25 %
		66 %	~ (-) 25 %
Jabolko	Montpellier, Francija	~ 50 %	Podobna stopnja rasti ob manjši porabi vode.
Koruza	Kjoto, Japonska	Manjša gostota saditve	~ (+) 4.9 %
		Višja gostota saditve	~ (-) 3.1 %
Blitva	Deerfield, Massachusetts, ZDA	38 %	~ (+) 70 % (vročinsko poletje 2016)
			~ (-) 25 % (hladno poletje 2017)
			~ (-) 60 % (2018)
Brokoli	Massachusetts, ZDA	38 %	~ (+) 40 %
			~ (-) 40 %
			~ (-) 45 %
Ohrovt	Deerfield, Massachusetts, ZDA	38 %	~ (+) 25 %
			~ (-) 50 %
			~ (-) 45 %
Navadna paprika	Massachusetts, ZDA	38 %	~ (+) 40 %
			~ (-) 40 %
			~ (-) 70 %
Navadni fižol	Deerfield, Massachusetts, ZDA	38 %	~ (+) 350 %
			~ (-) 65 %
Zelje	Massachusetts, ZDA	38 %	~ (-) 30 %

Vir: Trommsdorff in drugi, (2022).

3.4 Trenutni izzivi za projekte agrovoltaike

Razvijalci agrovoltaičnih projektov se soočajo s številnimi regulatornimi, administrativnimi in tehničnimi izzivi, ki neposredno vplivajo na omejitev rasti trga agrovoltaične tehnologije v EU. V naslednjih podglavjih bomo predstavili regulatorne in administrativne ovire v

analizi, pod poglavjem 6.3 pa tudi finančne s primerjalno analizo referenčne agrovoltaične elektrarne s klasično fotovoltaično elektrarno, postavljeno na zemlji.

3.4.1 Regulatorne in administrativne ovire

Ena glavnih ovir pri razvoju agrovoltaične tehnologije v Evropi je pomanjkanje regulatornih okvirjev za podporo in razvoj agrovoltaičnih projektov. Številne države z velikim potencialom za razvoj te tehnologije, kot so Španija, Portugalska in Italija, trenutno še nimajo jasno določenih pravnih okvirjev ali pa državnih spodbud za razvoj omenjenih projektov. Izjema je le Francija, kjer je njihova komisija za regulacijo energije v razpisni dokumentaciji objavila poziv za zbiranje ponudb za izgradnjo in upravljanje inovativnih naprav za proizvodnjo električne energije, ki temeljijo na izrabi sončne energije (French Energy Regulatory Commission, 2017). Obstoječi razpis je bil sicer namenjen vsem inovativnim tehnologijam za izrabo sončne energije in ne posebej agrovoltaiki, kar jo še dodatno zavira in ji ne omogoča pravnih spodbud. Drugače je na Kitajskem oz. Japonskem, kjer nekateri agrovoltaični projekti že več let žanjejo poslovni uspeh, a kljub temu inovativna narava le-teh ne more konkurirati s klasičnimi talno nameščenimi sončnimi sistemi. Večina javnih razpisov v EU temelji na končni ceni celotnega sistema in na proizvedeni količini električne energije glede na velikost sistema, vendar se agrovoltaika na tem mestu ne more kosati s standardnimi javnimi razpisi za OVE. Glavnina omenjenih razpisov je usmerjenih na klasične sončne elektrarne, ki pa se glede na donosnost in začetno investicijo razlikujejo od klasičnega agrovoltaičnega projekta, saj je smisel le-tega dodatna izraba kmetijskega zemljišča in ne zgolj proizvodnja električne energije (Solar Power Europe, 2021).

Ob naštetem je vredno izpostaviti še eno oviro pri razvoju agrovoltaičnih elektrarn v Evropi. Kmetje, ki se odločijo na svoje zemljišče postaviti omenjene elektrarne lahko pričakujejo potencialni izpad kmetijskih subvencij. V Nemčiji so kmetje na primer izgubili neposredno finančno podporo takoj po tem, ko so postavili agrovoltaičen sistem. Kasneje je sodišče odločitev razveljavilo kot kršitev prava EU, saj naj bi bila izvedba skupne kmetijske politike v Nemčiji v nasprotju z evropskim pravom. Ob naštetem se razvijalci agrovoltaičnih sistemov soočajo s težavami pri pridobivanju dovoljenj za načrtovanje in izvedbo projektov. To je posledica pomanjkanja znanja pri lokalnih organih, ki so zadolženi za vrednotenje in presojo posamezne vloge (Solar Power Europe, 2021).

3.4.2 Tehnične ovire

Ena pomembnejših tehničnih ovir je razpoložljivost ustreznih sončnih panelov in kovinskih struktur, ki so primerni za agrovoltaične projekte. Največji proizvajalci na trgu solarnih panelov še ne ponujajo modulov, ki bi bili primerne velikosti in ustrezne sestave za agrovoltaiko. Sončni moduli in kovinske strukture morajo biti zasnovani na način, da so sončni žarki in sence, ki padejo na tla, optimalni za kmetijske pridelke. Kar zadeva izbire

modulov, so najprimernejši tisti, ki imajo prozorno hrbtno stran, saj so zaradi svoje transparentnosti še posebej primerne za agrovoltaične sisteme (Solar Power Europe, 2021).

Eden od ključnih tehničnih izzivov je tudi zagotovitev električne varnosti, saj so v okolici agrovoltaičnih elektrarn prisotni kmetijski delavci, stroji in živali. Poleg tega morajo biti kovinske nosilne strukture zasnovane na način, da lahko vzdržijo močne vetrove z vseh strani. Različne kmetijske dejavnosti, kot so na primer obdelovanje kmetijskih površin in uporaba gnojil v pršilih, lahko privedejo do širjenja umazanije in prahu, kar lahko neposredno vpliva na učinkovitost in trajnost delovanja sončnih modulov ter posledično njihove izhodne moči. Drugi izziv sta kakovost in stabilnost internetne povezave za potrebe video nadzora in merjenja proizvodnje same agrovoltaične elektrarne. Najpomembnejša stvar pa je povezana s kapaciteto razpoložljivega električnega omrežja, saj velikokrat podeželska območja nimajo tako zmogljivega elektro distributerskega omrežja, kar lahko poveča celotne stroške investicije zaradi priključitve na omrežje in neposredno vpliva na izvedljivost projekta (Solar Power Europe, 2021).

4 OBLIKE SPODBUJANJA OBNOVLJIVIH VIROV

Elektroenergetski sistem obsega ene najbolj dinamičnih dejavnosti zaradi dejstva, da tega vira energije še ni mogoče učinkovito shranjevati. S 1. julijem 2007 se je slovenski elektroenergetski sistem v celoti liberaliziral, kar pomeni, da imajo vsi odjemalci svobodo pri izbiri svojega dobavitelja električne energije (Agencija za energijo, 2022b). Elektroenergetske dejavnosti obsegajo proizvodnjo električne energije, dobavo električne energije, trgovanje z električno energijo, shranjevanje energije, agregiranje, dejavnost systemskega operaterja, dejavnost distribucijskega operaterja, dejavnost operaterja trga z električno energijo kot opredeljuje Zakon o oskrbi z električno energijo (ZOEE), Ur. l. RS, št. 172/2021. V nadaljevanju, za potrebe razumevanja analize magistrskega dela, podrobneje opredeljujemo načine izvajanja sistema podpor, ki ga nudi slovenski organizator trga z električno energijo.

4.1 Sistem podpor

Slovenski organizator veleprodajnega trga z električno energijo je družba Borzen d. o. o., ki prevzema naloge vodenja bilančnih shem, evidentiranja bilateralnih pogodb, izdelave okvirnega voznega reda ter bilančne obračune in finančne poravnave. Borzen nudi tudi trgovanje na platformi za izravnalno energijo. Platforma se izvaja preko aplikacije, preko katere systemski operater (ELES) kupuje in prodaja energijo, namenjeno izravnavi odstopanj elektroenergetskega sistema (Borzen, brez datuma a). Ena izmed pomembnih nalog družbe Borzen je tudi center za podpore, v sklopu katerega nudijo podporne sheme kot instrumente državnih pomoči oz. subvencije. Z namenom doseganja državnih ciljev glede deleža uporabe OVE v končni porabi Borzen v skladu s potrdili Evropske unije omogoča realizacijo

investicij v OVE in visoko učinkovito sproizvodnjo toplote in električne energije (v nadaljevanju SPTE) (Borzen, brez datuma b).

Obravnavana fotovoltaična tehnologija sodi med razmeroma mlade panoge, za katere je za njihov obstoj v začetnih letih še kako pomembna državna podpora. Zaradi visokih začetnih stroškov investicij so države uvajale najrazličnejše sisteme podpornih shem za odkup električne energije proizvedene iz sončnih elektrarn (angl. Feed in Tariff, v nadaljevanju FiT). Države so posledično pritegnile investitorje in jih z zagotovljenimi odkupi spodbujale k investiranju v OVE. Zaradi prej omenjenih shem pa so te vrste investicij postale tudi ekonomsko upravičene (PV portal, brez datuma).

Sistem podpor predstavlja orodje državne pomoči, ki z zagotavljanjem višjih odkupnih cen spodbuja naložbe okolju prijaznih načinov proizvodnje električne energije. Kot že omenjeno, je ena izmed nalog Borzena ravno upravljanje tega sistema državnih subvencij, kjer so zadolženi predvsem za pravilno izplačevanje podpor proizvodnim enotam, ki so del tega sistema. V podporno shemo lahko vstopijo proizvodne naprave, ki so bile prijavljene na javni poziv za vstop v podporno shemo s strani Agencije za energijo (v nadaljevanju AGEN). Podpore so namenjene proizvodnim napravam, ki izkoriščajo obnovljive vire energije in imajo nazivno električno moč do 10 MW, razen za naprave za izrabo vetrne energije, kjer je meja postavljena pri 50 MW. Prav tako se podpore dodeljujejo proizvodnim napravam s sproizvodnjo z visokim izkoristkom, vendar le do 20 MW nazivne električne moči (Agencija za energijo, brez datuma).

Podpore se izvajajo na naslednji način (Agencija za energijo, brez datuma):

- Za proizvodne naprave z nazivno močjo do največ 500 kW se zagotavlja odkup električne energije, ki je dobavljena v javno omrežje in prevzeta s strani Centra za podpore – Borzena. Odkupna cena električne energije je enaka ponujeni ceni za tovrstno električno energijo. Borzen v tem primeru prevzema elektriko in jo plačuje po ceni, ki je določena skladno z odločbo o dodelitvi podpore, ki jo izda AGEN.
- Za proizvodne naprave z nazivno močjo nad 500 kW se zagotavlja finančna pomoč za tekoče poslovanje oz. obratovalna podpora. Ta pomoč se nanaša na neto proizvedeno električno energijo, ki jo proizvajalci prodajo na trgu ali porabijo za lastno uporabo. Finančna pomoč predstavlja razliko med ponujeno ceno električne energije in referenčno ceno električne energije. Borzen v tem primeru ne prevzema oz. plačuje elektrike, temveč na podlagi proizvedenih neto količin elektrike le izplačuje obratovalno podporo. Namen je, da se proizvodni napravi nadomesti razliko med proizvodnimi stroški in tržno ceno (Borzen, brez datuma c).

V prijavi projekta v podporno shemo prijavitelj določi ceno električne energije, ki bo proizvedena v napravi, izraženo v evrih na megavatno uro (EUR/MWh), v skladu z Metodologijo za določanje cene elektrike in referenčnih stroškov proizvodnje električne energije v napravah OVE in SPTE. Omenjena ponujena cena električne energije proizvodne

naprave ne sme presegati vrednost referenčnih stroškov proizvodnje elektrike v proizvodni napravi, ki predstavljajo zgornjo mejo ponujene cene električne energije proizvodne naprave. Poleg tega v prijavi navede tudi načrtovano letno količino električne energije, ki bo proizvedena v napravi iz prijavljenega projekta, izraženo v megavatnih urah (Agencija za energijo, brez datuma).

4.2 Sistem neto meritev za samooskrbne sončne elektrarne

Samooskrba s sončno energijo se nanaša na proizvodnjo lastne električne energije, s katero pokrivamo lastne potrebe po elektriki. Podrobneje samooskrbo določa uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (ZSROVE), Ur. l. RS, št. 17/19, 197/20 in 121/21. V povezavi s sončnimi elektrarnami velikokrat povezujemo tudi sistem neto meritev (angl. net metering), ki predstavlja sistem obračunavanja proizvedene in porabljene električne energije iz mikro sončne elektrarne (Epeu, 2021).

Že leta 1979 so v ameriški zvezni državi Massachusetts prvič vzpostavili tako imenovano povezavo z neto merjenjem priklopa, kar je storil arhitekt in pionir sončne energije Steven Strong. V svojih dveh projektih s skupno kapaciteto 5 kW je dodal sončne fotovoltaične panele in uspešno testiral in predstavil sistem neto meritev (CleanTechnica, 2015).

Koncept neto meritev predstavlja merjenje porabljene in proizvedene električne energije posameznega odjemalca, ki proizvaja lastno električno energijo z lastnimi proizvodnimi napravami. Merjenje se izvaja s pomočjo dvosmernega števca ali enega para enosmernih števcov, ki se vrtita v nasprotnih smereh. V primeru, da proizvodnja električne energije preseže porabo, se števec za elektriko vrti v nasprotno smer in s tem omogoča spremljanje dejanske porabe in dejanske proizvodnje posameznega subjekta v določenem obdobju. Čeprav je koncept neto meritev najpogostejše uporabljen v Združenih državah Amerike, ga uporabljajo tudi države EU, kot sta Italija in Nemčija, do konca leta 2023 pa bo v uporabi tudi še pri nas (Klein in drugi, 2010).

Kot omenjeno, je glavna prednost koncepta samooskrbe v tem, da se prevzeta in oddana električna energija iz omrežja izravna preko dvosmernega števca. V praksi to pomeni, da odjemalec s samooskrbno sončno elektrarno plača samo razliko, v kolikor je prevzel več elektrike, kot pa je oddal. V tem primeru je sončna elektrarna proizvedla manj viškov energije, kot je bilo ob mankih porabljenih. V kolikor pa je odjemalec prevzel manj, ne plača ničesar, ampak samo obvezne fiksne dajatve. Povedano drugače – če sončna elektrarna proizvede več viškov energije, kot je bilo prevzeto iz omrežja ob mankih, je poračun enak 0. Skladno z Uredbo o samooskrbi se torej višek proizvedene električne energije neodplačno prenese v last prodajalca. Trenutni sistem neto meritev po Energetskem zakonu (EZ-1), Ur. l. RS, št. 60/2019 ni skladen z evropsko direktivo o trgu z električno energijo, zato je obračun po novem sistemu samooskrbe na podlagi Zakona o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije in predloga uredbe zastavljen na način, kot ga določa direktiva 2019/944/EU. Omenjena direktiva ne dovoljuje trenutnih sistemov neto meritev prevzetih in oddanih

količin elektrike za vse subjekte, ki vstopajo v sistem samooskrbe po 31. decembru 2023. Osnovni koncept individualne in skupnostne samooskrbe ostaja nespremenjen, vendar je nadgrajen z oprostitvami ali delnimi oprostitvami plačil določenih prispevkov za končne odjemalce s samooskrbo. Poleg tega je vstop v sistem samooskrbe omogočen vsem končnim uporabnikom, ki so priključeni na distribucijsko omrežje in potencialnim investitorjem nudijo finančno pomoč v obliki nepovratnih sredstev za investiranje v OVE (Janjič, 2022).

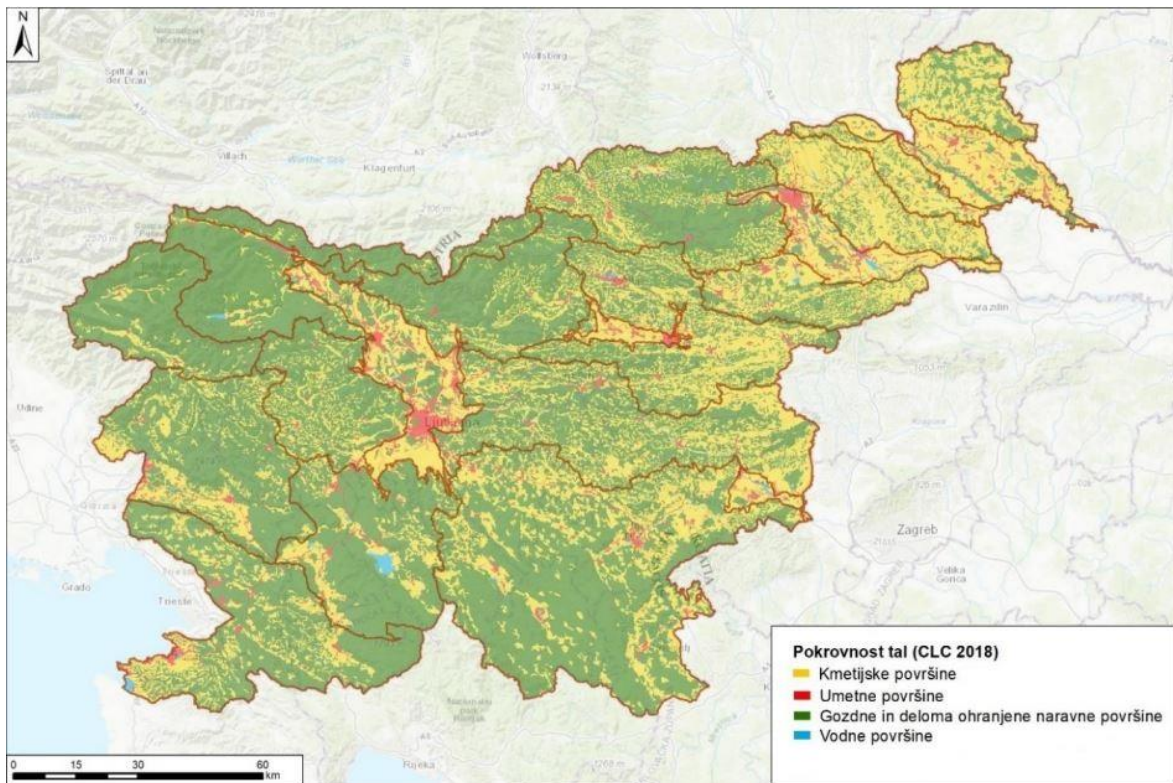
5 ANALIZA LOKACIJSKIH POTENCIALOV V SLOVENIJI

Poljedelstvo predstavlja ključno vejo kmetijstva, ki ima pomembno vlogo pri zagotavljanju hrane za ljudi in krme za živali. Čeprav naravne danosti v večjem delu Slovenije niso najugodnejše za razvoj poljedelstva, je kmetijska panoga ključnega pomena pri samooskrbi s hrano in za zagotavljanje prehranske varnosti v državi. Trenutno stanje v poljedelstvu zahteva vse več pozornosti, saj postaja pridelava kmetijskih pridelkov vedno kompleksnejša in zahtevnejša. Razlog za to so ekstremni vremenski pogoji, kot so suša in močni nalivi s točo, ter podražitev vhodnih surovin za proizvodnjo kmetijskih pridelkov. Po podatkih iz leta 2020 je bilo v Sloveniji 56.968 kmetijskih gospodarstev, ki so obdelovala skoraj 175.531 hektarjev njiv. V primerjavi s popisom iz leta 2010 se je število kmetijskih gospodarstev zmanjšalo za desetino, medtem ko se je površina obdelovalnih njiv povečala za približno 3 odstotke (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2023).

S satelitskih posnetkov zajetih leta 2018 po metodologiji Corine Land Cover (CLC 2018), prikazanih na sliki 7 so gozdovi pokrivali več kot polovico kopenskega ozemlja Slovenije. Njihov delež je bil 56 odstoten, skupaj z grmičastim gozdom pa 58 odstoten. Drugo pretežno naravno rastje je zavzemalo približno 3 odstotke celotne površine. Približno 34 odstotkov slovenskega ozemlja je bilo namenjeno kmetijstvu, pri čemer so umetne površine zajemale manj kot 4 odstotke ozemlja, vodna območja pa so predstavljala manj kot 1 odstotek celotnega ozemlja Slovenije (Geodetski inštitut Slovenije, 2019).

Kot je razvidno s slike 7, je glavnina kmetijskih površin v severovzhodnem delu Slovenije, kjer so pogoji zaradi ravninskega sveta tudi najbolj optimalni. Drugi večji skupek kmetijskih površin je na jugovzhodu Slovenije (območje Brežic in Kozjanskega parka). Omembe vredni bogati kmetijski območji sta tudi Celjska in Ljubljanska kotlina s poudarkom na barju ter Vipavska dolina skupaj z vinogradniškim območjem tik ob slovenski obali.

Slika 7: Pokrovnost tal po metodologiji CLC 2018

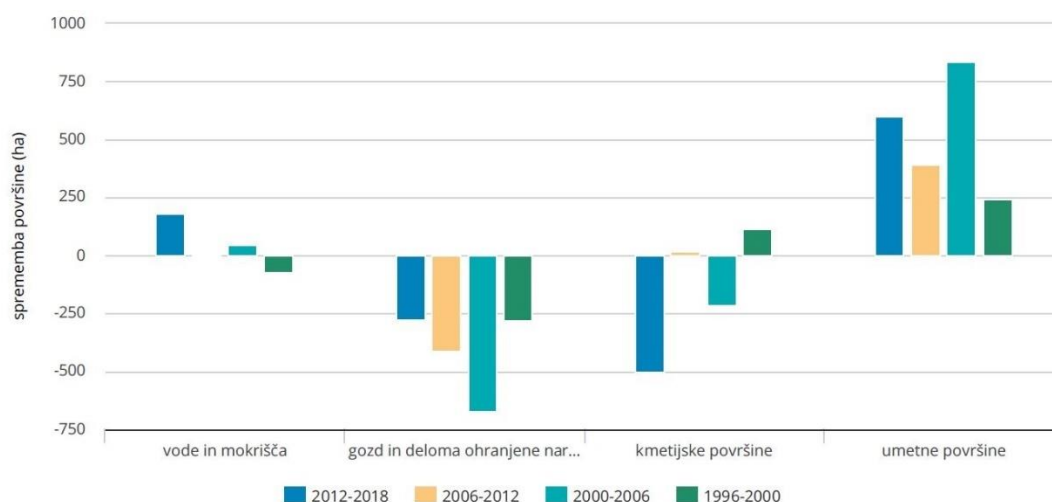


Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje (2023).

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije so v Sloveniji v letu 2020 njivske površine pokrivala 176.092 ha, kar je povečanje za 3,5 odstotne točke glede na leto 2010. Trajni nasadi so v desetih letih merjenja ostali skoraj na isti ravni, saj so se povečali le za 0,6 odstotne točke na skupno površino 26.969 ha v letu 2020. Občuten upad kmetijskih površin je viden pri vinogradništvu, saj so se vinogradi skrčili za 2,7 odstotne točke v samo petih letih na 15.261 ha v letu 2020 (Statistični urad Republike Slovenije, 2021).

Poleg tega je mogoče zaznati na sliki 8 znatno fragmentacijo kmetijskih površin, kar lahko negativno vpliva na ekonomsko učinkovitost kmetijske proizvodnje, vendar pa je z vidika ohranjanja krajinske pestrosti, biotske raznolikosti ter naravne in kulturne dediščine slovenske pokrajine le-to ključno ohraniti.

Slika 8: Spremembe vsote površin kategorij po krovnosti in rabe tal v RS (CLC 2018)



Vir: Geodetski inštitut Slovenije (2019).

Kot je razvidno s slike 8, so se kmetijske površine v obdobju 2012–2018 zmanjšale za približno 503,96 ha, kljub temu pa je v preteklih obdobjih vidno tudi pozitivno povečanje kmetijskih površin za 20 ha v obdobju 2006–2012 oziroma 112,67 ha v obdobju 1996–2000. Kumulativno zmanjšanje čez celotno preučevano obdobje od 1996–2018 je enako 582,38 ha v izpad kmetijskim površinam. Na podlagi teh podatkov lahko sklepamo, da so se v Sloveniji v obdobju med leti 1996 in 2018 pojavile različne spremembe na površinah voda in mokrišč, gozdov, kmetijskih površin ter umetnih površin. Te spremembe so lahko posledica različnih dejavnikov, vključno z urbanizacijo, izsekavanjem gozdnih površin ter prestrukturiranjem in združevanje kmetijskih območji.

5.1 Pregled površin kmetijske pridelave

Skupne kmetijske površine so se v zadnjih desetletjih močno skrčile, vendar kljub temu Kmetijski inštitut Slovenije ocenjuje, da bo sedaj obseg površin ostal nespremenjen glede na pretekla leta, in sicer v skupni velikosti približno 480 tisoč hektarjev. V primerjavi z letom 2021 so se povprečno zmanjšale površine trajnih nasadov za približno dva odstotka, medtem ko so površine njiv ostale nespremenjene glede na pretekla leta. (Kmetijski inštitut Slovenije, 2022). S celotne strukture kmetijskih površin prikazanih v tabeli 4 lahko vidimo, da večino kmetijskih površin predstavlja pridelava koruze, ki se uporablja za pridelavo zrnja, ter silažna koruza za krmo živine. Žita, kot so pšenica, pira in ječmen, pa so uporabljena za prehranske namene. Kmetijska panoga vinogradništva prav tako predstavlja velik delež skupne površine, ki pa z leti vztrajno pada.

Tabela 4: Pridelava kmetijskih pridelkov, sadja in grozdja v letih 2021 in 2022 v RS

Kmetijski pridelek	Površina v 2021 [v ha]	Površina v 2022 [v ha]	Indeks 2022/21 [v %]	Pridelek v 2021 - skupaj [v t]	Pridelek v 2022 - skupaj [v t]	Indeks 2022/21 [v %]
Koruza za zrnje	41.402	41.562	100,39	388.830	277.818	71,45
Silažna koruza	29.663	29.625	99,87	1.272.059	942.509	74,09
Pšenica in pira	26.785	27.564	102,91	154.451	150.753	97,61
Ječmen	21.863	22.546	103,12	119.132	112.455	94,40
Tritikala	5.152	5.171	100,37	26.389	25.149	95,30
Oljna ogrščica in repica	2.806	2.937	104,67	6.905	7.550	109,34
Soja	1.893	2.330	123,09	4.811	5.344	111,08
Hmelj	1.535	1.622	105,67	2.186	2.283	104,44
Krompir	196	207	105,61	3.615	3.720	102,90
Jabolka	2.093	2.027	96,85	23.011	48.838	212,24
Hruške	1.489	1.571	105,51	915	2.444	267,10
Breskve in nektarine	237	231	97,47	325	1.952	600,62
Marelice	227	224	98,68	1.167	3.327	285,09
Česnje in višnje	221	227	102,71	528	4.017	760,80
Jagode	119	129	108,40	1.543	2.309	149,64
Grozdje skupaj	14.874	14.410	96,88	84.159	78.018	92,70
Belo grozdje	10.327	9.946	96,31	61.169	55.695	91,05
Rdeče grozdje	4.547	4.465	98,20	22.990	22.323	97,10

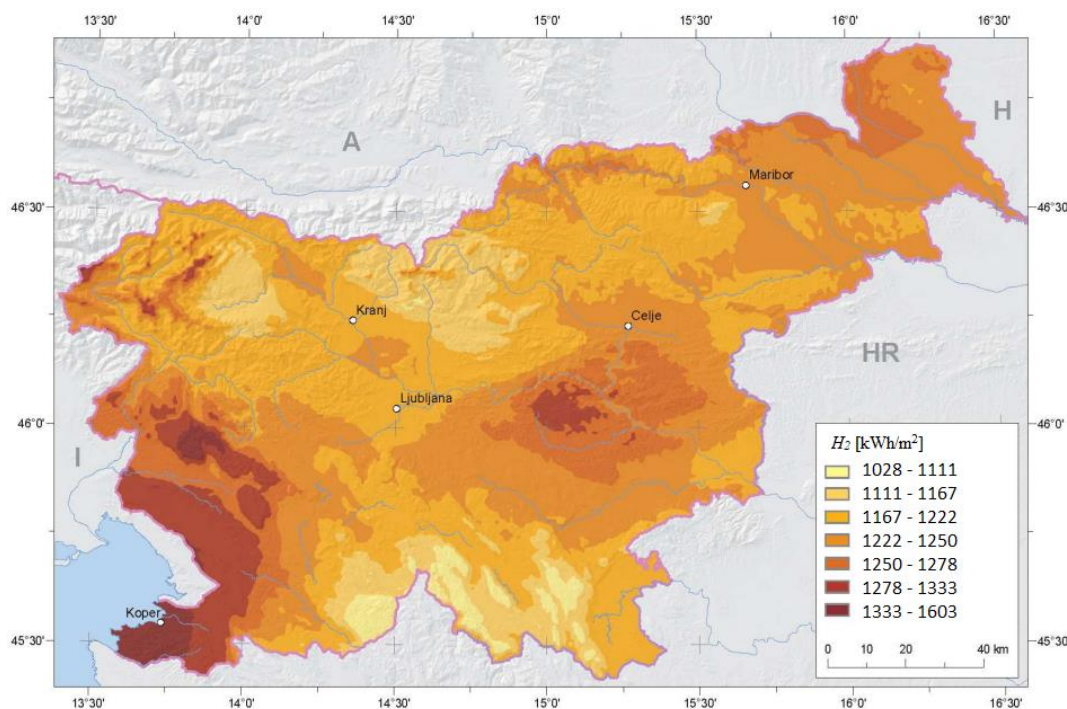
Vir: Statistični urad Republike Slovenije (2023).

5.2 Sončno obsevanje Slovenije

Slika 9 prikazuje povprečno globalno horizontalno obsevanje Slovenije v obdobju od leta 1994 do leta 2018. Povprečna količina sončnega sevanja na kvadratni meter je v Sloveniji znašala približno 1240 kWh/m². V goratem predelu Slovenije ter na Primorskem prihaja do odstopanj od povprečja. Vrednosti sončnega sevanja v teh predelih so nižje, približno 1.022 kWh/m² v hribovitih predelih in višje, približno 1.350 kWh/m² na Primorskem (Kern, 2022).

Na podlagi podatkov s slike 9 in tabele 5 lahko sklepamo, da je Slovenija na splošno dobro obsijana s soncem, kar posledično omogoča smiselno postavitve sončnih elektrarn, ki temeljijo na fotovoltaični tehnologiji. Kljub vsemu je potrebno upoštevati, da se sončno obsevanje spreminja glede na lokacijo in letni čas v koledarskem letu.

Slika 9: Povprečno letno sončno obsevanje [kWh/m^2] med leti 1993 in 2003 v RS



Vir: Kastelec, Rakovec & Zakšek (2007).

Na podlagi do sedaj zbranih podatkov glede kmetijske aktivnosti na območju RS in povprečne letne osončenosti lahko sklepamo, da imamo v slovenskih kmetijskih regijah potencial za razvoj agrovoltaike. Kot predstavljeno v teoretičnem delu, poznamo več vrst agrovoltaike, od pašnje drobnice med samostoječimi fotovoltaičnimi paneli do nižjih in višjih konstrukcij s solarnimi paneli. Pri proizvodnji električne energije s pomočjo sonca je ključno, da se solarna elektrarna nahaja na območju, ki ima celo leto kar se da visoko povprečno sončno obsevanje. V tabeli 5 lahko vidimo, da je najvišja osončenost v Sloveniji v jugozahodnem delu države, torej obalno-kraškem in goriškem predelu, omenjene vrednosti pa sovpadajo s sliko 9. Po zbranih podatkih lahko sklepamo, da je najbolj smiselna lega za agrovoltaično tehnologijo jugozahodni del Slovenije, v nadaljevanju okoliš Slovenske Istre.

Tabela 5: Povprečna letna osončenost in površina po regijah v RS v letu 2016

Pokrajina	Letna osončenost [v kWh/m^2]	Površina [v km^2]
Obalno-kraška	1.339,6	1.322,8
Goriška	1.319,4	2.325,7
Pomurska	1.254,2	1.334,1
Jugovzhodna	1.239,4	2.105,1
Spodnjeposavska	1.232,7	889,1
Podravska	1.232,2	2.159,5

se nadaljuje

Tabela 5: Povprečna letna osončenost in površina po regijah v RS v letu 2016 (nad.)

Pokrajina	Letna osončenost [v kWh/m ²]	Površina [v km ²]
Koroška	1.230,9	1.040,8
Notranjsko-kraška	1.230,0	1.233,1
Osrednjeslovenska	1.211,5	3.124,7
Zasavska	1.210,4	263,5
Gorenjska	1.200,3	2.148,5
Savinjska	1.179,4	2.324,6
Slovenija	1.240,0	20.271,5

Vir: Kovač, Urbančič & Staničič (2018).

Glede izbire ustreznega kmetijskega pridelka za lokacijsko in ekonomsko analizo agrovoltaike smo izbrali pridelak, ki ga najpogosteje najdemo v okolišu Slovenske Istre in na katerem so že bile opravljene študije agrovoltaike v tujini. Gre za vinogradništvo, ki je v Sloveniji prisotno že stoletja, ampak v zadnjih desetletjih beležimo upad obdelovalnih površin. Namestitev sončnih panelov nad vinogradi lahko predstavlja dodaten vir prihodka za vinogradnike. Ob pridelavi grozdja in vina lahko pridobivajo tudi električno energijo, ki jo lahko prodajajo ali uporabljajo za lastne potrebe. To lahko pomaga izboljšati gospodarsko vzdržnost vinogradniške dejavnosti in zmanjša odvisnost od tradicionalnih virov dohodka. Uporaba agrovoltaike nad vinogradi se ujema s konceptom trajnostnega razvoja, ki združuje ekonomsko uspešnost, družbeno koristnost in varstvo okolja. Ta pristop lahko prispeva k trajnostni in odgovorni vinogradniški praksi ter k ohranjanju naravnih virov za prihodnje generacije.

Slika 10: Slovenske vinorodne dežele in okoliši



Vir: Lenič (2020).

5.3 Umeščanje v prostor z obzirom na Naturo 2000

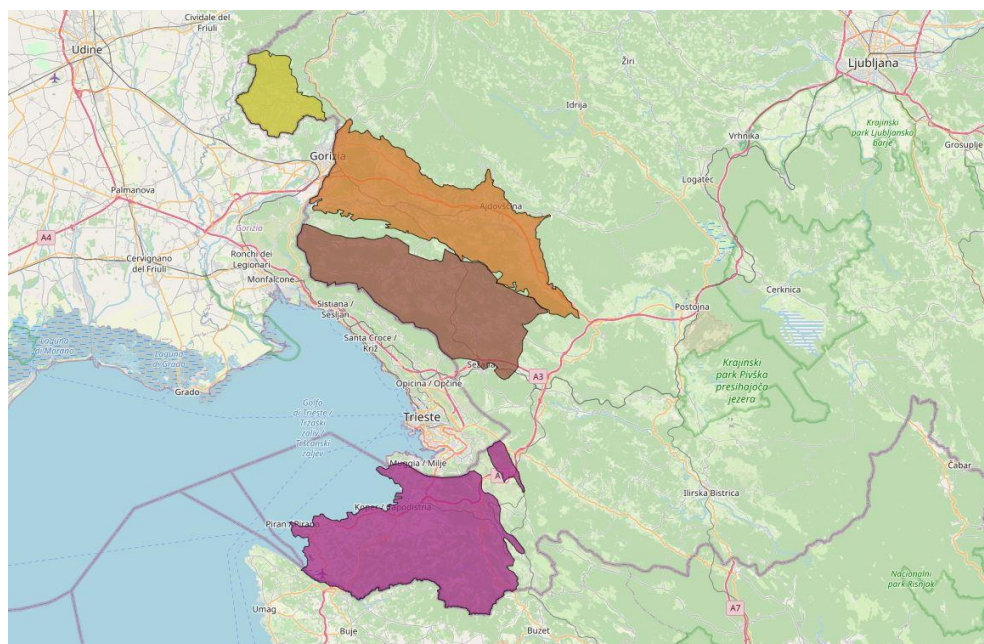
Vinorodna območja Slovenske Istre predstavljajo pomemben del slovenske vinogradniške in kulturne dediščine. Območja na tem delu Slovenije so znana po svoji bogati vinogradniški tradiciji in vrhunskih vinih, ki jih pridelujejo. Pri načrtovanju in izvedbi agrovoltaičnih projektov na teh območjih je pomembno upoštevati tudi vidike varovanja okolja. Nekatera območja Slovenske Istre so namreč uvrščena v varstvena področja, ki imajo posebne pogoje in omejitve glede uporabe zemljišč. Zato je ključnega pomena identifikacija območij, ki so primerna za agrovoltaiko in obenem ne spadajo v kakršno koli varstveno območje, kot je Natura 2000.

Natura 2000 je mreža posebnih varstvenih območij, ki je razglašena v državah članicah Evropske unije z osnovnim namenom identifikacije, ohranjanja in zaščite vseh območij z visoko biotsko raznolikostjo. Globalno gledano je Natura 2000 ena glavnih svetovnih mrež za zmanjševanje upada biotske raznolikosti, saj je primarni cilj ohranjanje ogroženih živalskih in rastlinskih vrst ter njihovih habitatov na evropskih tleh. Slovenija med vsemi državami članicami EU izstopa po najvišjem deležu območij, ki kumulativno pokrivajo skoraj 38 odstotkov celotne površine države. Ta območja so v največji meri različni gozdni ekosistemi, mokrišča, travniki in v določeni meri tudi kmetijske obdelovalne površine, na katerih je potrebno upoštevati vsa načela strogih varstvenih ukrepov glede kmetovanja (Kermavnar, Kozamernik & Kutnar, 2023).

V nadaljevanju magistrskega dela bomo s pomočjo različnih digitalnih kart in analitičnih metod identificirali potencialna območja za agrovoltaiko v okolišu Slovenske Istre. Na podlagi podatkov o vinorodnih območjih, varstvenih območjih ter Naturi 2000 bomo izvedli lokacijsko analizo, ki nam bo omogočila identifikacijo vseh ustreznih ozemelj, ki izpolnjujejo pogoje za agrovoltaične projekte, ne da bi pri tem ogrozili naravne danosti.

Slika 11 predstavlja vinorodno deželo Primorske, ki vključuje štiri glavne vinorodne okoliše z bogato razvitim vinogradništvom. Najbolj severnoprimorski okoliš, označen z rumeno barvo, so Goriška brda, proti jugu ji sledi okoliš Vipavske doline, nato Krasi in okoliš Slovenske Istre.

Slika 11: Slovenske vinorodne dežele Primorske regije



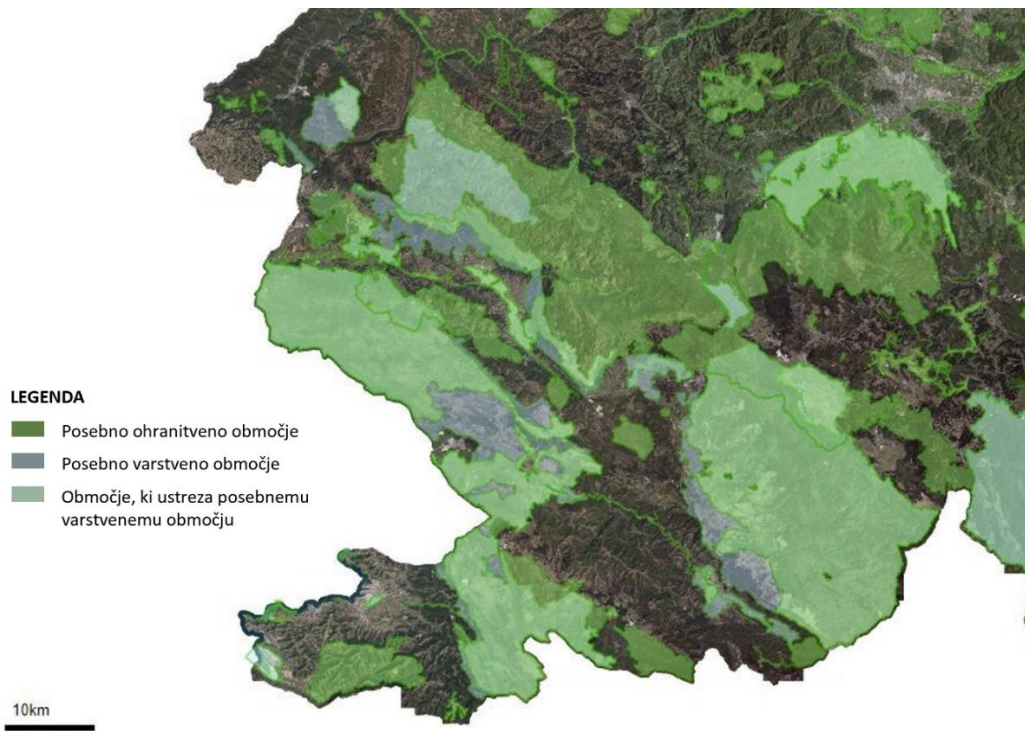
Vir: Korenč (2018).

V nadaljevanju bomo uporabili interaktivni naravovarstveni atlas Slovenije, s katerim bomo identificirali vsa varstvena območja in območja Nature 2000 na območju vinorodne dežele Primorske. Uporaba interaktivne mape nam bo omogočila natančen pregled ter razumevanje prostorske porazdelitve in ekoloških značilnosti teh območij. Z združevanjem geografskih podatkov in informacij o varstvenih statusnih območij bomo pridobili celovit vpogled v njihovo razporeditev ter možnost umestitve agrovoltaičnih sistemov v to pestro varstveno območje.

Cilj naše analize je identificirati območja vinorodne dežele Primorske, ki so primerna za implementacijo agrovoltaike in hkrati niso vključena v katerokoli varstveno območje. S pomočjo interaktivne mape bomo prepoznali takšna območja ter jih označili kot potencialno primerna za postavitve sončnih elektrarn na osnovi fotovoltaike. S tem bomo omogočili usmerjeno in trajnostno rabo prostora, ki je v skladu z ohranjanjem naravne dediščine ter biotske raznovrstnosti.

Za doseg cilja bomo najprej preverili pokritost Nature 2000 na območju primorske vinorodne regije s pomočjo digitalnega naravovarstvenega atlasa Slovenije. Zbrane podatke o območjih Nature 2000 bomo dopolnili z ostalimi varstvenimi območji, kot so Ekološko pomembno območje (v nadaljevanju EPO), Naravne vrednote (v nadaljevanju NV) in Zavarovana območja (v nadaljevanju ZO), kar nam bo omogočilo natančno in celovito analizo ter identifikacijo primernih lokacij za agrovoltaike na slovenski primorski. Kot lahko razberemo s slike 12, varstvena območja Nature 2000 pokrijejo glavnino štirih vinorodnih dežel Primorske.

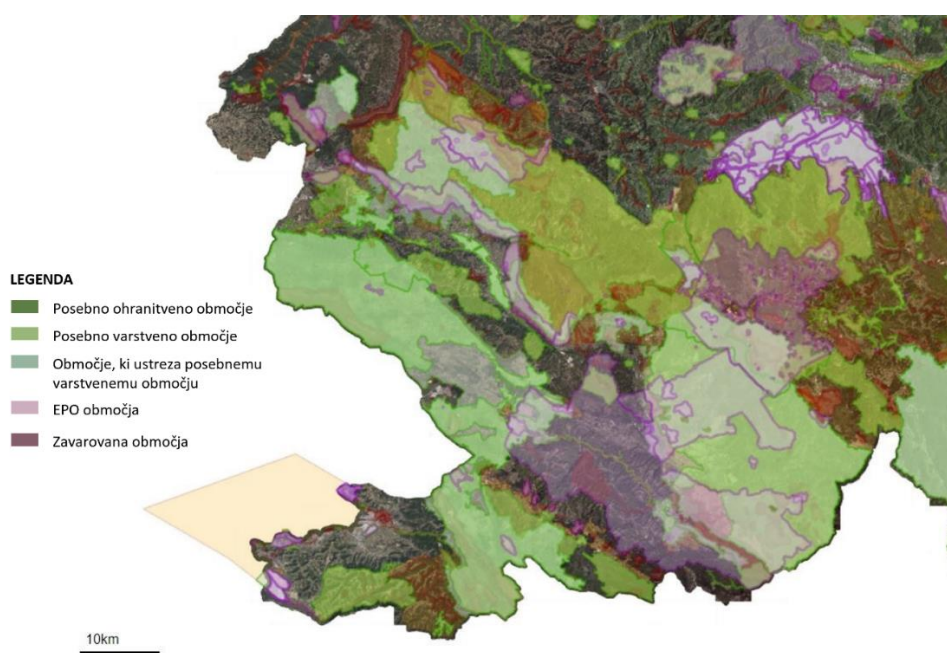
Slika 12: Jugo zahodni del Slovenije s pokritostjo območij Nature 2000



Vir: Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (2021).

V nadaljevanju bomo obstoječi pokritosti dodali še prej omenjena območja EPO, NV in ZO. EPO predstavljajo predel habitatnega tipa, njegov del ali pa večje ekosistemske enote, ki so ključnega pomena pri ohranjanju biotske raznolikosti v Sloveniji. Poleg EPO poznamo tudi NV, ki obsegajo vso naravno kulturno dediščino na našem ozemlju. Naravna vrednota vključuje vse redke, dragocene ali znamenite naravne pojave, bodisi so del žive bodisi nežive narave in izglede krajine. ZO vključujejo naravne spomenike, vse stroge naravne rezervate, narodne parke, regijske in krajinske parke. V splošnem so to deli narave, ki imajo izjemno biotsko raznolikost ali druge izjemne lastnosti žive in nežive narave ter so s svojim obstojem prepoznana s strani vlade kot uradno razglašena območja (Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, 2021). Na sliki 13 so prikazana vinogradniška območja na vseh štirih vinorodnih območjih Primorske pokrita z varstvenimi območji kot so EPO, NV, ZO in Natura 2000.

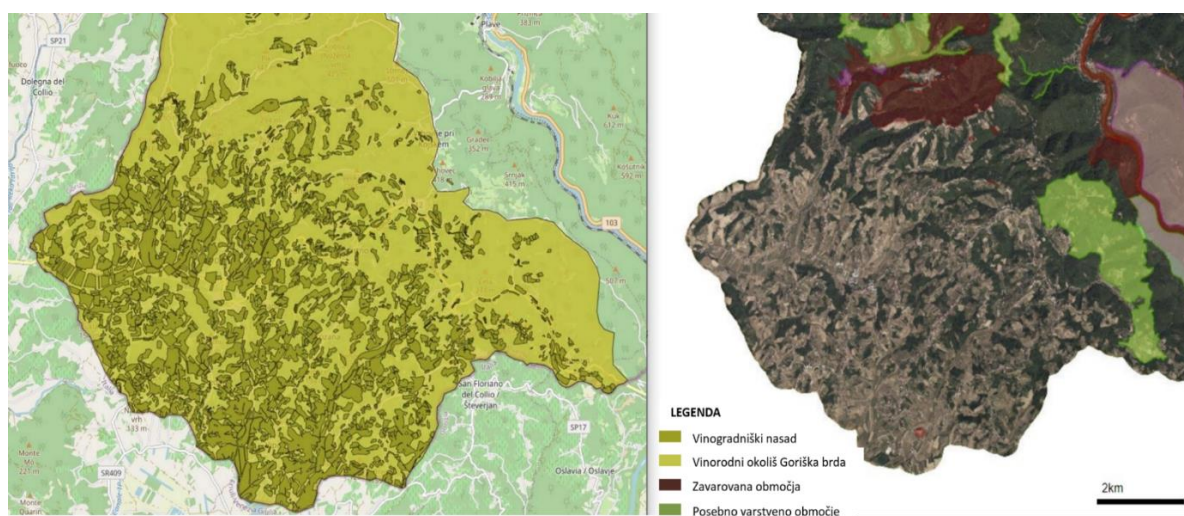
Slika 13: Jugozahodni del Slovenije s pokritostjo EPO, NV, ZO in Nature 2000



Vir: Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (2021).

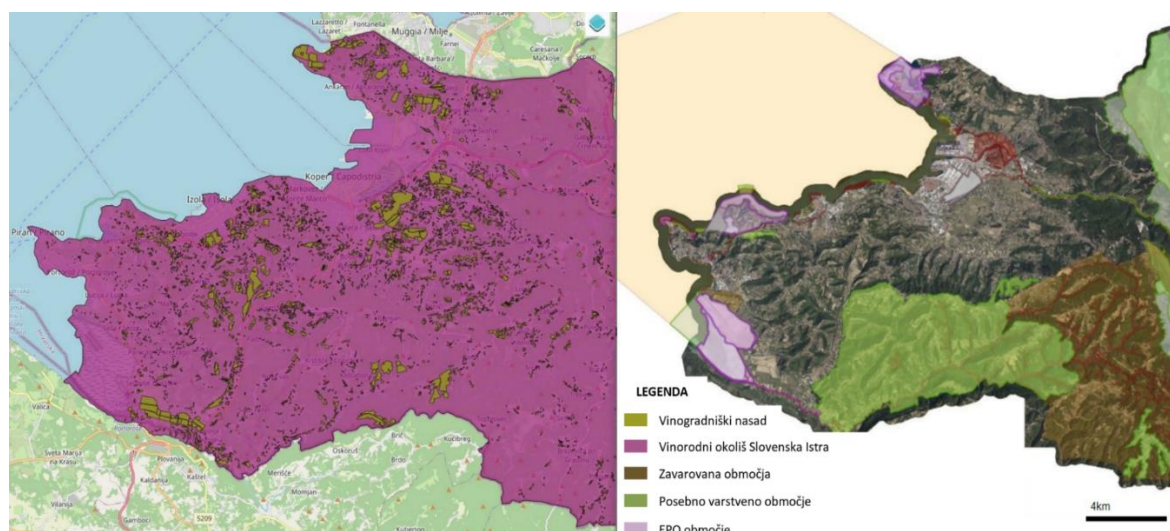
Največji del pokritosti je na Krasu, sledi Vipavska dolina in nato Slovenska Istra. Najmanjši del pokritosti z varstvenimi območji so zagotovo Goriška brda. V nadaljnjo analizo bomo zato vzeli področje Goriških brd skupaj s okolišem Slovenske Istre. S pomočjo karte lokacij vinogradov (levi del slik 14 in 15) iz podatkovnih baz Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano bomo identificirali, kateri nasadi vinogradov bi utegnili biti zanimivi za nadaljnjo analizo agrovoltaičnih projektov.

Slika 14: Primerjava vinogradniških površin z varstvenimi območji Goriških Brd



Prirajeno po Korenč (2018) slika levo in Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (2021) slika desno.

Slika 15: Primerjava vinogradniških površin z varstvenimi območji Slovenske Istre



Prirejeno po Korenč (2018) slika levo in Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (2021) slika desno.

Kot smo lahko razbrali s slike 14 Goriška brda kot pomembno vinorodno območje na zahodnem delu Slovenije predstavljajo zanimivo lokacijo za projekte agrovoltaike. Ena ključnih značilnosti, ki prispeva k njihovi privlačnosti, je dejstvo, da večinski delež vinogradniških trt v tem območju leži izven varstvenih območij in prav tako izven Nature 2000. To pomeni, da se v skladu z obstoječo zakonodajo o varstvu narave in ohranjanju habitatov ne postavlja nobenih omejitev ali prepovedi glede izvedbe agrovoltaičnih projektov. Obstoj vinogradov zunaj varstvenih območij je ključen dejavnik, saj omogoča lažjo implementacijo in umeščanje agrovoltaike v prostor brez potrebe po dodatnih naravovarstvenih pogojih in dovoljenjih. Omenjen pogoj omogoča potencialno večjo svobodo in enostavnost pri načrtovanju in izvedbi projektov agrovoltaike v regiji Goriška brda.

Poleg tega so Goriška brda znana po svojih ugodnih klimatskih razmerah za vinogradništvo, kar lahko dodatno podpre uspešnost agrovoltaičnih sistemov. Sončna osvetljenost in optimalna razporeditev vinogradov omogočata učinkovito izrabo sončne energije za proizvodnjo električne energije, medtem ko agrovoltaika vinogradom zagotavlja potrebno zaščito pred ekstremnimi okoljskimi vplivi. V skladu z našim ciljem, da določimo primerna območja za agrovoltaiko, sodijo Goriška brda, ki so izven naravovarstvenih območij, med potencialno zelo zanimive lokacije. Te ugotovitve nam omogočajo usmerjanje naše analize v omenjen vinorodni okoliš in preučevanje ne samo preliminarnih območij, ampak tudi določitev potencialno primernih vinogradov za implementacijo agrovoltaičnih sistemov. Do sedaj zbrane ugotovitve bi brez večjih administrativnih ali zakonodajnih ovir spodbudile trajnostni razvoj in izrabo OVE v preučevani regiji.

Z vinorodnega okoliša Slovenske Istre, prikazanega na sliki 15, lahko z začetno preliminarno analizo trdimo, da ta obalna regija ni tako zanimiva za agrovoltaične projekte kot Goriška brda, saj velik del vinogradov sodi pod naravovarstvena območja. Kljub temu obstajajo določeni deli v regiji, ki so zanimiva za projekte agrovoltaike, na primer območje ob hrvaški meji pri Sečoveljskih solinah in na drugi strani Škocjanskega zatoka, poleg tega pa je zanimivo tudi območje nad Šaredom in deli severno od Luke Koper. Ta območja so izven varstvenih območij in omogočajo večjo svobodo pri izvedbi agrovoltaičnih sistemov.

Kljub temu je pri nasadih vinogradov, ki so primerni za agrovoltaične projekte, pomembno upoštevati lokalne značilnosti, kot so topografija, sončna osvetljenost, ostale kmetijske dejavnosti in druge specifične faktorje, ki lahko vplivajo na izvedbo takšnih sistemov. Opraviti bi bilo treba natančno analizo vinogradniških nasadov in ugotoviti skladnost z agrovoltaičnim sistemom ter vsemi smernicami za varstvo narave in tako določiti najboljše prakse in smernice za izvedbo agrovoltaičnih projektov ne samo v tej, ampak tudi v regijah širom Slovenije. Pomembno je izvajati temeljite študije in ocene, ki upoštevajo varstvena območja, zakonodajo ter lokalne in regionalne smernice, da se določijo območja, ki so primerna za vzpostavitev trajnostnih agrovoltaičnih sistemov. Kljub vsemu bomo za potrebe magistrskega dela obravnavali vinorodni okoliš Slovenske Istre, saj lahko pri izračunu v tabeli 6 opazimo, da ima okoliš Slovenske Istre za 20,2 kWh/m² višjo vrednost osončenosti kot Goriška brda.

6 EKONOMSKA ANALIZA INVESTICIJ V AGROVOLTAIKO

V tem poglavju se bomo osredotočili na finančno analizo investicij v agrovoltaiko in preverili ekonomsko upravičenost investiranja v omenjeno tehnologijo. Analiza bo osredotočena na okoliš Slovenske Istre, ki ponuja zadovoljive pogoje za agrovoltaične projekte zaradi svoje visoke stopnje osončenosti in že prej predstavljenih vinogradniških lokacij, ki niso omejene z varstvenimi območji. Naš cilj je preučiti ekonomsko upravičenost investiranja v agrovoltaiko v Slovenski Istri s pomočjo analize ekonomske upravičenosti investicije. Za presojo ekonomske upravičenosti bomo uporabili v nadaljevanju predstavljene dinamične metode.

Analiza bo temeljila na projekcijah poslovanja, kar pomeni, da bo treba vse prihodke in stroške projekta v ekonomski dobi oceniti in napovedati njihovo višino za prihodnja obdobja. Ocenjene investicijske izdatke bomo pridobili iz že izvedenega pilotnega projekta v Nemčiji. Le tako bomo lahko dobili kar se da realistično sliko investicije v agrovoltaiko. Končni cilj analize ekonomske upravičenosti investicije bo preveriti ekonomsko donosnost in posledično upravičenost investiranja v agrovoltaiko. Hkrati bodo dobljeni rezultati služili kot osnova za nadaljnje raziskave in odločanje glede implementacije agrovoltaičnih projektov ter spodbujanje trajnostnega razvoja na področju OVE v kmetijskem sektorju v Sloveniji.

6.1 Metode ocenjevanja ekonomske upravičenosti investicij

Poznamo statične in dinamične metode ocenjevanja ekonomske upravičenosti investiranja v projekte. Statične metode ne upoštevajo časovne razporeditve denarnih tokov, saj se osredotočajo le na absolutno donosnost in posledično zanemarjajo vrednost denarja skozi čas. V praksi se uporabljata dve statični metodi, in sicer doba povračila in računovodska stopnja donosa z uporabo čistega dobička. Kljub prej omenjenim slabostim imata predstavljeni metodi prednosti, saj sta razumljivi tudi posameznikom izven strokovne javnosti. Za razliko od statičnih metod dinamične metode predstavljajo izboljšanje pri ocenjevanju uspešnosti investicij, saj upoštevajo vrednost denarja v času in izboljšujejo omejitve statičnih metod. Poglavitna prednost dinamičnih metod je, da upoštevajo časovno komponento pri razporeditvi denarnih tokov v celotnem obdobju projekta. Zaradi upoštevanja časovne vrednosti denarja dinamične metode določijo dodatne predpostavke pri izbiri diskontne stopnje, zato so te metode intuitivno manj razumljive kot pa statične (Marc, Ponikvar & Tekavčič, 2020).

Najbolj pogosto uporabljeni dinamični metodi za oceno ekonomske upravičenosti investicije sta neto sedanja vrednost in notranja stopnja donosa. Uporabljata se skupaj z relevantno diskontno stopnjo, ki je običajno enaka predpostavljenemu tehtanemu povprečju stroškov kapitala (angl. Weighted Average Cost of Capital, v nadaljevanju WACC), zato bomo v nadaljevanju predstavili tudi njen pomen in izračun.

6.1.1 Neto sedanja vrednost

Eno najpogosteje uporabljenih meril za vrednotenje investicij je neto sedanja vrednost (angl. net present value, v nadaljevanju NPV), ki ustrezno upošteva prihodnje denarne tokove in vrednost denarja v času. S pomočjo formule NPV je vrednost vseh prihodnjih denarnih tokov (tako pozitivnih kot tudi negativnih) skozi celotno obdobje investicije diskontirano na sedanjo vrednost. Analiza NPV je oblika vrednotenja in se pogosto uporablja v finančnem in računovodskem sektorju za določanje vrednosti preučevanega podjetja, različnih finančnih instrumentov, investicijskega projekta oziroma vsega, kar vključuje denarni tok v daljšem časovnem obdobju (Berk & DeMarzo, 2017).

Diskontna stopnja, ki se uporablja pri diskontiranju denarnih tokov, prikazuje časovne preference med prihodki in vlaganji v različnih časovnih obdobjih, vendar je pomembno opozoriti, da je diskontna stopnja v določeni meri subjektivna in odvisna od pričakovanega donosa lastnih vloženih sredstev ter trenutne višine bančne obrestne mere (Pučko & Rozman, 2000). V enačbi 1 je predstavljen izračun NPV (Marc, Ponikvar & Tekavčič, 2020):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{DT_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

NPV – neto sedanja vrednost;

n – število obdobj ali let, ki predstavljajo življenjsko dobo investicije;

DT_t – vrednost denarnega toka v letu t;

r – ustrežna diskontna stopnja;

t – relevantno obdobje.

Pozitivna NPV predstavlja razliko med sedanjo vrednostjo celotnega pozitivnega denarnega toka koristi in sedanjo vrednostjo celotnega negativnega denarnega toka stroškov. NPV je ključen kazalnik, ki omogoča oceno ekonomske upravičenosti investicije, saj pozitivna NPV pripomore k ustvarjanju dodatnih zaslužkov oziroma ohranjanju trenutnega finančnega položaja podjetja. Pri odločanju o investiciji na podlagi NPV veljajo naslednja pravila (Pučko & Rozman, 2000):

- NPV > 0: investicija ustvarja dodano vrednost za investitorja in se lahko sprejme;
- NPV < 0: investicija zmanjšuje vrednost in se zavrne;
- NPV = 0: investicija nima dodane vrednosti. Odločitev o sprejemu ali zavrnitvi je odvisna od drugih kriterijev, kot je na primer zasledovanje strateških ciljev ali drugih faktorjev, ki niso upoštevani v izračunu.

Dober projekt je tisti s pozitivno in višjo neto sedanjo vrednostjo. Pravilo odločanja NPV navaja, da moramo pri izbiri med več investicijskimi alternativami izbrati tisto z najvišjo neto sedanjo vrednostjo. Ne glede na naše preference za denar danes ali v prihodnosti moramo NPV vedno maksimizirati (Berk & DeMarzo, 2017).

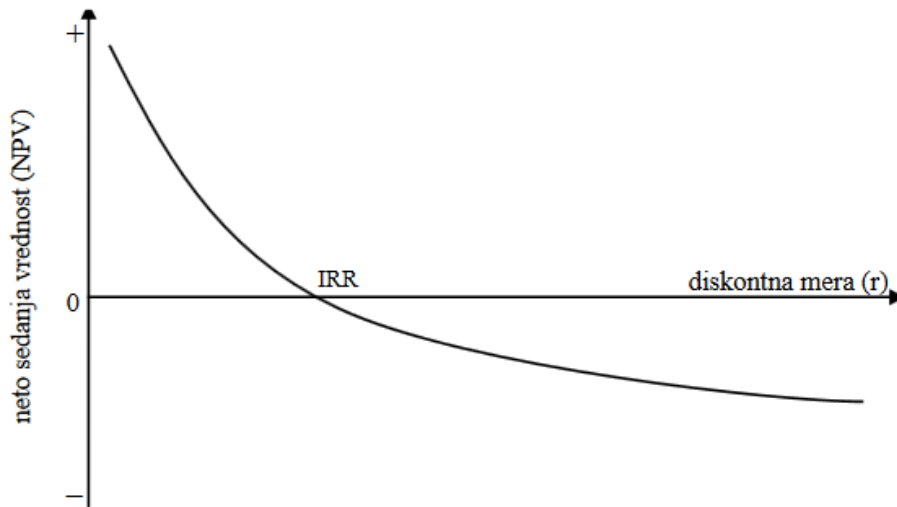
6.1.2 Notranja stopnja donosa

Notranja stopnja donosa prikazana pod enačbo 2 (angl. Internal Rate of Return, v nadaljevanju IRR) je konceptualno določena kot tista diskontna stopnja, pri kateri se sedanja vrednost donosov in sedanja vrednost investicijskih vlaganj izenačita. IRR predstavlja diskontno stopnjo, pri kateri je NPV enak nič. Investicija je ekonomsko sprejemljiva, če je IRR večja od relevantne diskontne stopnje, katere vrednost je največkrat enaka WACC. Poleg upoštevanja časovne razporeditve donosov izračun IRR zajema tudi vse naložbene stroške in vse donose v celotni ekonomski dobi naložbe (Marc, Ponikvar & Tekavčič, 2020).

$$IRR = r \text{ pri kateri } \sum_{t=0}^n \frac{DT_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (2)$$

Ključni faktor pri pretvorbi prihodnjih denarnih tokov v sedanjo vrednost je diskontna stopnja, kar se v praksi največkrat uporablja kot vrednost WACC. Diskontna stopnja odraža strukturo in cene uporabljenih finančnih virov in bistveno vpliva na neto sedanjo vrednost. Višja diskontna stopnja vodi k zmanjšanju neto sedanje vrednosti, medtem ko nižja diskontna stopnja vodi k povečanju, kar je razvidno s slike 16 (Pšunder & Cirman, 2011).

Slika 16: Medsebojna odvisnost neto sedanje vrednosti z diskontno stopnjo



Prirajeno po Pšunder & Cirman (2011).

Na sliki 16 lahko vidimo, da bi bil projekt ekonomsko upravičen, če bi bil umeščen na levo stran od presečišča IRR in diskontne stopnje. Pri odločanju o investiciji na podlagi IRR veljajo naslednja pravila (Marc, Ponikvar & Tekavčič, 2020):

- $IRR > \text{diskontna stopnja}$: investicija je ekonomsko upravičena in bo naložbeni projekt sprejet. V takem primeru je notranja stopnja donosa, ki jo dosežemo, višja od tehtanega povprečja stroškov financiranja;
- $IRR = \text{diskontna stopnja}$: investicija nima dodane vrednosti in smo v podobnem položaju kot pri $NPV = 0$. V tem primeru je izvedba naložbe možna le, če izboljšuje konkurenčni položaj podjetja in če ni na voljo ugodnejših alternativ oziroma če je investicija v skladu s strategijo;
- $IRR < \text{diskontna stopnja}$: investicijo je potrebno zavrniti, saj naložba ne dosega minimalnega zahtevanega donosa.

6.1.3 Tehtano povprečje stroškov kapitala (WACC)

Tehtano povprečje stroškov kapitala predstavlja pomemben dejavnik pri finančnih analizah ter pri investicijskih odločitvah v podjetju. WACC upošteva različne vire financiranja podjetja, kot so lastni kapital, dolgoročne obveznosti in morebitne druge oblike financiranja oz. zadolževanja. Tehtano povprečje stroškov kapitala se izračuna na podlagi relativnega deleža vsakega vira financiranja v celotni strukturi kapitala podjetja. Izračunana vrednost WACC se uporablja za določanje diskontne stopnje pri ocenjevanju donosnosti investicijskih projektov. Ustrezen izračun vrednosti WACC, prikazan z enačbo 3, je ključnega pomena pri izvajanju finančnih analiz, saj vpliva na izračun neto sedanje vrednosti projekta in posledično na odločitev, ali je finančna naložba ekonomsko upravičena (Berk & DeMarzo, 2017).

$$WACC = r_e * w_e + r_d * (1 - T) * w_d \quad (3)$$

WACC – tehtano povprečje stroškov kapitala;

r_e – strošek lastniškega kapitala;

w_e – delež lastniškega kapitala;

r_d – strošek dolžniškega kapitala;

T – davčna stopnja;

w_d – delež dolga v strukturi kapitala.

Za potrebe analize ekonomske upravičenosti investicije v agrovoltaično elektrarno v okolišu Slovenske Istre bomo uporabili naslednje predpostavke, ki bodo določile, ali je investicija upravičena. Ključne predpostavke za izračun WACC vrednosti bodo temeljile na aktualnih podatkih slovenskega finančnega trga. Vhodni podatki za izračun WACC vrednosti so prikazani v nadaljevanju:

1. Za izračun vrednosti WACC pred davki bomo predpostavili naslednjo strukturo financiranja, in sicer bo projekt financiran v razmerju 40 : 60, kar pomeni, da bo 40 odstotkov dolžniškega kapitala in 60 odstotkov lastniškega (Črnigoj, 2022).
2. Uporabili bomo strošek lastniškega kapitala v vrednosti 8,01 odstotka, ki predstavlja ocenjeno vrednost v letu 2023 za Slovenijo (Damodaran, 2023).
3. Zaradi višine posojila nad milijonom EUR nismo mogli pridobiti podatkov o obrestnih merah preko uradnih spletnih strani slovenskih bank, zato smo opravili kratek razgovor za potrebe magistrskega dela z odgovorno osebo v poslovalnici Nove Ljubljanske banke (v nadaljevanju NLB). Zaradi potreb analize ekonomske upravičenosti investicije smo zahtevali nespremenjeno obrestno mero za dolžniško financiranje v višini 585.000 EUR. Pri NLB so nam zagotovili, da lahko dobimo za namene investicij v agrovoltaično elektrarno in dobo odplačila 20 let posojilo z obrestno mero 7,4 odstotka letno ter ocenjenimi stroški odobritve 1.500 EUR. Vrednost za strošek dolžniškega kapitala torej znaša 7,4 odstotka po nespremenljivi obrestni meri za obdobje 20 let.
4. Stopnja davka od dohodka pravnih oseb je bila leta 2023 v Sloveniji 19 odstotkov (Finančna uprava Republike Slovenije, 2023).

$$WACC = r_e * w_e + r_d * (1 - T) * w_d$$

$$WACC = 8,01 * 0,6 + 7,4 * (1 - 0,19) * 0,4 \quad (4)$$

$$WACC = 7,7 \%$$

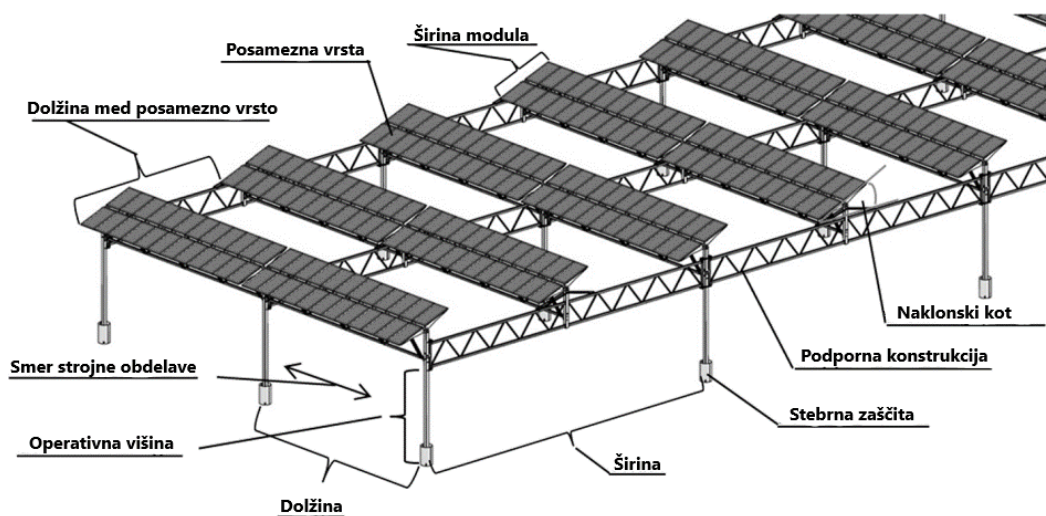
Na podlagi izračuna WACC s formulo 4 lahko sklepamo, da bo projekt izgradnje agrovoltaične elektrarne v okolišu Slovenske Istre smiseln, v kolikor bo notranja stopnja donosa višja od tehtanega povprečja stroška kapitala.

6.2 Tehnični podatki referenčne agrovoltaične elektrarne

Zaradi vseh pozitivnih vplivov, ki jih je agrovoltaika dokazala v pilotnem projektu v Nemčiji, smo se odločili za izdelavo primerjalne študije, kjer bomo uporabili enake vhodne podatke za agrovoltaično elektrarno, le da bo ta po naših analizah locirana v najbolj primernem slovenskem geografskem okolju. Referenčna elektrarna je bila zgrajena konec leta 2016 na kmetijskem polju v Heggelbachu na vzhodni strani Bodenskega jezera v Nemčiji. Velikost območja, ki ga pokriva, je približno 2 hektarja, skupna instalirana moč elektrarne pa je 1038,36 kWp.

Osnovni tehnični parametri so predstavljeni na sliki 18. Sončni moduli referenčne elektrarne so postavljeni na višino 5 m, da zaradi agrovoltaične elektrarne delo kmetijskih strojev ne bi bilo ovirano. Skupna višina namestitve doseže maksimalno 7,8 m. Širina postavitve posameznega stebra je 19 m, kar je večkratnik širine najpogosteje uporabljenega delovnega stroja na obravnavanem posestvu. S tem so zagotovili, da je izguba površine čim manjša in da se dodatno delo za kmetovalca zmanjša na minimum. Celotni agrovoltaični sistem zavzema sedem fotovoltaičnih enot, kar skupno predstavlja dolžino 133 m. Širina vsake enote je 13 m in je prav tako izbrana na podlagi najpogosteje uporabljenega stroja na obravnavanem kmetijskem posestvu. S tem so dosegli, da kmetovalec lahko obdeluje polje v obeh smereh agrovoltaične elektrarne in ga sama konstrukcija ne ovira pri njegovem delu. Elektrarna je sestavljena iz dveh enot, ki sta ena ob drugi, kar pomeni skupno dolžino 26 m. Da se zagotovi normalna in enakomerna rast pridelkov, mora biti elektrarna postavljena na način, da zagotovi zadostno in enakomerno porazdelitev svetlobe čez celotno polje, ki ga pokriva. Pri postavitvi so uporabili patent nemške raziskovalne institucije imenovane Fraunhofer ISE EP2811819A1, ki se v prevodu imenuje "Metoda za sočasno gojenje rastlin in izkoriščanje energije sonca", registriran leta 2012 (Schindele in drugi, 2020). Omenjen patent zagotavlja pogoje in nadzoruje izpostavljenost soncu v celotni vegetativni fazi rastline. Rezultati opravljenih simulacij svetlobe so vplivali na razvoj in oblikovanje podkonstrukcije agrovoltaične elektrarne, na primer nagnjenosti sončnih modulov, razmik med vrstami sončnih modulov in usmeritve glede na nebo na določeni lokaciji (Schindele in drugi, 2020).

Slika 17: Osnovni tehnični parametri agrovoltaičnega sistema



Prirejeno po Schindele in drugi (2020).

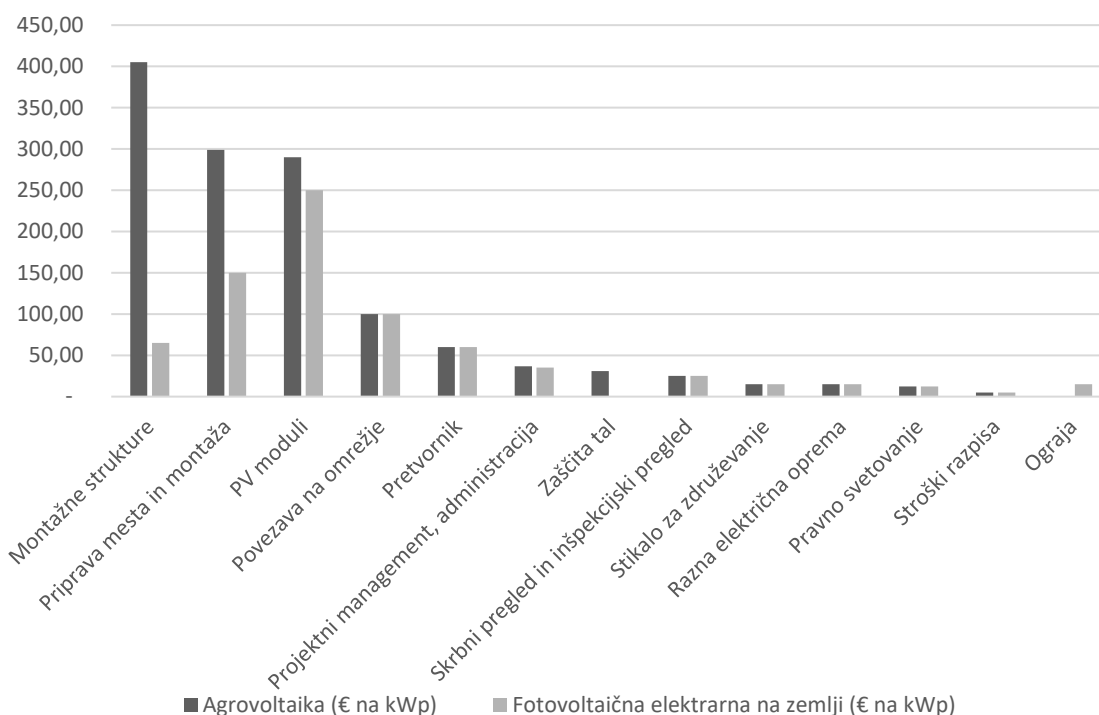
6.3 Stroškovna primerjava referenčne agrovoltaične elektrarne s klasično

V študiji agrovoltaične elektrarne v Heggelbachu so avtorji analizirali investicijske in poslovne odhodke agrovoltaične elektrarne v primerjavi s klasično elektrarno na tleh. S pomočjo njihovih ugotovitev bomo v analizi ekonomske upravičenosti investicije ugotovili, ali so taki projekti v Sloveniji ekonomsko upravičeni.

6.3.1 Investicijski izdatki agrovoltaične elektrarne v primerjavi s klasično

Obe sončni elektrarni se nahajata na primerljivi površini, in sicer na zemljišču v velikosti dveh hektarjev, kar agrovoltaični elektrarni prinese skupno kapaciteto instalirane moči okoli 1.038,36 kWp in klasični elektrarni, nameščeni na tleh, moč 1.379,32 kWp. Skupni investicijski izdatki (angl. capital expenditure) za namestitev in zagon agrovoltaične elektrarne znašajo 1.294,20 EUR/kWp, kar predstavlja skupni strošek investicije v višini 1.343.849,53 EUR, za klasično elektrarno na tleh pa 747,50 EUR/kWp, kar predstavlja skupni strošek v višini 1.031.034,48 EUR (Schindele in drugi, 2020). Razlika med investicijskimi izdatki agrovoltaične in klasične elektrarne na tleh je večja za 30,3 odstotkov v korist klasični elektrarni na tleh. Slika 18 grafično prikazuje strukturo investicijskih izdatkov za oba tipa elektrarn. Podrobnejša tabela, ki primerja specifične investicijske izdatke za vsak stroškovni dejavnik in za vsako elektrarno posebej, se nahaja v prilogi 1.

Slika 18: Primerjava investicijskih izdatkov v EUR na kWp



Prirjeno po Schindele in drugi (2020).

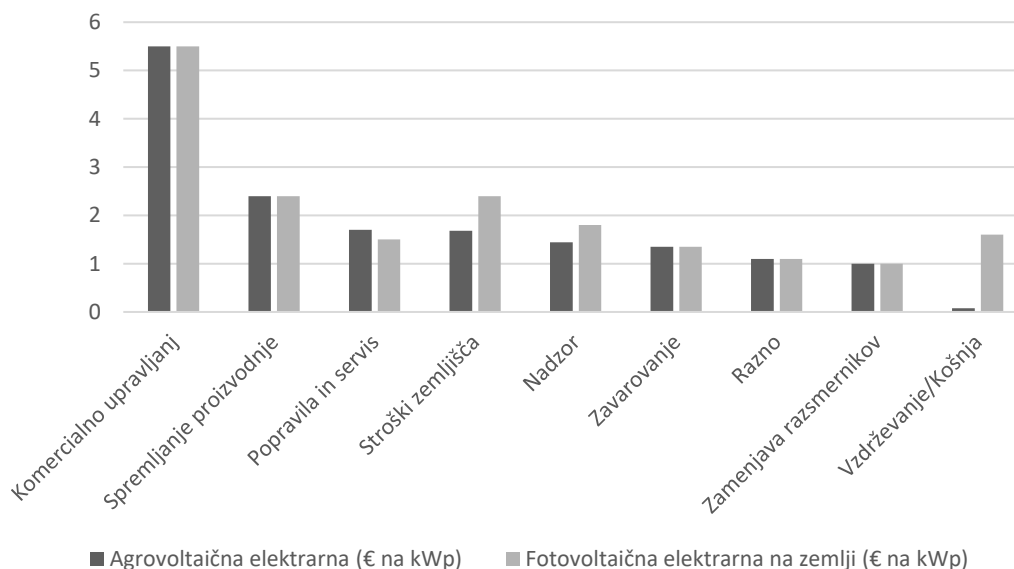
Pri primerjavi investicijskih izdatkov lahko opazimo, da do največjega razhajanja glede skupnih stroškov prihaja pri nabavi montažnih struktur za agrovoltaično elektrarno in pri sami postavitvi ter pripravi lokacijskega mesta. Ključni razlog, zakaj prihaja do razlik, sta kompleksnost in višina montažne strukture ter same postavitve, ki je veliko bolj zahtevna od fotovoltaične elektrarne na tleh, podroben opis pa je predstavljen v poglavju 6.2. Vse ostale komponente imajo precej primerljive izdatke, saj drugih večjih razlik med obema tehnologijama ni, vredno pa je še izpostaviti dražje PV module pri agrovoltaični elektrarni, saj morajo zaradi nemškga patenta Fraunhofer ISE EP2811819A1 ti biti prosojni, kar posledično vpliva na višjo ceno (Schindele in drugi, 2020).

6.3.2 Poslovni odhodki agrovoltaične elektrarne v primerjavi s klasično

Poslovni odhodki (angl. operational expenditure) so pri obeh agrovoltaičnih elektrarnah precej podobni, le pri vzdrževanju prihaja do večjih razhajanj pri ceni. Skupni poslovni odhodki sistema za agrovoltaično elektrarno z zmogljivostjo 1.038,36 kWp znašajo 16,25 EUR/kWp oziroma preračunano na letno raven 16.873 EUR, kar je 1,1 odstotka celotne investicijske vrednosti. Za klasičen sistem sončne elektrarne na tleh z nazivno močjo 1.379,32 kWp znašajo poslovni odhodki 18,65 EUR/kWp, kar predstavlja letni skupni strošek 25.724 EUR. To skupno predstavlja 2,2 odstotne investicijske vrednosti (Schindele in drugi, 2020). V odstotnem deležu je razlika med poslovnimi odhodki agrovoltaične in klasične elektrarne na tleh manjša za 12,87 odstotkov v korist agrovoltaični elektrarni. Slika

19 prikazuje primerjavo med specifičnimi stroški obratovanja in vzdrževanja za vsak stroškovni dejavnik posebej ter za oba tipa elektrarn. Bolj podrobni poslovni odhodki za oba tipa elektrarne pa se nahajajo v prilogi 2.

Slika 19: Primerjava poslovnih odhodkov v EUR na kWp



Prيرهjeno po Schindele in drugi (2020).

Zgoraj navedene cene investicijskih izdatkov in poslovnih odhodkov so iz obdobja 2019, saj je bila takrat zaključena primerjala analiza avtorja Schindele in ostalih. Avtorji so eksplicitno navedli, da so vrednosti primerljive tistim iz obdobja 2019, čeprav je bila uradna otvoritev pilotnega projekta že v letu 2016 (Trommsdorff, 2016). Za v nadaljevanju predstavljene potrebe analize ekonomske upravičenosti investicije bomo zgornje vrednosti investicijskih izdatkov in poslovnih odhodkov ustrezno popravili z indeksom stroškov dela v gradbeništvu, ter tako prilagodili stroške iz leta 2019 na leto 2023. Vrednost indeksa v obdobju od bazičnega leta 2019 do vključno leta 2022 je 119,37, kar pomeni da so se stroški dela v gradbeništvu od leta 2019 do leta 2022 povečali za 19,37 odstotkov glede na povprečje v letu 2019 (Statistični urad Republike Slovenije, 2023a).

7 ANALIZA REZULTATOV

Za analizo investicije v agrovoltaično elektrarno smo določili naslednje predpostavke, s katerimi smo ocenili ekonomsko upravičenost investiranja v omenjeno tehnologijo v okolju Slovenske Istre. S pomočjo ugotovitev referenčne agrovoltaične elektrarne v Heggelbachu smo določili življenjsko dobo elektrarne na 25 let (Schindele in drugi, 2020). Nominalno moč agrovoltaične elektrarne smo določili na podlagi referenčnega projekta v Heggelbachu, in sicer s 1.000 kWp instalirane moči. Za oceno povprečne proizvodnje elektrike na enoto instalirane moči smo uporabili spletni vir Solargis, ki je specializiran za zagotavljanje natančnih in merodajnih solarnih podatkov na spletni platformi (Solargis, 2023). Po teh

ocenah je območje, ki smo ga izbrali za primernega, v okolišu Slovenske Istre ocenjen na 1.358,8 kWh/kWp. V praksi to pomeni, da je primerno sončno obsevanje za proizvodnjo električne energije izbrane lokacije v povprečju 1.358,8 ur na leto. Po naših začetnih ugotovitvah analize ekonomske upravičenosti investicije je najpomembnejši podatek pri vseh napravah za proizvodnjo električne energije iz OVE cena prodane električne energije na trgu. Ceno smo določili v cenovnem razponu med 75 EUR/MWh in 125 EUR/MWh glede na dolgoročne napovedi neodvisnega analitično-svetovalnega podjetja Energy Brainpool (Energy Brainpool, 2022) in evropske borze električne energije (angl. European Energy Exchange – EEX) (European Energy Exchange, 2023).

Za potrebe magistrskega dela in z namenom ugotovitve ekonomske upravičenosti investicije v agrovoltaično tehnologijo smo izvedli finančno analizo ter analizo občutljivosti, kjer smo primerjali več različnih scenarijev. Rezultat analize občutljivosti je bila določitev kritične cene, ki predstavlja ekonomsko smiselnost naložbe. Omenjena analiza v agrovoltaično elektrarno je prikazana v prilogi 3. V nadaljevanju podrobneje predstavljamo posamezne postavke za oceno ekonomske upravičenosti investicije v agrovoltaično tehnologijo v okolišu Slovenske Istre.

7.1 Investicijski izdatki in poslovni odhodki za agrovoltaično elektrarno

Na podlagi primerljive agrovoltaične elektrarne v Heggelbachu in njenih dejanskih podatkih o vrednosti investicije, smo pripravili oceno agrovoltaičnega projekta. V Sloveniji ocenjena investicijska vrednost znaša 1,4 milijone EUR. Investicijske izdatke uporabljenega primerljivega agrovoltaičnega projekta smo ustrezno popravili za indeks stroškov dela v gradbeništvu med obema preučevanima letoma, ki je znašal 119,37 (Statistični urad Republike Slovenije, 2023a).

V tabeli 6 je prikazana struktura investicijskih postavk in njeni deleži v sklopu skupnih investicijskih izdatkov za agrovoltaično elektrarno. Fotovoltaični paneli predstavljajo približno 21 odstotkov celotne investicijske vrednosti. Med letoma 2019 in 2023 so se stroški fotovoltaičnih panelov zmanjšali za 32,5 odstotkov (Our World in Data, brez datuma) montažne strukture pa predstavljajo 35 odstotkov celotne investicijske vrednosti in so v istem obdobju, zaradi padca cen kovin, ostale na podobni ravni kot v letu 2019 (Trading Economics, brez datuma). Za poenostavitev analize ekonomske upravičenosti in konzervativnega pristopa glede nabavnih komponent, bomo omenjeni postavki, nabavo fotovoltaičnih panelov in montažne strukture, pustili nespremenjene glede na primerljiv projekt v Heggelbachu. Vse ostale postavke znotraj investicijskih izdatkov in poslovnih odhodkov smo vrednostim iz primerljivega projekta popravili za indeks stroška dela. Manjše vrednosti investicijskih postavk, kot so npr. električna oprema, pretvorniki in stikala za združevanja, predstavljajo v skupni investiciji manj kot 6 odstotkov investicije, zato smo popravek njihovih cen zanemarili in ga poenotili z indeksom stroškov dela v gradbeništvu.

Po izvedenih popravkih razlika med primerljivim projektom v Heggelbachu in našo ocenjeno investicijo znaša nominalno 116.065 EUR.

Tabela 6: Primerjava investicijskih izdatkov v skupnem deležu celotne investicije

Struktura investicijskih postavk	Investicijski izdatek [v EUR]	Delež v skupni vrednosti investicije [v %]
Montažne strukture	405.100,00	29
Priprava mesta in montaža	356.916,30	25
Solarni moduli	290.000,00	21
Povezava na omrežje	119.370,00	8
Pretvornik	71.622,00	5
Projektni management, administracija	43.928,16	3
Zaščita tal	36.885,33	3
Skrbni pregled in inšpekcijski pregled	29.842,50	2
Stikalo za združevanje	17.905,50	1
Razna električna oprema	17.905,50	1
Pravno svetovanje	14.921,25	1
Stroški razpisa	5.968,50	0
SKUPAJ	1.410.365,04	100

Vir: lastno delo.

Pri določanju virov financiranja smo se odločili, da bomo agrovoltaični projekt financirali v razmerju 40 : 60, pri čemer 40 odstotkov predstavlja dolžniški vir financiranja, 60 odstotkov pa lastniški kapital. Pri določitvi poslovnih odhodkov smo se prav tako zgledovali po prej omenjenem primerljivem projektu ter tudi tukaj dobljeno vrednost ustrezno popravili z indeksom stroškov dela v gradbeništvu. V preučevanem obdobju poslovni odhodki na letni ravni v povprečju petindvajsetih let znašajo 20.019,12 EUR. V tabeli 7 je prikazana celotna ocenjena struktura poslovnih odhodkov za prvo leto delovanja agrovoltaične elektrarne.

Tabela 7: Primerjava poslovnih odhodkov v skupnem deležu za prvo leto proizvodnje

Struktura poslovnih odhodkov	Poslovni odhodek [v EUR]	Delež v skupni strukturi poslovnih odhodkov [v %]
Upravljanje elektrarne	6.565,35	34
Spremljanje proizvodnje	2.864,88	15
Popravila in servis	2.029,29	11
Stroški zemljišča	2.005,42	10
Nadzor	1.718,93	9
Zavarovanje	1.611,50	8
Razno	1.313,07	7
Zamenjava razsmernikov	1.193,70	6
SKUPAJ	19.302,13	100

Vir: lastno delo.

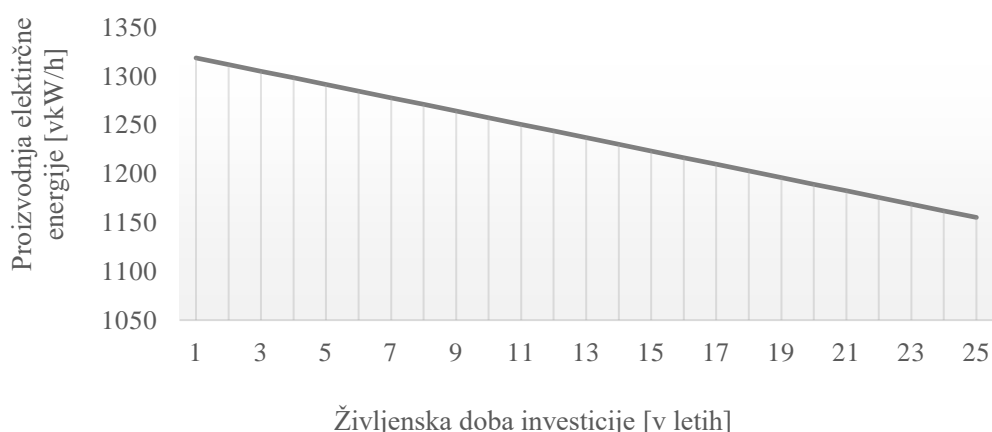
7.2 Denarni tok agrovoltaične elektrarne

Investicije v naprave za proizvodnjo električne energije iz OVE imajo določene posebnosti, predstavljene v nadaljevanju. Ena najpomembnejših postavk pri ekonomski analizi investicije v OVE je odkupna cena električne energije, podrobneje predstavljena v četrtem poglavju. V kolikor želi investitor v OVE zmanjšati tveganje investicije, mora pred začetkom gradnje naprav za proizvodnjo električne energije že imeti sklenjeno pogodbo za zagotovljen odkup ter odkupno ceno električne energije upoštevati v svojem izračunu. V kolikor tega ne naredi, tvega, da bo investicijski projekt prinesel finančno izgubo in ne finančnih koristi. V analizi ekonomske upravičenosti investicije smo prav tako predvideli investicijo v neto obratna sredstva v letu 0 v višini 170.000 EUR. Z omenjenimi sredstvi bomo financirali strošek zunanjih storitev in morebitnih dodatnih investiranja v osnovna sredstva z naslova rednih vzdrževanj.

Na podlagi analize ekonomske upravičenosti investicije v prilogi 3 ocenjujemo, da je investicija v agrovoltaični projekt v okolišu Slovenske Istre lahko ekonomsko upravičena v kolikor prodajna cena električne energije preseže določeno kritično mejo, katero bomo določili v nadaljevanju.

Poleg prodajne cene na veleprodajnem trgu sta pri investicijah v naprave za proizvodnjo električne energije pomembna tudi osončenost in degradacijska stopnja izbranih sončnih panelov. Pri osončenosti smo s pomočjo spletnega portala Solargis ocenili povprečno proizvodnjo elektrike na enoto inštalirane moči v okolišu Slovenske Istre ter slednjo uporabili v analizi. Pri tem je pomembno poudariti, da je povprečna proizvodnja električne energije zgolj groba ocena in da obstajajo lokacije, ki imajo slabšo proizvodnjo zaradi osončenosti. Degradacijska stopnja sončnega panela nam pove, s kakšnim odstotkom panel slabi na letni ravni ter posledično proizvede manj električne energije. Glede na pregled različnih proizvajalcev sončnih panelov smo ugotovili, da se v povprečju v prvem letu degradacijska stopnja zmanjša za 3 odstotke, nato pa vsako leto za 0,5 odstotka, dokler ne doseže končne stopnje 15 odstotkov glede na začetno stanje. V analizi smo ustrezno upoštevali zmanjšano proizvodnjo električne energije zaradi degradacije. Na sliki 20 je grafično prikazana proizvodnja električne energije, popravljene za degradacijski faktor.

Slika 20: Letna proizvodnja električne energije popravljena za degradacijski faktor



Vir: lastno delo.

7.3 Analiza občutljivosti

Ena najpomembnejših predpostavk naše analize je prodajna cena električne energije na veleprodajnem trgu, ki močno vpliva na ekonomsko upravičenost preučevanega agrovoltaičnega projekta. Po opravljeni analizi ekonomske upravičenosti investicije smo pripravili še analizo občutljivosti, s katero smo preverili, kako na ekonomsko upravičenost projekta vpliva povečanje prodajne cene električne energije.

V analizi občutljivosti smo izhodiščno ceno 75 EUR/MWh električne energije popravljali za 10 odstotkov in opazovali, kako ta ključni parameter vpliva na IRR in NPV. Agrovoltaični projekt postane ekonomsko upravičen, ko se prodajna cena električne energije povzdigne za več kot 50 odstotkov od izhodiščne cene. Izhodiščna cena predstavlja tudi najmanjšo pričakovano ceno električne energije. V tabeli 8 je prikazana občutljivost NPV projekta na ocenjeno predpostavko o višini prodajne cene električne energije na veleprodajnem trgu.

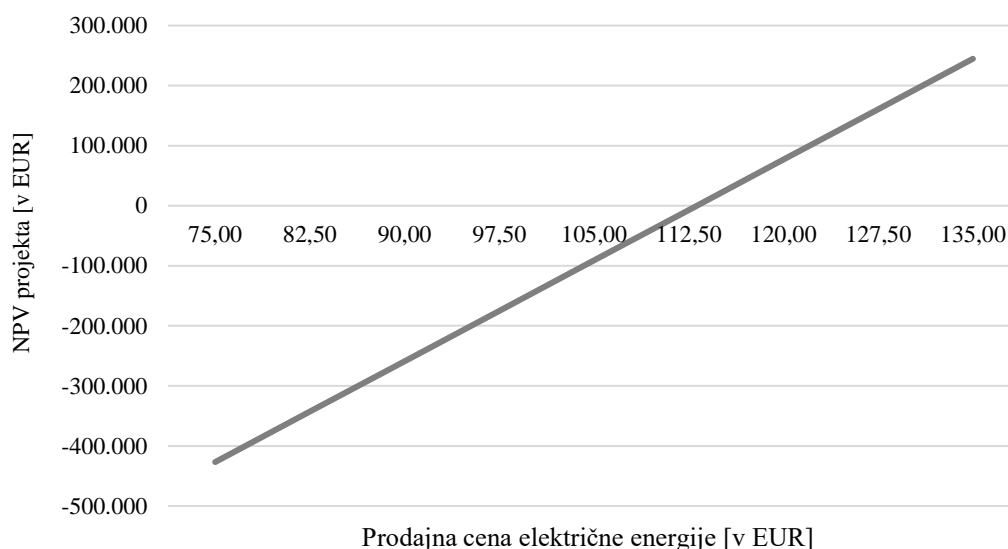
Tabela 8: Občutljivost NPV projekta na višino prodajne cene električne energije

Prodajna cena EE na MWh [v EUR]	Sprememba prodajne cene [v %]	IRR [v %]	NPV [v EUR]	Sprememba NPV [v %]
127,50	70,00	9,14	160.739,71	52,22
120,00	60,00	8,39	76.803,39	109,29
112,50	50,00	7,63	-7.132,92	97,79
105,00	40,00	7,70	-91.069,24	92,17
97,50	30,00	6,07	-175.005,55	47,96
90,00	20,00	5,27	-258.941,87	32,42
82,50	10,00	4,45	-342.878,18	24,48
75,00	0,00	3,61	-426.814,50	19,67

Vir: lastno delo.

Na sliki 21 so spremembe NPV projekta v odvisnosti od veleprodajnih cen električne energije na veleprodajnem trgu prikazane še grafično. Iz grafa lahko razberemo, da je projekt ekonomsko upravičen, v kolikor je prodajna cena proizvedene električne energije višja od 113,3 EUR/MWh, kar sovpada z 7,71-odstotnim IRR in pozitivnem NPV v višini 1.820,28 EUR.

Slika 21: Vpliv spremembe prodajne cene električne energije na NPV projekta



Vir: lastno delo.

V analizi smo kot predpostavko uporabili vrednost WACC v višini 7,7 odstotka, kar je podrobneje predstavljeno v poglavju 6.1.3. Kot že omenjeno, bi bila investicija ekonomsko upravičena, v kolikor bi bila IRR vrednost pozitivna in večja od vrednosti 7,7 odstotka. NPV smo izračunali na podlagi vseh predvidenih denarnih tokov čez celotno ekonomsko obdobje investicije in jih diskontirali na sedanjo vrednost.

SKLEP

Magistrsko delo na podlagi ZUNPEOVE obravnava agrovoltaiko ter ugotavlja ekonomsko upravičenost investicije v agrovoltaiko na območju RS. Delo obsega analizo ozadja zakona, predvidene ukrepe za pospešitev zelenega prehoda, pregled strokovne literature o agrovoltaiki, identifikacijo potencialnih območij v RS, ter s pomočjo analize ekonomske upravičenosti investicije ugotavlja upravičenost investiranja v agrovoltaiko. Poglavitni cilj zgoraj sprejetega zakona je pospešiti in olajšati uvajanje OVE v elektroenergetski sektor v Sloveniji. S tem bo omogočen tehnološki razvoj, inovacije in povečana dostopnost energije po dostopnih cenah za vse prebivalce Slovenije. Ta pristop je nujen za doseg podnebno nevtralne družbe in prehod na trajnostno energetska prihodnost ter zagotovitev vsaj 27 odstotnega deleža OVE v končni rabi energije, kot ga predvideva EU za RS do konca leta 2030.

Večina držav EU nima jasnih regulatornih okvirjev ali spodbud za razvoj agrovoltaičnih projektov, kar je eden ključnih izzivov EU v primerjavi z ostalim svetom. Ta problem je še posebej izrazit v državah z velikim potencialom za razvoj te tehnologije, kot so Slovenija, Španija, Portugalska in Italija, vendar imamo kljub vsemu primere dobrih praks v državah, kot sta Nemčija in Francija, kjer so agrovoltaični projekti že pilotno testirani in prinašajo prve pozitivne ugotovitve za določene kmetijske pridelke. V Nemčiji so na primer ugotovili, da agrovoltaična elektrarna zelo pozitivno vpliva na rast krompirja, medtem ko v Franciji ob 36 odstotni stopnji osenčenosti vinogradniške trte izboljšajo svoj letni donos pridelka. Prav zaradi izboljšane produktivnosti pri vinogradniških trtah in opuščanju manjših vinogradov v RS smo se odločili za empirično analizo agrovoltaike na primeru vinogradništva.

V prvem delu empirične analize magistrskega dela smo se osredotočili na identifikacijo najbolj primernih območij za agrovoltaične projekte v Sloveniji. Na osnovi podatkov o varstvenih območjih, klimatskih pogojih in specifičnih značilnostih kmetijskih zemljišč smo ugotovili, da je okoliš Slovenske Istre potencialno zelo primerno območje za agrovoltaične projekte. Po ugotovitvah o najbolj primernem okolišu za agrovoltaike smo se osredotočili na finančno analizo o upravičenosti investiranja v omenjeno tehnologijo. Temeljili smo na predpostavkah, ki smo jih pridobili iz referenčnega projekta agrovoltaične elektrarne v Heggelbachu. Celotno analizo investicije smo razdelili na investicijske izdatke in poslovne odhodke, ter na koncu s pomočjo dinamičnih metod za ocenjevanje ekonomske upravičenosti projektov prišli do ugotovitev.

Investicijski izdatki za agrovoltaično elektrarno so bili ocenjeni na 1,4 mio EUR, predvidena struktura financiranja je 40 % dolžniškega in 60 % lastniškega kapitala, predvidena obrestno mero za posojilo je 7,4 odstotka letno. Povprečni poslovni odhodki so bili ocenjeni na 20.019,12 EUR letno pri predpostavki, da se stroške storitev v največji meri preda v zunanje izvajanje. Ekonomsko upravičena investicija v agrovoltaičen projekt v okolišu Slovenske Istre je močno pogojena s prodajno ceno električne energije. Z uporabo analize ekonomske upravičenosti investicije in analizo občutljivosti smo primerjali več različnih scenarijev in ugotovili, da je projekt ekonomsko upravičen le, če je prodajna cena električne energije enaka ali višja od 113,3 EUR/MWh. Pomembno je poudariti, da je prodajna cena električne energije ena izmed ključnih omejitev magistrskega dela. Poleg tega smo se pri analizi občutljivosti osredotočili izključno na prodajno ceno električne energije, pri čemer nismo upoštevali drugih parametrov, kot na primer proizvodnje električne energije, kar predstavlja dodatno omejitev tega dela. Omejitev tega dela je tudi uporaba investicijskih izdatkov, pridobljenih iz že izvedenega projekta v Nemčiji, ki pa, kljub prilagoditvi cen na leto 2023, ostajajo pomembna omejitev.

Na podlagi naših izračunov in analize smo ugotovili, da je investicija v agrovoltaično elektrarno v okolišu Slovenske Istre ekonomsko upravičena, v kolikor je prodajna cena električne energije višja od 113,3 EUR/MWh. Država lahko s pomočjo obratovalnih podpor zagotovi ekonomsko upravičenost investiranja v agrovoltaične projekte. Potencialni investitor se mora zavedati tveganj, povezanih z nihanji cen komponent in predvsem

odkupne cene električne energije na dolgi rok. Po našem mnenju je za uspešno izvedbo in implementacijo agrovoltaičnega projekta potrebno temeljito in celovito razumevanje zakonodajnih, ekonomskih, tehničnih in okoljskih faktorjev. Naše ugotovitve lahko služijo kot koristna izhodiščna točka za prihodnje raziskave in morebitne politične odločitve glede razvoja agrovoltaike v Sloveniji.

LITERATURA IN VIRI

1. Agencija Republike Slovenije za okolje. (2023). *Atlas okolja*. Pridobljeno 5. maja 2023 s http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso
2. Agencija za energijo. (2022a). *O agenciji*. Pridobljeno 9. julija 2023 s https://www.agen-rs.si/o_agenciji
3. Agencija za energijo. (2022b). *Udeleženci na trgu z električno energijo*. Pridobljeno 9. julija 2023 s <https://www.agen-rs.si/gospodinjski/elektrika/udelezenci-na-trgu-z-elektricno-energijo>
4. Agencija za energijo. (brez datuma). *Podpore za proizvedeno elektriko*. Pridobljeno 9. julija 2023 s <https://www.agen-rs.si/izvajalci/ove-ure/obnovljivi-viri-in-soprodukcija/podpore-za-proizvedeno-elektriko>
5. Axpo Nordic. (brez datuma). *How the solar cell found the spotlight*. Pridobljeno 18. marca 2023 s <https://www.axpo.com/dk/en/magazine/renewable-energy/how-the-solar-cell-found-the-spotlight.html>
6. Berk, J. & DeMarzo, P. (2017). *Corporate Finance* (4. izd.). Pearson.
7. Beuth. (brez datuma). *Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung*. DIN SPEC 91434:2021-05. Pridobljeno 12. marca 2023 s <https://www.beuth.de/en/technical-rule/din-spec-91434/337886742>
8. Borzen. (brez datuma a). *O družbi Borzen*. Pridobljeno 9. julija 2023 s <https://www.borzen.si/sl/Domov/menu1/Dru%C5%BEba-Borzen/O-dru%C5%BEbi-Borzen>
9. Borzen. (brez datuma b). *Predstavitev centra za podpore*. Pridobljeno 9. julija 2023 s <https://www.borzen.si/sl/Domov/menu2/Center-za-podpore-proizvodnji-zelene-energije/Predstavitev-centra-za-podpore>
10. Borzen. (brez datuma c). *Vrste podpor*. Pridobljeno 10. julija 2023 s https://www.borzen.si/sl/Domov/menu2/Center-za-podpore-proizvodnji-zelene-energije/Sistem-podpor/Vrste_podpor
11. Casem, M. L. (2016). *Case Studies in Cell Biology*. Elsevier.
12. CleanTechnica. (2015). *Net Metering History & Logic - Part 1*. Pridobljeno 19. aprila 2023 s <https://cleantechnica.com/2015/09/06/net-metering-history-logic-part-1/>
13. Črnigoj, M. (2022). *Poslovne Finance 2* [vaje]. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
14. Damodaran, A. (2023). *Country Default Spreads and Risk Premiums*. Pridobljeno 8. maja 2023 s https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html

15. Dincer, I. (2000). Renewable energy and sustainable development: A crucial review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4(2), 157–175.
16. Ellerbeck, S. (2023). World Economic Forum. *Wind and solar power generated more electricity in the EU last year than gas did. Here's how*. Pridobljeno 12. avgusta 2023 s <https://www.weforum.org/agenda/2023/01/renewable-energy-electricity-record-europe/>
17. Energy Brainpool. (2022). *EU Energy Outlook 2050: How will the European electricity market develop over the next 30 years?* Pridobljeno 9. julija 2023 s <https://blog.energybrainpool.com/en/eu-energy-outlook-2050-how-will-the-european-electricity-market-develop-over-the-next-30-years/>
18. Epeu. (2021). *Net-metering pri sončni elektrarni*. Pridobljeno 7. julija 2023 s <https://www.epeu.si/si/aktualno/novice/net-metering-pri-soncni-elektrarni>
19. European Energy Exchange. (2023). *Futures*. Pridobljeno 31. avgusta 2023 s <https://www.eex.com/en/market-data/power/futures>
20. Evropska komisija. (brez datuma a). *National energy and climate plans (NECPs)*. Pridobljeno 4. januarja 2023 s https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en
21. Evropska komisija. (brez datuma b). *REPowerEU: Affordable, secure and sustainable energy for Europe*. Pridobljeno 8. januarja 2023 s https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en
22. Evropski svet Svet Evropske unije. (2022a). *European Green Deal*. Pridobljeno 13. julija 2023 s <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/>
23. Evropski svet Svet Evropske unije. (2022b). *Fit for 55*. Pridobljeno 8. julija 2023 s <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
24. Evropski svet Svet Evropske unije. (2022c). „Pripravljeni na 55“: *Svet dosegel dogovor o višjih ciljeh za obnovljive vire energije in energijsko učinkovitost*. Pridobljeno 6. julija 2023 s <https://www.consilium.europa.eu/sl/press/press-releases/2022/06/27/fit-for-55-council-agrees-on-higher-targets-for-renewables-and-energy-efficiency/>
25. Evropski svet Svet Evropske unije. (2023). *Pariški sporazum o podnebni spremembi*. Pridobljeno 5. julija 2023 s <https://www.consilium.europa.eu/sl/policies/climate-change/paris-agreement/>
26. Fraunhofer ISE. (2022). *Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition*. Pridobljeno 2. julija 2023 s <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/agrivoltaics-opportunities-for-agriculture-and-the-energy-transition.html>
27. French Energy Regulatory Commission. (2017). *Appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité innovantes à partir de l'énergie solaire*. Pridobljeno 2. junija 2023 s <https://www.cre.fr/Documents/Appels-d-offres/appel-d-offres-portant-sur-la-realisation-et-l-exploitation-d-installations-de-production-d-electricite-innovantes-a-partir-de-l-energie-solaire>

28. Finančna uprava Republike Slovenije. (2023). *Davek od dohodkov pravnih oseb (DDPO)*. Pridobljeno 8. januarja 2023 s https://www.fu.gov.si/davki_in_druge_dajatve/podrocja/davek_od_dohodkov_pravnih_oseb_ddpo/
29. Geodetski inštitut Slovenije. (2019). *Okoljski kazalci*. Pridobljeno 13. julija 2023 s <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/pokrovnost-raba-tal-0#article-footer-id>
30. Glojek, K., Kop, B., Seifert, A. & Vrabič, T. (2014). *Pokrovnost in raba tal v Sloveniji ter analiza uporabnosti različnih prostorskih podatkov* (projektna naloga). Ljubljana: Filozofska fakulteta.
31. Goetzberger, A. & Zastrow, A. (1982). On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. *International Journal of Solar Energy*, 1(1), 55–69.
32. Gökgöz, F. & Güvercin, M. T. (2018). Energy security and renewable energy efficiency in EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 226–239.
33. Jain, P., Raina, G., Sinha, S., Malik, P. & Mathur, S. (2021). Agrovoltaics: Step towards sustainable energy-food combination. *Bioresource Technology Reports*, 15, 100766.
34. Janjič, B. (2022). Končuje se obdobje neto meritev. *Naš stik*. Pridobljeno 10. maja 2023 s <https://www.nas-stik.si/novice/podrobnosti-novice/koncuje-se-obdobje-neto-meritev>
35. Jones, D. (2023). European Electricity Review 2023. *Ember*. Pridobljeno 26. februarja 2023 s <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2023/>
36. Kastelec, D., Rakovec, J. & Zakšek, K. (2007). *Sončna energija v Sloveniji*. ZRC SAZU.
37. Kermavnar, J., Kozamernik, E. & Kutnar, L. (2023). Assessing the heterogeneity and conservation status of the Natura 2000 priority forest habitat type Tilio–Acerion (9180*) based on field mapping. *Forests*, 14(2), 232.
38. Kern, J. (2022). *Oskrba regije z električno energijo iz obnovljivih virov*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.
39. Klein, A., Merkel, E., Pfluger, B., Held, A., Ragwitz, M., Resch, G. & Busch, S. (2010). Evaluation of different feed-in tariff design options - Best practice paper for the International Feed-In Cooperation. *Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU)*, 3.
40. Kmetijski inštitut Slovenije. (2022). *Poročila o stanju v kmetijstvu*. Pridobljeno 12. maja 2023 s https://www.kis.si/Porocila_o_stanju_v_kmetijstvu/
41. Korenč, L. (2018). Slovenske Vinorodne Dežele. *WEBMap*. Pridobljeno 17. maja 2023 s <https://zlk.si/VINO/index.html>
42. Kovač, M., Urbančič, A. & Staničič, D. (2018). *Climate Mitigation 2050 Potentials and Mid-term Challenges Part 5B: Photovoltaic Rooftop Potential in Slovenia by 2050*.
43. Lenič, A. (2020). *Uporaba bioklimatskih indeksov v vinogradništvu* (magistrsko delo). Ljubljana: Biotehniška fakulteta.
44. Macknick, J., Hartmann, H., Barron-Gafford, Beatty, B., Burton, Choi, S., Davis, M., Davis, R., Figueroa, J., Garrett, A., Hain, L., Herbert, S., Janski, J., Kinzer, A., Knapp, A., Lehan, M., Losey, J., Marley, J., MacDonald, J., McCall, J., Nebert, L., Ravi, S., Schmidt, J., Staie, B. & Walston L. (2022). National Renewable Energy Laboratory. *The 5 Cs of Agrivoltaic Success Factors in the United States: Lessons from the InSPIRE*

- Research Study*. Pridobljeno 15. maja 2023 s <https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/83566.pdf>
45. Majumdar, D. & Pasqualetti, M. J. (2018). Dual use of agricultural land: Introducing ‘agrivoltaics’ in Phoenix Metropolitan Statistical Area, USA. *Landscape and Urban Planning*, 170, 150–168.
46. Marc, M., Ponikvar, N. & Tekavčič, M. (2020). *Ekonomika projektov*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
47. Marrou, H., Guillioni, L., Dufour, L., Dupraz, C. & Wery, J. (2013). Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*, 177, 117–132.
48. Ministrstvo za infrastrukturo. (2020). *Slovenija: Celoviti nacionalni energetske in podnebni načrt Republike Slovenije (NEPN) - Sprejet s strani vlade RS (verzija 5.0)*. Pridobljeno 12. maja 2023 s https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn_5.0_final_feb-2020.pdf ESKI_DOKUMENT_-_KONCNO_-_PDF.pdf
49. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. (2023). *Poljedelstvo*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://www.gov.si teme/poljedelstvo/>
50. Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo. (2019). *NEPN - Odgovori na ključna vprašanja in kratek povzetek*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/nacionalni-energetski-in-podnebn-nacrt/povzetek/>
51. Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo. (2023a). *Vlada določila predlog besedila Zakona o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://www.gov.si/novice/2023-02-23-vlada-dolocila-predlog-besedila-zakona-o-uvajanju-naprav-za-proizvodnjo-elektricne-energije-iz-obnovljivih-virov-energije/>
52. Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo. (2023b). *Predlog Zakona o umeščanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije – predlog za obravnavo*. Pridobljeno 12. aprila 2023 s http://vrs-3.vlada.si/MANDAT22/vladnagradaiva.nsf/GLA_PRE_KAT?OpenView&ExpandView&RestrictToCategory=00704%20-%202023%20/%20000074
53. Morris Ridge Solar Energy Center. (2022). AgriSolar Clearinghouse. *Mount Morris Agrivoltaics Study: Co-locating Solar and Agriculture at the Morris Ridge Solar Energy Center*. Pridobljeno 12. aprila 2023 s <https://www.agrisolarclearinghouse.org/mount-morris-agrivoltaics-study-co-locating-solar-and-agriculture-at-the-morris-ridge-solar-energy-center/>
54. Nagashima, A. & Changdao, B. (2005). *Sunlight power generation system (Patent JP2005277038A)*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://patents.google.com/patent/JP2005277038A/en>
55. Our World in Data. (brez datuma). *Solar (photovoltaic) panel prices*. Pridobljeno 2. avgusta 2023 s <https://ourworldindata.org/grapher/solar-pv-prices>

56. Pickerel, K. (2018). *What are bifacial solar modules and how do they work?* Solar Power World. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/04/what-are-bifacial-solar-modules/>
57. Portal Energetika. (brez datuma). *Posodobitev NEPN*. Pridobljeno 4. marca 2023 s <https://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/nacionalni-energetski-in-podnebni-nacrt-2024/posodobitev-nepn/>
58. Pšunder, I. & Cirman, A. (2011). Diskontna mera pri uporabi metod, ki temeljijo na diskontiranem denarnem toku za potrebe analize nepremičninskih investicij in vrednotenja nepremičnin. *Geodetski Vestnik*, 55(3), 546–560.
59. Pučko, D. & Rozman, R. (2000). *Ekonomika in organizacija podjetja. Knj. 1, Ekonomika podjetja*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
60. PV portal. (brez datuma). *Fotovoltaika*. Pridobljeno 17. marca 2023 s <http://pv.fe.uni-lj.si/sl/fotovoltaika/osnove/>
61. Rajagopal, D., Sexton, S. E., Roland-Holst, D. & Zilberman, D. (2007). Challenge of biofuel: Filling the tank without emptying the stomach? *Environmental Research Letters*, 2(4), 044004.
62. Raley, R. (2022). Slovenia reaches 2020 renewable energy goal - Stats office. *Renewablesnow*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://renewablesnow.com/news/slovenia-reaches-2020-renewable-energy-goal-stats-office-769329/>
63. Sampaio, P. G. V. & González, M. O. A. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 590–601.
64. Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A. & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265, 114737.
65. Scognamiglio, A. (2016). 'Photovoltaic landscapes': Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 629–661.
66. Scognamiglio, A., Garde, F., Ratsimba, T., Monnier, A. & Scotto, E. (2014). *Photovoltaic greenhouses: A feasible solutions for islands?*
67. Sekiyama, T. & Nagashima, A. (2019). Solar Sharing for Both Food and Clean Energy Production: Performance of Agrivoltaic Systems for Corn, A Typical Shade-Intolerant Crop. *Environments*, 6(6).
68. Smith, E. L. (1936). Photosynthesis in Relation to Light and Carbon Dioxide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 22(8), 504–511.
69. Solar Power Europe. (2021). *Agrisolar Best Practice Guidelines*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://www.solarpowereurope.org/insights/thematic-reports/agrisolar-best-practice-guidelines>
70. Solargis. (2023). *Data and software architects for bankable solar investments*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://solargis.com/about-us>

71. Statista. (2023). *Photovoltaic global market size 2030*. Pridobljeno 12. avgusta 2023 s <https://www.statista.com/statistics/1255392/global-photovoltaic-market-size/>
72. Sun'Agri. (brez datuma). *Research programme and publications*. Pridobljeno 12. marca 2023 s <https://sunagri.fr/en/research-programme-and-publications/>
73. Statistični urad Republike Slovenije. (2021). *Popis kmetijskih gospodarstev, Slovenija, 2020*. Pridobljeno 20. junija 2023 s <https://www.stat.si/StatWeb/news/Index/9459>
74. Statistični urad Republike Slovenije. (2023a). *Indeksi stroškov dela (četrletje/povprečje leta 2020)*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/0715101S.px/table/tableViewLayout2/>
75. Statistični urad Republike Slovenije. (2023b). *Inflacija in revalorizacija*. Pridobljeno 21. junija 2023 s <https://www.stat.si/inflacija>
76. Tajima, M. & Iida, T. (2021). Evolution of agrivoltaic farms in Japan. *AGRIVOLTAICS2020 CONFERENCE: Launching Agrivoltaics World-wide*, 2361(1).
77. Tazawa, S. (1999). JIRCAS. *Effects of Various Radiant Sources on Plant Growth*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://www.jircas.go.jp/publication/jarq/33/3/163>
78. Toledo, C. & Scognamiglio, A. (2021). Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns). *Sustainability*, 13(12).
79. Trading Economics. (brez datuma). *Steel Data 2009-2023, Forecast 2024*. Pridobljeno 2. avgusta 2023 s <https://tradingeconomics.com/commodity/steel>
80. Trommsdorff, M. (2016). Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. *Photovoltaics and Photosynthesis – Pilot Plant at Lake Constance Combines Electricity and Crop Production*. Pridobljeno 12. maja 2023 s <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2016/photovoltaics-and-photosynthesis-pilot-plant-at-lake-constance-combines-electricity-and-crop-production.html>
81. Trommsdorff, M., Dhal, I. S., Özdemir, Ö. E., Ketzer, D., Weinberger, N. & Rösch, C. (2022). Chapter 5 - Agrivoltaics: Solar power generation and food production. V S. Gorjian & P. E. Campana (ur.), *Solar Energy Advancements in Agriculture and Food Production Systems* (str. 159–210). Academic Press.

PRILOGE

Priloga 1: Primerjava investicijskih izdatkov agrovoltaične in klasične sončne elektrarne

Struktura investicijskih izdatkov	Agrovoltaična elektrarna [EUR na kWp]	Fotovoltaična elektrarna na zemlji [EUR na kWp]	Δ v EUR glede na kWp	Δ v %
Montažne strukture	405,10	65,00	340,10	523,2
Priprava mesta in montaža	299,00	150,00	149,00	99,3
PV moduli	290,00	250,00	40,00	16,0
Povezava na omrežje	100,00	100,00	-	0,0
Pretvornik	60,00	60,00	-	0,0
Projektni management, administracija	36,80	35,00	1,80	5,1
Zaščita tal	30,90	-	30,90	100,0
Skrbni pregled in inšpekcijski pregled	25,00	25,00	-	0,0
Stikalo za združevanje	15,00	15,00	-	0,0
Razna električna oprema	15,00	15,00	-	0,0
Pravno svetovanje	12,50	12,50	-	0,0
Stroški razpisa	5,00	5,00	-	0,0
Ograja	-	15,00	(15,00)	100,0
Skupni CAPEX	1.294,30	747,50	546,80	73,2

Prirejeno po Schindele in drugi (2020).

Priloga 2: Primerjava poslovnih odhodkov agrovoltaične in klasične sončne elektrarne

Struktura poslovnih odhodkov	<i>Agrovoltaična elektrarna [EUR na kWp]</i>	<i>Fotovoltaična elektrarna na zemlji [EUR na kWp]</i>	<i>Δ v EUR glede na kWp</i>	<i>Δ v %</i>
Komercialno upravljanj	5,50	5,50	-	0
Spremljanje proizvodnje	2,40	2,40	-	0
Popravila in servis	1,70	1,50	0,20	13
Stroški zemljišča	1,68	2,40	(0,72)	-30
Nadzor	1,44	1,80	(0,36)	-20
Zavarovanje	1,35	1,35	-	0
Razno	1,10	1,10	-	0
Zamenjava razsmernikov	1,00	1,00	-	0
Vzdrževanje/Košnja	0,08	1,60	(1,52)	-95
Skupni OPEX	16,25	18,65	(2,40)	-12,9

Prirejeno po Schindele in drugi (2020).

Analiza investicije v agrovoltaično tehnologijo v okolišu Slovenske Istre (nad.)

Prodajna cena EE [v EUR]	Sprememba prodajne P [v %]	IRR [v %]	NSV [v EUR]
135,00	80,00	9,87	244.676,02
127,50	70,00	9,14	160.739,71
120,00	60,00	8,39	76.803,39
112,50	50,00	7,63	-7.132,92
105,00	40,00	7,70	-91.069,24
97,50	30,00	6,07	-175.005,55
90,00	20,00	5,27	-258.941,87
82,50	10,00	4,45	-342.878,18
75,00	0,00	3,61	-426.814,50

31/12/2028	31/12/2029	31/12/2030	31/12/2031	31/12/2032	31/12/2033	31/12/2034	31/12/2035	31/12/2036	31/12/2037	31/12/2038	31/12/2039	31/12/2040	31/12/2041	31/12/2042	31/12/2043	31/12/2044	31/12/2045	31/12/2046	31/12/2047	31/12/2048
5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00
5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00
5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359
0,950	0,945	0,940	0,935	0,930	0,925	0,920	0,915	0,910	0,905	0,900	0,895	0,890	0,885	0,880	0,875	0,870	0,865	0,860	0,855	0,850
1.291	1.284	1.277	1.270	1.264	1.257	1.250	1.243	1.237	1.230	1.223	1.216	1.209	1.203	1.196	1.189	1.182	1.175	1.169	1.162	1.155
113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30	113,30
146.254	145.485	144.715	143.945	143.175	142.406	141.636	140.866	140.096	139.327	138.557	137.787	137.017	136.248	135.478	134.708	133.938	133.169	132.399	131.629	130.859
7.941,50	8.100,33	8.262,33	8.427,58	8.596,13	8.768,06	8.943,42	9.122,28	9.304,73	9.490,83	9.680,64	9.874,25	10.071,74	10.273,17	10.478,64	10.688,21	10.901,97	11.120,01	11.342,41	11.569,26	11.800,65
2.335,73	2.382,45	2.430,10	2.478,70	2.528,27	2.578,84	2.630,42	2.683,02	2.736,69	2.791,42	2.847,25	2.904,19	2.962,28	3.021,52	3.081,95	3.143,59	3.206,46	3.270,59	3.336,00	3.402,72	3.470,78
5.078,77	5.180,35	5.283,95	5.389,63	5.497,43	5.607,37	5.719,52	5.833,91	5.950,59	6.069,60	6.190,99	6.314,81	6.441,11	6.569,93	6.701,33	6.835,36	6.972,07	7.111,51	7.253,74	7.398,81	7.546,79
1.557,16	1.588,30	1.620,07	1.652,47	1.685,52	1.719,23	1.753,61	1.788,68	1.824,46	1.860,95	1.898,17	1.936,13	1.974,85	2.014,35	2.054,63	2.095,73	2.137,64	2.180,39	2.224,00	2.268,48	2.313,85
-16.913,16	-17.251,42	-17.596,45	-17.948,38	-18.307,35	-18.673,50	-19.046,97	-19.427,91	-19.816,46	-20.212,79	-20.617,05	-21.029,39	-21.449,98	-21.878,98	-22.316,56	-22.762,89	-23.218,15	-23.682,51	-24.156,16	-24.639,28	-25.132,07
129.341,28	128.233,25	127.118,47	125.996,78	124.868,05	123.732,14	122.588,91	121.438,21	120.279,89	119.113,80	117.939,79	116.757,69	115.567,34	114.368,58	113.161,24	111.945,15	110.720,13	109.486,01	108.242,60	106.989,71	105.727,17
-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58	-56.414,58
72.926,69	71.818,67	70.703,88	69.582,19	68.453,47	67.317,56	66.174,33	65.023,63	63.865,31	62.699,22	61.525,21	60.343,10	59.152,76	57.954,00	56.746,66	55.530,57	54.305,55	53.071,42	51.828,01	50.575,13	49.312,58
-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50	-2.090,50
70.836,19	69.728,17	68.613,38	67.491,69	66.362,97	65.227,06	64.083,83	62.933,13	61.774,81	60.608,72	59.434,71	58.252,60	57.062,26	55.863,50	54.656,16	53.440,57	52.216,55	51.071,42	49.908,01	48.728,01	47.532,58
13.458,88	13.248,35	13.036,54	12.823,42	12.608,96	12.393,14	12.175,93	11.957,29	11.737,21	11.515,66	11.292,59	11.067,99	10.841,83	10.614,06	10.384,67	10.155,81	9.924,05	9.690,57	9.455,07	9.218,27	8.979,99
59.467,82	58.570,32	57.667,34	56.758,77	55.844,50	54.924,42	53.998,40	53.066,33	52.128,10	51.183,56	50.232,61	49.275,11	48.310,93	47.339,93	46.361,99	45.379,76	44.397,49	43.417,85	42.439,85	41.463,69	40.490,49
56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58	56.414,58
115.882,40	114.984,90	114.081,92	113.173,35	112.259,08	111.339,00	110.412,98	109.480,92	108.542,68	107.598,15	106.647,19	105.689,69	104.725,51	103.754,51	102.776,57	101.791,34	100.800,08	99.803,44	98.801,27	97.800,44	96.800,78

Vir: lastno delo.