

# Energetsko planiranje pametnog otoka Cresa

---

**Cerinski, Viktor**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:242734>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**ZAVRŠNI RAD**

**Viktor Cerinski**

Zagreb, rujan 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor:  
Doc. Dr. Sc. Goran Krajačić

Student:  
Viktor Cerinski

Zagreb, rujan 2019.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, koristeći stečena znanja i vještine tijekom studija uz navedenu literaturu.

Posebno bih se želio zahvaliti svome mentoru Doc. dr. sc. Goranu Krajačiću na pomoći tijekom izrade ovog rada. Također, posebno bih se želio zahvaliti svojoj obitelji koja mi je pružala podršku tijekom cijelog studija i izrade ovog završnog rada.

Viktor Cerinski



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:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Viktor Cerinski** Mat. br.: 0135232134

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Energetsko planiranje pametnog otoka Cresa**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Energy Planning of the Smart Island Cres**

Opis zadatka:

Pametni otoci su inicijativa europskih otočnih zajednica kojom one nastoje osigurati održivi razvoj, ekonomski prosperitet, zaštitu okoliša i sigurnost dobave energije na svojim otocima. Deklaracija o pametnim otocima je potpisana u Bruxellesu u ožujku 2017., a nakon njenog usvajanja, iste godine u svibnju, 14 zemalja EU i Europska komisija usvojili su Deklaraciju o čistoj energiji za sve EU otoke. Obje deklaracije ukazuju na potrebu za naprednim energetske planiranjem otočnih energetskih sustava.

U okviru završnog rada potrebno je napraviti sljedeće:

1. Napraviti analizu Deklaracije o pametnim otocima i Deklaracije o čistoj energiji za sve EU otoke te ukazati na prilike i prijetnje koje se javljaju njihovom implementacijom;
2. Za referentnu godinu analizirati podatke o potrošnji električne energije, ukapljenog naftnog plina, lož ulja i ostalih goriva te procijeniti potrošnju energije na teritoriju grada Cresa uzimajući u obzir broj kućanstava, stanovnika, turističkih noćenja i gospodarsku aktivnost;
3. Za referentnu godinu na istom području analizirati dobavu energije te raspoloživi potencijal za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, kao i mogućnost za skladištenje energije te integraciju različitih mreža (elektroenergetske, vodovodne i toplinske mreže);
4. Koristeći metode opisane u vodiču projekta PRISMI, procijeniti potrošnju energije do 2030. godine te uzimajući u obzir mjere energetske politike EU do 2030. modelirati 3 scenarija razvoja energetskog sustava otoka Cresa EnergyPLAN računalnim programom;
5. Za svaki scenarij iz 4. potrebno je napraviti opis te procijeniti ili proračunati troškove (€), procijeniti uštede ili dodatnu proizvodnju energije iz obnovljivih izvora (MWh), proračunati uvoz i izvoz energije s otoka (MWh), procijeniti smanjenje emisije CO<sub>2</sub> (t) te navesti troškove smanjenja emisije (€/t CO<sub>2</sub>).

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

Zadatak zadan:

29. studenog 2018.

Rok predaje rada:

1. rok: 22. veljače 2019.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.
3. rok: 20. rujna 2019.

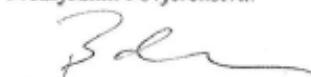
Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 25.2. - 1.3. 2019.
2. rok (izvanredni): 2.7. 2019.
3. rok: 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:

  
Doc. dr. sc. Goran Krajačić

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA.....	III
POPIS TABLICA .....	V
POPIS OZNAKA.....	VI
SAŽETAK .....	VII
SUMARRY.....	VIII
1. Uvod.....	1
1.1 Otok Cres.....	1
1.2 Energetska politika.....	3
1.3 Pametni otoci.....	4
2. Inicijative EU.....	4
2.1 Deklaracija o pametnim otocima.....	5
2.1.1 Razvoj inicijative „Pametni otoci“.....	5
2.1.2 Ciljevi i odluke.....	9
2.2 Deklaracija o čistoj energije za sve EU otoke.....	10
3. Analiza potrošnje energije .....	10
3.1. Analiza energetske potrošnje u sektoru zgradarstva .....	11
3.1.1. Zgrade u javnom vlasništvu .....	12
3.1.2. Stambene zgrade .....	13
3.1.3. Zgrade komercijalnog i uslužnog podsektora .....	15
3.1.4. Zaključak.....	17
3.2. Analiza potrošnje energije u prometnom sektoru .....	18
3.3. Analiza potrošnje energije sustava javne rasvjete.....	20
4. Energetska infrastruktura .....	20
4.1. Elektroenergetska mreža .....	21
4.2. Opskrba plinom .....	22
4.3. Vodoopskrba .....	22

4.4. Gospodarenje otpadom.....	24
4.5. Planirani razvoj infrastrukture otoka Cresa.....	26
5. Tehnologije OIE primjenjive na otoku Cresu.....	27
5.1. Energija Sunca.....	28
5.1.1 Solarna elektrana Orlec – Trinket.....	31
5.2. Energija vjetra.....	31
5.3. Skladištenje energije.....	36
5.3.1. Baterije.....	37
5.3.2. Vodik.....	40
5.3.3. Reverzibilna hidroelektrana.....	42
5.3.4. Skladištenje toplinske energije.....	45
6. Mogući scenariji razvoja pametnog otoka Cresa.....	47
6.1. EnergyPLAN.....	47
6.2. Procjena potrošnje energije do 2030. godine.....	49
6.3. Scenarij Cres_0.....	50
6.4. Scenarij Cres_1.....	54
6.5. Scenarij Cres_2.....	59
6.6. Scenarij Cres_3.....	64
7. Zaključak.....	75
LITERATURA.....	76
DODATAK.....	80

## POPIS SLIKA

Slika 1: Pozicija otoka Cresa [31].....	1
Slika 2: Prvi dio vremenske crte razvoja inicijative "Pametni otoci" .....	6
Slika 3: Drugi dio vremenske crte razvoja inicijative "Pametni otoci" .....	7
Slika 4: Udio u ukupnoj godišnjoj potrošnji pojedinog energenta javnog sektora [10] .....	13
Slika 5: Udio potrošnje pojedinog energenta stambenih zgrada u ukupnoj potrošnji energije 2015. godine [10].....	15
Slika 6: Udio potrošnje pojedinog energenta u zgradama komercijalnog i uslužnog podsektora [10] .....	16
Slika 7: Udio potrošnje pojedinog goriva u prometnom sektoru [10] .....	19
Slika 8: 110 kV i 35 kV mreža koja napaja otok Cres [14] .....	21
Slika 9: Prosječna godišnja crpljenja vode iz Vranskog jezera do 2013. godine [15].....	23
Slika 10: Količine prikupljenog miješanog komunalnog otpada na odlagalištu Pržić [17].....	25
Slika 11: Vrste sunčevog zračenja [19] .....	28
Slika 12: Ovisnost sunčevog zračenja o geografskoj širini [19].....	29
Slika 13: Sunčeva dozračenost na horizontalnu plohu 2015. godine [40].....	29
Slika 14: Područja primjene različitih solarnih tehnologija [19].....	30
Slika 15: Sunčevo zračenje na teritoriju hrvatske [20] .....	30
Slika 16: Weibullova raazdioba .....	32
Slika 17: Krivulja ovisnosti snage različitih vjetro-agrgata ovisno o brzini vjetra [24].....	32
Slika 18: Raspodjela brzine vjetra po visini o ovisnoti o hrapavosti površine [22] .....	33
Slika 19: Srednja godišnja brzina vjetra na visini od 80 m [25].....	34
Slika 20: Potencijalne mikrolokacije vjetroelektrana na teritoriju RH sa srednjom godišnjom brzinom vjetra >4 m/s [4] .....	35
Slika 21: Promjena izlazne snage vjetroagregata nazivne snage 350 kW [26].....	36
Slika 22: Tesla Powerpack [41] .....	38
Slika 23: Prikaz optimalne integracije pohrane energije u sklopu pametnih mikromreža na otoku Tilosu [42].....	39
Slika 24: Princip rada elektrolizera [43] .....	40
Slika 25: Shema sustava PV, WTG-a i vodika kao spremnika energije [28] .....	41
Slika 26: Shema WHPS postrojenja na otoku El Hierro [30].....	43
Slika 27: Potencijalna lokacija gornje akumulacije RHE na otoku Cresu.....	44



Slika 28: Potražnja za toplinskom energijom [52].....	45
Slika 29: Solarni centralni toplinski sustav gradića Marstal na danskom otoku Aero [53].....	46
Slika 30: EnergyPLAN shema [47] .....	48
Slika 31: Satna distribucija potražnje električne energije na otoku Cresu.....	51
Slika 32: Satna distribucija toplinskog opterećenja stambenih zgrada na otoku Cresu.....	51
Slika 33: Referentni scenarij - prosječne vrijednosti potražnje i uvoza električne energije ....	52
Slika 34: Udio pojedinih troškova referentnog scenarija.....	53
Slika 35: Godišnja opskrba toplinskom energijom kućanstva za referentni scenarij .....	54
Slika 36: Globalno horizontalno zračenje na lokaciji Orlec .....	55
Slika 37: Odnos potražnje, uvoza i proizvodnje za scenarij bez spremnika energije .....	55
Slika 38: Odnos potražnje, uvoza i proizvodnje sa spremnikom energije u obliku baterija....	56
Slika 39: Udio godišnjih troškova u ukupnim godišnjim troškovima za sustav bez baterija ..	58
Slika 40: Udio godišnjih troškova u ukupnim troškovima sustava sa baterijama .....	59
Slika 41: Satna distribucija brzine vjetrova za lokaciju pogodnu za offshore vjetro turbine .....	61
Slika 42: Scenarij Cres_2 - odnos potražnje, proizvodnje i uvoza električne energije.....	62
Slika 43: Cres_2 - zadovoljenje potreba za toplinskom energijom .....	63
Slika 44: Scenarij Cres_2 - Udio pojedinih troškova u ukupnim godišnjim troškovima .....	64
Slika 45: Satna distribucija potražnje toplinske energije za CTS sustav otoka Cresa.....	67
Slika 46: Scenarij Cres_3 - odnos potražnje, proizvodnje i uvoza električne energije.....	69
Slika 47: Scenarij Cres_3 - potrošnja električne energije .....	70
Slika 48: Scenarij Cres_3 - proizvodnja električne energije.....	70
Slika 49: Prosječna godišnja popunjenost gornje akumulacije.....	71
Slika 50: Scenarij Cres_3 - zadovoljavanje potreba za toplinskom energijom iz CTS sustava .....	72
Slika 51: Scenarij Cres_3 - zadovoljavanje potreba za toplinskom energijom pojedinačnih kućanstava koji nisu spojeni na CTS .....	72
Slika 52: Scenarij Cres_3 - udio pojedinih troškova .....	73

## POPIS TABLICA

Tablica 1: Ostvarena turistička noćenja po mjestima [2].....	2
Tablica 2: Ostvareni turistički dolasci po subjektima [2] .....	2
Tablica 3: Godišnja potrošnja električne energije zgrada u javnom vlasništvu [10].....	12
Tablica 4: Ukupna godišnja potrošnja energije zgrada u javnom vlasništvu [10].....	13
Tablica 5: Ukupna godišnja potrošnja energije stambenih zgrada [10].....	14
Tablica 6: Ukupna potrošnja energije zgrada komercijalnog i uslužnog sektora [10] .....	16
Tablica 7: Ukupna godišnja potrošnja energije u sektoru zgradarstva [10].....	17
Tablica 8: Godišnja potrošnja goriva svih registriranih vozila u gradu Cresu [10].....	18
Tablica 9: Isporučene količine vode i gubitci u sustavu [15] .....	24
Tablica 10: Radne karakteristike pojedinih tipova baterija [26].....	38
Tablica 11: Specifikacije sustava [28] .....	42
Tablica 12: Potrošnja energije u referentnoj 2015. godini [10].....	49
Tablica 13: Prikaz promjene energije do 2030. godine [48].....	49
Tablica 14: Ukupni godišnji troškovi referentnog scenarija.....	53
Tablica 15: Godišnji troškovi sustava bez baterijama .....	57
Tablica 16: Godišnji troškovi sustava sa baterijama.....	58
Tablica 17: Troškovi izolacije vanjske ovojnice zgrada.....	60
Tablica 18: Troškovi infrastrukture grijanja prostora i PTV-a za scenarij Cres_2.....	61
Tablica 19: Scenarij Cres_2 - Ukupni godišnji troškovi.....	63
Tablica 20: Troškovi postavljanja PV modula na krovove zgrada .....	65
Tablica 21: Tranzicija prometnog sektora .....	68
Tablica 22: Troškovi scenarija Cres_3 .....	68
Tablica 23: Scenarij Cres_3 - ukupni godišnji troškovi.....	73

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Naziv</b>
OIE	[-]	Obnovljivi izvori energije
EU	[-]	Europska unija
EK	[-]	Europska komisija
EGSO	[-]	Europski gospodarski i socijalni odbor
$E_{zgrad}$	kWh	Ukupna potrošnja energije zgrada
$E_{zgrad,i}$	kWh	Ukupna potrošnja energije u podsektoru
PTV	[-]	Potrošna topla voda
$H_{g,benzin}$	kJ/kg	Ogrijevna vrijednost benzina
$H_{g,diesel}$	kJ/kg	Ogrijevna vrijednost diesela
$\rho_{benzin}$	kg/m <sup>3</sup>	Gustoća benzina
$\rho_{diesel}$	kg/m <sup>3</sup>	Gustoća diesela
TS	[-]	Trafo-stanica
n.v.	m	nadmorska visina
DNI	kWh/m <sup>2</sup>	Direktno normalno zračenje sunca
GHI	kWh/m <sup>2</sup>	Globalno horizontalno zračenje sunca
RHE	[-]	Reverzibilna hidroelektrana
WHPS	[-]	„Wind-hydro power station“
CEEP	GWh	„Critical Excess Electricity Production“
EV	[-]	Električni automobili

## SAŽETAK

Cilj ovog rada je prikazati potencijal otoka Cresa kao otoka koji bi sve svoje potrebe za energijom zadovoljavao iz lokalno dostupnih obnovljivih izvora te na taj način postao energetske neovisan od uvoza energije s kopna. U prvom djelu rada, uz kratak uvod, obrađene su dvije deklaracije na razini EU te se kasnije planiranje provodilo u okvirima tih deklaracija. Drugi dio rada analizira potrošnju energije na otoku prema podacima iz SEAP-a za referentnu 2015. godinu. Analiza potrošnje podijeljena je u sektore zgradarstva, prometa te javne rasvijete. Također dan je pregled trenutne energetske infrastrukture otoka te budući planovi razvoja infrastrukture koji su također opisani u SEAP-u. Nakon analize potrošnje energije prikazani su potencijali otoka Cresa za iskorištavanje OIE koji su pristupačni na njegovom teritoriju. Najveći potencijali otoka leže u iskorištavanju sunčeve energije te energije vjetra, a ujedno su u radu prikazani i primjeri drugih europskih otoka koji su uspješno integrirali OIE u svoju energetske mrežu te se prema njihovom primjeru pristupilo trećem djelu rada gdje su razvijeni 3 scenarija mogućeg razvoja otoka Cresa. Scenariji su napravljeni uz pomoć EnergyPLAN računalnog programa te vodiča projekta PRISMI, a rezultati su prikazani uz pomoć tablica i dijagrama napravljenih u excelu. Svi ulazni podatci o potrošnji energije navedeni su u radu, a kompletni rezultati nalaze se u dodatku rada. Za svaki scenarij napravljen je detaljan opis kako tehničkih specifikacija tako i opis troškova. Kao početni scenarij uzeto je trenutno stanje na otoku, a kroz 3 scenarija prikazanih u ovom radu željelo se prikazati kako otok Cres može postepeno provesti energetske tranziciju prema 100% samodostatnom otoku.

Ključne riječi: Energetske planiranje, otok Cres, OIE, EnergyPLAN

## SUMARRY

The aim of this work is to show the potential of the island of Cres as an island that would satisfy all its energy needs from locally available renewable sources and thus become energy independent from the import of energy from the mainland. In the first part of the work, with a brief introduction, two EU-level declarations were discussed and later planning was carried out within the framework of these declarations. The second part of the work analyzed the island's energy consumption according to SEAP data for the reference year 2015. Consumption analysis is divided into sectors of construction, transport and public lighting. An overview of the island's current energy infrastructure and planned development infrastructure, which is also described in SEAP, is also presented. Following the analysis of energy consumption, the potentials of the island of Cres for the exploitation of RES that were available at its territory are shown. The greatest potentials of the islands lie in the utilization of solar and wind energy, and in this work examples of other European islands that have successfully integrated RES into their energy grid are presented and, according to their example, it is approached to the third part of the work where 3 scenarios of possible development of island Cres were developed. The scenarios were created with the help of the EnergyPLAN computer program, and the results were presented using tables and diagrams made in excel. All data on energy consumption are given in the work, and the complete results are in Addition at the end of the work. For each scenario, a detailed description of both the technical specifications and the cost description is made. The initial scenario is the current state of the island, and through the three scenarios presented in this work, it was intended to show how the island of Cres can gradually make an energy transition towards a 100% self-sufficient island.

Key words: Energy planning, Island Cres, RES, EnergyPLAN

## 1. Uvod

### 1.1 Otok Cres

Međunarodna hidrografska organizacija dala je definiciju otoka kao dio kopna koji je potpuno okružen morem. Prema površini razlikujemo otoke, čija je površina veća od  $1 \text{ km}^2$ , otočiće i hrđi i grebene, čije su površine manje od  $1 \text{ km}^2$  odnosno manje od  $0,01 \text{ km}^2$ . Republika Hrvatska ukupno broji 1246 otoka, otočića i grebena. Od toga broj otoka je 79, a najveći među njima je upravo Cres koji se proteže na  $405,78 \text{ km}^2$ . Cres je ujedno, nakon Hvara, i najduži hrvatski otok ukupne dužine 66 km. Smješten je na sjevernom djelu Kvarnerskog zaljeva, a kopnom je povezan dvijema trajektnim linijama te jednom katamaranskom linijom. Cres karakteriziraju kontrasti između sjevernog submediteranskog djela s visokim i gustim šumama i južnog mediteranskog djela prekrivenog pašnjacima i gustom makijom. Zbog svoje veličine, na njemu se može pronaći mnoštvo životinjskih i biljnih vrsta pa čak i neke endemske i reliktnne vrste. Južni dio otoka, a posebno mjesto Beli, jedno je od posljednjih staništa danas iznimno rijetke vrste ptica – bjeloglavog supa. Još jedna neobična prirodna pojava je slatkovodno jezero Vrana koje se nalazi u samom središtu otoka, površine  $5,75 \text{ km}^2$  i zapremnine od oko  $220 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , koje ujedno i snabdjeva otok pitkom vodom [1].



Slika 1: Pozicija otoka Cresa [31]

Zahvaljujući svojoj raznolikosti i prirodnim ljepotama te dobroj povezanosti s kopnom i otokom Lošinjem, Cres se razvio u popularno turističko odredište što pokazuju i brojke.

<b>TURISTIČKO MJESTO</b>	<b>KAPACITETI 2016.</b>	<b>KAPACITETI 2015.</b>	<b>NOĆENJA 2016.</b>	<b>NOĆENJA 2015.</b>
CRES	6.348	6.024	575.287	544.835
MARTINŠĆICA	2.615	2.856	206.365	218.358
VALUN	492	477	36.044	42.315
BELI	280	280	9.361	8.797
OSTALA MJESTA	160	147	17.617	4.023
<b>UKUPNO</b>	<b>9.895</b>	<b>9.784</b>	<b>844.674</b>	<b>818.328</b>

Tablica 1: Ostvarena turistička noćenja po mjestima [2]

<b>SUBJEKT</b>	<b>KAPACITETI 2016.</b>	<b>KAPACITETI 2015.</b>	<b>DOLASCI 2016.</b>	<b>DOLASCI 2015.</b>	<b>INDEKS DOLASCI</b>
HOTEL KIMEN	388	385	8.820	8.877	99
VILA KIMEN	20	20	196	242	81
SOBE KOVAČINE	32	32	373	692	54
VILA RIVJERA	26	26	368	355	104
VILA MULIN	2	2	31	30	103
HOTEL ZLATNI LAV	58	58	1.805	1.758	103
PANSION TRAMONTANA	25	25	494	557	89
KAMP KOVAČINE	3.501	3.501	42.305	41.420	102
KAMP SLATINA	1.614	1.700	19.588	20.145	97
KAMP ZDOVICE	250	250	3.246	3.464	94
KAMP BRAJDI NA MORU	201	200	508	884	57
T.A.CREPSA	633	470	6.267	5.974	105
T.A. ZAGLAV	121	250	1.021	1.915	53
T.A. RONA TRADE	81	160	688	779	88
IZNAJMLJIVAČI	2.918	2.673	31.388	27.236	115
DUOMO d.o.o.	25	32	412	94	438
<b>UKUPNO</b>	<b>9.895</b>	<b>9.784</b>	<b>117.510</b>	<b>114.422</b>	<b>103</b>

Tablica 2: Ostvareni turistički dolasci po subjektima [2]

Iz tablice 1. vidljivo je da je za referentnu godinu broj noćenja 818.323, odnosno prema [2] ukupni broj registriranih gostiju 2015. godine iznosio je 114.422 gosta. Tablica 2. prikazuje ostvarene turističke dolaske raspodjeljenje po kapacitetima na otoku. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, broj stanovnika otoka Cresa iznosio je 2879. Broj ležajeva prema tablici 1. za 2015. godinu iznosio je 9 784 što bi značilo da je u slučaju popunjenosti svih kapaciteta broj turista koji borave na otoku 3,43 puta veći nego broj stanovnika. Povećanjem broja ljudi koji borave na otoku moraju se prilagođavati i energetske potrebe, a zbog velikog broja gostiju, pri analizi podataka o potrošnji

energije, treba se uzeti u obzir i nejednolika upotreba energije tijekom godine. Glavne turističke atrakcije su kupališni turizam te bogata povijest i prirodna raznolikost otoka. Uzevši u obzir da je turizam glavna djelatnost na otoku, a samim time uvelike doprinosi proračunu, pri daljnjem planiranju razvoja otoka posebna pažnja treba se usmjeriti na očuvanje okoliša i prirodnih ljepota.

## 1.2 Energetska politika

Energetska politika je način na koji određena uprava odlučuje o svojem energetske pitanju. Energetska politika može se voditi na globalnoj razini, kontinentalnoj razini, državnoj razini, ali i na razini manjih područja i lokalnih uprava. U ovom radu raspravlja se o energetske politici otoka Cres. Neke od glavnih tema kojima se energetska politika na bilo kojoj razini bavi su energetske razvoj, proizvodnja, raspodjela i potrošnja energije, energetske učinkovitost i uštede energije, promicanje novih inovativnih rješenja te sigurnost dobave energije [3].

Upravo je sigurnost dobave energije jedna od vodilja energetske politike. Današnji život nezamisliv je bez energije, koja nam je potrebna u svim djelatnostima života. Primjerice bez električne energije, osim što nebi funkcionirale bolnice i ostale važne ustanove, nikako nebi mogla funkcionirati niti prehrambena industrija. Bez prehrambene industrije opstanak današnjeg života dolazi u pitanje [6]. Kroz ovaj kratak primjer pokazano je kolika je važnost dugotrajne sigurnosti dobave energije, stoga je i u ovom radu težnja stavljena na sigurnost dobave energije za cijeli otok. Kako je Hrvatska članica Europske unije samim time obaveza joj je provoditi energetske politiku koju je 2014. godine usvojilo Europsko vijeće. Godine 2019. EU je proširila i nadopunila ciljeve svoje energetske strategije koja je usmjerena prema borbi protiv klimatskih promjena. Glavni ciljevi te strategije su sljedeći [33]:

- smanjiti emisiju stakleničkih plinova za najmanje 40% u odnosu na referentnu 1990. godinu
- povećati udio obnovljivih izvora energije (OIE) u ukupnoj potrošnji energije na 32% do 2030. godine
- poboljšanje energetske učinkovitosti na minimalno 32,5%
- međusobno povezati različite energetske sustave do barem 15% te proširiti unutarnje tržište energije



Imajući na umu gornje ciljeve te pridržavajući se smjernica europske energetske strategije prema [33] i [37], svaka država provodi svoju energetske politiku. Uz gore navedene ciljeve, EU je 2018. godine izdala i dugoročnu strategiju prosperitetnog, modernog, konkurentnog i klimatski neutralnog gospodarstva pod nazivom „A Clean Planet for all“ u kojem je naglasak stavljen na djelovanje prema smanjenju klimatskih promjena, a posebno sve većeg globalnog zagrijavanja [38]. Hrvatska kao mediteranska zemlja ne može zanemariti broj i veličinu svojih otoka pa tako i pri izradi energetske politike posebnu pažnju treba posvetiti i otocima koji su zbog svoje izoliranosti od kopna u specifičnom položaju.

### 1.3 Pametni otoci

Pojam pametni otoci odnosi se na otočne teritorije koji su odlučili provedbom inovativnih i integriranih rješenja boriti se protiv klimatskih promjena. Otoci, kao izolirani sustavi, pod velikom su prijetnjom od posljedica klimatskih promjena. Inicijativom „Pametni otoci“ želi se potaknuti još uvijek nedovoljno iskorišteni potencijal otoka u iskorištavanju OIE te predvođenju energetske tranzicije. Zbog svoje izoliranosti otoci su još uvijek uvelike ovisni o uvozu energije i goriva s kopna. Upravo se ovom inicijativom pokušava potaknuti otočne zajednice, uprave i lokalno stanovništvo u implementaciji i primjeni novih integriranih rješenja u upravljanju infrastrukturom i prirodnim resursima. Inicijativa „Pametni otoci“ nastala je na primjeru inicijative „Pametni gradovi i zajednice“; a cilj joj je otoke učiniti predvodnicima energetske tranzicije. Uz rješenja u području energetike i transporta inicijativa potiče i uključivanje pitanja otpada i voda te korištenje informacijsko-komunikacijskih tehnologija (IKT) te tako u cijelosti definira pojam cirkularne ekonomije i plavog razvoja [6].

## 2. Inicijative EU

Iako su europski otoci po mnogočemu različiti (veličini, broju stanovnika, geografskoj poziciji, itd.) jedno od zajedničkih obilježja svih otoka je njihova izoliranost od kopna. Upravo zbog toga otoci su danas još uvijek uvelike ovisni o fosilnim gorivima i uvozu energije s kopna. Zbog toga cijena transporta između otoka i kopna još uvijek je poprilično visoka. Međutim lokalno otočno stanovništvo povezuje snažan osjećaj pripadnosti. Integracijom obnovljivih izvora energije u energetske sustav otoka otvaraju se nova radna mjesta, potiče se daljnji razvoj gospodarstva te se time smanjuje migracija stanovništva s otoka prema kopnu. Sve promijene, kako u kontekstu

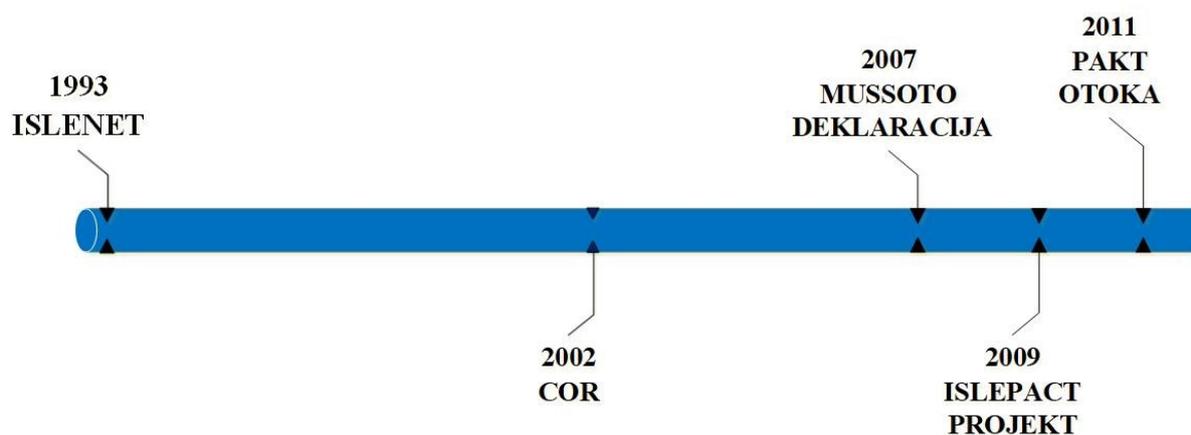
energetike tako i u ostalim područjima, lakše je provesti ako je stanovništvo suglasno, a upravo se gore navedeni snažni osjećaj pripadnosti i identiteta otočnog stanovništva smatra glavnim pokretačem prema održivom življenju. Na razini EU postoje dvije inicijative vezane uz pametne otoke, a to su „Clean Energy for all EU Islands“ [9] i „Smart Islands Declaration“ [6]. Detaljniji pregled obiju inicijativa prikazan je u sljedećim poglavljima.

## **2.1 Deklaracija o pametnim otocima**

Koristeći se novim tehnološkim rješenjima, europski otoci već dulji niz godina iskušavaju nove oblike održivog življenja. Zbog svoje izoliranosti otoci su prisiljeni u potpunosti iskoristiti svoje otočne potencijale te pomoću njih pronaći i osigurati optimalno korištenje i upravljanje resursima. U tome im uvelike pomaže inicijativa „Pametni otoci“ (eng. „Smart island initiative“). To je bottom-up inicijativa lokalnih otočnih samouprava i zajednica koja naglašava važnost iskorištavanja još uvijek nedovoljno iskorištenih otočnih potencijala te potiče otoke da budu pioniri tehnoloških, društvenih, ekoloških i gospodarskih inovacija. Inicijativa je inspirirana inicijativom Europske komisije „Pametni gradovi i zajednice“, a naglasak stavlja na sinergiju između energetike, transporta, IKT-a te vodu i otpad vodeći se primjerom cirkularne ekonomije [6].

### **2.1.1 Razvoj inicijative „Pametni otoci“**

Razvoj inicijative „Pametni otoci“ može se podijeliti u više koraka koji su u konačnici doveli do potpisivanja „Deklaracije o pametnim otocima“ u Bruxellesu u ožujku 2017. godine. Tijek razvoja inicijative prikazan je na sljedećim slikama, a možemo ga podijeliti u 11 koraka [6].



Slika 2: Prvi dio vremenske crte razvoja inicijative "Pametni otoci"

Prva značajna godina u razvoju inicijative "Pametni otoci" je 1993. kada je osnovana prva mreža otočnih ovlasti „European Islands Energy and Environment Network“ (ISLENET). ISLENET promovira pametno upravljanjem okolišem i održivu energiju, a djeluje pod političkim okriljem Komisije otočne konferencije perifernih pomorskih regija, skraćeno CPMR (eng. Conference of Peripheral Maritime Regions) [6].

Godine 2002. Regionalni odbor (eng. Committee of the Regions, CoR) u svojem je izvješću predstavio probleme s kojim se susreću otočne regije Europske Unije. Naglasak je stavljen na veličinu, dimenziju otoka te njihovu geografsku poziciju pri formuliranju političkih odluka i regulativa EU u određenim sektorima poput energetike, transporta, ribarstva i dr [6].

Nakon izvješća Regionalnog odbora, 2007. godine talijanski političar Francesco Musotto predložio je prilagođene mjere za niz problema s kojima se susreću europski otoci, a koje je Europski parlament prihvatio. Time je Musotto deklaracija postala jednim od temeljnih koraka inicijative „Pametni otoci“. Deklaracija snažno podržava poticanje korištenja otočnih potencijala obnovljive energije i promociju održivih lokalnih energetske projekata [6].

Slijedeća značajna godina je 2009. kada je opća uprava za energetiku (DG Energy) u sklopu „Islands Energy Pact“ (ISLEPACT) projekta predložila osnivanje „Pakta otoka“. Tim potezom, lokalne otočne vlasti obvezale su se primjeniti politiku EU 2020 i tako uz pomoć otočnih akcijskih planova održive energije (eng. iSEAP – island Sustainable Energy Action Plan) smanjiti emisiju CO<sub>2</sub> na teritoriju otoka za minimalno 20% do 2020. godine [6].

Dvije godine od projekta ISLEPACT i prijedloga za osnivanjem „Pakta otoka“ (eng. „Pact of islands“), 2011. godine Europski parlament je i službeno priznao ovu političku inicijativu europskih otoka. Inicijativa djeluje paralelno uz „Sporazum gradonačelnika“. Obje inicijative usmjerene su prema aktivnom uključivanju lokalnih i regionalnih uprava u borbu protiv klimatskih promjena. Politički angažman „Pakta otoka“ stavlja naglasak na ranjivost otoka i otočnih zajednica na klimatske promjene, a potpisnici pakta svoje političko djelovanje usmjerili su prema smanjenju uvoza energije s kopna te ostvarivanju energetske sigurnosti otoka.



Slika 3: Drugi dio vremenske crte razvoja inicijative "Pametni otoci"

Slijedeće godine EURELECTRIC podnosi svoj prvi izvještaj u kojem ukazuje na veliki potencijal otoka da postanu pioniri u testiranju novih naprednih tehnologija održivog razvoja te na taj način pomognu i ukažu put zemljama Europe prema niskougljičnoj strategiji [6].

Godine 2013., 13 europskih otoka odlučilo je zajedno razvijati energetske projekte kroz pametno upravljanje na više razina. Taj cluster otoka razio se u SMILEGOV projekt koji za glavni zadatak ima pomoći ostalim otočnim vlastima u radu na strategiji Pametnih otoka. Glavna misao vodilja te strategije je uspostavljanje partnerstva između raznih dionika kako bi se osigurala implementacija integriranih rješenja koja bi maksimizirala postojeću sinergiju između energetike, upravljanjem otpada, IKT-a, prometa i upravljanja vodama [6].

Europski gospodarski i socijalni odbor (eng. European Economic and Social Committee – EESC) 2014. godine poziva na provedbu pametnih politika za pametne otoke. Predloženo je osnivanje stručne skupine na otocima koja bi nadgledala politiku i uspostavila platformu koja bi djelovala kao forum za koordinaciju i djelovanje među otocima [6].

Deveta značajna godina je 2015. u kojoj je održana 35ta po redu godišnja Konferencija Perifernih Pomorskih regija (eng. Conference of Peripheral Maritime Regions- CPMR). Zahvaljujući toj konferenciji obilježen je veliki povratak otoka i otočnih predstavnika u Europski Parlament te se zahvaljujući tome Pakt otoka povećao za 41 novi član, koji danas broji 117 članova. Europski otoci počeli su se sve više isticati kao područja koja pokazuju izvrsne potencijale u brojnim područjima što je također dovelo do porasta interesa za pametnim otocima i otočnih područja. Iste godine Europski Parlament usvaja rezoluciju o posebnoj situaciji otoka s ciljem povezivanja financijskih instrumenata koji bi imali veliki utjecaj na razvoj otoka [6].

Dugogodišnja suradnja i želja za povećanjem europske obitelji otoka dovela je 2016. godine do prvog foruma pametnih otoka. Forum je održan u Ateni u organizaciji mreže održivih grčkih otoka, a okupio je ukupno predstavnike 35 otoka iz 13 zemalja te brojne političare, predstavnike privatnog sektora, ulagače, istraživače i civilno društvo sa zajedničkim interesom za poticanje otočnih poslova na razini EU. Tijekom dvodnevnog trajanja Forum, predstavnici otoka započinju izradu Deklaracije o pametnim otocima koje su kasnije potpisale lokalne otočne vlasti. Iste godine EK naglašava potencijal otoka da postanu domaćini pilot projekata i projektom “Čista energija za sve europljane” potiče europsku tranziciju pametnom, nisko-ugljičnom putu [6].

Godina 2017. posljednja je godina u razvoju inicijative “Pametni otoci”. EURELECTRIC je u veljači te godine predstavio svoje drugo izvješće pod nazivom “Prema energetske tranziciji na europskim otocima” (eng. “Towards the Energy Transition on Europe’s Islands) gdje je još jednom naglašena važnost otoka u energetske tranziciji Europe [6]. Izvješće nudi prilagođena rješenja za energetske potrebe otoka te predlaže veća ulaganja u otoke kako bi se prepoznao i iskoristio veliki potencijal otoka u primjeni novih inovativnih tehnologija. Time bi se osnažile lokalne otočne zajednice koje bi postale predvodnici energetske tranzicije.

U ožujku iste godine, preko 100 predstavnika europskih otoka predstavilo je u Bruxellesu inicijativu “Pametni otoci” u kojoj je predstavljen potencijal otoka da postanu pametna društva za inovativnu i održivu Europu [6]. Tjekom tog događaja 28. ožujka u Bruxellesu, 36 predstavnika je potpisalo deklaraciju “Pametni otoci” kao temeljni dokument istoimene inicijative. Potpis hrvatskih predstavnika predstavlja veliki korak, ali i izazov za hrvatske otoke koji su odlučili krenuti putem energetske tranzicije, korištenju novih pametnih rješenja i tehnologija u pitanju

energetske sigurnosti, te korištenju obnovljivih izvora energije i smanjenju iseljavanja stanovništva.

### 2.1.2 Ciljevi i odluke

Kako bi europski otoci postali pametna društva koja se uspješno prilagođavaju klimatskim promjenama, u deklaraciji su izneseni jasni ciljevi i preduvjeti kojima treba težiti. Jasno su dane smjernice za pojedine resurse poput energetike, vode, otpada, prometa, gospodarstva i IKT-a.

Potpisnici deklaracije tako su se obvezali u sektoru energetike iskoristavati u što većoj mjeri potencijal otoka u obnovljivim izvorima energije koristeći se naprednim tehnologijama s glavnim ciljem smanjivanja emisije CO<sub>2</sub> i uvoza goriva s kopna. Time se ujedno i smanjuju troškovi povezanim s visokom cjenom goriva, a samim time pokreću se novi poslovni modeli i prilike za lokalno stanovništvo.

U sektoru prometa naglasak je stavljen na nove načine prijevoza poput car-sharinga. Kako je na otocima razvijen turizam, predloženo je poticanje biciklističkih i pješačkih ruta koje mogu biti i dio turističke ponude. Nadalje, za povezivanje s kopnom predloženo je promoviranje trajekata koji koriste alternativna goriva poput LNG-a i vodika.

Nove napredne tehnologije te nekonvencionalno i integrirano upravljanje predviđeno je i za vodene resurse, a sve to kako bi se smanjili troškovi, minimizirali gubici i nestašica pitke vode. U tu svrhu predloženo je korištenje alata poput Ecosystem-a [34] i Integrated Coastal Zone Management [35].

Kako bi se iskoristio sav potencijal otoka, otočni usjevi razmotrit će se kao izvor energije, a za grijanje je predloženo korištenje biomase. Povezano s time potiče se društvo bez otpada, odnosno cirkularna ekonomija.

Preduvjet za postizanje zadanih ciljeva je riješiti probleme kojima se trenutno susreću otoci. Među glavnim problemima navodi se digitalna nejednakost i još uvijek ponegdje nedovoljna dostupnost informacijskih i digitalnih usluga. Rješavanje ovog problema potaknulo bi veću socijalnu uključenost stanovnika na otoku te njihovo uključivanje u procese planiranja i odlučivanja. Također bi se potaklo korištenje alata i platformi, a time bi se ujedno razvijala i veća povezanost između svih sektora djelatnosti na otoku. U svemu tome potpora na razini lokalne zajednice, nacionalne vlasti i Europske unije neizbježan su faktor.

## 2.2 Deklaracija o čistoj energiji za sve EU otoke

Ova deklaracija, kao i deklaracija "Pametni otoci" ističe probleme s kojima se otoci susreću, ali daje i prijedlog u kojem smijeru treba ići daljnji razvoj otoka. Baš kao i u hrvatskom Zakonu o otocima [54], obje ove deklaracije imaju za cilj stvaranje povoljnog okruženja za razvoj civilnog društva na otocima. Potiče se i podupire održivi razvoj kroz inovativne nove projekte. Također u hrvatskom Zakonu o otocima koji je na snazi od 01.01.2019. godine stoji između ostalog kako Pametni otoci moraju aktivno sudjelovati u borbi protiv klimatskih promjena uvođenjem inovativnih i naprednih tehnologija, promicanjem održive mobilnosti na otocima, promicanjem kružnog gospodarstva te jačanjem socijalne uključenosti, edukacije i participacije građana [54]. Jedan od temelja ove deklaracije je rezolucija Europskog parlamenta (EP) o posebnim situacijama na otocima, gdje je istaknuto kako svaki otok zahtjeva specifična rješenja zbog svojeg oblika, položaja i ostalih razlika i problema koji su za svaki otok specifične. Naglašavajući probleme s kojima se otoci susreću, a koji su već spomenuti u 2.1., zemlje europske unije i EK u svibnju 2017. godine usvojile su i Deklaraciju o čistoj energiji za sve EU otoke. Potpisnici ove deklaraciji poticati će i promovirati rješenja po mjeri za svaki otok posebno dok će istodobno biti u cilju očuvati sigurnost dobave i proizvodnje energije na otocima. Uz to želja je i osnovati i održavati forum na kojem bi se uz predstavnike otoka okupljali i predstavnici akademskih institucija i raznih internacionalnih i civilnih organizacija te veliki ulagači kako bi se razmjenila najbolja iskustva što se tiče financijskih i regulatornih alata te promicale najbolje dostupne tehnologije koje bi se koristile na otocima [10].

## 3. Analiza potrošnje energije

U ovom poglavlju obradit će se analiza potrošnje energije na teritoriju grada Cresa za referentnu 2015. godinu. Svi podaci o potrošnji dobiveni su iz SEAP-a grada Cresa do 2020. godine [11]. SEAP (eng. Sustainable Energy Action Plan) je akcijski plan održivog energetskeg razvoja koji na temelju prikupljenih podataka zatečenog energetskeg stanja identificira probleme i predlaže jasne i precizne smjernice za provedbu projekata energetskeg ušteda, energetske učinkovitosti, korištenja obnovljivih izvora energije i ekološki prihvatljivih goriva. Glavni ciljevi provedbe SEAP-a je smanjenje emisije CO<sub>2</sub> do 2020. godine za barem 20%, osigurati energetske sigurnost i diversifikaciju energetske opskrbe, smanjiti energetske potrošnje po sektorima i od grada Cresa stvoriti ekološki održivo područje. Kao referentna godina odabrana je 2015. zbog dostupnosti svih potrebnih podataka, a analiza je provedena prema sektorima u skladu preporukama Europske

komisije. Prema tim preporukama sektori potrošnje podjeljeni su u tri osnovne skupine: sektor zgradarstva, prometni sektor i sektor javne rasvjete. Ti glavni sektori podjeljeni su još u podsektore kako će biti prikazano u slijedećim poglavljima. Sektor industrije nije uključen u izradu SEAP-a iz razloga što sektor industrije nije u naležnosti grada Cresa te je na njega teško utjecati. Tercijarne djelatnosti također su prikazane u SEAP-u. Tercijarne djelatnosti poput turizma, ugostiteljstva i trgovine uključeni su i obrađeni u SEAP-u, a potrošnja energije tercijarnog sektora navedena je u podsektoru zgradarstva (komercijalni i uslužni podsektor).

### 3.1. Analiza energetske potrošnje u sektoru zgradarstva

Sektor zgradarstva podjeljen je u tri podsektora, a to su, redom kako su obrađeni u daljnjem radu: zgrade u javnom vlasništvu, stambene zgrade i zgrade komercijalnog i uslužnog sektora. Za svaki podsektor podatci za referentnu godinu obuhvaćaju evidentirani broj zgrada, njihovu površinu te potrošnju energije. Za zgrade u podsektorima prikazana je potrošnja električne energije, loživog ulja, ukapljenog naftnog plina (UNP), drva te ostalih izvora čijom se uporabom zadovoljavaju sve potrebe zgrada. Ukupna potrošnja energije u sektoru zgradarstva može se prikazati slijedećom formulom koja obuhvaća sva tri podsektora te sve oblike goriva.

$$E_{zgrad} = \sum E_{zgrad,i} \quad (1)$$

Jednadžba (1) predstavlja ukupnu potrošnju energije u sektoru zgradarstva, a njeni dijelovi su:

- $E_{zgrad}$  - ukupna potrošnja energije [kWh]
- $i$  – indeks koji označuje pojedini podsektor (javni, stambeni, komercijalni i uslužni)
- $E_{zgrad, javno}$  - ukupna potrošnja energije zgrada u javnom vlasništvu [kWh]
- $E_{zgrad, stambeno}$  - ukupna potrošnja energije stambenih zgrada [kWh]
- $E_{zgrad, kom.}$  - ukupna potrošnja energije zgrada komercijalnog i uslužnog podsektora [kWh]



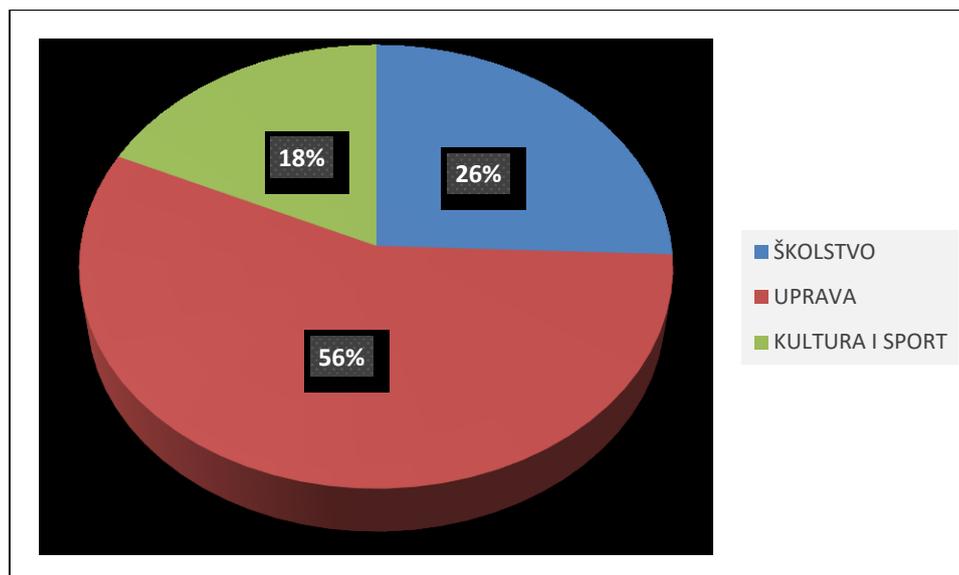
### 3.1.1. Zgrade u javnom vlasništvu

Evidentirani broj zgrada u ovom podsektoru za referentnu godinu bio je 5. Na slijedećoj slici prikazana je potrošnja električne energije zgrada u javnom vlasništvu koja se koristila za pokrivanje svih energetske potreba (uključujući grijanje i PTV).

Zgrade u vlasništvu Grada / Javni sektor	Naziv objekta	Potrošnja el.en. (kWh)
<b>ŠKOLSTVO I PREDŠKOLSTVO</b>		
1	Dječji vrtić Girice - Cres	49.000
	<b>UKUPNO</b>	<b>49.000</b>
<b>UPRAVA</b>		
2	Gradska uprava - grad Cres	107.757
	<b>UKUPNO</b>	<b>107.757</b>
<b>KULTURA i SPORT</b>		
3	Gradska knjižnica Frane Petrića -Cres	11.000
4	Gradska knjižnica Cres-Lazaret	10.685
5	Muzej Cres-palača Arsan	12.891
	<b>UKUPNO</b>	<b>34.576</b>
	<b>SVEUKUPNO</b>	<b>191.333</b>

Tablica 3: Godišnja potrošnja električne energije zgrada u javnom vlasništvu [10]

Ukupna potrošnja energije u zgradama javnog vlasništva 2015. godine iznosila je 191 333 kWh. Ovdje je bitno naglasiti da se potrošnja električne energije za gradsku knjižnicu Frane Petrić i dječji vrtić temelji na procjeni te ovo nisu stvarni podatci. Slijedeća slika prikazuje udio potrošnje električne energije u zgradama javnog sektora.



Slika 4: Udio u ukupnoj godišnjoj potrošnji pojedinog energenta javnog sektora [10]

Gradska uprava najveći je potrošač energije te u ukupnom udjelu potrošnje javnih zgrada sudjeluje sa 56% odnosno za njene energetske potrebe bilo je potrebno 107 757 kWh električne energije. S druge strane najmanji potrošač u javnom podsektoru bila je gradska knjižnica Cres – Lazaret koja je u ukupnoj potrošnji sudjelovala sa 10 685 kWh odnosno 6% od ukupne potrošnje.

Osim električne energije, zgrade u javnom vlasništvu kao energent koristile su i ekstra lako loživo ulje te drvo, a ukupna potrošnja energije prikazana je na slijedećem tablicom.

Potrošnja električne energije (kWh/god.)	Potrošnja LU EL (kWh/god.)	Potrošnja drva (kWh/god.)	Ukupno (kWh/god.)
191.333	64.273	15.000	270.606

Tablica 4: Ukupna godišnja potrošnja energije zgrada u javnom vlasništvu [10]

### 3.1.2. Stambene zgrade

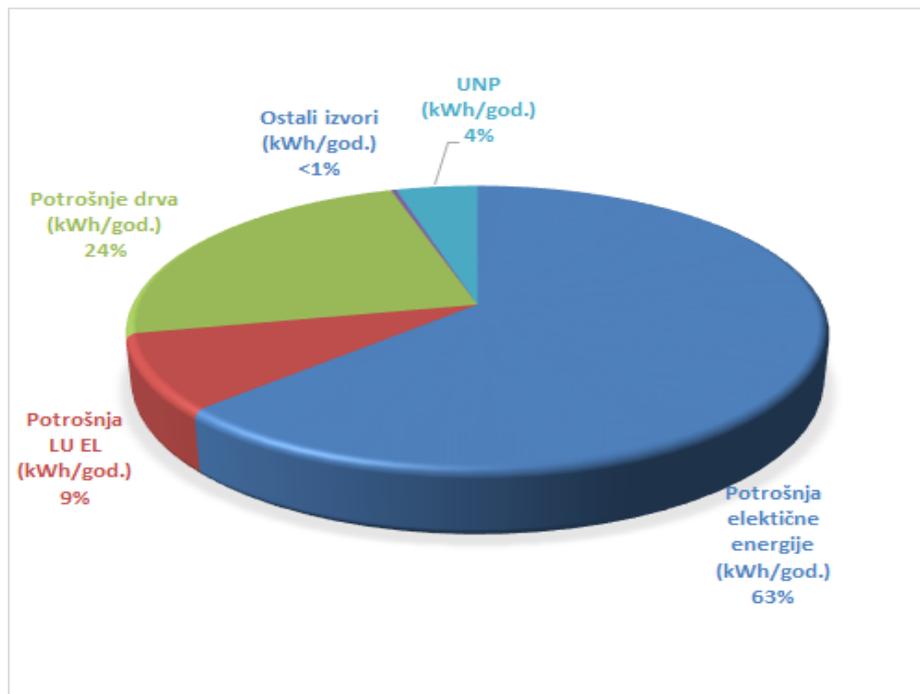
Prema popisu stanovništva iz 2011. godine [12], na teritoriju grada Cresa živi 2 879 stanovnika. Ukupan broj privatnih kućanstva je 1 172 iz čega se dolazi do podatka da prosječno kućanstvo broji 2,41 člana. Ukupan broj stanova u gradu Cresu je 3 918, dok je broj registriranih stanova za

stalno stanovanje prema tom popisu 1 402. Od tog broja, broj stalno nastanjenih stanova je 1 156 dok se ostatak stanova koristi za povremeno korištenje ili su napušteni. Ukupna površina ovih stambenih objekata iznosi 98 160 m<sup>2</sup>, od toga je 83 813 m<sup>2</sup>, odnosno 85,38% stalno naseljeno. U ovom poglavlju prikazana je ukupna potrošnja svih stambenih jedinica tijekom cijele godine, bilo da su one naseljene ili ne. Dakle prikazan je prikaz potrošnje energije za ukupno 3 918 stanova ukupne površine 243 240 m<sup>2</sup>.

Broj kućanstva	Površina m <sup>2</sup>	Potrošnja el.en. (kWh/g.)	Potrošnja LU EL (kWh/g.)	Potrošnja UNP (kWh/g.)	Potrošnja (drva) kWh/g.)	Ostali izvori (kWh/g.)	UKUPNO (kWh/g.)
1.172	213.987	7.220.904	1.003.000	0	2.700.000	32.772	10.956.676

Tablica 5: Ukupna godišnja potrošnja energije stambenih zgrada [10]

Ukupna potrošnja energije stambenih zgrada za referentnu godinu na teritoriju grada Cresa iznosila je 10 956 676 kWh. Podjelimo li taj broj sa ukupnim brojem stalno naseljenih stanova dobivamo prosječnu potrošnju od 9 478,1 kWh po stanu, odnosno 111,62 kWh/m<sup>2</sup> stambene površine. Slijedeća slika prikazuje uzastupljenost pojedinog energenta u ukupnoj potrošnji stambenih zgrada. U tablici 5. vidimo da nema potrošnje ukapljenog naftnog plina (UNP) u stambenim zgradama što se nemože zanemariti budući da kućanstva koriste UNP pretežno za kuhanje te poneka kućanstva i za grijanje prostora i potrošne tople vode (PTV). Potrošnja UNP-a za potrebe ovog rada procjenjena je iz usporedbe otoka Cresa sa otokom Krkom. Prema [39] udio UNP-a u ukupnoj potrošnji energije na otoku Krku za potrebe kućanstva (kuhanje, grijanje prostora i PTV) iznosio je otprilike 7% te će se u ovom radu također uzeti taj postotak za procjenu potrošnje UNP-a. Kako se u ovom radu ulazni podaci o potrošnji energije temelje na podacima iz SEAP-a [10], tako se i ovdje procjenjuje da je 50% od ukupne potrošnje električne energije u sektoru stambenih zgrada utrošeno na grijanje prostora i potreba PTV-a. Ukupna prosječna godišnja potrošnja finalne energije za potrebe grijanja prostora i PTV-a iznosi 7 346 224 kWh [10] (bez UNP-a, uzevši u obzir samo podatke iz SEAP-a te 50% električne energije), a uzevši u obzir postotak UNP-a ta je potrošnja veća za 7%, odnosno za 514 236 kWh što predstavlja potrošnju UNP-a u sektoru stambenih zgrada.



Slika 5: Udio potrošnje pojedinog energenta stambenih zgrada u ukupnoj potrošnji energije 2015. godine [10]

U ostale izvore iz tablice 3 spadaju najvećim dijelom biomasa i solarna energija, a njihov udio u ukupnoj potrošnji iznosi manje od 1%.

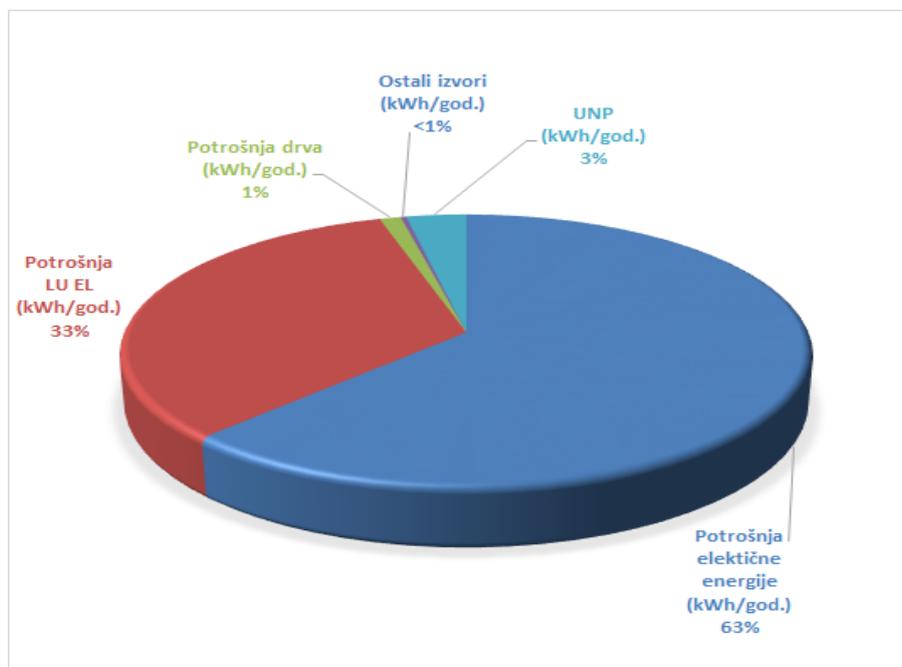
### 3.1.3. Zgrade komercijalnog i uslužnog podsektora

Prema posljednjem popisu stanovništva, od ukupno 3 918 stambenih jedinica, 2 508 stanova registrirani su kao apartmani za iznajmljivanje turistima, za odmor i rekreaciju, a još njih 8 je navedeno kao apartmani ostalih uslužnih djelatnosti, primjerice za radnike u vrijeme sezonskih radova. Ukupno 2 516 stanova odnosno 78,67% svih stambenih jedinica namjenjeno je uslužnim i komercijalnim djelatnostima. Ukupna površina stanova namjenjenih ovom podsektoru iznosi 145 080 m<sup>2</sup>. Slijedeća tablica prikazuje potrošnju energije u podsektoru komercijalnih i uslužnih stambenih objekata. Ukupna površina svih objekata komercijalnog i uslužnog sektora, uključujući i površinu stanova u ovom podsektoru, iznosi 599 493 m<sup>2</sup> [10].

Sektor	Broj mjernih uređaja	Površina m <sup>2</sup>	Potrošnja el.en. (kWh/god)	Potrošnja LU EL (kWh/god)	Potrošnja UNP (kWh/god)	Potrošnja drva (kWh/god)	Ostali izvori (kWh/god)	UKUPNO (kWh/god)
Komercijalni i uslužni	295	599.493	9.818.208	5.200.555	0	180.000	46	15.244.359

Tablica 6: Ukupna potrošnja energije zgrada komercijalnog i uslužnog sektora [10]

Ukupnagodišnje potrošnja finalne energije zgrada komercijalnog i uslužnog podsektora za referentnu godinu iznosila je 15 244 763 kWh. Uzevši u obzir ukupnu površinu zgrada u ovom podsektoru dobivamo prosječnu potrošnju energije od 105,08 kWh/m<sup>2</sup>. U tablici 6. također vidimo da je ukupna godišnja potrošnja UNP-a 0 kWh/god., stoga je i u ovom podsektoru napravljena procjena potrošnje UNP-a kao i za stambeni podsektor. Primjenom iste računice kao i za stambeni podsektor (50% električne energije koristi se za potrebe grijanja i PTV-a, te 7% od ukupne potrošnje za grijanje i PTV otpada na UNP) dolazimo do ukupne godišnje potrošnje UNP-a u komercijalnom i uslužnom podsektoru u iznosu od 723 496 kWh/god.



Slika 6: Udio potrošnje pojedinog energenta u zgradama komercijalnog i uslužnog podsektora [10]

U ukupnom udjelu godišnje potrošnje finalne energije, električna energija prevladava i u ovom podsektoru i to u istom postotku kao i u stambenom podsektoru. Razlika između stambenog podsektora i uslužnog podsektora vidi se u potrošnji lož ulja, drva i UNP-a. Dok je u stambenim zgradama potrošnja drva bila veća od potrošnje lož ulja, kod zgrada komercijalne i uslužne namjene lož ulje sudjeluje u ukupnoj potrošnji sa 33% dok je je potrošnja drva tek oko 1%.

### 3.1.4. Zaključak

Uzimajući u obzir sva tri podsektora, a prema formuli (1), iz slijedeće tablice može se izračunati ukupna finalna potrošnja energije u sektoru zgradarstva.

Podsektor	Potrošnja električne energije (kWh/god.)	Potrošnja LU EL (kWh/god.)	Potrošnja drva (kWh/god.)	UNP (kWh/god.)	Ostali izvori (kWh/god.)	Ukupno (kWh/god.)
Javni	191.333	64.273	15.000	0,00	0	270.606
Stambeni	7.220.904	1.003.000	2.700.000	252.732,00	32.772	11.209.408
Komercijalni i uslužni	9.818.208	5.200.555	180.000	723.496,00	46.000	15.968.259
UKUPNO	17.230.445	6.267.828	2.895.000	976.228,00	78.772	27.448.273

Tablica 7: Ukupna godišnja potrošnja energije u sektoru zgradarstva [10]

Iz prethodne slike, za referentnu godinu možemo zaključiti da je komercijalni i uslužni podsektor bio taj koji je sudjelovao najvećim postotkom u ukupnoj godišnjoj potrošnji finalne energije u sektoru zgradarstva i to sa 57,64%. Ujedno je to bio i podsektor sa najvećom potrošnjom električne energije te lož ulja i UNP-a. Takav odnos potrošnja između podsektora bio je i očekivan kada se u obzir uzme broj zgrada te površina pojedinog podsektora. U ukupnoj potrošnji prednjači električna energija sa 62,21%. To se može protumačiti velikom potražnjom električne energije u ljetnoj sezoni kada je turizam na vrhuncu. U tom razdoblju broj turista nadmašuje broj stalnih stanovnika grada Cresa što je i vidljivo iz tablice 1. te je veća potrošnja električne energije koja se koristi za hlađenje prostora i grijanje PTV.

### 3.2. Analiza potrošnje energije u prometnom sektoru

Analiza potrošnje goriva za referentnu 2015. godinu obuhvaća podatke o ukupnom broju registriranih vozila na području grada Cresa te njihovu godišnju potrošnju. U slijedećoj tablici prikazan je ukupan broj pojedinih vozila koja su registrirana na otoku Cresu. Taj broj uključuje i vozila koja ne prometuju tokom godine na otoku, ali su registrirana na otoku. Potrošnja goriva također je vezana na sva vozila registrirana na otoku što znači da se ukupna godišnja potrošnja razlikuje od ukupno isporučene količine goriva otoku Cresu iz razloga što neka vozila uopće ne prometuju na otoku te se opskrbljuju gorivom na crpkama koje se ne nalaze na otoku. Koristeći se ovom metodom proračuna potrošnje goriva, u obzir nije uzeta potrošnja goriva vozila u tranzitu te vozila turista, koji se opskrbljuju gorivom na crpkama koje se nalaze na otoku za vrijeme svog boravka.

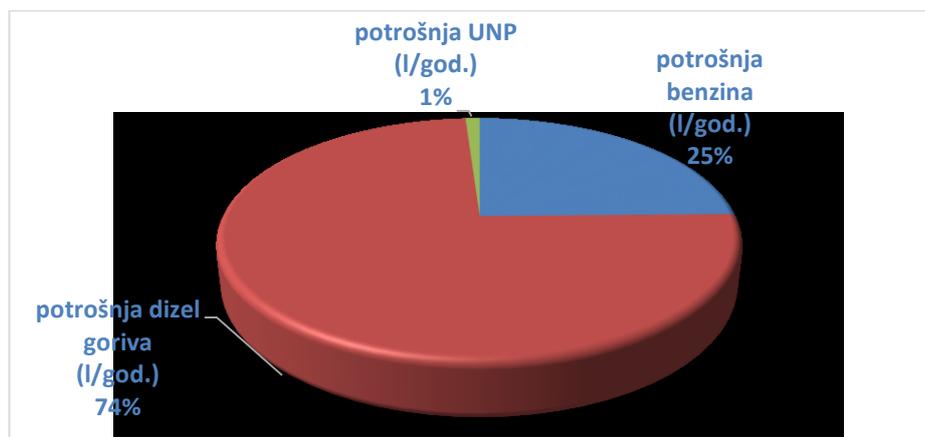
Vrsta vozila	Broj vozila prema vrsti goriva			Ukupna godišnja potrošnja (lit.)			Ukupna godišnja potrošnja (kWh)		
	Benzin	Dizel	UNP	Benzin	Dizel	UNP	Benzin	Dizel	UNP
<b>Moped</b>	166	0	0	39.840	0	0	362.544	0	0
<b>Motocikli</b>	53	1	0	12.720	200	0	115.752	2.000	0
<b>Osobni automobili</b>	725	468	21	520.523	495.672	28.035	4.736.759	4.956.720	109.392
<b>Autobus</b>	2	129	0	3.270	191.178	0	29.757	1.911.780	0
<b>Teretni automobili</b>	9	147	0	78.750	1.234.800	0	716.625	12.348.000	0
<b>Kombinirani automobili</b>	1	1	0	2.000	2.250	0	18.200	22.500	0
<b>Radni stroj</b>	0	14	0	0	35.000	0	0	350.000	0
<b>Traktor</b>	1	6	0	0	15.000	0	0	150.000	0
<b>UKUPNO</b>	957	766	21	657.103	1.974.100	28.035	5.979.637	19.741.000	109.392

Tablica 8: Godišnja potrošnja goriva svih registriranih vozila u gradu Cresu [10]

U gradu Cresu 2015. godine bilo je registrirano ukupno 1 744 vozila. Od tog broja 40 osobnih automobila koja koriste dizelsko gorivo i 9 automobila koja koriste benzin kao gorivo u vlasništvu su grada Cresa, dok se ostatak vozila ubraja u osobna vozila, javni prijevoz i komercijalna vozila. Podatci o potrošnji goriva u litrama iz gornje tablice preuzete su iz SEAP-a za grad Cres [10], dok je potrošnja u kWh proračunata sa faktorom pretvorbe 9,1 za benzinska goriva i 10 za dizelska goriva. Faktor pretvorbe izračunat je pomoću slijedeće formule:

$$f_g = \frac{H_{d,i}}{3600} \quad (2)$$

- $H_{d,benzin}=32\ 000\ \text{kJ/l}$  – donja ogrijevna vrijednost benzina
- $H_{d,dizel}=36\ 000\ \text{kJ/l}$  – donja ogrijevna vrijednost dizela



Slika 7: Udio potrošnje pojedinog goriva u prometnom sektoru [10]

Ukupna potrošnja svih goriva u referentnoj godini iznosila je 25 824 029 kWh, a najzastupljenije gorivo u prometnom sektoru bilo je dizelsko gorivo čija je ukupna godišnja potrošnja iznosila 1 974 100 litara, odnosno 19 741 000 kWh. Ukapljeni naftni plin bilo je najmanje korišteno gorivo koje se koristilo samo za pogon osobnih automobila. Njegov udio u ukupnoj godišnjoj potrošnji je bio oko 1% što i prikazuje gornja slika. Iako je registrirani broj vozila koji je kao gorivo koristio benzin bio najveći (od ukupno 1 744 vozila, njih 957 odnosno 54,87% kao gorivo je koristilo benzin), potrošnja dizela je 3 puta veća. Razlog tome su teretni automobili i autobusi koji kao najveći potrošači koriste dizelsko gorivo.



### 3.3. Analiza potrošnje energije sustava javne rasvjete

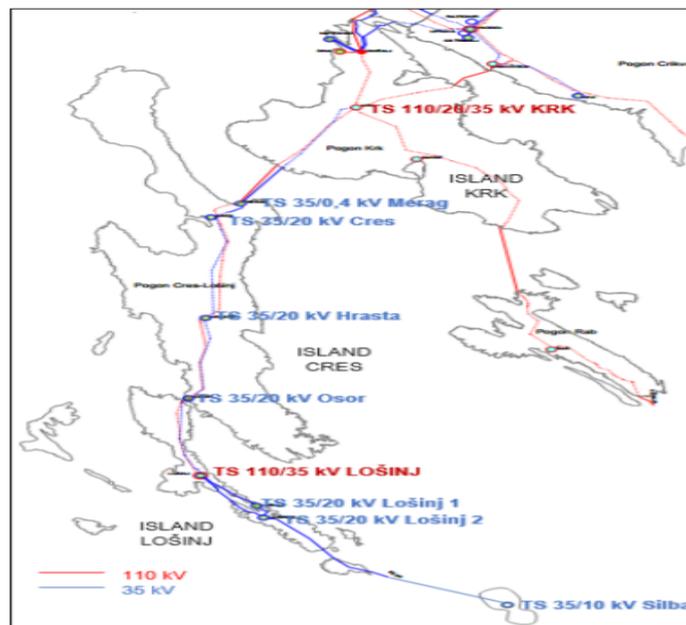
Kako je navedeno u SEAP-u za grad Cres, u referentnoj 2015. godini, na području grada Cresa te ostalim naseljima pod upravom grada Cresa, bilo je instalirano ukupno 1 262 svjetiljka za potrebe javne rasvjete [10]. S obzirom na godinu izgradnje sustava javne rasvjete, on danas na nekim područjima ne zadovoljava minimalne zahtjeve današnjih propisa. Rasvjeta radi cijelu noć istim intenzitetom te se gasi ujutro. U pojedinim naseljima, u zimskom periodu, vrši se redukcija potrošnje na način da se pojedina rasvjetlana mjesta ugase. Kabelska mreža većim djelom je izvedena kao podzemna dok se mali dio kabela nalazi i iznad zemlje i to uglavnom u starom gradskom središtu. Javna rasvjeta koristi se za osvjetljavanje javnih površina, cesta kroz grad i van grada, trgova, pješačkih zona te fasada pojedinih zgrada. Iako Gradska uprava grada Cresa zadnjih godina aktivno provodi politiku energetske održivosti primjenjujući suvremena i ekološki prihvatljiva rješenja, još uvijek se u sustavu javne rasvjete nalazi veliki broj natrijevih i živinih svjetiljki koje imaju povećanu potrošnju i troškove održavanja u odnosu na danas ekološki prihvatljivije LED svjetiljke. Ukupno instalirana snaga sustava javne rasvjete iznosila je 163 844,20 W, a uzevši u obzir broj sati rada sustava javne rasvjete, ukupna godišnja potrošnja iznosila je 684 674,03 kWh. Posljednjih godina broj novo instaliranih svjetiljki je u kontinuiranom porastu što se može protumačiti povećanjem turističkog interesa za grad i otok Cres općenito [13]. Kontinuirani rast sustava javne rasvjete ne znači i nužno povećanje potrošnje energije. Zamjena postojećih visokotlačnih natrijevih i živinih svjetiljki s LED rasvjetom očekuje se bolji energetski otisak na okoliš u ovom sektoru.

## 4. Energetska infrastruktura

Bilo kakvo planiranje, a kasnije i realizacija planova nije zamisliva bez infrastrukture. U ovom radu pojam infrastruktura će se odnositi na tehničke strukture i građevine koje podržavaju razvoj društva kao cijeline. Dobra i kvalitetna infrastruktura jedan je od temelja kvalitetnog života stanovnika, a ujedno je i dobar pokazatelj razvoja društva. U sljedećim poglavljima bit će opisana energetska infrastruktura otoka, njeni djelovi i planovi razvoja.

## 4.1. Elektroenergetska mreža

HEP ODS – Elektroprimorje Rijeka zadužen je za obavljanje djelatnosti distribucije električne energije na teritoriju otoka Cresa. Na otoku trenutno ne postoje proizvođači električne energije koji su priključeni na javni sustav distribucije. Otočna mreža povezana je s kopnom pomorskim kabelom koji napaju glavnu otočnu trafostanicu TS Lošinj. Glavni dalekovod je visokog napona (110 kV), a povezuje dvije trafostanice TS 110/35 kV Krk – TS 110/35 kV Lošinj. Dalekovod je izveden kao podmorski u dvije svoje dionice (između otoka Krka i Cresa te između otoka Cresa i Lošinja) i kao nadzemni po cijelom teritoriju otoka. Preko trafostanica TS Cres, TS Hrasta i TS Osor (sve 35/10(20) kV) električna energija transformira se sa visokog na srednji napon te se otokom pružaju i vodovi srednjeg napona. Na otoku se još nalazi i 50 trafostanica 10(20)/0,4 kV koje vrše distribuciju prema potrošačima [13]. Slika 8 prikazuje visokonaponsku i srednjenaponsku mrežu koja se proteže teritorijem otoka Cresa. Srednjenaponska mreža 10(20) kV uglavnom je izvedena kao nadzemna, jedino je unutar grada Cresa te na području Martinšćice i Miholašćice jednim djelom izvedena kao podzemna. Niskonaponska mreža također je u svom najvećem djelu izvedena kao nadzemna. U sklopu niskonaponske mreže izveden je i sustav javne rasvjete te je i on kako je naglašeno u poglavlju 3.3. izveden većim djelom nadzemnim kablovima.



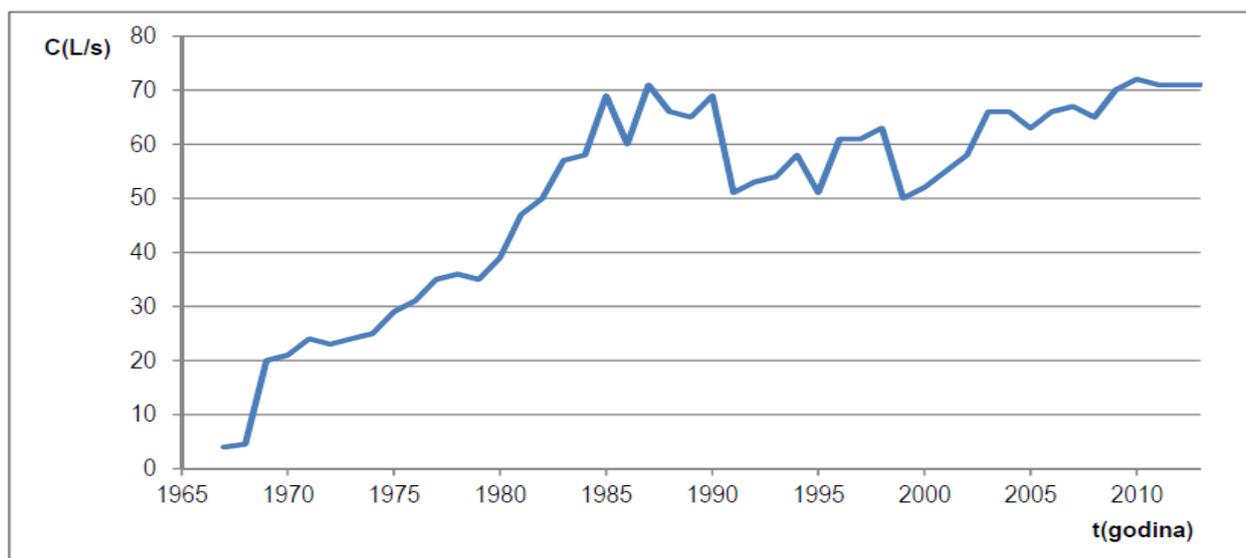
Slika 8: 110 kV i 35 kV mreža koja napaja otok Cres [14]

## 4.2. Opskrba plinom

Na teritoriju otoka Cresa trenutno ne postoji postrojenje za proizvodnju ili distribuciju prirodnog plina kao ni ukapljenog naftnog plina (UNP). Isto tako trenutno ne postoji niti oprema za distribuciju i transport prirodnog plina na području otoka. Potrošači plina na otoku su uglavnom domaćinstva gdje se on koristi za grijanje i kuhanje te hotelski kompleksi gdje se koristi u iste svrhe. Objekti koji koriste UNP kao energent za pokrivanje djela potražnje za energijom, skladište ga u spremnicima. U kućanstvima se uglavnom nalazi u plinskim bocama do 35 kg, dok hoteli i veći kompleksi skladište plin u spremnicima veličine 5 m<sup>3</sup>. Također na benzinskoj postroju u marini Cres nalaze se dva spremnika zapremnine 5 m<sup>3</sup> koji služe za punjenje manjih plinskih boca [15].

## 4.3. Vodoopskrba

Opskrba vodom otoka Cresa osigurana je iz vodoopskrbnog sustava Cres – Lošinj iz crpilišta Vransko jezero. Ukupna dužina ove mreže iznosi nešto više od 200 km, a mreža obuhvaća 11 naselja na otoku što je ukupno 47% svih naselja. Naselja koja nisu spojena na ovaj vodovodni sustav nalaze se na sjevernom djelu otoka, a njihova opskrba vodom osigurana je preko autocisterni [14]. Vransko jezero iz kojega se voda crpi, količinama još uvijek zadovoljava potrošnju vode otoka. Jezero zauzima 5,7 km<sup>2</sup> površine, prosječne je dubine oko 60 m, srednja razina jezera je oko 12 metara iznad razine mora, a procjenjuje se da se u jezeru nalazi 220 milijuna m<sup>3</sup> vode. Za vodoopskrbu otoka zaduženo je komunalno poduzeće Vodoopskrba i odvodnja Cres-Lošinj d.o.o. Prema vodopravnoj dozvoli iz jezera je dopušteno crpiti do 100 l/s prosječno godišnje [16]. Sljedeća slika prikazuje prosječna godišnja crpljenje vode iz jezera.



Slika 9: Prosječna godišnja crpljenja vode iz Vranskog jezera do 2013. godine [15]

Prosječna godišnja crpljenja vode, kako prikazuje slika 9. u kontinuiranom su porastu bila do kraja 80-ih godina, a dosegla su prosječnu godišnju vrijednost od 70 l/s. Početkom 90-ih godina došlo je do naglog pada crpljenja vode, a uzrok bi mogla biti politička događanja na ovim prostorima koja se su odvijala u to vrijeme. Nakon par godina naglog pada, sredinom 90-ih godina dolazi ponovno do povećanja crpljenja vode iz jezera. Također iz slike 9. možemo uočiti da postoji rastući trend crpljenja vode iz Vranskog jezera koji se održao i danas. Taj rast bio je strmiji do početka 1990., a nakon toga, sve do danas, i dalje postoji međutim nije toliko strm. Uzmemo li pretpostavku da će se rast nastaviti rastućim trendom koji prati cijelokupno razdoblje na gornjoj slici (zahvat vode na crpilištu 1967. godine iznosio je 157 679 m<sup>3</sup>/god.) do danas, odnosno da je godišnji porast zahvata vode 43 362 m<sup>3</sup>/god., tada se može očekivati da će maksimalno dozvoljene količine zahvata vode u iznosu od 100 l/s (3 153 579 m<sup>3</sup>/god.) biti postignute za 20 godina. Treba naglasiti da se ova metoda procjene temelji na ukupnom porastu zahvata vode od početka mjerenja te nije u potpunosti točna jer ne uzima u obzir povećanje broja turista tijekom godina, trenutno kretanje stanovništva i dr. Međutim kako se navodi i u [15], procjenjuje se da trenutne količine pitke vode zadovoljavaju potrebe u doglednoj budućnosti. Iz tog razloga i iz razloga u ovom radu neće se obraditi proces desalinizacije u svrhu dobivanja pitke vode. Jedan od velikih nedostataka vodoopskrbnog sustava otoka Cresa je taj što se on u potpunosti oslanja na jedan izvor sa dugačkim glavnim dovodnim cjevovodom. Vodoopskrbni sustav pušten je u pogon 1952. godine kada je vodu dobilo prvo naslje Orlec, a potom sljedeće godine i grad Cres. Iako je sustav star već preko 60 godina, on je međuvremenu rekonstruiran te se na izvorištu nalaze tri crpna agregata koja

pumpaju vodu u dvije vodospreme na visini 220 m n.v. iz kojih se gravitacijski voda dovodi do 11 naselja.

GODINA	DOTOK m <sup>3</sup>	PRODAJA m <sup>3</sup>	VLASTITA m <sup>3</sup>	PRODAJA+VP m <sup>3</sup>	GUBITAK m <sup>3</sup>	GUBITAK %
2011.	2.266.476	1.389.074	50.267	1.439.341	827.135	36,49%
2012.	2.258.865	1.392.983	34.381	1.427.364	831.501	36,81%
2013.	2.299.874	1.351.555	36.163	1.387.718	912.156	39,66%
2014.	2.182.791	1.383.509	6.532	1.390.041	792.750	36,32%

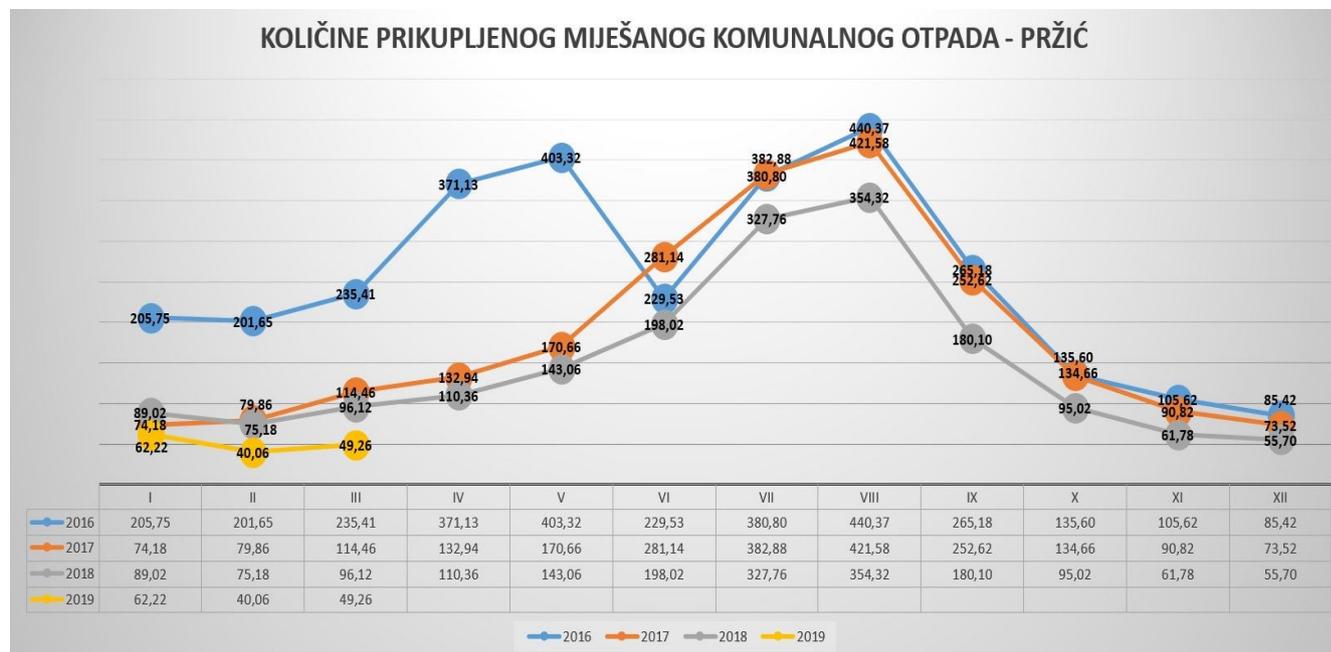
Tablica 9: Isporučene količine vode i gubitci u sustavu [15]

Količina vode koja je zahvaćena na izvorištu nije ukupna količina koja se dovodi do potrošača. U tablici 9. prikazana je ukupna zahvaćena količina vode crpnim agregatima te količina vode koja je dospjela do potrošača. Razlika između zahvaćenih količina vode i one koja se transportirala sve do krajnjih potrošača je ukupni godišnji gubitak. Vodoopskrbni sustavi rangiraju se prema postotnom udjelu gubitaka, a sustav otoka Cresa sa prosječnim gubicima oko 37% svrstava se u kategoriju dobrih vodovoda. Kako je Vransko jezero kriptodepresija, potrebno je crpno postrojenje kako bi se osigurala opskrba vode otoka Cresa. Crpljenja vode iz jezera započeta su 1987. godine, a današnja crpna postaja ima kapacitet 3 x 87,5 l/s [15]. Vransko jezero ogroman je spremnik pitke vode i kao takav predstavlja veliki potencijal u iskorištenju energije vode koja se u njemu nalazi. Svojom lokacijom na otoku može savršeno poslužiti kao donja akumulacija za reverzibilnu hidroelektranu (RHE) što će i biti razrađeno u scenariju razvoja otoka Cresa u ovom radu.

#### 4.4. Gospodarenje otpadom

Na teritoriju otoka Cresa sakuplja se i organizirano odvozi komunalni otpad, a za te djelatnosti kao i za kasnije postupanje otpadom zaduženo je gradsko trgovačko društvo Komunalne usluge Cres Lošinj d.o.o. Prema Zakonu o otpadu u RH, prema mjestu nastanka razlikujemo dvije vrste otpada a to su: komunalni i tehnološki (industrijski) otpad. Na teritoriju otoka Cresa velikih industrijskih proizvođača otpada nema te se uglavnom proizvodi mješani komunalni otpad. Komunalni otpad preuzimaju posebno opremljena vozila iz posuda postavljenim na sabirnim mjestima. Odvojeno se prikupljaju papir, staklene te plastične ambalaže. Analizom komunalnog otpada utvrđeno je da biootpad sudjeluje sa 42% u ukupnom udjelu komunalnog otpada te je svim stanovnicima, koji imaju uvjete za kompostiranje, omogućeno besplatno preuzimanje kompostera. Sav prikupljeni

otpad posebno prilagođenim vozilima odvozi se na odlagalište Pržić koje se nalazi 3 km sjeverno od grada Cresa.



Slika 10: Količine prikupljenog miješanog komunalnog otpada na odlagalištu Pržić [17]

Iz slike 10. mogu se izvući 2 važna zaključka. Prvi je da količine miješanog komunalnog otpada imaju tendenciju opadanja zadnjih 3 godine, a usporedivši prva 3 mjeseca 2019. godine sa ostalim godinama vidi se da bi se taj trend mogao i zadržati. Drugi zaključak je taj da se vrhunac prikupljenih količina događa kada je i turistička sezona na vrhuncu. Tako je na primjer 2016. godine u vrhuncu turističke sezone od lipnja do listopada bilo prikupljeno 1 315,88 t miješanog komunalnog otpada što je 43% ukupno prikupljenog otpada u 2016. godini. Na primjeru potrošnje energije, koja je također vrhunac imala u turističkoj sezoni, ovakav trend prikupljanja otpada mogao se i očekivati jer u tim mjesecima na otoku boravi oko 3 puta više ljudi nego u zimskim mjesecima. Kako je već ranije spomenuto u smjernicama obiju inicijativa [6,9] i u hrvatskom Zakonu o otocima [54] stoji poticanje društva bez odlaganja otpada poticanjem kružnog gospodarstva. Vidimo da je trend odlaganja otpada prema slici 10. proteklih godina u opadanju stoga možemo zaključiti da su već poduzete mjere po pitanju prikupljanja otpada na otoku Cresu usmjerene u smjeru kružnog gospodarstva.

## 4.5. Planirani razvoj infrastrukture otoka Cresa

Daljnji razvoj energetske infrastrukture otoka Cresa između ostaloga uvelike je određen i postojećom zakonskom regulativom. Tako je razvoj elektroenergetskog sustava predviđen Prostornim planom Primorsko – goranske županije te važećim razvojnim planom Hrvatske elektroprivrede. HEP ODS koji je zadužen za distribucije električne energije na teritoriju Cresa u svom razvojnom planu distribucijske mreže za dugoročni cilj predvidio je postojeći sustav transformirati u sustav s jednom razinom srednjeg napona 20 kV sa jednom izravnom transformacijom 110/20 kV [18]. Pridržavajući se tog plana razvoja distribucijske mreže u prostornom planu uređenja grada Cresa [15] navedene su sljedeće smjernice razvoja distribucijske mreže otoka:

- postojeći visokonaponski vod 110 kV će koji se proteže od TS 110/35 kV Krk do 110/35 kV Lošinj će zadržati u budućnosti svoju dosadašnju ulogu
- planira se izgradnja nove TS 110/20 kV Cres pored postojeće TS 110/35 kV Cres te prelazak u potpunosti na niskonaponskoj razini na 20 kV
- svi niskonaponski vodovi predviđeni su za izgradnju ispod zemlje, a predviđa se i zamjena današnjih nadzemnih vodova novim podzemnim vodovima
- zadnja faza zamjene niskonaponske mreže zahtjeva i izgradnju novih trafostanica sa jednom transformacijom te je predviđena izgradnja još dodatna 3 nova dalekovoda:  
DV 110 kV TE Plomin – TS 110/20 kV Cres  
DV 110 kV TS 110/20 kV Cres – TS 110/35 kV Krk  
DV 110 kV TS 110/20 kV Cres – TS 110/35 kV Lošinj
- Planom je još predviđen i priključak solarne elektrane Orlec – Trinket, koja je trenutno u izgradnji, na niskonaponsku mrežu

Zbog udaljenosti otoka Cresa od magistralnih plinovoda, potiče se korištenje ukapljenog naftnog plina kao energenta koji je komplementaran prirodnom plinu. UNP se skladišti u većim spremnicima ili manjim bocama, a u Hrvatskoj se proizvodi u Rijeci, Sisku i Ivanić gradu te se doprema na otok. Najčešća upotreba mu je u kućanstvima i uslužnim objektima gdje se koristi za kuhanje i grijanje. Procjenjuje se da će na teritoriju grada Cresa 2020. godine ukupna potencijalna potrošnja UNP-a iznositi 3 445 029 kg [15].

U sustavu vodoopskrbe predviđa se povećanje potrošnje pitke vode koja se crpi iz izvorišta na Vranskom jezeru. Do povećanja dolazi zbog rastućeg trenda broja gostiju koji je iz godine u godinu sve veći, a prateći taj trend raste i broj potrošača vode. Trenutno, Vransko jezero zadovoljava sve potrebe otoka Cresa i Lošinja za pitkom vodom, ali u budućnosti se planira spajanje ovog sustava sa kopnenim sustavom preko otoka Krka. Ovime bi se osigurale dovoljne količine vode iz podsustava "Rijeka".

Što se gospodarenja otpadom tiče, prema prostornom planu uređenja područja Cresa planira se sanacija sadašnjeg odlagališta otpada Pržić, te izgradnje pretovarne stanice uz lokaciju dosadašnjeg odlagališta. Uz pretovarnu stanicu planira se još i odlagalište mineralnih sirovina.

## 5. Tehnologije OIE primjenjive na otoku Cresu

Otok Cres ovisan je o uvozu energije s kopna, iako je na njegovom području potencijal obnovljivih izvora velik. Uvezena energija uvelike ovisi o cijeni korištenog energenta na svjetskim tržištima. Korištenjem obnovljivih izvora energije značajno se može doprinjeti smanjenju štetnog djelovanja na okoliš te se ujedno otvaraju i nova radna mjesta, a korištenjem novih tehnologija potiču se ulaganja u razvoj otoka. U tehnologije OIE uvrštavaju se:

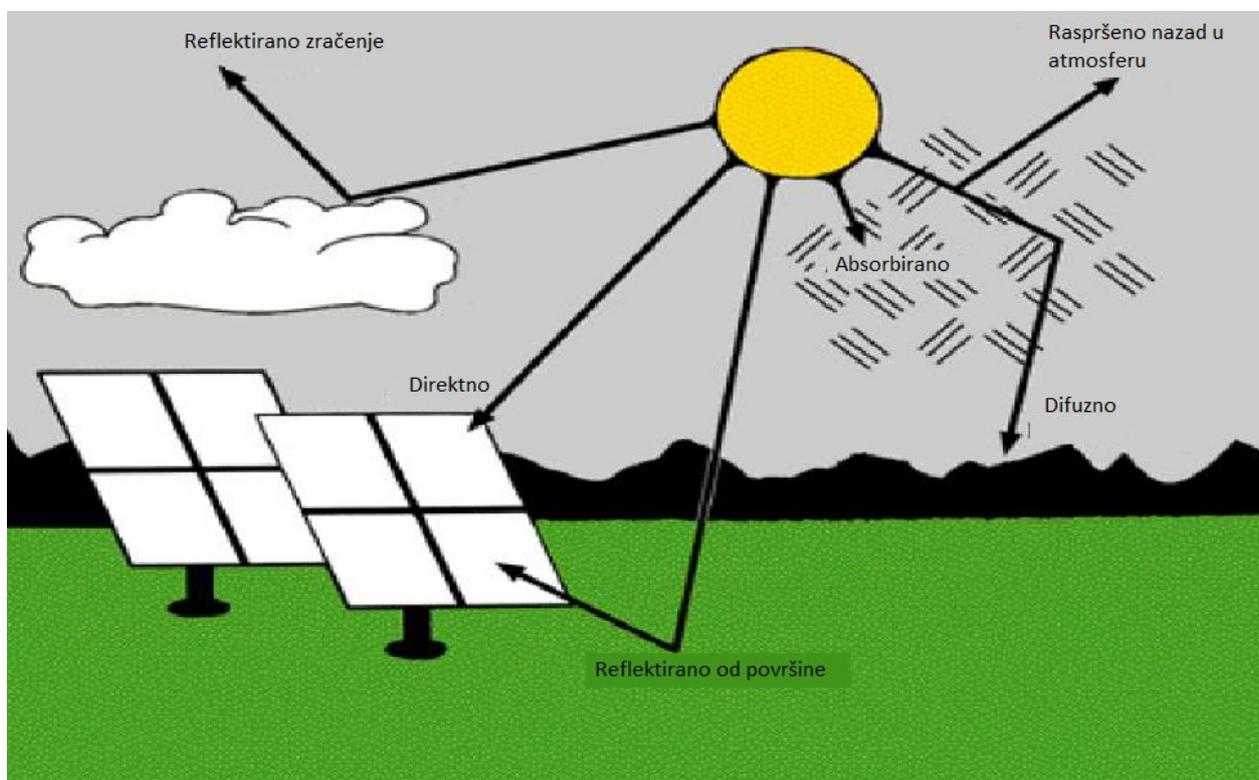
- energija vodenih tokova
- energija mora (valovi, morske struje, plima i oseka)
- energija vjetra
- solarna energija
- biogorivo
- biomasa
- geotermalna energija

Veliki potencijal otoka Cresa u iskorištavanju OIE leži u iskorištavanju energije vjetra, solarne energije te eventualno biomase i energije mora, a za svaku od ovih tehnologija bit će u ovom radu dan detaljniji pregled potencijala. Osim tehnologija najpogodnijih za otok Cres u sljedećim poglavljima biti će razrađeni mogućnosti pohrane energije te implementacija pametnih mreža kao i mogućnosti integracije različitih mreža te će biti dani primjeri iz prakse koji su se pokazali uspješnima na lokacijama sličnim otoku Cresu.



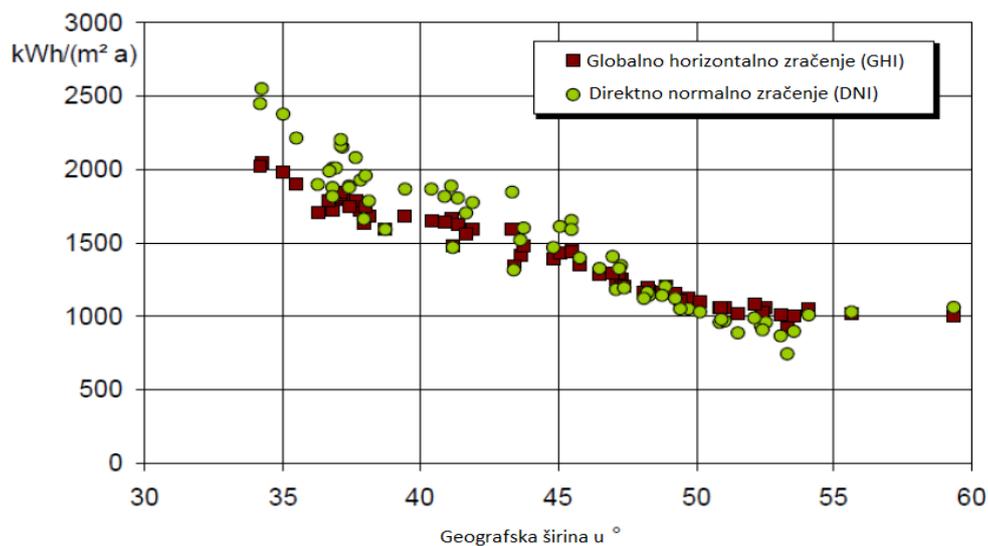
## 5.1. Energija Sunca

Sunce je neiscrpan i potpuno bespalatan izvor energije. Sunčevo zračenje koje se uspije probiti kroz više slojeve atmosfere dopjeva do površine Zemlje te se pomoću fotonaponskih ćelija ili solarnih termoelektrana (eng. Concentrated Solar Power, CSP) može iskoristiti energija koja je u njemu pohranjena. Razlikujemo direktno i difuzno sunčevo zračenje. Zračenje se mjeri u kWh/m<sup>2</sup>, a u svrhu iskorištavanja sunčevog zračenja pomoću različitih tehnologija ukupno dozračenje na površinu podjeljeno je na globalno horizontalno zračenje (eng. Global Horizontal Irradiance, GHI) i direktno normalno zračenje (eng. Direct Normal Irradiance, DNI). Kod tehnologije fotonaponskih ćelija globalno horizontalno zračenje je zračenje koje se koristi u proračunima, dok je kod solarnih termoelektrana bitnije direktno normalno zračenje.



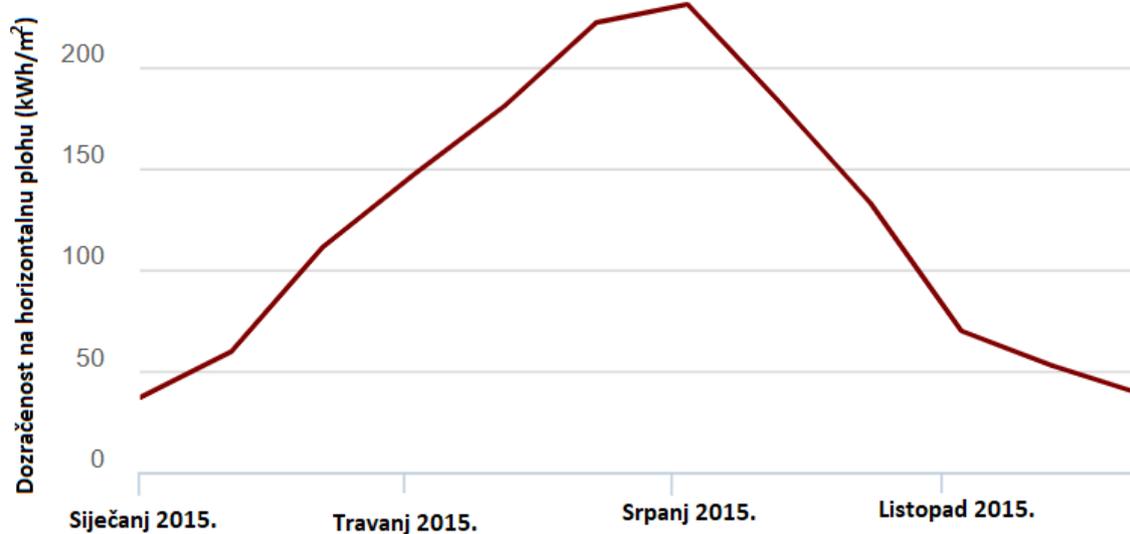
Slika 11: Vrste sunčevog zračenja [19]

Količina dospijelog sunčevog zračenja do površine zemlje, odnosno do fotonaponskih ćelija ili solarnih termoelektrana ovisi dakako i o geografskoj poziciji. Tako su primjerice lokacije bliže ekvatoru povoljnije za gradnju solarnih termoelektrana jer je količina DNI zračenja veća nego kod lokacija koje se nalaze više prema polovima.

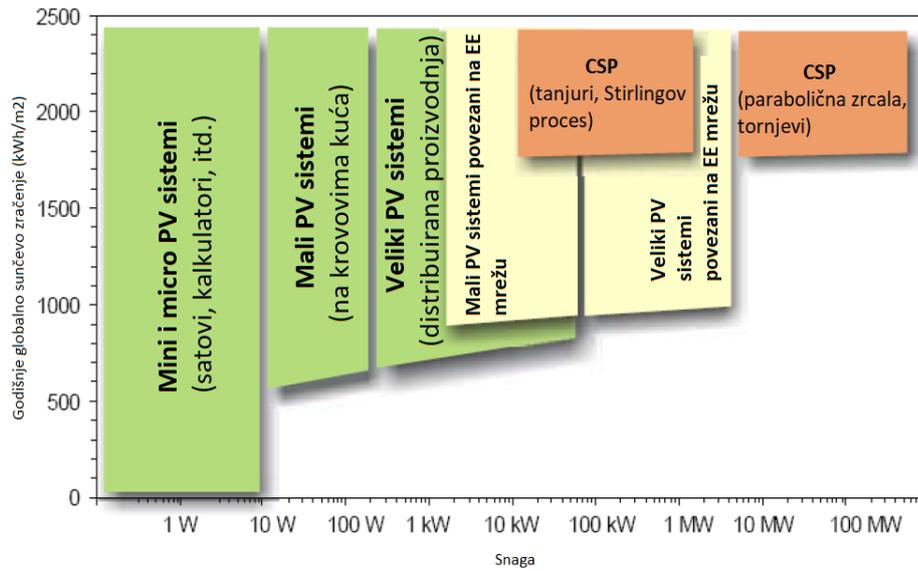


Slika 12: Ovisnost sunčevog zračenja o geografskoj širini [19]

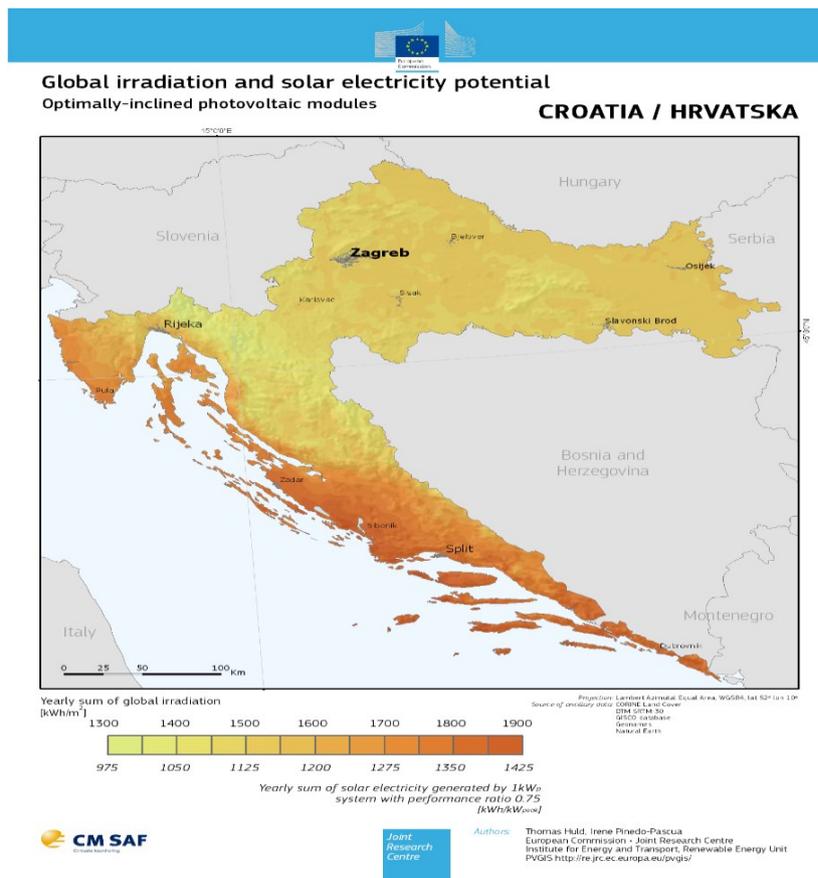
Cres se nalazi na  $44^\circ$  sjeverne geografske širine, a prema podacima dobivenima pomoću PVGIS alata [40], ukupna godišnja dozračenost 2015. godine na horizontalnu plohu iznosi  $1546,6 \text{ kWh/m}^2$ , što se podudara sa vrijednostima na slici 12. i 15.



Slika 13: Sunčeva dozračenost na horizontalnu plohu 2015. godine [40]



Slika 14: Područja primjene različitih solarnih tehnologija [19]



Slika 15: Sunčevo zračenje na teritoriju hrvatske [20]

Iz slike 12., 13. i 14., geografske lokacije otoka Cresa te prosječnog godišnjeg dozračenja na horizontalnu površinu proizlazi da je Cres pogodan za izgradnju PV sistema (eng. Photovoltaic) koji mogu biti povezani na elektroenergetsku mrežu otoka ili mogu biti “off grid” sustavi za proizvodnju električne i/ili toplinske energije u kućanstvima.

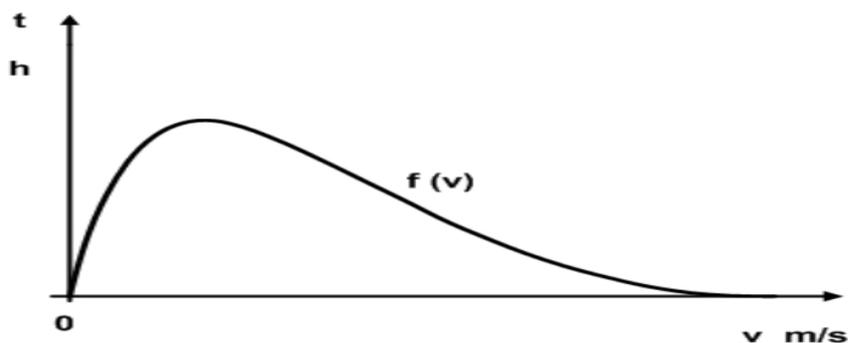
### 5.1.1 Solarna elektrana Orlec – Trinket

Solarni potencijal otoka prepoznat je od strane HEP-a te je tako već započeo projekt izgradnje solarne elektrane Orlec – Trinket na lokaciji udaljenoj 2 km od naselja Orlec. Elektrana će se prostirati na zemljištu veličine 17 ha, a bit će podjeljena na 13 segmenata pojedinačne snage 500 kW. Ukupna snaga ove elektrane iznositi će dakle 6,5 MW te će kao takva biti najveća solarna elektrana u Hrvatskoj, a procjenjuje se da bi trebala proizvoditi 8,5 GWh električne energije godišnje [35]. Kako je pokazano ranije, ukupna godišnja potrošnja električne energije na otoku Cresu iznosi 17,92 GWh (sektor zgradarstva i javne rasvjete) što ugrubo znači da bi penetracijom ukupno proizvedene električne energije u mrežu bilo zadovoljeno oko 47% godišnje potražnje otoka za električnom energijom.

## 5.2. Energija vjetra

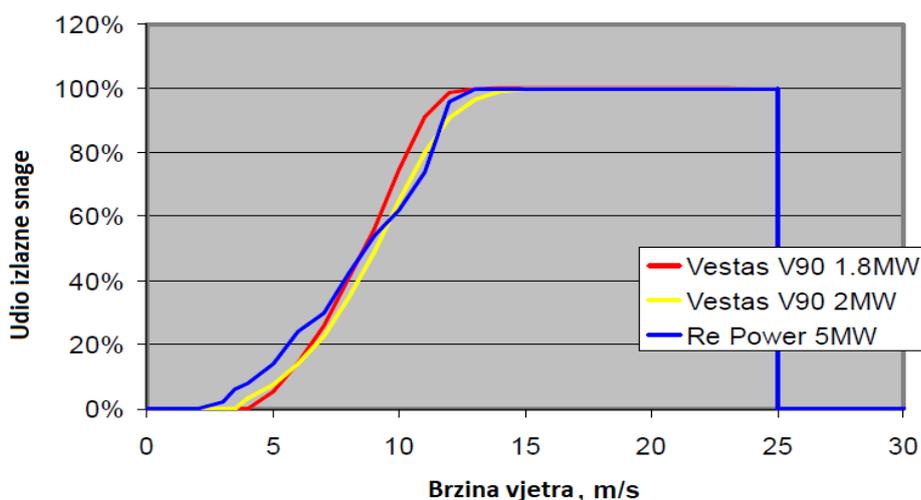
Vjetar je još jedan oblik sunčeve energije koji nastaje zbog neujednačenog grijanja Zemljine atmosfere. Površina Zemlje sastoji se od različitih kopnenih i vodenih masa koje različito apsorbiraju sunčevo zračenje te dolazi do razlika temperatura zraka (a time i tlaka) iznad tih površina. Vjetar kao izvor energije karakterizira stalna promijenjivost te nemogućnost pohranjenja pa je zbog toga vrlo bitna stavka u planiranju vjetroelektrana vjetropotencijal na širem području. Glavni djelovi vjetroelektrana su vjetroagregati koji su najčešće istog tipa i povezani su jednim zajedničkim rasklopnim uređajem [21]. Princip funkcioniranja vjetroagregata je taj da oni pretvaraju kinetičku energiju vjetra u mehaničku te se preko vratila i prijenosnog sustava mehanička energija u generatoru pretvara u električnu energiju. Kako je kinetička energija vjetra ovisna o drugoj potenciji brzine vjetra, a snaga vjetroagregata o trećoj potenciji brzine vjetra, jasno je zašto je brzina vjetra najvažniji faktor pri planiranju ovakvih postrojenja. Kako je već spomenuto, vjetar karakterizira stalna promijenjivost intenziteta i smjera djelovanja, stoga su podatci koji su prikupljeni kroz duži vremenski period osrednjeni i dani u atlasu vjetra koji je

koristan alat u projektiranju vjetroelektrana. Prikupljeni podatci o brzini vjetra najbolje se mogu aproksimirati Weibullovom funkcijom iz koje se može isčitati vjerojatnost pojave vjetra tijekom nekog vremenskog perioda. Na sljedećim slikama prikazana je Weibullova aproksimacija brzina vjetra te ovisnost brzine vjetra o površinskoj hrapovosti i raspodjela po visini.

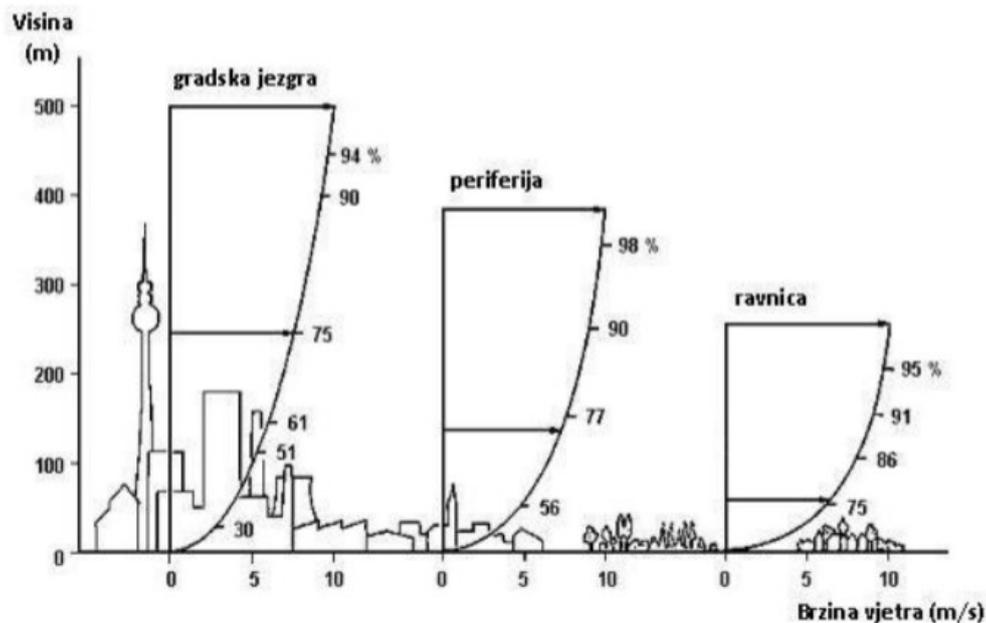


Slika 16: Weibullova raazdioba

Današnje vjetroturbine izrađene su od kvalitetnih kompozitnih materijala poput poliestera ojačanog staklenim vlaknima ili plastike ojačane karbonskim vlaknima koji imaju visoku zamornu čvrstoću [23]. Povećanjem brzine vjetra povećava se i količina električne energije koju generator proizvodi. Maksimalna količina električne energije postiže se u području brzina vjetra između 12 i 17 m/s. Daljnim povećanjem brzine ne dolazi do povećanja proizvedene električne energije, ali dolazi do sve većeg opterećenja lopatica turbine te se pri brzini vjetra od otprilike 25 m/s turbina isključuje iz pogona kako se nebi dogodila havarija.



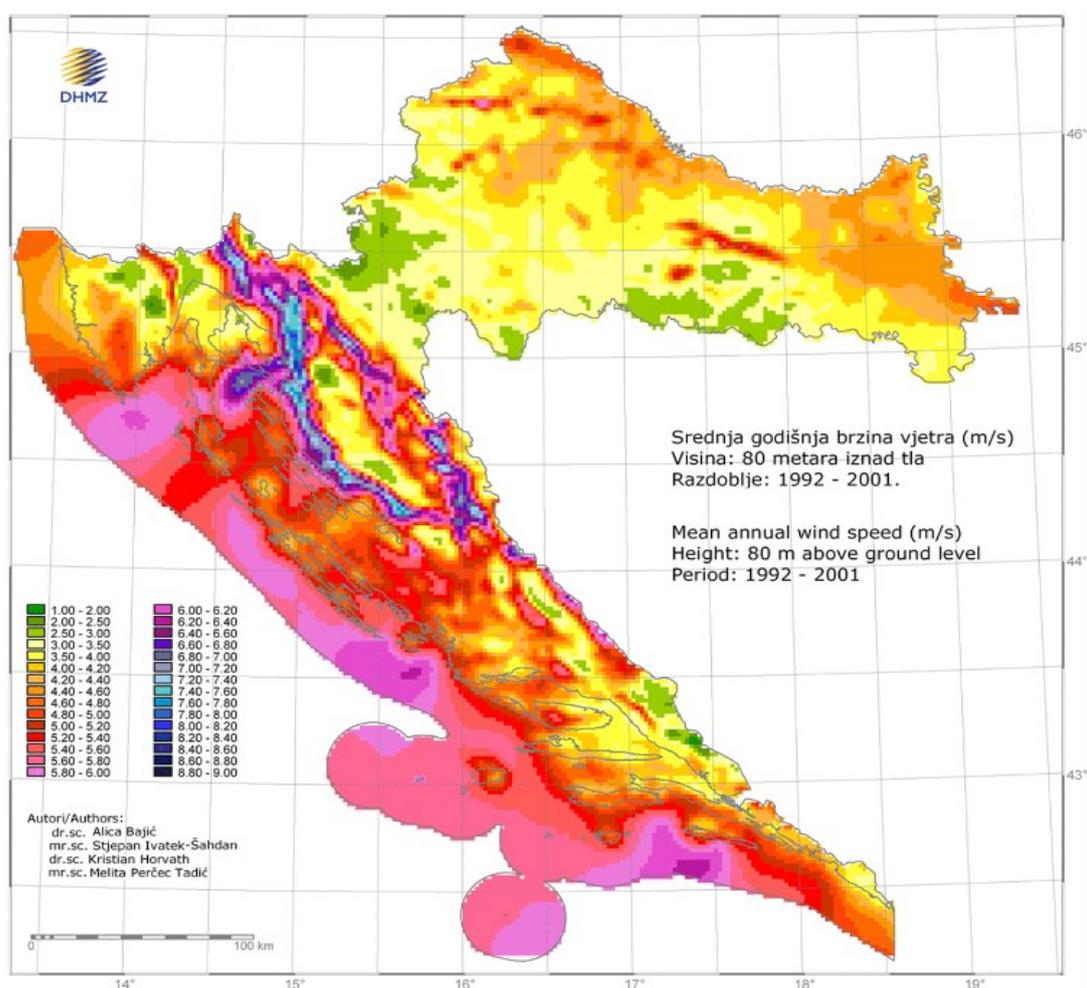
Slika 17: Krivulja ovisnosti snage različitih vjetro-agrgata ovisno o brzini vjetra [24]



Slika 18: Raspodjela brzine vjetra po visini ovisnosti o hrapavosti površine [22]

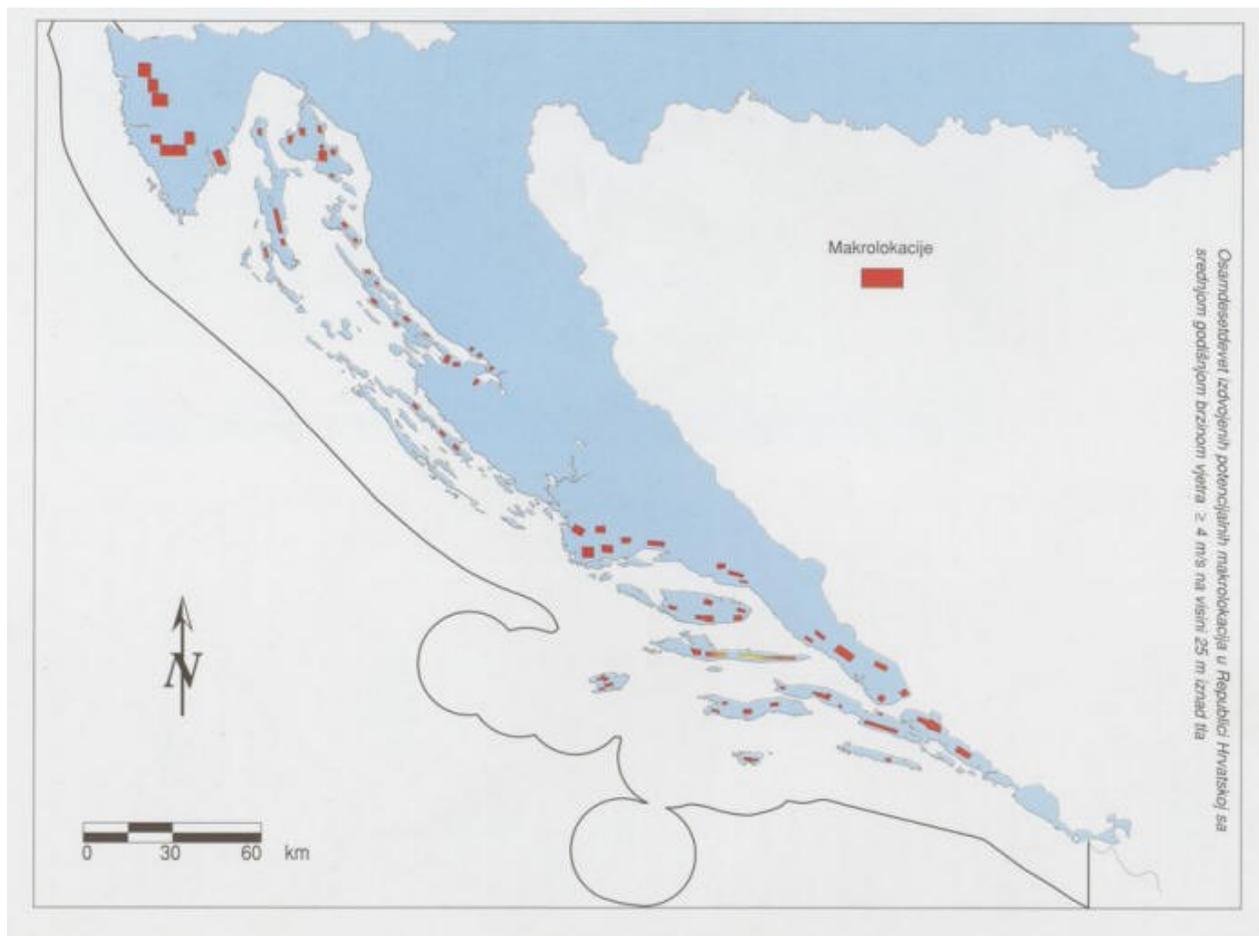
Općenito voda, a posebno dublja od 60 metara, ima manju hrapavost površine te se postiže uravnotežena brzina vjetra na manjim visinama. Zbog toga se u zadnje vrijeme grade vjetroelektrane koje se nalaze na pučini, daleko od morske obale [22].

Trenutno ne postoji atlas vjetra za otok Cres pa je vjetropotencijal otoka Cresa, za ovaj rad, procijenjen na temelju podataka DHMZ-a o brzinama vjetra na teritoriju Republike Hrvatske za razdoblje od 1992. do 2001. godine. Kako se vidi na sljedećoj slici, prosječne brzine vjetra u tom periodu na visini od 80 metara kretale su se u rasponu od 3,5 sve do 6,0 m/s. Ovisno o proizvođaču i vrsti vjetro-agregata, maksimalna snaga se postiže tek pri brzinama vjetra od oko 12 do 17 m/s, a prema slici 16. i podacima o prosječnoj brzini vjetra na teritoriju otoka Cresa sa slike 18. zaključuje se da bi vjetroturbine na otoku Cresu radile u prosječnom rasponu snaga od oko 40%. Nešto veći potencijal imale bi “offshore” vjetroelektrane, jer su se prosječne godišnje brzine vjetra na otvorenom moru u blizini otoka Cresa kretale u području 5,8 do 7,0 m/s.



Slika 19: Srednja godišnja brzina vjetra na visini od 80 m [25]

Potencijalne lokacije za gradnju vjetroelektrana na otoku Cresu su sjeverni dio otoka, te jugoistočni dio na teritoriju između grada Cresa i otoka Lošinja (slika 19.). Važno je napomenuti da odabir lokacije ne ovisi samo o vjetroprotencijalu već i o prostornim planovima općina/županija. Tako lokacije koje su označene na otoku Cresu zadovoljavaju Uredbu o uređenju i zaštiti obalnog područja, koja uvjetuje minimalnu udaljenost u iznosu od 1 000 metara od obalne crte [24]. Lokacije prigodne za “offshore” vjetroelektrane nisu označene na slici 19., ali potencijalne lokacije su zapadno od otoka Cresa prema Istri. Istočnim djelom pomorskog puta između otoka Cresa i Krka prolaze brojni pomorski putevi, trajektne i katamaranske linije te brojni manji brodovi tako da je ta lokacije manje pogodna iako vjetroelektrane ne ometaju u velikoj mjeri pomorski promet te se između njih može slobodno ploviti.

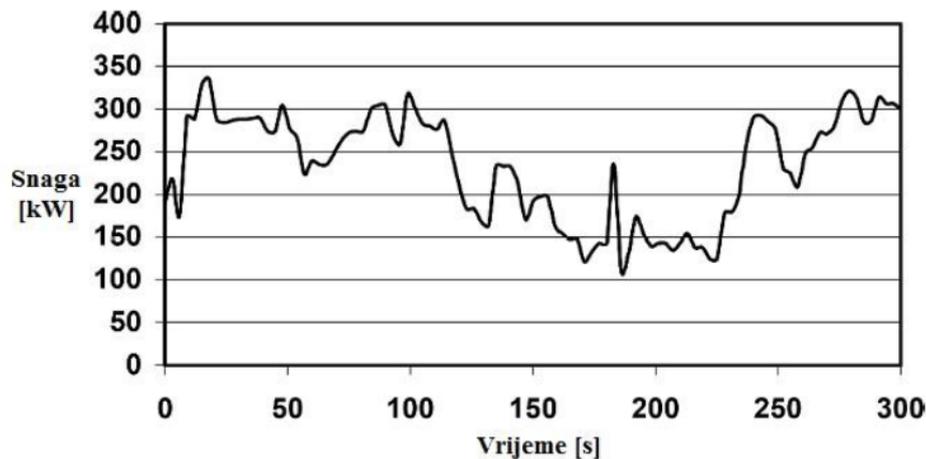


Slika 20: Potencijalne mikrolokacije vjetroelektrana na teritoriju RH sa srednjom godišnjom brzinom vjetra  $>4$  m/s [4]



### 5.3. Skladištenje energije

Zadaća elektroenergetskog sustava je da u svakom trenutku osigura svakom potrošaču potrebnu količinu energije. Još uvijek veliki broj elektrana koristi konvencionalna fosilna goriva koja imaju štetan utjecaj na okoliš. Potpisivanjem Pariškog sporazuma, države su se, između ostalog, obvezale smanjiti emisiju štetnih tvari, te razvijati nove “zelene” tehnologije. Obnovljivi izvori energije su intermitentni izvori, što znači da je količina proizvedene energije promjenjiva tijekom vremenskog perioda. Na primjer, proizvedena energija na vjetroagregatu mijenja se zbog promjena brzine vjetra koje nisu konstante tijekom promatranog perioda. Slika 20. prikazuje kako varira izlazna snaga vjetroagregata snage 350 kW.



Slika 21: Promjena izlazne snage vjetroagregata nazivne snage 350 kW [26]

Kod elektrana na konvencionalna fosilna goriva, regulacija izlazne snage može se vršiti pomoću količine korištenog goriva, te njihova proizvodnja ne ovisi o okolišnim uvjetima poput naoblake, promjene brzine i smjera puhanja vjetra, itd., stoga one mogu regulirati proizvedenu količinu energije tako da ona odgovara potrošnji. Kako bi se osiguralo da se višak proizvedene energije iz intermitentnih izvora koristi i kada vremenski prilike nisu zadovoljavajuće, koriste se spremnici energije. Tehnologije skladištenja energije omogućavaju kako kratkoročno tako i dugoročno (po nekoliko mjeseci) skladištenje energije. Električna energija ne može se uskladištiti u svom obliku te se sve tehnologije baziraju na pretvorbi električne energije u oblik koji se lako sprema i koji je lako kasnije dostupan pri obrnutoj konverziji u električnu energiju. Tehnologije za pohranu energije imaju još pozitivnih učinaka na elektroenergetsku mrežu kao što su, između ostalog, regulacija frekvencije i napona [26].

Kako bi otok Cres mogao pokrivati svoje energetske potrebe iz izvora koji su dostupni na teritoriju otoka kao što su vjetar i sunce, nužno je planirati i tehnologije pohrane energije kako bi intermitentni izvori energije u svakom trenutku mogli pokriti potrebe za energijom. Tehnologije pohrane koje će se obraditi u ovom radu, a koje bi se mogle koristiti na otoku Cresu su elektrokemijske baterije i članci, vodik te reverzibilna hidroelektrana.

### 5.3.1. Baterije

Električna energija pohranjuje se u obliku kemijske energije u baterijama. Baterije mogu biti izrađene za samo jedno pražnjenje, ali mogu biti izrađene tako da se mogu ponovno napuniti. Kako bi se električna energije proizvedena iz OIE mogla pohraniti u bateriji, ona mora imati mogućnost punjenja. Najčešće se koriste u automobilima, ali u zadnje vrijeme pronalaze svoje mjesto i u sustavima OIE serijskim spajanjem više članaka. Na taj način može se pohraniti određena količina energije za vrijeme male potrošnje, a velike proizvodnje te se u obliku kemijske energije čuva sve do povećane potrošnje energije za vrijeme male proizvodnje kada proizvedena količina električne energije ne prati potražnju. Postoje različite vrste baterija prema materijalu koji se koristi, ali zajednička osobina svih baterija jesu karakteristike.

Pod karakteristike baterija ubrajaju se [26]:

- kapacitet skladištenja energije
- maksimalna snaga i vremenska konstanta
- gubici i učinkovitost
- starenje
- troškovi
- specifična energija i specifična snaga baterije
- vrijeme odziva
- stanje energije

	Olovne	NiCd	Li-ion	NaS	ZEBRA	VRB	ZnBr
<b>TEHNIČKE ZNAČAJKE</b>							
Dugotrajnost	≤20 god.	20+ god.	≤10 god.	≤15 god.	≤15 god.	≤20 god.	≤10 god.
Broj ciklusa (DoD 80%)	200-1.000	1.000-3.500	1.000-2.000	4.000-5.000	4.000-5.000	>12.000	2.000-3.000
Gustoća energije (Wh/kg)	15-40	15- 40	70 – 250	100-120	100-120	50	75-85
Nazivni napon članka (V)	2	1,2	2,4 - 3,7	2	2,5	1,2	1,8
Korisnost (%)	70-82	60-70	>90	80-90	85-95	70-85	60-75
Vrijeme punjenje / pražnjenje	5 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Vrijeme odziva	<1 ms	<1ms	<1 ms	5 ms	5 ms	5 ms	5 ms
Samopražnjenje (%/dan)	0,033-0,3	0,067-0,6	≤ 0,1	0 (nova)	0	malo	veliko
Radna temperatura (°C)	-10 - +40	-40 - +50	-20 - +60	+310 - +350	+310 - +350	+20 - +40	+20 - +50
Pogodne za snage (MW)	≤10	< 30	≤ 2	≤ 50	≤ 5	≤ 15	≤1
Vrijeme pražnjenja	do 5 h	< 1h	≤ 2 h	2-8 h	2-8 h	4-8+ h	2-4 h
<b>RASPON CIJENA</b>							
Cijena baterije (€/kW)	100-500	400-900	150 – 1.000	3.000-4.000	150-1.000	500-1.300	300-700
Cijena baterije (€/kWh)	100-200	450-1.100	700 - 1.300	400-600	550-750	100-400	450-550

Tablica 10: Radne karakteristike pojedinih tipova baterija [26]

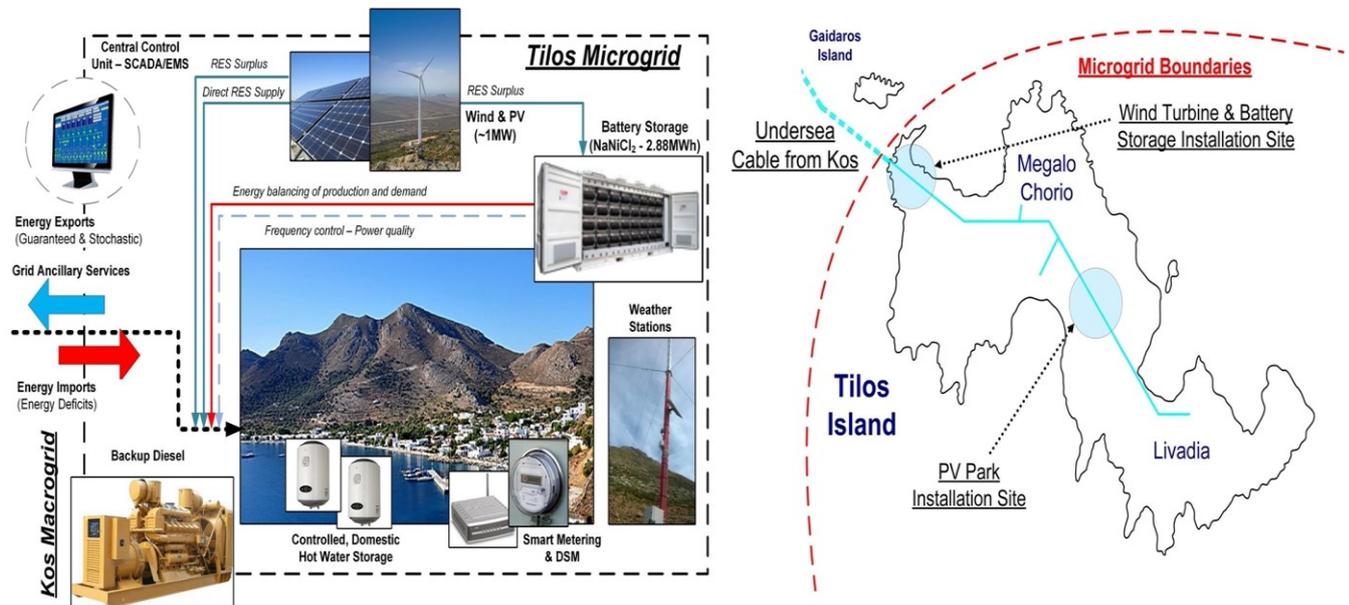
Učinkovitost baterija iznosi oko 90% ovisno o vrsti baterije. Spajanjem baterijskih članaka u seriju lako se može pohraniti velika količina energije. Dobar primjer takvog spajanja baterijskih članaka je baterija koju je proizvela tvrtka Tesla, Tesla Powerpack, koja je bila predviđena za instalaciju u južnoj Australiji.



Slika 22: Tesla Powerpack [41]

Još jedan primjer ovakvog sustava pohrane energije je grčki otok Tilos. Svojim karakteristikama, Tilos je sličan otoku Cresu, nalazi se u Egejskom moru, a površine je 65 km<sup>2</sup>. Na otoku je instaliran sustav pohrane energije koji se sastoji od NaNiCl<sub>2</sub> baterija koju je proizvela tvrtka FIAMM.

Glavni cilj ovog pilot projekta bio je testirati baterijski sustav te pokazati potencijal koji ovakav lokalni baterijski sustav pruža. Otok Tilos povezan je prekomorskim kabelom s elektranom na otoku Kos-u te se preko njega napajao električnom energijom. Instalacijom vjetroturbina i solarnih ćelija zajedno sa baterijskim sustavom cilj je bio opskrbiti otok čistom energijom te osigurati sigurnost dobave energije iz OIE [42]. Shema ovog sustava prikazana je na slici 22.

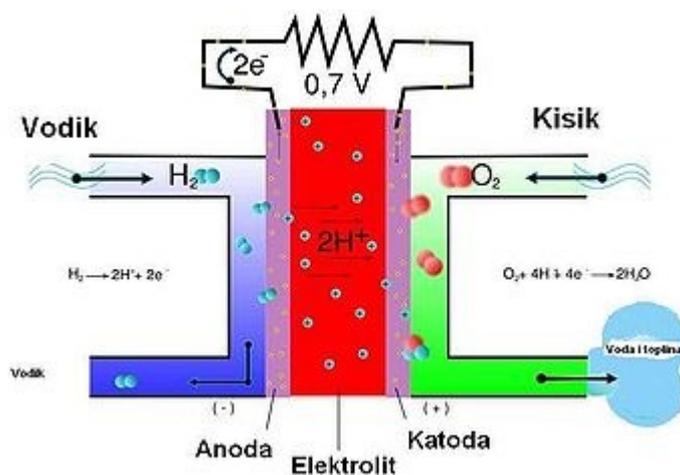


Slika 23: Prikaz optimalne integracije pohrane energije u sklopu pametnih mikromreža na otoku Tilosu [42]

Na gornjoj slici prikazan je način na koji je baterijski sustav, zajedno sa instaliranim PV ćelijama i vjetroagregatima, integriran u elektroenergetsku mrežu otoka Tilosa. Na ovaj način omogućen je rad otočnog elektroenergetskog sustava kao zasebne cijeline u slučaju kada se potražnja za električnom energijom može namiriti iz energije pohranjene u baterijama te direktnom penetracijom iz OIE u mrežu, dok se u slučaju potražnje koja premašuje kapacitete sustav može ponovno povezati sa elektranom na otoku Kos-u koja u ovom slučaju služi kao rezerva. Ovaj pilot projekt ovakvog hibridnog sustava baterija povezanih sa OIE pružaju Tilosu da maksimalno iskoristi svoj potencijal dobivanja energije iz obnovljivih izvora te na taj način smanji štetne emisije. Uz to korištenjem ovakvog hibridnog sustava omogućilo je Tilosu da podigne ukupni udio proizvedene energije iz OIE u mreži na 70% [42]. Uspješnost ovog projekta može biti poticaj brojnim drugim otocima pa tako može poslužiti i kao dobar primjer otoku Cresu u njegovoj energetskej tranziciji. Kao što se razradilo u prethodnim poglavljima potencijal otoka Cresa za dobivanje energije Sunca i vjetera je veliki, a implementacijom sustava pohrane energije kao što je ovaj hibridni sustav na otoku Tilosu uvelike bi poboljšalo sigurnost opskrbe energije te mogućnost veće penetracije energije iz OI u mrežu.

### 5.3.2. Vodik

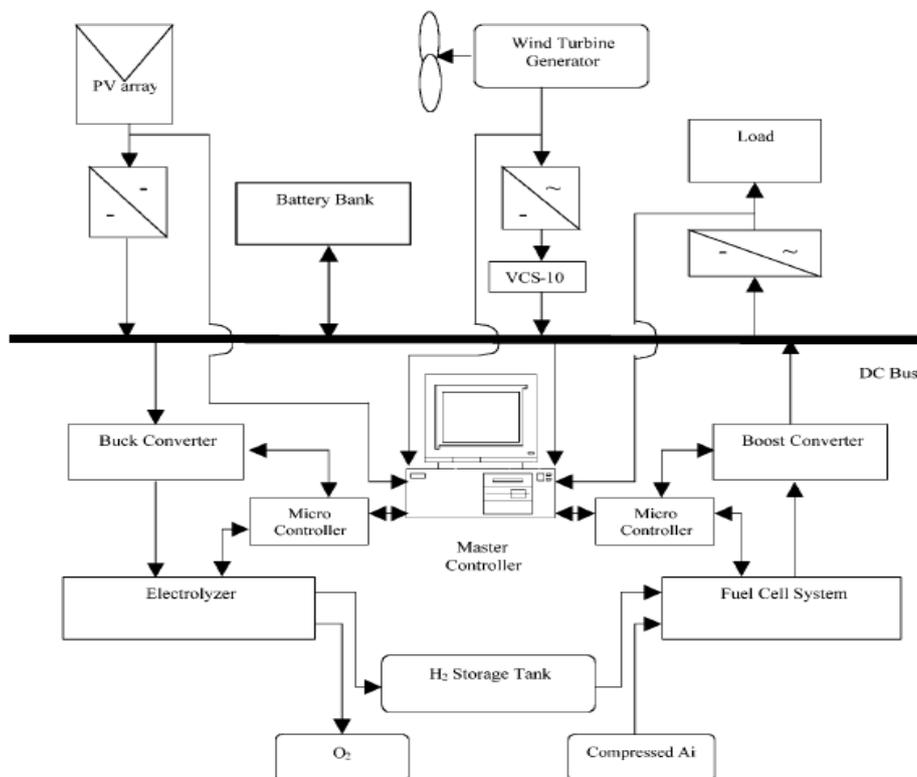
Tehnologija korištenja vodika kao “spremnika” energije jedna je od novijih. Naime, vodik je spoj koji čini gotovo 75% mase u svemiru, što znači da je potencijal vodika ogroman. Na žalost u prirodi se ne nalazi u elementarnom stanju, već u spojevima, najčešće ugljikovodicima. Pošto se vodik u prirodi nalazi u spojevima, za njegovo dobivanje nužno je utrošiti energiju. U ovom radu obradit će se dobivanje vodika elektrolizom vode, zbog toga što je ova tehnologija u potpunost čista, odnosno nema štetnih utjecaja na okoliš. Energija potrebna za elektrolizu vode može se proizvesti iz OIE te u slučaju male potražnje iskorištava se u elektrolizatoru za dobivanje vodika. Elektrolizator je uređaj (u obliku posude) u kojoj se nalaze elektrode potopljene u otopini elektrolita. Kada se preko elektroda zatvori strujni krug dolazi do elektrolitske disocijacije. Učinkovitost elektrolizatora je u rasponu od 40-60%. Vodik dobiven u elektrolizatoru sprema se u spremnike te se na taj način pohranjuje električna energija. Kada je potrebno, energiju iz vodika možemo ponovno transformirati u električnu energiju pomoću vodikovih gorivih članaka. Postupak je obrnut postupku elektrolize. Vodik se sprema u spremnike na tlaku od oko 350 bara, stoga se na elektrolizer postavlja zahtjev da proizvodi vodik na tlaku spremanja kako bi se izbjeglo naknadno komprimiranje vodika [24].



Slika 24: Princip rada elektrolizera [43]

Na slici 23. vidi se da je jedini nusprodukt vodikovog gorivog članka, pri dobivanju električne energije iz pohranjenog vodika, voda. Vodik se osim za dobivanje električne energije može iskoristiti i u prometu, u automobilima, kamionima i autobusima, stoga ova tehnologija dobiva još više na važnosti iz razloga što može potaknuti energetska tranziciju i u prometnom sektoru.

Kao odličan primjer pohrane energije uz pomoć vodika i OIE je sustav koji je razvijen i testiran u institutu za istraživanje vodika (Hydrogen Research Institute) sveučilišta u Quebecu. Znanstvenici i inženjeri na institutu razvili su sustav koji sastoji od vjetroturbina i solarnih ćelija koji uz pomoć vjetra i sunca proizvode električnu energiju. PV ćelije, vjetroturbinski agregat i spremnik vodika spojeni su na jednu DC sabirnicu na koju je također spojeno i opterećenje (krajnji korisnici energije). Električna energija proizvedena iz OIE šalje se prema potrošačima, a u vrijeme povećane proizvodnje i niske potrošnje višak električne energije koristi se za dobivanje vodika elektrolizom vode [28]. Slično kao i u primjeru na otoku Tilosu, u vrijeme niske proizvodnje energije iz OIE, putem regulacijskog sustava iz spremnika vodika i vodikovih gorivih članaka proizvodi se električna energija te se šalje prema potrošačima. Shema sustava i specifikacije dane su na slici 24. i tablici 11.



Slika 25: Shema sustava PV, WTG-a i vodika kao spremnika energije [28]

COMPONENT	SPECIFICATIONS
Wind Turbine Generator	10 kW, 3 $\phi$ Permanent Magnet Alternator, VCS-10 - 48 V DC, Bergey BWC Excel
Photovoltaic Array	1 kW (peak), 4S*4P with charge controller, GP 64 PV Modules, Golden Genesis
Electrolyser	5 kW, Alkaline Electrolyser with Compressor, Stuart Energy System
Buck Converter	5 kW, Multiphase PWM, 36-48 Volt, HRI made
Fuel Cell System	5 kW, Proton Exchange Membrane FC stack (MK5-E), 19-35 Volt, Ballard Power System
Boost Converter	5 kW, Multiphase PWM, 24-48 Volt, HRI made
DC Load	12 kW (programmable), Water Cooled, Dynaload
AC Load	3 kW (programmable), California Instruments
Inverter	5 kW, Trace Engineering
Battery	42.240 kWh
Power Source	10 kW (programmable), Elgar
H <sub>2</sub> Storage	10 bar, 3.8 m <sup>3</sup> represents 125 kWh of stored energy [2]

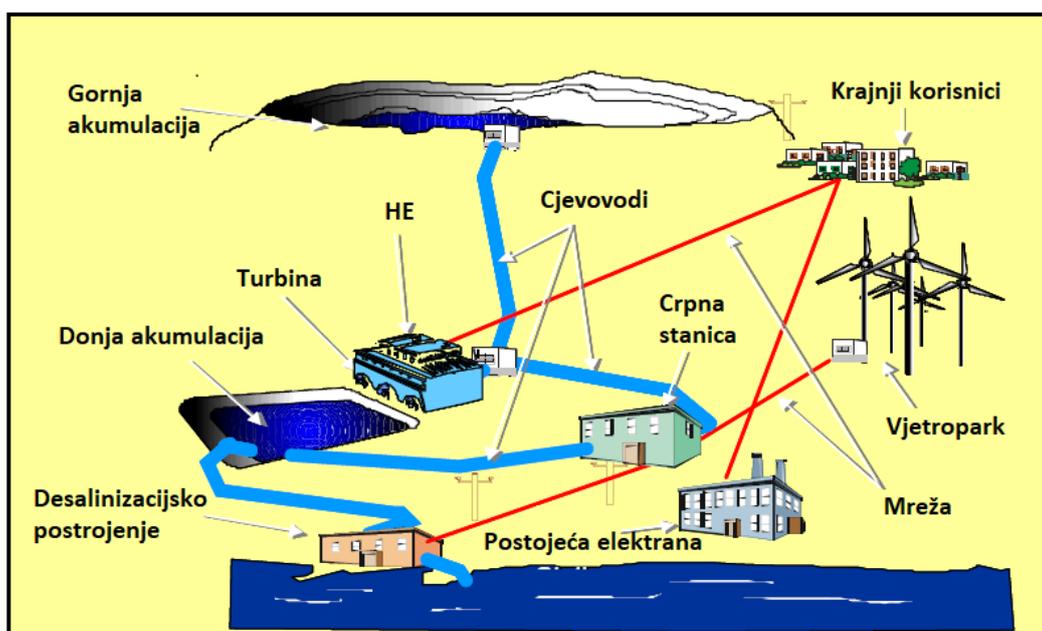
Tablica 11: Specifikacije sustava [28]

Ovaj sustav je testiran i u pogonu je od 2001. godine, dakako ovaj sustav je napravljen u svrhu testiranja te bi se u slučaju implementaciju na otoku Cresu trebao modificirati prema parametrima otoka, ali ovdje je naveden kao dobar primjer ovakve tehnologije. Osim za pokrivanje potrošnje električne energije u sektoru zgradarstva, tehnologija vodika primjenjiva je i u sektoru prometa te se daljnjom modifikacijom ovakvog sustava vodik može koristiti i kao gorivo u automobilima i autobusima.

### 5.3.3. Reverzibilna hidroelektrana

Reverzibilne hidroelektrane predstavljaju posebnu vrstu hidroelektrana, a rade na principu spremanja vode u spremnik. Za reverzibilnu hidroelektranu nužno je postojanje dvaju spremnika (gornja i donja akumulacija) koji su međusobno povezanim jednim ili dvama cjevovodima. U razdoblju visoke proizvodnje energije, a niske potražnje, višak električne energije koristi se za pogon pumpi koje pumpavaju vodu iz donje akumulacije u gornju. Na taj način, zbog visinske razlike spremnika, energija je pohranjena u vodi u obliku potencijalne energije. Za vrijeme niske proizvodnje energije, primjerice iz OIE, a visoke potražnje energije, reverzibilne hidroelektrane puštaju vodu iz gornjeg sprmenika preko spojnog cjevovoda i turbine prema donjem spremniku i na taj način se spremljena energija u vodi ponovno pretvara u električnu energiju. RHE mogu se kombinirati sa OIE te se na taj način umanjuje utjecaj promjenjivih vremenskih uvjeta na

produkciju električne energije iz intermitentnih izvora energije poput vjetrova ili sunca. Tehnologija RHE trenutno je najisplativija tehnologija za spremanje velikih količina energije, a iskoristivost im se kreće u rasponu od 70% do 85% [44]. Spojene na mrežu omogućuju kontrolu frekvencije električne mreže jer se vrlo dobro prilagođuju promjeni opterećenja. Poznate su i pod nazivom “pumped storage system” (PS). Veliki nedostatak ovakvog vrsta hidroelektrane leži u pronalasku pogodnog terena za izgradnju te u visokoj cijeni investicije. Otok Cres pogodan je za izgradnju ovakvog sustava jer bi se kao donja akumulacija iskoristilo Vransko jezero čija se površina nalazi na 14 m.n.v., a zapremnine je 0,2 km<sup>3</sup>. Postojanje ove lokacije uvelike smanjuje troškove izgradnje, a što se tiče gornje akumulacije bilo bi potrebno izgraditi umjetno akumulacijsko jezero na većoj visini. Reljef otoka Cresa veoma je pogodan za izgradnju takve lokacije jer se u neposrednoj blizini Vranskog jezera nalaze gore i uzvisine koje sežu do 482 metara te se može postići dovoljna visinska razlika. Uz gore navedene tehnologije za dobivanje energije pogodne za izgradnju na otoku Cresu, reverzibilna hidroelektrana uvelike bi doprinjela razvoju energetske neovisnosti otoka jer bi se višak energije proizvedene iz intermitentnih izvora pohranio u gornjoj akumulaciji. Ovakav sustav OIE i RHE već postoji u svijetu, a najbliži primjer je na Kanarskom otočiću El Hierro. Iako je površinom duplo manji od otoka Cresa, El Hierro je uspio integrirati OIE i RHE te se na taj način orijentirao prema otoku koji bi zadovoljavao svoje potrebe za električnom energijom iz izvora koji su mu dostupni (vjetar i sunce). Za dobivanje električne energije na otoku El Hierro u pogonu je između ostalog i tehnologija nazvana Wind – Hydro Power Station (WHPS) [30].



Slika 26: Shema WHPS postrojenja na otoku El Hierro [30]



Na shemi se vide djelovi WHPS postrojenja na otoku EL Hierro. Generatori vjetroturbina spojeni su direktno na mrežu čime je omogućena penetracija električne energije prema krajnjim korisnicima. Crpna stanica također je spojena na mrežu na koju su spojeni i generatori te se višak energije troši za pogon pumpi. Pošto su obje akumulacije napravljene umjetno, bilo je potrebno izgraditi i desalinizacijsko postrojenje te postrojenje za pročišćavanje voda kako bi pumpe i turbine mogle normalno funkcionirati. Ovo je ujedno i najstarije postrojenje na svijetu ovakvog tipa, a otoku je omogućilo pokrivanje 75% električne energije pomoću akumulacija te penetraciju električne energije iz vjetroagregata u mrežu u iznosu od 30% [30]. Ujedno se i smanjilo djelovanje klimatskih uvjeta (nepostojanost kontinuiranog vjetra) na lokacijama vjetroparka. Sljedeća slika prikazuje lokaciju na otoku Cresu u blizini Vranskog jezera koja je pogodna za postrojenje reverzibilne hidroelektrane.



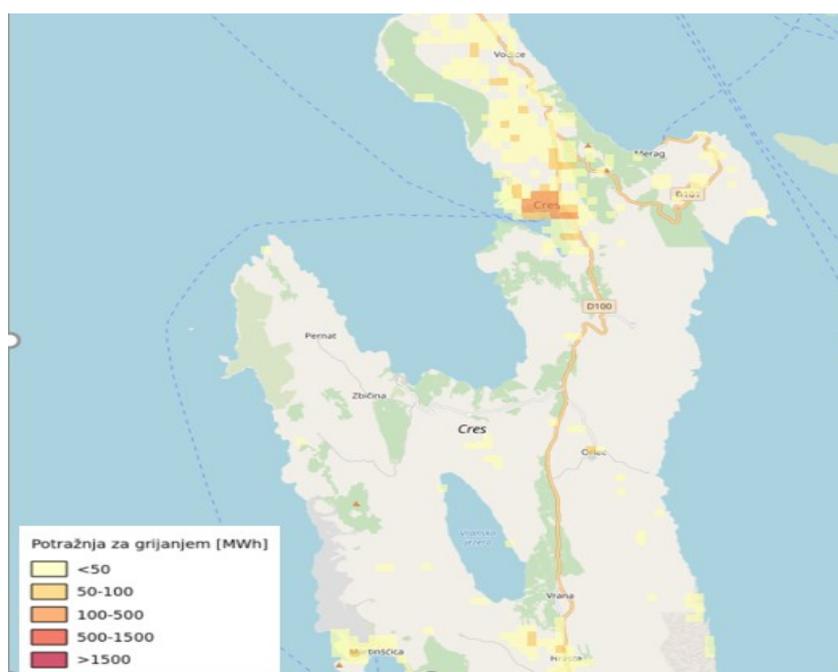
Slika 27: Potencijalna lokacija gornje akumulacije RHE na otoku Cresu

Ovo je dakako jedna od potencijalnih lokacija koja je dostupna na otoku Cresu za izgradnju ovakvog postrojenja. Plavom bojom označeno je mjesto gdje bi bilo pogodno izgraditi gornju akumulaciju. Lokacija se nalazi na 400 m.n.v, teren je pristupačan jer postoji cesta koja spaja Mali podol na sjeveru i Grmov na jugu, a teren je poprilično ravan. Daljnja mjerenja i istraživanja lokacije potrebno je izvršiti, ali za potrebu ovog rada taj dio se nije obradio već se ova lokacija dala kao primjer. Za izgradnju ovakvog postrojenja na ovoj lokaciji također bi se trebalo provesti istraživanja na utjecaj pitke vode iz Vranskog jezera pošto jezero u potpunosti opskrbljuje otok

Cres i Lošinj pitkom vodom. Prednost ove tehnologije, a i same lokacije je i ta što bi se uz ovakvo postrojenje moglo izgraditi i postrojenje za desalinizaciju morske vode te bi se time osigurala opskrba pitkom vodom u slučaju da dođe do povećanja potrošnje pitke vode.

#### 5.3.4. Skladištenje toplinske energije

Potražnja za toplinskom energijom otoka Cresa za referentnu godinu iznosi 10,25 GWh, a trenutno se stanovnici otoka opskrbljuju toplinskom energijom kotlovima koji se nalaze u njihovim stanovima/kućama. Potencijal otoka Cresa u iskorištenju solarne energije za potrebe grijanja prostora i PTV-a je veliki. Centralnim solarnim toplinskim sustavom pokrio bi se dio potražnje za toplinskom energijom, a jedna od glavnih komponenti takvog sustava je i spremnik toplinske energije. Ovakvi sustavi u svijetu nisu novost, a odličan primjer primjene ovakvog sustava na otoku je Danski gradić Marstal na otoku Ærø. Grad broji oko 2200 stanovnika, što je oko 2/3 stanovnika otoka Cresa. Potrebe toplinske energije zadovoljava sustav solarnog centralnog grijanja u kombinaciji sa spremnikom topline i kotlom na biomasu. U sustavu postoje 2 spremnika topline, jedan zapremnine 10 000 m<sup>3</sup>, a drugi 75 000 m<sup>3</sup>. Ukupna površina koju zauzima ovakav, uključujući površinu potrebnu za instalaciju solarnih panela i površinu spremnika, iznosi 33 300 m<sup>2</sup> [50]. Kako je najveća potražnja topline na otoku Cresu u gradu Cresu, ovakav sustav bilo bi potrebno izgraditi u neposrednoj blizini grada kako bi se smanjili gubici prijenosa topline u transportu prema potrošačima.



Slika 28: Potražnja za toplinskom energijom [52]

Toplinska energija koja se proizvede za vrijeme povećane proizvodnje, a male potražnje sprema se u spremnike te se koristi za vrijeme povećane potražnje, a male proizvodnje. Sljedeća slika prikazuje izgled postrojenja koje opskrbljuje gradić Marstal toplinskom energijom.



**Slika 29: Solarni centralni toplinski sustav gradića Marstal na danskom otoku Aero [53]**

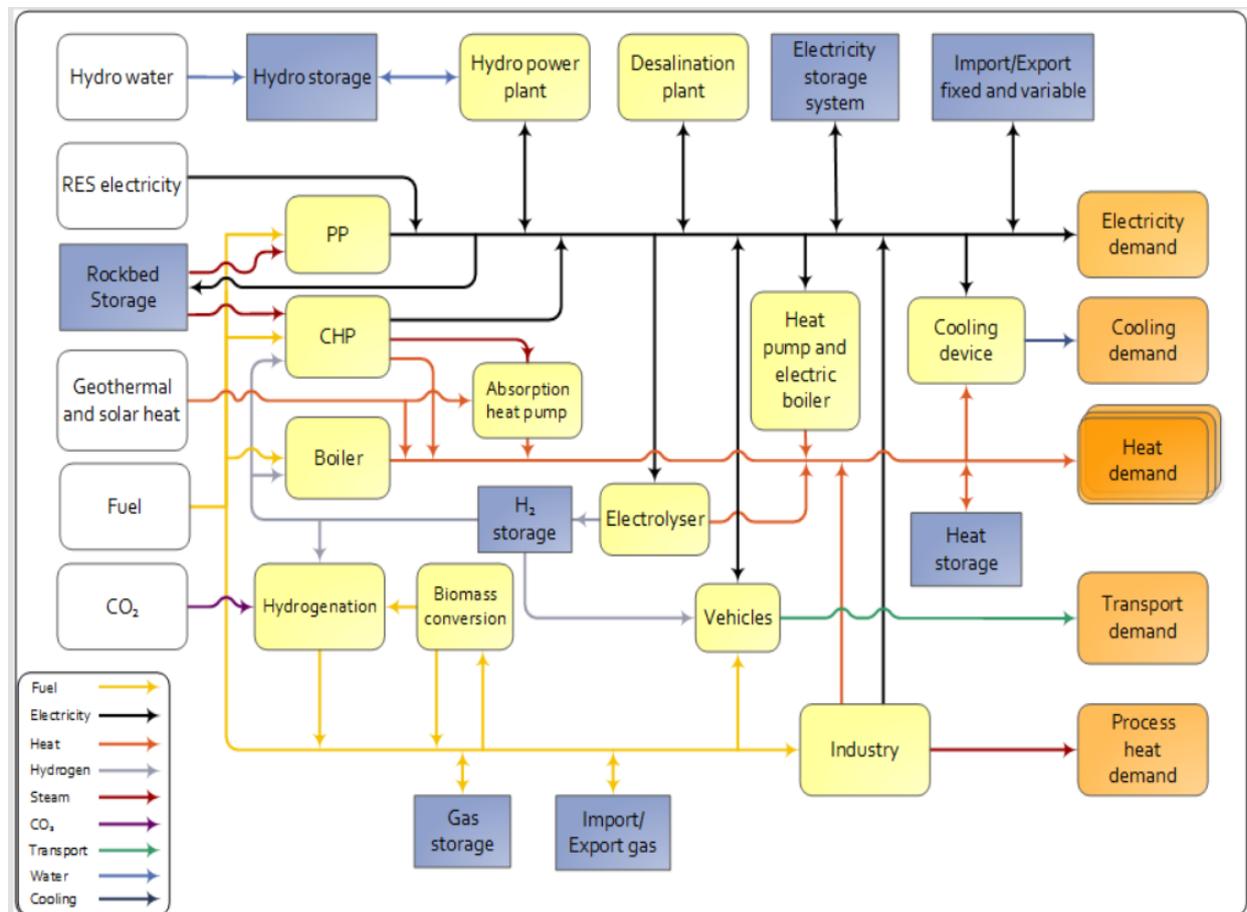
## 6. Mogući scenariji razvoja pametnog otoka Cresa

U ovom djelu rada bit će predstavljeni i prikazani 3 scenarija koji bi trebali otok Cres učiniti energetske neovisnim od uvoza energije s kopna. Scenariji su modelirani uz pomoć vodiča projekta „Promoviranje integracije OIE za Pametne Mediteranske Otoke“ (eng. akronim koji se koristi u nastavku ovog rada je PRISMI) [46]. Kao prvi korak u modeliranju scenarija, na temelju prikazanih podataka o godišnjoj potrošnji finalne energije, bit će procijenjena potrošnja energije do 2030. godine. Zatim će biti modeliran referentni scenarij, odnosno stanje na otoku iz referentne 2015. godine neće se mijenjati (neće se graditi novi kapaciteti OIE na otoku, ali uključit će se stope promjene energije do 2030. godine). Nakon toga modelirat će se 3 scenarija u računalnom programu EnergyPLAN [47], u kojima veliku ulogu u proizvodnji i opskrbi energije imaju tehnologije opisane u poglavlju 5. Svi rezultati bit će prikazani u dijagramu kako bi se mogli lakše usporediti.

### 6.1. EnergyPLAN

Pri modeliranju scenarija u ovom radu koristio se program EnergyPlan. EnergyPlan je program koji je razvijen od strane Energy Research Group-e sveučilišta u Aalborg-u u Danskoj, a glavna zadaća mu je analiza energetskih sustava budućnosti. U EnergyPlan-u naglasak se stavlja na korištenju OIE i popratnih tehnologija poput spremnika energije, a posebna pozornost stavljena je na interakciju između CHP-a i OIE. U programu se omogućuje razvijanje više različitih scenarija za određenu lokaciju što je apsolutna prednost nego razvoj samo jednog scenarija. Ovakav pristup omogućuje međusobno uspoređivanje te pronalazak optimalnog rješenja. Još jedna prednost ovog programa je ta što se sustav analizira u dva aspekta. Promatraju se tehničke karakteristike sustava kao i svih njegovih komponenata. S druge strane promatra se ekonomski aspekt sustava, odnosno različiti troškovi, cijene pojedinih komponenata i goriva te ostali tržišni parametri. Zbog svojih prednosti i mogućnosti, program se koristio u preko 100 znanstvenih članaka, ali i za modeliranje nacionalnih i regionalnih sustava. Program funkcionira na definiranju i analizi ulaznih i izlaznih parametara i to prema satnoj distribuciji. Pod ulaznim parametrima ubrajaju se godišnja potrošnja električne i toplinske energije, satne distribucije potrošnje, potrošnja goriva koja se koriste u industrijskim procesima i prometu te različiti sustavi regulacije procesa i troškovi. U izlazne parametre ubrajaju se proizvodnja energije kako iz centralne elektrane/energane tako i iz OIE,

uvoz i izvoz energije te vrsta, količina i cijena goriva. Shema koja jako dobro prikazuje tokove te ulazne i izlazne parametre koji se javljaju u EnergyPlan-u prikazana je na slici 27.



Slika 30: EnergyPLAN shema [47]

Rezultati simulacije mogu se prikazati na ekranu, u excel tablici i isprintani na papiru. Minimalni potrebni podaci koji su potrebni da bi se izvršila simulacija su godišnja potrošnja energije te satna distribucija potrošnje (narančasti kvadratići na slici 27.). Nakon postavljanja referentnog scenarija, moguće je dodavanje različitih komponenti sustava te se na taj način može pronaći optimalno rješenje zadanog problema i to posebno s tehničkog aspekta, a posebno s ekonomskog aspekta. Treba još naglasiti da je ovaj program deterministički, što znači da za određene ulazne i izlazne parametre uvijek dobivamo iste rezultate. Satna distribucija omogućava dublju analizu proizvodnje i pokrivanje potražnje za energijom sa satnim vremenskim korakom tijekom cijele godine (8784 sati). S ovakvim vremenskim korakom postoji mogućnost analize oscilacije proizvedene energije iz intermitentnih izvora poput sunčevog zračenja ili energije vjetra.

## 6.2. Procjena potrošnje energije do 2030. godine

Zatečeno stanje na otoku za referentnu 2015. godinu prikazano je u tablici [12]. Prema podacima Europske komisije [48] iskorištene su predviđene stope promjene, a promjena tijekom godina prikazana je u tablici [13].

2015.		
		Potražnja GWh/god
Električna energija		17,23
	Javna rasvjeta	0,68
	<b>UKUPNO</b>	<b>17,92</b>
Toplinska energija		
	LU	6,27
	Drvo	2,90
	Električna energija	3,61
	<b>UKUPNO</b>	<b>12,77</b>
Transport		
	Benzin	5,98
	Diesel	19,74
	UNP	0,10
	<b>UKUPNO</b>	<b>25,82</b>

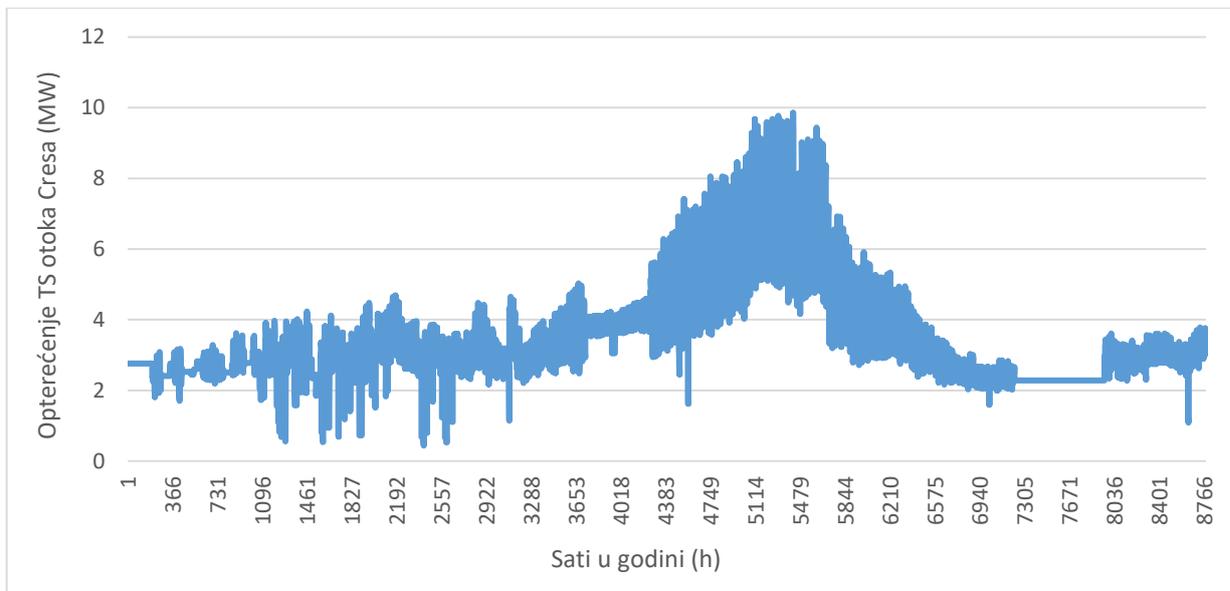
Tablica 12: Potrošnja energije u referentnoj 2015. godini [10]

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
električna energija	17,25	17,26	17,28	17,30	17,32	17,26	17,21	17,16	17,11	17,06	17,01	16,96	16,91	16,85	16,80
UKUPNO															
stopa promjene (%)	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%
LU	6,23	6,19	6,16	6,12	6,08	6,00	5,92	5,85	5,77	5,70	5,62	5,55	5,48	5,41	5,34
stopa promjene (%)	-0,60%	-0,60%	-0,60%	-0,60%	-0,60%	-1,30%	-1,30%	-1,30%	-1,30%	-1,30%	-1,30%	-1,30%	-1,30%	-1,30%	-1,30%
Drvo	2,90	2,91	2,91	2,92	2,92	2,93	2,93	2,93	2,94	2,94	2,94	2,94	2,95	2,95	2,95
stopa promjene (%)	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%
Električna energija za potrebe grijanja	3,61	3,62	3,62	3,62	3,63	3,62	3,61	3,60	3,59	3,57	3,56	3,55	3,54	3,53	3,52
stopa promjene (%)	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	-0,30%
Trasport	26,47	27,13	27,81	28,50	29,22	29,63	30,04	30,46	30,89	31,32	31,76	32,20	32,65	33,11	33,58
stopa promjene (%)	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	1,40%	1,40%	1,40%	1,40%	1,40%	1,40%	1,40%	1,40%	1,40%	1,40%

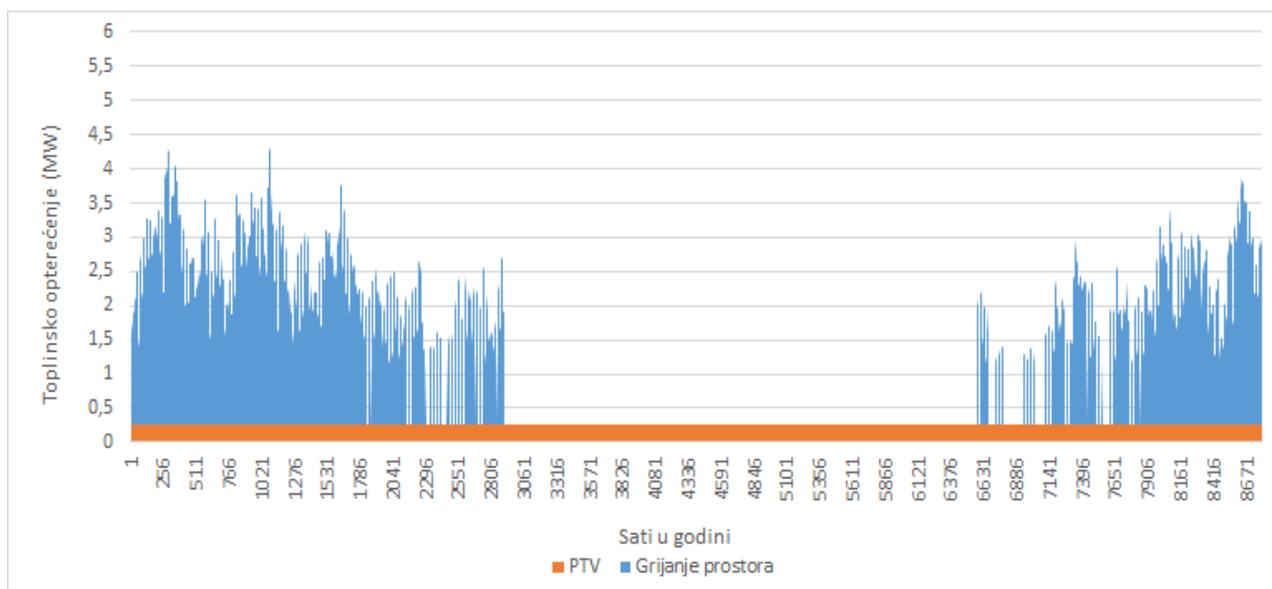
Tablica 13: Prikaz promjene energije do 2030. godine [48]

### 6.3. Scenarij Cres\_0

Ovaj scenarij predstavlja zatečeno stanje na otoku Cresu, a pomoću programa EnergyPlan dobiveni su rezultati koji su prikazani na sljedećim slikama. Sva energija kojom se trenutno opskrbljuje stanovništvo otoka Cresa uvezena je s kopna. Prema podacima iz tablice 13., godišnja potrošnja električne energije za referentnu godinu iznosila je 17,23 GWh, a prema stopi promjene do 2030. iznositi će 16,8 GWh. Potrebno je naglasiti još da se pretpostavlja da se 50% električne energije korištene u sektoru stambenog zgradarstva koristilo za grijanje prostora i PTV [10]. Ukupna potrošnja lož ulja i drva koji se koriste za grijanje prostora, prema gornjoj tablici za 2030. iznositi će 5,34 GWh odnosno 2,95 GWh, a uzevši u obzir termalnu učinkovitost kotlova na drvo i LU u iznosu od 0,8 odnosno 0,85 dolazimo da će ukupna potražnja za toplinom u 2030. godini iznositi 10,42 GWh. Ukupna potrošnja svih vrsta goriva koja se koriste na otoku iznosila je 41,86 GWh godišnje, a udio OIE bio je 0%. Distribucijske krivulje koje se odnose na potrošnju električne energije dobivene su od HEP ODS – Elektroprimorje Rijeka. Otok Cres opskrbljuje se električnom energijom sa 3 trafostanice srednjeg napona 35/10 kV kako je navedeno u poglavlju 4.1. Satne vrijednosti opterećenja na tim TS zbrojene se te je tako dobivena ukupna krivulja potražnje električne energije za otok Cres, a prikazana je na slici 28. Satno toplinsko opterećenje stambenih objekata dobiveno je pomoću razlike vanjske temperature zraka i temperature zraka prostorije koja je uzeta 21 °C. Također uzeta je pretpostavka da se objekti ne griju ako je vanjska temperatura zraka iznad 16 °C te u periodu između 01.05. do 01.10. kada su prosječne vanjske temperature uglavnom više od 16 °C (ljetni period). Za potrebe PTV-a uzeta je pretpostavka da se 20% ukupnog godišnjeg toplinskog opterećenja kućanstva koristi u svrhe PTV-a, a distribucija je konstantna tijekom cijele godine bez obzira na godišnje doba i vanjske temperature. Satna distribucija toplinskog opterećenja, uključujući potrebe PTV-a prikazana je na slici 29.



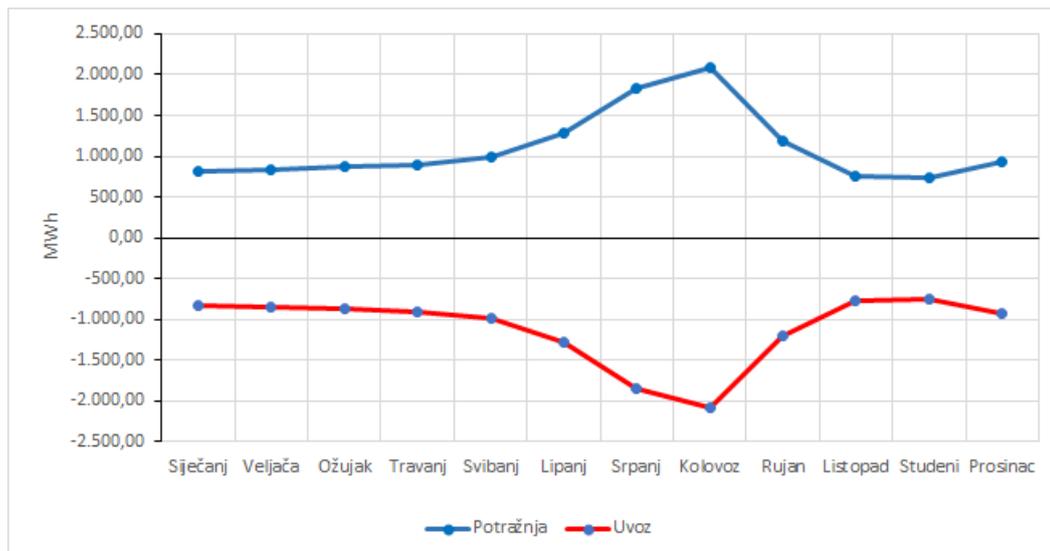
Slika 31: Satna distribucija potražnje električne energije na otoku Cresu



Slika 32: Satna distribucija toplinskog opterećenja stambenih zgrada na otoku Cresu

Sljedeća slika prikazuje prosječne mjesečne vrijednosti potražnje i uvoza električne energije za navedeni scenarij. Krivulja je dobivena simulacijom u programu EnergyPlan, a rezultati su prikazani tablično pomoću excela. Kao i ovaj dijagram i ostali dijagrami prikazani u ovom poglavlju prikazuju prosječne mjesečne vrijednosti.





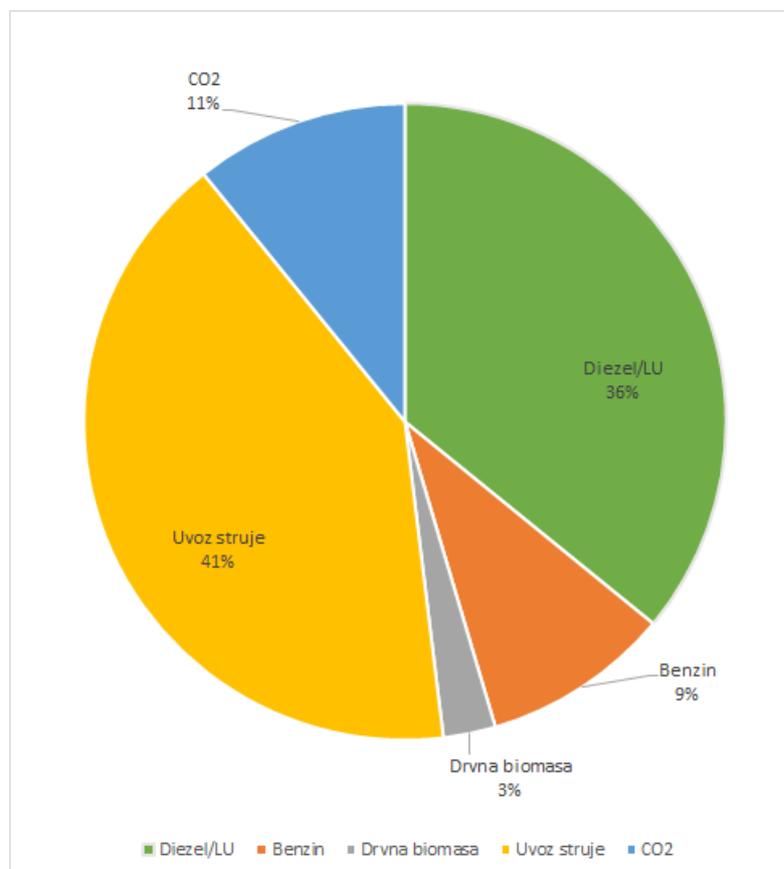
Slika 33: Referentni scenarij - prosječne vrijednosti potražnje i uvoza električne energije

Potražnja za električnom energijom (16,84 GWh/god.) prikazana je na slici 30. plavom bojom dok je uvoz električne energije prikazan crvenom bojom. Možemo primjetiti da su te dvije krivulje za referentni scenarij zapravo jednake sa jednom razlikom, a to je da se kod prikaza rezultata uvoz električne energije smatra negativnim. Budući da se u ovom scenariju sva energija uvozi s kopna, u ovom dijagramu nema krivulje proizvodnje i zbog toga je potražnja jednaka uvozu. Iz slike se još može zaključiti da se vrhunac potražnje javlja u ljetnim mjesecima kako se i očekivalo zbog porasta broja turista koji borave na otoku. Ovakav scenarij iziskuje godišnju investiciju u iznosu 5 828 000 €, a troškovi se mogu vidjeti u sljedećoj slici. Treba napomenuti da su se pri analizi troškova koristili sljedeći podatci, za cijenu emisija CO<sub>2</sub> uzeta je predviđena cijena za 2030. godini u iznosu od 55 €/t (trenutna vrijednost CO<sub>2</sub> emisija prema ETS sustavu iznosi 25,78 €/t) [45], podatci o cijeni benzina i dizela preuzeti su sa web stranica INA-e, cijena struje u Hrvatskoj prema podacima Eurostata iznosila je 0,1317 €/kWh, a ostatak troškova preuzet je iz baze troškova EnergyPLAN-a. Na sljedećim slikama prikazani su ukupni godišnji troškovi referentnog scenarija, a na slici 3. prikazana je godišnja opskrba toplinskom energijom kućanstava na otoku.

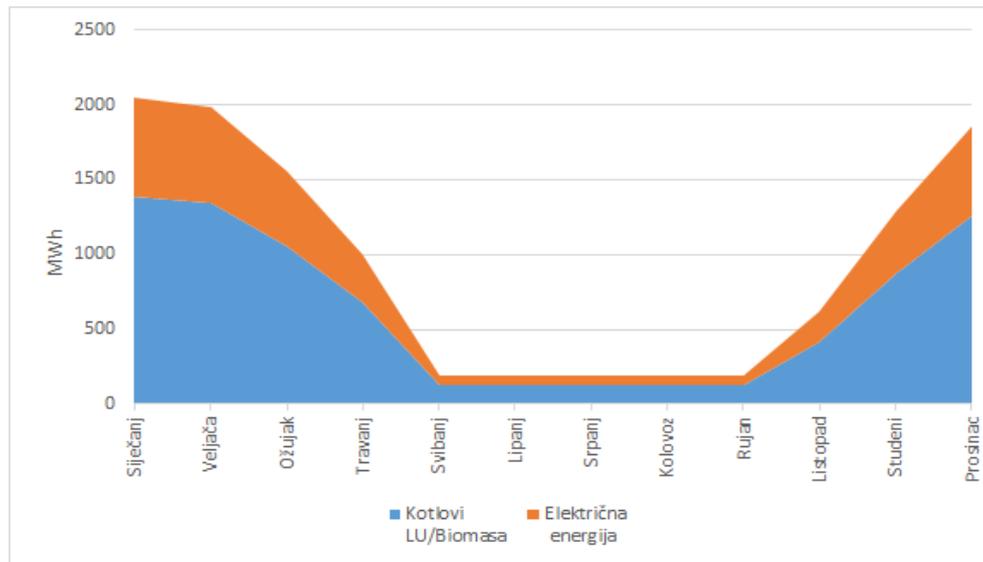
Diezel/LU	1.898.000,00 €
Benzin	503.000,00 €
Drvena biomasa	139.000,00 €
Uvoz struje	2.172.000,00 €
CO2	570.000,00 €
<b>UKUPNO</b>	<b>5.282.000,00 €</b>

Tablica 14: Ukupni godišnji troškovi referentnog scenarija

Možemo uočiti da je u ovom scenariju dominantan trošak uvoza električne energije koji se u ukupnim troškovima pojavljuje u postotnom udjelu u iznosu od 41% odnosno na uvoz električne energije godišnje se utroši 2 172 000 €.



Slika 34: Udio pojedinih troškova referentnog scenarija

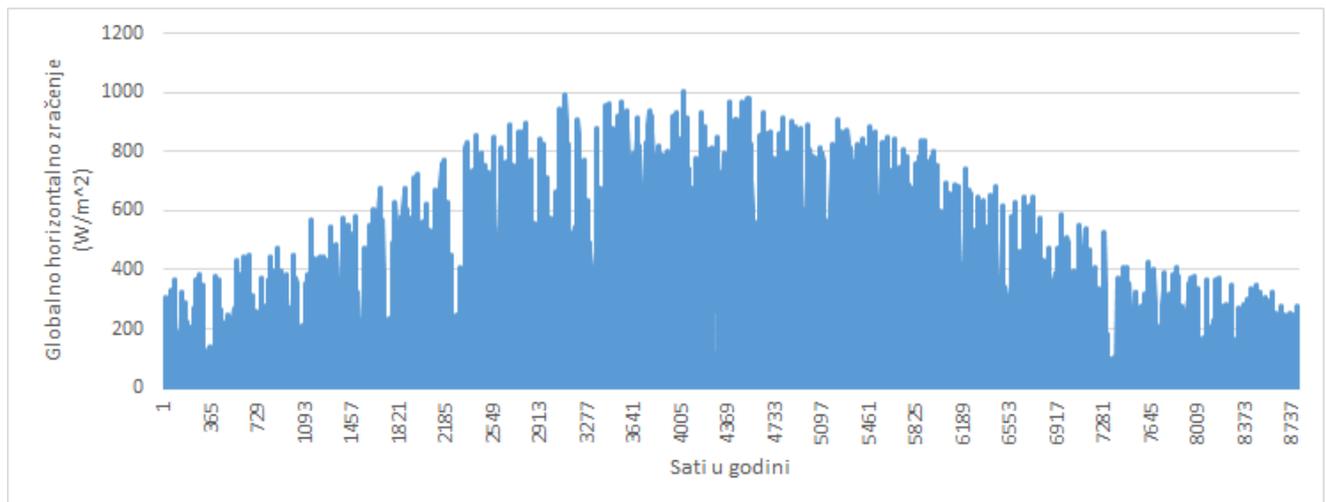


Slika 35: Godišnja opskrba toplinskom energijom kućanstva za referentni scenarij

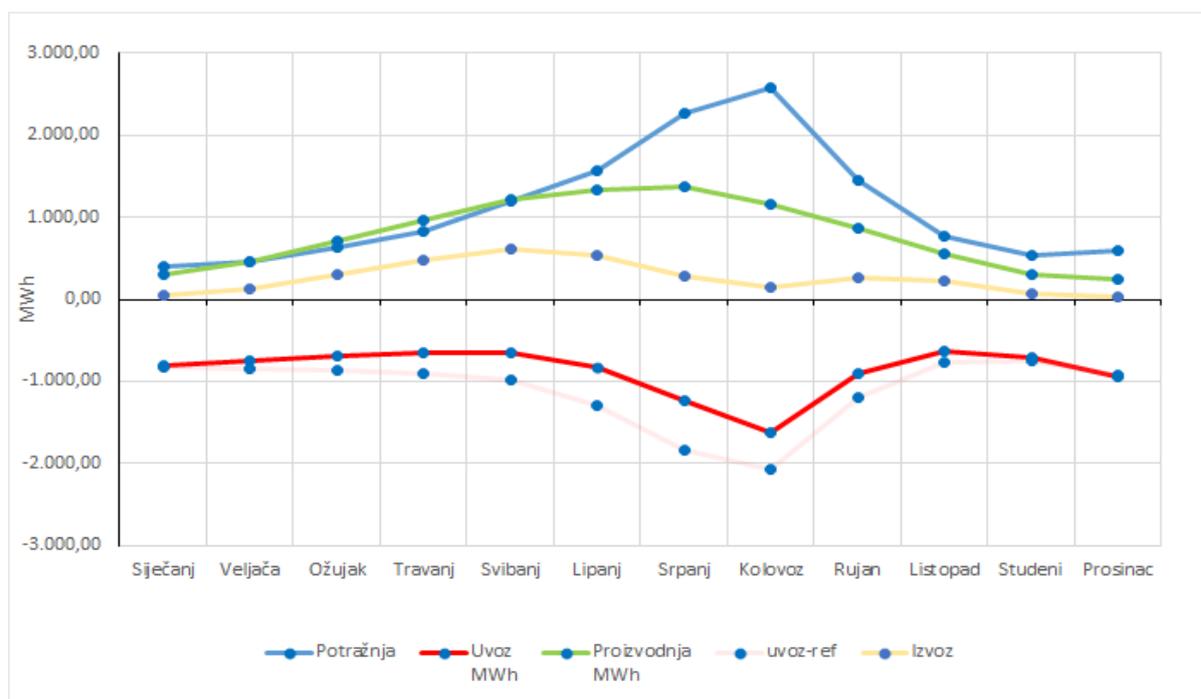
## 6.4. Scenarij Cres\_1

Gore prikazani referentni scenarij odnosi se za stanje na otoku Cresu za 2030. godinu, bez promjena u novim kapacitetima („business as usually“ scenarij). Sljedeći scenarij prikazuje kako bi se promijenilo referentno stanje kada bi energetske sustavu otoka Cresa dodali neke nove komponente. Konkretno, radi se o planiranoj solarnoj elektrani Orlec-Trinket nazivne snage 6,5 MW koja bi se ukupno trebala rasprostirati na 17 ha površine [35]. Ova solarna elektrana namjenjena je isključivo za pokrivanje potrebe potrošača na Cresko – Lošinjskom području, a potencijalni viškovi mogu se izvoziti u elektroenergetsku mrežu RH što omogućuju trenutno postavljeni kapaciteti TS-a na otoku. Nakon što će biti prikazani rezultati bez spremnika energije, bit će sustavu dodani kapaciteti pohrane električne energije u obliku baterija te će biti uspoređeni rezultati u slučaju bez baterijskog sustava i sa njim. Dodavanjem ovih komponenti ne utječemo na ukupnu potrošnju fosilnih goriva te ona i dalje ostaje 41,86 GWh godišnje.

Procjenjena proizvodnja električne iz ukupno instaliranih kapaciteta u iznosu od 6,5 MW bila bi 9,49 GWh/godišnje, što bi ukupno bilo oko 56,48% ukupne potražnje električne energije. Distribucijska krivulja potražnje električne energije prikazana je na slici 28., a distribucijska krivulja sunčevog zračenja na lokaciji Orlec prikazana je na sljedećoj slici.



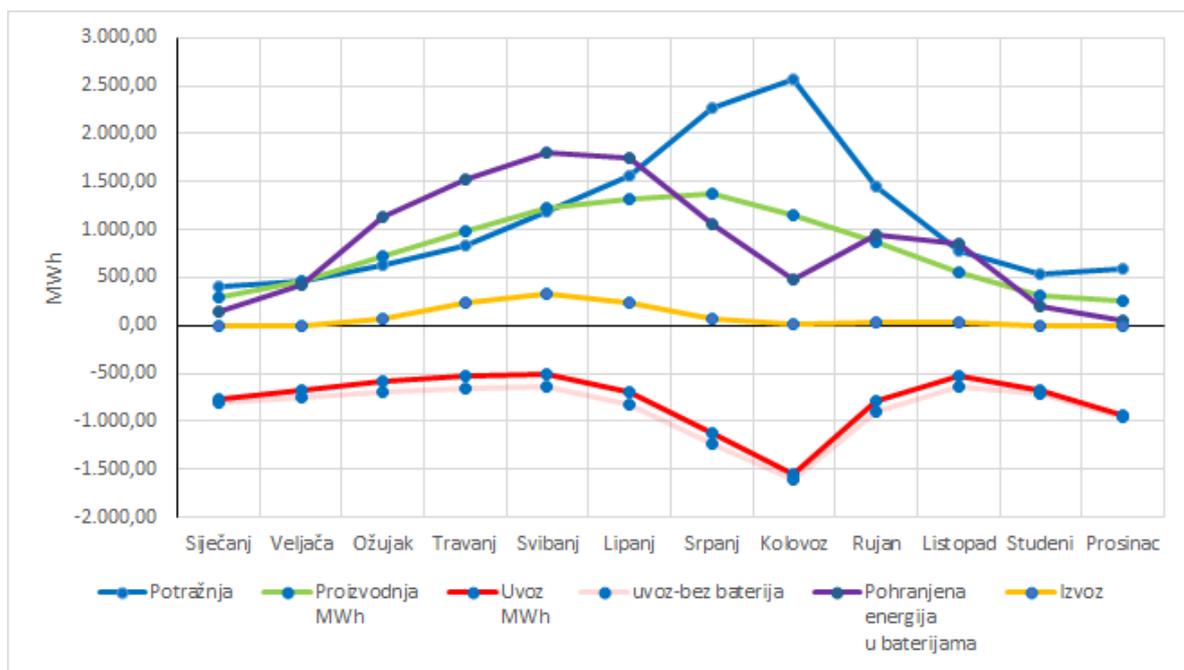
Slika 36: Globalno horizontalno zračenje na lokaciji Orlec



Slika 37: Odnos potražnje, uvoza i proizvodnje za scenarij bez spremnika energije

Iz dijagrama na slici 34. možemo primjetiti da se uvoz energije s kopna smanjio (crvena krivulja). Ukupni uvoz električne energije u odnosu na referentni scenarij se smanjio na 10,43 GWh što predstavlja smanjenje u iznosu od 37,91%. Međutim kako je naglašeno, ovaj scenarij nije uključivao nikakve spremnike energije te je ukupna proizvedene električna energija solarne elektrane, koja se nije mogla iskoristiti u trenutku proizvodnje bila izvezena prema kopnu. U takvom slučaju CEEP (eng. Critical Excessive Energy Production) je bio 0 GWh/god. Primjećuje se da se taj slučaj dogodio samo početkom godine, od veljače do svibnja. Zelena linija na gornjoj

slici prikazuje proizvodnju električne energije solarne elektrane. Vidi se da je u tom periodu proizvodnja bila veća nego potražnja, a zbog nemogućnosti pohrane električne energije, taj višak bio je izvezen prema kopnu. Ukupna je izvezeno prema kopnu 3,08 GWh/god. električne energije. U slučaju kada nebi bilo izvoza električne energije prema kopnu tada bi ovaj iznos predstavljao CEEP, odnosno višak energije koji se u trenutku proizvodnje nije mogao nigdje pohraniti. U tom slučaju bilo bi potrebno u modeliranje scenarija uključiti i strategiju regulacije CEEP. Jedna od mogućih regulacija je smanjenje proizvodnje električne energije solarne elektrane tako da proizvodnja u svakom trenutku odgovara potražnji. Tada bi proizvodnja električne energije solarne elektrane iznosila 3,08 GWh/god. manje, odnosno u tom slučaju solarna elektrana proizvela bi 6,41 GWh/god. električne energije. Sljedeća slika prikazuje isti ovaj scenarij sa uključenim spremnicima energije u obliku baterija. Uzevši u obzir karakteristike baterija koje su dane u tablici 10. za ovaj scenarij odabrane su NiCd baterije koje su pogodne za snage do 30 MW, imaju mali postotak samopražnjenja te su cijenovno najpristupačnije. Instalirano je ukupno 7 MWh kapaciteta, a korisnost baterija je 70%.



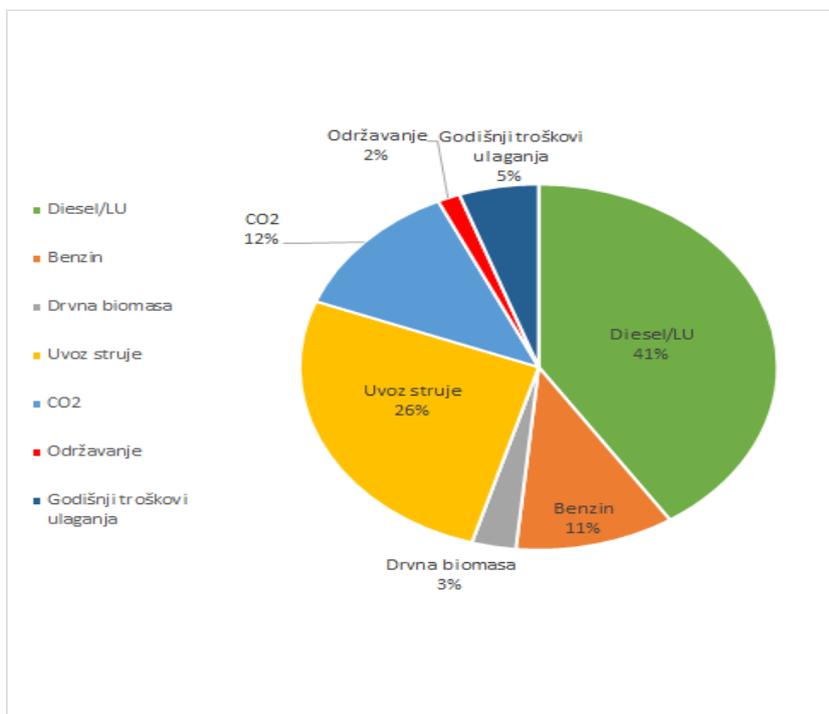
Slika 38: Odnos potražnje, uvoza i proizvodnje sa spremnikom energije u obliku baterija

Instalacijom sustava baterija vidimo smanjenje uvoza električne energije u odnosu na sustav bez baterija (ukupno se uvezilo 9,41 GWh/god.). Uvoz se smanjio u razdobljima kada je popunjenost spremnika rasla (krivulja ljubičaste boje). To je bilo i za očekivati budući da je ukupna izvezena energija prema kopnu u ovom scenariju smanjena na 1 GWh/god., što znači da se za razliku od scenarija bez baterija u ovom slučaju koristilo dodatnih 2,08 GWh/god. iz solarne elektrane u

elektroenergetsku mrežu otoka. U ovom slučaju također je dozvoljen izvoz energije prema kopnu, a kapacitet prekomorskih električnih kablova dostatan je da se ne pojavi CEEP (na otoku postoje TS 35/110 kV, a prema [49] procijenjeno je opterećenje prekomorskih kablova u iznosu od 35 MW). Dodavanjem baterija u sustav ukupni godišnji troškovi su se povećali, a tablica 16. prikazuje ukupne godišnje troškove ovog scenarija. Kako se ovim scenarijima nije mijenjala ukupna potrošnja goriva za grijanje prostora i sektor prometa, emisije CO<sub>2</sub>, troškovi goriva i potrebe za toplinskom energijom ostali su nepromijenjeni. Na sljedećim slikama prikazani su godišnji troškovi ova dva slučaja te udio pojedinih troškova u ukupnim godišnjim troškovima.

Diesel/LU	1.898.000,00 €
Benzin	503.000,00 €
Drvena biomasa	139.000,00 €
Uvoz struje	1.227.000,00 €
CO <sub>2</sub>	570.000,00 €
Održavanje	71.000,00 €
Godišnji troškovi ulaganja	251.000,00 €
Izvoz	513.000,00 €
<b>UKUPNO</b>	<b>4.146.000,00 €</b>

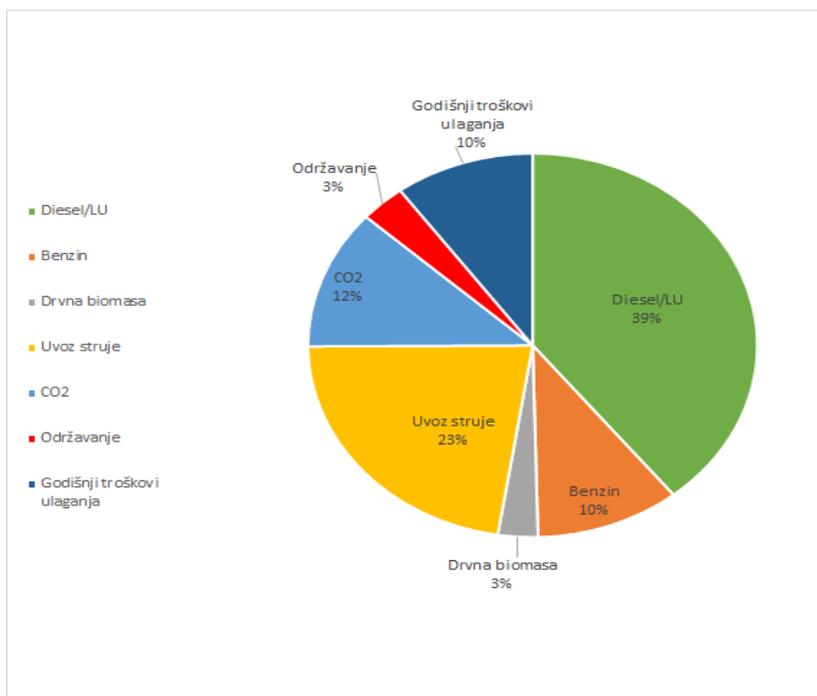
Tablica 15: Godišnji troškovi sustava bez baterijama



Slika 39: Udio godišnjih troškova u ukupnim godišnjim troškovima za sustav bez baterija

Diesel/LU	1.898.000,00 €
Benzin	503.000,00 €
Drvna biomasa	139.000,00 €
Uvoz struje	1.085.000,00 €
CO2	570.000,00 €
Održavanje	158.000,00 €
Godišnji troškovi ulaganja	486.000,00 €
Izvoz	167.000,00 €
<b>UKUPNO</b>	<b>4.672.000,00 €</b>

Tablica 16: Godišnji troškovi sustava sa baterijama



Slika 40: Udio godišnjih troškova u ukupnim troškovima sustava sa baterijama

Ukupni iznos troškova za sustav bez baterija iznosio je 4 146 000 € dok je za sustav sa baterijama taj iznos bio 4 672 000 €. Ukupna investicija potrebna za solarnu elektranu iznosila je 5 359 000 €, životni vijek opreme predviđen je na 35 godina, a godišnji troškovi održavanja iznose 2% ukupne investicije. Baterijski sustav predviđen je za period rada od 20 godina uz ukupnu investiciju od 3 500 000 € i godišnje troškove održavanja u iznosu od 2,5% ukupne investicije.

## 6.5. Scenarij Cres\_2

U prethodnom scenariju na otoku Cresu postavljena je solarna elektrana te spremnici električne energije u obliku baterija zapremnine 7 MWh. U dijagramima smo mogli primijetiti kako se smanjuje uvoz električne energije s kopna što dovodi do smanjenja ukupnih troškova jer su troškovi uvoza energije u referentnom scenariju dominantni. U ovom scenariju ide se korak dalje te se uz solarnu elektranu i baterije iz prethodnog scenarija sada želi utjecati i na količinu goriva koja se koriste za grijanje prostora i PTV-a. Mjere koje se ovdje opisuju su sljedeće:

- toplinska izolacija ovojnice zgrada – cilj je smanjenje toplinskog opterećenja
- zamjena kotlova koja koriste lož ulja sa dizalicama topline i solarnim kolektorima u privatnim kućanstvima – cilj je smanjenje potrošnje fosilnih goriva, a samim time i smanjenje emisija CO<sub>2</sub>



- instalacija offshore vjetroparka na pogodnoj lokaciji (slika 26.) – cilj je još veća penetracija OIE u elektroenergetsku mrežu čime bi se napravio još jedan veliki korak prema neovisnosti otoka Cresa o uvoznjoj energiji

Prema podacima Hrvatske komore inženjera građevinarstva, toplinskom izolacijom vanjske ovojnice zgrada može se postići smanjenje potrošnje energije potrebne za grijanje (i hlađenje) prostora čak i do 80% (ovisno o stanju vanjske ovojnice prije poduzimanja ovakvih mjera). Otok Cres, prema posljednjem popisu stanovništva, trenutno broji ukupnu površinu zgrada za stalno stanovanje u iznosu oko 83 813 m<sup>2</sup>, a za potrebe ovog rada uzeto je u obzir da su zgrade izgrađene u posljednjih par godina (od 2015. pa do danas) građene prema najnovijim propisima građevinske struke te su na njima usvojene mjere energetske učinkovitosti. Za potrebe ovog rada pretpostavit ćemo da će se izolacija vanjske ovojnice izvršiti za 50% kućanstva na otoku Cresu, odnosno ovom mjerom bit će obuhvaćeno 41 907 m<sup>2</sup>. Cijena materijala i radova u RH iznosi otprilike 250 kn/m<sup>2</sup>. Većina stambenog prostora na otoku su ugradbene dvokatnice što znači da na većini kuća bočni zidovi ne trebaju izolaciju jer su naslonjeni na drugi stambeni objekt. Uzevši u obzir da se toplinski izoliraju i krovovi kuća te da neke kuće ipak nisu ugradbene, za potrebe ovog rada pretpostavit ćemo da je ukupna površina vanjskih ovojnica za izolaciju oko 45% veća nego površina stambenih prostora. Dakle za potrebe ovog rada ukupna površina za izolaciju iznosi 58 670 m<sup>2</sup>. Ova mjera investirala bi se iz gradskog proračuna sa 40% sredstava dok bi se ostatak novaca namirio iz vlastitih sredstava građana ili različitih fondova. Pregled troškova izolacije prikazan je na sljedećoj tablici. Također za potrebe ovog rada uzeta je pretpostavka da bi se ovom mjerom smanjila potrošnja energije potrebna za grijanje prostora za 40%. Ukupna potražnja energije za grijanje prostora za prijašnje scenarije iznosila je 10,42 GWh/god., a implementacijom ove mjere potražnja bi se smanjila na 6,25 GWh/god.

Ukupna stambena površina, m <sup>2</sup>	Stambena površina zahvaćena ovom mjerom, m <sup>2</sup>	Troškovi radova i materijala, kn/m <sup>2</sup>	Postotak investiranja iz gradskog proračuna	Ukupna investicija, €
83.813,00	58.669,10	250,00	40,00%	792.825,68

Tablica 17: Troškovi izolacije vanjske ovojnice zgrada

Druga točka ovog scenarija odnosi se na zamjenu kotlova u kućanstvima dizalicama topline tipa zrak-voda koje se mogu koristiti za grijanje i hlađenje prostora te grijanje PTV-a. Kako se ovdje radi o mjerama koje zahvaćaju stambene zgrade te zgrade komercijalnog i uslužnog sektora, izvor financiranja bio bi isti kao i u slučaju izolacije vanjske ovojnice zgrada, odnosno 40% sredstava

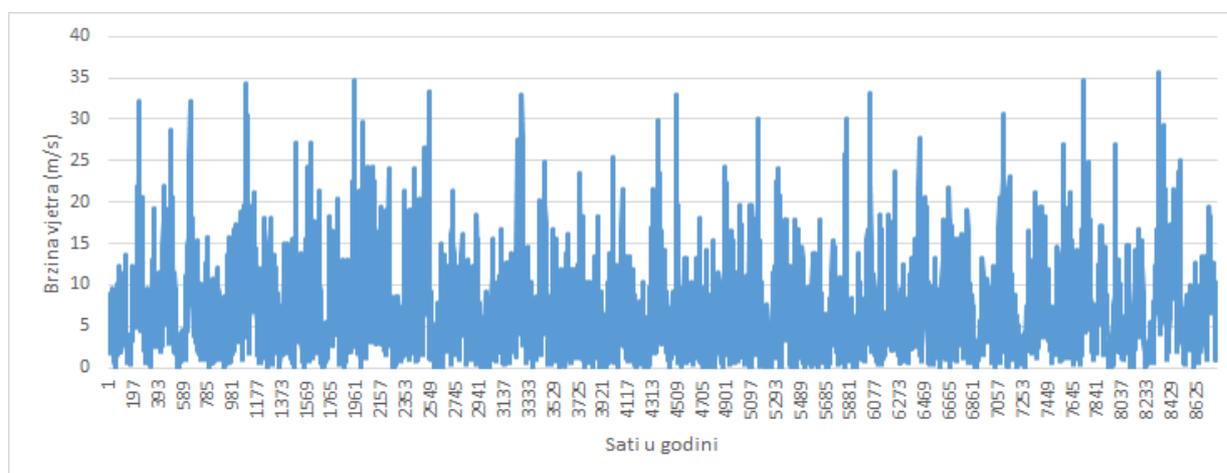
osiguralo bi se iz gradskog proračuna dok bi ostatak bio iz vlastitih izvora stanovnika ili različitih fondova. Ovom mjerom zamjenilo bi se 300 kotlova u zgradama. Ukupna investicija za ovaj korak scenarija prikazana je u tablici.

	Cijena po jedinici	Postotak investiranja iz gradskog proračuna	Broj stanova zahvaćen ovom mjerom	Ukupna investicija	Životni vijek (godine)	Održavanje
Dizalice topline	7.000 €	40%	300	840.000 €	15	2,85%

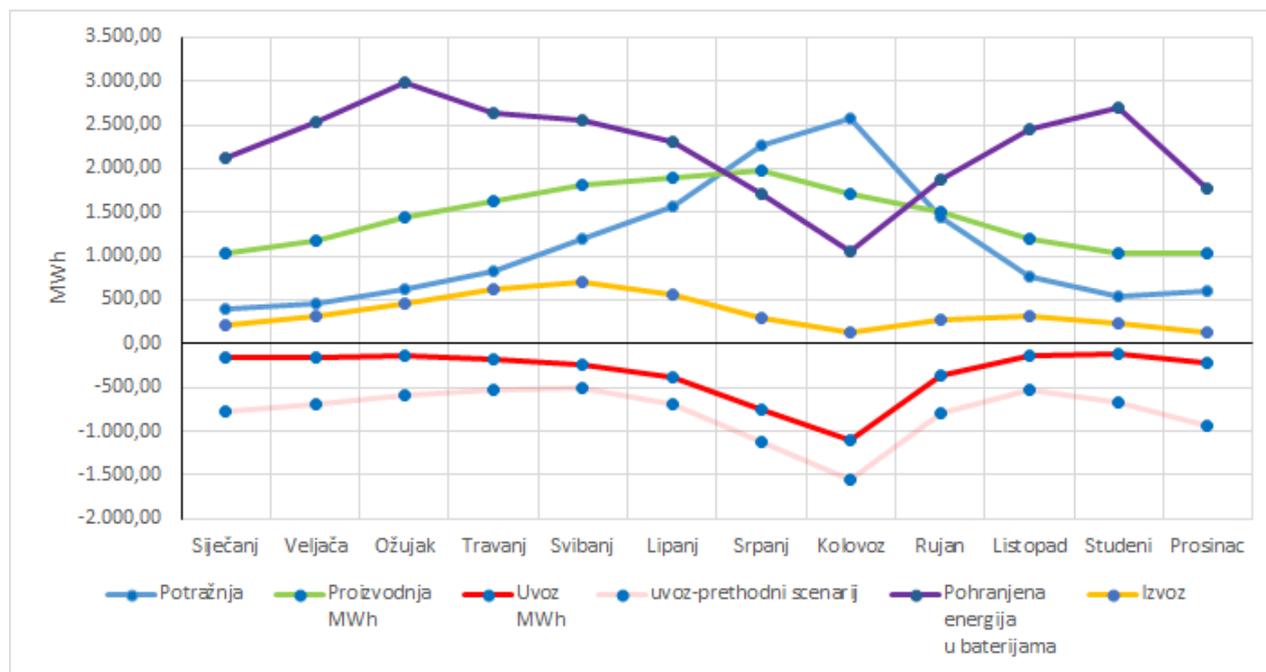
Tablica 18: Troškovi infrastrukture grijanja prostora i PTV-a za scenarij Cres\_2

Implementacijom ovih mjera smanjuje se potrošnja energije potrebne za grijanjem prostora, a to ujedno dovodi i do promjene satne distribucijske krivulje prikazane na slici 29. Kako se potražnja za toplinskom energijom u odnosu na prethodni scenarij smanjila sa 10,42 GWh/god. na 6,25 GWh/god., odnosno za 40% tako se i krivulja potražnje smanjila također za 40%.

Sljedeći korak u ovom scenariju je instalacija offshore vjetroparka kojim bi se povećala proizvodnja električne energije na otoku Cresu te dodatno smanjila potreba za uvozom. Lokacije pogodne za ovakav tip vjetroelektrane prikazane su u poglavlju 5.2. Na tim lokacijama ukupno bi se instaliralo 5 MW vjetroturbina te se procjenjuje da bi one mogle proizvesti 7,99 GWh/god. električne energije. Ukupno proizvedena električna energija iz OIE za ovaj scenarij prema tome iznosi 17,48 GWh/god. Odnos uvoza, potražnje i proizvodnje električne energije te ukupni troškovi nakon implementacije svih navedenih mjera prikazani su na sljedećim slikama. Potrebno je naglasiti da se i u ovom scenariju baš kao i u prethodnim višak energije izvozi prema kopnu preko TS 35/110 kV (maksimalno opterećenje prekomorskog kabla je 35 MW [49]).



Slika 41: Satna distribucija brzine vjetra za lokaciju pogodnu za offshore vjetroturbine



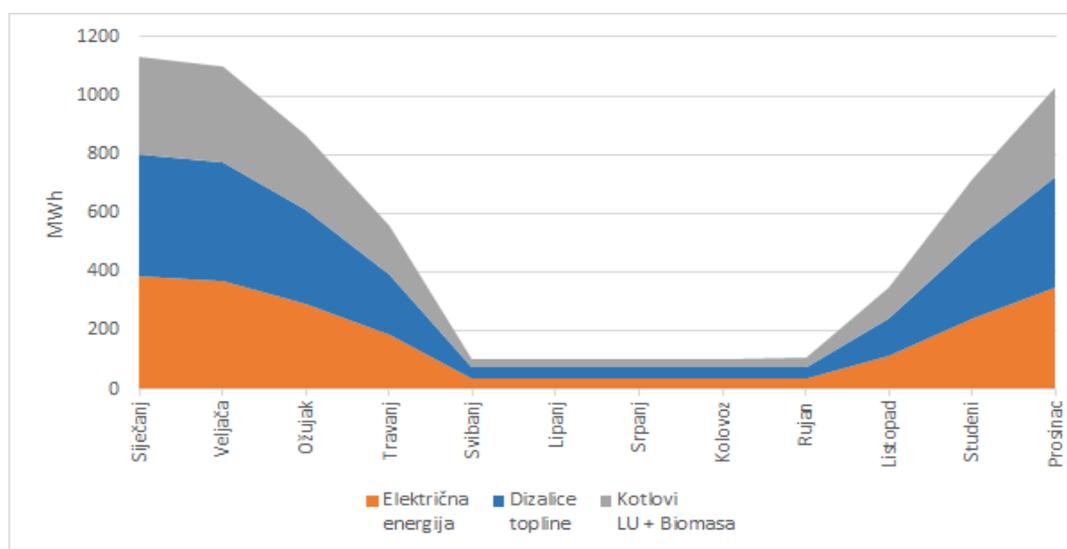
Slika 42: Scenarij Cres\_2 - odnos potražnje, proizvodnje i uvoza električne energije

U ovom scenariju, osim u ljetnim mjesecima, dolazi do toga da je proizvodnja energije iz OIE veća od potražnje. Taj višak sprema se u spremnike koje su u ovom slučaju još uvijek baterije kapaciteta 7 MWh, a prosječna godišnja popunjenost kapaciteta može se vidjeti na slici 39. (krivulja ljubičaste boje). Na slici možemo uočiti da je uvoz električne energije drastično pao u odnosu na prethodni scenarij, a samim time smanjili su se troškovi uvoza energije. Uvođenjem mjera energetske učinkovitosti u ovom scenariju smanjila se potrošnja fosilnih goriva sa 41,86 GWh na 35,78 GWh što je smanjenje u iznosu 14,52%. Kako su se povećali kapaciteti OIE na otoku, a istovremeno je kapacitet baterijskog sustava ostao nepromijenjen, bilo je za očekivati da se poveća i izvoz električne energije prema kopnu pa je tako u ovom slučaju izvoz električne energije iznosio 4,21 GWh/god, dok je uvoz iznosio 4,01 GWh/god. Iz slike 39. vidimo da je uvoz električne energije najveći u ljetnim mjesecima kada je i potražnja najveća, dok je u zimskim mjesecima uvoz uvelike smanjen.

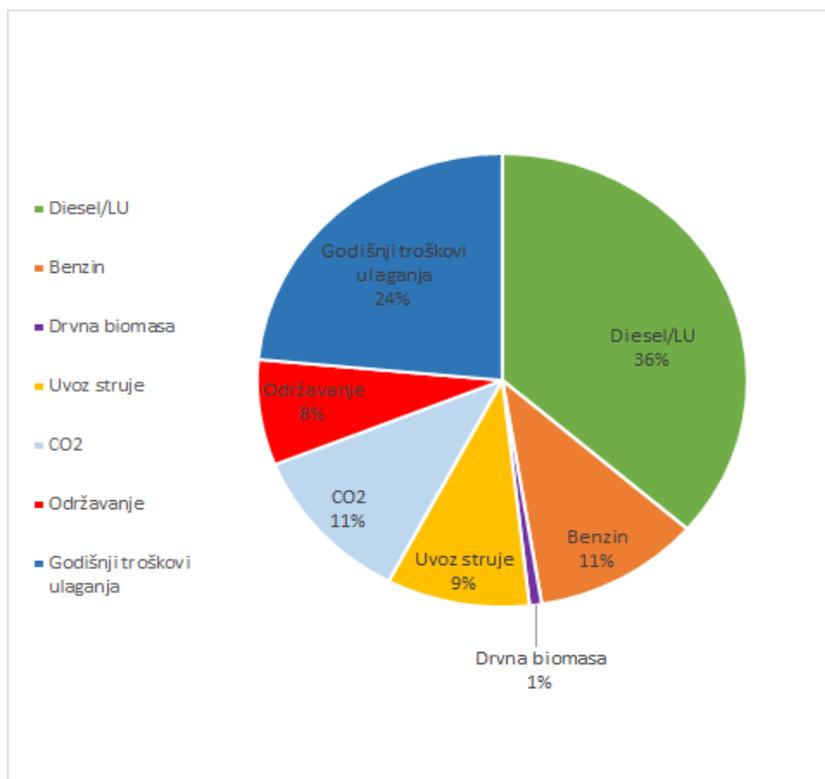
Diesel/LU	1.659.000,00 €
Benzin	503.000,00 €
Drvena biomasa	37.000,00 €
Uvoz struje	431.000,00 €
CO2	513.000,00 €
Održavanje	343.000,00 €
Godišnji troškovi ulaganja	1.073.000,00 €
Izvoz	654.000,00 €
<b>UKUPNO</b>	<b>3.905.000,00 €</b>

Tablica 19: Scenarij Cres\_2 - Ukupni godišnji troškovi

Gornja tablica prikazuje nam ukupne troškove ovog scenarija. Možemo primjetiti da su se ukupni troškovi ponovno smanjili u odnosu na prethodne scenarije. Glavni razlog tome ponovno je u smanjenju uvoza električne energije (i povećanju izvoza) koji se u odnosu na prethodni scenarij smanjio na 431 000 €, što je smanjenje od čak 60,27% u odnosu na prethodni scenarij. Ukupna investicija u offshore vjetropark iznosila je 11,5 milijuna € uz predviđeni vijek trajanja od 27 godina i troškove održavanja u iznosu 1,93% godišnje od ukupne investicije.



Slika 43: Cres\_2 - zadovoljenje potreba za toplinskom energijom



Slika 44: Scenarij Cres\_2 - Udio pojedinih troškova u ukupnim godišnjim troškovima

Smanjenjem potreba za LU i drvenom biomasom smanjile su se i emisije CO<sub>2</sub> što se i očekivalo u planiranju ovog scenarija. Ukupne emisije prije implementacija mjera energetske učinkovitosti iznosile su 10 359 t/god., a nakon 9 319 t/god. To je smanjenje od 1 040 t/god. Uzevši u obzir razliku između godišnjih ulaganja u scenariju Cres\_1 i scenarija Cres\_2 u iznosu od 587 000 €, možemo zaključiti da je uvođenjem ovih mjera cijena smanjenja emisija CO<sub>2</sub> iznosila 564,42 €/t.

## 6.6. Scenarij Cres\_3

U ovom scenariju želi se postići 100% energetska neovisnost otoka Cresa od kopna što znači da će se graditi kapaciteti i spremnici koji bi bili dostatni za opskrbu otoka energijom proizvedenom iz OIE. Ovim scenarijem planira se pokrivanje potražnje za električnom energijom izgradnjom RHE te instaliranjem dodatnih PV modula na krovove kuća. Također će se modelirati i centralizirani toplinski sustav (CTS) kojim bi se dodatno smanjila potreba za fosilnim gorivima koja se koriste u pećima u kućanstvima. Na posljepku ovaj scenarij uključivat će i vozila pogonjena vodikom i električna vozila (eng. Electric Vehicle – EV) te će se na taj način pokušati utjecati i na sektor prometa na otoku.

Za izgradnju RHE potrebna je izgradnja gornjeg akumulacijskog jezera, a pogodna lokacija dana je u poglavlju 5.3.3. Prema [30] izraz kojim se procjenjuje koliko se energije može pohraniti u ovakvim sustavima glasi:

$$E = \frac{\rho \times g \times h \times V \times \eta}{3600} \quad (3)$$

- E – Kapacitet spremnika [Wh]
- $\rho$  – gustoća vode  $\approx 1000 \text{ kg/m}^3$
- g – ubrzanje zemljine sile teže  $\approx 9,81 \text{ m/s}^2$
- h – vodeni pad [m]
- V – volumen gornjeg spremnika [ $\text{m}^3$ ]
- $\eta$  – iskoristivost sustava

Volumen gornje akumulacije za potrebe ovog rada procjenjen je na  $10^6 \text{ m}^3$ . To je otprilike zapremnina akumulacijskog jezera Bajer u Fužinama, a po dimanzijama i dubini ovakvo jezero bilo bi pogodno za predviđenu lokaciju. Uz iskoristivost sustava od 77% prema gornjoj formuli procjenjuje se da bi ukupni kapacitet spremnika bio 629 MWh. Princip rada ovakve elektrane objašnjen je u poglavlju 5.3.3., a instalirana bi bila pumpa snage 5 MW te turbina snage 7,5 MW.

Sljedeći korak je instalacija dodatnih PV modula na krovove kuća. Proračun potencijala koji se mogu instalirati na krovove kuća napravljen je prema primjeru iz vodiča projekta PRISMI [46], a tablično je prikazan na slici.

Ukupna površina stambenih objekata (m <sup>2</sup> )	Ukupna neto površina raspoloživa za ugradnju PV modula (m <sup>2</sup> )	Faktor odstupanja	Raspoloživa površina za ugradnju PV modula (m <sup>2</sup> )	Površina potrebna za ugradnju m <sup>2</sup> /kW	Ukupno moguća snaga koja se može instalirati (MW)
83.813,00	41.906,50	0,68	28.496,42	6,75	4,22

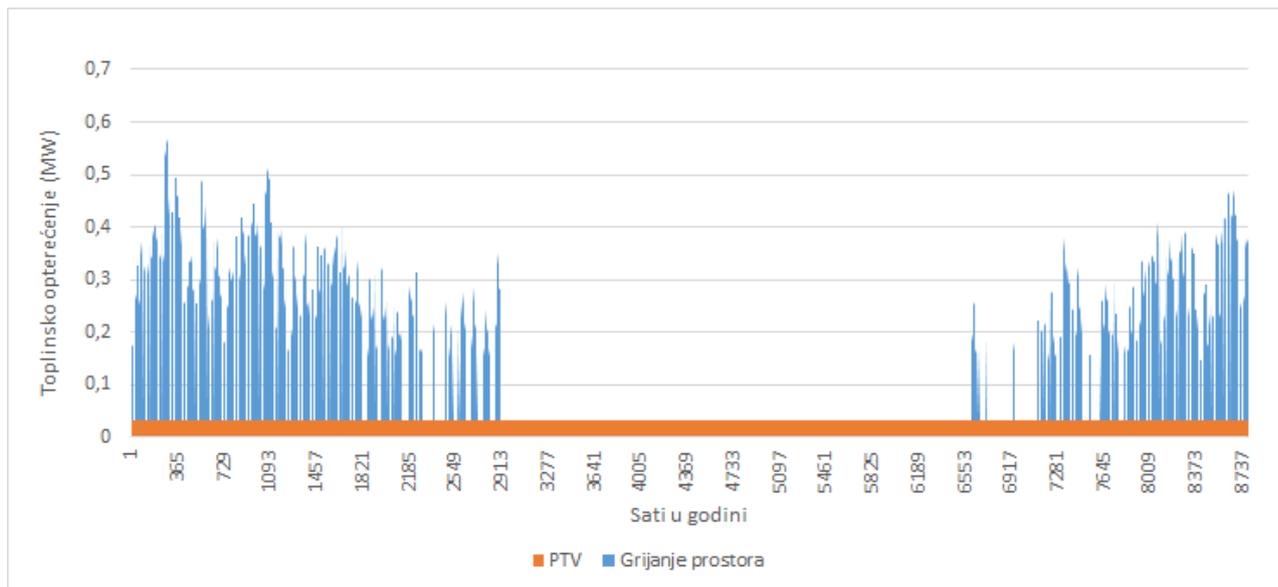
Tablica 20: Troškovi postavljanja PV modula na krovove zgrada

U gornjoj tablici u faktor odstupanja uračunato je odstupanje od broj dvokatnica, te razne kosine, dimnjaci i ostale površine koje zaklanjaju površine krovova. Vidimo da je prema tom proračunu

ukupno moguće instalirati 4,22 MW PV panela i to u slučaju kada bi sva raspoloživa površina bila pokrivena panelima. Za proračun u EnergyPLAN-u instalirana snaga iznosit će 4 MW.

Treći korak ovog scenarija je planiranje i izgradnja centralnog toplinskog sustava (CTS) koji bi koristio energiju Sunca te u kombinaciji sa spremnikom topline i kotlom na drvenu biomasu opskrbljivao bi kućanstava toplinskom energijom. Nakon implementacija mjera energetske učinkovitosti u scenriju 2., ukupna potražnja za toplinskom energijom iznosila je 6,25 GWh godišnje. Od tog iznosa 2,295 GWh pokriveno je ugradnjom dizalica topline, a ostatak potražnje zadovoljen je uporabom električne energije (2,112 GWh) te kotlova na LU i drveni bioamasu (ukupno 1,84 GWh). CTS bi zamjenio kotlove na LU u iznosu od 100%, odnosno ukupna potražnja za toplinom iz ovakvog sustava bila bi 1,435 GWh godišnje. U planiranju ovog sustava kao primjer je poslužio gradić Marstal na otoku Aeroe u Danskoj. Gradić broji ukupno 2200 stanovnika, a odkako je instaliran sustav solarnih kolektora u kombinaciji sa kotlom na drvenu sječku, svi tamošnji stanovnici opskrbljuju se toplinskom energijom i PTV-om iz ovog sustava [50] i zbog toga je odličan primjer primjene ovakvog sustava za otok Cres. Uz instalirane kolektore, ovaj sustav bio bi opskrbljen i spremnikom topline kako bi se topline mogla pohraniti za vrijeme niske potražnje te iskoristiti u vrijeme visoke potražnje i male proizvodnje.

Uz gubitke u iznosu 10% i spremnika topline zapremnine 5 MWh, procjenjuje se da bi se godišnje moglo proizvesti 0,89 GWh toplinske energije dok bi se ostatak 0,545 GWh osiguralo iz kotla na drvenu biomasu. Za usporedbu, gradić Marstal, svoje potrebe za toplinom pokriva u iznosu 55% solarnim kolektorima, a ostatak također kotlom [50]. Postotak je sličan i na otoku Cresu za navedeni sustav (62% iz solarnih kolektora, a ostatak drvena biomasa). Distribucijska krivulja toplinskog opterećenja CTS-a napravljena je na isti način kao i toplinsko opterećenje za individualna kućanstva s jedinom razlikom da je potražnja u periodu između 23 i 5 h jednaka 0. Potrebe za PTV iz CTS sustava također su uzete kao 20% ukupne godišnje potražnje topline te je distribucija za PTV-om konstantna tijekom godine. Ovakav proračun PTV-a formira grešku zbog toga što nije napravljena satna distribucija PTV-a već je uzeta konstantna vrijednost potražnje. Međutim ta greška je mala s obzirom da se pridržavalo zahtjevu od ukupno 20% godišnje potražnje za toplinom. Kako je prethodno naglašeno, najveća potražnja za toplinskom energijom nalazi se na teritoriju grada Cresa, a potencijalne lokacije koje zadovoljavaju površinom (30 000 m<sup>2</sup>) nalaze se u blizini grada.



Slika 45: Satna distribucija potražnje toplinske energije za CTS sustav otoka Cres

Posljednjim korakom ovog scenarija utjecalo bi se na sektor prometa. Prema [10] ukupan broj registriranih osobnih automobila na otoku iznosio je 1 144, broj registriranih autobusa bio je 130, a broj motocikala 54. Uz pretpostavku da se na otoku transport između mjesta može zadovoljiti sa 4 autobusa, te da ostatak autobusa registriranih na otoku zapravo ne sudjeluje u prijevozu putnika između mjesta na otoku već u transportu iz drugih gradova prema otoku, u ovom scenariju prikazat će se tranzicija sektora prometa na način da će se 4 autobusa, 150 osobnih automobila i 20 motocikala koji trenutno voze na fosilna goriva zamjeniti EV i vozilima na vodik. Za te potrebe predviđen je sustav elektrolize vodika koji se sastoji od elektrolizatora snage 70 MW te spremnika vodika kapaciteta 0,5 GWh godišnje. Cijena elektrolizatora ovisi o njegovoj snazi, a prema [51] cijena ovakvog sustava je 133 000 €. Investicija u spremnik vodika također je ovisna o kapacitetu spremnika, a prema [51] procjenjuje se da je ukupni trošak spremnika ovog kapaciteta 3 800 000 €. Na sljedećoj tablici prikazana je tranzicija sektora prometa otoka Cres. Potencijalna lokacija na kojoj bi se instalirao ovakav sustav trebala bi biti u blizini grada Cres, budući je grad Cres najveći potrošač toplinske energije te bi se na taj način smanjili gubici topline u transportu prema potrošačima. Vodeći se primjerom Marstala zbog njegove sličnosti po broju potrošača te instaliranog kapaciteta, prostor koji je potrebno osigurati za ovakav sustav je otprilike 30 000 m<sup>2</sup>. U blizini grada Cres postoje potencijalne lokacije koje zadovoljavaju ovaj uvjet.



	Tranzicija na H2			Tranzicija na struju		
	Broj vozila zahvaćenih ovom mjerom	Prosječna godišnja potrošnja goriva po vozilu (l)	Ukupna potrošnja goriva svih vozila zahvaćenih mjerom (MWh)	Broj vozila zahvaćenih ovom mjerom	Prosječna godišnja potrošnja goriva (l)	Ukupna potrošnja goriva (MWh)
Autobusi Benzin	2	1.450	26.390,00	0	1.450	0,00
Autobusi Diesel	2	1.450	29.000,00	0	1.450	0,00
Osobni automobili Benzin	25	710	161.525,00	50	710	323.050,00
Osobni automobili Diesel	25	1.056	264.000,00	50	1.056	528.000,00
Motocikli	0	0	0,00	20	236	42.952,00
<b>UKUPNO</b>	<b>54</b>	<b>-</b>	<b>480.915</b>	<b>120</b>	<b>-</b>	<b>894.002,00</b>

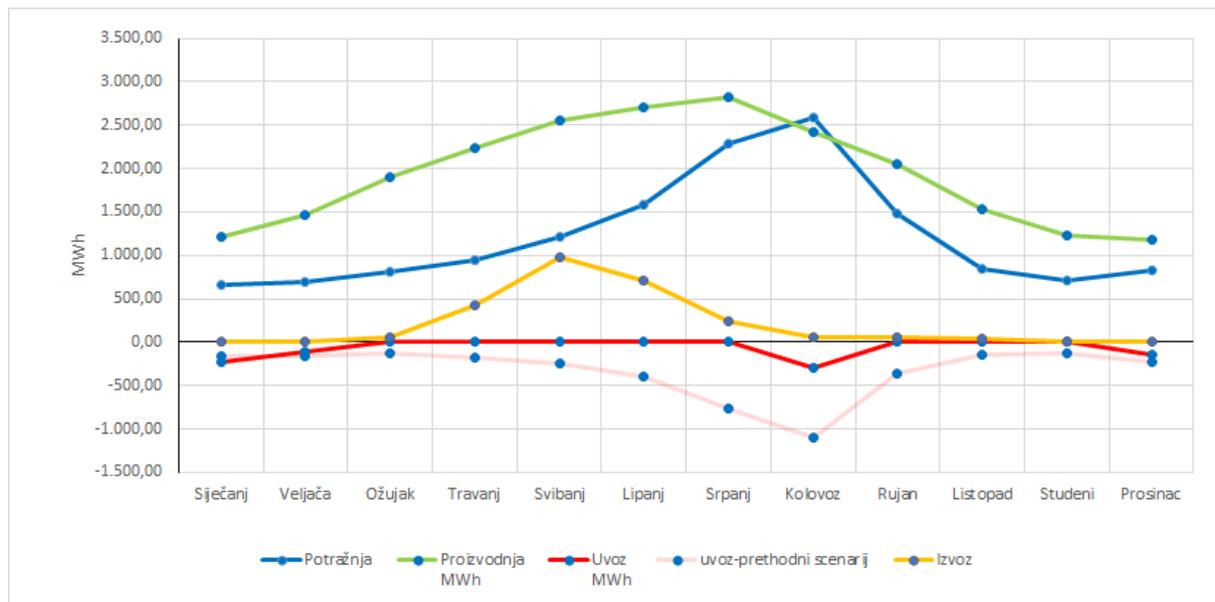
Tablica 21: Tranzicija prometnog sektora

Ukupno bi ovom mjerom bilo zahvaćeno 174 vozila, od tog broja 54 vozila, uključujući sva 4 autobusa, napravila bi tranziciju sa konvencionalnih goriva na vodik dok bi ostatak vozila napravilo tranziciju na električnu energiju. Time bi se smanjila godišnja potrošnja benzina za otprilike 60 870 litara te potrošnja diesel goriva za 82 100 litara.

Ukupni troškovi cjelokupnog scenarija prikazani su na sljedećoj slici.

	Specifični trošak 1000€ / jedinici	Mjerna jedinica	Ukupno instalirano kapaciteta	Ukupna investicija 1000€	Održavanje % od ukupne investicije	Životni vijek opreme
PV moduli na krovovima	0,83	kW	4000	3320	1,31	35
Pumpa	0,6	kW	5000	3000	2	50
Turbina	0,6	kW	7500	4500	2	50
Akumulacijsko jezero	7,5	MWh	629	4717,5	2	50
Kotao na masu	0,52	kW-th	1374	714,48	0	21
Solarni kolektori	425	GWh/god.	10	4250	0,13	20
Spremnik topline	0,5	MWh	5	2,5	0,7	20
Elektrolizator	1,9	kW	70	133	5	15
Spremnik vodika	7,6	MWh	500	3800	2,5	25

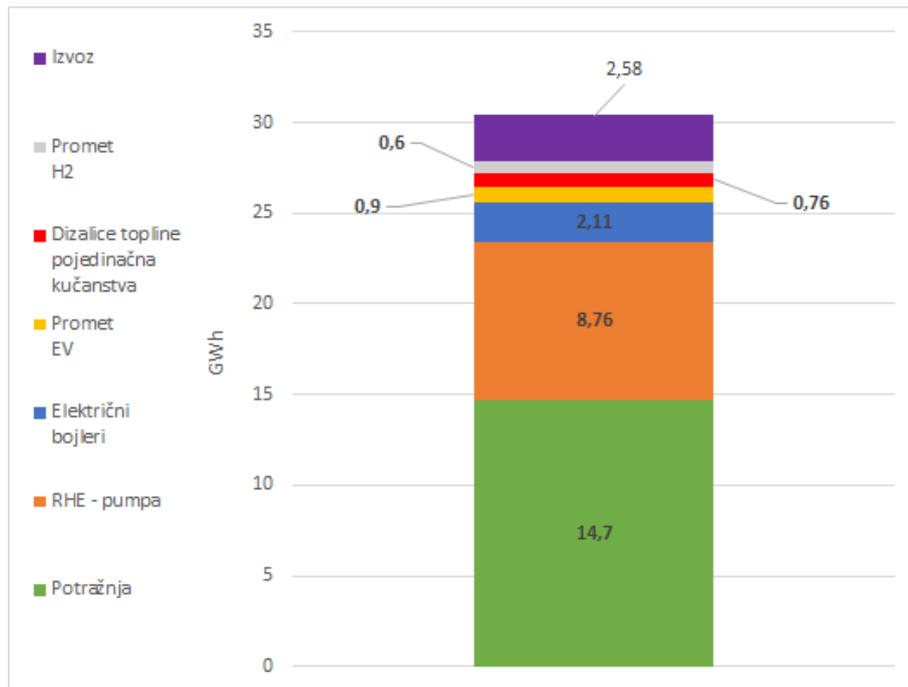
Tablica 22: Troškovi scenarija Cres\_3



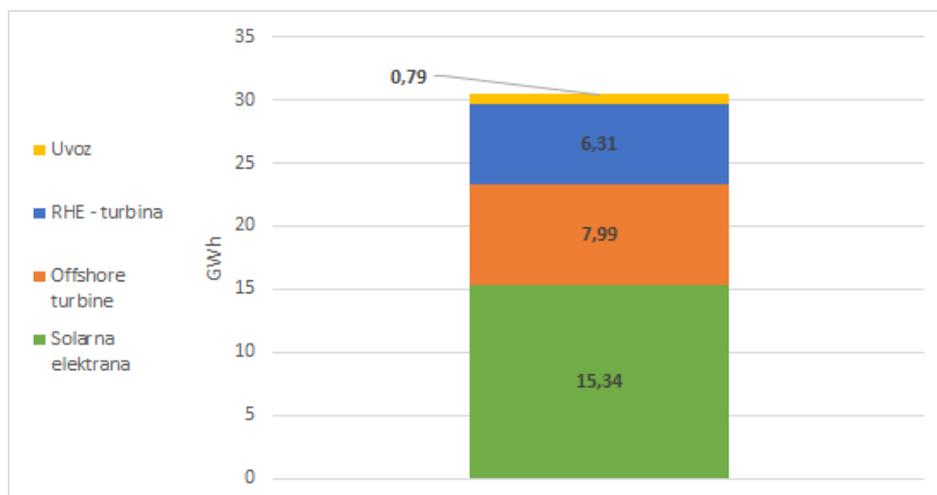
Slika 46: Scenarij Cres\_3 - odnos potražnje, proizvodnje i uvoza električne energije

Implementacijom svih mjera navedenih u ovom scenariju, postigli smo proizvodnju električne energije koja u svakom trenutku, osim u kolovozu, nadmašuje potražnju. Koristeći spremnike energije (RHE), elektrolizator te punionice EV sva proizvedene električna energija upotrebljava se za potrebe stanovništva otoka. Ukupno se godišnje proizvede iz OIE 23,33 GWh električne energije, dok je ukupna potražnja za električnom energijom 18,47 GWh godišnje. Godišnje se ovim scenarijem izveze prema kopnu 2,59 GWh električne energije, a ostatak se sprema u spremnike ili izvozi. Možemo primjetiti da se krivulja izvoza električne energije pojavljuje u periodu od ožujka do kolovoza dok se krivulja uvoza pojavljuje između srpnja i rujna. Početkom godine potražnja je relativno mala, ali ima rastući trend. Približavanjem sredini godine, povećava se broj sunčanih dana, a time i proizvodnja električne energije iz PV modula postavljenih na otoku. Pošto se krivulja potražnje nalazi ispod krivulje potrošnje, spremnici električne energije se pune i vidimo da oni dostižu svoj vrhunac negdje u svibnju. Možemo vidjeti i da je najveća razlika između krivulja proizvodnje i potražnje upravo i najveća u svibnju. Kako se približava turistička sezona, raste broj ljudi koji borave na otoku što dovodi do vrhunca potražnje za električnom energijom. Spremnici se prazne, a ukupno proizvedena energija iz OIE i turbine RHE nije dovoljna da zadovolji potražnju te se na vrhuncu turističke sezone pojavljuje i krivulja uvoza. Vidimo da se i u ovom scenariju uvoz uvelike smanjio i sada iznosi 0,78 GWh godišnje. Površina koju zatvara krivulja izvoza je veća nego ona koju zatvara krivulja uvoza, a prema kopnu se ukupno izvezlo 2,58 GWh električne energije.

Sljedeće slike prikazuju raspodjelu potrošnje i proizvodnje električne energije na otoku.

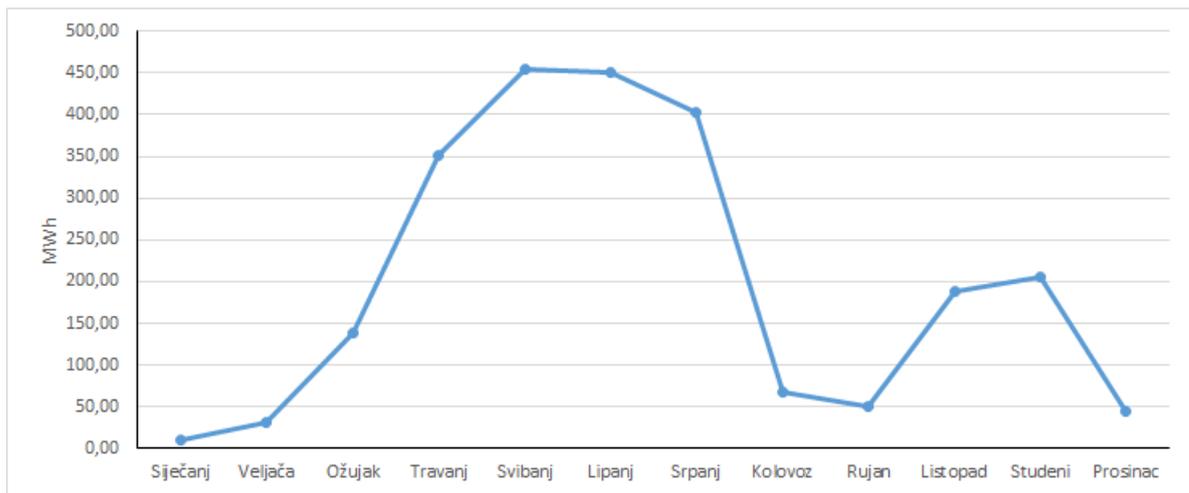


Slika 47: Scenarij Cres\_3 - potrošnja električne energije



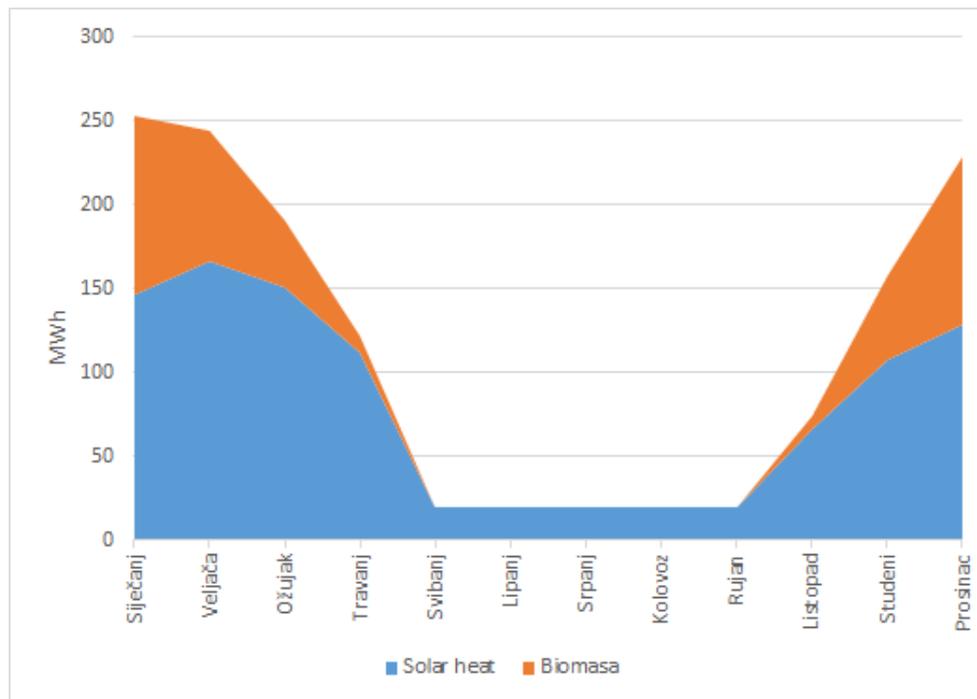
Slika 48: Scenarij Cres\_3 - proizvodnja električne energije

Vidimo da je najveći proizvođač električne energije solarna elektrana i PV moduli na otoku Cresu (zeleno na slici 44.). Offshore vjetroturbine proizvele bi 7,99 GWh električne energije dok bi se iz gornje akumulacije proizvelo 6,31 GWh. Sljedeća slika prikazuje godišnju popunjenost akumulacijskog jezera RHE.

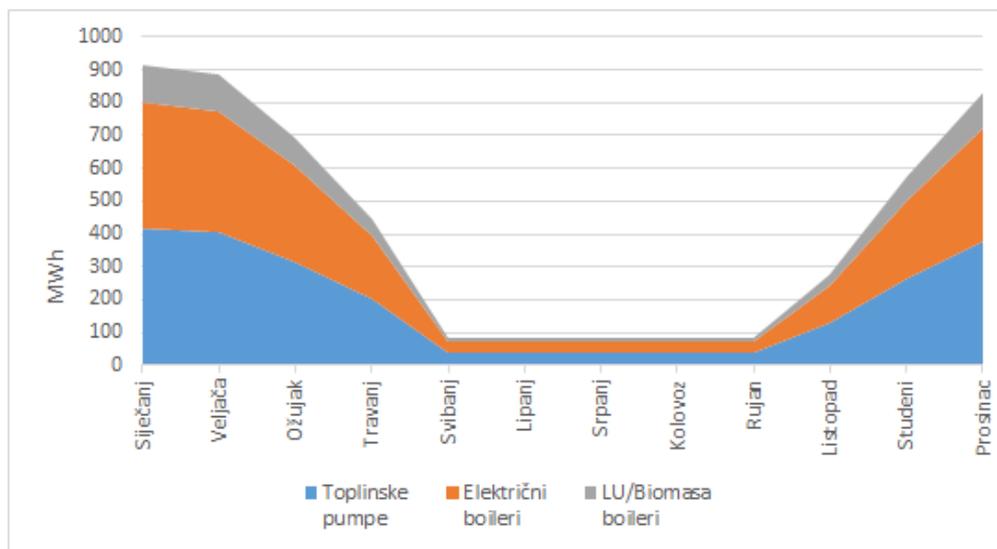


Slika 49: Prosječna godišnja popunjenost gornje akumulacije

Iz prethodnih slika uočavamo da se uvoz električne energije u ovom scenariju smanjio na svega 0,79 GWh, a time se drastično smanjio i trošak uvoza električne energije. Utječući na sektor prometa potražnja za fosilnim gorivama dodatno se smanjila sa prijašnjih 35,78 GWh godišnje na 30,35 GWh godišnje što je smanjenje u iznosu 15,17% u odnosu na prethodni scenarij, odnosno 27,49% u odnosu na referentni scenarij. Smanjenem potrošnje fosilnih goriva dovelo je i do smanjenja ukupnih emisija CO<sub>2</sub> sa prijašnjih 9 319 t/god. na 7 756 t/god. što je smanjenje za 16,77% odnosno za 25,12% u odnosu na referentni scenarij. Uz promjene u elektroenergetskom sustavu otoka, u ovom scenariju planirana je i izgradnja centralnog toplinskog sustava na solarnu energiju i kotlom na biomasu koji bi opskrbljivao 30% kućanstva na otoku. Ostatak kućanstva svoje potrebe za toplinskom energijom zadovoljavalo bi pojedinačnim kotlovima te dizalicama topline, a zadovoljavanje potreba za toplinom prikazano je na sljedećim slikama.



Slika 50: Scenarij Cres\_3 - zadovoljavanje potreba za toplinskom energijom iz CTS sustava

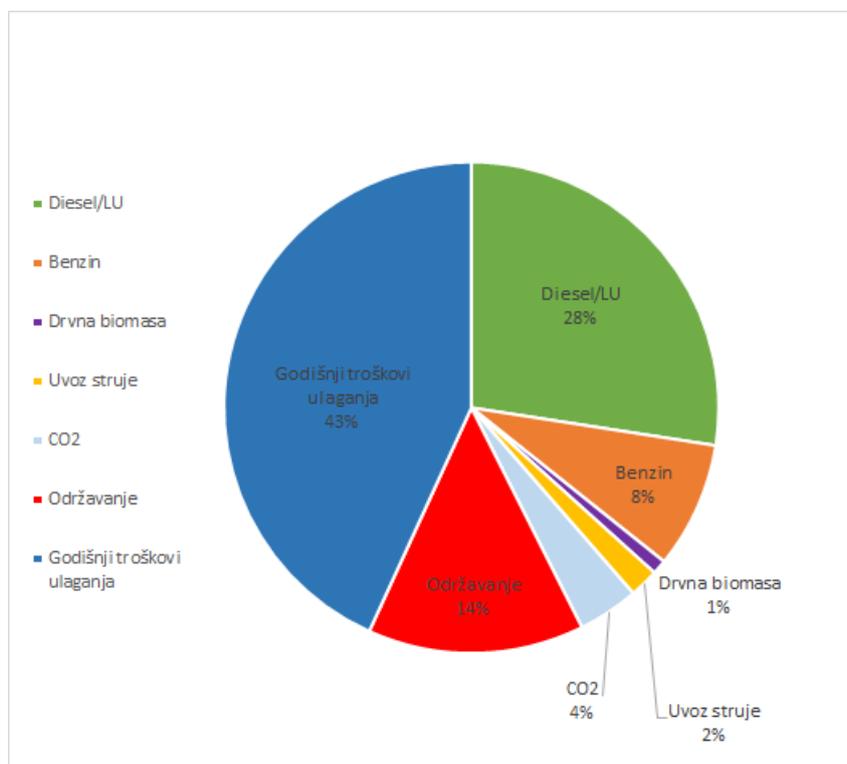


Slika 51: Scenarij Cres\_3 - zadovoljavanje potreba za toplinskom energijom pojedinačnih kućanstava koji nisu spojeni na CTS

Prikaz ukupnih troškova ovog scenarija kao i udjela pojedinih troškova prilazani su na sljedećim slikama.

Diesel/LU	1.381.000,00 €
Benzin	418.000,00 €
Drvena biomasa	48.000,00 €
Uvoz struje	96.000,00 €
CO2	200.000,00 €
Održavanje	712.000,00 €
Godišnji troškovi ulaganja	2.173.000,00 €
Izvoz	417.000,00 €
<b>UKUPNO</b>	<b>4.611.000,00 €</b>

Tablica 23: Scenarij Cres\_3 - ukupni godišnji troškovi



Slika 52: Scenarij Cres\_3 - udio pojedinih troškova

Možemo primjetiti da su se ukupni godišnji troškovi povećali u odnosu na prethodni scenarij. Za razliku od referentnog scenarija gdje je u ukupnom trošku prevladavao uvoz električne energije, u ovom scenariju on iznosi 2% od ukupnih godišnjih troškova. Svi troškovi energenata su se značajno smanjili u odnosu na referentni scenarij, tako se trošak diesel goriva i LU smanjio za 27,24 %, benzin za 16,89 %, drvena biomasa za 65,47 %, uvoz električne energije za 95,98 %, te troškovi emisija CO<sub>2</sub> za 60,55 %. Godišnji troškovi ulaganja u ovakav sustav iznose 2 173 000 € dok su troškovi održavanja 712 000 € godišnje. Uzevši u obzir razliku između ukupne cijene investicije prethodnog scenarija te smanjenje emisija CO<sub>2</sub>, izračunato je da je cijena smanjenja emisije CO<sub>2</sub> u ovom scenariju iznosila 703,77 €/t.

## 7. Zaključak

Planiranjem scenarija za otok Cres pristupilo se s ciljem tranzicije otoka Cresa prema integraciji OIE. Pritom su se pridržavale smjernice vodiča PRISMI te primjeri sustava koji se već nalazi na otocima u Europi. Korištenjem novih i inovativnih tehnologija, kao što je i naglašeno u inicijativi „Pametni otoci“, otok Cres u potpunosti je uspio pokriti svoje potrebe za električnom energijom. Ukupno je instalirano 5 MW offshore vjetroturbina te 10,5 MW PV modula (6,5 MW solarna elektrana Orlec + 4 MW na krovovim zgrada). Uz to instaliran je i veliki spremnik električne energije u obliku RHE sa gornjom akumulacijom od  $10^6$  m<sup>3</sup> vode ukupnog kapaciteta 629 MWh. Cres je spojen na elektroenergetsku mrežu RH prekomorskim kabelom 110/35 kV te se višak električne energije koji se ne može pohraniti u trenutku proizvodnje izvozi s otoka. Na taj način u posljednjem scenariju postignuta je samodostatnost otoka Cresa u pogledu električne energije. U posljednjem scenariju uvoz električne energije iznosio je 0,79 GWh dok je izvoz prema kopnu iznosio 2, 58 GWh. U skladu inicijative „Pametni otoci“ djelovalo se i na prometni sektor, tako se napravila tranzicija prema održivom načinu prijevoza na otoku. Ukupno je 174 vozila zamjenilo konvencionalna gorivom vodikom (54 vozila) i strujom (120 vozila) čime se smanjila godišnja potrošnja konvencionalnih goriva za otprilike 140 000 l. Toplinske potrebe stanovništva zadovoljavale su se pojedinačnim kotlovima na LU, drva ili električnu energiju, a kroz navedene scenarije postupno se prelazilo na zadovoljavanje toplinskih potreba upotrebom OIE. Prvi korak prema tome ostvaren je mjerama energetske učinkovitosti koje su dovele do smanjenja potražnje toplinske energije sa početnih 10,42 GWh godišnje na 6,25 GWh godišnje. To se postiglo izolacijom vanjske ovojnice zgrada. Sljedeći korak bio je zamjena kotlova na LU i drva dizalicama topline, dok se u posljednjem scenariju modelirao i solarni toplinski centralni sustav koji je u potpunosti zamjenio kotlove na LU u kućanstvima. Na taj način utjecalo se na ukupnu godišnju potrošnju goriva i emisija CO<sub>2</sub>. Ukupno smanjenje emisija CO<sub>2</sub>, između scenarija Cres\_3 i Cres\_0, iznosilo je 2 603 t/god. dok je ukupna cijena smanjenja emisija CO<sub>2</sub> iznosila 834,81 €/t. Potrošnja primarnih oblika energije na otoku povećala se sa 41,86 GWh/god. na 54,65 GWh/god. međutim ovdje treba naglasiti da je udio OIE u potrošnji referentnog scenarija bio 0%, dok je scenarijem Cres\_3 udio OIE u primarnoj potrošnji energije iznosio 44, 46%. Time zaključujemo da se potrošnja konvencionalnih goriva na kraju smanjila sa početnih 41,86 GWh/god. na 30,35 GWh/god. Sektor prometa ostao je i dalje najveći potrošač konvencionalnih goriva, međutim metoda po kojoj je napravljen proračun potrošnje goriva prometnog sektora uključuje sva vozila registrirana na otoku, uključujući i ona koja ne prometuju otokom, stoga se konačne emisije i potrošnja goriva trebju gledati imajući na umu da dio tih emisija se ne stvara na otoku.



## LITERATURA

- [1] [www.cres.hr](http://www.cres.hr)
- [2] TZ Grada Cresa; Godišnje financijsko izvješće za 2016. g.
- [3] [www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu)
- [4] [powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKA\\_POLITIKA](http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKA_POLITIKA)
- [5] [www.smartislandsinitiative.eu](http://www.smartislandsinitiative.eu)
- [6] Deklaracija o pametnim otocima
- [7] Markusović L., 2018., EU inicijativa „Pametni otok“ i stavovi stanovništva o njenoj primjeni u Hrvatskoj na primjeru otoka Brača, Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet, diplomski rad
- [8] [www.sustainableislands.eu/pactofislands](http://www.sustainableislands.eu/pactofislands)
- [9] Deklaracija o čistoj energiji za sve EU otoke
- [10] Čotar A., Hunjak S., Radulović D., Kolić M., 2016., Akcijski plan energetske održivog razvitka grada Cresa do 2020. godine
- [11] Državni zavod za statistiku, 2011., Popis stanovništva, kućanstva i stanova
- [12] Pravilnik o određivanju najviših maloprodajnih cijena naftnih derivata
- [13] Azra d.o.o., 2016., Strategija razvoja grada Cresa za razdoblje od 2015. do 2020. godine
- [14] Komen V., Antonić A., Baričević T., Skok M., Dolenc T., 2018., Coordinated TSO and DSO network development plan on the islands Cres and Lošinj
- [15] Skupina autora, 2016., II. izmjena i dopuna prostornog plana uređenja područja grada Cresa
- [16] [www.viocl.hr](http://www.viocl.hr)
- [17] [www.kucl.hr](http://www.kucl.hr)
- [18] HEP-ODS, Metodologija i kriterij planiranja razvoja distribucijske mreže
- [19] Predavanja iz kolegija Distribuirani energetske izvori, FSB

- [20] [re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/)
- [21] <https://wikipedia.org/wiki/vjetroelektrana>
- [22] Janjiš I., 2013., Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, FSB
- [23] Guzović Z., 2010., Predavanja: Vjetroturbine i postrojenja
- [24] Hemetek B., 2008., Planiranje energetskeg sustava otoka Lošinja primjenom Renewislands metodologije, Sveučilište u Zagrebu, FSB, diplomski rad
- [25] <http://meteo.hr./index.php>
- [26] Crnolatac A., 2016., Moguće akumulacije energije u elektroenergetskoj mreži, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, diplomski rad
- [27] <https://www.tiloshorizon.eu>
- [28] Agbassou K., Kolhe M., Hamelin J., Bose T.K., Performance of a Stand-Alone Renewable Energy System Based on Energy Storage as Hydrogen
- [29] Piernavieja G., Pardilla J., Schallenberg J., Bueno C., El Hierro 100% RES An Inovative Project for Islands Energy Self-Sufficiency, Instituto Tecnológico de Canarras, SA
- [30] European Commission, 2011., Pumped-hydro energy storage: potential for transformation from single dams, Luxembourg: Publications Office of the European Union, Joint research Centre – European Commission ISBN 987-92-79-23182-7-2011
- [31] Bošković F., 2016., Virtualna elektrana za energetske samodostatne otoke, Sveučilište u Zagrebu, FSB, završni zadatak
- [32] Mathiesen, Brian Vad, Kenneth, 2017., The role of the Solar Thermal in Future Energy Systems, Country cases for Germany, Italy, Austria and Denmark, Aalborg University
- [33] <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>
- [34] <http://neat.ecosystemsknowledge.net/index.html>
- [35] [https://ec.europa.eu/environment/iczm/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/iczm/index_en.htm)
- [36] <https://www.hep.hr/hep-ce-na-cresu-izgraditi-najvecu-suncanu-elektranu-u-hrvatskoj/3342>
- [37] [https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate\\_hr](https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_hr)

- [38] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1560755311425&uri=CELEX:52018DC0773>
- [39] igr d.o.o., 2012., Interdisciplinarna strategija nulte emisije stakleničkih plinova za integrirani održivi razvoj otoka Krka, Zagreb
- [40] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)
- [41] <https://www.teslarati.com/tesla-powerwall-powerpack-batteries-nova-scotia-pilot/>
- [42] <https://www.tiloshorizon.eu/>
- [43] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Gorivi\\_%C4%8Dlanak](https://hr.wikipedia.org/wiki/Gorivi_%C4%8Dlanak)
- [44] Čavar M., 2015., Mogućnost izgradnje reverzibilne hidroelektrane na Perućkom jezeru, Sveučilište u Zagrebu, Završni rad
- [45] <https://markets.businessinsider.com/commodities/co2-european-emission-allowances>
- [46] Skupina autora, 2016., D3.4.2 RES feasibility study and comparative analysis, FSB, CEA, MIEMA, SAPIENZA, CRES, PUAS, WP-3 Study
- [47] <https://www.energyplan.eu/training/energyland/>
- [48] [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft\\_publication\\_REF2016\\_v13.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft_publication_REF2016_v13.pdf)
- [49] Delimar M., 2017., Prijenos i razdjela električne energije, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva
- [50] <http://co2mmunity.eu/wp-content/uploads/2019/03/Factsheet-Aer%C3%B6-Marstal.pdf>
- [51] EnergyPLAN Modeling Team, EnergyPLAN Cost Database, version 4.0, Aalborg University
- [52] <http://het.hr/gis-karta/>
- [53] [https://cleanenergysolutions.org/sites/default/files/documents/June%205%20Per%20Alex%20Sorenson\\_MARSTAL\\_CHP%20DHC\\_05062014.pdf](https://cleanenergysolutions.org/sites/default/files/documents/June%205%20Per%20Alex%20Sorenson_MARSTAL_CHP%20DHC_05062014.pdf)

[54] [https://www.zakon.hr/z/638/Zakon-o-otocima?fbclid=IwAR2ak4igxaDW3I18nGr2g7HHo-qEk\\_2p8LjkQd4Qq6UVMN9VJsuF5AI6Pkw](https://www.zakon.hr/z/638/Zakon-o-otocima?fbclid=IwAR2ak4igxaDW3I18nGr2g7HHo-qEk_2p8LjkQd4Qq6UVMN9VJsuF5AI6Pkw)











