

Analiza korištenih tehnologija u razvoju pametnih otoka

Mihaljević, Klara

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:904942>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-27**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Klara Mihaljević

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ANALIZA KORIŠTENIH TEHNOLOGIJA U RAZVOJU PAMETNIH OTOKA

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Goran Krajačić, dipl. ing.

Student:

Klara Mihaljević

Zagreb, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru izv. prof. dr. sc. Goranu Krajačiću i asistentu Goranu Stunjeku na pomoći i dostupnosti koju su mi pružili tijekom izrade ovog rada.

Najviše se zavaljujem svojim roditeljima i prijateljima koji su uvijek bili uz mene tijekom studiranja i izrade ovoga rada.

Klara Mihaljević



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
 procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602 - 04 / 20 - 6 / 3	
Ur. broj: 15 - 1703 - 20 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Klara Mihaljević** Mat. br.: 0035207459

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza korištenih tehnologija u razvoju pametnih otoka**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of available technologies for development of smart islands**

Opis zadatka:

Otoci kao izolirani sustavi izloženi su mnogim problemima kao što su to depopulacija, slaba povezanost s kopnom, a troškovi električne energije, telekomunikacijskih usluga i prometa su veći od troškova na kopnu. Također, kao izolirani sustavi idealni su kandidati za provođenje pilot projekata za buduću primjenu tehnologija. Europska unija prepoznala je probleme i potencijal otoka te je izradila nekoliko zakonodavnih okvira koji potiču održivi razvoj otoka. Najvažniji dokument je „Deklaracija o pametnim otocima“, a inicijativa „Čista energija za europske otoke“ dodatno predstavlja dugoročni okvir za sveukupni razvoj održivog energetskog sustava otoka. Deklaracija o pametnim otocima predstavlja deset ciljeva za razvoj održive zajednice usredotočenih na sedam ključnih područja: energetika, upravljanje vodom, promet, gospodarenje otpadom, informacijsko-komunikacijske tehnologije, upravljanje i ekonomija. Integracija naprednih tehnologija u spomenutih sedam područja, kao i međusektorska sinergija presudni su za uspješnu tranziciju otoka prema nisko ugljičnom održivom razvoju. U okviru završnog rada potrebno je analizirati primjere pametnih otoka u svijetu, te primjenom analize snage, slabosti, prilika i prijetnji (SWOT analiza) odabrati jednu od tehnologija i primijeniti je na jednom od hrvatskih otoka. U okviru rada potrebno je napraviti jednostavni tehnno-ekonomski proračun primijenjene tehnologije.

U okviru završnog rada potrebno je:

1. Napraviti pregled literature na temu pametnih otoka te prikazati aktualne primjere iz prakse u cijelome svijetu
2. Napraviti pregled literature korištenih tehnologija vezanih uz pametne otoke te napraviti SWOT analizu koja uključuje minimalno 5 tehnologija.
3. Napraviti idejnu analizu primjene odabrane tehnologije na hrvatskom otoku po izboru. Napraviti jednostavnu tehnno-ekonomsku analizu odabrane tehnologije.

Potrebni podaci mogu se dobiti kod mentora. U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualnu dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
15. svibnja 2020.

Datum predaje rada:
2. rok (izvanredni): 1. srpnja 2020.
3. rok: 17. rujna 2020.

Predviđeni datumi obrane:
2. rok (izvanredni): 3.7.2020.
3. rok: 21.9. - 25.9.2020.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Goran Krajačić

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	IV
POPIS TABLICA.....	V
POPIS OZNAKA	VI
POPIS KRATICA	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY	IX
1. UVOD.....	1
1.1. Deklaracija o pametnim otocima	2
1.1.1. Pametno i integrirano upravljanje resursima i infrastrukturom	4
1.2. Inicijativa „Čista energija za europske otoke“	5
2. PAMETNI OTOCI U EUROPI.....	7
2.1. Hrvatska.....	7
2.1.1. Unije [44°38'59"N 14°14'44"E]	7
2.1.2. Lastovo [42°45'N 16°52'E].....	8
2.1.3. Krk [45°04'N 14°35'E]	10
2.1.4. Korčula [42°56'N 17°03'E].....	11
2.1.5. Otok Lošinj [44°41'N 14°22'E] i otok Cres [44°52'N 14°23'E].....	12
2.2. Cipar [35°09'N 33°24'E]	17
2.3. Finska.....	18
2.3.1. Otok Aland [60°53'N 19°09'E].....	18
2.4. Italija.....	19
2.4.1. Otok Favignana [37°55'N 12°18'E].....	19
2.5. Malta.....	19
2.5.1. Otok Gozo [36°02'N 14°15'E]	19
2.6. Španjolska.....	20
2.6.1. Kanarski otoci [28°17'N 16°37'E]	20
3.1. Singapur [1°21'N 103°49'E].....	21
3.2. Novi Zeland	21

3.2.1. Otočje Tokelau [8°33'N 172°28'E].....	21
4. ANALIZA SNAGE, SLABOSTI, PRILIKA I PRIJETNJI ZA ODABRANE TEHNOLOGIJE.....	23
4.1. Informacijska i komunikacijska tehnologija.....	24
4.2. Internet stvari	27
4.3. Obnovljivi izvori energije.....	30
4.4. Tehnologije uštede vode	33
4.4.1. Tehnologija desalinizacije	33
4.4.2. Tehnologija prikupljanja kišnice	34
4.4.3. Ostale tehnologije uštede vode	37
4.5. Elektromobilnost.....	37
5. IDEJNA ANALIZA PLUTAJUĆE SOLARNE ELEKTRANE NA VRANSKOM JEZERU NA OTOKU CRESU	39
5.1. Tehnologija potrebna za instalaciju FPV.....	45
5.1.1. Pontoni	45
5.1.2. Sidrište	45
5.1.3. Električne instalacije.....	46
5.1.4. Solarni paneli	46
5.2. Primjeri u svijetu.....	46
5.2.1. Albanija.....	46
5.2.2. Narodna Republika Bangladeš.....	46
5.2.3. Kraljevina Belgija	46
5.2.4. Savezna Republika Brazil	47
5.2.5. Kraljevina Kambodža	47
5.2.6. Narodna Republika Kina.....	47
5.2.7. Republika Kolumbija	47
5.2.8. Republika Francuska.....	47
5.2.9. Republika Indija.....	47
5.2.10. Republika Indonezija	48
5.2.11. Republika Italija.....	48
5.2.12. Japan	48
5.2.13. Laoska Narodna Demokratska Republika	48

5.2.14.	Malezija.....	48
5.2.15.	Republika Maldivi	48
5.2.16.	Nizozemska	48
5.2.17.	Panama	49
5.2.18.	Portugal	49
5.2.19.	Sejšeli	49
5.2.20.	Singapur	49
5.2.21.	Republika Koreja	49
5.2.22.	Sri Lanka	49
5.2.23.	Tajvan	49
5.2.24.	Kraljevina Tajland	50
5.2.25.	Ukrajina.....	50
5.2.26.	Ujedinjeno Kraljevstvo Velike Britanije i Sjeverne Irske	50
5.2.27.	Sjedinjene Američke Države	50
5.2.28.	Socijalistička Republika Vijetnam.....	50
5.2.29.	Ostale države.....	50
6.	RJEŠENJE	51
6.1.	Scenarij 1	52
6.2.	Scenarij 2	58
6.3.	Scenarij 3	64
6.4.	Pregled smanjenja evaporacije	67
6.5.	Usporedba scenarija.....	68
7.	ZAKLJUČAK	70
	LITERATURA.....	71
	PRILOZI.....	77

POPIS SLIKA

Slika 1. Pozicija Vranskog jezera, otok Cres [47].....	40
Slika 2. Prikaz sustava FPV [51]	41
Slika 3. Usporedno kretanje cijena FPV [51].....	44
Slika 4. Prikaz pontona sa dijelovima [51]	45
Slika 5. Oprema potrebna za instalaciju FPV na Vranskom jezeru, otok Cres	51
Slika 6. Investicijski troškovi scenarija 1	53
Slika 7. Promjena diskontne stope za scenarij 1.....	54
Slika 8. Promjena cijene električne energije za scenarij 1.....	55
Slika 9. Promjena ukupne investicije scenarija 1	56
Slika 10. Promjena diskontne stope sufinanciranog scenarija 1	57
Slika 11. Promjena cijene električne energije za scenarij 1, sufinanciranog projekta.....	58
Slika 12. Investicijski troškovi scenarija 2	59
Slika 13. Promjena diskontne stope za scenarij 2.....	60
Slika 14. Promjena cijene električne energije za scenarij 2.....	61
Slika 15. Promjena ukupne investicije scenarija 2	62
Slika 16. Promjena diskontne stope sufinanciranog scenarija 2	63
Slika 17. Promjena cijene električne energije za scenarij 2, sufinanciranog projekta.....	63
Slika 18. Investicijski troškovi scenarija 3	64
Slika 19. Promjena diskontne stope scenarija 3	65
Slika 20. Promjena cijene električne energije za scenarij 3.....	66
Slika 21. Promjena ukupne investicije scenarija 3	67
Slika 22. Skupni prikaz LCOE.....	69

POPIS TABLICA

Tablica 1. Sedam ključnih točaka za pametno i integrirano upravljanje resursima i infrastrukturuom [1].....	3
Tablica 2. Pitanja za analizu snage, slabosti, prilika i prijetnji	23
Tablica 3. SWOT analiza ICT-a	24
Tablica 4. SWOT analiza učenja na daljinu i tehnologije potrebne za učenje na daljinu.....	25
Tablica 5. SWOT analiza IoT.....	28
Tablica 6. SWOT analiza senzora za kvalitetu zraka	29
Tablica 7. SWOT analiza OIE.....	30
Tablica 8. SWOT analiza samostalnih (otočnih) fotonaponski sustavi	32
Tablica 9. SWOT analiza tehnologije desalinizacije [36].....	34
Tablica 10. Povijesni pregled prikupljanja kišnice [37].....	35
Tablica 11. SWOT analiza tehnologije prikupljanja kišnice.....	36
Tablica 12. SWOT analiza elektromobilnost	37
Tablica 13. Potencijal postavljanja FPV u svijetu [51]	42
Tablica 14. SWOT analiza FPV	43
Tablica 15. Pregled napravljenih scenarija.....	52
Tablica 16. Investicija scenarij 1.....	53
Tablica 17. Sufinanciranje scenarija 1.....	56
Tablica 18. Vrijednosti LCOE za scenarij 1	58
Tablica 19. Investicija scenarij 2.....	59
Tablica 20. Sufinanciranje scenarija 2	62
Tablica 21. Vrijednost LCOE za scenarij 2	64
Tablica 22. Investicija scenarij 3.....	65
Tablica 23. Vrijednost LCOE za scenarij 3	67
Tablica 24. Godišnja količina ishlapljene vode.....	68
Tablica 25. Postotak smanjenja ishlapljivanja uzrokovana FPV	68

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
l	km; m	Duljina
A	km ² ; m ² ; ha	Površina
V	m ³	Volumen
P	MW; kW; W	Snaga
p	GWp; MWp; kWp; Wp	Vršna snaga
P	MWh; kWh	Snaga po satu
α	°	Kut
U	V	Napon
€	/	Euro
\$	/	Dolar
Godišnja količina isparene vode sa područja pokrivenog		
T_e	m ³	FPV
Instalacijska površina FPV		
A_{FPV}	m ²	
Mjesečna površina jezera		
TSA_m	m ²	
Mjesečna količina isparene vode		
$Evop_m$	m ³	

POPIS KRATICA

OIE- Obnovljivi izvori energije

EU-Europska Unija

ICT- Komunikacijske tehnologije (*engl. Information and communications technology*)

IoT- Internet stvari (*engl. Internet of things*)

SWOT analiza- Analiza snage, slabosti, prilika i prijetnji (*engl. strengths, weaknesses, opportunities, and threats analysis*)

REA- Regionalna energetska agencija- Kvarner

FSB- Fakultet strojarstva i brodogradnje

SEAP- Akcijski plan održivog korištenja energije (*engl. Sustainable Energy Action Plan*)

DUNEA- Razvojna agencija Dubrovačko-neretvanske županije

NP- Nacionalni park

PTV- Potrošna topla voda

JLS- Jedinica lokalne i regionalne samouprave

UPP- Ukapljeni prirodni plin

BDP- Bruto domaći proizvod

CCSU- Tehnologija „hvatanja“, pohrane i upotrebe CO₂ (*engl. Carbon capture, storage and utilisation*)

FPV- Plutajuće solarne elektrane (*engl. Floating solar photovoltaic*)

NPV- Čista sadašnja vrijednost (*engl. Net Present Value*)

IRR- Interna stopa prinosa (*engl. Internal Rate of Return*)

SAŽETAK

Otoci kao kopno okruženo morem sa svih strana predstavlja idealnu površinu za razvitak novih tehnologija i provođenjem inovacija u energetici. Udaljenošću od kopna otoci se susreću sa mnogim problemima poput depopulacije, korištenja starih sustava i ne iskorištavanjem energetskeg potencijala. Energetska tranzicija ne bi bila moguća bez novih investicija i implementacije novih tehnologija. Rad za cilj ima pokazati različite nove tehnologije i njihovu implementaciju na otocima u svijetu i Hrvatskoj. SWOT analizom napravljen je osnovni pregled korištenih tehnologija u razvitku pametnih otoka. Prema analizi tehnologija uzeta je tehnologija FPV i njena implementacija na Vranskom jezeru na otoku Cresu. Napravljena je osnovna tehnološko-ekonomska analiza kojom se pokazuje potencijal Vranskog jezera. Tehnološko-ekonomskom analizom obrađena su tri scenarija sa različitim načinima financiranja iz analize se može zaključiti da je instalacija FPV-a na Vranskom jezeru profitabilan projekt koji rezultira smanjenjem evaporacije jezera.

Ključne riječi: Pametni otoci, nove tehnologije, FPV, plutajuće solarne elektrane, SWOT analiza, Deklaracija o pametnim otocima, obnovljivi izvori energije

SUMMARY

Islands are mainland completely surrounded by the sea, which makes them ideal surfaces for development of new technologies and implementation of energy innovations. Due to the distance from the mainland, the islands face many problems such as depopulation, use of old systems, and untapped energy potential. Placing up new technologies and investing in rebuilding systems on the island results in an energy transition. This paper aims to present various new technologies and their application on the islands in the world and in Croatia. SWOT analysis provided a basic overview of the technologies used in the development of smart islands. According to the analysis of technologies, FPV technology was considered, as well as its application on Vrana Lake, Cres Island. A basic technological and economic analysis were done, which resulted in discovering the potential of Vrana Lake. The technological and economic analysis deals with three scenarios each of them with a different way of funding. From the analysis, it can be concluded that the installation of FPV on Vrana Lake is a profitable project with evaporation reduction.

Key words: Smart islands, new technologies, FPV, floating photovoltaic power plant, SWOT analysis, Smart Islands Declaration, renewable energy sources

1. UVOD

Pojavom parnog stroja započela je prva industrijska revolucija. Želja za znanjem i pronalaskom novih tehnologija u drugoj polovici 19. stoljeća potaknula je drugu industrijsku revoluciju. Industrija se od tada neprestano razvija. Razvitkom industrije potaknut je i razvitak standarda života što je dovelo do znatnog povećanja populacije u svijetu. Početkom razvitka industrije pažnja se nije obraćala na pojavu zagađenja, iako je ono bilo vidljivo pojavom tvornica, već je primarni cilj bio razvitak tehnologije. Razvitkom novih tehnologija dolazi do velikih problema zagađenja okoliša i naglih klimatskih promjena. Rješenje problema nastalih korištenjem novih tehnologija prepoznato je zamjenom istih sa obnovljivim izvorima energije (OIE). Biomasa je jedan od najstarijih OIE, primjeri korištenje energije vjetra za pogon brodova mogu se pronaći još 7000 godina u prošlosti. Prošlost upućuje na mnoge primjere tehnologija koji su za svoj glavni pogon koristile OIE. Industrijske revolucije potaknule su razvitak gradova i otoka.

Europska Unija (EU) prepoznala je ponovnu potrebu za razvitkom otoka i vraćanjem populacije na otoke. Trenutno u EU postoje zakonodavni okviri koji za cilj imaju poboljšati i vratiti život, popularnost otoka kao zajednica, „Deklaracijom o pametnim otocima“ [1] kao najvažnijim dokumentom za razvitak otoka i inicijativom „Čista energija za europske otoke“ [2]. Ponovni razvitak otoka predstavlja svojevrsni izazov zbog različitih geografskih položaja otoka, različitih interesa i zahtjevima lokalnog stanovništva a taj izazov prepoznat je kao mogućnost za učenje, razvijanje i implementaciju novih tehnologija. Krajnji cilj svakog otoka je razvitak energetske neovisnosti, transporta, poboljšanja gospodarstva i urbanosti, a kako bi krajnji cilj bio ostvaren potrebno je provođenje energetske testova i implementacija novih tehnologija. Najveći problem kod određivanja tehnologije na otocima predstavlja različita naseljenost u ovisnosti o godišnjim dobima (turizam), time dolazi i do promjene energetske zahtjeva lokalnih jedinica. Cilj inicijativa je da otoci, kao i gradovi, prođu kroz tehnološku i gospodarsku tranziciju. Glavni alat za provođenje tranzicije je korištenje OIE, ICT (engl. *Information and communications technology*; hrv. Informacijska i komunikacijska tehnologija) i IoT (engl. *Internet of things*; hrv. *Internet stvari*) [3]. Pametni otoci predstavljaju novu bolju verziju jedinica udaljenih od kopna. Razvitkom novih tehnologija na otocima i njihovoj uspješnosti postavlja se model koji se potencijalno može koristiti i u ruralnim jedinicama na kopnu.

Cilj ovoga rada je predstaviti problem energetske tranzicije otoka te prikazati pregled tehnologija koje se trenutno koriste u svijetu i Hrvatskoj. Korištenjem strategije za planiranje analiza snage, slabosti, prilika i prijetnji (engl. *strengths, weaknesses, opportunities, and threats analysis- SWOT analysis*) bit će predstavljen pregled najpopularnijih tehnologija koje se koriste u energetskej tranziciji. Tehnologija plutajućih solarnih elektrana uzeta je za provođenje idejne analize na Otočju Cresu i Lošinju koja uključuje tehno-ekonomsku analizu.

1.1. Deklaracija o pametnim otocima

Deklaracija o pametnim otocima je temeljni dokument Inicijative pametnih otoka, a sastavljen je od strane predstavnika Europskih otoka, u lipnju u Ateni, Grčka, 2016. godine, s ciljem postizanja i iskorištavanja punog potencijala otoka, koji u velikoj mjeri nije iskorišten, je potencijal korištenja otoka u svrhu laboratorija za tehnološke, socijalne, ekološke, ekonomske i političke inovacije. Konačna verzija Deklaracije potpisana je u Valletti, Malta, 8. svibnja 2017. godine, čija želja je postizanje pametnog, uključivog i uspješnog društva, pomoću 10 točaka akcijskog plana [1].

Aksijski plan provodi se kroz 10 točaka:

1. Aktivno sudjelovati u prilagodbi i izbjegavanju klimatskih promjena te na lokalnoj razini jačati otpornost na iste;
2. Biti katalizator u bržem korištenju naprednih tehnologija kako bi se osiguralo optimalno upravljanje i korištenje lokalnim resursima i infrastrukturom;
3. Smanjiti upotrebu fosilnih goriva povećanjem korištenja značajnih resursa obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti;
4. Promovirati održive načine mobilnosti na otocima uključujući elektromobilnost;
5. Smanjiti nedostatak i oskudicu vode primjenom nekonvencionalnih i pametnih načina upravljanja vodnim resursima;
6. Postati područja bez odlaganja otpada promoviranjem principa cirkularne ekonomije;
7. Očuvati karakterističan prirodni i kulturni kapital otoka;
8. Diversificirati ekonomiju iskorištavanjem unutarnjih specifičnosti otoka u stvaranju novih i inovativnih lokalnih poslova;

9. Ojačati socijalnu uključenost, edukaciju i osnaživanje građana;
10. Poticati prelazak na alternativne, dugoročne, održive i odgovorne načine obalnog, morskog i turizma u unutrašnjosti otoka.

Inicijativa Pametnih otoka inspirirana je inicijativom Europske komisije – „Pametni gradovi i zajednice“. Princip na kojemu se inicijativa razlikuje od inicijative „Pametni gradovi i zajednice“ je u jačanju povezanosti sedam ključnih točaka po principu cirkularne ekonomije. Jedna od velikih prednosti ove inicijative je u uključivanju lokalne zajednice kako bi se vidjela što veća i bolja promjena. Uspješna tranzicija predstavlja veliki izazov, zato što otoci svoj primarni fokus usmjeravaju na 7 ključnih točaka kako bi se postigao maksimalni uspjeh, tablica 1.

Tablica 1. Sedam ključnih točaka za pametno i integrirano upravljanje resursima i infrastrukturom [1]

ENERGETIKA	Pametne tehnologije, OIE, energetska učinkovitost, grijanje i hlađenje, testiranje novih tehnologija, potražnja-potrošnja, pilot projekti, skladištenje energije
PROMET	Efikasna i održiva mobilnost, električna prijevozna sredstva, LNG terminali, car-sharing, car-pooling, biciklizam
VODA	Iskorištavanje vode iz kućanstava, skupljanje kišnice, desalinizacija, racionalna upotreba vodenih resursa, prilagodba ekosustavu
OTPAD	Postizanje društva bez otpada („zero waste“), održivo korištenje i proizvodnja proizvoda
UPRAVLJANJE	Promocija OIE, s krajnjim ciljem (a) razvitka otoka (b) promicanje suradnje između otoka, regulatornih i financijskih institucija

ICT	Poboljšanje komunikacijskih tehnologija, pomoću digitalnih servisa
GOSPODARSTVO	Poboljšanje ekonomskih točaka otoka

1.1.1. Pametno i integrirano upravljanje resursima i infrastrukturom

Energetika, primarni cilj je što veće iskorištavanje OIE sa svrhom smanjenja emisije CO₂, što rezultira smanjenjem uvoza goriva i energetske neovisnošću. Veliki utjecaj na energetske tranzicije na otocima imat će povećanje energetske učinkovitosti zgrada kao najvećih potrošača energije. Povećanjem energetske učinkovitosti, pogotovo na malim otocima, dovest će do poboljšanja kvalitete života građana. Kako bi se omogućila što lakša tranzicija koriste se napredne tehnologije ili sustavi, kao što su: korištenje energije iz OIE u svrhu transporta, za potrebe desalinizacije, grijanja i hlađenja i dr. [1].

Promet, zamjena starog modela „modal split“ s novim i održivim načinima transporta, rezultira razvitkom nove infrastrukture za brzo putovanje, korištenje OIE energije u svrhu pogonskog goriva. Osim promjene modela i načina prijevoza, cilj ove promjene je i promocija pješacerstva i bicikliranja [1].

Voda, jedan od najvećih problema otoka je nedovoljna količina vode i neracionalno iskorištavanje vodenih resursa. Poticanjem nekonvencionalnog upravljanja vodenim resursima smanjit će se gubitci uslijed nepotrebne potrošnje vode što će dovesti do smanjenja troškova uzrokovanih gubitcima. Porastom osvjiještenosti stanovništva, otvara se prilika za korištenje inovativnih tehnologija uz očuvanje postojećeg ekosustava [1].

Otpad, primarni cilj je postizanje „zero waste“ sustava uz uvođenje optimalnog upravljanja otpadom (prikupljanje, sortiranje, obrada i recikliranje) [1].

Upravljanje, kako bi tranzicija otoka bila što lakša potrebno je poticanje svijesti lokalnog stanovništva, s ciljem prihvaćanja novih ideja i načina života [1].

ICT, nove tehnologije zahtijevaju digitalnu podršku, a poboljšanjem komunikacijskih tehnologija otvara se mogućnost za razvoj gospodarskog i poslovnog sektora, te se omogućava lakše praćenje potreba za energijom [1].

Gospodarstvo, uvođenjem gore navedenih promjena, popularizira se život na otocima, otvaraju se nova radna mjesta i otvaraju se mogućnosti testiranja novih tehnologija [1].

1.2. Inicijativa „Čista energija za europske otoke“

Europska unija (EU) je ekonomska i politička zajednica Europskih zemalja, osnovana je 1. studenog 1993. godine, kao organizacija broji 27 država članica. EU osim kopnenog djela ima i 2200 naseljenih otoka od kojih neki imaju pristup OIE, kao što su energija vjetra, solarna energija, ali mnogi otoci ovise o skupim izvorima energije, fosilnim gorivima i dopremi energije s kopna. Početkom energetske tranzicije EU napravljen je paket mjera „Čista energija za sve građane Europe“ (engl. *Clean energy for all Europeans*) [4], kao dio mjera predstavljena je i inicijativa „Čista energija za europske otoke“ [2]. Cilj inicijative je smanjenje troškova energije i povećanje proizvodnje energije iz OIE, skladištenje energije koristeći najnovije tehnologije kako bi se osigurala što bolja energetska samostalnost otoka, poboljšanje kvalitete zraka, smanjenje emisija stakleničkih plinova i poticanje gospodarske tranzicije u okviru otvaranja novih radnih mjesta i poslovnih prilika [5]. Europska komisija i 14 zemalja EU (Hrvatska, Cipar, Danska, Estonija, Finska, Francuska, Njemačka, Grčka, Irska, Italija, Malta, Portugal, Španjolska i Švedska) potpisali su inicijativu, u svibnju 2017. godine na Malti. Dugoročni okvir za suradnju, Čista energija za otoke EU: Splitski memorandum (engl. *Memorandum of Understanding*) nastavak je inicijative kako bi se organizirala što bolja suradnja među otocima, pronalaženje zajedničkih rješenja i rješavanje zajedničkih izazova, potpisana je u lipnju 2020. u Splitu, Hrvatska [6]. Europski otoci suočavaju se s problemima potrošnje energije i načinom dobivanja energije iz fosilnih goriva, povećanim sezonskim zahtjevima za energiju i implementacijom novih tehnologija u svrhu dobivanja energije iz OIE. Memorandum u Splitu postavlja dugoročni cilj energetske tranzicije otoka uz proučavanje lokalnih potreba, poštivanje zakonodavnih okvira i teritorijalnog razvoja otoka. Akcijske točke u provođenju Memoranduma su: podrška otocima u tranziciji i olakšavanje tranzicije; promicanje, sudjelovanje i angažiranje lokalnog stanovništva; promicanje pilot projekata usmjerenih razvitku novih tehnologija; olakšati zakonodavne okvire; pružanje podrške otocima koji nisu povezani na nacionalnu mrežu u njihovom procesu dekarbonizacije povećanjem

korištenja OIE u prometu, električnoj energiji, grijanju i hlađenju; poticanje izmjena znanja među otocima kako bi se olakšale buduće energetske tranzicije [1]. Otočne zajednice prolaskom energetske tranzicije po točkama Memoranduma imaju priliku postati vodeće zajednice za nove tehnologije.

2. PAMETNI OTOCI U EUROPI

2.1. Hrvatska

2.1.1. Unije [44°38'59"N 14°14'44"E]

Unije je otok koji se nalazi u Jadranskom moru, Kvarnerski arhipelag, ukupne površine 16,77 km² i razvijene obale 36,60 km. Jedino naselje na otoku leži na zapadnoj obali, a stanovništvo se pretežno bavi turizmom, maslinarstvom i ovčarstvom. Prometna povezanost s drugim otocima je brodovima, te na otoku nema automobila [7]. U okviru programa Obzor 2020 (engl. Horizon 2020) predstavljen je projekt INSULAE na kojemu uz otoke Bornholm (Danska) i Madeiru (Portugal) sudjeluje i otok Unije. Projekt INSULAE punog imena „Maksimiziranje utjecaja inovativnih energetske pristupa na otocima EU (engl. *Maximizing the impact of innovative energy approaches in the EU islands*)“ osmišljen je u svrhu provođenja pilot aktivnosti. Projekt za cilj ima dekarbonizaciju otoka a rezultati dobiveni provođenjem aktivnosti biti će korišteni za izradu akcijskih planova otoka Menorca (Španjolska), Norderney (Njemačka), Psara (Grčka) i Bonaire (Nizozemski Antili). Financiranje ovoga projekta u potpunosti je od strane EU [8].

Energetska tranzicija otoka Unije definirana je strategijom „Otok Unije: Energetski neovisan otok (engl. *The Island of Unije: Energy Self-Sufficient Island*)“. Strategija za cilj ima postizanje samoodrživosti otoka i to kroz tranziciju koja je prilagođena maloj lokalnoj zajednici podijeljenom na manje sektore (poljoprivreda, turizam i ugostiteljstvo, energetika, pomorstvo, promet i infrastruktura). Strategija je osmišljena od Regionalne energetske agencije- Kvarner (REA) i Zavoda za energetska postrojenja, energetiku i okoliš pri Fakultetu strojarstva i brodogradnje (FSB), Sveučilišta u Zagrebu. Predstavljena su tri projekta koja će biti izvedena do 2020. godine i do 2030. godine.

- Postrojenje za desalinizaciju pogonjeno OIE

Otok Unije nema vlastiti izvor pitke vode, a povećanjem broja lokalnog stanovništva u ljetnim mjesecima dovodi do problema opskrbe pitkom vodom. Rješenje ovoga problema moguće je izgradnjom postrojenja za desalinizaciju. Objekt u kojemu se vrši desalinizacija je prizemnica s krovom veličine 8x6 m, u podzemnom djelu objekta nalaze se dva bazena, bazen sirove bočate voda koja se napaja iz bunara, drugi bazen pročišćene vode pojedinačne zapreme 40 m³. Proizvodni kapacitet sustava je maksimalno 80 m³/dan [8].

- Fotonaponska elektrana i baterijski sustav skladištenja energije

Projekt za fotonaponsku elektranu osmišljen je instalacijom fotonaponskih modula u tehnologiji monokristalnog silicija ukupne instalirane snage 1 MW u vlasništvu HEP-a i baterije kapaciteta 1,6 MWh i snage 0.4 MW financiranih iz projekta INSULAE [8]. Površina elektrane iznosi 2,94 ha. Orijentacija fotonaponskih modula je prema jugu i postavljeni su pod optimalnim kutom nagiba 23°. Pretpostavlja se da će godišnja proizvodnja energije iz sustava s uračunatim gubitcima iznositi 1290 MWh čime bi elektrana zadovoljila potrebe lokalnog stanovništva kao i potrebe u vršnim opterećenjima ljetne sezone [9].

- Edukacijska pješačka i biciklistička ruta

Projekt je zamišljen u svrhu obnove pješačkih ruta i izgradnje ruta za bicikle i električne bicikle.

2.1.2. Lastovo [42°45'N 16°52'E]

Lastovo je otok koji se nalazi u Jadranskom moru, geografskog smještaja u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Lastovo je najveći otok u Lastovskom arhipelagu, čija je ukupna površina 52,84 km² i obalna dužina 10 km. Lastovo kao najudaljeniji otok u Hrvatskoj broji 792 stanovnika koje se pretežno bavi poljoprivredom, ribarstvom i turizmom. Prometna povezanost s kopnom i ostalim otocima odvija se preko brodova i hidroaviona [7].

Energetska tranzicija otoka Lastovo osmišljena je „Akcijskim planom održivog korištenja energije (*engl. Sustainable Energy Action Plan- SEAP*)“. Projekti na otoku Lastovu zamišljeni su kao dio Projekta Mashartilit u suradnji sa Razvojnoum agencijom Dubrovačko-neretvanske županije (DUNEA), Zavodom za energetska postrojenja, energetiku i okoliš pri Fakultetu strojarstva i brodogradnje (FSB), Sveučilištem u Zagrebu i Općinom Lastovo, dok je s ELEKTROJUG HEP ODS potpisan sporazum o prikupljanju i analizi podataka o potrošnji energije. Cijeli projekt na otoku Lastovu osmišljen je sa svrhom poboljšanja života na otoku i postizanja energetske neovisnosti. Zbog geografske pozicije i klimatskih Lastovo je jedan od perspektivnih otoka za postizanje potpuno neovisnog pametnog otoka [7].

- Sustav dijeljenja bicikla i električnih bicikla

Sustav dijeljenja bicikla na otoku Lastovu započet je otvaranjem dvije postaje za najam bicikla koje su u potpunosti osmišljene kao energetske neovisne a energiju potrebnu za rad pružaju im solarni paneli.

2.1.3. Mljet [42°44'N 17°30'E]

Mljet je otok koji se nalazi u Jadranskom moru, geografskog smještaja u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, najveći je južnodalmatinski otok na kojemu se nalazi nacionalni park (NP). Obalna dužina otoka je 37 km, a površina je 100,4 km². Broj stanovništva je 1088, čije se stanovništvo pretežno se bavi maslinarstvom, vinogradarstvom, ribolovom i turizmom. Promet unutar otoka odvija se osobnim automobilima i autobusnim linijama, a s kopnom je povezan brodskim linijama [7].

Energetska tranzicija otoka Mljeta osmišljena je „Akcijskim planom održivog korištenja energije (*engl. Sustainable Energy Action Plan- SEAP*)“. Projekti na otoku Mljetu zamišljeni su kao dio Projekta Mashartilit u suradnji sa Razvojnou agencijou Dubrovačko-neretvanske županije (DUNEA), Zavodom za energetska postrojenja, energetiku i okoliš pri Fakultetu strojarstva i brodogradnje (FSB), Sveučilištem u Zagrebu, Općinom Mljet i NP Mljet, dok je s ELEKTROJUG HEP ODS potpisan sporazum o prikupljanju i analizi podataka o potrošnji energije. Projekt na otoku Mljetu fokusira se na postizanje energetske neovisnosti koja će rezultirati pojavou samoodrživih područja i još većega broja zelenih površina što će otok Mljet učiniti prvim 100% Zelenim otokou. Dovođenjem pametnih tehnologija u sve sektore rezultat će smanjenjem neefikasne potrošnje energije i smanjenje CO₂ emisija. Kako bi se realizirali ciljevi osmišljena su 3 projekta [7].

- Sustav električnih vozila i punionica za električna vozila za NP Mljet i Općinu Mljet

Jedan od koraka za smanjivanje CO₂ emisija je uvođenje električnih vozila u zamjenu za vozila pogonjena na fosilna goriva, a u projektu sudjeluju NP Mljet i Općina Mljet. Projekt obnove cestovne infrastrukture i izgradnje punionica za električne automobile biti će izveden sa većou efikasnošću. [7]

- Postavljanje autonomnih ekoloških blokova

Kako bi se omogućio lakši i brži pristup energiji dobivenoj iz OIE osmišljeni su autonomni ekološki blokovi koji će biti opremljeni sa solarnim panelima, vjetroturbinama i baterijama [7].

- Centar za očuvanje prirode- Kulijer

Veliki dio otoka Mljeta proglašen je NP ovaj projekt ima svrhu očuvanja prirode i obnovu starog vojnog kompleksa u istraživački centar i centar za posjetitelje. [7]

2.1.3. Krk [45°04'N 14°35'E]

Otok Krk se nalazi u Jadranskom moru, geografskog smještaja u Primorsko-goranskoj županiji, Kvarnerski arhipelag, i najveći je otok Republike Hrvatske. Obalna dužina otoka je 219,12 km a površine je 405,78 km². Broj stanovništva na otoku Krku je 19 383 koje se pretežno bavi turizmom i ribarstvom. Krk je s kopnom povezan 1980. godine izgradnjom Krčkog mosta, a na otoku se nalazi i aerodrom [7].

Energetska tranzicija grada Krka osmišljena je kroz „Aksijski plan održivog korištenja energije (*engl. Sustainable Energy Action Plan- SEAP*)“ i kroz Strategiju razvoj pametnog Grada Krka 2018.- 2022. sa svrhom postajanja Pametnog grada. Kako bi što lakše bilo provođenje strategije definirane su ciljne skupine, a promjene su zamišljene po sektorima (Pametna uprava, Pametno društvo, Pametna sigurnost, Pametna mobilnost, Pametni okoliš, Pametno gospodarstvo i Pametna infrastruktura) [10]. Potpuna energetska tranzicija otoka Krka osmišljena je kroz strategiju „Interdisciplinarnu strategiju nulte emisije stakleničkih plinova za integralni održivi razvoj otoka Krka“ [11], biti će moguća kroz niz aktivnosti zamišljenog projekta. Neke od aktivnosti su primjena novih tehnologija, poboljšanje infrastrukture otoka, izgradnja i obnova električne mreže, poticanje lokalnog stanovništva na korištenje novih načina transporta i dr., sa svrhom postizanja energetski neovisnog otoka. Vremenski okvir u kojemu se planiraju završiti projekti je 20 godina sa krajnjim ciljem instalacije 36,8 MWp fotonaponskog sustava na krovovima, 4 MWp fotonaponskog sustava na tlu, 25,2 MW energije vjetra i 250 kWel energije bioplina. Kako bi bilo moguće ostvariti energetska tranziciju osmišljena su 3 projekta [7].

- Bioplin dobiven iz fermentacije biogenog otpada

Dobivanje bioplina iz fermentacije biogenog otpada je proces sa puno varijabli na koje je potrebno paziti tijekom proizvodnje. Analizom svih potrebnih parametara došlo se do zaključka da je energetska prihvatljivija i efikasnija proizvodnja u dvjema kogeneracijskim jedinicama [7].

- Pametni otok

Projekt za cilj ima pokrivanje otoka optičkom mrežom, time i dovođenjem optičkog sustava u svako kućanstvo na otoku, smanjenje potrošnje električne energije uvođenjem sustava za kontrolu i upravljanje javnom rasvjetom kao i zamjena starih žarulja za LED žarulje, uvođenje GIS sustava, postavljanje nadzornih kamera, kontrola parkinga, postavljanje punionica za električna vozila, poticanje na korištenje električnih vozila, motora i bicikla te implementacija ISO 5001:2011. Zamjenom starog sustava novim biti će olakšana energetska tranzicija [7].

- Informativni centar

Informativni centar je osmišljen kao mjesto na kojemu bi se mogle dobiti sve potrebne informacije o OIE, energetske učinkovitosti novih sustava, primjeni novih tehnologija u zgradarstvu odnosno postizanju veće energetske pismenosti lokalnog stanovništva kako bi se postigao cilj energetske neovisnosti i smanjenja emisije CO₂ [7].

2.1.4. Korčula [42°56'N 17°03'E]

Korčula je otok koji se nalazi u Jadranskom moru, geografskog smještaja u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Obalna dužina otoka je 46,8 km, a površina iznosi 279,03 km². Broj stanovnika je 16 000 koje se pretežno bavi poljoprivredom, ribolovom, brodogradnjom i turizmom. Prometna povezanost s kopnom i ostalim otocima je morskim putem [7].

Energetska tranzicija otoka Korčule osmišljena je „Akcijskim planom održivog korištenja energije (*engl. Sustainable Energy Action Plan- SEAP*)“. Projekti na otoku Korčuli zamišljeni su kao dio Projekta Mashartilit u suradnji sa Razvojnou agencijou Dubrovačko-neretvanske županije (DUNEA), Zavodom za energetska postrojenja, energetiku i okoliš pri Fakultetu strojarstva i brodogradnje (FSB), Sveučilištem u Zagrebu, Općinom Mljet i NP Mljet, dok je s ELEKTROJUG HEP ODS potpisan sporazum o prikupljanju i analizi podataka o potrošnji energije. Otok Korčula strategijou za cilj ima postizanje pametnog, zelenog i energetske

neovisnog otoka zajedno s otocima Mljet, Lastovo, poluotokom Pelješac i Dubrovačkom zapadnom obalom. Osmišljena su dva projekta [7].

- Energetska obnova kućanstava

Projekt energetske obnove kućanstava razdvojen je na više projekta po cijelom otoku od kojih su glavni projekti: energetski sustav baziran na solarnoj energiji u Veloj Luci, energetska samoodrživost Općine Smokvica, zelena radna mjesta u Općini Blato i Grad Korčula - pametni grad. Rezultat projekta je smanjenje emisije CO₂ do 2020. godine za 22,02% [7].

- Malo solarno postrojenje

Pojedina kućanstva otoka Korčule smještene su na područjima otoka na kojima nema električne energije. Urbaniziranje tih dijelova otoka osmišljeno je implementacijom fotonaponskih sustava i baterija za skladištenje energije [7].

2.1.5. Otok Lošinj [44°41'N 14°22'E] i otok Cres [44°52'N 14°23'E]

Otoci Cres i Lošinj s pripadajućim otocima, spadaju u otoke Kvarnerskog arhipelaga. čine najveću otočnu skupinu u Jadranu geografski smješteno u Primorsko-goranskoj županiji. Ukupna površina otočja je 509,39 km², a broj stanovništva prema zadnjem popisu iz 2011. godine iznosi 10 995. Blizina kopna i dobra povezanost s kopnom, Cres i Lošinj svrstavaju u otoke strateške važnosti, kroz povijest i danas. Danas se stanovništvo otoka pretežno bavi turizmom i uslužnim djelatnostima, dok je druga djelatnost kojoj se bilježi trend građevinarstvo. Povezanost otočja s kopnom i ostalim otocima je morskim putem, cestovnim putem i zračnim putem. Cres i Lošinj razdvojeni su kanalom širine 11 metara koji je premošćen, čime su međusobno povezani cestovnim putem. Energetske potrebe otočja mijenjaju se ovisno razdobljima godine. Tijekom turističke sezone broj stanovnika otoka raste za četiri puta što zahtjeva veću količinu isporučene energije. Primarni izvor energije otoka su fosilna goriva, a izračunate emisije CO₂ za 2018. godinu iznosile su: 3940,61 tona u stambenim zgradama, 2624,1 tona u industriji, 5545,88 tona u tercijarnom sektoru, 6439,75 tona u cestovnom prijevozu na otoku, 2557,86 tona u pomorskom prijevozu (ribarice, turistički brodovi) i 8811 tona u javnom linijskom prijevozu na moru. Iz podataka se može primijeti da su emisije CO₂ visoke te da će za njihovo smanje biti nužna implementacija OIE [12]. Energetska tranzicija na ovom otočju zamišljena je kao niz promjena u poslovnom sektoru, sektoru civilnog društva, javnom sektoru i sektoru obrazovanja. Definiranjem lokalne politike i regulative za energetske

tranziciju otočja, otok Cres navodi dvije mjere u Strategiji razvoja grada Cresa od 2015. do 2020.:

- mjera 3.1.2 – Razvoj i modernizacija elektroenergetske infrastrukture s ciljem njenog poboljšanja;
- mjera 3.2.1 – Poticanje energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije.

Otok Lošinj u Planu ukupnog razvoja Grada Malog Lošinja 2013.-2020. planira mjeru:

- mjera 3.2. – Razvoj, korištenje i primjena obnovljivih izvora energije – OIE (sunce, vjetar, voda ...).

Bitna stavka energetske tranzicije otočja je u edukaciji lokalnog stanovništva i poticanju stjecanja znanja o OIE. Vizija do 2030. godine je Cresko-lošinjsko otočje učiniti pametno i energetski samostalno, postići visoku energetske pismenost lokalne zajednice koja je aktivno uključena u energetske tranziciju i postići potpunu dekarbonizaciju otoka do 2040. godine [12].

Energetska tranzicija otočja podijeljena je u stupove.

I. Stup: Proizvodnja električne energije

Za cilj ima postizanje samodostatnosti u proizvodnji električne energije.

- Izgradnja planiranih neintegriranih sunčanih elektrana

Ukupna snaga sunčanih elektrana bit će raspoređena na 5 lokacija, snage 22,5 MW s godišnjim planom proizvodnje 29 250 MWh električne energije što iznosi pola godišnje potrošnje. Instalacijske snage pojedinih lokacija iznose Orlec Trinket- istok 6,5 MW, Orlec Trinket- zapad 4,5 MW, Filozići 0,5 MW, Unije 1 MW i Ustrine 10 MW. Projekt bi bio financiran od strane Hrvatske elektroprivrede. [12]

- Izgradnja integriranih sunčanih elektrana na javnim i poslovnim zgradama

Jedan od većih potrošača energije na otoku su javne i poslovne zgrade. Problem potrošnje energije moguće je riješiti instalacijom solarnih panela na krovove javnih ustanova, a kako bi sustav bio što učinkovitiji potrebno je dobro planiranje i dimenzioniranje sustava [12].

- Izgradnja integriranih sunčanih elektrana na stambenim zgradama

Trenutno su instalirane dvije integrirane sunčane elektrane u privatnom vlasništvu ukupne snage 18,64 kW. Interes za instalaciju sunčanih elektrana javlja se u vrijeme državnog sufinanciranja projekta, a bilježi se nagli pad zainteresiranosti za investiranje bez sufinanciranja projekta od strane države. Veliki potencijal instalacije panela na zgradama u privatnom vlasništvu vidljiv je i danas, a za provedbu projekta potrebno je provođenje kampanje i informiranja lokalnog stanovništva o benefitima sunčanih elektrana [12].

- Izmjena i dopuna prostorno-planske dokumentacije

Promjenom načina dobivanja energije potrebno je napraviti nove prostorno planske planove [12].

- Izgradnja bioplinskog kogeneracijskog postrojenja

Uvođenjem odvojenog prikupljanja otpada javlja se mogućnost iskorištavanja otpada u svrhu proizvodnje energije. Ukupna količina koja se može prikupiti je 5500 tona biootpada, dok je preradom na otoku moguće proizvesti 500 000 m³ bioplina [12].

II. Stup: Grijanje i hlađenje

Za cilj ima povećanje energetske učinkovitosti zgrada i prelazak na OIE.

- Energetska obnova zgrada

Poznato je da su zgrade najveći potrošač energije. Energetskom obnovom zgrada smanjuju se gubici energije. Podatci iz 2018. godine upućuju da se najveći potrošači energije nalaze u sektoru zgradarstva. Ovaj projekt za cilj ima energetsku obnovu zgrada kako bi se smanjila potrošnja energije, time i emisije CO₂. Projekt se ne odnosi samo na privatne zgrade već na sve sektore u zgradarstvu (javne zgrade, višestambene zgrade, obiteljske kuće, nestambene zgrade) [12].

- Zamjena kotlovnica na lož ulje sustavima koji koriste obnovljive izvore energije

Energetskom obnovom zgrada javlja se manja potreba za energentima. Zgrade obuhvaćene ovim planom su u privatnom i javnom vlasništvu. Cilj ovog projekta je zamjena kotlovnica na lož ulje s pogodnijim energentom u vidu energetske tranzicije [12].

- Gradnja energetske učinkovite zgrade

Gradnja zgrade se u većini slučajeva razmatra kao ekonomski proces u kojemu se ne obraća velika pozornost na energetske učinkovitost, izolaciju i korištenje OIE. Prilikom gradnje novih zgrada potrebno je obratiti pozornost na energetske učinkovitost, izolaciju i korištenje OIE, kako bi se očuvala što veća trajnost zgrade, smanjila potrošnja energije i energetske gubitci, te kako bi se postigli zahtjevi energetske učinkovitosti. Prema propisima EU, sve zgrade građene nakon prosinca 2019. godine moraju biti gotovo nulte energije. Potrošnja energije za grijanje time se ograničava na 15 kWh/m² [12][13].

- Korištenje sunčanih kolektora za pripremu tople vode i grijanje

Potencijal otočja za korištenje sunčanih kolektora za pripremu tople vode jako je velik ali i ne dovoljno iskorišten. Topla voda iz kolektora može se koristiti u dvije svrhe. Za potrošnu toplu vodu (PTV) i vodu za zagrijavanje prostora. Vodu potrebnu za PTV nije moguće samo dobivati iz sunčanih izvora, već je potrebno tijekom noći i u vrijeme kada nema sunčeve energije dodatno zagrijavati vodu pomoću kotla ili nekog drugog izvora topline. Grijanje pomoću tople vode moguće je uz dodatni izvor energije. Ovaj projekt ima veliki potencijal za ostvarivanje dekarbonizacije do 2040. godine. Godišnja potreba za PTV-om u kućanstvima može biti zadovoljena preko 60%, dok korištenjem za grijanje je ušteda toplinske energije procijenjena na 3600 kWh po prosječnom kućanstvu od 4 do 5 članova [12].

- Korištenje toplinske energije mora

More predstavlja jedan od najvećih ne iskorištenih oblika energije koje svojim strujanjem i akumulacijom energije, ljeti prima 1 kW/m² toplinske energije. Korištenjem dizalica topline ta energija se može koristiti u svakodnevnom životu. Osim korištenja velike količine „besplatne“ energije smanjuju se emisije CO₂. Problem koji se javlja za realizaciju ovog projekta je zakonodavni [12].

III. Stup: Cestovni prijevoz

Za cilj ima dekarbonizaciju cestovnog prometa korištenjem električnih vozila, promicanjem mikromobilnosti i primjenom sustava dijeljenja bicikala.

- Promicanje čiste mobilnosti otočana

Prijevoz je uz zgradarstvo jedan od najveći potrošača energije. Promjena načina kretanja stanovništva je zahtjevan projekt u kojemu se treba paziti da se zadrži želja i komocija potrošača. Cilj ovog projekta je promicanje i upoznavanje lokalnog stanovništva s alternativnim načinima prijevoza kako bi donijeli što bolju odluku pri odabiru načina prijevoza [12].

- Proširenje sustava iznajmljivanja e-bicikala s otoka Krka na Cresko-lošinjsko otočje

Promicanjem novih načina mobilnosti predstavljen je projekt iznajmljivanja e-bicikla. Korištenje iznajmljenih bicikla može se promovirati kod lokalnog stanovništva kao i kod turista. Investicijski troškovi ovakvog projekta su relativno niski što je jedna od prednosti ovakvog projekta. Prema planovima i iskustvu otoka Krka, Cresko-lošinjsko otočje planira napraviti idejni plan [12].

- Izgradnja infrastrukture za punjenje električnih vozila

Veliki dio od ukupnih emisija CO₂ dolazi upravo iz cestovnog prometa koji se dodatno povećava u turističkoj sezoni. Izgradnjom infrastrukture za punjenje električnih vozila potiče se i promovira novi način prijevoza, time se povećava turistička ponuda kako bi turisti mogli doći na otok sa svojim električnim vozilima. Fond za zaštitu okoliša od 2015. godine provodi sufinanciranje kupnje električnih vozila. Problem koji se javlja kod kupnje električnih vozila je mali broj punionica. Na otoku se nalazi 5 punionica čiji se broj planira povećati ovim projektom [12].

- Dekarbonizacija sustava javnog prijevoza, voznog parka jedinice lokalne i regionalne samouprave (JLS) i s njima povezanim društvima

Promocija električnih vozila započeti će zamjenom voznog parka javnih ustanova sa električnim vozilima a javni prijevoz biti će zamijenjen električnim autobusima [12].

IV. Stup: Morski prijevoz (veze sa kopnom i među otocima)

Cilj ovog stupa je smanjenje CO₂ emisija iz pomorskog prijevoza.

- Stvaranje administrativno-zakonskih preduvjeta za početak dekarbonizacije pomorskog prijevoza

Plan ovoga projekta je poticanje zamjene stare flote koja za pogon koristi motore s unutrašnjim izgaranjem novim trajektima koji se pogone na OIE. Cjenovno nove tehnologije su znatno skuplje, zbog toga se stvaraju zakonski preduvjeti kako bi se poticao njihov razvitak [12].

- Djelomična konverzija flote za obalni linijski pomorski promet

Stvaranjem zakonodavnog plana javlja se mogućnost promjene flote za obalni linijski prijevoz. Zamjena starih trajekata koji koriste motore s unutrašnjim izgaranjem s novim tipovima trajekta, trajektima na ukapljeni prirodni plin (UPP) ili električnim trajektima. Prvi električni trajekt pušten je u plovidbu 2015. godine u Norveškoj, a prema podacima emisije CO₂ smanjile su se za 95% korištenjem električnih trajekata [12].

- Promicanje elektrifikacije brodica

Projekt za cilj ima promicanje hibridnih i električnih brodova za privatne korisnike [12].

V. Stup: Horizontalne strategije

Cilj ovog stupa je uključiti sve sudionike tranzicije u njenu provedbu. Strategija je provedena u par točaka prema kojima je vidljivo da osim uključivanja samih dionika tranzicije pažnja se daje lokalnom stanovništvu kako bi se što lakše ostvarili ciljevi energetske tranzicije. Prvi korak tranzicije je energetske opismenjavanje dionika lokalne zajednice kako bi mogli dobiti uvid o problemima do kojih dolazi zbog klimatskih promjena i nepotrebne potrošnje energije, te kako to promijeniti i kako sudjelovati u energetskej tranziciji u lokalnoj zajednici. Drugi korak je osnivanje energetske zajednice, potom pristupanje međunarodnim inicijativama. Zadnji korak je podizanje svijesti, informiranje i edukacija svih dionika lokalne zajednice i važnosti prevencije stvaranja otpada te uvođenju kružnog gospodarenja materijalima kao važnog čimbenika [12].

2.2. Cipar [35°09'N 33°24'E]

Otok Cipar je država površine 9251 km² i geografski smještena u Sredozemnom moru. Broj stanovništva je 1 172 000. Osnovne grane gospodarstva Cipra su veleprodaja i maloprodaja, promet i turizam. Prometna povezanost otoka s kopnom i ostalim otocima je putem brodova i aviona. Energetska tranzicija Cipra za cilj ima poboljšanje lokalne ekonomije, razvoj

gospodarstva pomoću pametnih tehnologija i OIE. Postavljanjem novih tehnologija korištenjem OIE, prema istraživanjima može se proizvesti od 25% do 40% električne energije do 2030. koju zahtjeva otok. Primarno dobivanje energije bilo bi putem solarne energije od 15% do 27%, potom iz energije vjetra od 5% do 9% [7] [14].

- Zamjena žarulja u uličnoj rasvjeti

Sve više gradova suočava se sa velikom i neefikasnom potrošnjom električne energije u uličnoj rasvjeti. Problem se javlja zbog neadekvatnih žarulja i loše optimiziranog sustava paljenja rasvjete. Projekt zamišljen za energetske tranzicije na otoku Cipru je zamjena ulične rasvjete u 20 lokalnih samouprava. Tehnologija koja se primjenjuje za uličnu rasvjetu je promjena starih žarulja u nove LED žarulje, a 55 940 žarulja će biti zamijenjeno. Promjenom žarulja osim povećanja efikasnosti korištenja električne energije smanjuje se i novčani trošak energije, te je proračunata ušteda električne energije od 14,3% do 2020. godine [7].

2.3. Finska

2.3.1. Otok Aland [60°53'N 19°09'E]

Alandski otoci su otočje u Baltičkom moru koja sačinjava autonomnu i demilitariziranu pokrajinu u Finskoj. Podijeljena je u 16 manjih upravnih jedinica, dok ukupan broj stanovništva iznosi 28 007, čije se stanovništvo pretežno bavi poljoprivredom, ribarstvom i uslužnim djelatnostima. Ukupna površina otočja je 1580 km² [15]. Prometna povezanost među otocima i kopnom je cestovnim i morskim putem.

Primarni cilj energetske tranzicije otočja je postavljanje sustava koji će omogućiti kvalitetnu i pristupačnu energiju lokalnom stanovništvu bez ovisnosti o fosilnim gorivima. Stvorena je energetska strategija koja za cilj ima do 2030. godine smanjiti stakleničke plinove i povećati proizvodnju iz obnovljivih izvora energije [16]. Pametne luke projekt su koji za cilj ima poboljšanje povezanosti otoka i kopna korištenjem ICT tehnologija. Poboljšanjem povezanosti osigurava se bolji životni standard lokalnog stanovništva i mogućnost dolaska što većeg broja posjetitelja. Transportne rute zamišljene su između Alandskih otoka, kao i između kopna Finske i ostalih Baltičkih zemalja [7].

2.4. Italija

2.4.1. Otok Favignana [37°55'N 12°18'E]

Otok Favignana je otok smješten u Sredozemnom moru, otprilike 18 km od Sicilije. Zajedno s 2 druga otoka spada u Egadske otoke. Ukupna površina otoka je 19,8 km². Stanovništvo se pretežno bavi turizmom i ribolovom. Projekt pod nazivom „Eko-inovativna Sicilija (engl. Eco-innovation Sicily)“ za cilj ima promicanje energetskeg boljitka, napretka i poboljšanja ekonomije juga Italije kroz dvije glavne točke projekta promicanjem ekološke proizvodnje i novih eko poslovnih planova i poticanjem poduzeća na međusobne interakcije i razmjenu znanja. Prva glavna točka fokusira se na dovođenje industrije koja se bavi recikliranjem i održivim turizmom. Otok svu svoju električnu energiju dobiva iz postrojenja pogonjenog generatorima snage 20 MW koji rade na dizel, a do značajnijeg povećanja potrošnje dolazi u ljetnim mjesecima. Zamjenom stare tehnologije u svrhu smanjenja emisija CO₂ i dobivanje željene količine električne energije moguće je postavljanjem hibridnog pogona s 12 MW toplinskih generatora pogonjenih na lož ulje, dok se krov pogona planira pokriti sa panelima ukupnog učina 500 kW. Godišnja proizvodnja pogona je 700 MWh, a emisije CO₂ smanjene su za 500 tona godišnje. Drugi projekt za cilj ima postavljanje malog pogona za kompostiranje [17].

2.5. Malta

2.5.1. Otok Gozo [36°02'N 14°15'E]

Otok Gozo se nalazi u Sredozemnom moru, a dio je Malteškog arhipelaga. Drugi je po veličini otok u malteškom arhipelagu, dok je broj stanovništva ovog otoka 32 723, čije se stanovništvo pretežno bavi turizmom, poljoprivredom, ribarstvom i uslužnim djelatnostima. Površina otoka je 67 km² [18]. Prometna povezanost otoka sa kopnom i okolnim otocima je zračnim i morskim putem [7].

Projekt energetske tranzicije otoka Gozo je otok napraviti eko otokom kako bi se poboljšao život lokalnog stanovništva koristeći obnovljive izvore energije. Projekt započet 2008. godine ima prioritetne točke poboljšanja ekonomiju, okoliš, društvo i kulturu. Realizacija projekta zamišljena je kroz korištenje ICT tehnologije, pametnih tehnologija i OIE [19].

2.6. Španjolska

2.6.1. Kanarski otoci [28°17'N 16°37'E]

Kanarsko otočje je otočje od 7 otoka smještenih u Atlantskom oceanu. Ukupna površina otočja je 7 493 km², a broj stanovnika je 2 153 389 koje se pretežno bavi turizmom. Čak 32% bruto domaćeg proizvoda (BDP) ostvaruje se u turizmu [20]. Prometna povezanost otoka s drugim otocima i kopnom je morskim i zračnim putem. Energetska tranzicija Kanarskog otočja predstavljena je pod strategijom RIS3 „Regional Smart Specialization Strategy“ i regionalnim energetske planom. Osmišljena su tri projekta za različite otoke [7].

- El Hierro: 100% samoodrživi otok

Primarni izvor energije na otoku su fosilna goriva, ovim se projektom želi postići prelazak na iskorištavanje energije iz OIE. Zbog geografske pozicije otok ima veliki potencijal za dobivanje energije putem vjetra i sunca, stoga je cilj projekta na otoku zamijeniti postojeći način dobivanja energije s novim održivim načinom. Postavljenjem hibridnog postrojenja vjetar - voda, sustav ima svrhu proizvodnje električne energije, dok se višak dobiven u proizvodnji koristi za dobavu vode na visinu od 698 metara pomoću pumpe od 6 MW. Ovaj sustav treba pokriti 70% godišnjih zahtjeva za energijom [16].

- La Graciosa OIE mikro postrojenje

Otok je jedan od manjih otoka u skupni Kanarskih otočja, a stanovništvo ovoga otoka pretežno se bavi ribarstvom i turizmom. Cilj ovoga projekta je instalacija solarnog postrojenja s mogućnošću skladištenja energije (baterije) [7].

- Punta Jandia hibridni sustav

Cilj projekta je dovoz energije udaljenom ribarskom selu, tehnologijom OIE. Dobivena energija se koristi za potrebe kućanstava, a dio se pohranjuje u baterije. Sustav se sastoji od OIE i generatora pogonjenog na dizel, koji je potreban u sustavu kako bi u svakom trenutku proizvodnja bila jednaka potrošnji energije. Odnosno, ako postoji nemogućnost dobivanja energije iz OIE, uključuje se generator [21].

3. PAMETNI OTOCI U SVIJETU

3.1. Singapur [1°21'N 103°49'E]

Singapur je otočni grad-država smješten u jugoistočnoj Aziji na Malajskom poluotoku. Teritoriji države sačinjava glavni otok i 63 satelitska otoka. Površina otoka je 725,7 km², a prema procjeni iz 2019. godine ukupan broj stanovnika na otoku iznosi 5 703 600 [22]. Zbog geografskog smještaja, ulaz u Malajski prolaz, Singapur je jedna od najrazvijenijih zemalja u svijetu. Ekonomija Singapura primarno se bazira na trgovini i turizmu. Briga o okolišu i implementacija novih vrsta tehnologije započela je 1962. godine, strategijom poboljšanja kvalitete života u urbanom okruženju koje neće biti moguće ako se Singapur ne pretvori u „vrtni grad“, zeleni grad. Prva promjena bila je prelazak na prirodni plin, kada je 95% električne energije proizvedeno iz prirodnog plina. Instalacija solarne energije s spremnicima energije u prvoj polovici 2020. godine iznosila je 350 MWp, a planirana instalacija do 2030. godine je 2 GWp solarnih panela i 150 MW spremnika energije. Kvaliteta zraka je jedna od bitnih točki svakog grada današnjice, pa je tako jedan od ciljeva i smanjenje emisija CO₂. Tehnologija „hvatanja“ pohrane i upotrebe CO₂ (engl. *Carbon capture, storage and utilisation- CCSU*), nova je tehnologija kojom se planira smanjiti emisije CO₂ za 13%, prema istraživanjima Internacionalne agencije za energiju. CCSU se smatra jednom od ključnih tehnologija za Singapur iz dva razloga. Osim velikog potencijal solarne energije ostali tipovi OIE imaju mali ili nikakav potencijal, dok je drugi razlog teška industrija smještena u Singapuru koja proizvede velike količine CO₂. Veliki potencijal tehnologije na problem nailazi u njezinoj instalaciji i načinu pohrane CO₂. Brzo rastući gradovi zahtijevaju izvrsnu ICT tehnologiju, a optimizacija potrošnje energije zamišljena je kroz sustav umjetne inteligencije i strojnog učenja. Primjena umjetne inteligencije u velikim sustavima ima za rezultat 10% smanjenje gubitka energije. [23] Ovakve promjene su dugotrajne i za cilj imaju poboljšanje života lokalnog stanovništva, industrijski rast i očuvanje okoliša.

3.2. Novi Zeland

3.2.1. Otočje Tokelau [8°33'N 172°28'E]

Otočje Tokelau je otočje smješteno u Pacifičkom oceanu, sačinjeno od 3 otoka ukupne površine 19 km², dok je broj stanovnika ovoga otočja 1378. Ekonomija otočja se primarno bazira na poljoprivredi i turizmu. Zbog svoje veličine, broja ljudi i gospodarske razvijenosti otok se od

2012. godine za proizvodnju energije oslanja na solarnu energiju. Energija se dobivala pomoću tri generatora pogonjena na dizel motor, zahtijevajući oko 200 litara goriva za 15-18 sati rada. Dizel generatori zamijenjeni su 2012. godine solarnim sustavom od 1 MW za svaki od tri otoka. Solarni sustav je primarni izvor energije, a kada nije moguće dobiti energiju preko sustava osmišljen je sigurnosni način proizvodnje energije preko generatora pogonjenih na kokosovo ulje. Rezultat zamjene tehnologije je smanjenje emisija CO₂ za 12 tona godišnje [24][25].

4. ANALIZA SNAGE, SLABOSTI, PRILIKA I PRIJETNJI ZA ODABRANE TEHNOLOGIJE

Analiza snage, slabosti, prilika i prijetnji (SWOT analiza) je tehnika planiranja kojom se kreira strategija poslovanja. Pomoću analize razmatraju se utjecaji unutarnje i vanjske okoline. Unutarnju analizu predstavljaju snaga i slabost, vanjsku analizu predstavljaju prilike i prijetnje. Prednost SWOT analize je mogućnost lakšeg kreiranja strategije koja u obzir uzima sve prednosti i mane određene tehnologije. Prilikom izrade analize gleda se samo trenutna situacija ne uzimajući moguće promjene poslovanja u budućnosti. Točke strategije se trebaju ispitati, a svaka od točaka donosi svoj set pitanja kako bi se što bolje ispitala sve mogućnosti u implementaciji tehnologija i osigurala što bolja tehnologija.

Tablica 2. Pitanja za analizu snage, slabosti, prilika i prijetnji

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Koje su prednosti proizvoda? • Zašto baš ova tehnologija? • Kako upotrijebiti ovu tehnologiju što bolje u budućnosti	• Koje su osnovne mane? • Odgovara li na zahtjeve potrošača? • Gdje možemo postaviti ovu tehnologiju?
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Koji je cilj ove tehnologije? • Kako dobiti više od ove tehnologije? • Tko su kupci ove tehnologije	• Na koje prepreke mogu naići? • Postoji li bolja tehnologije koja može zamijeniti ovu? • Način proizvodnje tehnologije?

4.1. Informacijska i komunikacijska tehnologija

Nakon druge industrijske revolucije, započela je informacijska revolucija koja je promijenila način poslovanja i načine shvaćanja procesa u industriji, a to joj je omogućila pojava prvih osobnih računala 80-tih godina prošloga stoljeća. Trend korištenja komunikacijskih i informacijskih tehnologija od tada nije stao. Pametni otoci u svom nazivu imaju riječ pametni, a riječ pametni se osvrće upravo na povezanost gradova u informacijskom i komunikacijskom smislu. Temelji energetske tranzicije je upravo pravilno korištenje i modernizacija sustava koji koriste ICT. Primjeri koji predstavljaju ICT su aplikacije za upravljanjem sustavom, učenje na daljinu, telekomunikacija i dr. Uređaji koji se koriste za ove tehnologije su radio, televizija, mobiteli, osobna računala, sateliti i dr. ICT skup je sljedećih komponenata: softweare, hardwear, transakcije, komunikacijske tehnologije, baze podataka, pristup internetu i računalstvo u oblaku [26].

Tablica 3. SWOT analiza ICT-a

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Brza komunikacija • Brze informacije • Dostupnost informacija	• Manjak privatnosti • Oslanjanje na tehnologiju
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Razvitak tržišta • Velika potražnja • Inovacije • Automatizacija sustava	• Velika ponuda • Zloupotreba tehnologije • Nedostupnost svima • Potreban je manji broj radnika

Svakodnevno korištenje ICT olakšava se komunikacija i ostvaruje se puno brži prijenos informacija. Velika količina informacija i njihova stalna dostupnost rezultat je konstantnog nadopunjavanja baze podataka koja se upotpunjava upravo korištenjem ICT-a. Svakodnevnim korištenjem ICT može rezultirati narušavanjem osobine privatnosti. Tehnologija je izrazito bitna za razvoj pametnih gradova i otoka kako bi se optimizirao način korištenja energije, način upravljanja sustavom i doprinijelo prikupljanju novih podataka.

Učenje na daljinu jedan je od primjera korištenja ICT-a.

Tablica 4. SWOT analiza učenja na daljinu i tehnologije potrebne za učenje na daljinu

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Aktivno sudjelovanje u nastavi, u istom vremenu kao i ljudi u matičnim školama • Nove vještine i učenja • Obrazovanje za sve uzraste na otoku • Upoznavanje sa novim tehnologijama	• Slaba zainteresiranost profesora • Mogućnost prekida veze • Teško ocjenjivanje u realnom vremenu • Teško organiziranje laboratorijskog rada • Loše postavljanje napredne tehnologije • Potreba za posjedovanjem vlastite tehnologije
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Mogućnost slušanja nastave na najudaljenijim otocima	• Manjak tehnologije • Visoka cijena • Promjena načina učenja može dovesti do slabog razumijevanja gradiva

	• Dobra komunikacija prilikom izvođenja nastave • Mogućnost povezivanja s raznim školama, programima za učenje • Novi programi za poticanje razvitka otoka • Tehnološko unaprjeđenje otoka	• Socijalno distanciranje • Cijena tehnologije
--	---	---

Veliki broj otoka s velikim energetske potencijalom, imaju manjak institucija za učenje. Veliki broj učenika putuje svakodnevno do svojih matičnih škola, što uzrokuje nepotrebnu potrošnju goriva, gubitak vremena i može dovesti do smanjenja volje za učenjem. Daljinsko učenje je način savladavanja učenja prilikom kojega se učenici nalaze u svojim područnim školama i tamo slušaju nastavu koja se održava u matičnoj školi. Ne rijetko se dešava da se na udaljenijim otocima jedan profesor brine za različite generacije, a ovim pristupom učenja omogućava se adekvatno učenje za sve uzraste istovremeno. Učenjem na daljinu postavlja se mogućnost kojom se i odrasle osobe mogu obrazovati nakon obavljanja posla, slušati predavanja, te unaprijediti ili dovršiti svoje školovanje. Tehnologija koja osigurava ovaj način učenja je skupa i nedostupna svima. Kako bi se nastava provodila sa što većom kvalitetom potrebno je posjedovanje osobnih računala (svaki učenik), oprema koja se koristi za izvođenje nastave je skupa, pametne ploče, pametni televizori, kamere i dr. Hrvatska je prepoznala ovaj način učenja još 2008. godine kada je započet projekt E-Otoci. Projekt za cilj ima prenošenje znanja, a nastava se provodi videokonferencijama. U projekt su uključene 23 osnovne škole na otocima u Hrvatskoj [27]. Jedna od strateških točaka za pametne otoke je gospodarstvo, a povećanjem broja učenih ljudi i ostanka ljudi na otoku omogućuje rast gospodarstva. Cijena tehnologije potrebne za ovu vrstu učenja je velika, ali investiranje u edukacijske programe je opravdano.

4.2. Internet stvari

Internet stvari (eng. Internet of things (IoT)) je struktura umreženih podataka koja digitalnim putem bez posredovanja čovjeka prenosi podatke potrebne za analizu i poboljšanje sustava. Stvari u nazivu se odnose na razne tehnologije koje se mogu povezati. Kako bi bila moguće modernizirati ICT potrebna je dobra implementacija IoT-a. Podaci prikupljeni IoT-om u kombinaciji sa već pohranjenim velikim podacima (*engl. Big Data*) predstavljaju ključni faktor u energetske tranziciji. Digitalizacijom postojećih sustava omogućava se prikupljanje još većeg broja podataka i njihova analiza [28]. Kako prikupljanje podataka i njihova analiza bila lakša, IoT se može podijeliti na javni sektor, uslužni sektor i transportni sektor, a koje čine podjedinici, mali potrošači ili velike industrije. Zgradarstvo je sektor u kojemu se troši i gubi najveći dio energije, a korištenjem IoT smanjuje se potrošnja i gubitci [29]. Primjer su pametni domovi u kojima se ugradnjom IoT uređaja koji upravljaju rasvjetom, hlađenjem, grijanjem i sigurnosti doma dolazi do znatnih ušteda [30]. Osim u zgradarstvu IoT uređaji se koriste i u praćenju potrošnje vode, kvaliteti zraka, gustoći prometa, praćenje otpada i dr. Razvitkom svih sektora na pametnim otocima teži se postizanju potpune energetske tranzicije. Svaki otok zasebno prema potreba lokalnog stanovništva i geografskom položaju otoka zahtjeva posebnu analizu kako bi implementacije IoT-a a time i ICT-a bi što bolja.

Tablica 5. SWOT analiza IoT

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Smanjen utjecaj na okoliš • Inovacije • Poboljšanje performansi rada sustava	• Smanjena privatnost • Pohrana velike količine podataka
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Investicije u nove tehnologije • Razvitak novih uređaja	• Smanjena sigurnost • Naglo usporenje rasta u industriji • Visoka cijena

Prikupljanjem podataka i analizom IoT svakodnevno se poboljšavaju energetske sustavi, a time i pomaže u očuvanju okoliša. Međutim zbog velike potrebe za novim podacima smanjuje se privatnost korisnika što je jedna od glavnih mana IoT-a. Visoke cijene uređaja predstavljaju problem kod implementacije i poboljšanja kod malih korisnika. IoT je i dalje nova tehnologija koja svakodnevnicu čini pametnom. Razvitak ove tehnologije vidljiv je u postavljanju novih zahtjeva za razvitkom i poboljšanjem sustava.

Senzori su jedan od glavnih uređaja koji se koriste u IoT sistemima. Postavljanjem senzora na najučinkovitiji načini u odabranom sektoru rezultira znatnim uštedama. Jedan od glavnih problema pametnih otoka i gradova su emisije CO₂. Praćenje kvalitete zraka je izrazito bitno kako bi se osigurao što bolji standard, a praćenje i smanjivanje emisija CO₂ je ključ svake energetske tranzicije. Senzori se razlikuju cjenovno, međutim senzori koji spadaju u niski cjenovni rang sve su više popularniji i samim time pristupačniji. Postoji više kategorija senzora:

elektrokemijski senzori, fotoionizacijski senzori, optički senzori i senzori koji mjere broj čestica u zraku [30].

Tablica 6. SWOT analiza senzora za kvalitetu zraka

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Brzo dobivanje izlaznih podataka • Poboljšanje kvalitete zraka • Analiza vršnih vrijednosti • Tehnologija primjenjiva i na manje i na veće potrošače	• Ovisnost o temperaturi • Ovisnost o magli • Ovisnost o tlaku • Mjerenje samo određenih čestica
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Dobivanje slike kvalitete zraka • Poboljšanje kvalitete zraka • Brzi odgovor u kriznim situacijama (npr. požar)	• Cijena • Mjesto postavljanja senzora • Kapacitet

Na tržištu je dostupan veliki broj senzora. Senzori koji se mogu koristiti iz perspektive pojedinaca, kućanstava, pa sve do velike primjene na zgrade ili na veća područja. Senzori uvelike ovise o mjestu postavljanja i vanjskim vremenskim uvjetima što može dovesti do krivih očitavanja. Kapacitet mjerenja i cijena su proporcionalni, a iako se nazivaju nisko cjenovni senzori, cijena ovisno o tipu senzora seže od 50 eura do 5000 eura [30]. Karakteristike senzora ovise o vrsti senzora. Za što bolje postavljanje senzora potrebno je napraviti detaljno ispitivanje lokacije i potrebno je striktno odrediti točke ispitivanja. Prednosti senzora vidljive su u velikim i malim gradovima. Dnevnim praćenjem senzori osiguravaju i održavaju kvalitetu zraka, ako dođe do skokovite promjena u kvaliteti zraka senzori šalju informacije kako bi se uklonio, spriječio, mogući uzročnik nagle promjene (npr. požar). Primjer korištenja senzora za kvalitetu zraka moguće je vidjeti po cijelome svijetu, a danas se tako povećanje štetnih čestica može pratiti kroz aplikacije. IoT kao tehnologija povezuje sve podatke, daje nam analizu u stvarnom vremenu, a na primjeru senzora vidljivo je iskorištavanje takvih podataka. Senzori iako cjenovno ne pristupačni svima imaju velike prednosti u digitalizaciji i poboljšavanju kvalitete života na otoku.

4.3. Obnovljivi izvori energije

Obnovljivi izvori energije su oni izvori energije čiji se energetske potencijal brzo regenerira a dijele se na tradicionalne, komercijalne i alternativne (nove). Primjeri OIE su: energija vjetrova, solarna energija, biomasa, biogoriva, hidroenergija, geotermalna energija, energija mora i dr. [31]. Energetska tranzicija nezamisliva je OIE za čiju je implementaciju potrebno provesti tehnološko-ekonomske analize. SWOT analiza napravljena je na općenitim primjerima.

Tablica 7. SWOT analiza OIE

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Moguće dobivanje poticaja za projekte • Otvaranje novih poslova • Neprestani izvor energije • Ekološki prihvatljivi	• Visoki početni investicijski troškovi • Ne razvijena infrastruktura • Visoki troškovi održavanja

VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Brzi razvitak tehnologija • Investiranje u nove tehnologije	• Energetska nepismenost zajednica • Ne usklađenost zakonodavnih okvira

Podatci prikazani u tablici 7 pokazuju da su za implementaciju OIE potrebne su nove tehnologije zbog kojih su početni investicijski troškovi viši. Razvitkom infrastrukture omogućila bi se lakša implementacija OIE, a samim time povećala bi se i energetska pismenost stanovništva. Zakonodavno gledano zakonske regulative nisu usklađene u svim državama što otežava razvitak primjene OIE. Mane koje su pokazane SWOT analizom vremenski su promjenjive i sve većim poticajem razvitka novih tehnologija one će iščeznuti. Brzim razvitkom tehnologija razvija se i nadopunjava tržište a sami time otvaraju se i nova radna mjesta. Korištenjem OIE smanjujemo usporavamo klimatske promjene, što je najveća prednost OIE. U daljnjem tekstu prikazana je SWOT analiza, Tablica 8, kao jednog od primjera komercijalnih OIE.

Fotonaponski sustavi su više fotonaponskih modula povezanih u nizove u svrhu dobivanja električne energije. Moduli se najčešće sastoje od 36 serijskih povezanih fotonaponskih ćelija s naponom od 12 V. Fotonaponske ćelije su poluvodiči koji sunčevu energiju pretvaraju u električnu energiju. Fotonaponski sustav može biti samostalni sustav-električna energija se skladišti u baterije, ili mrežni sustav - električna energija se predaje u elektroenergetski sustav. Samostalni fotonaponski sustavi nazivaju se i otočni sustavi. Elementi otočnog sustava su: fotonaponske ploče, baterija, pretvarač (inverter), regulator punjenja, ugradbeni dijelovi i provodnici. Napon se na fotonaponskim pločama javlja osvjetljivanjem njihove površine. Pretvarač može vršiti pretvorbu iz istosmjernog u izmjenični napon i obratno. Prikupljena energija potom se šalje u sustava te se višak pohranjuje u baterije. Fotonaponske ćelije najčešće se proizvode od silicija, a izvode se kao monokristalne ćelije, polikristalne ćelije i amorfne ćelije [32]. Amorfne ćelije se koriste na mjestima gdje je potrebna mala snaga, stoga neće biti razmatrane u analizi.

Tablica 8. SWOT analiza samostalnih (otočnih) fotonaponski sustavi

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Životni vijek trajanja • Lako održavanje • Proizvodnja čiste energije	• Cijena • Učinkovitost ovisi o vrsti ćelija • Ovisi o vanjskim vremenskim uvjetima • Učinkovitost do 15%
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Veliko tržište, mogućnost postavljanja na obnovljene zgrade ili na nove zgrade	• Loša educiranost ljudi • Reciklaža • Neoptimalan naći postavljanja • Životni vijek trajanja

Otoci su idealna mjesta za korištenje fotonaponskih sustava. Otočni fotonaponski sustavi ne ovise o spajanju na mrežu nego su u potpunosti autonomni. Zbog svoje autonomnosti sustavi se mogu postaviti i na najudaljenije otoke, lokalne zajednice. Visoka učinkovitost sustava ovisi o vrsti odabranih ćelija, te odabir ćelija ovisi o kupovnoj moći zajednice. Monokristalne ćelije najbolja su vrsta ćelija jer su izgrađene od jednog kristala. Kod polikristalnih ćelija struktura nije savršena pa dolazi do smanjenja efikasnosti. Gledano sa strane cijene proizvodnja polikristalnih ćelija je puno jeftinija od proizvodnje monokristalnih. Maksimalna energetska iskoristivost monokristalnih ćelija iznosi 18%, dok maksimalna iskoristivost sustava sa polikristalnim ćelijama iznosi od 12% do 16% [33]. Životni vijek trajanja sustava napravljenog od monokristalnih ćelija je između 25 i 30 godina, dok je životni vijek proizvedenih iz

polikristalnih ćelija između 20 i 25 godina [32]. Način na koji se energija skladišti može uvelike doprinijeti samom životu na otoku, pogotovo u danima kada nema sunca kao izvora. Pravilnim postavljanjem, održavanjem i korištenjem otočni fotonaponski sustavi su odlična tehnologija za prikupljanje energije i smanjivanja troškova računa za električnu energiju.

4.4. Tehnologije uštede vode

4.4.1. Tehnologija desalinizacije

Desalinizacija je proces uklanjanja mineralnih komponenata iz slane vode za dobivanje pitke vode. Desalinizacija je osim u priobalnom području i na otocima našla svoju primjenu i na brodovima. Dobivanje pitke vode desalinizacijom je energetski zahtjevno, a može se postići tehnologijama kao što su destilacija, sunčeva destilacija, reverzna osmoza, ionska izmjena, valovima pogonjena desalinizacija [34]. Jedan od primjera novih tehnologija je CETO tehnologija desalinizacije koji se temelji na energiji valova. Tehnologija koja kinetičku energiju mora pretvara u električnu energiju potrebnu za dobivanje pitke vode. Dobivena električna energija se potom koristi za dobivanje pitke vode procesom reverzne osmoze. Sustav se postavlja u duboke vodu kako bi se izbjeglo izlaganje olujama i lomu valova o stijene, a dubina postavljanja varira između 20 metara i 50 metara. Sistem je sastavljan od plutajućeg aktuatora koji je pričvršćen za pumpu na morskom dnu. Do pokretanja auktora dolazi strujanjem mora i morskim promjenama koje rezultiraju uključivanjem pumpe, potom pumpa šalje vodu na kopno koja se koristi za desalinizaciju procesom reverzne osmoze [35].

Tablica 9. SWOT analiza tehnologije desalinizacije [36]

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Niske cijene održavanja • Poznata tehnologija • Fleksibilna tehnologija	• Visoki investicijski troškovi • Velika potreba za energijom
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Mogućnost poboljšanja tehnologija reverzne osmoze • Inovacije • Reverzna osmoza se lako može kombinirati sa OIE	• Komplikiranost sustava • Opterećenja nisu stalna

Pitka voda jedan je od najčešćih problema s kojima se susreću stanovnici otoka, ova tehnologija omogućuje posjedovanje pitke vode neovisno o vremenskim prilikama. Nedostatak tehnologije desalinizacije vidljiv je u velikim investicijskim troškovima i velikim zahtjevima za energijom. Prilika ove tehnologije vidljiva je u vidu inovacija i kombiniranju sa OIE.

4.4.2. Tehnologija prikupljanja kišnice

Tehnologija se sastoji od prikupljanja, skladištenja i očuvanja lokalnog površinskog otjecanja te je geografski neovisna. Prikupljanje kišnice se kao tehnologija primjenjuje u kućanstvima ali i u velikim sustavima kao što su trgovački centri, upravne zgrade i uslužni objekti [37]. Prvi spremnici vode javljaju se u mladom kamenom dobu (neolitiku), a posude su se postavljale u podove kuća kako bi se čuvala pitka voda. Otok Kreta je u povijesti imala jedan od najrazvijenijih sustava prikupljanja i očuvanja vode, a najstarija cisterna je iz doba neolitika.

Minojska civilizacija razvila je prvi sustav prikupljanja kišnice. Sustav prikupljanja složen je pomoću cijevi napravljenih iz terakotnih¹ cijevi [38].

Tablica 10. Povijesni pregled prikupljanja kišnice [37]

Ime cisterne/ nalazište	Vrijeme izrade	Način prikupljanja vode	Volumen (m ³)
Archanes	1500. godina prije Krista	Kišnica	50
Phaistos (više)	Rano Minojsko doba	Kišnica	nije poznato
Myrtos Pyrgos 1	1700. godina prije Krista	Kišnica	66
Myrtos Pyrgos 2	1700. godina prije Krista	Kišnica	22
Zakros	1500. godina prije Krista	Kišnica	50
Chamaizi	Srednje i kasno Minojsko doba	Kišnica	6,5

Razvitkom tehnologija kišnicu je moguće prikupljati na različite načine tako je jedan od najzastupljenijih načina prikupljanja kišnice krovnim putem, zbog nagiba krova kiša pada u kanal te se odvodi u spremnike. Tehnologija poput RainSaucer-a novija je tehnologija koja izgledom podsjeća na obrnuti kišobran koji u sredini ima spremnik za prikupljanje kišnice, a može se pronaći u tri različite dimenzije [40]. RainSaucer je jedna od tehnologija koja svoju primjenu može pronaći u kućanstvima upravo zbog svojih dimenzija. Tehnologija Groasis WaterBoxx nova je tehnologija koja prikupljanjem kišnice pomaže rastu stabala. Veliku primjenu ova tehnologija ima u suhim područjima, kojima je potrebno pošumljavanje [41].

¹ Terakota (lat. Terra cota- pečena zemlja)- predmeti napravljeni od lončarske gline pečeni na visokoj temperaturi. [39]

Tablica 11. SWOT analiza tehnologije prikupljanja kišnice

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Neovisno prikupljanje kišnice • Mogućnost prilagodbe dimenzija prema potrebi • Mogućnost korištenja kao vode za piće • Korištenje u raznim sektorima	• Potrebna dodatna obrada kako bi se mogla koristiti za piće • Educiranost ljudi je mala o ovom načinu prikupljanja vode
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Tržište koje se razvija • Veliki broj inovacija i novih tehnologija • Prikupljanje velike količine kišnice • Niska cijena	• Ovisi o količini kiše • Obavezno održavanje • Čistoća kišnice ovisi o zagađenosti zraka

Prikupljanje kišnice tehnologija koja je primjenjiva za različite sustave a oprema za instalaciju sustava je jednostavna i svima pristupačna. Prikupljanje kišnice seže daleko u povijest, međutim nisu svi upoznati sa prednosti ove tehnologije. Otocima ova tehnologija može pomoći u poljoprivredi, stočarstvu ili kao izvor vode za kućanstvo. Otoci koji najviše mogu dobiti tehnologijom su otoci koji imaju veliki broj kišnih dana. Primjer su Karipski otoci koji su nakon sezone uragana 2018. godine ostali bez pitke vode i vode potrebne za kućanstvo, te je instalacijom sustava za prikupljanje kišnice, voda dovedena u sve dijelove otoka. Sezona uragana obiluje kišom i količine vode koje se mogu prikupiti su velike, a prosječni kapacitet spremišta za vodu su 757,08 litara[42]. Kišnica je jedan od izvora vode koji je nedovoljno

iskorišten, a ima veliki potencijal. Udaljeni otoci mogu samo obogatiti svoj sustav prikupljanjem kišnice.

4.4.3. Ostale tehnologije uštede vode

Potreba za vodom na otocima je velika, svakodnevno se razvijaju nove tehnologije. Klasični primjeri tehnologije desalinizacije i prikupljanja kišnice dobro su poznati u povijesti i imaju veliki uspjeh u primjeni. Obje tehnologije iako su poznate nadograđuju se novim tehnološkim rješenjima, kao što CETO tehnologija ili Groasis WaterBoxx. Ostale tehnologije koje se mogu pronaći su: prikupljanje magle, prikupljanje kišnice pomoću solarnih panela, priprema vode putem membranske filtracije, pogoni za desalinizaciju pomoću solarnih panela. Kako bi učinkovitost ovih tehnologija bila što veća potrebna je pravilna instalacija i održavanje sustava.

4.5. Elektromobilnost

Elektromobilnost je nova tehnologija koja omogućuje zeleni prijevoz. Pariškim sporazumom o klimatskim promjenama potpisanim 12.12.2015. godine postiže se globalni sporazum koji donosi ciljeve kojima planira usporiti klimatske promjene do 2030 godine. Ciljevi koje koji su postavljeni su zadržavanje promjene temperature ispod 2°C, smanjivanje emisija stakleničkih plinova i osiguravanje financija za projekte koji smanjuju stakleničke plinove te smanjenje emisija CO₂ za 40% do 2030. godine [43]. Transport uz zgradarstvo jedan je od najvećih konzumenata energije, samim time i najveći zagađivač. Ukupna emisija CO₂ u svijetu uzrokovana transportom je 75%. Cilj smanjenja stakleničkih plinova u prometnom sektoru mogući je kroz uvođenjem prijevoznih sredstava koje su pogonjeni na OIE. Elektromobilnost je koncept koji koristi pogon na struju u vozilima. Osim smanjenja emisija, transport u kojem se koriste električna vozila pokazao se znatno sigurniji za sve sudionike u prometu [44].

Tablica 12. SWOT analiza elektromobilnost

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Ekološki povoljno • Jednostavni mehanizam	• Edukacija orijentirana na baterije i spremišta energije • Nedovoljan broj proizvođača baterija

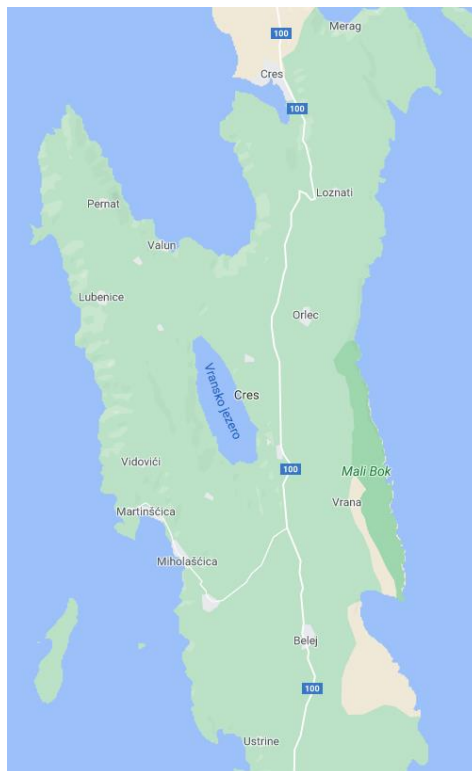
	• Sufinancirana tehnologija	• Visoka cijena baterija • Neujednačeni standardi u EU i svijetu • Vrijeme potrebno za punjenje
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Smanjivanje korištenja fosilnih goriva • Smanjenje lokalnih emisija CO₂ • Poticanje razvoja novih tehnologija koje su pogonjene OIE • Nove poslovne prilike	• Velike investicije • Potrebna izgradnja nove infrastrukture • Nerealna očekivanja društva koja mogu dovesti do razočaranja • Povećanje cijene električne energije

Elektromobilnost kao nova tehnologija ima za cilj u velikoj mjeri smanjiti stakleničke plinove, a osnovni problem koji se javlja ovom tehnologijom je slaba potpora u vidu infrastrukture. Razvijene zemlje ulažu u infrastrukturu i kupovna moć građana je veća što rezultira većim brojem vozila. Baterije su uz infrastrukturu jedna od mana ove tehnologije. Visokom cijenom i vremenom punjenja, trenutno ne mogu konkurirati transportu pogonjenom na fosilna goriva u pojedinim državama [45]. Prednost ove tehnologije je u smanjenju emisija CO₂, novim poslovnim prilikama, smanjivanju korištenja fosilnih goriva i sigurnosti. Otoci su idealna mjesta na kojima korištenje prijevoza na električni pogon može znatno smanjiti zagađenje. Primjer poticanje elektromobilosti na Hrvatskim otocima su otok Krk, Cres i Lošinj.

5. IDEJNA ANALIZA PLUTAJUĆE SOLARNE ELEKTRANE NA VRANSKOM JEZERU NA OTOKU CRESU

Otoci pokazuju veliki potencijal za korištenje OIE u svrhu dobivanja energije, međutim veliki broj otoka ovisi o dobavi energije sa kopna koja je najčešće proizvedena iz fosilnih izvora [12]. Zamjenom i osiguravanjem sustava proizvodnje energije na otoku iz OIE osigurava se smanjenje emisija CO₂ i postavljaju se temelji za energetske tranziciju i dekarbonizaciju. Većina otoka suočava se sa još jednim problemom, a to je problem pitke vode koja se u većini slučajeva dovodi s kopna, dobiva alternativnim načinom poput desalinizacije ili ovisi o vremenskim uvjetima, npr. prikupljanje kišnice. Pregledom tehnologija obrađenih u SWOT analizi i analizom problema koji se javljaju na otocima odabrana je tehnologija plutajućih solarnih elektrana. FPV je tehnologija koja za svoj primarni cilj ima proizvodnju električne energije, a postavljanjem na vodi smanjuje se i ishlapljivanje vodene površine. Cresko-lošinjsko otočje posjeduje vlastiti izvor vode, Vransko jezero, dok se otoci Unije i Susak za proizvodnju pitke vode koriste desalinizatorima. Odabrana lokacija postavljanja FPV na Vransko jezero je zbog njegove izuzetne važnosti za život otoka.

Vransko jezero smješteno je na otoku Cresu i predstavlja rijedak svjetski primjer. Otok Cres ima površinu od 405,705 km² na kojoj se nalazi Vransko jezero površine 5.8 km² sa ukupnom zapremnom vode u iznosu od 222 milijuna m³ slatke vode. Geografski je smješteno 3 do 5 kilometra od mora, u kriptodepresiji. Dno jezera se nalazi na dubini 61,3 metra ispod razine mora. Slika 1 prikazuje položaj Vranskog jezera na otoku Cresu [46].



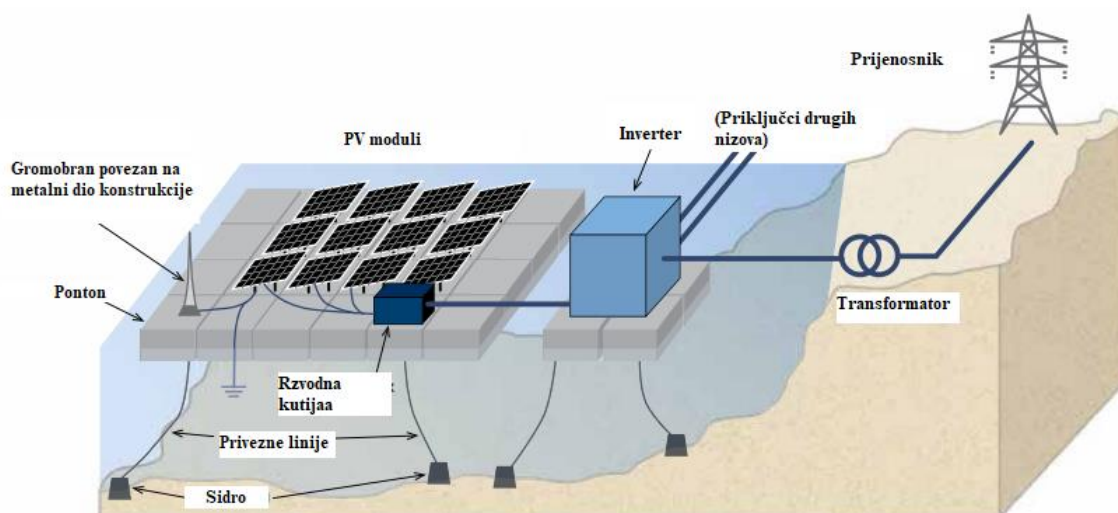
Slika 1. Pozicija Vranskog jezera, otok Cres [47]

Površina sliva jezera iznosi 25 km². Krški krajobraz i količina padalina određuju razinu vode u jezeru pojedinom periodima u godini [46]. Godišnji sliv u jezero iznosi 26,5 milijuna m³, oticanje podzemnim putem iznosi 18 milijuna m³, dok se evaporacijom bilježi gubitak vode od 8,5 milijuna m³ vode godišnje. Crpljenje vode u svrhu vodovoda i opskrbe stanovništva pitkom vodom započelo je nakon Drugog svjetskog rata. Vodoopskrbni sustav opskrbljuje otoke Cres i Lošinj. Vransko jezero posjeduje visoku kvalitetu pitke vode, zbog koje nije potrebno dodatno kondicioniranje i obrada već samo dezinfekcija. Sustav cjevovoda proteže se na 80 km transportnih cijevi, što sačinjava 130 km vodovodne mreže, 7 crpnih stanica i 24 vodospreme ukupnog volumena 16 500 m³. Prema podacima iz 2014. godine potrošnja na otoku Cresu i Lošinju bila je 1,4 milijuna m³ godišnje, a najveća zabilježena potrošnja bila je u Gradu Malom Lošinju [48].

Gubitci koji se javljaju u cjevovodnom sustavu prikazuju se kao razlika količine vode koja je zahvaćena (ispumpana) i vode koja je došla do korisnika. Razlog zbog kojega dolazi do gubitka u cjevovodima može biti: nepravilno korištenje uređajima za pročišćavanje, nepravilno izoliranje cjevovoda, curenje u cjevovodu zbog nepravilne izolacije cijevi ili zbog lošeg održavanja [49]. Gubitci cjevovodnog sustava otoka Cresa su između 36% i 39%, primarni

razlog visokog postotka gubitaka je zbog starosti cjevovoda [50]. Gubici u cjevovodima su nepoželjni, a na otoku oni predstavljaju veliki problem zbog već malih količina pitke vode. Osim problema gubitaka cjevovoda pojavljuje se i problem evaporacije jezera. Postavljanjem plutajućih solarnih panela na površine jezera, napravila bi se sjena na jezeru koja bi spriječila isparavanja jezera. Sustavom FPV-a smanjuje se utjecaj brzine strujanja vjetra na površini jezera što također rezultira smanjenjem evaporacije.

Plutajući solarne elektrane (engl. *Floating solar photovoltaic- FPV*) su sustavi solarnih panela postavljenih na vodenu površinu. Usporedbom dva načina postavljanja solarnih panela na zemlji (Tablica 8) i na vodi, FPV pokazuje bolje karakteristike prikazane SWOT analizom, Tablica 14. Postavljanjem solarnih panela na Vransko jezero predstavljalo bi svojevrsnu kogeneraciju između vodoopskrbe i proizvodnje električne energije iz OIE. Plutajuće solarni sistemi prema pripadajućoj opremi slični su solarnim sistemima na kopnu. Prikaz sustava vidljiv je na slici 2 **Slika 2** [51].



Slika 2. Prikaz sustava FPV [51]

Istosmjerna struja koja je prikupljena pomoću solarnih panela pretvara se izmjeničnu pomoću invertera. Postavljanje invertera vrši se na samom pontonu, a ako se sustav nalazi blizu kopna inverteri se mogu postaviti na zemlju. Osiguravanje sustava vrši se pomoću sidrišta koje mora biti dizajnirano tako da osigura strukturu pričvršćenu 25 godina i više. Pontoni su napravljeni od materija koji omogućava plutanje u kombinaciji s metalnim strukturama. Povijesno gledano FPV je nova tehnologija koja se prvi put pojavljuje u 2007. godine u Aichi, Japan, dok je prva komercijalna instalacija veličine 175 kWp instalirana u Far Niente Winery u Kaliforniji, 2008.

godine. Prema podacima iz prosinca 2018. godina ukupno je instalirano 1,3 GWp. Problem koji se javlja pri postavljanju solarnih panela je neujednačenost zakonodavnih okvira. Prema zakonima pojedinih zemalja rezervoari pitke vode ili hidroelektrane smatraju se mjestima nacionalne važnosti i sigurnost u takvim državama puno je teže dobivanje dozvola za izgradnju FPV-a [51]. Prema teoretskim planovima koji su napravljenim 1993. godine globalno postoji 400 000 km² umjetno napravljenih vodenih površina, a kada bi se površina rezervoara iskoristila za postavljanje FPV dostigao bi se broj od 400 GWp instaliranih FPV. Tablica 13 pokazuje potencijal instalacije FPV na pojedinim kontinentima [51].

Tablica 13. Potencijal postavljanja FPV u svijetu [51]

Kontinent	Dostupna površina (km ²)	Broj vodenih površina	FPV potencijal (GWp)			Procjena godišnje količine energije (GWh/god)		
			Postotak iskorištene površine			Postotak iskorištene površine		
			1%	5%	10%	1%	5%	10%
Afrika	101 130	724	101	506	1 011	167 165	835 824	1 671 648
Bliski Istok i Azija	115 621	2 041	116	578	1 156	128 691	643 456	1 286 911
Europa	20 424	1 082	20	102	204	19 574	97 868	195 736
Sjeverna Amerika	126 017	2 248	126	630	1 260	140 815	704 076	1 408 153
Australija i Oceanija	4 991	254	5	25	50	6 713	33 565	67 131
Južna Amerika	36 271	299	36	181	363	58 151	290 753	581 507
Ukupno	404 454	6 648	404	2 022	4 044	521 109	2 605 542	5 211 086

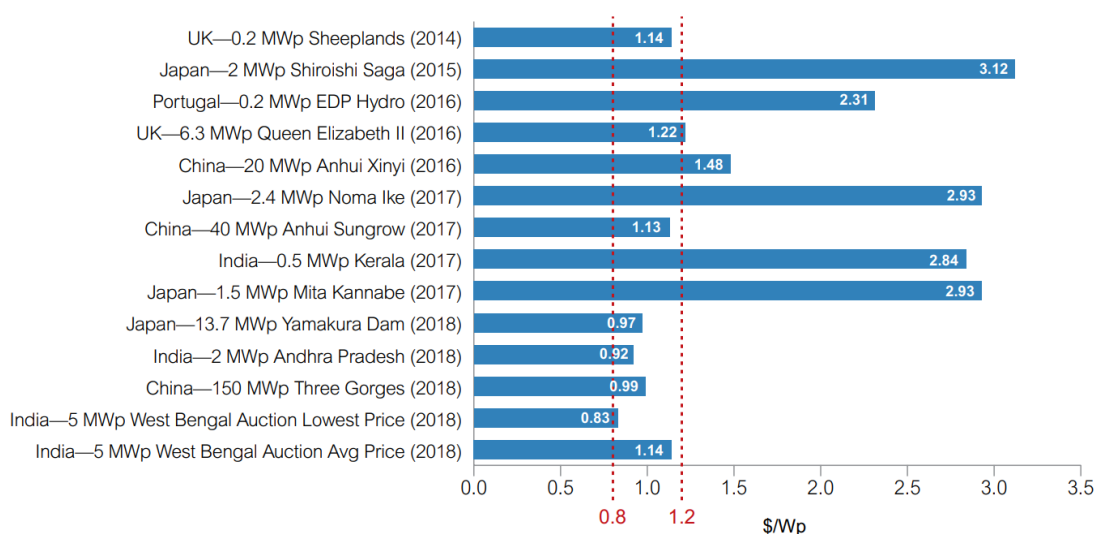
Pregledom tablice 13 vidljivo je da iskorištavanjem potpunog potencijala FPV na svijetu se može dobiti velika količina energije.

Tablica 14. SWOT analiza FPV

UNUTARNJI UTJECAJ	SNAGA	SLABOST
	• Veća efikasnost • Veća izdržljivost i trajnost • Smanjivanje evaporacije vode • Smanjuje rast algi • Ponton može biti napravljen iz recikliranog materijala • Brzo postavljanje	• Potrebno je održavanje sustava • Osjetljivost na koroziju • Osjetljivost na vodene mijene i vremenske uvijete • Smanjeno prodiranje sunca, što ima utjecaj na ekosustav • Manjak informacija i educiranosti
VANJSKI UTJECAJ	PRILIKA	PRIJETNJA
	• Veliki broj inovacija • Poticanje OIE • Razvitak industrije • Uštede u najmu zemljišta • Mogućnost instalacije hibridnog sustava sa hidroelektranama [51]	• Mogućnost ne slaganja lokalne zajednice • Smanjena mogućnost ribolova i aktivnosti na vodenoj površini, ovisno o mjestu postavljanja

Analizom solarnih sustava postavljenih na zemlji (Tablica 8) i FPV vidljive su značajne prednosti FPV prije svega pri instalaciji i povećanoj efikasnosti sustava. Prema istraživanjima

efikasnost FPV-a veća je od 1,5% do 22% u odnosu na solarnih sustava postavljenih na zemlji. [52] Usporedbom podataka pokazano je da do povećanja efikasnosti dolazi do konstantnog hlađenja zbog blizine vode [52]. Prema podacima iz 2018. godina cijena investicije u FPV iznosila je između 0,8 i 1,2 \$/Wp, čime se pokazuje da je instalacijska cijena FPV nešto viša od investicije u solarne sustave postavljenih na zemlji, a do razlike u cijeni dolazi zbog skuplje instalacijske opreme (sustav pontona, sustav usidrenja, skuplja elektroinstalacijska oprema). [51]. Slika 3 pokazuje usporedno kretanje investicijskih troškova od 2014. do 2018. godine.



Slika 3. Usporedno kretanje cijena FPV [51]

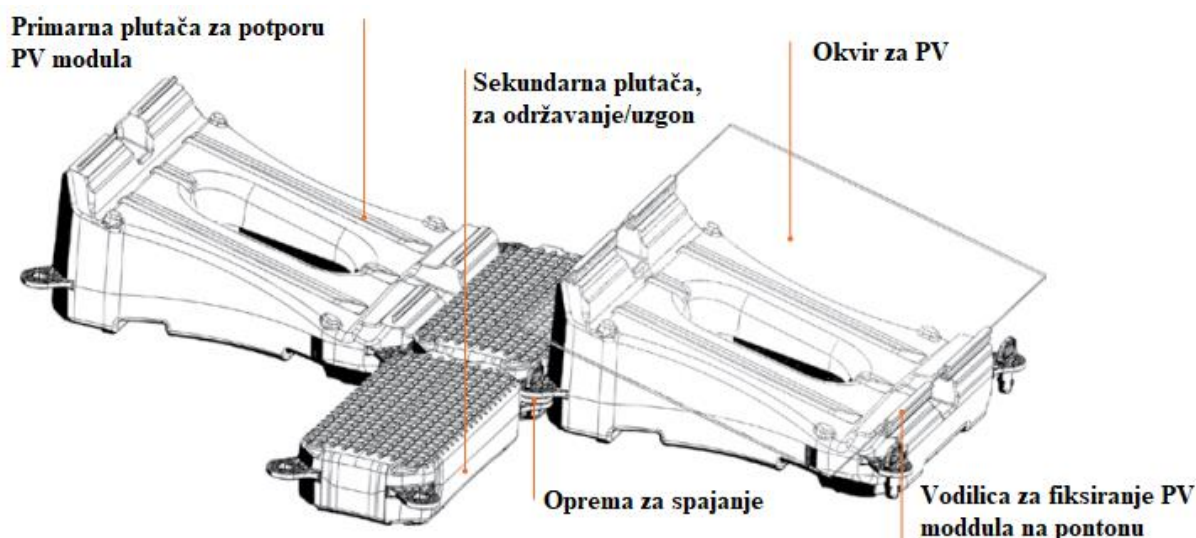
Projektiranje FPV može se podijeliti u dvije kategorije, prva kategorija je instalacija ispod 5 MWp, a druga iznad 5 MWp. Instalacija FPV jako je jednostavna i svodi se na spajanje cijelog sustava na zemlji i potrebno ga je samo porinut na vodenu površinu gdje se osigurava sidrenjem. Ovakav princip instalacije vremenski je povoljan [51].

Jedna od najvećih prednosti FPV je smanjenje evaporacije zbog pokrivenosti površine. Iako je to prednost, mjerenje količine isparene vode je teško zbog toga što FPV pokrivaju samo dio ukupne vodene površine. Održavanje kvalitete pitke vode bitna je stavka kod postavljanja FPV. Iako istraživanja pokazuju da FPV ne narušava kvalitetu vode potrebno je prije postavljanja napraviti analizu utjecaja FPV-a na kvalitetu vode. Pokrivanjem velikih površina rezultirat će smanjenjem rasta algi, ali može dovesti i do manje prodora sunčeve svjetlosti što može narušiti ekosustav vodene površine [51]. Stoga je potrebno provesti analizu utjecaja na okoliš.

5.1. Tehnologija potrebna za instalaciju FPV

5.1.1. Pontoni

Kako bi se omogućilo plutanje solarnih panela, potrebno je postavljanje pontonskog sustava. Odabrani pontoni za idejno rješenje su Hydrelion floats, dizajnirani od Ciel & Terre International. Vidljivo na slici 4.



Slika 4. Prikaz pontona sa dijelovima [51]

Prednost ovih pontona je jednostavno sklapanje i instalacija. Konstrukcija posjeduje mali broj metalnih dijelova što ju čini lakšom i manje osjetljivom na koroziju. Cijeli sustav nije osjetljiv na prašinu, ali privlači veliki broj ptica koje otežavaju održavanje. Prilikom promjena razine vode ponton se prilagođava strujanju. Materijal korišten za izradu ovih pontona je polietilen (HDPE) koji je UV i korozijski otporan, a izrađen je tehnologijom modeliranja upuhivanjem. Velika mana ovih pontona je blizina vodenoj površini, odnosno ne dovoljna debljina i mali kut nagiba [51]. Pri instalaciji na Vranskom jezeru potrebno bi bilo zatražiti novi dizajn kako bi se povećao kut nagiba što bi dodatno povećalo cijenu.

5.1.2. Sidrište

Vodne površine čine nestabilne sustave s konstantnom promjenom gibanja, što uzrokuje gibanje konstrukcije sustava. Dobrim sidrenjem sustava minimalizira se utjecaj ponašanja površine vode na tehnologiju. Garancija sidrišta mora biti propisana na najmanje 25 godina [51].

5.1.3. Električne instalacije

Električne instalacije ključne su kod ove tehnologije. Električna energija koja se prikuplja u solarnim panelima je istosmjerna, te je potrebno koristiti invertore za pretvorbu iz istosmjerne u izmjeničnu električnu energiju. Inverteri se postavljaju prema instaliranom sustavu, a mogu biti centralni inverteri i žičani inverteri. Financijski gledano žičani inverteri su skuplji, ali ako dođe do kvara na sustavu samo zahvaćeni dio će stati sa radom. Kako bi se smanjili otporni gubici preporuča se invertore postavljati na pontonima i to na rubove kako bi njihovo održavanje bilo što lakše. Pontoni na koje se postavljaju inverteri moraju moći podnijeti težinu invertera i biti otporni na koroziju [51]. Za analizu je korišten inverter ABB, PVS-175-TL [53].

5.1.4. Solarni paneli

Za analizu je korišten Solvis solarni paneli, model SV72-340 [54]

5.2. Primjeri u svijetu

5.2.1. Albanija

Norveška firma započela je gradnju FPV na Hidroelektrani Banja. Vrijednost investicije je 2 milijuna eura. Snaga koja se u početnoj fazi planira instalirati iznositi će 2 MW, krajnji cilj je instalacija 12,9 MW FPV [51].

5.2.2. Narodna Republika Bangladeš

Planirana izgradnja dva sustava FPV, snaga jednog sustava iznositi će oko 50 MW. Lokacija projekta planira se na Kaptai jezeru [51].

5.2.3. Kraljevina Belgija

Prvi projekt realiziran u Belgiji snage je 998 kWp, instalacija je izvršena 2018. godine. Veliki potencijal postavljanja FPV u Belgiji navodi na razmatranja novih projekata od kojih je jedan postavljanje FPV u Sjeverno more [51].

5.2.4. Savezna Republika Brazil

Prvi instalirani projekt u Brazilu, 2017. godine, iznosio je 305 kWp. Različiti klimatski uvjeti koji vladaju u Brazilu daju mogućnost instalacije FPV u različitim klimama. Konačna instalirana snaga iz dva nova projekta iznosi 4,99 MWp [51].

5.2.5. Kraljevina Kambodža

Prvi sustav razvijen u Kambodži snage je 2,8 MWp, sustav je postavljen 2018. godine na hidroelektrani snage 400 MW [51].

5.2.6. Narodna Republika Kina

Kina je jedna od vodećih zemalja pri postavljanju FPV. Mnogobrojni pilot projekti javljaju se 2016. godine, do prosinca 2018. godine instalirana snaga FPV iznosila je 950 MWp. Najveća koncentracija projekata nalazi se u Anhui provinciji [51].

5.2.7. Republika Kolumbija

Prvi instalirani sustav 2018. godine snage je 99 kWp. Lokacija instalacije je Peñol-Guatapé [51].

5.2.8. Republika Francuska

Projekt instaliran u Francuskoj imena je O'MEGA 1, instalirane snage 17 MWp. Lokacija instalacije je u bivšem kamenolomskom jezeru. Osim ovog projekta postoje idejni projekti razvijani od Hautes Alpe i Bouches-du-Rhône regija [51].

5.2.9. Republika Indija

Prema istraživanjima Indija pokazuje veliki potencijal za instaliranje FPV, ukupna snaga hidroelektrana u Indiji iznos 44 GW. Ukupna površina hidroelektrana stvara potencijal za instalaciju FPV, najveći FPV sustav iznosi 2 MWp na Mudsaelova hidroelektrani, projektni plan iskorištenja Meghadrigedda hidroelektrana je postavljanje 15 MWp. Najveći plan dan od Nacionalne Hidroelektrične kopanije je postavljanje 600 MWp na Koyna hidroelektranu [51].

5.2.10. Republika Indonezija

Indonezija pokazuje veliki potencijal za instalaciju FPV. Prema podacima u državi postoji 60 rezervoara na koje je moguće postaviti FPV [51].

5.2.11. Republika Italija

Najveća instalirana snaga je 343 kWp instalirana u Savonskoj provinciji [51].

5.2.12. Japan

Japan je među pravima započeo sa instalacijom FPV, prvi instalirani FPV sustav bio je 2007. godine. Razvitkom sustava prema procjenama do 2018. godine u Japanu je instalirano ukupno 180 MWp snage. Japan ima veliki potencijal za daljnju instalaciju FPV [51].

5.2.13. Laoska Narodna Demokratska Republika

Japanska kompanija planira izgradnju 14 MWp FPV, postoje i drugi planovi koji pokazuju mogućnost instalacije dodatnih FPV u kogeneraciji sa hidroelektranom [51].

5.2.14. Malezija

Malezijski potencijal za instalaciju pokazao se na 78 jezera. Najveći planirani projekt iznosit će 48 MWp, za koji je investicija procijenjena 90 milijuna američkih dolara [51].

5.2.15. Republika Maldivi

Prvi projekt instaliran je 2014. godine, instaliraju se male snage kako bi sustav bio u kogeneraciji sa panelima sustavima na krovu. Ukupna snaga koja je instalirana 2018. godine na osam različitih platformi iznosi 200 kWp. Kako bi se ostvario cilj postizanja energetske tranzicije i odmicanja od sustava pogonjenih na fosila goriva, vlada 2019. godine donosi idejni projekt izgradnje 5 MW solarnih sustava [51].

5.2.16. Nizozemska

Nizozemska pokazuje izvanredni potencijal postavljanja FPV, sa svojih 52000 hektara plitke vode. Krajnji cilj je promicanje i instalacija FPV, kako bi se do 2023. godine postigla ukupna instalacija od 2 GWp [51].

5.2.17. Panama

Ukupna instalirana snaga 2017. godine bila je 24 kWp na Gatun jezeru [51].

5.2.18. Portugal

Projekt instaliran u Portugalu snage 220 kWp na površini 2500 m². Problem na koji se naišlo prilikom izrade projekta bilo je sidrište, zbog dubine rezervoara veće od 60 metara [51].

5.2.19. Sejšeli

Najavljen je prvi projekt na otoku Mahé 2018. godine veličine 4 MW [51].

5.2.20. Singapur

Postavljen 2016. godine Singapur ima najveći sustav od 1 MWp na lokaciji Tengeh rezervoara. Projekt služi kao laboratorij za proučavanje ponašanja FPV, količine vode koja je sačuvana od evaporacije i daje mogućnost usporedbe sa krovnim panelima. Cijeli sustav prati više od 500 parametara. Prema podacima Singapur pokazuje veliki potencijal pri izgradnji FPV unatoč svojoj ograničenoj površini. Ukupna dostatna površina iznosi 8% ukupne površine. Provođe se ispitivanja za nove projekte koja bi mogli imati instalacijsku snagu od 100 MWp [51].

5.2.21. Republika Koreja

Republika Koreja sa Japanom jedna je od prvih zemalja koje su se odlučile instalaciji FPV. Prema podacima iz prosinca 2018. godina ukupno je instalirano više od 75 MWp. Veliki potencijal vidi se u postavljanju FPV u potopljene bivše rudnike, 90% svih Rudnika u Republici Koreji je zatvoreno. Najveći projekt izvan Kine postavljen u Koreji snage 18,7 MWp [51].

5.2.22. Sri Lanka

Prvi projekt predstavljen je u ožujku 2017. godine u Maduru Oya rezervoaru veličine 100 MW. Površina ovog sustava pokrila bi samo 4% ukupne površine [51].

5.2.23. Tajvan

Zbog zakonodavnih okvira i ograničene kopnene površine Tajvan ima veliku mogućnost postavljanja FPV. Vodena površina na koju je moguće postavljati FPV, većinu godine

pogođena je naglim i jakim vremenskim promjenama što predstavlja problem postavljanja FPV. Projekti koji su najavljeni velikih su snaga, jedan od projekata najavljen 2018. godine snage je 320 MW [51].

5.2.24. Kraljevina Tajland

Tajland pokazuje potencijal za izgradnju FPV, predstavljena su dva planirana projekta veličine 45 MW i 24 MW [51].

5.2.25. Ukrajina

Prema istraživanju i predstavljanju idejnih projekata, FPV sustav planira se graditi na rijeci Dnjepar, veličine 300 MWp u kogeneraciji sa 1 GWp energije vjetra [51].

5.2.26. Ujedinjeno Kraljevstvo Velike Britanije i Sjeverne Irske

Raspoloživost kopnene površine je mala, Ujedinjeno Kraljevstvo zbog toga traži mogućnosti postavljanja FPV. Prema podacima, najveće Europski sustav FPV nalazi se na Queen Elizabeth II rezervoaru, veličine 6,3 MWp. Ujedinjeno kraljevstvo ima još dva projekta veličine 2,99MWp i 12 MWp [51].

5.2.27. Sjedinjene Američke Države

Prvi FPV sustav postavljen je 2008. godine snage 175 kWp, veličina sustava je 994 panela. Prema podacima, 2016. godine postavljen je sustav 4,4 MWp, planirana je gradnja još par projekata veličine 12,5 MWp i 5,3 MW [51].

5.2.28. Socijalistička Republika Vijetnam

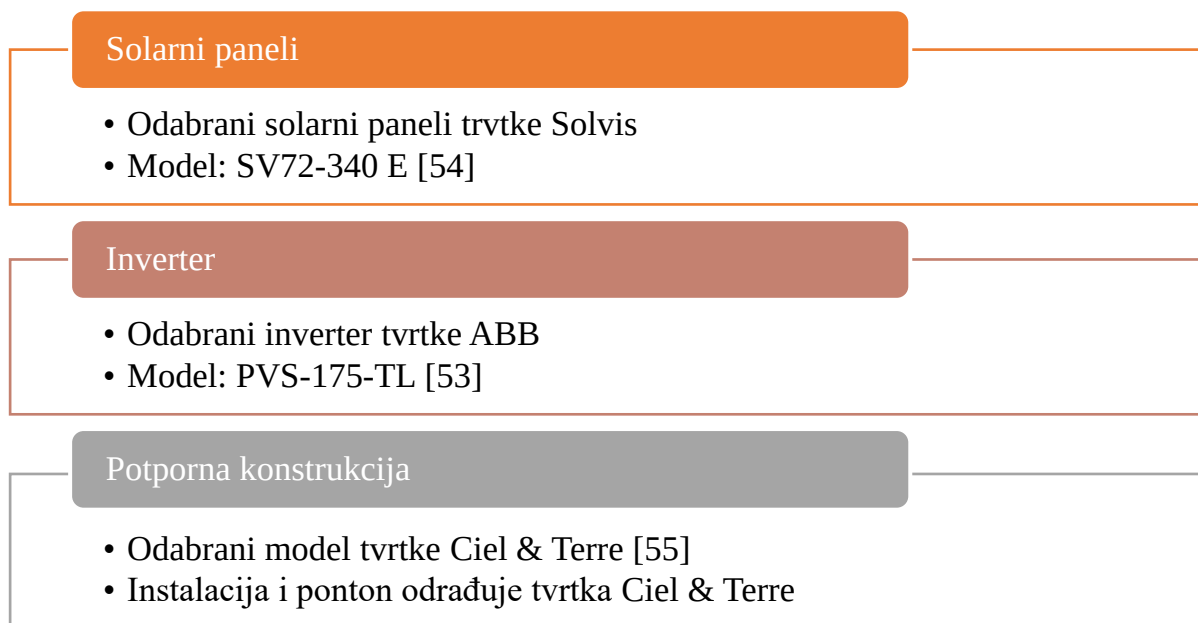
Poticanjem energetske tranzicije i velike vodene površine Vijetnam ima u planu izgradnju FPV projekata veličine 40-50 MWp i 500 MWp, predstavljeno 2017. godine [51].

5.2.29. Ostale države

Prema podacima Republika Gana i Norveška u pregovorima su instalacije FPV [51].

6. RJEŠENJE

Opisani problem ishlapljivanja Vranskog jezera i želja lokalne zajednice za energetsom tranzicijom uzeta je u obzir kod donošenja idejnog rješenja. Optimizacijom i pregledom podataka napravljena su tri scenarija različite veličine instalacije FPV kao i analiza evaporacije. Oprema uzeta pri izradi idejnog rješenja prikazana je slikom 5.



Slika 5. Oprema potrebna za instalaciju FPV na Vranskom jezeru, otok Cres

Idejni projekt postavljanja FPV na Vranskom jezeru obrađen je kroz tri scenarija, vidljiv u tablici 15, u kojima je ispitan različiti tip financiranja projekta. Prvi tip financiranja projekta je punim kreditom, dok drugi tip djelomično sufinanciran iz Europskih fondova.

Troškovnik sva tri scenarija podijeljen je u podskupine troškova instalacija, troškova transporta opreme, elektro troškova i troškova solarnih panela, a u ukupni trošak uračunata je i naknada za troškove održavanja od 3% od ukupne investicije godišnje i naknada za konzultantske i projektantske usluge od 5% od ukupne investicije projekta.

Za potrebe izračunavanja troškova instalacije, u dogovoru sa mentorom, uzeta je cijena pontona u iznosu od 0,5%, cijena montaže u iznosu od 4%, oprema za instalaciju i pravilan rad 1% i troškovi instalacije 2% od ukupne cijene panela. Određeni postoci uzeti su jednako u sva tri scenarija.

Elektro troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu i troškovi trafostanice dobiveni su od mentora, a trošak invertera preuzet je cijena iz kataloga [53]. Broj invertera potrebnih za sustav određuje se prema instaliranoj snazi solarnih panela [56]. Određeni postoci uzeti su jednako u sva tri scenarija.

Troškovi transporta računati su prema broju prema uzetoj tarifi od 3 €/km. Podaci o prijevozu panela sa brodom uzeti u dogovor sa mentorom i iznose 400 € po kontejneru. Kako bi se odredio broj potrebnih kontejnera uzeta je maksimalna veličina transportnih vozila, koja iznosi 120 m³ [57]. Određeni postoci uzeti su jednako u sva tri scenarija.

Trošak solarnih panela određeni su uz dogovor s mentorom, te im je uzeta prosječna cijena od 0,3 €/Wp. Određeni postoci uzeti su jednako u sva tri scenarija.

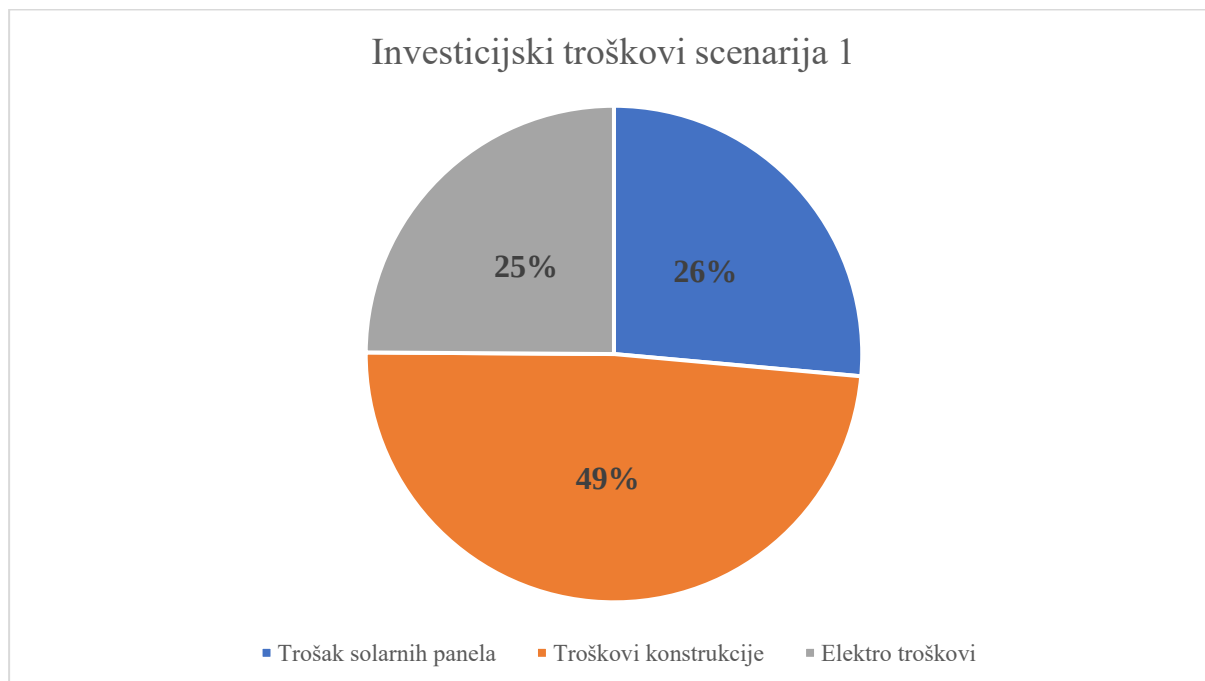
Cijena električne energije uzeta je u iznosu od 0,071 €/kWh i njena promjena ispitana je analizom osjetljivosti.

Tablica 15. Pregled napravljenih scenarija

		Scenarij 1	Scenarij 2	Scenarij 3
Broj panela	/	20 000	6000	349 020
Instalirana snaga	MWp	6,8	2,04	118,66
Ukupna površina instalacije	km ²	0,102	0,0306	1,78
Cijena investicije	€	7 704 349,46	1 590 524,28	134 556 532,93

6.1. Scenarij 1

Prema postavljenim investicijskim troškovima iz podataka je vidljivo da trošak solarnih panela iznosi 26,48% troška ukupne investicije, troškovi konstrukcije iznose 45,09% troška ukupne investicije i elektro troškovi iznose 23,06% ukupne investicije. Odnos postotka pojedinih troškova i ukupne investicije pokazan je Slika 6.



Slika 6. Investicijski troškovi scenarija 1

Prvi način financiranja je kreditom od 25 godina bez sufinanciranja. Podatci dobiveni prema troškovniku prikazani su u tablici 16.

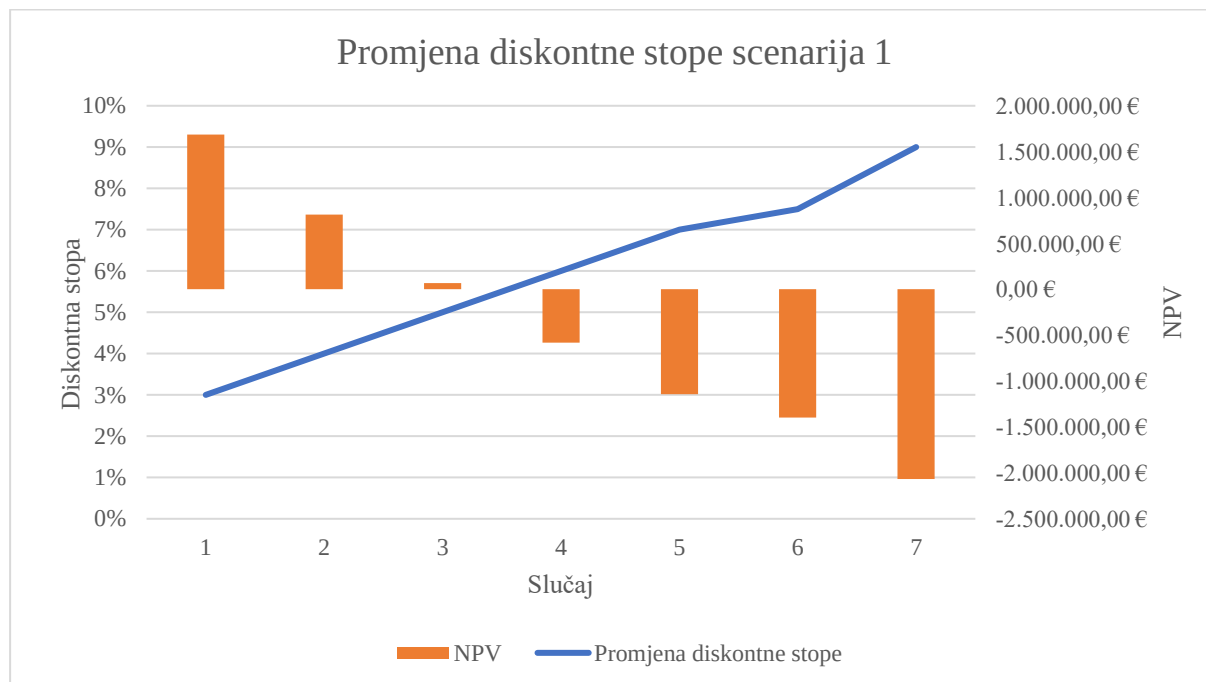
Tablica 16. Investicija scenarij 1

Investicija		
Cijena investicije	7 704 349,46	€
NPV	-580 232,21	€
IRR	5,10 %	/

Dobiveni rezultati pokazuju ako se uzme diskontna stopa od 6% i financiranje kreditom na 25 godina da je čista sadašnja vrijednost (NPV) projekta negativna što ukazuje na neprofitabilnost projekta. Interna stopa prinosa (IRR) manja je od diskontne stope što je također pokazatelj neprofitabilnosti projekta [58].

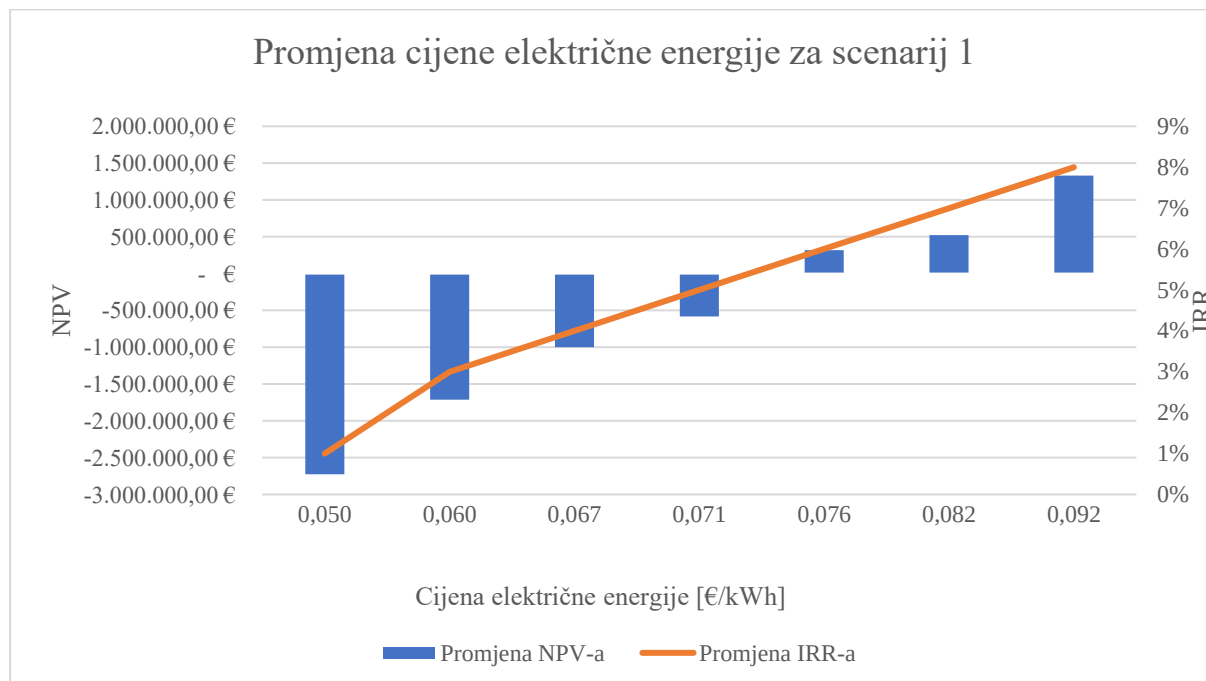
Analiza osjetljivosti jednostavna je metoda koja se koristi za lociranje i procjenu rizika koji mogu utjecati na profitabilnost projekta [59]. Kako bi se procijenio rizik projekta napravljena je analiza osjetljivosti uslijed promjene diskontne stope i promjene cijene električne energije.

Promjenom diskontne stope, prikazano na slici 7, vidljivo je da smanjenjem diskontne stope na sa 6% na 5% rezultira profitabilnošću projekta. Iz slike 7 je vidljivo da rastom diskontne stope dolazi do sve većeg pada NPV-a.



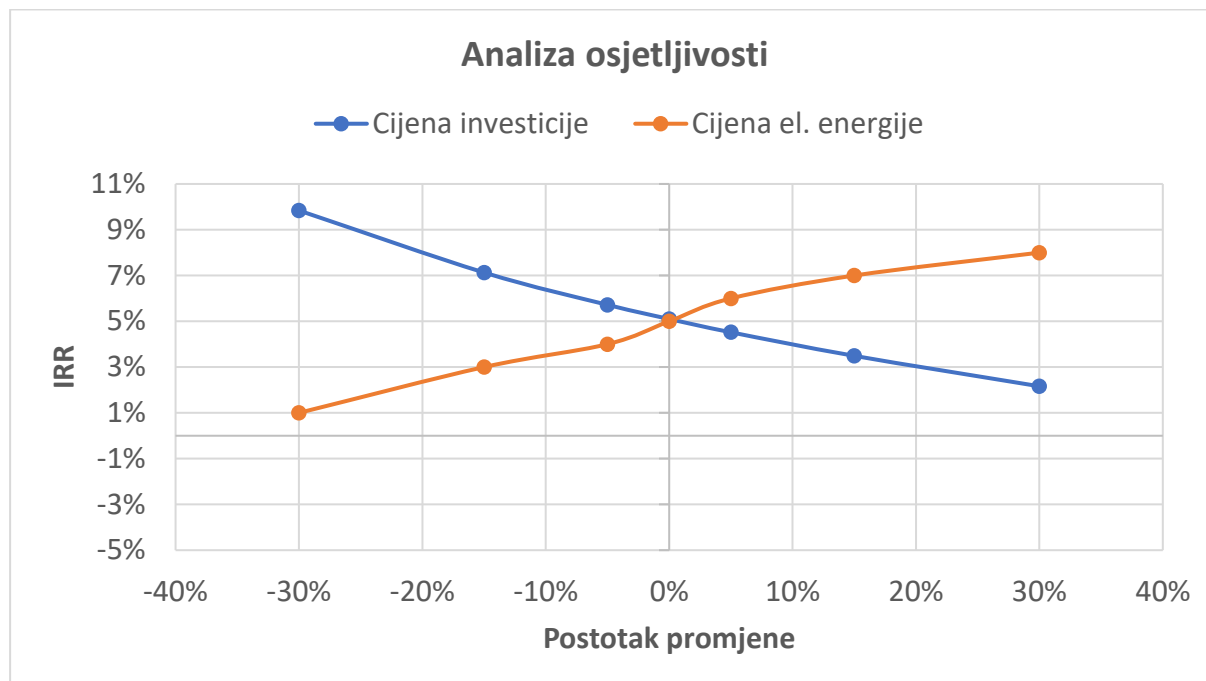
Slika 7. Promjena diskontne stope za scenarij 1

Drugi rizik u projektu predstavlja promjena cijene električne energije, pokazana slikom 8. Pregledom podataka zaključuju se ako dođe do rasta cijena električne energije na 0,08 €/kWh odnosno za 5%, NPV je pozitivan u čemu se vidi isplativost projekta. Svakim daljnjim smanjivanjem cijene električne energije dolazi do pada NPV-a.



Slika 8. Promjena cijene električne energije za scenarij 1

Napravljena je analiza osjetljivosti u kojoj su u obzir uzeti faktori promjene iznosa investicije i cijene električne energije. Postotnom promjenom veličine investicije mijenja se IRR, a što je cijene električne energije manja je IRR veći. Podaci dobiveni analizom pokazani su u grafu na Slika 9.



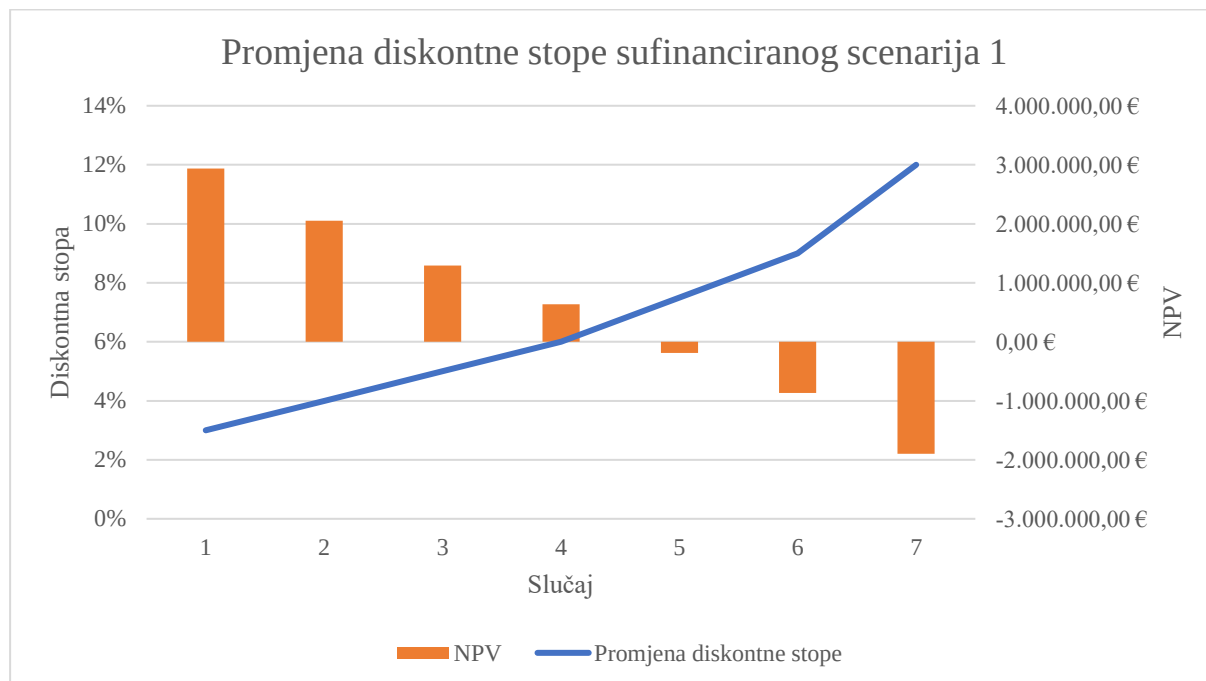
Slika 9. Promjena ukupne investicije scenarija 1

Drugi način financiranja izrađen je pomoću kredita od 25 godina i djelom financiranja pomoću nepovratnih sredstava. Podatci uzeti u analizi prikazani su Tablica 17.

Tablica 17. Sufinanciranje scenarija 1

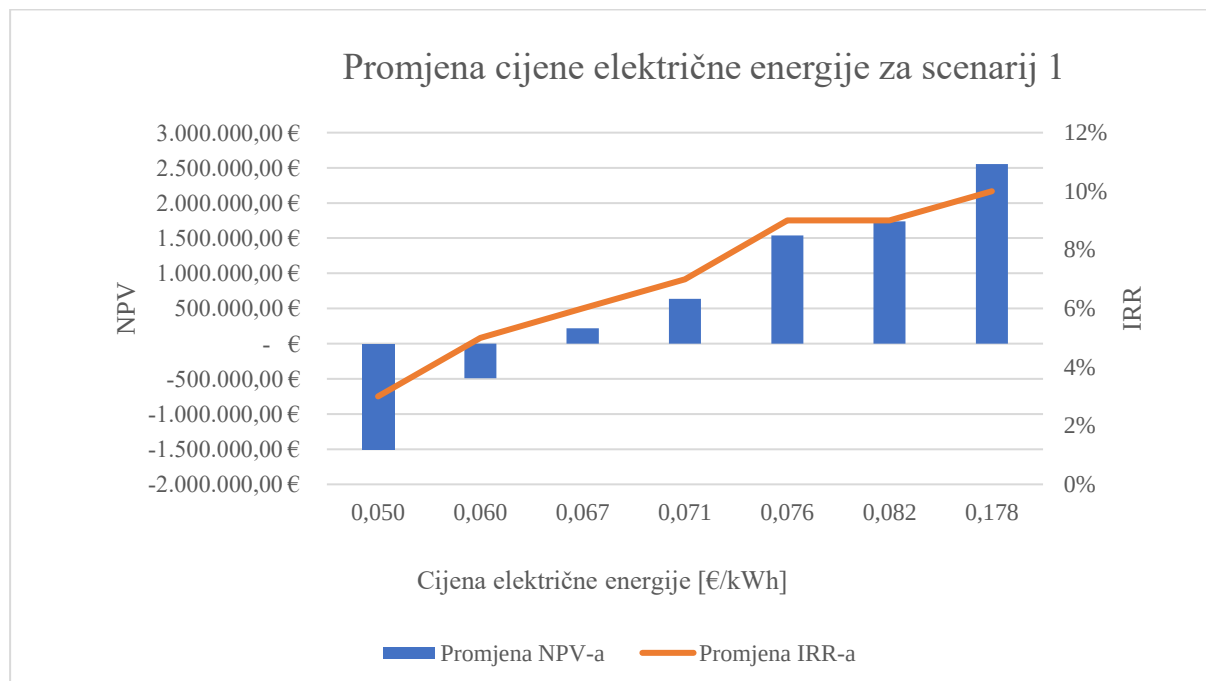
Investicija		
Cijena investicije	7 704 349,46	€
Postotak financiranja iz nepovratnih sredstava	15%	/
NPV	637 875,68	€
IRR	7,13%	/

Tablica 17. pokazuje sufinanciranjem projekta od 15% iz nepovratnih sredstava za rezultat ima pozitivan NPV što pokazuje da je projekt isplativ i da bi se trebalo ulagati u njega. Promjena diskontne stope utječe i na sufinancirani projekt, prema slici 10.



Slika 10. Promjena diskontne stope sufinanciranog scenarija 1

Slika 11 pokazuje promjenu cijene električne energije. Iz prikazanih rezultata vidljivo je da smanjenjem cijene električne energije za 5% (0,067 €/kWh) projekt ostaje profitabilan. Svakim daljnjim smanjivanjem cijene električne energije pada mu profitabilnost. Ovakvim podatkom vidljivo je da ako na tržištu postoji trend pada cijena električne energije i u tome trenutku cijena električne energije iznosi 0,067 €/kWh i manje veliki je rizik ulaganja u projekt.



Slika 11. Promjena cijene električne energije za scenarij 1, sufinanciranog projekta

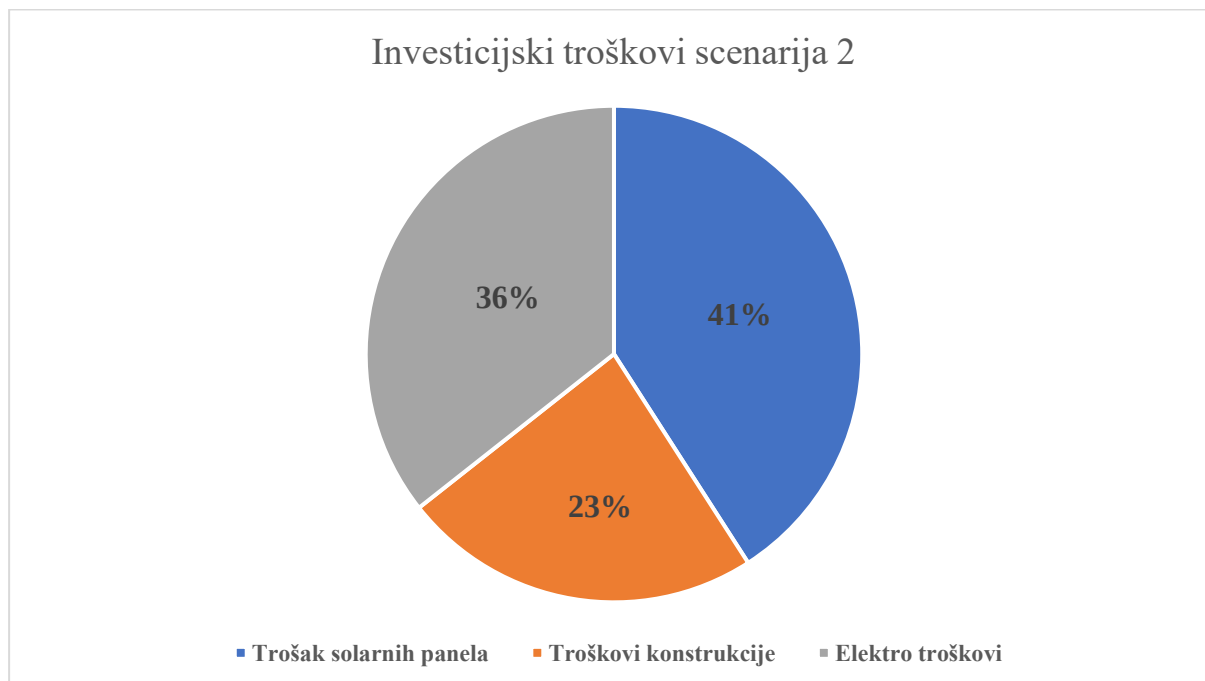
LCOE (engl. *Levelized cost of energy*) je mjera koja nam pokazuje kolika cijena električne energije mora biti da bi NPV od investicije bio jednak nuli [60]. Iz dobivenih podataka vidljivo je kada bi cijena električne energije iznosila 0,077 €/kWh scenarij 1, a za sufinancirani scenarij 0,065 €/kWh.

Tablica 18. Vrijednosti LCOE za scenarij 1

	Cijena električne energije	
LCOE scenarij 1	0,077	€/kWh
LCOE sufinancirani scenarij 1	0,065	€/kWh

6.2. Scenarij 2

Prema postavljenim investicijskim troškovima iz podataka je vidljivo da trošak solarnih panela iznosi 38,48% troška ukupne investicije, troškovi konstrukcije iznose 22,08% troška ukupne investicije i elektro troškovi iznose 33,51% ukupne investicije. Odnos postotka pojedinih troškova i ukupne investicije pokazan je Slika 12.



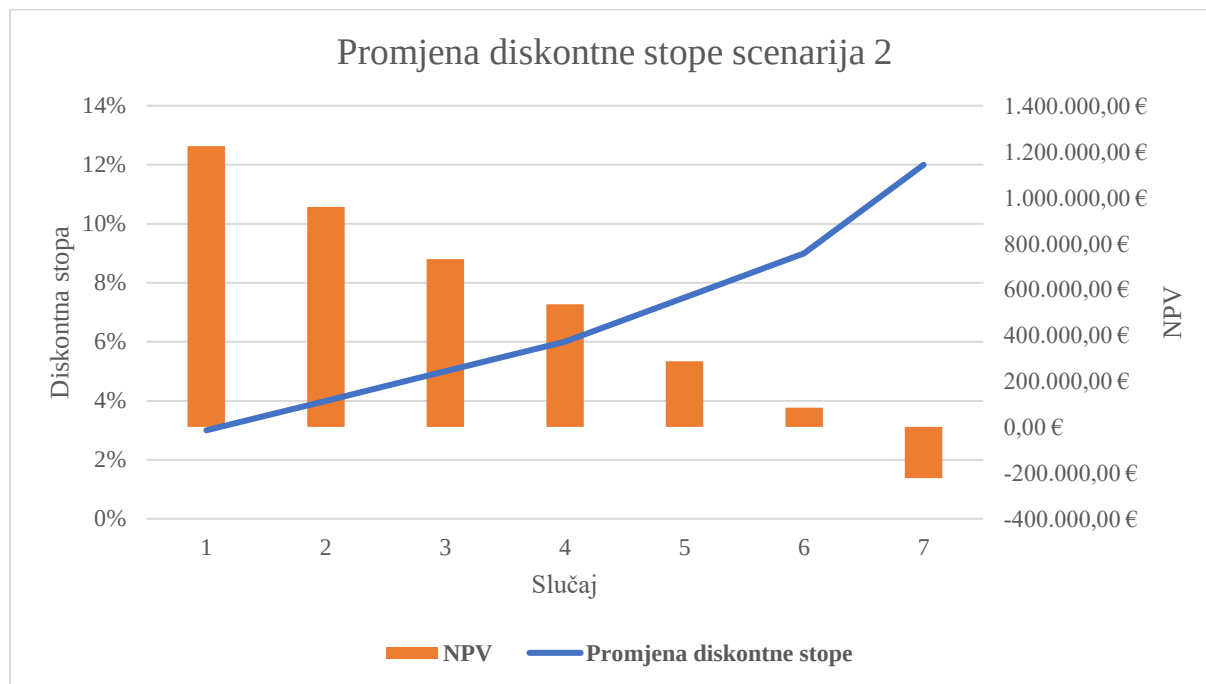
Slika 12. Investicijski troškovi scenarija 2

Prvi način financiranja je kreditom od 25 godina bez sufinanciranja.

Tablica 19. Investicija scenarij 2

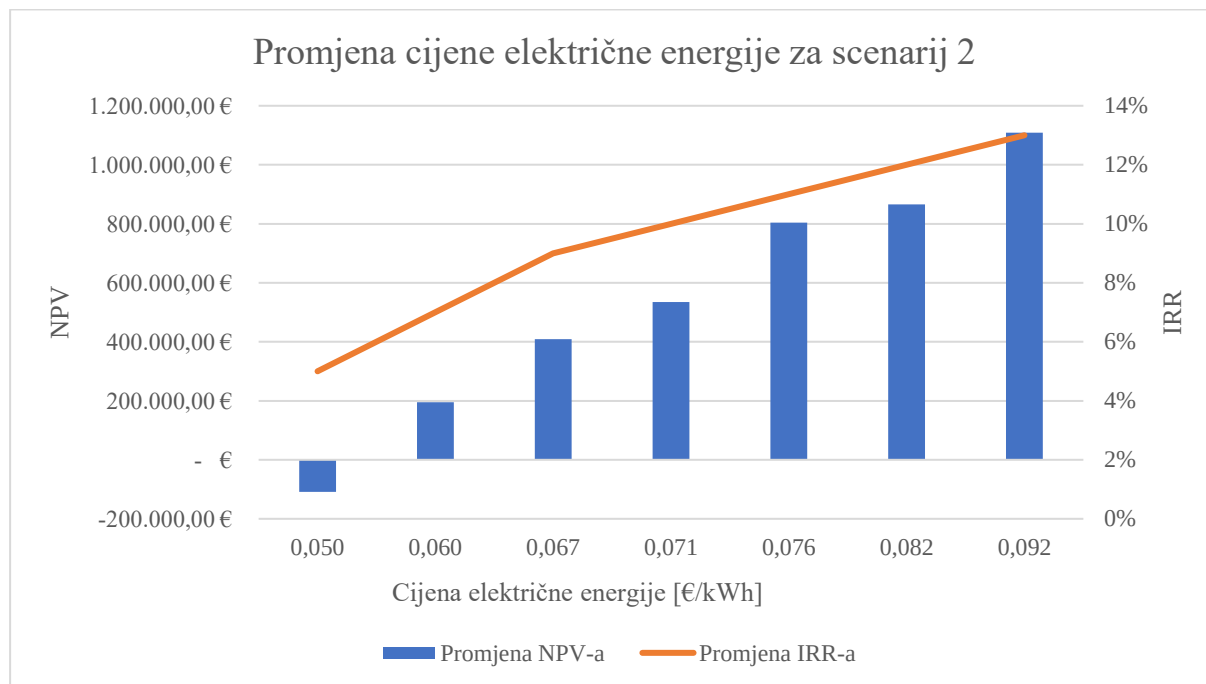
Investicija		
Cijena investicije	1 590 524,28	€
NPV	534 708,63	€
IRR	9,72%	/

Dobiveni rezultati pokazuju da je uzimanjem diskontne stope od 6% i financiranjem kreditom na 25 godina, NPV projekta pozitivan što ukazuje na profitabilnost projekta. IRR je veći od diskontne stope što je još jedan pokazatelj profitabilnosti projekta [59]. Promjenom diskontne stope, prikazano na Slika 13, pokazuje se da ako se diskontna stopa poveća na 9% projekt ostaje profitabilan. Iz Slika 13 vidljivo je što je veća diskontna stopa to je manja isplativost projekta.



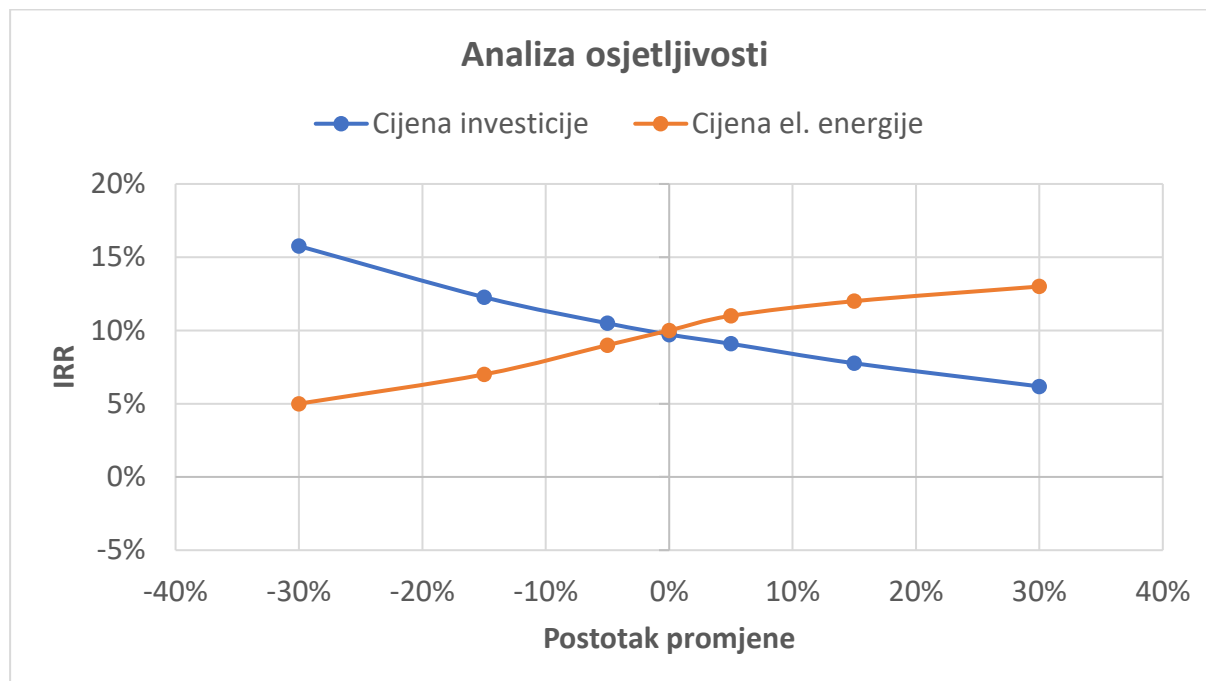
Slika 13. Promjena diskontne stope za scenarij 2

Analizom cijena električne energije, vidljivo na Slika 14, dobiveni su rezultati koji pokazuju profitabilnost projekta i kada se cijena električne energije smanji za 15%. Smanjenjem cijene električne energije za 30% projekt postaje neprofitabilan time se može zaključiti da svakim daljnjim smanjivanjem cijene električne energije profitabilnost pada. Osjetljivost ovog scenarija na promjenu cijene električne energije nije velika odnosno ukoliko u trenutku ulaska u investiciju postoji određeni trend pada cijene električne energije profitabilnost neće biti narušena padom cijene od 30%.



Slika 14. Promjena cijene električne energije za scenarij 2

Napravljena je analiza osjetljivosti u kojoj su u obzir uzeti sljedeći faktori, analiza promjene investicije i cijene električne energije. Postotnom promjenom veličine investicije mijenja se IRR, a što je cijene električne energije manja, IRR poprima veće vrijednosti. Podaci dobiveni analizom pokazani su slikom 14.



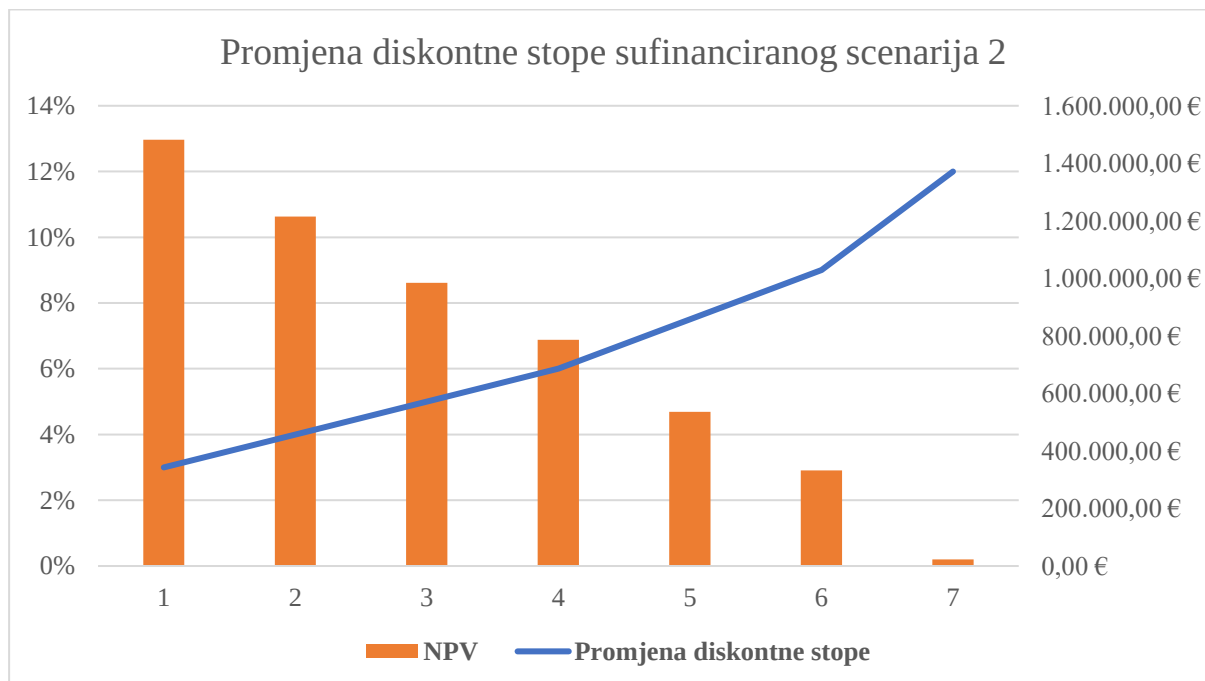
Slika 15. Promjena ukupne investicije scenarija 2

Drugi način financiranja osmišljen je pomoću kredita od 25 godina i djelom financiranja pomoću nepovratnih sredstava.

Tablica 20. Sufinanciranje scenarija 2

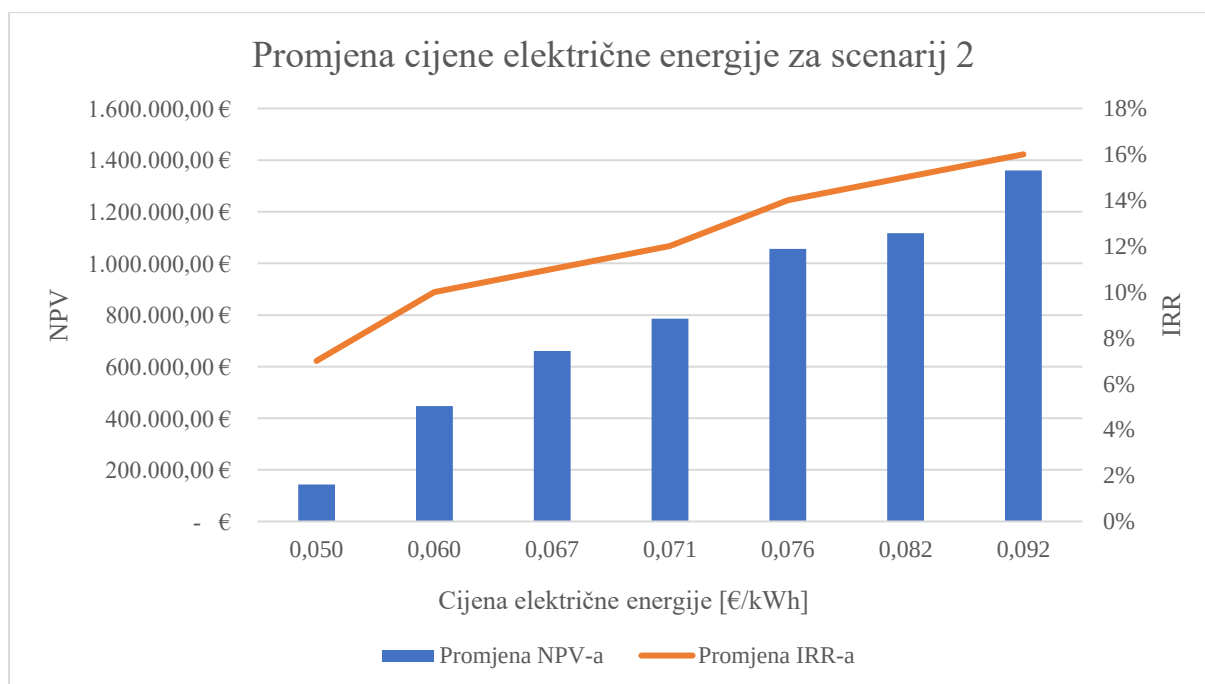
Investicija		
Cijena investicije	1 590 524,28	€
Postotak financiranja iz nepovratnih sredstava	15%	/
NPV	786 180,89	€
IRR	12,27%	/

Dobivenim podacima prikazanim u Tablici 20. vidljivo je da je projekt isplativ. Dobiveni rezultati prikazuju da je projekt isplativ unatoč promjeni diskontne stope, prikazano na Slika 16.



Slika 16. Promjena diskontne stope sufinanciranog scenarija 2

Analizom promjene cijene električne energije za djelomično sufinanciran projekt, Slika 17, može se zaključiti da smanjenjem cijene za 30% projekt ostaje profitabilan što nam ukazuje da projekt ne podliježe riziku promjene cijene električne energije.



Slika 17. Promjena cijene električne energije za scenarij 2, sufinanciranog projekta

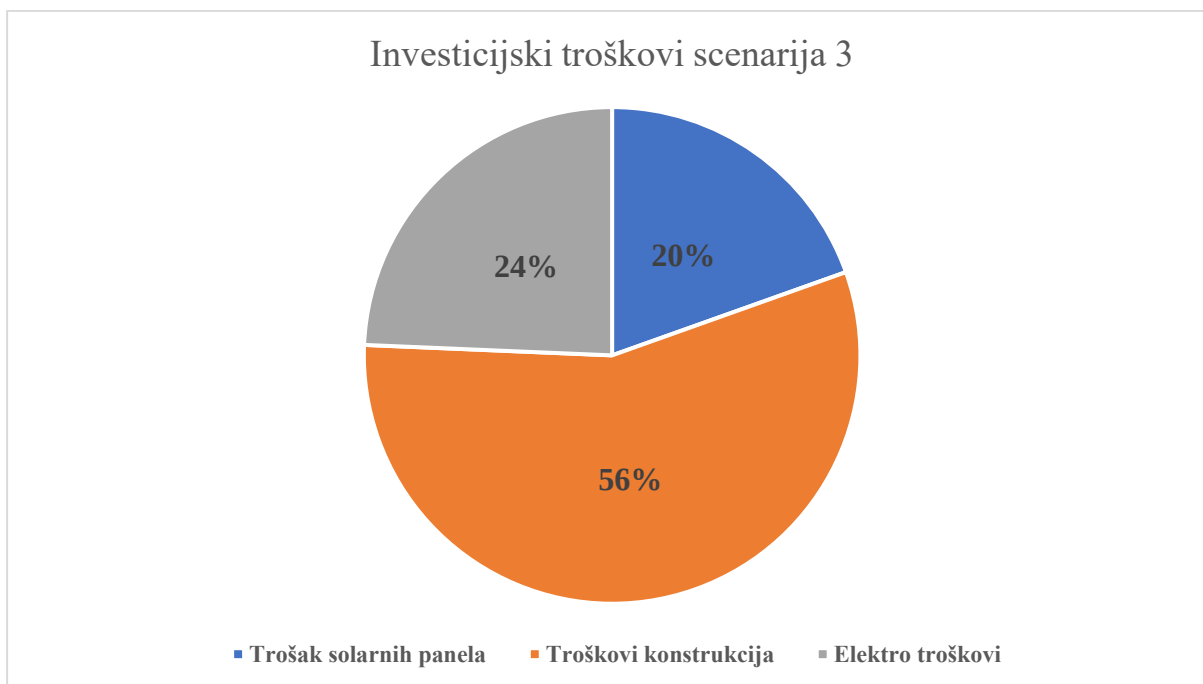
Iz dobivenih podataka, tablica 21, vidljivo je kada bi cijena električne energije iznosila za scenarij 2 0,054 €/kWh, a za sufinancirani scenarij 2 0,045 €/kWh projekt bi na kraju vremenskog perioda vratio uloženu investiciju, uz početne pretpostavke.

Tablica 21. Vrijednost LCOE za scenarij 2

	Cijena električne energije	
LCOE scenarij 2	0,054	€/kWh
LCOE sufinancirani scenarij 2	0,045	€/kWh

6.3. Scenarij 3

Prema postavljenim investicijskim troškovima iz podataka je vidljivo da trošak solarnih panela iznosi 18,52% troška ukupne investicije, troškovi konstrukcije iznose 53,15% troška ukupne investicije i elektro troškovi iznose 23,04% ukupne investicije. Odnos postotka pojedinih troškova i ukupne investicije pokazan je Slika 18.



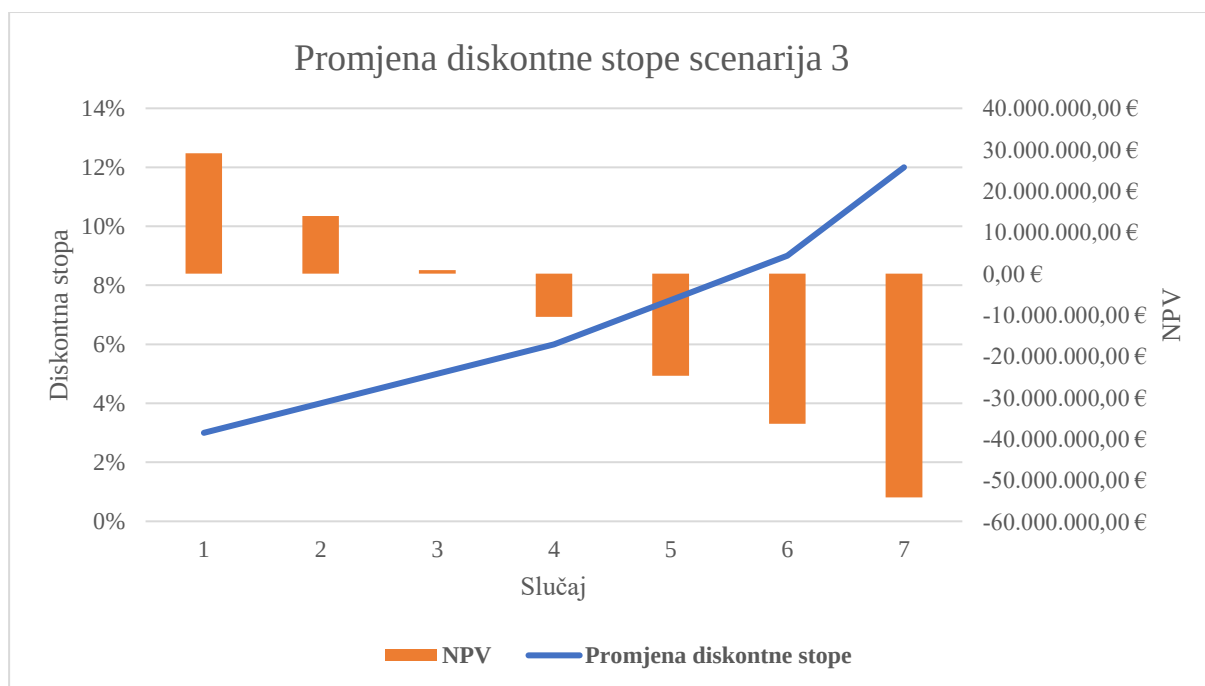
Slika 18. Investicijski troškovi scenarija 3

Prvi način financiranja je kreditom od 25 godina bez sufinanciranja.

Tablica 22. Investicija scenarij 3

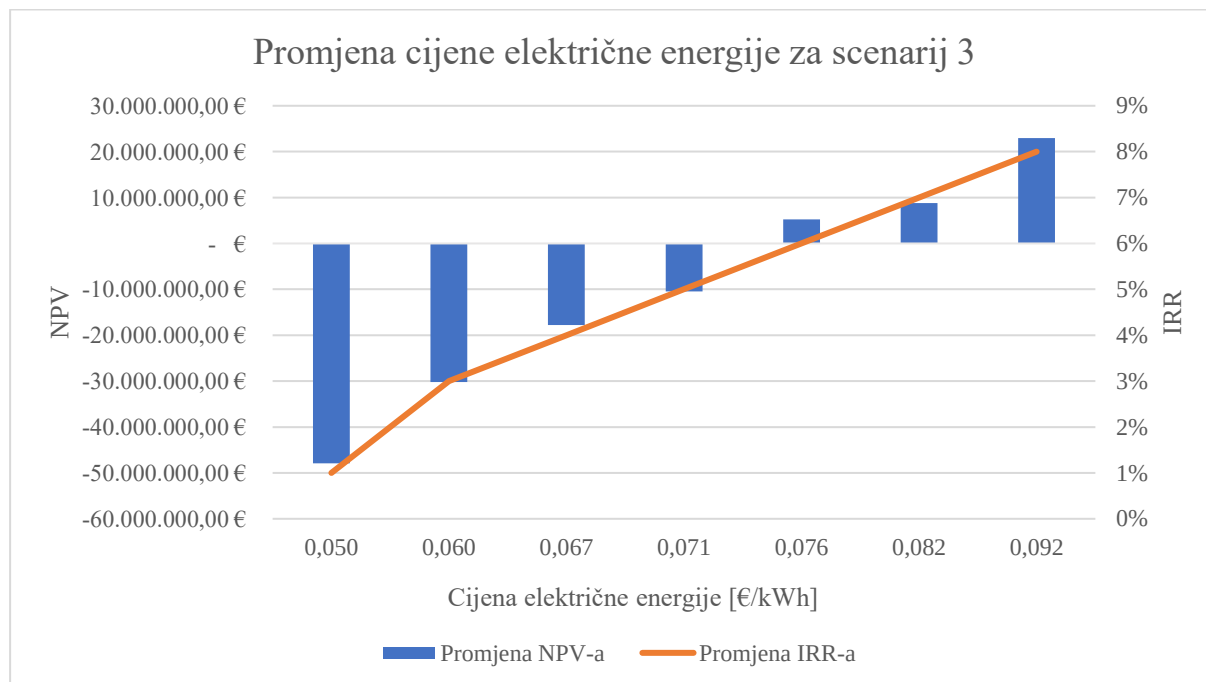
Investicija		
Cijena investicije	134 556 532,93	€
NPV	-10 454 149,43	€
IRR	5,07 %	/

Dobiveni rezultati pokazuju diskontna stopa od 6% i financiranje kreditom na 25 godina rezultiraju negativnim NPV što pokazatelj da projekt nije isplativ. IRR je manji od diskontne stope što je još jedan pokazatelj o neisplativosti projekta [59]. Promjenom diskontne stope, prikazano na slici 19, pokazuje se da ako se diskontna stopa smanji na 5% projekt postaje isplativ.



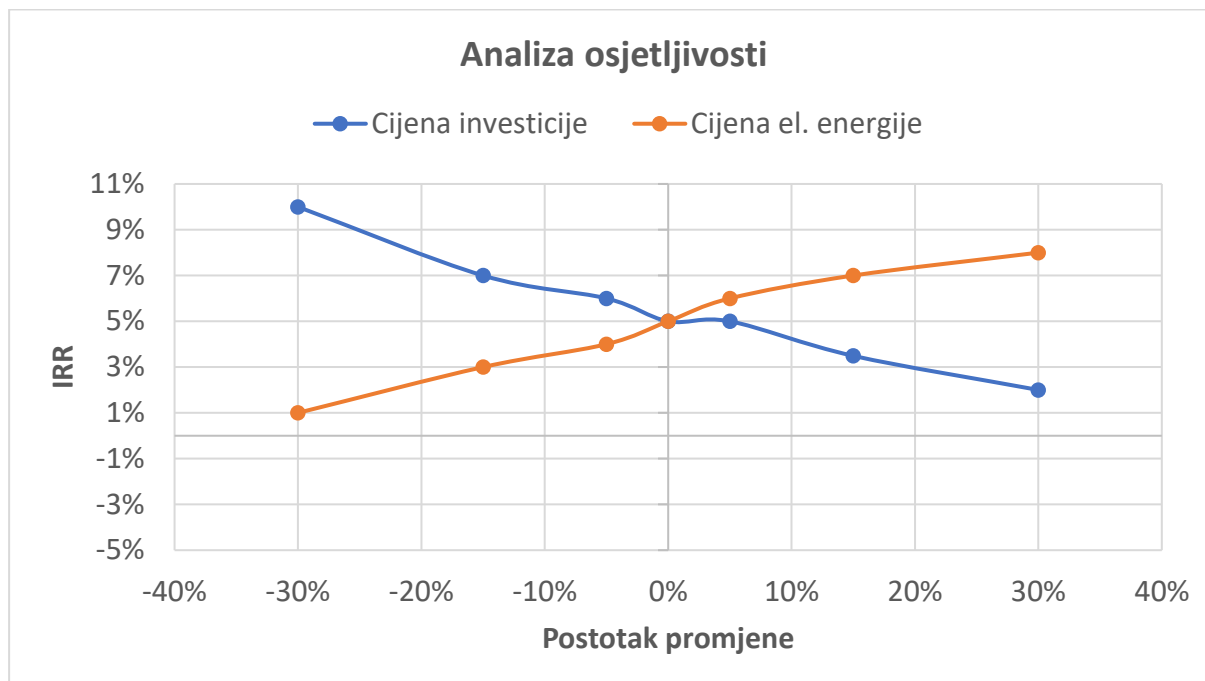
Slika 19. Promjena diskontne stope scenarija 3

Analizom promjene cijene električne energije za scenarij 3, Slika 20, dobiveni podaci pokazuju da povećanjem cijene električne energije za 5% projekt je profitabilan. Takav rezultat pokazuje da bi se u projekt isplatilo investirati ako cijena električne energije naraste na 0,08 €/kWh.



Slika 20. Promjena cijene električne energije za scenarij 3

Napravljena je analiza osjetljivosti u kojoj su u obzir uzeti sljedeći faktori, promjena veličine investicije i cijene električne energije. Postotnom promjenom veličine investicije mijenja se IRR, a što je cijene električne energije manja, IRR poprima veće vrijednosti. Podaci dobiveni analizom pokazani su slikom21.



Slika 21. Promjena ukupne investicije scenarija 3

Prema podacima dobivenim iz LCOE analize vidljivo je da projekt može vratiti investiciju ako cijena električne energije bude 0,077 €/kWh, uz početne pretpostavke.

Tablica 23. Vrijednost LCOE za scenarij 3

	Cijena električne energije	
LCOE scenarij 3	0,077	€/kWh

6.4. Pregled smanjenja evaporacije

Prema navedenim podacima u poglavlju pet napravljana je analiza evaporacije.

Korištena formula za izračun:

$$T_e = \sum_{m=1}^{12} \frac{A_{FPV}}{TSA_m} Evop_m \quad (1) [52]$$

T_e [m³]- godišnja količina isparene vode sa područja prekrivenog FPV

A_{FPV} [m²]- instalacijska površina FPV

TSA_m [m²]- mjesečna površina jezera

$Evop_m [m^3]$ - mjesečna količina isparene vode

Prema podacima iz literature [48] napravljena je procjena mjesečne površine jezera, mjesečna površina jezera ovisi o pritocima, količini oborina i drugim faktorima koji su za potrebe ovoga rada pretpostavljeni jednako u svim mjesecima. Mjesečna količina isparene vode dobivena je također jednakom razdiobom godišnje količine isparene vode. Instalacijska površina dobivena je proračunom kuta nagiba iz PV GIS [61], te je procijenjena udaljenost panela kako bi se ostvarila optimalna količina osvijetljenosti površine panela. Podaci su potom izračunati primjenom formule (1) i vidljivi su u Tablica 24.

Tablica 24. Godišnja količina ishlapljene vode

Te				
	Scenarij 1	Scenarij 2	Scenarij 3	
Ukupno	149593,05	44877,92	2608620,69	m3

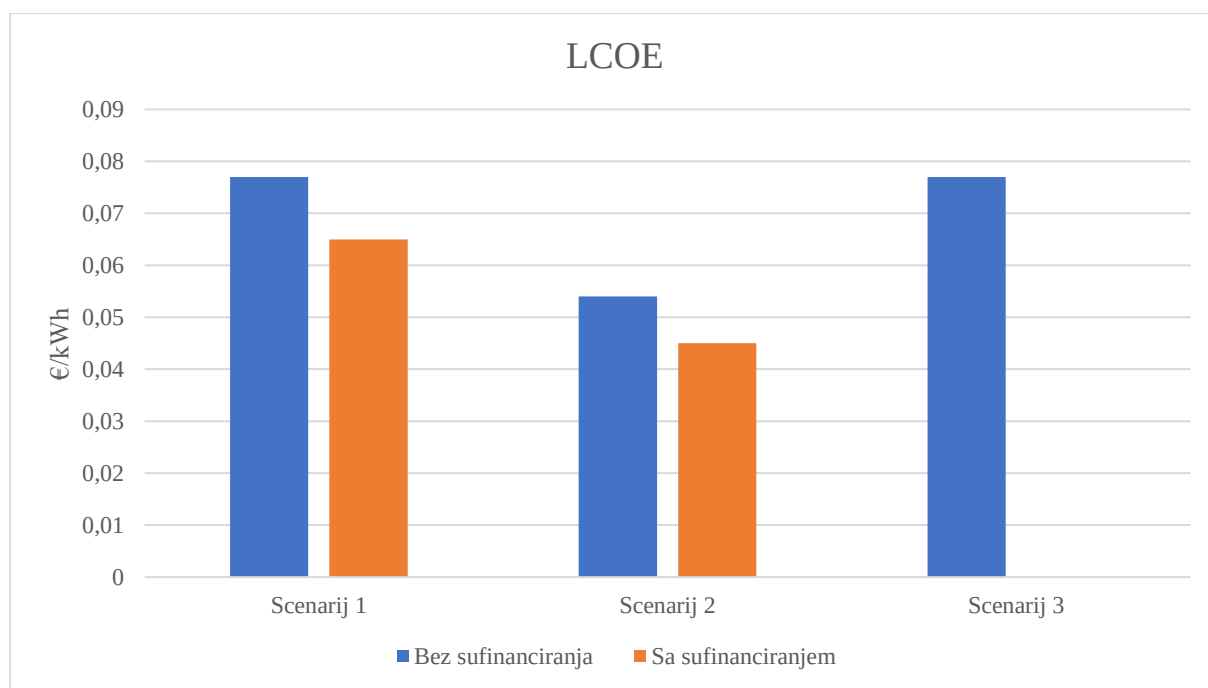
Tablica 25. Postotak smanjenja ishlapljivanja uzrokovana FPV

Postotak smanjenja			
	Scenarij 1	Scenarij 2	Scenarij 3
Ukupno	1,76%	0,53%	31%

6.5. Usporedba scenarija

Prema NPV-u može se primijeniti da scenarij 1 ako nije sufinanciran nije isplativ, iako je njegova instalacija od 6,8 MWp izrazito velika. Sufinanciranjem od 15% iz nepovratnih sredstava projekt postaje isplativ što je vidljivo iz vrijednosti NPV-a i IRR-a koji je veći od diskontne stope od 6%. Velika površina i veliki broj panela rezultira redukcijom evaporacije u iznosu od 1,76%. Scenarij 2 je realni početni scenarij instalirane snage 2,04 MWp. Isplativost ovog scenarija vidljiva je u oba slučaja, neovisno o sufinanciranju projekta. Financijski gledano scenarij 2 pokazuje odlike dobrog projekta, međutim gledano s tehnološke strane smanjenje evaporacije iznosi samo 0,53%. Scenarij 3 je trenutno ne realan scenarij koji nije moguće ostvariti uz potpuno sufinanciranje. Financijski gledano i s gledišta veličine samog projekta

trenutno je ne ostvariv prema zadanim podacima. Napravljenom analizom osjetljivosti može se primijetiti da smanjenjem diskontne stope ili povećanjem cijene električne energije projekt postaje profitabilan. Tehnološki gledano ovaj projekt je odličan, a rezultira smanjenjem evaporacije za 31%. Taj podatak govori da bi se vodostaj jezera povećao, odnosno da bi se stvorile zalihe vode. Realizacija sva tri projekta nije moguća ako se ne provedu dodatna ispitivanja kvalitete vode, stvarne promjene površine jezera i opširna edukacija. Prema brojkama cjevovodni sustav ima velike gubitke stoga ako bi se za realizaciju uzeo scenarij 3 omogućeno bi bilo financiranje popravka cjevovodne mreže ili određeno unaprjeđenje tehnologija izvlačenja pitke vode. Energetski gledan električna energija dobivena putem solarnih panela, može biti korištena za pogon pumpi samog sustava cjevovoda i isto tako može biti prodana u mrežu. Skupni prikaz LCOE vidljiv je slikom 22.



Slika 22. Skupni prikaz LCOE

7. ZAKLJUČAK

Zadatak ovoga rada bio je analizirati korištene tehnologije u razvitku pametnih otoka. Klimatske promjene koje se sve više mogu primijetiti u svakidašnjem životu, predstavljaju problem ne samo otocima nego i cijelom svijetu. Otoci kao odvojene jedinice od kopna suočavaju se s mnogobrojnim problemima očuvanja okoliša i modernizacije postojećih sustava. Korištenjem novih tehnologija koje vode ka energetskej tranziciji otoka. Planiranjem i ulaganjem u nove tehnologije vidljivo je da su otoci u potpunosti spremni svoju energiju dobivati iz OIE.

Tehnologija FPV nova je tehnologija koja ima znatni potencijal. Postavljanje FPV rezultira smanjenom evaporacijom vodenih površina, povećanju efikasnosti solarnih panela, smanjenju rasta algi i prilikom instalacije nije nam potrebna površina na kopnu koja može biti iskorištena za agrikulturu.

Rezultati tehnološko-ekonomske analize pokazuju da je Vransko jezero na otoku Cresu, pogodno za instalaciju FPV. Kako bi instalacija i izvedba projekta bila što točnija potrebno je napraviti ispitivanja promjene površine jezera po mjesecima. Realni scenarij postavljanja je scenarij 2, idealni scenarij postavljanja je scenarij 3. Postavljanjem scenarija 2 došlo bi do prikupljanja podataka o ponašanju vode, efikasnosti solarnih panela i točnom smanjenju evaporacije, čime bi bila omogućena usporedba pretpostavki postavljenih u analizi. Stvarni podaci dobiveni analizom postavljanog scenarija 2 omogućili bi dodatnu nadogradnju FPV.

LITERATURA

- [1] Islands, E. (20.07.2020.) 'Smart Islands Declaration to create smart, inclusive and thriving island societies for an innovative and sustainable Europe New pathways for European Islands'. Available at:
http://www.smartislandsinitiative.eu/pdf/Smart_Islands_Declaration.pdf.
- [2] European Commission (2020) 'Clean energy for EU islands | Energy'. Available at:
<https://euislands.eu/>.
- [3] How_IoT_is_helping_and_changing_our_everyday_life_hr @ ec.europa.eu . Dostupno na:
https://ec.europa.eu/croatia/How_IoT_is_helping_and_changing_our_everyday_life_hr.
- [4] Directorate-General for Energy (European Commission) (2019) 'Clean energy for all Europeans', *Euroheat and Power*, 14(2), p. 3. doi: 10.2833/9937.
- [5] EU (no date) Clean energy EU islands. Dostupno na:
https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/initiatives-and-events/clean-energy-eu-islands_en.
- [6] EU (2019) ANNEX Memorandum of Understanding Implementing the Valletta Political Declaration On Clean Energy for European Union Islands Hereafter 'The Memorandum of Split'. Dostupno na: <https://www.hgk.hr/documents/eu-2020-hrmou-of-split-june-20205ef5a78916b0c.pdf>.
- [7] Friedrich-Ebert-Stiftung (2016) Smart Islands Projects and Strategies: Issued from the 1st European Smart Islands Forum. Dostupno na: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/athen/12860.pdf>.
- [8] Kovačević, D. (2020). 'Analiza spone vodnog i elektroenergetskog sustava otoka Unije', Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, citirano: 16.09.2020., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:985121>

- [9] Oikon d.o.o. (2015) 'Elaborat zaštite okoliša Izgradnja fotonaponske elektrane na otoku Unije'. Dostupan na: https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages//ARHIVA DOKUMENATA/ARHIVA --- OPUO/2015/elaborat_zastite_okolisa_493.pdf.
- [10] 'Strategija razvoja pametnog Grada Krka 2018.-2022. SmartCity Krk' (2018), pp. 1–174. Available at: https://www.grad-krk.hr/sites/default/files/files/smartcity_krk_strategija_razvoja_pametnog_grada_javna_objava_final.pdf.
- [11] Zagreb (2012) 'Interdisciplinarna strategija nulte emisije staklenikih plinova za integrirani održivi razvoj otoka Krka ZAVRŠNO IZVJEŠE'. Available at: <https://www.grad-krk.hr/sites/default/files/datoteke/36/3630fc6b-bfef-4543-b1fa-94670deafdc4.pdf>.
- [12] Otočje, C.-L. (2019) 'Tranzicijski Plan Prema Čistoj Energiji'. Dostupno na: https://euislands.eu/sites/default/files/2019-11/CRESLOSINJ_FinalTransitionAgenda_20191118.pdf.
- [13] EU (2018) 'The definition of the nearly zero-energy building and the Setting of intermediate targets in a National plan pursuant to Article 9 (3) on 2010/31/EU First revision after 5 years'.
- [14] Taliotis, C. and Zachariadis, T. (2015) 'Renewable Energy Roadmap for the Republic of Cyprus', Irena, (January 2015). Dostupno na: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_Cyprus_Roadmap_Report_2015.pdf?la=en&hash=0DE44953BBCDAD451AE75B06F56C5F775808BE23.
- [15] Wikipedia Ålandski otoci. Dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Ålandski_otoci.
- [16] Kiviranta, K. (2019) 'Vision for 100% renewable Åland Islands', (April). Dostupno na: <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201905081626.pdf>.
- [17] Cannistraro, G., Cannistraro, M. and Trovato, G. (2017) 'Islands "smart energy" for eco-sustainable energy a case study "Favignana Island"', International Journal of Heat and Technology, 35(Special Issue 1), pp. S87–S95. doi: 10.18280/ijht.35Sp0112.
- [18] Wikipedia (no date) Otok Gozo. Dostupno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gozo>.

- [19] Gozo, M. for (2009) 'ECO-Gozo, a better Gozo'. Dostupno na: <https://mfin.gov.mt/en/The-Budget/Documents/The Budget 2010/Eco-Gozo.pdf>.
- [20] Wikipedia Canary_Islands. Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Canary_Islands#Economy_and_environment.
- [21] Salvador Suarez, C. I. I. of T. (2018) Electrification of remote and off-grid rural areas: examples in Cape Verde and the Canary. Available at: <https://www.sustainableislandsplatform.org/wp-content/uploads/Case-3-Rural-electrification-and-off-grid-27.06.18.pdf>.
- [22] Wikipedia 'Singapore'. Dostupno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Singapore>.
- [23] By, P. (2018) 'The Great Energy Transition: Challenges and opportunities for transformation', (November). Dostupno na: https://www.ecosperity.sg/content/dam/ecosperity/en/reports/The-Great-Energy-Transition_Challenges-and-opportunities-for-transformation.pdf.
- [24] Renewable, I. and Agency, E. (2013) 'Renewable energy opportunities and challenges in the Pacific Islands region, Tokelau', (August). Dostupno na: <https://www.irena.org/documentdownloads/publications/tokelau.pdf>.
- [25] Power technology Dostupno na: <https://www.power-technology.com/features/featuretokelau-world-first-solar-power-sufficient-nation/>.
- [26] Margaret, R. (2005) 'ICT-information-and-communications-technology-or-technologies @ searchcio.techtarget.com'. Available at: <http://searchcio.techtarget.com/definition/ICT-information-and-communications-technology-or-technologies>.
- [27] 'E-otoci' Dostupno na: http://161.53.160.25/e_otoci.
- [28] Mimica, M. *et al.* (2019) 'Digitalization and smart islands in the Kvarner archipelago', *42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics MIPRO*, p. 6.

- [29] Qian, Y. *et al.* (2019) 'The Internet of Things for Smart Cities: Technologies and Applications', *IEEE Network*, 33(2), pp. 4–5. doi: 10.1109/MNET.2019.8675165.
- [30] European Commission (2018) 'Measuring air pollution with low-cost sensors', *Measuring Air Pollution With Low-Cost Sensors*, 2(13), p. 20. doi: 1234567890.
- [31] 'PRIMARNA_ENERGIJA @ enerpedia.net' (no date). Available at: http://enerpedia.net/index.php/PRIMARNA_ENERGIJA#Obnovljivi_.28tradicionalni.2C_ko_mercijalni_ili_konvencionalni.2C_novi_ili_alternativni.29.
- [32] Majdand, L. (2012) 'Fotonaponski sustavi'. Dostupno na: http://www.irena-istra.hr/uploads/media/Fotonaponski_sustavi.pdf.
- [33] Kovač, A. (2013). 'Proizvodnja vodika elektrolizom vode pomoću Sunčeve energije i fotonaponskog modula', Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, citirano: 15.09.2020., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:099855>
- [34] Enciklopedija.hr (2018) 'Natuknica @ Wwww.Enciklopedija.Hr'. Available at: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=34894>.
- [35] Carnegie Clean Energy (2019) CETO Technology. Dostupno na: <https://www.carnegiece.com/technology/>.
- [36] Stamatakis, E. *et al.* (2010) 'D4.1 swot analysis', pp. 1–27.
- [37] Rainwater harvesting Dostupno na: <https://www.ctc-n.org/technologies/rainwater-harvesting>.
- [38] Mays, L., Antoniou, G. P. and Angelakis, A. N. (2013) 'History of water cisterns: Legacies and lessons', *Water (Switzerland)*, 5(4), pp. 1916–1940. doi: 10.3390/w5041916.
- [39] Wikipedia Terakota. Dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Terakota>.
- [40] Rain Saucers. Dostupno na: <http://rainsaucers.snappages.com/rainsaucers.htm>.
- [41] 'Water boxx'. Dostupno na: www.groasis.com.

- [42] Fluence. Dostupno na: <https://www.fluencecorp.com/rainwater-harvesting-in-caribbean-and-latin-america/>.
- [43] Zhong, X. Z. et al. (2010) 'Monomeric indole alkaloids from the aerial parts of *Catharanthus roseus*', *Yaoxue Xuebao*, 45(4), pp. 471–474. Dostupno na: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.
- [44] Wang, W., Wets, G. and Shen, Y. (2019) 'Electromobility for Green Transportation Systems and Sustainable Environment', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Elsevier, 66(xxxx), pp. 1–2. doi: 10.1016/j.trd.2018.07.020.
- [45] Petrauskiene, K. et al. (2020) 'Situation analysis of policies for electric mobility development: Experience from five european regions', *Sustainability (Switzerland)*, 12(7). doi: 10.3390/su12072935.
- [46] Bonacci, O. (2014) 'Analiza varijacija razine vode jezera Vrana na otoku Cresu', *Hrvatske Vode*, 22(90), pp. 337–346. Dostupno na: https://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_90_2014_337-346_bonacci.pdf.
- [47] Google. Google maps. Dostupno na: <https://maps.google.com/>.
- [48] Institut IGH d.d. (2016) 'SUSTAV ODVODNJE OTPADNIH VODA AGLOMERACIJE CRES, MARTINŠĆICA, MALI LOŠINJ I VELI LOŠINJ za prijavu izgradnje vodno-komunalne infrastrukture'. Dostupno na: https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA DOKUMENATA/ARHIVA OPUO/2016/Aglomeracija_Cres_Elaborat_30_03_2016_9.pdf.
- [49] Užar, J. (2012) 'Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu', *Tehnički glasnik*, 6(2), pp. 213–218.
- [50] Cerinski, V. (2019). 'Energetsko planiranje pametnog otoka Cresa', Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, citirano: 15.09.2020., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:242734>

- [51] World Bank Group, ESMAP, S. E. I. of S. (2019) 'Where Sun Meets Water', Where Sun Meets Water. doi: 10.1596/32804.
- [52] Ates, A. M., Yilmaz, O. S. and Gulgen, F. (2020) 'Using remote sensing to calculate floating photovoltaic technical potential of a dam's surface', *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. Elsevier, 41(May), p. 100799. doi: 10.1016/j.seta.2020.100799.
- [53] bb-pvs-175-tl-sx2 @ www.europe-solarstore.com' (no date). Dostupno na: <https://www.europe-solarstore.com/solar-inverters/abb/abb-pvs-175-tl-sx2.html>.
- [54] 'Solarni paneli Solvis' (no date). https://solvis.hr/wp-content/uploads/2019/04/LQSOLVIS-DS-EN-SV72_E-5BB-1956x992x40-355-345-20190125.pdf
- [55] '@ www.ciel-et-terre.net' (no date). Dostupno na: <https://www.ciel-et-terre.net/hydrelio-floating-solar-technology/anchoring-systems/>.
- [56] 'news.energysage.com' (no date). Dostupno na : <https://news.energysage.com/what-size-solar-inverter-do-i-need/>.
- [57] *Dimenzije kamiona* (no date). Dostupno na: [http://www.ec-logistics.rs/Download/Dimenzije kamiona.pdf](http://www.ec-logistics.rs/Download/Dimenzije_kamiona.pdf).
- [58] 'ENERGETSKA_EKONOMIKA @ enerpedia.net' (no date). Dostupno na: [http://enerpedia.net/index.php/ENERGETSKA_EKONOMIKA#Dobiti i tro.C5.A1kovi projekta](http://enerpedia.net/index.php/ENERGETSKA_EKONOMIKA#Dobiti_i_tro.C5.A1kovi_projekta).
- [59] Puška, A. (2011) 'Analiza Osjetljivosti U Funkciji Investicijskog Odlučivanja', *Praktični menadžment*, 2(2), pp. 80–86. Available at: <https://hrcak.srce.hr/76457>.
- [60] 'Levelized_cost_of_energy @ en.wikipedia.org' (no date). Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Levelized_cost_of_energy.
- [61] 'PV GIS' (no date). Dostupno na: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP.

PRILOZI

I. CD-R disc